II МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

Інформаційно-вимірювальні технології ІВТ-2024

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

13—14 листопада 2024 р.

Львів — 2024

II INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

Information and measuring technologies IVT-2024

PROCEEDINGS

November 13—14, 2024

Lviv — 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»
Академія метрології України
Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем»
Державне підприємство «Львівстандартметрологія»
Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія»
Компанія «Софтсерв» («SoftServe»)
Технічний університет Ільменау (Німеччина)
Жешувська Політехніка ім. Ігнатія Лукашевича (Польща)

**II МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІВТ-2024

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

13–14 листопада 2024 року

**II INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE**

INFORMATION AND MEASURING TECHNOLOGIES IVT-2024

PROCEEDINGS

November 13–14, 2024

Львів
Видавництво Львівської політехніки
2024

УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91
І-74

І-74 **ІІ Міжнародна** науково-практична конференція «Інформаційно-вимірювальні технології ІВТ-2024»: тези доповідейіі, 13–14 листопада 2024 р. Електронне видання]. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2024. – Режим доступу: https://science.lpnu.ua/ivt-2024/proceedings, вільний. – Заголовок з екрана. – Мова укр. і англ.

ISBN 978-966-941-972-9

Викладено матеріали, розглянуті на конференції, в яких висвітлено питання інформаційно-вимірювальних технологій, результати досліджень вітчизняних та іноземних науковців.

Матеріали становлять інтерес і можуть бути корисними для широкої наукової громадськості, керівників виробництв та державних установ, викладачів і фахівців, слухачів системи підвищення кваліфікації, студентів вищих навчальних закладів.

УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91

Матеріали подано в авторській редакції

Відповідальний за випуск ***В.О. Яцук***

ISBN 978-966-941-972-9

© Національний університет
«Львівська політехніка», 2024

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Співголови конференції:
Бобало Юрій Ярославович – д.т.н., професор, в.о. ректора Національний університет Львівська політехніка»;
Микийчук Микола Миколайович – д.т.н., професор, директор Інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології, Національний університет «Львівська політехніка».

Члени програмного комітету:
Бабак Віталій Павлович – д.т.н., професор, академік НАН України, заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, директор Інституту загальної енергетики НАНУ, м. Київ, Україна (за згодою);
Байцар Роман Іванович – д.т.н., професор, професор кафедри ІВТ, Національний університет «Львівська політехніка, м. Львів, Україна;
Бубела Тетяна Зіновіївна – д.т.н., професор, завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Василевський Олександр Миколайович – д.т.н., професор, старший науковий співробітник Кокрельської школи інженерії Техаського університету в Остіні, США (за згодою);
Величко Олег Миколайович – д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, директор науково-виробничого інституту вимірювань електро магнітних величин ДП «Укрметртестстандарт», м. Київ, Україна (за згодою);
Володарський Євген Тимофійович – д.т.н., професор, професор кафедри автоматизації експериментальних досліджень, НТУ України „Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", голова Академії метрології України, м. Київ, Україна, (за згодою);
Гордієнко Тетяна Богданівна – заступник директора Науково-технічного інституту Національної метрологічної служби України з науково-організаційної діяльності ДП "Укрметртестстандарт", м. Київ, Україна, (за згодою);
Ганус Роберт – д.т.н., завідувач кафедри метрології і діагностичних систем Жешувської Політехніки ім. Ігнація Лукасевича, м. Жешув, Польща (за згодою);
Гоц Наталія Євгенівна – д.т.н., професор, професор кафедри ІВТ, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Демків Любомир Ігорович – д.т.н., професор, керівник напряму робототехніки компанії «SoftServe», м. Львів, Україна;
Дорожовець Михайло Миронович – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна;
Жонса Маріуш – докт. габ., професор, професор Опольської політехніки, м. Ополє, Польща (за згодою);
Івахів Орест Васильович – д.т.н., професор, завідувач кафедри інтелектуальної мехатроніки та роботики, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна;
КіссінджерТомас – проф. доктор, молодший професор, завідувач кафедри «Нановиробництва та нановимірювальної техніки», Технічний університет Ільменау, м. Ільменау, Німеччина (за згодою)
Кузьменко Юрій Володимирович – заступник генерального директора з метрології, оцінки відповідності засобів вимірювальної техніки та наукової діяльності, ДП «Укрметтестстандарт», м. Київ, Україна (за згодою);
Кошева Лариса Олександрівна – д.т.н., професор, завідувач кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна (за згодою);
Кучерук Володимир Юрійович – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційних технологій, Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна (за згодою);
Коржак Олег Володимирович – генеральний директор ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», м. Івано-Франківськ, Україна (за згодою);
Микитин Ігор Петрович – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна ;
Паракуда Василь Васильович – к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет «Львівська політехніка» ", м. Львів, Україна;
Походило Євген Володимирович – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет «Львівська політехніка, м. Львів, Україна;

Скляров Володимир Васильович – д.т.н., професор, генеральний директор національного науково-го центру «Інститут метрології», м. Харків (за згодою);
Середюк Орест Євгенович – д.т.н., професор, в.о. завідувача кафедри ІВТ, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна (за згодою);
Середюк Денис Орестович – к.т.н., начальник центру наукового забезпечення вимірювань об'єму і об'ємної витрати газу ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», член технічного комітету ТС FLOW EUROMET, м. Івано-Франківськ, Україна (за згодою);
Скоропад Пилип Ізидорович – д.т.н., професор, професор кафедри ІВТ, Національний університет «Львівська політехніка, м. Львів, Україна;
Слюз Андрій Ярославович – генеральний директор державного підприємства «Львівстандарт-метрологія», м. Львів, Україна (за згодою);
Стеценко Андрій Анатолійович – директор ПрАТ «Енергооблік», м. Харків, Україна (за згодою);
Ткаченко Олександр Сергійович – директор ДП «НДІ «Система», м. Львів, Україна;
Тріщ Роман Михайлович – д.т.н., професор, завідувач кафедри мехатроніки та електротехніки Національного авіаційного університету ім. М.Є Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, Україна (за згодою);
Фрьоліх Томас – д.т.н., професор, заступник декана машинобудівного факультету, керівник Інсти-туту технологічних вимірювань та сенсорної техніки, начальник відділу процесів вимірювальної техніки, Технічний університет Ільменау, м. Ільменау, Німеччина (за згодою);
Шабатура Юрій Васильович – д.т.н., професор, завідувач кафедри електромеханіки та електроніки, Національна Академія сухопутних військ імені П. Сагайдачного, м. Львів, Україна (за згодою);
Шляхта Анна – к.т.н., доцент, професор кафедри метрології і діагностичних систем Жешувської Політехніки ім. Ігнація Лукасевича, м. Жешув, Польща (за згодою);
Яняк Маріуш – к.т.н., доцент, експерт з моделювання та оптимізації компанії «SoftServe», Польща;
Яцишин Святослав Петрович – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна;

Організаційний комітет
Голова оргкомітету:
Яцук Василь Олександрович – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна.

Відповідальний секретар:
Коваль Олександра Йосифівна – провідний інженер кафедри ІВТ, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна.

Члени оргкомітету:
Здеб Володимир Богданович – к.т.н., завідувач лабораторії кафедри ІВТ, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Добролюбова Марина Валеріївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматизації експеримента-льних досліджень, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна (за згодою);
Кочан Орест Володимирович – д.т.н., професор, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Куць Віктор Романович – к.т.н., доцент, доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Міхалєва Марина Станіславівна – к.т.н., доцент, професор кафедри електромеханіки та електроніки, Національна Академія сухопутних військ ім. П. Сагайдачного м. Львів, Україна (за згодою);
Плахтій Оксана Львівна – провідний інженер кафедри ІВТ, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Прохоренко Сергій Вікторович – д.т.н., професор, професор інформаційно-вимірювальних техно-логій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Топчак Наталія Віталіївна – к.т.н., інженер кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;
Шубрат Тетяна Петрівна – провідний інженер кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна.

ЗМІСТ

Микола Микийчук, Святослав Яцишин, Тетяна Бубела
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ: СЬОГОДЕННЯ, ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ 15

Tomasz Winiarski, Daniel Giełdowski, Jan Kaniuka, Jakub Ostrys,Jakub Sadowski
HEROS: A MINIATURISED PLATFORM FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT ON HETEROGENEOUS ROBOTIC SYSTEMS 16

Роман Квас **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РОБОТОТЕХНІЦІ 21**

Тетяна Ільницька, Олександр Дворник **ПОГЛЯД ВИРОБНИКА ЩОДО ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ НЕАВТОМАТИЧНИХ ЗВАЖУВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ 22**

Роман Тріщ, Наталія Сороколат **ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ ПОМИЛОК ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОЦІНОК ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ КВАЛІМЕТРІ 24**

Владислав Катамай, Олег Коржак, Віталій Малісевич, Денис Середюк, Олександр Бас, Володимир Лемішка **ОЦІНКА РОЗШИРЕНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РОБОЧОГО ЕТАЛОНУ В ДІАПАЗОНІ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ДО 25000 м^3/год 26**

Мороз Юрій, Коржак Олег, Малісевич Віталій, Кепещук Тарас, Середюк Денис
ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОФОРМЛЕННІ РЕЗУЛЬТАТІВ КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ 28

Ігор Процько, Олександр Грищук **ВИСОКОПРОДУКТИВНЕ ОБЧИСЛЕННЯ МОДУЛЯРНОГО ЕКСПОНЕНЦІЮВАННЯ НАД БАГАТОРОЗРЯДНИМИ ЧИСЛАМИ 30**

Орест Кочан **ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ПОХИБКАМИ ВІД ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОЇ НЕОДНОРІДНІСТІ І ДРЕЙФУ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ 32**

Володимир Ліпка, Юрій Добровольський **ЕНЕРГООЩАДНИЙ АЛГОРИТМ ПРОТИДІЇ ФОНОВОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ 34**

Tatyana Podousova , Yuriy Vashpanov **OPTICAL MEASUREMENT OF CRACK SIZE ON CONCRETE SURFACES USING UAV AND NI LABVIEW HARDWARE AND SOFTWARE 35**

Василь Яцук, Юрій Яцук **КОРИГУВАННЯ АДИТИВНИХ ПОХИБОК НА МІСЦІ ЕКСПЛУАТАЦІЇВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ СИСТЕМ 37**

Євген Калінський, Андрій Дворніченко **ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВИХ РІШЕНЬ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ 39**

Olena Basalkevych, Oksana Boyko **INTERLINGUAL COMMUNICATION MEDIUM IN MEDICINE 41**

Андрій Барчук, Денис Середюк, Володимир Лемішка, Юрій Пелікан
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОСТЕЖУВАНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ОДИНИЦІ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕТАЛОННОЇ БАЗИ ЦЕНТРУ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ 43

Єлізавета Тарасенко **ПОБУДОВА ГРАДУЮВАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІОМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІ 46**

Орест Середюк, Микола Смаглюк **АНАЛІЗ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ГАЗОВИДОБУВНИХ І ГАЗОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ..... 48**

Taras Kepeshchuk, Liubomyr Pastushchyn, Volodymyr Myslytskyi **VALIDATION OF NON-STANDARDIZED METHODS OF CALIBRATION OF MEASURING INSTRUMENTS..... 50**

Андрій Стеценко, Йосип Білинський **АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ 51**

Олександр Уколов, Орест Середюк **НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПЕРЕВІРОЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ЛІЧИЛЬНИК..... 54**

Сергій Потапенко **ОСОБЛИВОСТІ ДОВЕДЕННЯ АСИМПТОТИЧНОЇ СКЛАДНОСТІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ..... 55**

Маріуш Жонса, Орест Середюк **СПОСІБ ПЕРИФЕРІЙНОГО СКАНУВАННЯ 3D ОБЄКТІВ ДЛЯ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ТОМОГРАФА 57**

Олег Козир, Євген Володарський **ВИКОРИСТАННЯ ФОРМУЛИ БАЄСА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТАТИСТИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ 59**

Віталій Бециль, Орест Кочан **РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БАЗІ LABVIEW ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ НА ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВА..... 61**

Валентин Мокійчук, Олександр Редько **ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПІД ЧАС КАЛІБРУВАННЯ РАДІУСУ МАТЕРІАЛЬНИХ МІР 62**

Орест Кочан, Іванна Кочан, Назар Кореньківський, Наталія Кочан **ВИЗНАЧЕННЯ НАСКРІЗНОЇ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕРМІСТОРОМ..... 64**

Oleh Chaplia, Halyna **Klym IDENTIFYING THE GAPS IN MICROSERVICE SOURCE CODE ANALYSIS USING LARGE LANGUAGE MODELS..... 66**

Куриляк Назар **АНАЛІЗ РИЗИКІВ І ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ У ВИГОТОВЛЕННІ СУЦІЛЬНОСКЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ..... 68**

Середюк Орест, Шекета Василь, Труфан Михайло **ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДАНИХ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ..... 70**

Malyi Roman, Serdyuk Pavlo **LEVERAGING EVENT SOURCING TO IMPROVE OBSERVABILITY AND REPLAYABILITY IN METROLOGY..... 72**

Малачівський Роман **ЗАСТОСУВАННЯ МІНІМАКСНОГО НАБЛИЖЕННЯ ДЛЯ ОПИСУ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕМПЕРАТУРИ ВІД ОПОРУ ТЕРМІСТОРА..... 74**

Бондар Богдан, Степаняк Михайло **КРИСТАЛООПТИЧНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ: ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ..... 76**

Shpak Oleksandr, Parakuda Vasyl, Duviriak Dariia **EFFECTIVE RADII OF ULTRASONIC TRANSDUCERS FOR HYDROPHONE CALIBRATION 78**

Баранецький Михайло-Святослав **РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА АЛГОРИТМІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ 79**

Орест Кочан, Іванна Кочан, Назар Кореньківський, Наталія Кочан
ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТЕМПЕРАТУРА-ЧАСТОТА 81
Klichuk Bohdan, Khavalko Viktor **TEXTUAL DATA DRIFT ANALYSIS FOR ASSESSING LANGUAGE MODEL PERFORMANCE..... 83**
Bratiuk Pavlo, Ozirkovskyi Leonid **A CONTROVERSIAL ASPECT OF THE THEORY OF ASSESSMENT AND PRACTICE OF MEASURING THE EFFICIENCY OF ENERGY ACCUMULATION IN REACTIVE COMPONENTS OF SWITCHING VOLTAGE CONVERTERS 85**
Vasylyk Maksym, Shchudlo Ivan **DEVELOPMENT OF ASSESSMENT CRITERIA FOR EVALUATING GENAI APPLICATIONS..... 87**
Zhuk Dmytro, Dzhalladova Irada **DESIGNING TRUSTWORTHY RECOMMENDER SYSTEM FOR SMART CITY SUSTAINABILITY 89**
Карпа Михайло, Кочан Орест **АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ЗМІННОСТРУМОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ МЕТОДОМ ВУЗЛОВИХ ПОТЕНЦІАЛІВ У СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW..... 91**
Юрас Андрій, Скоропад Пилип **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ 93**
Ярослав Бех **ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ 95**
Roman Baran **IMPROVEMENT OF SMART FREQUENCY MEASURING SENSORS 96**
Павло Гамула, Михайло Мигаль **ВИСОКОЕНТРОПІЙНІ СПЛАВИ ЯК МАТЕРІАЛЬНА ОСНОВА ДЛЯ СЕНСОРІВ У СИСТЕМАХ ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ..... 98**
Олексій Сафонов, Інна Мощенко **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO 10002:2018 “QUALITY MANAGEMENT — CUSTOMER SATISFACTION — GUIDELINES FOR COMPLAINTS HANDLING IN ORGANIZATIONS” ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЯ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ..... 99**
Інна Мощенко **ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ «SIX SIGMA» В СФЕРІ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ 100**
Сергій Войтенко, Владислав Гончаров **ПРОЦЕДУРА ВАЛІДАЦІЇ МЕТОДІВ КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ВИМОГ EN ISO/IEC 17025 ..... 101**
Віктор Мошаренков, Альона Моргунова, Олег Денисенко **РОЗРОБКА РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛЕТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: ВІД РУЧНОГО КОНТРОЛЮ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ..... 102**
Сергій Сядристий, Владислав Бовт **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ 104**
Ольга Бабич, Вікторія Ковалевська **ЕКСПЕРТНИЙ ПІДХІД ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВВ СИСТЕМІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБІВ ОЗБРОЄННЯТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА 105**
Віталій Запека, Олена Головатюк **ПИТАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ РУХОМОГО КОНТРОЛЬНОГО ПУНКТУ 9В866 ..... 106**
Антоніна Габер, Олександр Челноков, Назар Бондаренко **АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ 108**

Антоніна Габер, Юрій Берменко, Вячеслав Сагайдак **ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯМ 110**

Богдан Фалендушев **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО КОМПЛЕКТАЦІЇ МАЛОЇ ПЕРЕСУВНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕВІРЯЛЬНОЇ АПАРАТУРИ 112**

Тимофій Терещенков **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ, ШВИДКОДІЇ, НАДІЙНОСТІ ВИПРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ 113**

Микола Коваленко, Олег Карпаш **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ВИКРИВЛЕНЬ НАПРУГИ 114**

Marian Milian, Myroslav Tykhan **TEMPERATURE COMPENSATION DURING PRESSURE MEASUREMENT USING A TEMPERATURE SENSOR 115**

Діана Дзень, Наталія Топчак, Віталій Дзень **МЕССБАУЕРІВСЬКА СПЕКТРОСКОПІЯ: ІНСТРУМЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ..... 117**

Віктор Куць, Бринчак Дмитро **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПОВІРКИ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ (РІВНЕМІРІВ) НАФТОПРОДУКТІВ У РЕЗЕРВУАРАХ..... 119**

Віктор Куць, Олексій Проскуряков **ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБЛІКУ НАФТОПРОДУКТІВ В УКРАЇНІ: НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ 121**

Вікторія Юденко, Олександр Коваль **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО РАДІОВИСОТОМІРА ПРВ-13 ..... 123**

Тетяна Остафійчук, Олександр Коваль **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ С-300ПС 125**

Василь Нагірний, Ігор Ліховський **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СЕНСОРНА МЕРЕЖА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ДВОКОНТУРНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ: ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ТА ВИМІРЮВАННЯ 127**

Олег Ластовецький, Ігор Ліховський **ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ШУМУ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ НА ВИХІДНІ ПАРАМЕТРИ СЕНСОРУ ЗОБРАЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЙОГО ПОДАВЛЕННЯ 128**

Дар'я Гузар **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ У КОНТРОЛЬНО ВИПРОБУВАЛЬНИХ ПЕРЕСУВНИХ СТАНЦІЯХ 9В95М1..... 129**

Себастьян Сірко **РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ОСВІТНІХ РЕЗУЛЬТАТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШІ ТА ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ..... 130**

Віталій Генералов **БІОМЕХАНІЧНІ СЕНСОРИ: ІННОВАЦІЇ ТА ЇХ РОЛЬ У МЕДИЦИНІ 131**

Альона Моргунова, Олег Денисенко **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ У СИСТЕМІ НАВІГАЦІЇ 132**

Михайло Сичов, Антоніна Габер, Тетяна Литвиненко **ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, НАТУРАЛЬНОСТІ І ТОКСИКОЛОГІЇ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ..... 133**

Ivan Pytel, Maksym Vasylyk **COMPENSATION OF POSITIONING ERROR IN ROBOTIC SYSTEMS.....135**
Михайло Сичов **СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ГІДРОКСИДУ МАГНІЮ ПРИ ГІДРОЛІЗІ В РОЗЧИНАХ ХЛОРИДУ МАГНІЮ.....136**
Олег Карпаш, Бандурка Артем **РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРІОДИЧНИХ СИГНАЛІВ 138**
Xinyu Zeng, Svyatoslav Yatsyshyn **THE EXACTNESS OF ULTRASOUND SENSORS OF ROBOTICS.....139**
Тетяна Бубела, Назар Осечко **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА АВТОМОБІЛЕБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ.....141**
Святослав Яцишин, Юліан Бубела, Тетяна Бубела **ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ КІБЕР-ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....143**
Ігор Григоренко **УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....145**
Leonid Kolomiets **PROTECTION OF CONSUMER RIGHTS: COMPARATIVE ANALYSIS OF LITHUANIAN AND UKRAINIAN LEGISLATION.....146**
Богдан Воробйов **РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЦИФРОВИХ МУЛЬТИМЕТРІВ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА.....147**
Галина Оляш, Писаренко Денис **МАЙБУТНІ ТРЕНДИ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ 148**
Дмитро Молодцов, Костянтин Шевченко **РОЗРОБКА ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНИХ ТУРНІКЕТІВ 151**
Лідія Зіангірова, Серенков Микола, Оляш Галина **ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ПАКУВАНІ ХАРЧОВІЙ ПРОДУКТІВ.....153**
Вячеслав Рибалка **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ОБМІННОГО ФОНДУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД.....155**
Горохов Ніkіта, Олег Карпаш **РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПРИ МЕТРОЛОГІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.....156**
Oleksandr Vasilevskyi, Michael Cullinan, Alexandra Woods **OPTICAL METROLOGY WINDOW FOR MONITORING THE LASER SINTERING PROCESS INSIDE THE BUILDING CHAMBER OF THE EOSINT M280 SYSTEM 158**
Larysa Kosheva, Oleg Melnykov **FORMATION OF AN INDICATOR OF THE FUNCTIONAL STATE OF A BIOLOGICAL OBJECT 160**
Остап Кутянський, Микола Микийчук **ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ КЛАСИФІКАЦІЙНИХ ОЗНАК М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....162**
Олена Черняк, Тетяна Рибальченко, Дмитро Босенко, Євгеній Босенко, Іван Гуртовий **ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ 164**

Тетяна Кравченко, Максим Замковий, Віра Кравченко **ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗДОБУВАЧАМИ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОКРАЩЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ 166**

Олександр Ришковський, Маркіян Лукашів **АЛГОРИТМ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІБРУЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ 169**

Олег Любуський, Роман Байцар **ТЕНДЕНЦІЇ В РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ 171**

Сергій Янушевський, Юрій Добровольський, Юрій Мартинюк, Єлизавета Оринчук **МОНІТОРИНГОВО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ВІДКРИТИХ ДАНИХ 172**

Тарас Шкоденко **ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗПЕЧНОГО LEAN ПЛАНУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ РОЗРОБНИКІВ 174**

Юрій Сорокатий, Юрій Добровольський, Вадим Цеханський **РОЗРОБКА МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КВАРЦОВИХ ФОКОНІВ ТА УФ-ФОТОДІОДА 175**

Марія Герус, Роман Байцар **ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСОНАЛУ ВИПРОБОВУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ 178**

Roman Maisakovskyi, Mykhailo Stepanyak **METHODS OF NON-INVASIVE MEASUREMENT OF INTERNAL BODY TEMPERATURE 180**

Богдан Лисий, Олександр Шишкін, Іван Кізлівський **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ПОХИБОК І НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ВК КОМПЛЕКСІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВТА СИСТЕМ ОБЛІКУ НАФТОПРОДУКТІВ 182**

Анна Ольховікова **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КПА 185**

Ільчук Михайло **ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ НА ОСНОВІ YOLOV8 ..... 186**

Соф`я Клімова **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕВІРОЧНОЇ РУХОМОЇ СТАНЦІЇ 9В91 ОБСЛУГОЮ ВИЇЗНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ГРУП 188**

Олег Чабан, Микола Микийчук **КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ В МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ 189**

Юлія Ніцпань, Іван Кізлівський **ЗОВНІШНІЙ АУДИТ ЯК ПІДГОТОВКА ДО ПАРИТЕТНОГО ОЦІНЮВАННЯ HMI В EURAMET 191**

Lidiia Parashchuk **USE OF INFORMATION SYSTEMS FOR DIFFERENT PURPOSES TO IMPROVE SITUATION AWARENESS OF MILITARY ADMINISTRATION BODIES 193**

Тетяна Бубела, Богдан Богуш **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ М'ЯСА 195**

Віктор Шкляров, Ігор Микитин **РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СЕРЦЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ 196**

Віталій Божовський, Галина Клим **РОЗРОБКА ПОШУКОВОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ 198**

Іван Ганченко **РЕЄСТР ДОКУМЕНТІВ ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ ТЕХНІЧНИХ РЕГЛАМЕНТІВ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВІРИ ДО ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ В УКРАЇНІ 199**

Дмитро Петренко, Юрій Кривенчук **АДАПТИВНІ МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ДРОНІВ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ЗА ДОПОМОГОЮ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ 201**

Алла Іванишин, Олег Романчукевич **ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ВДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ВИМІРЮВАННЯМ У ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я 203**

Олександра Чеснюк, Віталій Сіроклин **ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В ЗАКЛАДАХ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ (ECERS-3) 205**

Зоя Калініченко **РОЗВИТОК ВІТЧИЗНЯНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНДУСТРІЇ ЯК ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ 207**

Ольга Чорна, Роман Байцар **ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІТИК ТА ЦІННІСНИХ ПРАКТИК ЯК СПРЯННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ 209**

Лідія Витвицька, Володимир Когут **КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЛАКІВ І ФАРБ 210**

Олеся Чабан, Оксана Бойко **СТРАТЕГІЇ ПЛАНУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ У МЕДИЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ 211**

Наталія Топчак, Андрій Костик **МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛІЗОВАГО РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ 213**

Андрій Лозинський, Богдан Микийчук **ОБЛІК ІНДИВІДУАЛЬНОГО СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ 215**

Микола Микийчук, Тетяна Бубела, Юрій Рибак **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОПЕРАТИВНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЯКОСТІ М'ЯСА 216**

Микола Микийчук, Назар Сасовець, Володимир Пастернак **ПІДВИЩЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ВИМІРЮВАНЬ…… 217**

Євген Походило, Микола Флінта **ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕТОНУ 219**

Шаварський Максим, Юрій Кривенчук **ПОКРАЩЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ З ОБ'ЄКТАМИ АВТОНОМНОГО РОБОТА ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОГО НАВЧАННЯ 220**

Софія Гонтарук, Віктор Куць' Юрій Рудик **АНАЛІЗ FPV-ДРОНІВ З КЕРУВАННЯМ ПО ОПТОВОЛОКНУ. ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ 222**

Павло Новіцький, Михайло Степаняк **ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД У КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПРОТИДІЇ ПОВІТРЯНИМ ЗАГРОЗАМ 224**

Анатолій Должанський, Оксана Бондаренко, Олег Брагинський **АНАЛІЗ ВПЛИВУ НОРМУВАННЯ НА КОМПОНЕНТИ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ З РАЦІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ 226**

Іван Коваленко **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛЕЧИН З ПРОМІЖНИМ ПЕРЕТВОРЮВАННЯМ 227**

Vladyslav Dzhumelia, Elvira Dzhumelia, Orest Kochan **ASSESSMENT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS IMPACT ON WATER QUALITY BASED ON CORRELATION ANALYSIS RESULTS** **228**

Elvira Dzhumelia **SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MINING AND CHEMICAL ENTERPRISES IN THE POST-LIQUIDATION PERIOD: CASE STUDY OF CURRENT ENVIRONMENTAL CHALLENGES** **230**

Таісія Серденко **НОВІТНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ МЕТОДИ У ЕЛЕТРОТЕХНІЦІ ТА ПРОМИСЛОВІЙ ЕЛЕКРОНІЦІ** **232**

Крістіна Пережук, Ганна Бондаренко **ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЦЕНТРІ ПЕРВИННОЇ МЕДИКО-САНІТАРНОЇ ДОПОМОГИ** **233**

Іван Кізлівський **ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ** **235**

Ivan Hlad, Nadiia Hablovska, Tetiana Pavlenko, Bohdan Hablovskyi **VIRTUAL TEST BENCH FOR LINEAR MOTOR IN MATLAB/SIMULINK: DIAGNOSTIC AND CONTROL TOOLS** **237**

Сергій Довгополий **АНАЛІЗ МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В УМОВАХ НЕПОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ДОПОМОГЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ** **238**

Roman Diachok, Halyna Klym **DEVELOPING A PROTOTYPE TEST SYSTEM FOR AN FPGA MODULE** **240**

Yevhen Bershchanskyi, Halyna Klym **FOUNDATION MODEL SYSTEM DESIGN IN ARTIFICIAL INTELLIGENT AND CYBER-PHYSICAL SYSTEMS** **242**

Роман Олійник **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИК ШВИДКОДІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-РЕСУРСІВ** **244**

Воїнська Дарина **РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ПРИЦІЛЬНОГО НАВЕДЕННЯ САМОХІДНОГО ПРОТИТАНКОВОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ "ШТУРМ-С** **245**

Гуляєв А.В., *Заруба О.Г.*, *Безшапошніков О.П.* **УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОЗБРОЄННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ ТОЧНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕДИНИХ СТАНДАРТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБІВ** **247**

Юлія Салабай, Наталія Гоц **СИНЕРГІЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ В КРАЇНАХ ЄС** **249**

Сергій Буряк, Оксана Гололобова **ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ТА ІМПЕДАНСУ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ** **251**

Альона Кисилевська, Тетяна Макарська **ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ТКАНИН РІЗНИХ ВИДІВ** **253**

Альона Кисилевська, Юрій Тиганій, Михайло Арабаджи **МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД У ПОЛЬОВИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ** **254**

Lesia Kovaliv, Halyna Klym **WEB-BASED MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR SMART HOME COMPONENTS 256**

Наталія Пунченко, Олександр Поторак **МЕТОД ВЛАДИСЛАВА КОНДРАТОВА – ШЛЯХ ДО БЕЗПЕЧНОЇ НАВІГАЦІЇ 257**

Nadiia Hablovska, Tetiana Pavlenko, Maryna Kononenko **ANALYSIS OF THE POROUS STRUCTURE OF COPPER SAMPLES FOR ELECTRICAL APPLICATIONS 259**

Liubov Shyndak, Anastasiia Bodnarchuk, Mykhailo Hotsuliak **ENHANCING EFFICIENCY AND RELIABILITY OF THE AZIPOD SYSTEM USING PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTORS 260**

Антоніна Габер, Гліб Смаглюк **МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ В МЕРЕЖІ 5G НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ MPLS 261**

Друзякін Владислав, Черепащук Григорій **АНАЛІЗ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЛАНЦЮГА ТЕНЗОДАТЧИКІВ 263**

Vitaliy Bozhovskiy, Halyna Klym **DEVELOPMENT OF A SEARCH SYSTEM USING NEURAL NETWORKS 265**

Bogdan Rybchyn, Oleksandr Krynytskyi **FLICKER AS A PARAMETER OF THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY 266**

Andrii Lukianchuk, Halyna Klym **DEVELOPMENT OF THE PULSE FREQUENCY MEASUREMENT ALGORITHM 267**

Роман Грицак, Андрій Яворський **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ІЗОЛЬОВАНИХ МЕРЕЖАХ ЗМІННОГО СТРУМУ ІЗ СИСТЕМАМИ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ОСНОВІ ФЕС 270**

Володимир Шведов **ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ФУНКЦІЙ АПАРАТІВ ЗАХИСТУ У СИСТЕМІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОІНСТАЛЯЦІЙ 272**

Мельник Максим, Рудик Юрій **СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНИХ ІМПУЛЬСІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ 275**

Oleksiy Mochurad, Nataliya Hots, Anna Gurynovych **APPLICATION OF PYROMETRY IN MEDICAL RESEARCH 277**

Стадник Андрій **СЕНСОРНА СИСТЕМА ВІДСТЕЖЕННЯ ОБЛИЧЧЯ І ОЧЕЙ ТА ІНТЕРФЕЙСІВ МОЗОК-КОМП'ЮТЕР ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ КОМУНІКАЦІЇ: ІНТЕГРАЦІЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЗАДАЧАХ М'ЯКОЇ МЕТРОЛОГІЇ 279**

Стадник Андрій, Ільчук Михайло **КІБЕР-ФІЗИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ НА БАЗІ ДРОНА: АДАПТАЦІЯ МОДЕЛІ YOLO 11, АНАЛІЗ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ТА АВТОНОМНА НАВІГАЦІЯ 281**

Олег Радченко, Василь Яцук **ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ НА МІСЦІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ У РОЗПОДІЛЕНИХ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ 283**

Гліб Салінко, Марина Лорія **ВИКОРИСТАННЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТОЧНОСТІ НАВІГАЦІЇ АВТОНОМНИХ РОБОТІВ У ДИНАМІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ 285**

Оксана Бойко, Василь Литвин, Олександр Медяков, Богдан Маркович, Андрій Сеник **ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ВУЗЛОВИХ УТВОРЕНЬ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ 286**

Олександр Курьянович, Костянтин Мовчан **СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННИХ СЕРТИФІКАТІВ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ДАНИЛА ГАЛИЦЬКОГО....287**
Руслан Салінко, Тетяна Сотнікова **МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ СИЛОВИХ ВПЛИВІВ У РОБОТИЗОВАНИХ МАНІПУЛЯТОРАХ....288**
Наталія Салінко, Людмила Карпюк **ІНТЕГРАЦІЯ ІНФРАЧЕРВОНИХ І УЛЬТРАЗВУКОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ В УМОВАХ НИЗЬКОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ....289**
Мирослава Чуйко, Михайло Чуйко **ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ СТУПЕНЯ ЗМОЧУВАННЯ ПОРІД РОЗЧИНАМИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН МЕТОДОМ ВІДТІКАННЯ....290**
Olha Barna, Serhii Barna, Lidiia Vytvytska **A NOVEL METHOD FOR MEASURING DYNAMIC CONTACT ANGLE: ENHANCED ACCURACY AND CONTROL....291**
Андрій Гуляєв, Олег Вотяков **ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ....293**
Тарас Карман **ВИМІРЮВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОБАК ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ПІДБОРУ КОРМУ....295**
Олег Галас **СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КЛІМАТУ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ І ТЕПЛИЦЬ З ФУНКЦІЄЮ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ....297**
Мирослава Прохоренко, Сергій Прохоренко, Драгула Надія **КОНТЕКСТНО-ЗМІННІ МАРКЕРИ ЕВАКУАЦІЙНИХ ДИРЕКТРИСС....298**
Сергій Прохоренко, Панчишин Іван **ЗАСАДИ КОНВЕКЦІЙНОЇ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЙНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ....299**
Oleksandr Stepanov, Halyna Klym **WEBASSEMBLY AND MICRO-FRONTENDS: CHALLENGES AND OPTIMIZATION STRATEGIES....300**
Степан Крупа, Юрій Кривенчук **УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ТОВАРІВ ЗА HTS-КОДАМИ....302**
Ростислав Маркович, Тарас Бойко **СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТИСКУ В ТРУБОПРОВОДАХ....304**
Євген Заболотний, Інна Мощенко **ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІТ-СЕРВІСІВ ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ ІЗ ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ....306**

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 62-5

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ: СЬОГОДЕННЯ, ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ

© Микола Микийчук[1], Святослав Яцишин[2], Тетяна Бубела[3], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), директор інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., професор, mykola.m.mykyichuk@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, sviatoslav.p.yatsyshyn@lpnu.ua
[3]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, tetiana.z.bubela@lpnu.ua

Промисловість 4.0 та 5.0 ставить нові завдання та виклики перед технічним забезпеченням виробництва, яке не може існувати без інформаційно-вимірювальних технологій (ІВТ). Основними елементами формування новітніх виробничих потужностей є впровадження кібер-фізичних систем, платформ Інтернету речей, аналітики великих даних, розвиток штучного інтелекту, предиктивне технічне обслуговування, роботизація процесів. Метрологія як центральний елемент міжнародної торгівлі (забезпечення довіри до результатів вимірювань, важлива частина інфраструктури якості) стикається з новими викликами та має формуватись на прогресивних засадах, а саме на використанні квантових явищ для створення еталонів, впровадженні хмарного моніторингу, на впровадженні технологій замкнутого циклу та мультисенсорних мереж.

Оскільки роль ІВТ зростає та стрімко розширюються сфери їх застосувань, то природно зростає ймовірність настання різного роду ризиків. Перш за все вони пов’язані з різким зростанням різноманіття потоків інформації: з одного боку, вони стосуються автоматичних систем управління роботою промислових об'єктів, наприклад, атомних електростанцій, транспорту, а з іншого боку – це інформація про місцезнаходження людини, стан її здоров'я, оцінювання якості послуг тощо. В процесі експлуатації метрологічні характеристики засобів вимірювань змінюються. При цьому звичайні методи, призначені для перевірки їхнього метрологічного стану на основі періодичного калібрування, є економічно неприйнятними з огляду на багаторазове зростання кількості вимірювального обладнання. Припускати, що надійність нових вимірювальних приладів (за винятком тих, що базуються на квантово-механічних ефектах) у найближчій перспективі зросте в рази, не є правильним. Крім того, обсяг опрацювання результатів вимірювань хмарними серверами продовжує зростати, а питання забезпечення кібербезпеки в ІВТ стає дедалі актуальнішим. Збільшення обсягів інформаційних потоків викликає додаткову проблему, а саме: зростає ймовірність неприпустимої затримки при передачі важливої інформації. Все це підвищує небезпеку виникнення трагедій та катастроф. Однак зростання небезпеки не супроводжується адекватним посиленням заходів щодо забезпечення цієї інформації своєчасністю та надійністю, включаючи безпеку (захист від ненавмисного та несанкціонованого доступу, зміни, пошкодження, знищення або використання). Можливість уникнути подібних подій має вирішуватись організацією автоматичної перевірки надійності результатів вимірювань завдяки застосуванню різних типів надмірності, тобто інтелектуалізації засобів вимірювань та вимірювальних систем, у тому числі тих, що забезпечують автоматичну корекцію невизначеності. Необхідна також оптимізація потоків вимірювальної інформації, а також перехід на технічне обслуговування з урахуванням результатів прогнозу. Посилення процесів інтегрування ІВТ у всі сфери людської діяльності ставить нові вимоги і до підготовки фахівців у цій сфері та впровадження сучасних навчальних компетентностей. Отже, цифрова трансформація суспільства веде до модернізації метрології та метрологічної діяльності, посилює роль ІВТ в епоху цифрових технологій.

UDC 658.62.018.012

HEROS: A MINIATURISED PLATFORM FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT ON HETEROGENEOUS ROBOTIC SYSTEMS

© Tomasz Winiarski, Daniel Giełdowski, Jan Kaniuka, Jakub Ostrys, Jakub Sadowski, 2024

Warsaw University of Technology Faculty of Electronics and Information Technology
Institute of Control and Computation Engineering Nowowiejska 15/19, 00-665
Warsaw, Poland tomasz.winiarski@pw.edu.pl

1. Introduction

Effective development and testing of robotic systems is a vast topic. Physical test platforms are an essential aspect thereof [1]. Running tests on target hardware is problematic, if only because of its cost and availability and the risks associated with the ongoing work. In the case of modern robotic systems, this problem is particularly relevant, as artificial intelligence algorithms are currently used and intensively investigated in robotics [2], that introduces many general and specific risk factors [3].

This paper proposes a miniaturised, low-cost physical test platform for heterogeneous robotic systems. The nature of the platform and its requirements are presented in sec.

2. The platform's components developed so far are described in sec. 3, and example applications are described in sec. 4. Section 5 concludes the work.

2. Requirements

R1 – modularised, tile-based board that makes it easy to reproduce experiments in various configurations of the environment,

R2 – small enough tiles to build complicated test environments in regular building premises,

R3 – easy access to the inside of the board from all sides,

R4 – moderate board price with low-scale manufacturing,

R5 – easy to produce and modify,

R6 – the possibility of routing cables underneath the tiles,

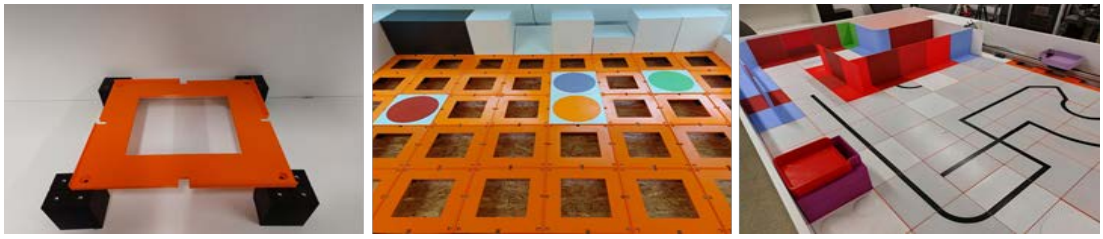
R7 – mobile robots that fit the dimensions of the board tiles,

R8 – manipulation robots that fit the dimensions of the board tiles, R9 – common software framework for all of the hardware.

3. Components of the platform

3.1. Board and tiles

In order to satisfy [R1], the platform utilizes a modular tile-based board. The board is a successor to the environment described in [4]. It is constructed from the following parts: legs, bases and tiles. The board's legs are 5cm high to allow the placement of vulnerable electrical components (cables, chargers, motors, compressors, etc.) below the robotic environment as per [R6]. Each base is placed on four legs and can fit a single tile (fig. 1a). The tiles have square-shaped bases, 20cm in side size. Currently, we designed several different tiles, including flat floor tiles, tiles with walls, turns and bends. We recently included proper bases and a sliding rail for the manipulation robot. This allows for building complex testing environments in finite space while consistent with previous tile designs [R2]. Until now, two versions of the environment were prepared, fitting six by ten (fig. 1b) and eight by twelve tiles (fig. 1c). Both allow easy access to the whole board, satisfying requirement [R3]. The whole board was created using 3D printing in order to make it both easy [R5] and relatively cheap [R4] to produce and modify.



a b c

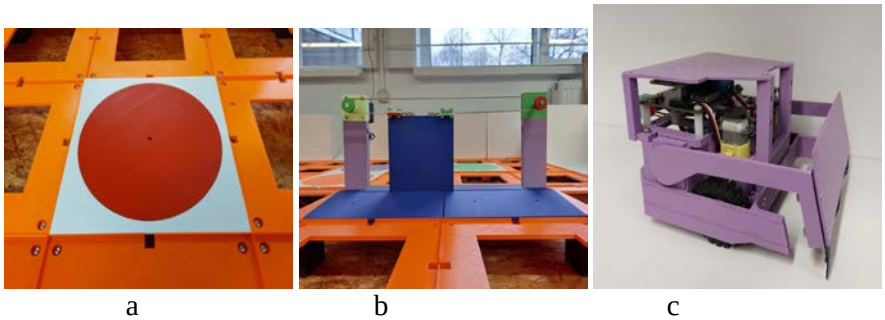
Fig. 1: HeROS board:
a – Single board base stand; b – Smaller board, partly
c – Larger board with differing on legs filled ent tiles present

3.2. Mechanised obstacles

To improve the variety of experiments, we designed some mechanised obstacles. The obstacles extend the board with hazards [R1]. Currently, we have one functional obstacle – spinning tile (fig. 2a) – and one in the phase of model improvements – moving wall (fig. 2b). A linear motor propels the spinning wheel and induces rotation to the robot placed upon it. The moving wall uses the stepper motor to change the board's structure while robots navigate it.

3.3. Homar mobile robot

Homar robot (fig. 2c) is a platform developed in a student-driven project briefly described in sec. 4.1. Its blueprint fits roughly in a 15 cm-sized square, making it possible to operate within a single tile [R7]. It is a mobile robot with differentialbased and front-wheel drive with limited capabilities of affecting the environment using a built-in shovel. This is achieved using two linear motors for movement and a single servomotor for its tool. The robot is also equipped with an onboard Raspberry Pi Zero computer, a custom motherboard, and two encoder sensors. Its control system is integrated with ROS 2 libraries for software unification [R9].



a b c

Fig. 2: HeROS board:
a – Spinning wheel obstacle; (b – Moving wall obstacle; c – Homar mobile robot

3.4. Customised Dobot Magician robot

Dobot Magician is a 4-DOF serial educational manipulator manufactured by the Dobot company. Different tools can be attached to the robot, such as a twofinger gripper, a pneumatic suction cup and a soft gripper. As part of the work of the Bionik – Students Robotics Interest Club, the robot was equipped with additional 3D-printed accessories such as gripper extenders, a mount for the Intel RealSense D435i depth camera and mounts for signal cables and a cable from the compressor. A ROS 2-based control system with a graphical interface has been developed for Dobot Magician [5]. The kinematic structure of this robot makes it suitable for typical *Pick&Place* tasks.

a b

Fig. 3. Customised Dobot Magician robot – visualization and real view MiniRys mobile robot´

3.5. MiniRy´s mobile robot

The first prototypes of the MiniRys mobile robot were developed as small-´ sized platforms [R7] based on research on a large-scale platform with variable locomotion mode [6]. In subsequent developmental versions of the robot, individual hardware components, software solutions, and operating systems were investigated. Currently, the robot features a control system based on ROS 2 framework and MeROS metamodel[7][1] [R9], created as part of work on a real-time hardwaresoftware platform. In the latest work on the robot's newest version, emphasis was placed on diagnostics, tests, and operation visualization [8]. The robot's hardware platform is equipped with a rotating LiDAR scanner (fig. 4a), and the control system has been integrated with the Nav2 navigation stack. In addition to moving in horizontal mode, where the bumper serves as the third point of support, it also can move in vertical mode, where the robot balances on two wheels. The robot also has versions equipped with ToF sensors, allowing it to move and navigate vertically in narrow corridors (fig. 4b).

a) with LiDAR b) with ToF senbsors

Fig. 4: Two variants of MiniRys mobile robot´

The robot serves as an educational and research platform, enabling training in the control of mobile robots, vision systems, and real-time systems, as well as conducting research on managing multi-robot systems and swarm robot behaviour.

[1] https://github.com/twiniars/MeROS

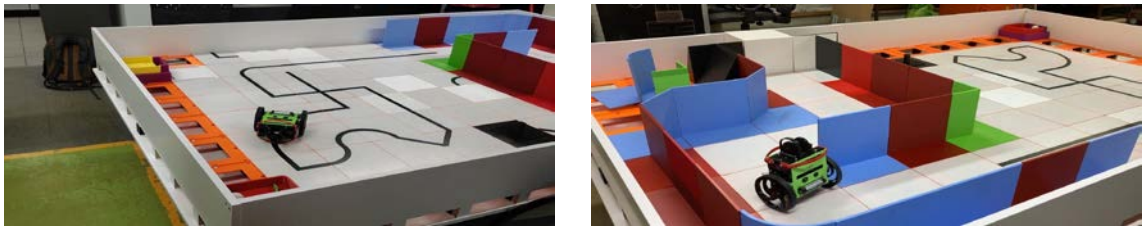
4. Selected applications

4.1. TwitchGo

TwitchGo project is a student-driven initiative that aims to research robotic systems controlled simultaneously by local and remote controllers by emulating a rivalry-driven game. During the game, two participants standing directly next to the board drive separate Homar robots (sec. 3.3) and compete by gathering small balls from the board to their respective goals. The event is transmitted live on the Twitch platform as a match. Simultaneously, the viewers can send specific comments in the stream's chat to activate mechanised obstacles placed in the board (sec. 3.2). By doing this, they choose to help both, either or neither of the teams.

4.2. Line and corridor follower

As a part of Bachelor's thesis [9], the line following horizontally (fig. 5a) and moving through a corridor (fig. 5b) vertically by MiniRys robot has been´ performed. The first task, related to line following, is based on image analysis from a built-in camera. The vertical movement task uses the robot's ability to balance, which was achieved by cascade control. Both functions were included in a single scenario[2].



a) Line following b) Corridor following

Figure 5: Multirobot transport of objects

4.3. Multirobot transport of objects

As a part of the project "Development of methods of cooperation between manipulation and mobile robots using the ROS 2 framework" a practical validation of the possibility of cooperation of heterogeneous robots in a transport task and in a Pick&Place task was carried out[3]. Appropriate modifications were made at the mechanical and software levels of the mobile and manipulation robots. These modifications expanded their abilities to operate in a dynamically changing environment. A prototype of a modular board was designed and manufactured that provided a suitable operational environment for all participating robots (fig. 6). The structure and behaviours of the system were modelled in SysML using MeROS metamodel[7][4].

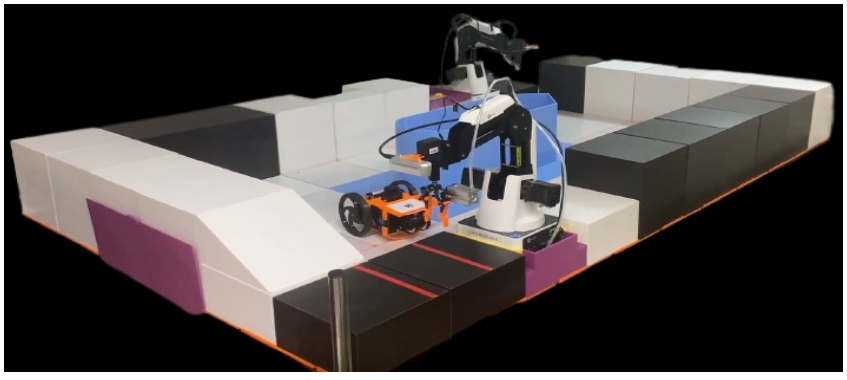


Fig. 6: Test environment for robot cooperation in a transportation task

[2] https://vimeo.com/901892055
[3] https://vimeo.com/865928183
[4] https://github.com/twiniars/MeROS

5. Conclusions

The HeROS platform has been in development for many years and has been the basis for a variety of works. In the near future, we plan to focus on exploring different strategies for the execution of multi-robot tasks involving mobile robots and manipulators. Strategies include both coordinated actions and those based on swarm intelligence. AcknowledgmentThe authors would like to thank Maciej Bogusz, Mateusz Dumin and Hubert

Kowalski for their support in developing the current version of the MiniRys robot,´ Paweł Rawicki for the development of the MiniRys graphical robot control inter-´ face, Bartek Kwiecinski, Małgorzata Dulikowska and other members of TwitchGO´ team for the design of the Homar mobile robot and mechanized obstacles.

The project was funded by the Rector's grants for Bionik – Students Robotics Interest Club in 2016-2020, Excellence Initiative: Research University (IDUB) Programme in 2022/2023 and Institute of Control and Computation Engineering.

Acknowledgment

The authors would like to thank Maciej Bogusz, Mateusz Dumin and Hubert Kowalski for their support in developing the current version of the MiniRys robot,´ Paweł Rawicki for the development of the MiniRys graphical robot control inter-´ face, Bartek Kwiecinski, Małgorzata Dulikowska and other members of TwitchGO´ team for the design of the Homar mobile robot and mechanized obstacles.

The project was funded by the Rector's grants for Bionik – Students Robotics Interest Club in 2016-2020, Excellence Initiative: Research University (IDUB) Programme in 2022/2023 and Institute of Control and Computation Engineering.

1. Dudek, W., Miguel, N., and Winiarski, T. SPSysML: A meta-model for quantitative evaluation of Simulation-Physical Systems. arXiv preprint arXiv:2303.09565, 2023. doi:10.48550/arXiv.2303.09565.

2. Shaukat, K., Iqbal, F., Alam, T. M., Aujla, G. K., Devnath, L., Khan, A. G., Iqbal, R., Shahzadi, I., and Rubab, A. The impact of artificial intelligence and robotics on the future employment opportunities. Trends in Computer Science and Information Technology, 5(1):050–054, 2020.

3. Cheatham, B., Javanmardian, K., and Samandari, H. Confronting the risks of artificial intelligence. McKinsey Quarterly, 2(38):1–9, 2019.

4. We¸gierek, M., Swistak, B., and Winiarski, T. Modularized environment for´ line follower robots. Pomiary Automatyka Robotyka, 19(217):61–66, 2015. doi:10.14313/PAR_217/61.

5. Kaniuka, J. Control system of DobotMagician robotic manipulator based on ROS2 framework. Bachelor's thesis, WEiTI, 2023.

6. Winiarski, T., Bogusz, M., Giełdowski, D., and Foryszewski, K. MiniRys –´ A miniature mobile robot with various modes of locomotion. In XV Polish National Conference on Robotics, volume 1, pages 251–260. 2018.

7. Winiarski, T. MeROS: SysML-based Metamodel for ROS-based Systems. IEEE Access, 11:82802–82815, 2023. doi:10.1109/ACCESS.2023.3301727.

8. Ostrysz, J. Research, modernization and visualization of the MiniRys mobile´ robot. Bachelor's thesis, WEiTI, 2023.

9. Sadowski, J. Line following and passing through a corridor by a robot with variable mode of locomotion. Bachelor's thesis, WEiTI, 2024.

УДК 679-7

КОНЦЕПЦІЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У СФЕРІ АВТОМОТІВ НА ПРИКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА ЛЕОНІ

© Роман Квас, 2024

ТзОВ «ЛЕОНІ» (Стрий, Україна), Начальник відділу виробничих концепцій, roman.kvas@leoni.com

Компанія ЛЕОНІ по цілому світі представлена виробничими потужностями з передовими кабельними технологіями та інноваційними рішеннями для електромонтажних систем. Виготовлення кабельних мереж для автомобілів – це високотехнологічний процес, під час якого працівники прагнуть покращувати якість продукції та послуг, використовуючи свої знання і навички. Дослідження та розвиток нових технологій для вдосконалення виробничих процесів сприяє постійному покращенню та ефективному імплементуванню принципів Industry 4.0 [1]. Автоматизація на виробництві базується на таких принципах:

- Сенсорика.
- Програмування.
- Контроль.

На заводах ЛЕОНІ в Україні на виробничих ділянках використовують такі автоматизовані продукти як:

– AMR (Autonomous Mobile Robot) – це безпілотниий рухомий робот, здатний виконувати різноманітні завдання без потреби постійного нагляду або контролю людини. AMR можуть бути використані в різних галузях, включаючи виробництво, логістику, складське господарство, службу доставки та інші.

– Cobot – це скорочення від "кооперативний робот" або "робот, який співпрацює з людьми" [2]. Він здатний сприяти людині у виконанні різних завдань. Cobot може бути програмований для виконання конкретних функцій, таких як підтримка збірки компонентів, пакування, збут або управління виробництвом.

Автоматизація процесів є надзвичайно важливою, адже це допомагає підвищити продуктивність праці працівників, покращити якість виготовленої продукції, замінюючи багаторазово повторювані монотонні процеси. На підприємстві ЛЕОНІ автоматизовано чимало процесів (рис.1), а саме: перевезення різноманітних компонентів та проводів між виробничими процесами за допомогою AMR, автоматизоване тестування щільності ізоляції та процес одягання ущільнювача компонентів кабельних мереж для електромобілів, автоматизоване монтування заглушок тощо.

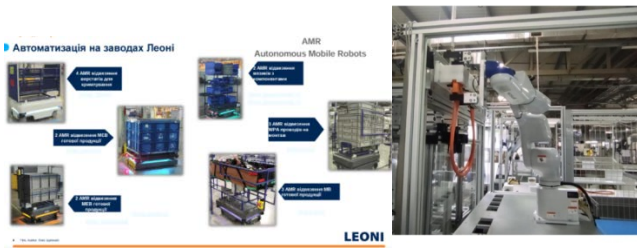


Рис. 1.Приклади автоматизації виробничих процесів на заводі ЛЕОНІ

Найближчим часом планується впровадити такі автоматизовані процеси як: монтування компонентів, вкручування та зварювання. Отже, майбутнє промисловості за автоматизацією та роботизацією.

1. Lefranc, G., Review of trends in Manufacturing Systema based on Industry 4.0: The Opportunities. Proceedings of ICCCC2022, Springer Proceedings.

2. Gastón Lefranc, Ismael Lopez-Juarez, Roman Osorio-Comparán. Impact of Cobots on automation. Procedia Computer ScienceVolume 214, 2022, Pages 71-78.

УДК 006.91

ПОГЛЯД ВИРОБНИКА ЩОДО ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ НЕАВТОМАТИЧНИХ ЗВАЖУВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

© Тетяна Ільницька[1], Олександр Дворник[2], 2024

[1]Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково-виробниче підприємство «Техноваги» (Львів, Україна), начальник калібрувальної лабораторії, головний метролог, к.т.н., kl-tw@ukr.net
[2] Львівський національний університет імені Івана Франка (Львів, Україна), студент факультету електроніки та комп'ютерних наук, kl-tw@ukr.net

Майже дев'ять років назад відбулися зміни в метрологічному законодавстві України, що привели його у відповідність до правової системи Європейського Союзу, але ще й досі виникає багато питань і плутанини щодо випуску та подальшої експлуатації засобів вимірювальної техніки та відповідної супровідної документації.

Науково-виробниче підприємство «Техноваги» є провідним українським виробником ваговимірювальної техніки і до нас часто, при замовленні або після поставки обладнання, клієнти звертаються за роз'ясненням щодо наявності відповідних маркувань та супровідних документів, що дозволяють експлуатувати обладнання у сфері законодавчо-регульованої метрології.

Висвітлено питання щодо отримання та права власності/розповсюдження відповідних сертифікатів за результатами проведення процедур оцінки відповідності для законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки – неавтоматичних зважувальних приладів (далі – НЗП).

Відповідно до чинного законодавства України всі законодавчо-регульовані засоби вимірювальної техніки, введені в обіг, надані на ринок або введені в експлуатацію повинні відповідати вимогам усіх чинних технічних регламентів, які застосовуються до них. НЗП повинні відповідати суттєвим вимогам Технічного регламенту щодо неавтоматичних зважувальних приладів [1] (далі – ТР НЗП) та національного стандарту ДСТУ EN 45501 [2], що надає презумпцію відповідності приладів суттєвим вимогам ТР НЗП. Оцінка відповідності вимогам технічних регламентів здійснюється у випадках і шляхом застосування процедур оцінки відповідності, які визначені в таких технічних регламентах.

Введені в експлуатацію можуть бути тільки ті НЗП, які пройшли процедуру оцінки відповідності за комбінацією модулів B (перевірка типу) + F (відповідність типу за результатами перевірки кожного приладу) та B (перевірка типу) + D (відповідність типу шляхом забезпечення якості виробничого процесу), мають нанесене відповідне маркування [1,3] та письмову декларацію про відповідність [1] (модуль G не розглядаємо для серійного виробництва).

У випадку позитивних результатів проведених робіт в межах модуля B призначений орган з оцінки відповідності (далі – ООВ) видає виробникові сертифікат перевірки типу засобу вимірювальної техніки. Сертифікат перевірки типу містить інформацію, яка дає змогу оцінювати відповідність виготовлених приладів затвердженому типу і здійснювати контроль в умовах їх експлуатації. Цей сертифікат є власністю виробника і містити технічні дані для ідентифікації затвердженого типу, що можуть становити комерційну таємницю виробника. Тому для широкого доступу надається лише копія першої сторінки сертифікату.

Проведення частини процедури оцінки відповідності перевірка типу (модуль B) не дає право на введення в обіг, надання на ринок або введення в експлуатацію НЗП.

У випадку позитивних результатів випробувань за модулем F на кожний перевірений НЗП ООВ видає виробнику сертифікат відповідності, із зазначенням модифікації та серійного номеру НЗП, і наносить свій ідентифікаційний номер (або доручає нанесення ідентифікаційного номера виробнику під свою відповідальність). Сертифікат відповідності є власністю виробника. Але дуже часто при повірці повірочні лабораторії вимагають наявність копії сертифіката відповідності.

Після отримання сертифіката відповідності на НЗП, зазначений у цьому сертифікаті, виробник наносить знак відповідності технічним регламентам, додаткове метрологічне маркування, ідентифікаційний номер ООВ, що проводив випробування (якщо ООВ доручив це зробити), номер сертифіката перевірки типу [1,3] та складає декларацію про відповідність [1]. Копію декларації про відповідність надається разом з НЗП.

Після застосування комбінації модулів B+F вся необхідна і достатня інформація на введення в обіг, надання на ринок або введення в експлуатацію НЗП міститься на маркувальній етикетці приладу та в декларації про відповідність.

Під час проведення процедури за модулем D призначений ООВ, обраний виробником, проводить оцінювання системи якості виробника щодо можливості забезпечити відповідність НЗП типові, описаному в сертифікаті перевірки типу, і застосованим вимогам ТР НЗП. За позитивних результатів перевірки аудиторською групою системи управління якості виробника ООВ видає сертифікат схвалення системи управління якістю на відповідний тип (типи) приладів. Цей сертифікат є власністю виробника.

Під час випуску продукції перевірку кожного НЗП проводять уповноважені фахівці підприємства-виробника відповідно до діючої на підприємстві системи управління якістю, оформлюють протокол випробувань. За позитивних результатів випробувань в експлуатаційній документації заповнюють свідоцтво про приймання/випуск виробу з обов'язковим зазначенням дати випуску засвідченою печаткою.

Сертифікат за модулем D дозволяє виробнику наносить на НЗП, які пройшли випробування на підприємстві виробника, знак відповідності, додаткове метрологічне маркування, ідентифікаційний номер ООВ, що проводив перевірку за модулем D, номер сертифіката перевірки типу [1,3] та складати письмову декларацію про відповідність на відповідний тип приладу [1]. В цьому випадку декларація про відповідність не містить інформації щодо конкретної модифікації та серійного номера кожного НЗП, а є єдиною для всіх приладів конкретного типу.

Всі сертифікати та декларації про відповідність виробник зберігає не менше 10 років.

НЗП, що перебувають в експлуатації, підлягають періодичній повірці після проведення процедур оцінки відповідності вимогам Технічних регламентів по завершенню терміну міжповірочного інтервалу, установленого нормативно-правовим актом України [4] – 1 рік.

Термін міжповірочного інтервалу відраховують: для модулів B+F від дати видачі сертифіката відповідності на прилад; для модулів B+D від дати приймання/випуску приладу зазначеної виробником в експлуатаційній документації.

Повірочні лабораторії перед проведенням повірки повинні перевіряти наявність відповідного маркування та декларації про відповідність, щоб впевнитись що НЗП пройшов необхідні процедури оцінки відповідності, має правильні маркування та декларацію про відповідність. Іноді недобросовісні працівники повірочних лабораторій нехтують своїм обов'язком і все ж таки видають свідоцтво про повірку для НЗП з порушеннями вимог. Але це не звільняє користувача НЗП від відповідальності щодо неправомірного використання приладу.

1. Технічний регламент щодо неавтоматичних зважувальних приладів [Електронний ресурс]: постанова [прийнято Кабінетом міністрів України 16 грудня 2015 р. № 1062]. – Режим доступу : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1062-2015-%D0%BF.

2. ДСТУ EN 45501:2017 Метрологічні аспекти неавтоматичних зважувальних приладів (EN 45501:2015, IDT).

3. Про затвердження форми, опису знаку відповідності технічним регламентам, правил та умов його нанесення [Електронний ресурс]: постанова [прийнято Кабінетом міністрів України 30 грудня 2015 р. № 1184]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1184-2015-%D0%BF.

4. Про затвердження міжповірочних інтервалів законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, за категоріями [Електронний ресурс]: наказ [прийнято Мінекономрозвитку 13 жовтня 2016 р. № 1747]. – Режим доступу: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1417-16.

УДК 658.62.018.012

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ ПОМИЛОК ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОЦІНОК ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТІВ КВАЛІМЕТРІЇ

© Роман Тріщ[1], Наталія Сороколат[2], 2024

[1] Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Харків, Україна), завідувач кафедри мехатроніки та електротехніки, д.т.н, професор, trich_@ukr.net
[2] Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Харків, Україна), асистентка кафедри мехатроніки та електротехніки, PhD, nataa.sorokolat@gmail.com

Для оцінювання якості об'єктів кваліметрії важливо знати комплексний показник якості, що складається з одиничних показників, які, як правило, можуть мати різні шкали, одиниці та діапазони вимірювань. У таких умовах необхідно отримати оцінки одиничних показників якості у єдиному, бажано безрозмірному виді. Для отримання оцінок застосовують функціональні залежності, які мають переваги та недоліки та обмежені сфери застосування. Пропонується універсальну функціональну залежність, яка нівелює недоліки існуючих, та має високу ефективність для практичного застосування. У якості такої залежності пропонується використовувати функцію помилок. Ця залежність застосовується в математичній статистиці та фізиці для вирішення різних практичних завдань.

Завдяки розвитку комп'ютерної техніки стало можливим використання функції помилок у кваліметрії, оскільки її застосування передбачає виконання ряду математичних перетворень. У прикладних програмах функція помилок стандартизована, що відкриває широкі можливості для її практичного використання. Функція помилок має наступний вид [1; 2]:

$$erf(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt. \qquad (1)$$

На рисунку 1 представлено графічний вид функції помилок.

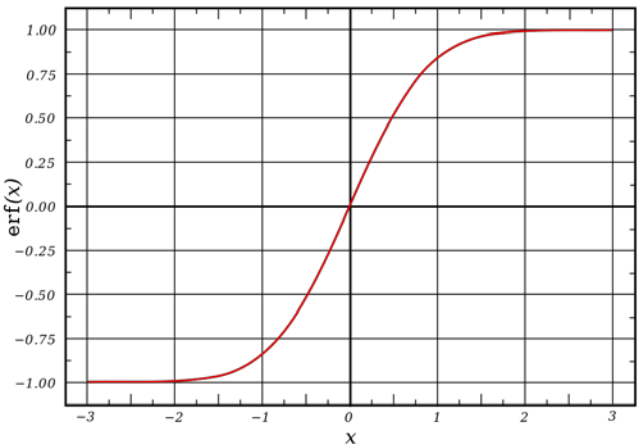


Рис. 1. Графічний вид функції помилок (1)

З рисунку 1 видно, що швидкість зміни залежності не рівномірна зліва на право, а саме, по краях діапазону оцінювання графік залежності пологий, зате в середині стрімко зростає. Цей факт відповідає принципам кваліметрії, адже зрозуміло, що виміряні показники якості та їх оцінки залежні не лінійно. Тому можна зробити висновок, що математична залежність (1) обґрунтована та може вважатися універсальною для отримання оцінок будь яких одиничних показників якості.

Але, так як потрібно отримати оцінки у діапазоні оцінювання: $0 \le y(x) < 1$, то залежність (1) перетворимо у такий вид:

$$S = y(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} erf\left(-2 + 4\frac{x-a}{b-a}\right), \qquad (2)$$

де *erf(x)* − функція помилок, *a* − найменше можливе допустиме значення одиничного показника якості, *b* − найбільше можливе допустиме значення одиничного показника якості; *x* – дійсне значення одиничного показника якості.

Зауважимо, що функція *y(x)* в точці *a* приймає значення близьке до нуля, а в точці *b* − близьке до одиниці. Графічний вид залежності (2) представлено на рисунку 2 при *a* = 25, *b* = 30.

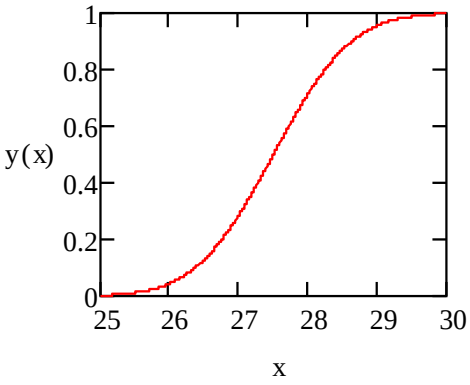


Рис. 2. Графік функції *y(x)* при *a* = 25, *b* = 30

Залежність (2) характерна тим, що вона надає оцінку показника якості в діапазоні від 0 до 1, а вісь (*OX*) обмежена гранично допустимими значеннями одиничного показника якості, визначеними нормативними документами.

Запропонована залежність (2) можна вважати спроможною, універсальною та ефективною через переваги над існуючими, що застосовуються у кваліметрії. На відміну від існуючих методів отримання оцінок показників якості об’єктів кваліметрії, які вимагають складних обчислень та експертних оцінок, запропонована залежність (2) використовують вбудовану в Microsoft Excel функцію помилок (*erf*). Тому її застосування не потребує спеціального програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати процес оцінювання та значно розширює можливості для практичного застосування при оцінюванні якості об’єктів кваліметрії різної природи.

Таким чином, повпливавши на випадкові величини одиничних показників якістю залежністю (2) отримуємо функціно-залежну оцінку на безрозмірній шкалі. Якщо існує статистична інформація про якість одиничних показників якості, то можна сказати, що отримуємо функційно-залежну статистику на безрозмірній шкалі. Цей факт дозволяє вирішувати ряд практичних завдань. Так, наприклад, якщо відомий закон розподілу випадкових величин одиничного показника якості об’єкту кваліметрії, то, повпливавши залежністю (2), можна отримати закон розподілу функційно-залежних величин. Знання такого закону розподілу розширює можливості вирішення практичних завдань в галузі кваліметрії.

Висновок. Запропонована математична залежність (2) являється універсальною та може стати незамінним інструментом для практичного застосування, а також може бути інтегрована в нормативні документи на рівні організації чи підприємства для ефективного оцінювання якості об’єктів кваліметрії.

1. Сороколат Н. А. Удосконалення методів оцінювання якості об’єктів кваліметрії з застосуванням нелінійних функціональних залежностей: дис. канд. д.філософ.: 152. Харків, 2023. 164 с.

2. Сороколат Н. А., Фатєєва Л. Ю. Застосування функції помилок для оцінювання якості об’єктів кваліметрії. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2022. № 4 (14). С. 53–58.

УДК 681.122

ОЦІНКА РОЗШИРЕНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ РОБОЧОГО ЕТАЛОНУ В ДІАПАЗОНІ ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ДО 25000 м^3/год

©Владислав Катамай, Олег Коржак, Віталій Малісевич, Денис Середюк, Олександр Бас, Володимир Лемішка 2024

Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія» (Івано-Франківськ, Україна), генеральний директор
Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія» (Івано-Франківськ, Україна), перший заступник генерального директора, кандидат технічних наук
Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія» (Івано-Франківськ, Україна), інженер з метрології
Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія» (Івано-Франківськ, Україна), начальник ЦНЗВ, кандидат технічних наук
Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія» (Івано-Франківськ, Україна), провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук
Державне підприємство «Івано-Франківськстандартметрологія» (Івано-Франківськ, Україна), начальник ВЛ

Робочий еталон спроектований фахівцями ДП "ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ" з максимальною витратою до 25000 м^3/год складається з системи трубопроводів з агрегатами для створення потоку газу, набору паралельно встановлених еталонних лічильників газу (ЕЛ) і досліджуваного лічильника газу, встановленого послідовно до еталонних лічильників, системи регулювання витрати, перетворювачів температури і тиску, системи збору, передачі і обробки інформації. В складі установки на чотирьох паралельних лініях встановлено ЕЛ DN 300 з можливістю одночасної роботи. Система регулювання витрати газу через досліджуваний лічильник газу виконана багатоступенево і включає агрегати для створення потоку з частотним управлінням.

Паралельне використання таких еталонних лічильників газу в установці дозволяє збільшити діапазон значення об'ємної витрати до 25000 м^3/год, забезпечити простежуваність вимірювань до національної еталонної бази, а саме до вторинних еталонів одиниць об'єму та об'ємної витрати газу ВЕТУ 03-01-03-11 та ВЕТУ 03-01-04-12 в діапазоні об'ємної витрати газу до 6500 м^3/год. Це дає суттєві переваги, в порівнянні із типовими повірочними установками з еталонними лічильниками, в яких діапазони еталонних лічильників пересікаються тільки в одній спільній точці об'ємної витрати.

Процедура калібрування та розрахунок розширеної невизначеності проводиться згідно з методикою [1]. Методика, на початковому етапі, передбачає поетапне калібрування каналів вимірювання тиску та температури (на лініях еталонних лічильників та на дослідній лінії) і каналу вимірювання часу. Калібрування вказаних каналів проводиться в складі установки для виключення впливу монтажу, забезпечення герметичності та перевірки роботи програмного забезпечення. Для калібрування застосовують калібратор тиску, термостат з еталонним термометром та частотомір. Для кожного каналу визначається складова сумарної невизначеності за типом А та типом В (з врахуванням невизначеності еталонного засобу, яким проводили калібрування).

Наступним етапом проводиться калібрування еталонних лічильників. Калібрування кожного еталонного лічильника проводиться на не менше ніж в 9-ти точках об'ємної витрати, розподілених у всьому діапазоні об'ємної витрати. Калібрування еталонного лічильника установки полягає у визначенні коефіцієнта перетворення (K), що відповідає 1 м^3.

За результатами всіх вимірювань, використовуючи метод найменших квадратів, визначають коефіцієнти апроксимаційного полінома для кожного еталонного лічильника наступного виду:

$$K(q) = A_{-2}q^{-2} + A_{-1}q^{-1} + A_0 + A_1q^1 + A_2q^2 \qquad (1)$$

A_i - коефіцієнти апроксимаційного полінома, які визначаються за результатами калібрування; q – об'ємна витрата, м^3/год.

Рис. 1. Робочий еталон одиниць об’єму та об’ємної витрати газу
в діапазоні об’ємної витрати до 25000 м^3/год

Особливістю проведення калібрування та розрахунку невизначеності створеного робочого еталона є відсутність необхідності застосування еталона передавання DN 500 із значенням максимальної об’ємної витрати 25000 м^3/год при калібруванні. Для передавання розміру одиниці об’єму та об’ємної витрати газу достатнім є застосування еталона передавання в діапазоні об’ємної витрати до 6500 м^3/год, за допомогою якого здійснюється послідовне калібрування кожного із ЕЛ зі складу установки. В результаті значення випадкової складової невизначеності за типом А зменшиться в $\sqrt{n}$ разів (n – кількість одночасно застосованих еталонних лічильників).

Розширена стандартна невизначеність вимірювання об’єму U_i розраховується індивідуально для кожного i-того еталонного лічильника з врахуванням складових за типом А та складових за типом В, за наступною формулою:

$$U_i = 2 \cdot \sqrt{u_{Ai}^2 + u_{Bi}^2}\,, \qquad (2)$$

За результатами розрахунків вибирається найбільше значення розширеної невизначеності.

Значення розширеної невизначеності установки за результатами калібрування має відповідати вимогам ≤ 1/3 максимально допустимої похибки лічильника газу [2] та повинно не перевищувати U ≤ 0,16 % для забезпечення можливості проведення повірки лічильників газу класу 0,5 та класу 1,0 [3].

1. МК 004 РД/03-2023 Метрологія. Установки з еталонними лічильниками. Методика калібрування.

2. Наказ Мінекономрозвитку від 08.02.2016р. № 193 Про затвердження Порядку проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів

3. ДСТУ 9036:2020 Метрологія. Лічильники газу ультразвукові. Методика повірки

УДК 681.121

ЗАСТОСУВАННЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОФОРМЛЕННІ РЕЗУЛЬТАТІВ КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

© Юрій Мороз[1], Олег Коржак[2], Віталій Малісевич[3], Тарас Кепещук[4], Денис Середюк[5] 2024

[1]ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ» (Івано-Франківськ, Україна), молодший науковий співробітник, theyura0308@gmail.com
[2]ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ» (Івано-Франківськ, Україна), генеральний директор, ifstandartmetrology@gmail.com
[3]ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ» (Івано-Франківськ, Україна), перший заступник генерального директора, к.т.н., Vitalii.Malisevych@ifdcsms.com.ua
[4]ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ» (Івано-Франківськ, Україна), головний науковий співробітник, ktv.metr77@gmail.com
[5]ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ» (Івано-Франківськ, Україна), начальник центру наукового забезпечення вимірювань об’єму та об’ємної витрати газу, Denys.Serediuk@ifdcsms.com.ua

Цифрові технології активно трансформують багато галузей людської діяльності, включаючи сферу технічного регулювання, а зокрема й метрологію. Метрологія, як наука про вимірювання, є критично важливою для забезпечення точності виробництва, інновацій та розвитку науки. Традиційні методи проведення вимірювань поступово відходять у минуле, поступаючись цифровим рішенням, що надають більше можливостей для автоматизації та інтеграції даних у глобальні інформаційно-вимірювальні системи.

У світлі цих факторів можна відзначити, що цифровізація в метрології має велике значення для підвищення точності вимірювань, контролю та забезпечення якості у різних сферах промисловості та науки. Це підтверджується дослідженнями провідних іноземних метрологічних інститутів, які працюють над створенням та впровадженням цифрових сертифікатів калібрування (ЦСК) для забезпечення цифрової інфраструктури якості в контексті розвитку індустрії 4.0 [1].

Впровадження ЦСК розв'язує ряд метрологічних завдань, зокрема забезпечує метрологічну простежуваність в цифрових вимірювальних системах [2], шляхом електронного підтвердження того, що засіб вимірювальної техніки (ЗВТ) був належним чином відкалібрований і результатам калібрування можна довіряти. Окрім того, у порівнянні з аналоговими сертифікатами калібрування, ЦСК дозволяють здійснювати ефективний обмін даними про калібрування між різними системами та лабораторіями, що поліпшує взаємодію та зменшує ризик помилок та людського фактору. Зберігання даних про калібрування у цифровому форматі дозволяє швидко отримувати доступ до важливої інформації в реальному часі, що є ключовим для ефективного управління процесами вимірювань. Цифрові сертифікати гарантують високий рівень безпеки та автентифікації, оскільки можуть бути захищені шифруванням та цифровим підписом, що знижує ризик фальсифікації та забезпечує цілісність даних. Використання ЦСК також дозволяє створювати ефективну історію калібрувань для ЗВТ, проводити аналіз його метрологічних характеристик, включаючи простежуваність, контролювати термін наступного калібрування ЗВТ та уникнути можливих проблем у процесі його застосування.

На даний час в Україні у сфері калібрування ЗВТ широко застосовуються аналогові сертифікати калібрування, використання яких не дозволяє досягнути необхідних на сьогодні цілей, які ставить нам сьогодні розвиток цифрових технологій.

Тому метою роботи є розробка шаблону цифрового сертифікату калібрування для одиниць вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу.

Майже 90% робіт з повірки робочих лічильників газу в Україні виконуються на установках з еталонними лічильниками (ЕЛ). Метрологічна простежуваність при цьому забезпечується шляхом калібрування ЕЛ на національному еталоні.

Визначення коефіцієнту перетворення $K(q)$ – кількості імпульсів на об’єм газу, рівний 1 м^3 за різних витрат в межах діапазону лічильника та рівняння, яким описується залежність

коефіцієнту перетворення K від витрати q, є метою калібрування ЕЛ. В якості такого рівняння обрано поліном виду:

$$K(q) = A_{-2}q^{-2} + A_{-1}q^{-1} + A_0 + A_1q^1 + A_2q^2, \quad (1)$$

де A_i – коефіцієнти апроксимаційного полінома.

При розробленні цифрових сертифікатів калібрування в сфері вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу у ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ» було здійснено ряд заходів. Перш за все було проаналізовано наявний світовий досвід документування результатів калібрування в цифровій формі, проведено ознайомлення з нормативними та методичними документами з цифровізації в сфері метрології. Також було розглянуто структуру файла-схеми цифрового сертифікату калібрування типу "XSD" та розглянуто шаблони цифрових сертифікатів калібрування (формат "XML") для засобів вимірювання тиску і температури, запропонованих фахівцями з РТВ. Наступним кроком було визначення інформації, яка необхідна для наповнення цифрових сертифікатів калібрування засобів вимірювання об’єму та об’ємної витрати газу, що є обов'язковою відповідно до міжнародних стандартів з метрології. В результаті проведеної роботи було створено шаблон цифрового сертифікату калібрування (формат "XML") для засобів вимірювання об’єму та об’ємної витрати газу.

В процесі щоденної роботи калібрувальної лабораторії заповнення шаблону ЦСК даними калібрування займає тривалий час і вимагає безпосередньої участі людини. З метою зменшення людського фактору та автоматизації процесу створення ЦСК нашим підприємством було прийнято рішення розробити програмне забезпечення, функціональна схема якого зображена на рис. 1.

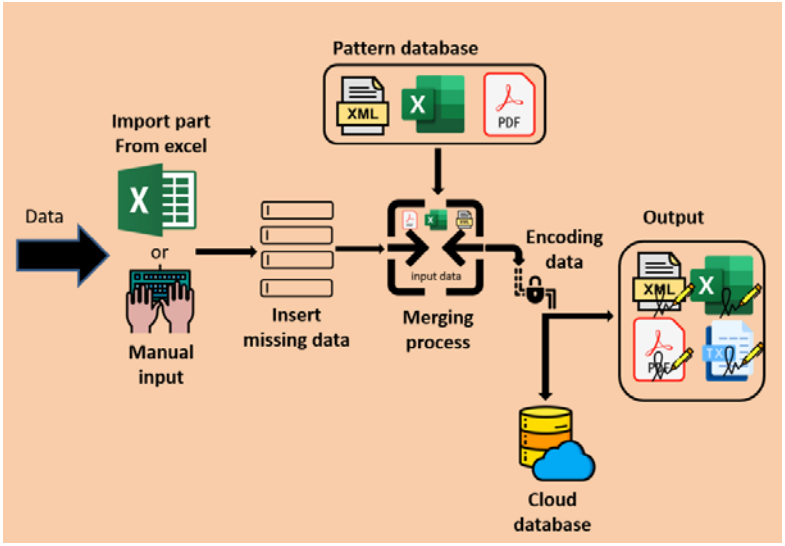


Рис. 1. Структурна схема програмного забезпечення для створення цифрового сертифікату калібрування

Розроблені шаблон ЦСК та програмне забезпечення для автоматизованого створення ЦСК на основі даних калібрування, а також поступове впровадження ЦСК для одиниць вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу в ДП "ІВАНО-ФРАНКІВСЬКСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ" свідчать про можливість та перспективу використання ЦСК для оформлення результатів калібрування ЗВТ.

1. Hackel, S.; Schönhals, S.; Doering, L.; Engel, T.; Baumfalk, R. The Digital Calibration Certificate (DCC) for an End-to-End Digital Quality Infrastructure for Industry 4.0. Sci 2023, 5, 11. https://doi.org/10.3390/sci5010011.

2. Blair D. Hall, Ryan M. White. Representing metrological traceability in digital systems. IMEKO TC6 International Conference on Metrology and Digital Transformation. September 19 – 21, 2022, Berlin, Germany.

УДК 004.421

ВИСОКОПРОДУКТИВНЕ ОБЧИСЛЕННЯ МОДУЛЯРНОГО ЕКСПОНЕНЦІЮВАННЯ НАД БАГАТОРОЗРЯДНИМИ ЧИСЛАМИ

© Ігор Процько[1],Олександр Грищук[2], 2024

[1] Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна, професор кафедри автоматизованих систем управління, д.т.н., проф., ihor.o.protsko@lpnu.ua.
[2] ТОВ "SoftServe", Львів, Україна, програміст розробник, ocr@ukr.net

Модулярне експоненціювання над багаторозрядними числами (1) широко використовується для знаходження дискретного логарифму, в теоретико-числових перетвореннях та в криптографічних алгоритмах. Зростання розрядності чисел, що значно перевищують розрядність процесорів, призводить до сповільнення реалізації обчислень на комп'ютерах загального призначення. Для досягнення прийнятного рівня захищеності на сучасному етапі в асиметричній криптографії використовують великі числа обсягом 1024 – 4096 двійкових розрядів з перспективою її подальшого зростання.

$$y = A^x \bmod N \ . \qquad (1)$$

Серед існуючих ефективних алгоритмів модулярного експоненціювання виділяють: двійкове експоненціювання справа наліво, двійкове експоненціювання зліва направо, експоненціювання з ковзаючим вікном, багатоланкове еспоненціювання Монтгомері, одночасне множинне експоненціювання та їх модифікації [1]. Аналіз алгоритмів обчислення модулярного експоненціювання та їх реалізацій показує широке використання ітеративних процедур серед криптографічних програмних бібліотек призначених для роботи з великими числами, що приводять до низької ефективності використання доступних обчислювальних ресурсів у багатоядерних комп'ютерних системах. Особливо це ускладнює організацію багатопотокових обчислень і не забезпечує високої швидкодії виконання обчислення модулярного експоненціювання.

Одним з напрямів високопродуктивної реалізації обчислення цілочисельного степеня числа за модулем над багаторозрядними числами є розробка алгоритмічного та програмного забезпечення, яке надає можливість використовувати гіперпотокові (hyper-threading) обчислення. З цією метою розроблено програмне забезпечення, яке реалізує ефективне використання робочого часу багатоядерних мікропроцесорів в універсальних комп'ютерних системах і розпаралелює процес обчислення модулярного експоненціювання над багаторозрядними числами. Серед основних обчислювальних підходів модулярного експоненціювання, що включають: основні прийоми піднесення до степеня, алгоритми з фіксованим показником *x*, алгоритми з фіксованою основою *A*, широке використання отримали саме обчислювальні алгоритми з фіксованою основою. В програмі модулярне експоненціювання реалізовано за допомогою методу двійкового піднесення до степеня справа наліво для фіксованої основи з передобчисленням скороченого набору залишків.

Основна ідея обчислювального алгоритму модулярного експоненціювання (2) полягає у використанні двійкового представлення степеня *x* фіксованої основи *A* для визначення залишків *r*.0, *r*.1,…, *r.k*-1 за кожним двійковим розрядом (A^{2^i}) mod *N*, (*i* = 0, 1, 2, …, *k*-1)

$$\begin{aligned} y = A^{x_{(k-1)}x_{(k-2)}\cdots x_2 x_1 x_0} \bmod N = (A^{2^{k-1}} \bmod N * A^{2^{k-2}} \bmod N * \ldots \\ * A^{2^1} \bmod N * A^{2^0} \bmod N) \bmod N = (r.k-1 * r.k-2 * \ldots * r.1 * r.0) \bmod N; \end{aligned} \qquad (2)$$

Періодичне повторення в послідовності залишків *r*.0, *r*.1,…, *r.k*-1 прискорює процес обчислення модулярного експоненціювання, які не будуть обчислюватись після визначення періоду повторення *T'* з врахуванням початкового зміщення *u*

$$A\wedge 2^i \bmod N \equiv A\wedge 2^{(i+T'+u)} \bmod N, \ i > u \ . \qquad (3)$$

Всі наступні послідовності залишків (3) для $i > T'+u$ повторно вибираються із сформованої послідовності першого періоду з блоку визначення скороченого набору залишків.

Таким чином, на початковому етапі виконання (3) здійснюється передобчислення послідовності залишків з фіксованою основою *A* та модулем *N* з визначенням їхнього періоду повторення *T'* і початкового зміщення *u*. Після визначення скороченого набору залишків виконується над ними редукція Монтгомері. Далі поетапно здійснюється попарне виконання модулярного множення в просторі Монтгомері, що використовує тільки операції додавання та зсуву. В процесі виконання модулярного множення Монтгомері аналізується наявність одиниці у двійковому розряді *x.i* де *i* = 0,1,2,…, (*k*-1), яка і визначає виконувати множення чи ні [2]. Таким чином, якщо для значень показників степені рівних цілій степені два буде виконуватись тільки одне модулярне множення, то для значення степеня зі всіма одиничками у своєму бінарному представленні буде виконуватись найбільше множень. Єдина складність організації обчислень з потоками полягає в необхідності синхронізації потоків для забезпечення коректного обчислення кінцевого значення *y*, яке у результаті поетапного виконання всіх модулярних множень перетворюють з числового простору Монтгомері.

Сучасні вільнодоступні програмні бібліотеки Crypto++, OpenSSL, MPIR включають функції обчислення модулярного експоненціювання над багаторозрядними числами [3-5]. Для програмної розробки алгоритму обчислення модулярного експоненціювання використовується бібліотека MPIR, яка написана на С та асемблері та надає можливість компілювати свої функції у Visual Studio C++. У бібліотеці MPIR тип даних *mpz_t* представляє великі числа довільної довжини, які рандомно формуються в програмі для значень степеня, основи і модуля з кількістю бітів від 256 до 4K бітів.

Тестування швидкості виконання обчислення модулярного експоненціювання розробленого програмного забезпечення та функцій з бібліотек Crypto++, OpenSSL, MPIR проводились на комп'ютерній системі з багатоядерним мікропроцесором Intel Core i9-10980XE (18 ядер, 36 потоків, 3,0 ГГц) в 64-бітній Windows. Результати обчислень модулярного експоненціювання кожної з функцій перевіряються на правильність. Для строгого визначення середнього часу обчислення модулярного експоненціювання тестування виконувалось багаторазовим викликом функцій із заданою кількістю спроб 500, та програмно заданою кількістю потоків 32. Отримані результати тестування свідчать, що розроблена програмна реалізація обчислення модулярного експоненціювання прискорює обчислення модулярного експоненціювання більше 2,4 рази для псевдовипадкових даних з кількістю 1024 біт, більше 9,8 рази для даних з кількістю 2048 біт та більше15,6 раз для даних з кількістю 2048 біт.

Таким чином, реалізація паралелізму з використанням багатопоточності у функції обчислення модулярного експоненціювання на основі модульного множення Монтгомері з використанням алгоритму із попереднім обчисленням залишків для фіксованої основи забезпечує швидші обчислення відносно відомих функцій бібліотек Crypto++, OpenSSL та MPIR для баготорозрядних чисел понад 1K біт [6,7] і рекомендується для застосування в криптографії на еліптичній кривій, для узгодження ключів Діффі-Хеллмана та перевірки підпису ECDSA.

1. Alfred J. Menezes, Paul C. van Oorschot, Scott A. Vanstone, Handbook of applied cryptography. https://doi.org/10.1201/9780429466335

2. Патент 137759 Україна, G06F7/04(2006.01), Пристрій обчислення цілочисельного степеня числа за модулем. / Процько І.О., Рикмас Р. В., Грищук О. В./ Опубл. 11.11.2019, Бюл. № 21.

3. Crypto++ Library 8.6 URL: https://www.cryptopp.com

4. OpenSSL. Cryptography and SSL/TLS Toolkit, 2021. URL: http://www.openssl.org/

5. MPIR: Multiple Precision Integers and Rationals. URL: http://mpir.org/

6. Ihor Prots'ko, Aleksandr Gryshchuk, The implementation of Montgomery modular reduction to speed up the computation of modular exponentiation. CEUR Workshop (CMIS 2024), Zaporizhzhia, Ukraine, May 3, 2024. vol. 3702, pp. 280-291. https://doi.org/10.5281/zenodo.12636164

7. I. Prots'ko, A. Gryshchuk, Implementing Montgomery multiplication to speed-up the computation of modular exponentiation of multi-bit numbers. Cybernetics and Systems Analysis.2024, vol. 60, issue 5, pp. 826–833. https://doi.org/10.1007/s10559-024-00720-4.

УДК 536.532

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ПОХИБКАМИ ВІД ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНОЇ НЕОДНОРІДНІСТІ І ДРЕЙФУ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

© Орест Кочан

[1] Національний університет «Львівська політехніка (Львів, Україна), професор кафедри інфрмаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, orest.v.kochan@lpnu.ua

Термоелектричні перетворювачі (ТЕП), чутливими елементами яких є термопари (ТП). ТП мають досить великі похибки, викликані відхиленнями їх функції перетворення (ФП) від номінальної, дрейфом ФП при тривалій експлуатації при високій температурі та похибкою від набутої термоелектричної неоднорідності (ТЕН) [1]. Основні сплави для ТП, створені майже століття тому. Спроби створення нових сплавів на базі металевих шкел, інтерметалів та наноматеріалів на даний момент перебувають на стадії дослідження термоелектричних матеріалів. Дія ТЕП базується на ефекті Зеебека [2, 3]. Його можна записати як

$$E = e \cdot \Delta t \ , \qquad (1)$$

де $E-$ генерована електродом ТП (або його ділянкою) термо-е.р.с., μV ; $e-$ питома термоелектрична здатність матеріалу електрода (ПТЗ) ТП, $\mu V / °C$; $\Delta t-$ різниця температур між кінцями електрода ТП, $°C$. Відомі чотири основні закони термоелектрики [3]:

1. Закон внутрішніх температур – температурний градієнт і розподіл температур вздовж електродів ТП не впливають на генеровану нею термо-е.р.с.
2. Закон проміжних металів – якщо два різні метали створюють коло у якому є два контакти, що мають різні температури, то включення третього металу у розрив одного з металів створює два нові контакти. Однак, якщо температура цих нових контактів рівна, то е.р.с. кола не змінюється.
3. Закон проміжних температур – у колі із двох різних металів, кінці яких мають температури $t1$ і $t2$, генерує термо-е.р.с. $E1$. Якщо при температурах цих кінців $t2$ і $t3$ генерована термо-е.р.с. стала $E2$, то при температурах цих кінців $t1$ і $t3$ генерована термо-е.р.с. стане $E1+E2$.
4. Закон сумування термо-е.р.с. – якщо відомі ПТЗ двох різних металів відносно третього металу, то ПТЗ із цих двох металів рівна алгебраїчній різниці згаданих ПТЗ.

Вище показано, що одною із основних похибок ТП є похибка від ТЕН електродів ТП. Проявляється ця похибка при зміні температурного градієнту і розподілу температур вздовж електродів ТП [1]. Тривала дія високої температури на електроди ТП веде до їх деградації. Для ТП, що деградували у процесі експлуатації, (1) можна переписати як

$$E = (e + \Delta e)\Delta t \ , \qquad (2)$$

де $\Delta e-$ зміна ПТЗ електрода ТП під дією деградації. У [1] показано, що максимальні значення похибок від дрейфу ФП Ee_i^{DR} та від набутої термоелектричної неоднорідності ΔE_i^{NEOD} для ТП, яка тривалий час вимірювала високу температуру, рівні. Така рівність, для кожної комбінації температури T_{Ei} та часу τ_{Ei} експлуатації відповідає граничним значеннями змін поточної температури ділянки T_{Di}, тобто $\Delta T_{Di} = 0$ та $\Delta T_{Di} = T_{Ei}$. Тоді:

$$\Delta E_{MAX}^{DR}\left(T_{Ei},\ \tau_{Ei},\ \Delta T_{Di} = 0\right) = \Delta E_{MAX}^{NEOD}\left(T_{Ei},\ \tau_{Ei},\ \Delta T_{Di} = T_{Ei}\right) . \qquad (4)$$

Нехай є ТП, з початковою ФП, отриману при виготовленні. Ця ФП формується початковим значенням ПТЗ e^{POCH}. Для вимірюваної температури T значення генерованої електродом термо-е.р.с. (якщо не враховувати нелінійність ФП ТП) буде становити $E = e^{POCH} \cdot T$. На рис. 1 показано цю ТП, яка при сталій експлуатації розмішена у профілі температурного поля ABCD (для спрощення рисунка температурні поля зображено лінійними). Інтенсивність деградаційних процесів залежить від температури сталої експлуатації [1], максимальний дрейф ТП Δe_{MAX}^{DR} буде відповідати ділянці АВ, тобто

$$\Delta E_{AB}^{DR} = \Delta E_{MAX}^{DR} \ . \qquad (5)$$

Максимальна зміна профілю температурного поля щодо набутої похибки ТП становить $\Delta T_{Di} = T_{Ei}$. А ділянка CD під час експлуатації перебуває при температурі близькій до нуля. Тому, відповідно до [1] її ПТЗ не буде змінюватися. Максимально змінює свою ПТЗ ділянка АВ. Але, згідно із законом 2, це не впливає на генеровану ТП термо-е.р.с., бо $T_A = T_B$. Отже, впливає лише дрейф ділянки ВС. Тому можна записати:

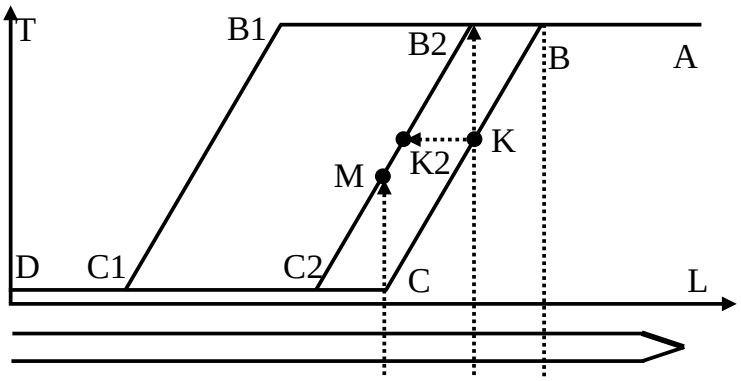


Рис. 1. Зміни температурного поля при експлуатації ТП

$$\Delta E_{TC}^{DR} = \Delta E_{BC}^{DR} = \Delta E_{TC}^{MAX}, \quad (6)$$

де ΔE_{TC}^{DR} – похибка ТП від дрейфу її ФП; ΔE_{BC}^{DR} – похибка від дрейфу ділянки ВС; ΔE_{TC}^{MAX} – максимальний прояв похибки від дрейфу ТП в умовах експлуатації (профіль температурного поля ABCD). генеровану ТП поточну термо-е.р.с. E_{TC}^{POT} у температурному полі АВКCD, згідно третього закону термоелектрики, можна визначити як

$$E_{ABKCD}^{POT} = E_{AB}^{POT} + E_{BK}^{POT} + E_{KC}^{POT} + E_{CD}^{POT}. \quad (7)$$

Поточне значення термо-е.р.с. $E_{ABB2K2MC2C1D}^{POT}$ у температурному полі AB2K2MC2C1D

$$E_{AB2K2MC2C1D}^{POT} = E_{AB}^{POT} + E_{BB2}^{POT} + E_{B2K2}^{POT} + E_{K2M}^{POT} + E_{MC2}^{POT} + E_{C2C1}^{POT} + E_{C1D}^{POT}. \quad (8)$$

Виникне похибка від набутої термоелектричної неоднорідності. Згідно [1] ця похибка рівна зміні генерованої термо-е.р.с. ТП, яка викликана зміною температурного поля. Цю зміну можна знайти, віднявши (7) від (8)

$$\Delta E_{AB2K2CKC2C1D}^{NEOD} = \left(E_{AB}^{POT} + E_{BB2}^{POT} + E_{B2K2}^{POT} + E_{K2CK}^{POT} + E_{CKC2}^{POT} + E_{C2C1}^{POT} + E_{C1D}^{POT}\right) - \left(E_{AB}^{POT} + E_{BK}^{POT} + E_{KC}^{POT} + E_{CD}^{POT}\right). \quad (9)$$

Після певних перетворень (9) можна записати як

$$\Delta E_{AB2K2CKC2C1D}^{NEOD} = \Delta E_{CK}^{POT} - \Delta E_{TC}^{MAX} = \Delta E_{CK}^{POT} - \left(\Delta E_{BK}^{POT} + \Delta E_{KC}^{POT}\right) = -\Delta E_{BK}^{POT} = -\Delta E_{BK}^{DR}, \quad (10)$$

Через те, що точка К була вибрана випадковим чином, (10) можна узагальнити

$$\left|\Delta E_{MAX}^{NEOD}\right| = \left|\Delta E_{MAX}^{DR}\right| = \left|\Delta E_{PROF-E}^{NEOD}\right| + \left|\Delta E_{PROF-E}^{DR}\right|, \quad (11)$$

де індекс PROF-E означає, що похибки від дрейфу ФП ТП та від набутої неоднорідності відповідають одному і тому ж профілю температурного поля експлуатації.

У роботі по казано, що існує тісний зв’язок між поточними похибками від дрейфу та термоелектричної неоднорідності ТП.

Дана робота підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об’єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

1. Кочан О. В. (2020). Методи і засоби підвищення точності вимірювання температури термоелектричними перетворювачами з неоднорідними термопарами. Докторська дисертація.

2. Webster, J. (1999)/ Measurement, instrumentation, and sensors handbook. CRCnetBase.

3. Restivo, M. T., et al. (2011). Handbook of laboratory measurements and instrumentation. International Frequency Sensor Association (IFSA).

СЕКЦІЙНІ ДОПОВІДІ

УДК 551.510.534:621.383.52:004.4

ЕНЕРГООЩАДНИЙ АЛГОРИТМ ПРОТИДІЇ ФОНОВОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ

© Володимир Ліпка[1],Юрій Добровольський[2], 2024

[1]Акціонерне товариство «Центральне конструкторське бюро «Ритм»,
директор (Чернівці, Україна), lipka.volodymyr@chnu.edu.ua
[2]Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича "Науково-навчальний інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук" (Чернівці, Україна), доктор технічних наук, професор,
y.dobrovolsky@chnu.edu.ua

Протидія оптичним завадам при передачі інформаційних пакетів по відкритому оптичному каналу зв'язку є актуальним завданням сучасної телеметрії.

За звичай таке завдання вирішується застосуванням оптичних світлофільтрів, які поглинають фонове випромінювання і пропускають робочі довжини хвиль [1]. Але, вони здатні пропускати частку оптичного випромінювання за межами діапазону, який вони повинні виділяти [2]. Тому вище поставлене завдання варто вирішувати шляхом комбінації оптичної фільтрації, підвищенням чутливості фотоприймача, якій забезпечує вимірювання корисного сигналу, а також оптимізації конструкції попереднього підсилювача фотосигналу. Для цієї мети застосовуються фотоприймальні пристрої (ФПП).

Для підвищення чутливості та завадостійкості в схемі ФПП передбачається схема автоматичного регулювання підсилення (АРП) [**3**], здатна відслідковувати сигнал із певною частотою, пропорційною відповідному рівню оптичного сигналу.Така конструкція стійко компенсує струм Ікомр. до 15 мА, що еквівалентно потужності світлових завад, які падають на поверхню фотодіода, близько 15 мВт [4].

Для підвищення надійності ФПП розроблено алгоритм та програмне забезпечення (ПЗ) для відбору фотосигналу, зумовленого оптичними завадами. В основі алгоритму лежить контроль максимального рівня фотосигналу, зумовленого випромінюванням з робочою довжиною хвилі. В разі перевищення цього значення відбувається включення схеми АРП, яка забезпечує вище згадану протидію оптичним завадам.

Алгоритм забезпечує економію живлення ФПП, оскільки під час його роботи у штатних умовах схема АРП не вмикається і не споживає живлення.

Створений алгоритм та програмне забезпечення було досліджено на надійність шляхом проведення випробувань за моделлю Шумана для визначення ймовірності безвідмовної роботи. Оскільки у реальних умовах експлуатації ФПП такого типу має працювати від 3 хвилин до 24 годин, випробування тривали протягом 24 годин. За результатами тестування встановлено, що ймовірність безвідмовної роботи програми склала 0,997902, або 99,79%. Ця величина суттєво перевищує стандартні вимоги. Максимальні з яких 99 %.

Також ФПП із вбудованим ПЗ було досліджено на надійність. А саме – 100 годин напрацювання у робочих умовах експлуатації. Протягом зазначеного часу відмов не спостерігалося. Значення чутливості ФПП не погіршилися.

1. Antoni Rogalski Infraredand TerahertzDetectors, Third Edition Published December 20, 2018 by CRC Press 1066 Pages 861.

2. S.M. Sze, K.Ng. Kwok, Physicsof Semiconductor Devices (John Wiley&Sons, Inc.: 2007).

3. Alegre Pérez, Juan Pablo, Celma Santiago López, Belén Calvo. Automatic Gain Control. Techniques and Architectures for RF Receivers. 2011.

4. Добровольський, Ю., & Ліпка, В. (2024). Алгоритм протидії фоновій освітленості підвищеної надійності для вимірювання енергетичної освітленості, створюваного бактерицидним опромінювачем. Heraldof Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 339, 4 (Sep. 2024), 64–71. DOI:https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-11

UDC 681

OPTICAL MEASUREMENT OF CRACK SIZE ON CONCRETE SURFACES USING UAV AND NI LABVIEW HARDWARE AND SOFTWARE

© Tatyana Podousova [1], Yuriy Vashpanov [2], 2024

[1] Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, (Odessa, Ukraine), associate professor of the Department of Information Technologies and Applied Mathematics,, Ph.D., Associate Professor, tatyana_top@ukr.net
[2] Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, (Odessa, Ukraine), full Professor of the Department of Physics, Doctor of Sciences, Professor, vashpanov@ukr.net

This report develops non-contact optical methods for measuring concrete cracks for remote diagnostics of hard-to-reach building surfaces using unmanned aerial vehicles. The drone's high-resolution digital camera captures remote close-up photography of the concrete surface under high light intensity levels. A special contact landing module made it possible to record the distance between the camera and the concrete surface being photographed. This made it possible to achieve laboratory shooting conditions and increased the accuracy of measurements. The digital image of the crack converted in a data matrix, each element of which contains information about the level of reflected light from the concrete surface and the crack. Using the formulas obtained by us earlier [1], with the help of computer processing of the image, the morphology of the crack in real geometrical dimensions can be calculated.

Cracks in concrete can lead to accidents in building structures; therefore require constant monitoring to ensure public safety. The use of standard contact methods for diagnosing concrete structures requires installing equipment on their surface, which is labor-intensive and expensive. Optical methods for detecting cracks in concrete structures are the most accessible and studied currently. Inspection of the surface of buildings using an unmanned aerial vehicle (UAV) is a current area of engineering in connection with the development of UAV technology. This inspection is especially invaluable for diagnosing hard-to-reach areas of concrete structures, for example, for high-rise concrete buildings.

Previously, we proposed a method for determining the depth of a crack by processing images obtained at close range and at high light intensity, by mathematical processing of the intensity of image pixels [1]. Our method is suitable for precise determination of geometric dimensions for highly scattering surfaces with uniform optical properties. The concrete surface has these properties. The concrete surface reflects light diffusely and has a reflection coefficient (albedo) of the order of 36-69%. This method allows, in the presence of a high light intensity and a close distance to the object of study, to obtain sufficiently accurate results of measuring the geometric dimensions (length, width and depth) of cracks in concrete. However, the application of this method at a considerable distance from the camera to the object of study is limited.

A feature of the photographic image of the concrete surface is that the reflected light rays from the surface elements are collected by the lens into images. When using digital cameras, a matrix of photo-detectors that form image pixels. The light intensity registered by each pixel of the image corresponds to the intensity of the reflected radiation of certain areas of the real surface. In the presence of a crack in concrete, a sharp contrast of reflected light appears. Therefore, it is possible to describe the real surface of the material from their images.

We used well-developed machine vision technologies from USA National Instrument ((NI), which have specific tools and equipment for computer image processing. Since mathematical image processing using our method requires a fairly powerful computer with the NI LabView program installed, the drone can store high-resolution images in its memory or transfer images to a desktop computer to calculate the geometric dimensions of cracks in concrete using our method in real time of measurement. NI LabVIEW software for drone control and image acquisition was developed. When inspecting the surface of concrete structures, a video is displayed on the screen. When defective areas are detected, it approaches the surface and captures an image. The image data is displayed on the front panel of NI LabView as a regular photograph using the IMAQ module. The experimental data are processed by the data matrix transformation unit, which displays the intensity

data of each pixel of the image. Some results are shown in Figure 1, a). The profile of the recalculated data for the real geometric parameters of the crack in concrete is shown in Figure 1, b)

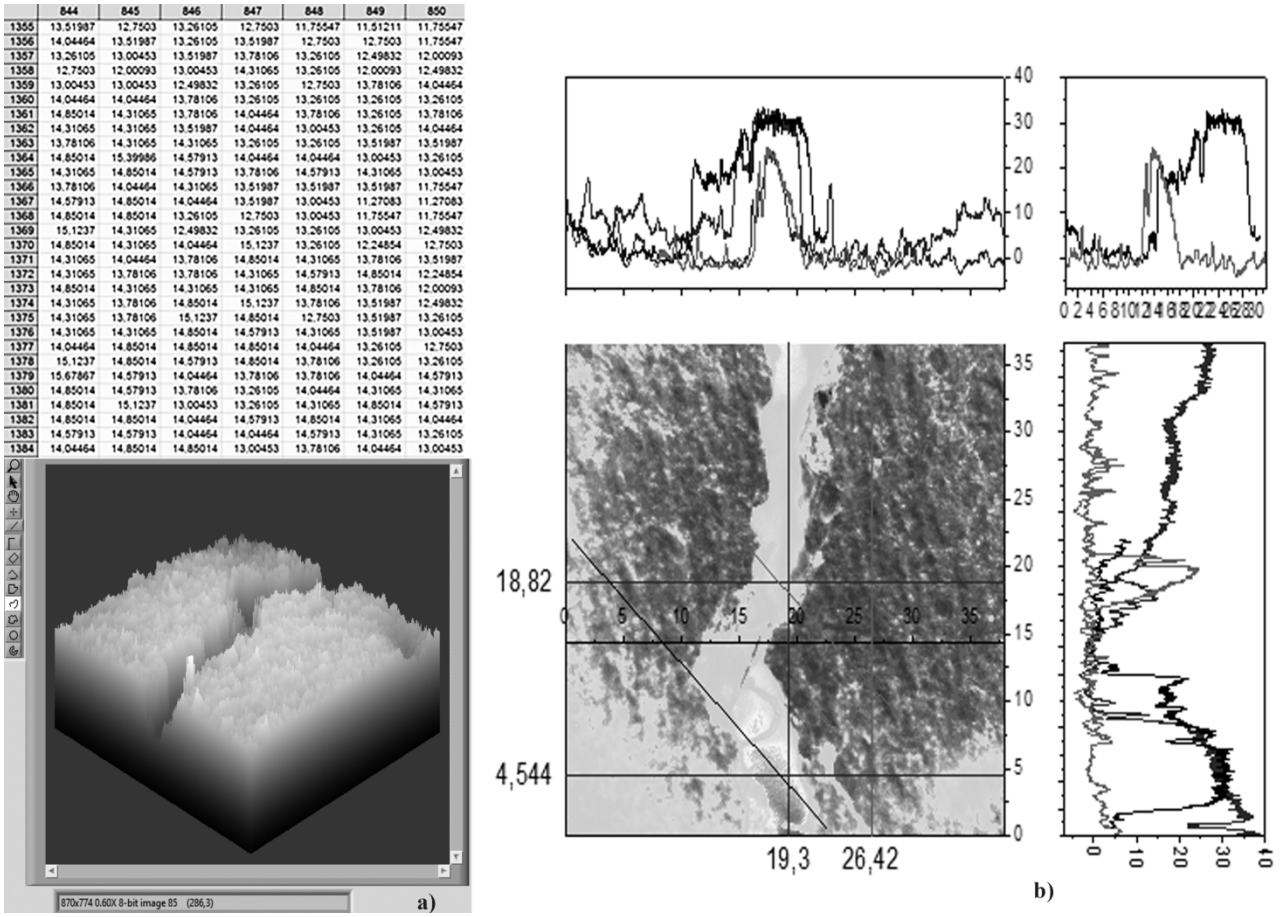


Fig. 1. NI LabVIEW front panel for reading an image and convert it to 3D graph in real time of measurement (a) and profile of the recalculated data for real geometric parameter of crack in concrete (b)

Thus, remote optic measurements using UAV with an installed high-resolution camera can be effectively used for monitoring the condition of concrete structures in hard-to-reach places and allows you to get high-quality images of the damaged concrete surface at close range. In this case, the use of computer image processing using the method proposed in [1] makes it possible to calculate the geometric dimensions of cracks in concrete to assess the critical state of the structure. Using the latest, higher resolution megapixel cameras with advanced optics can improve measurement accuracy. However, increasing the size of the image leads to problems with computer processing of big data. Further development of this optical method will be associated with the development of new software and hardware. National Instrument hardware and NI LabVIEW software modules have also been developed for the geometrical method determination of cracks in building structures and for drone control and communication. Use of the newest optical matrices with high resolution of the Samsung Electronics Company and special lenses allows increasing metrological accuracy to ± 3% of measurements of geometrical parameters of cracks in concrete. It is also important to note the possibility of obtaining an inverted image of the crack cavity, which allows one to study its morphology in more detail.

1. Yuriy Vashpanov, Jung-Young Son, Gwanghee Heo, Tatyana Podousova and Yong Suk Kim Vision-based Measurement of Geometric Parameters of Cracks in Concrete, chapter 5 in the book: Advanced Aspects of Engineering Research, vol. 11, Editor Dr. Anuj Kumar Goel, BP International, London, 2021, pp.41-58.

УДК 006.91; 681.2-5; 62-5

КОРИГУВАННЯ АДИТИВНИХ ПОХИБОК НА МІСЦІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ СИСТЕМ

© Василь Яцук[1], Юрій Яцук[2], 2024

[1] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, vasyl.o.yatsuk@lpnu.ua
[2] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), к.т.н., доцент кафедри комп'ютеризованих систем автоматики, доцент, yurij.v.yatsuk@lpnu.ua

Всебічна цифровизація сучасної світової економіки дає можливість забезпечення якості та конкуренто спроможності продукції [1, 2]. Складність проблеми перетворення параметрів виробничих процесів у цифрові еквіваленти спонукають пошуку спеціальних рішень, як це передбачено, наприклад, в Європейській метрологічній хмарі [3]. За цим підходом підтримуються процеси оцінки відповідності та нагляду за ринком, а також розробляються еталонні пристрої і нові керовані даними послуги. Однак аналіз показав, що його одним із основних недоліків є практична відсутність пропозицій до реалізації процесів цифрового калібрування власне вимірювальних каналів розподілених систем. Традиційне калібрування засобів вимірювання здійснюється в спеціальних лабораторіях втрачає сенс щодо розподілених систем через їхню просторову розпорошеність, труднощі з перевіркою аналогових та цифрових каналів передавання вимірювальної інформації в реальних умовах експлуатації та можливу програмованість структури із зміною шляху передавання та перетворення вимірювальної інформації. Як ідеальне рішення розглядається можливість самокалібрування в розподілених системах. В цьому випадку концептуально необхідні еталонні міри на основі фундаментальних природних констант, які мають бути широко доступними. Однак такий шлях пов'язаний із практичними труднощами появи на ринку таких технологічних рішень (наприклад, на чіпі) за доступною ціною. Враховуючи це в сучасній європейській метрологічній хмарі запропоновано нову концепцію калібрування вимірювальних каналів на основі багатозначних кодо-керованих мір [4].

Автоматичне коригування еквівалентної адитивної складової похибки АСП запропоновано здійснювати за методом зразкових сигналів із запам'ятовуванням коду АСП як поправки та коригуванням усіх інших кодів перетворення в реальному масштабі часу. Через зміни конфігурації структури кодо-керованої міри значення АСП буде також буде змінюватись і пропонується це враховувати під час визначення скоригованих кодів перетворення. Для реалізації усіх необхідних коефіцієнтів поділу (0,25, 0,50 і 0,75) запропоновано використовувати ланку з п'яти одномінональних резисторів замкнуту в кільце, причому з використанням в кожній комбінації усієї сукупності резисторів.

Під час перевірки 1-ої (нульової) точки від'єднується джерело опорної напруги E_0 ДОН та перемикачі SW5 і SW6 підключаються до резистора R_1. В 2-й перевірюваній точці опорна напруга під'єднується до одного із масштабувальних резисторів, наприклад, R_1, а калібрувальні коди N_{1i} отримуються шляхом почергових перетворень спадків напруг U_{1i} на решті чотирьох резисторах кільцевого подільника напруги:

$$N_{1i} = k_{AD}\left\{[E_0+\Delta_{S1} + \Delta_{BF}]\frac{R_i}{R_\Sigma - R_1}+\Delta_{SW}+\Delta_{AD}\right\}, \quad (1)$$

де Δ_{S1}, Δ_{SW}, Δ_{BF}, Δ_{AD} – відповідно, АСП, зумовлені впливом залишкових параметрів перемикачів S1, S2, SW5, SW6, буферів BF1 і BF2 та АЦП; $R_\Sigma = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$; R_i – опір i-того резистора подільника; E_0 – опорна напруга ДОН.

Для коригування АСП при кожному коді керування від'єднується джерело опорної напруги E_0 ДОН та замикаються входи буферів BF1 і BF2 і отримується код N_{10i}:

$$N_{100i} = k_{AD}\left\{[\Delta_{S2} + \Delta_{BF}]\frac{R_i}{R_\Sigma - R_1}+\Delta_{SWi}+\Delta_{AD}\right\}, \quad (2)$$

Скоригований код калібрування для i-того резистора знаходиться як:

$$N_{10i} = N_{1i} - N_{100i} = k_{AD}\left\{[E_0+(\Delta_{S1} - \Delta_{S2})]\frac{R_i}{R_\Sigma - R_1}\right\}. \quad (3)$$

З урахуванням очевидної умови $R_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{5} R_i = \sum_{i=1}^{5} \bar{R}\,(1+\delta_i) = 5\bar{R} + \sum_{i=1}^{5} \delta_i = 5\bar{R}$ значення калібрувального коду для коефіцієнта перетворення 0,25 буде рівне:

$$N_{025} = 0{,}25 \sum_{1=2}^{4} N_{10i} = k_{AD}[E_0 + (\Delta_{S1} - \Delta_{S2})]. \quad (3)$$

Зазвичай третю калібрувальну точку вибирають посередині діапазону перетворення, у цьому випадку коефіцієнт поділу резистивного подільника повинен номінально становити 0,50. Коди N_{23} і N_{45} значень цих коефіцієнтів отримуються шляхом перетворення спадків напруг на парах резисторів R_2+R_3 та R_4+R_5 подільника через калібрований вимірювальний канал:

$$N_{223} = k_{AD}\left\{[E_0 + \Delta_{ES1} + \Delta_{BF}]\frac{R_2+R_3}{R_{\Sigma}-R_1} + \Delta_{SW} + \Delta_{AD}\right\}, \quad (4)$$

$$N_{245} = k_{AD}\left\{[E_0 + \Delta_{ES1} + \Delta_{BF}]\frac{R_4+R_5}{R_{\Sigma}-R_1} + \Delta_{SW} + \Delta_{AD}\right\}. \quad (5)$$

Скориговані значення калібрувального коду для коефіцієнта перетворення 0,50 будуть рівні:

$$N_{050} = 0{,}5[(N_{223} - N_{2230}) - (N_{245} - N_{2450})] = 0{,}5k_{AD}[E_0 + (\Delta_{S1} - \Delta_{S2})], \quad (6)$$

де

$$N_{2230} = k_{AD}\left\{[\Delta_{S2} + \Delta_{BF}]\frac{R_2+R_3}{R_{\Sigma}-R_1} + \Delta_{SW23} + \Delta_{AD}\right\},\ N_{2450} = k_{AD}\left\{[\Delta_{S2} + \Delta_{BF}]\frac{R_4+R_5}{R_{\Sigma}-R_1} + \Delta_{SW45} + \Delta_{AD}\right\}.$$

Для реалізації четвертої калібрувальної точки зазвичай 75% від діапазону перетворення (коефіцієнт поділу подільника повинен номінально становити 0,75) почергового в код перетворюється алгебрична сума опорної напруги E_0 (резистор R_i) та $-E_0\frac{R_{i+1}}{\sum R - R_i}$ спадку напруги на сусідньому R_{i+1} резисторі. Для коригування АСП для даної конфігурації в код перетворюється вихідна подільника за умови від'єднання опорної напруги. Скориговане значення коду перетворення для кожної із конфігурацій визначатиметься як:

$$N_{3i(i+1)0} = N_{3i(i+1)} - N_{03i(i+1)} = k_{AD}\left\{[E_0 + (\Delta_{ES1} - \Delta_{ES2})]\left(1 - \frac{R_{i+1}}{R_{\Sigma}-R_i}\right)\right\}, \quad (7)$$

де $N_{3i(i+1)} = k_{AD}\left\{[E_0 + \Delta_{ES1} + \Delta_{BF}]\left(1 - \frac{R_{i+1}}{R_{\Sigma}-R_i}\right) + \Delta_{SWi(i+1)} + \Delta_{AD}\right\};\ N_{3i(i+1)} = k_{AD}\left\{[\Delta_{ES2} + \Delta_{BF}]\left(1 - \frac{R_{i+1}}{R_{\Sigma}-R_i}\right) + \Delta_{SWi(i+1)} + \Delta_{AD}\right\}.$

Значення калібрувального коду для коефіцієнта перетворення 0,75 буде рівне:

$$N_{075} = 0{,}2 \sum_{1=1}^{5} N_{3i(i+1)0} = 0{,}75k_{AD}[E_0 + (\Delta_{S1} - \Delta_{S2})](1 + \delta_{\text{нк}}), \quad (8)$$

де $\delta_{\text{нк}} = -\frac{1}{24}\sum_{i=1}^{5}\delta_i^2 - \frac{1}{12}(\delta_2\delta_1 + \delta_3\delta_2 + \delta_4\delta_3 + \delta_5\delta_4 + \delta_1\delta_5)$ – нескориговане значення похибки 2-го порядку малості.

Аналіз співвідношення (8) показує, що нескориговане значення АСП визначатиметься різницями АСП від впливу залишкових параметрів перемикача ДОН E_0 і за умови симетрування входів та вибору прецизійних перемикачів може не перевищувати одиниць мікровольт.

1. Digital Single Market, Bringing down barriers to unlock online opportunities, European Commission, Priorities, https://ec.europa.eu/priorities/digitalsingle-market_en, (retrieved: 2024-09-09).

2. The 'Blue Guide' on the implementation of EU product rules 2022 (Text with EEA relevance), 2022/C 247/01, C/2022/3637, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2022.247.01.0001.01.ENG (Last accessed: 10.10.2024).

3. Evolution of the European Metrology Cloud, Nordholz, J., Dohlus, M., Graflich, J., Kammeyer, A., Nischwitz, M., Wetzlich, J., Yurchenko, A., Thiel, F. OIML, Bulletin, Vol, LXII, Nu. 3, July 2021, p. 27-34.

4. Bubela T., Yatsuk V., Mykyjchuk M. M., Yatsuk Y., Kochan O. Ensuring uniformity of measurements in the european metrology cloud // Український метрологічний журнал. – 2024. – № 1. – С. 11–16.

УДК 004.738.5:004.6:378:330.46

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЦИФРОВИХ РІШЕНЬ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

© Євген Калінський, Андрій Дворніченко

Херсонський національний технічний університет (Херсон, Україна), доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації, к.т.н., доцент, kalinskij.evgen@kntu.net.ua
Херсонський національний технічний університет (Херсон, Україна), магістр, 6168956@kntu.net.ua

Невід'ємною частиною щоденної рутини в університетах є безкінечний пошук організаційної інформації: чи то розкладу, чи розуміння номера навчального тижня, чи навіть часу дзвінків. Це не лише марнує час, але й негативно позначається на якості освітнього процесу. Проблема стає ще більш помітною в умовах змішаного навчання, коли частина занять проходить онлайн, а частина – офлайн. Ситуація вимагає нових рішень, які не лише полегшують доступ до інформації, а й забезпечують її актуальність та зручність.
Нами розроблені розширення для Chrome та мобільний застосунок для Android які дозволяють отримати доступ до розкладу, дізнатися номер тижня. Майбутнє нашої системи полягає у зборі логів активності та аналізі даних про поведінку користувачів. Планується враховувати, як часто звертаються до кожного типу інформації та скільки часу на це йде. Це не тільки допоможе зрозуміти, які операції є найбільш популярними, але й дозволить прогнозувати потреби користувачів, наприклад, у періоди сесій.

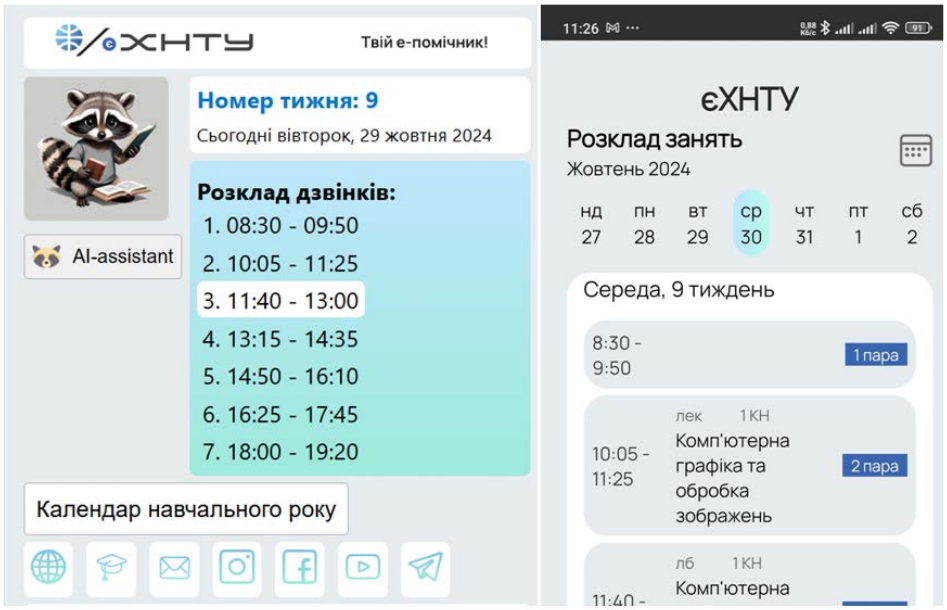


Рис. 1. Інтерфейс розширення Chrome та за стосунку Android

Інструмент дозволяє ефективно обробляти популярні запити, автоматично персоналізувати рекомендації та підлаштовувати інтерфейс. Інтеграція з існуючими університетськими системами, як-от Moodle чи електронний розклад, значно спрощує процес і усуває потребу у ручному внесенні даних.

Наша система обробки даних побудована на основі багаторівневої архітектури з чітким розподілом ролей між компонентами, що забезпечує гнучкість, масштабованість та зручність для користувачів. Діаграма відображає ключові елементи архітектури і їхні зв'язки, дозволяючи зрозуміти потік даних у системі та взаємодію між її частинами.

Основою системи є база даних, в нашому випадку була обрана PostgreSQL. Вній збе-рігаються всі дані, необхідні для роботи додатку, такі як розклад занять, дані про студентів

та викладачів, інформація про навчальні тижні тощо. Це єдине джерело даних, яке дозволяє уникнути дублювання і забезпечує актуальність інформації, що надається користувачам.

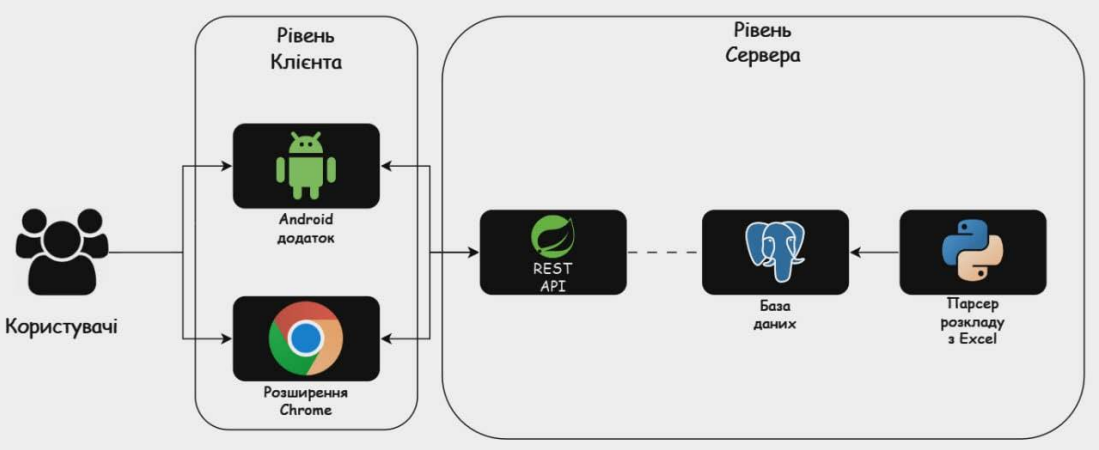


Рис. 2. Структура інформаційної системи

На серверному рівні (Server Layer) знаходиться RESTful API, розроблений за допомогою Spring Framework. Цей компонент виконує роль бізнес-логіки, яка обробляє запити від клієнтських додатків (Chrome-розширення та Android-застосунка) і забезпечує захищений доступ до бази даних. Завдяки розподілу на окремі домени, наприклад, GroupService, InstructorService, API дозволяє ефективно і незалежно обробляти різні типи запитів, спрямованих на отримання розкладу, даних груп і курсів. Така структура забезпечує гнучкість і легкість у підтримці та розвитку системи.

На клієнтському рівні (Client Layer) система включає два фронтенд-рішення:

1. Android-застосунок, який надає користувачам зручний мобільний доступ до розкладу занять та іншої інформації. Застосунок дозволяє персоналізувати досвід кожного користувача, наприклад, вибір викладача, групи чи будь-якої дати, і завдяки інтеграції з RESTful API забезпечує постійну актуальність даних.

2. Google Chrome розширення, що виконує роль альтернативного веб-доступу до системи, надаючи зручний інтерфейс без необхідності встановлення окремого додатка. Це рішення особливо корисне для викладачів та адміністративного персоналу, які можуть швидко перевірити розклад або знайти необхідну інформацію прямо у браузері.

Ми переконані, що подальше вдосконалення нашої системи – це ключ до ще кращої точності і ще вищої ефективності. У майбутньому плануємо розширювати функціонал збору даних та алгоритми обробки, щоб відповідати реальним потребам студентів і викладачів у різні періоди навчального року. Масштабування цього рішення для інших навчальних закладів цілком можливе: зібрані дані та аналітика зможуть слугувати базою для адаптації та впровадження системи в різних університетах. Це дасть можливість підвищити якість освітнього процесу, а також забезпечити єдиний стандарт у цифровізації організаційних процесів.

1. Головня, Ю. (2023). Цифрова трансформація вищої освіти в Україні: від академічного центру до освітньо-науково-інноваційного комплексу. Економіка та суспільство, (58). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-58-43

2. Розширення для браузеру ЄХНТУ. URL: https://chromewebstore.google.com/detail/єхнту/kfhobnegcnngjhbgkbfchopkcomdpfap

UDC 61:368:658

INTERLINGUAL COMMUNICATION MEDIUM IN MEDICINE

© Olena Basalkevych[1], Oksana Boyko[2], 2024

[1] Danylo Halytsky Lviv National Medical University, (Lviv, Ukraine), Associate Professor of Medical Informatics Department, PhD in linguistics, olena.basalkevych@gmail.com
[2] Danylo Halytsky Lviv National Medical University, (Lviv, Ukraine), Chairperson of Medical Informatics Department, Doctor of Tech. S., Professor, oxana_bojko@ukr.net

Quality assessment of environmental objects is an indispensable component of any communication medium. The proposed evaluating arsenal is meant for rendering the quality of medical services, medical equipment or healthcare institutions. Research in the sphere of biomedical modelling, in particular the build-up of an associative English thesaurus of estimates of target subjects, could have its implementation in the development of interlingual medical communication mediums.

In the given associative practice, the research of a subject pursuits the three cross-cultural universals of potential Strong-Weak, estimation Good-Bad and activity Active-Passive, id est scales of the optimized Osgood's differential [1]. The evaluating characteristics, qualitative adjectives, let it be both Ukrainian and English, are given at the scales of a bilingual medium. The compilation of scales is performed by means of an associative experiment with the fixed reaction time. It entails the calculus of chronological coefficients following the time-depending formula for the diachronically ordered synonymic set [2]:

$$W_i^{(y)} = \frac{y_i - y_{\min}}{y_{\max} - y_{\min}}\left(\frac{1}{n+1} - 1\right) + 1 \qquad (1)$$

involving the diachronical range of the set ($y_{\max} - y_{\min}$), a time interval from the appearance of the first word of a set (hypernym) to the last one, as well as time-distance to the appearance of a concrete synonym ($y_i - y_{\min}$), and *n* the number of words in a synonymic set.

In the associative set these coefficients are proportional to the velocity of reaction and so the frequency of the use and, finally, the prototypicality of associates. Their values are lying within [0;1] and could be treated as membership functions in corresponding fuzzy sets Strong, Weak, Good, Bad, Active, Passive.

Thus, the users are facing three scales of universals of Osgood's semantic differential. The results of questioning are consolidated in the three fuzzy granules of Lotfi Zadeh [3], following the logical expressions, derived in [1]:

$$\text{Word}=\{\text{Potency}:[(\text{Strong}, \mu_{\text{Strong}}): P_{\text{Strong}}] \text{ OR/AND } [(\text{Weak}, \mu_{\text{Weak}}): P_{\text{Weak}}]; \text{ Evaluation}:[(\text{Good}, \mu_{\text{Good}}): P_{\text{Good}}] \text{ OR/AND } [(\text{Bad}, \mu_{\text{Bad}}): P_{\text{Bad}}]; \text{ Activity}:[(\text{Active}, \mu_{\text{Active}}): P_{\text{Active}}] \text{ OR/AND } [(\text{Passive}, \mu_{\text{Passive}}): P_{\text{Passive}}]\} \qquad (2)$$

Two antonymic granules correspond to any universal criterion of potency, evaluation and activity. It justifies the sample space for each scale, consisting of the two antonymic granules:

$$P_{\text{Granule}} + P_{\text{AntGranule}} = 1 \qquad (3)$$

The probability of the state *strong* is opposite to that of *weak*.

According to the operation of disjunction in the probability theory, the probability of any granule is equal to the sum of probabilities of its constituents:

$$P_{\text{Granule}} = P_{\text{Granule}\mathbf{1}} + P_{\text{Granule}\mathbf{2}} + \ldots + P_{\text{Granule}\boldsymbol{k}} \qquad (4)$$

$$P_{\text{AntGranule}} = P_{\text{AntGranule}\mathbf{1}} + P_{\text{AntGranule}\mathbf{2}} + \ldots + P_{\text{AntGranule}\boldsymbol{l}} \qquad (5)$$

The number of constituents of antonymic granules makes *n*:

$$k + l = n \qquad (6)$$

Then for any constituent *i* of any granule, the probability is equal to:

$$P_{\text{Granule}\boldsymbol{i}} = P_{\text{AntGranule}\boldsymbol{i}} = 1/n \qquad (7)$$

According to the formula of disjunction in fuzzy logic, the membership function of a criterion for any granule is equal to:

$$\mu_{\text{Granule}} = \max(\mu_{Granule\mathbf{1}}, \mu_{Granule\mathbf{2}} \ldots \mu_{Granule\boldsymbol{k}}), \qquad (8)$$

here $\mu_{Granule\mathbf{1}}, \mu_{Granule\mathbf{2}} \dots \mu_{Granule\boldsymbol{k}}$ – membership functions of the granule characteristics in the criterion.

The same concerns antonymic granules:

$$\mu_{\text{AntGranule}} = \max(\mu_{AntGranule\mathbf{1}}, \mu_{AntGranule\mathbf{2}} \dots \mu_{AntGranule\boldsymbol{k}}), \quad (9)$$

here $\mu_{AntGranule\mathbf{1}}, \mu_{AntGranule\mathbf{2}} \dots \mu_{AntGranule\boldsymbol{k}}$ – the membership functions of antonymic granule characteristics in the criterion.

The probabilities of the characteristics as well as their membership functions or fuzziness values are what empowers Zadeh's granules. The gained combinatory semantic characteristics balance among rigorous connotative Osgoods' identifiers:

Stuff could be Fairly Weak.

Stuff could be Quite Good to Higher extent than Fairly Bad.

Being differentiated by the denotative verbalizers on the scales, they are all-roundly explained:

```
FACT THAT
[stuf] is Fairly Weak (fruel - 0.6846401187) is Very likely (1.0).
[stuf] is Quite Good (mercatable, sure - 0.4837408023) is Likely (0.6666666666666666).
[stuf] is Fairly Bad (servill - 0.6743095362) is Unlikely (0.3333333333333333).

THUS
[stuf] could be Fairly Weak.
[stuf] could be Quite Good to Higher extent than Fairly Bad.
```

Fig.1. The pattern of diachronic differentiating of the noun "stuff" on the material of Older Scots

The so-received estimate corresponds to *computing with words* [4], fuzzy practice of Lotfi Zadeh: the verbalizers, chosen on the scale, are digitalized, processed, converted and consolidated by means of (2), returning to the users as verbal estimates.

The perspective optimization rests in comparison of the studied subjects among themselves, reducing the logical expression (1) to one efficiency criterion with the help of digital conversion, which would enable direct contrasting of environmental objects on the scale:

Stuff [of Morshyn's health resort] is the best/worst.

Stuff [of Shklo's health resort] is the strongest/weakest.

Stuff [of Truskavets' health resort] is the most active/passive.

or Stuff [of Shayany's health resort] is the best/worst, strongest/weakest and the most active/passive. The most perspective estimate should involve all the criteria.

Thus, the work represents the method of associative quality estimation by means of the optimized in [1] Osgood's differential, enriched with denotative characteristics of a target subject. The generalized conclusion for any object or so-called mental representation is proposed by the logical expression (2) based on the principle of Zadeh's fuzzy information-granulation [3].

1. Басалкевич О. Є. Моделювання тезауруса якісних прикметників у давньошотландській мові: дис. ... канд. філ. наук: 2021 / Басалкевич Олена Євтіхіївна; М-во освіти і науки України, Львівський національний університет ім. Івана Франка. – Львів, 2021. – 216 с./399с.

2. Bilynskyi M. Synonymous string as a diachronic reconstruction: The OED Middle English Evidence for verbs and deverbal coinages/ M. Bilynskyi // Inozemna Philologia. – 2009. – № 121. – P. 20-43.

3. Zadeh L. Fuzzy sets and information granularity / L. Zadeh // Advances in Fuzzy Systems-Applications and Theory Vol 6. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Systems. Selected Papers by Lotfi A. Zadeh, G. J. Klir and B. Juan (eds.). – Singapore: World Scientific. – 1996. – 433-448 p.

4. Mendel J. M. Computing with words: Zadeh, Turning, Popper and Occam / J. M. Mendel // IEEE Computational Intelligence Magazine. – 2017. – 2 (4) – 10-17 p.

УДК 681.122

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОСТЕЖУВАНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ОДИНИЦІ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ ДО НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕТАЛОННОЇ БАЗИ ЦЕНТРУ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ

©Андрій Барчук, Денис Середюк, Володимир Лемішка, Юрій Пелікан 2024

ДП «ІВАНО-ФРАНКІВСЬК-СТАНДАРТ-МЕТРОЛОГІЯ», Івано-Франківськ, Україна, Інженер з метрології І-ої категорії, evilkefir@gmail.com

Метрологічна простежуваність – властивість результату вимірювань, яка полягає в тому, що цей результат може бути пов'язаний з еталоном через задокументований нерозривний ланцюг калібрувань, кожне з яких робить свій внесок у невизначеність вимірювання. Національні метрологічні інститути зберігають одиниці вимірювання з детальними та проаналізованими невизначеностями і передають їх до вторинних і робочих еталонів (наприклад, до акредитованих лабораторій) для використання під час калібрування.

Метрологічна простежуваність є важливою частиною вимірювань, оскільки один із найкращих способів розрахувати невизначеність вимірювання приладу полягає в оцінці його точності. Це поняття набуває особливого значення під час проведення калібрування, оцінки відповідності, повірки засобів вимірювальної техніки та відіграє ключову роль для участі у міжнародній торгівлі. Простежуваність дозволяє забезпечити надійність результатів вимірювань шляхом побудови ланцюга калібрувань до національних еталонів. [1]

Метрологічну простежуваність, яку забезпечує ДП «Івано-Франківськстандарт-метрологія» представлена на рис. 1.

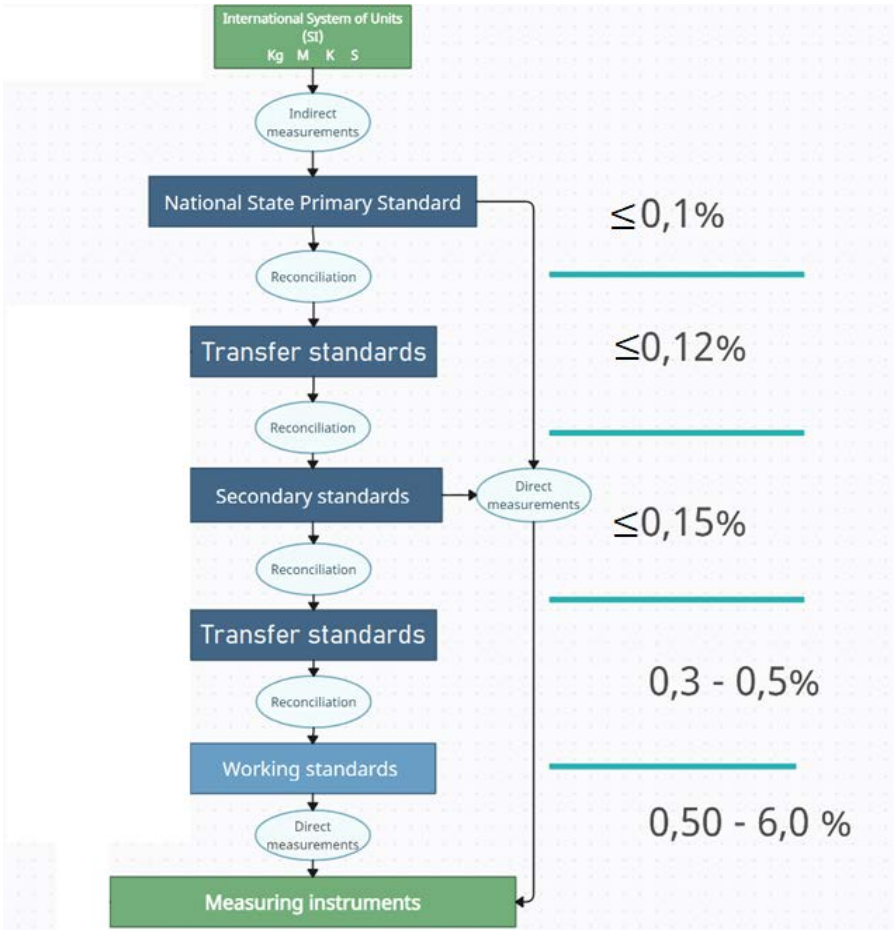


Рис. 1. Структурна схема передачі одиниць об'єму та витрати газу, які використовуються працівниками ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»

На рівні ”National State Primary Standard” перебуває ДЕРЖАВНИЙ ПЕРВИННИЙ ЕТАЛОН ОДИНИЦЬ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ (СМС – РЯДОК – UA1)-ДЕТУ 03-01-15, призначений для зберігання та передачі одиниці об’єму та об’ємної витрати газу. Даний еталон має найвищі метрологічні характеристики в даній галузі вимірювання і його сумарна стандартна невизначеність складає 0,1 %.

Враховуючи те, що державний еталон та більшість вторинних еталонів являють собою складні динамічні системи, які не підлягають демонтажу та перевезенню, тому з метою забезпечення можливості передачі розміру одиниць об’єму та об’ємної витрати газу методом безпосереднього звірення вторинним та робочим еталонам – повірочним установкам, а також проведення їх взаємних звірень, в ланцюг простежуваності введено поле еталонів передавання, які перебувають на рівні “Transfer standards”.

Відтворюваність градуювальної характеристики еталона передавання, яка характеризує її стабільність протягом тривалого часу (як мінімум протягом міжповірочного інтервалу), повинна бути не гірше ± 0,05 %. Градуювальна характеристика повинна періодично контролюватись, особливо після транспортування еталона передавання або після його тривалого зберігання та апроксимуватися поліномом не вище другого порядку виду [2]:

$$\delta(q) = a_{-2}q^{-2} + a_{-1}q^{-1} + a_0 + a_1q^1 + a_2q^2 \quad (1)$$

де *a* – коефіцієнти апроксимаційного полінома, які визначаються із результатів градуювання; *q* – об’ємна витрата.

Таким чином, на основі сформульованих основних технічних вимог, в якості еталонів передавання можуть застосовуватись високоточні барабанні лічильники газу з масляним гідравлічним затвором в діапазоні витрат від 4,44•10-6 м³/с до 4,4•10-3 м³/с, сучасні безрезонансні роторні лічильники газу в діапазоні об’ємних витрат •10-3 м³/с до 1,1•10-1 м³/с, турбінні лічильники в діапазоні витрат від 5,5•10-2 м³/с до 6,94•10-1 м³/с.

Еталони передавання, які застосовують у ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» є в діапазоні від 0,01 м³/год до 6500 м³/год. Розширена невизначеність вимірювання об’єму газу не перевищує 0,12 %. [3]

На рівні “Secondary standards” перебувають НАЦІОНАЛЬНІ (ВТОРИННІ) ЕТАЛОНИ ОДИНИЦЬ ОБ'ЄМУ ТА ОБ'ЄМНОЇ ВИТРАТИ ГАЗУ (СМС- РЯДОК – UA2)-НДЕТУ М-04-2019, НДЕТУ М-05-2019 та (СМС – РЯДОК – UA4)-ВЕТУ 03-01-03-11 / ВЕТУ 03-01-04-12, які отримують одиницю та звіряються з первинним еталоном, використовуючи методи та засоби, які змінюються залежно від величини об’ємної витрати газу. Розширена невизначеність вимірювання об’єму газу не перевищує 0,15 %, при діапазоні витрат 0,001 м3/год – 7800 м3/год.

У дійсності кожна велика промислова фірма має відповідну кількість засобів вимірювальної техніки для потреб лабораторій та інших відділів. Тому таким підприємствам треба мати свої власні еталони, які застосовують для калібрування або повірки робочих засобів вимірювальної техніки. Ці еталони включені до ланцюга простежування, і тому їх треба калібрувати з використанням “Transfer standards”. [4]

На рівні “Working standards” перебувають робочі еталони, що калібруються з робочими еталонами “Transfer standards” згідно встановлених міжкалібрувальних інтервалів. Таке калібрування проводиться для розрахунку метрологічної невизначеності робочих еталонів, при цьому проводиться перевірка комплектації, маркування, зовнішнього огляду, працездатності. Проводиться оцінювання невизначеності датчиків тиску та температури, перевірка герметичності дослідної та вимірювальної лінії. Всі результати вимірювання фіксуються у протоколах та затверджуються відповідним документом – сертифікатом про калібрування. У кінцевому результаті лічильники об’ємної витрати газу досліджуються на “Working standards” в межах допустимої похибки та передаються до споживача. [5]

Завдяки праці фахівців ДП "Івано-Франківськстандартметрологія" забезпечується метрологічна простежуваність одиниці об'єму та об'ємної витрати газу від лічильника, який експлуатується у споживача, до національних еталонів, які проходять систематичні

міжнародні звірення і є внесені в базу даних BIPM, що позитивно впливає на економіку та метрологічну незалежність нашої держави.

1. СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ЕТАЛОННОЇ БАЗИ КРАЇНИ. НАЦІОНАЛЬНА ЕТАЛОННА БАЗА УКРАЇНИ. URL: https://naukam.triada.in.ua/ (Дата звернення 18.10.2024).

2. ILAC B7:10/2015. The ILAC Mutual Recognition Arrangement. ILAC, 2015. 8 p. (Дата звернення 08.10.2024).

3. ILAC P10:07/2020. ILAC Policy on Metrological Traceability of Measurement Results. ILAC, 2020.11 p (Дата звернення 18.10.2024).

4. Montuori A. Systems Approach. Encyclopedia of Creativity (Second Edition). 2011, pp. 414–421.doi: 10.1016/B978-0-12-375038-9.00212-0 (Дата звернення 22.10.2024).

5. ORGANISATION INTERNATIONALE DE METROLOGIE LEGALEOIML TC 4/N 5 (Дата звернення 13.10.2024).

УДК 681

ПОБУДОВА ГРАДУЮВАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІОМЕТРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ

© Тарасенко Є.В. 2024

ДП «Укрметртестстандарт» (Київ, Україна), директор інституту, etarasenko@ucsm.com.ua

Дослідження метрологічних характеристик ультрафіолетових (УФ) радіометрів, як один з аспектів контролю якості, набирає більшого значення та стикається з новими викликами зі збільшенням використання УФ-радіометрів в різних галузях господарської та наукової діяльностей, охоплюючи технологічне виробництво, медицину, екологію, контроль безпеки умов праці та ін. Аналіз сучасного стану ринку вимірювачів енергетичної освітленості ультрафіолетового діапазону (УФ-радіометрів) показує відсутність єдиних вимог або рекомендацій та підходу щодо точності вимірювань рівня ультрафіолетового випромінення.

Сьогодні номенклатура джерел випромінення УФ діапазону представлена дуже широко. В той же час виробники радіометрів для вимірювання енергетичної освітленості УФ діапазону пропонують широкий вибір типів радіометрів. Спектральна чутливість радіометра, спосіб його градуювання та спектр джерела УФ випромінення мають ключове значення для результату вимірювань [1]. Практика показує, що користувачі мало ознайомлені з даною проблемою і практично не розуміють критеріїв вибору радіометра для вирішення конкретних завдань. В свою чергу виробниками часто в комерційних цілях не надається вичерпної інформації про спектральну чутливість радіометра та спосіб його градуювання. Такий стан прав призводить до хаосу в галузі вимірювань енергетичної освітленості УФ діапазону та відсутності порівнюваності результатів.

В якості еталона передачі розміру енергетичної освітленості часто використовують не селективні приймальники. Спектральні характеристики чутливості є селективними і відтворити форму ідеальної (теоретичної) спектральної характеристики радіометричної головки УФ-радіометрів за допомогою корегуючих світлофільтрів, як це зараз пропонується виробниками серійних УФ-радіометрів дуже складно, практично не можливо. При впливі на спектрально-залежну радіометричну головку потоків від різнотипних джерел УФ випромінювання, наприклад, з однаковою інтегральною потужністю, будемо отримувати різні фото сигнали. Зараз при виробництві радіометрів це враховується введенням поправочних коефіцієнтів для кожного типу джерела випромінювання [2]. Такий підхід є досить громіздкий [3], розрахунок та використання поправочних коефіцієнтів не спрощує роботу з УФ-радіометрами через постійно зростаючу номенклатуру джерел випромінювання та труднощі з ідентифікацією маркування джерел, що вже були у використанні.

Проблему для забезпечення єдності вимірювань УФ випромінення створює відсутність єдиного підходу для врахування форми спектральної чутливості приймачів. Відсутність єдиних рекомендацій щодо корегування спектральної чутливості УФ-радіометрів призводить до суттєвих розбіжностей при вимірюванні ультрафіолетової складової спектру різних джерел випромінювання. Різниця показів УФ-радіометрів різних виробників при роботі з типовими джерелами випромінювання ультрафіолетового діапазону може перевищувати 50% [1].

При технологічному процесі виробництва продукції, в даному випадку радіометрів, існує вплив сукупності випадкових величин, серед яких, що звичайно буває при налагодженому та контрольовано технологічному процесі, немає переважаючої складової. Тобто виникає випадкова похибка виробництва, яка призводить до розсіювання характеристик (показників), яке характеризується нормальним законом з центром розподілу, якому відповідає номінальне значення характеристики. Застосування регресійного аналізу для побудови градуювальної характеристики дає можливість встановлення статистичної моделі зв’язку між залежною змінною, а саме результатами однотипних УФ-радіометрів, та залежної змінної, а саме значення енергетичної освітленості, яке відтворюється одним джерелом. Запропонованим підходом до вирішення проблеми забезпечення єдності вимірювань УФ

випромінення є встановлення регресійної моделі, яка відповідає ідеальній характеристиці вимірювального перетворення, що може відтворюватися віртуальним ЗВТ. Метою є математичне моделювання калібрувальної характеристики віртуального зразкового засобу та встановлення на основі експериментальних даних допустимих границь градуювальної характеристики.

Проведене математичне моделювання включає побудову регресійної моделі віртуального радіометра, оцінку адекватності моделі, оцінку коефіцієнтів моделі. На підставі статистичного аналізу отриманої моделі, встановлені умови, при яких можна проводити калібрування УФ-радіометрів тільки в одній точці діапазону вимірювання. Оцінена дисперсія відтвореності, що дозволяє встановлювати відповідність характеристик радіометрів заданим нормам.

Розроблена методика побудови градуювальної характеристики віртуального зразкового радіометра може бути використана для встановлення єдиного підходу до калібрування УФ радіометрів. Це встановлення регресійної моделі, яка відповідає ідеальній характеристиці вимірювального перетворення, що може відтворюватися віртуальним ЗВТ. Такий підхід дозволить більш об’єктивно оцінювати їх характеристики як виробникам так і калібрувальним лабораторіям. Це на наш погляд, єдина можливість проводити калібрування УФ-радіометрів різних типів. Вона дозволить об’єктивно оцінювати невизначеність вимірювань як під час їх калібрувань так і під час їх експлуатування.

1. G. Xu and X. Huang ”Characterization and calibration of broadband ultraviolet radiometers”, Metrologia, 2000, 37, 235-242.

2. Докторович, И. В., Бутенко, В. К., Годованюк, В. Н., Фодчук, И. М., & Юрьев, В. Г. (2008). Методика калибровки УФ-радиометров энергетической освещенности. Технология и конструирование в электронной аппаратуре.

3. A. Gugg-Helminger, CIE 220:2016—characterization and calibration method of UV radiometers. IUVA News, 19 (2017) 19–24.

УДК 681.121:006.91

АНАЛІЗ РЕГЛАМЕНТОВАНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ГАЗОВИДОБУВНИХ І ГАЗОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

© Орест Середюк[1], Микола Смаглюк[2], 2024

[1] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), в.о завідувача кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н. професор, mivt@nung.edu.ua
[2] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, mivt@nung.edu.ua

Відповідно до Закону України №1850-IX [1] на даний час необхідно запроваджувати облік кількості видобутого, транспортованого і спожитого природного газу в одиницях енергії. В нормативному документі [2] поданні алгоритми визначення енергії природного газу шляхом вимірювання або обчислення. Алгоритмічно обчислення енергії природного газу визначається множенням його теплоти згоряння на кількість (об'єм) обліковуваного газу. Однак в практичній діяльності газовидобувних і газотранспортних підприємств практична реалізація цих методів є дещо відмінною, хоча і регламентується відповідними нормативними документами.

Метою роботи є аналіз практичних аспектів визначення енергії природного газу операторами газотранспортної і газорозподільної систем, операторами газосховищ і газовидобувних підприємств з конкретизацією нормативних документів їх професійної діяльності.

Оператор газотранспортної системи згідно [3] організовує діяльність в аспекті.

Вища теплота згоряння за добу є середньозваженим значенням вищої теплоти згоряння за кожну годину доби. Вища теплота згоряння за місяць є середньозваженим значенням вищої теплоти згоряння за кожну добу. При використанні потокового хроматографа вища теплота згоряння за годину є середнім арифметичним від проведених вимірювань за годину.

Вимірювання теплоти згоряння проводиться відповідно до вимог глави 1 розділу III [3].

Обсяг енергії природного газу, що проходить через комерційний вузол обчислення газу (ВОГ), який розташований на маршруті, який обладнаний потоковими засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) визначення фізико-хімічних параметрів (ФХП) газу, може визначатися:

– в автоматичному режимі з використанням коректорів або обчислювачів об'єму газу з функцією розрахунку енергії природного газу, які отримують дані безпосередньо з потокових ЗВТ визначення ФХП газу;

– у напівавтоматичному режимі з використанням спеціалізованих програм на основі середніх значень теплоти згоряння за годину з потокових ЗВТ визначення ФХП газу та об'єму газу за годину з коректорів або обчислювачів об'єму газу.

Обсяг енергії природного газу, що проходить через комерційний ВОГ, який розташований на маршруті, де визначення ФХП газу проводиться з використанням вимірювальних хіміко-аналітичних лабораторій, може визначатися:

– у напівавтоматичному режимі з використанням коректорів або обчислювачів об'єму газу з функцією розрахунку енергії природного газу на основі значення вищої теплоти згоряння, що вводиться до обчислювача або коректора з використанням спеціалізованих програм як умовно постійний параметр, та об'єму газу за період розрахунку;

– - у напівавтоматичному режимі з використанням спеціалізованих програм на основі значення вищої теплоти згоряння, що дорівнює останньому визначеному значенню вищої теплоти згоряння, та об'єму газу за годину з коректорів або обчислювачів об'єму газу (при цьому, вищезгадане значення вищої теплоти згоряння використовується для розрахунку, починаючи з години, наступної за годиною, під час якої до обчислювача або коректора з використанням спеціалізованих програм внесені, як умовно-постійні, параметри значення густини газу, вмісту азоту та діоксиду вуглецю).

Оператори газорозподільних систем згідно [4] організовує свою діяльність так.

Для визначення вищої теплоти згоряння газу застосовують метод, при якому вимірювання ФХП природного газу на об'єкті ГТС, ГРМ чи комерційному вузлі обліку вимірюється

за допомогою потокових засобів визначення ФХП газу або метод, при якому вимірювання ФХП природного газу на об'єкті ГТС, ГРМ чи комерційному вузлі обліку забезпечується за рахунок відбирання проб для визначення компонентного складу газу атестованими хіміко-аналітичними лабораторіями.

Величина добової та місячної середньозваженої вищої теплоти згоряння природного газу в точках виходу з ГТС до ГРМ визначається за даними Оператора ГТС та доводиться до Оператора ГРМ у порядку, визначеному Кодексом ГТС.

Обсяг енергії природного газу, що проходить через комерційний ВОГ, який обладнаний потоковим хроматографом або потоковим густиноміром з калориметром визначається в автоматичному режимі або у напівавтоматичному режимі.

Оператори газосховищ згідно Кодексу газосховищ [5] організовує свою діяльність в такому аспекті.

При використанні потокового хроматографа погодинна теплота згоряння є середнім арифметичним від проведених вимірювань за годину з точністю показань хроматографа.

Теплота згоряння за добу є середньозваженим погодинних значень теплоти згоряння.

Теплота згоряння за місяць є середньозваженим значень теплоти за кожну добу.

Теплота згоряння виражається в кВт·год/м^3 з точністю до трьох знаків після коми. Одиниця вимірювання погодинного порахованого значення перераховується з МДж/м^3 в кВт·год/м^3 діленням на коефіцієнт 3,6.

Оператори газовидобувних підприємств організовує свою діяльність згідно технічних угод, які враховують такі умови.

При визначенні обсягу енергії природного газу в автоматичному та напівавтоматичному режимі з використанням потокових ЗВТ визначення ФХП, розрахунок обсягів енергії проводиться на основі значення об’єму газу за годину з коректорів/обчислювачів об’єму газу та вищої теплоти згоряння за попередню годину, що передувала годині визначення об’єму.

Обсяг енергії природного газу, що проходить через комерційний ВОГ, який розташований на маршруті, де визначення ФХП газу проводиться з використанням вимірювальних хіміко-аналітичних лабораторій, може визначатися:

– - у напівавтоматичному режимі з використанням коректорів або обчислювачів об’єму газу з функцією розрахунку енергії природного газу на основі значення вищої теплоти згоряння, що вводиться до обчислювача або коректора з використанням спеціалізованих програм як умовно-постійний параметр, та об’єму газу за період розрахунку;

– - у напівавтоматичному режимі з використанням спеціалізованих програм на основі значення вищої теплоти згоряння, що дорівнює останньому визначеному значенню вищої теплоти згоряння, та об’єму газу за годину з коректорів або обчислювачів об’єму газу.

1. Закон України №1850-IX «Про внесення змін до деяких законів України щодо запровадження на ринку природного газу обліку та розрахунків за обсягом газу в одиницях енергії».

2. ДСТУ EN ISO 15112:2020. Газ природний. Визначення енергії.

3. Кодекс газотранспортної системи. Затверджено Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №2493 від 30.09.2015.

4. Кодекс газорозподільних систем. Затверджено Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №2494 від 30.09.2015.

5. Кодекс газосховищ. Затверджено Постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №2495 від 30.09.2015.

UDC 53:08

VALIDATION OF NON-STANDARDIZED METHODS OF CALIBRATION OF MEASURING INSTRUMENTS

© *Taras Kepeshchuk[1], Liubomyr Pastushchyn[2], Volodymyr Myslytskyi[3], 2024*

[1] STATE ENTERPRISE "IVANO-FRANKIVSK SCIENTIFIC AND PRODUCTION CENTER FOR STANDARTIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION" (Ivano-Frankivsk, Ukraine), chief scientific officer, Ph.D., associate professor, ktv.metr77@gmail.com
[2] STATE ENTERPRISE "IVANO-FRANKIVSK SCIENTIFIC AND PRODUCTION CENTER FOR STANDARTIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION" (Ivano-Frankivsk, Ukraine), head of laboratory for calibration and verification of measuring means of mechanical and thermophysical quantities, pastywun@ukr.net
[3] STATE ENTERPRISE "IVANO-FRANKIVSK SCIENTIFIC AND PRODUCTION CENTER FOR STANDARTIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION" (Ukraine, Ivano-Frankivsk), metrology engineer, volodyamyslytskii@gmail.com

The requirements for the competence of calibration and testing laboratories are regulated in accordance with EN ISO/IEC 17025 [1].

According to clause 7.2.2.1 of EN ISO/IEC 17025, a calibration laboratory shall validate non-standardised calibration methods.

The following procedures, or a combination of procedures, shall be used to validate non-standardised calibration methods and to determine that the specific requirements for a particular intended use are met:

– calibration using standards/reference materials with higher metrological characteristics or evaluation of systematic bias and precision;
– checking the stability of the methodology by changing the regulated factors;
– comparison of results obtained using other validated calibration methods;
– interlaboratory comparisons;
– evaluation of the uncertainty of results based on analytical or scientific understanding of theoretical principles of the method and practical experience.

When validating a method, it is recommended to determine or confirm the following indicators: convergence, intra-laboratory reproducibility, accuracy, measurement uncertainty.

For validation of the calibration methodology under conditions of convergence, reference measuring instruments of the laboratory or measuring instruments received for calibration can be used.

The indicators of repeatability are the mean squared deviation of the measured values in condition of repeatability and the repeatability limit of measurement results.

The arithmetic mean of the measured value and the variance of the measurement results are calculated.

The data are analyzed for possible outliers using the Grubbs criterion. Check whether the largest value in the ascending order is an outlier, check the significance of the smallest observation result, check whether the two largest and two smallest observation results could be outliers

The critical values for the Grubbs criterion are given in ISO 5725-2 [2].

To test the hypothesis of equality of sample variances, the Cochran test is applied to a set of p standard deviations S_i calculated from the same number (n) of repeated test results:

$$C = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^{p} S_i^2} \tag{1}$$

where S_{max} – largest value of the standard deviation in the aggregate.

Critical values for the Cochrane criterion are given in ISO 5725.

The standard deviation of the measurement results under convergence conditions and the convergence limit are calculated.

The effective number of degrees of freedom is determined by the Welch-Satterswaite formula.

Indicators of intra-laboratory reproducibility are the MSD of the measurement results of the measured value obtained in intra-laboratory reproducibility and the limit of intra-laboratory reproducibility for the measurement results.

Obtain *n* values of the measured quantity *X* from *m* series under conditions of intra-laboratory reproducibility. Calculate the arithmetic mean value of the measured value under the conditions of intra-laboratory reproducibility and the variance under the conditions of intra-laboratory reproducibility of the measurement results. The standard deviation of the measurement results under the conditions of intra-laboratory reproducibility and the limit of intra-laboratory reproducibility are estimated.

The statistical evaluation according to Fisher's criterion is performed under the conditions of intra-laboratory reproducibility is calculated.

The critical values for the Fisher criterion are given in ISO 5725-2.

Estimation of suitability of calibration methods based on calibration results and expanded uncertainty of these results is carried out using coverage factor (*k*).

Confirmation of the suitability of the method is the fulfillment of the condition:

$$k = \frac{|Y_1 - Y_2|}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}} \qquad (2)$$

where: *k* – coverage factor; Y_1 – calibration result for method (standard, executor) 1; Y_2 – calibration result for method (standard, executor) 2; U_1 – expanded measurement uncertainty of calibration result for method (standard, executor) 1; U_2 – expanded measurement uncertainty of calibration result for method (standard, executor) 2.

The calculated value of *k* is compared to the critical value as follows:

– the methodology is suitable and does not require preventive or corrective action; $1 \leq k$

– the methodology is unsuitable and requires corrective action; $1 \geq k$.

Based on the above material, the following conclusions can be drawn:

– In accordance with the requirements of EN ISO/IEC 17025, it is clearly defined that the laboratory's calibration methods can be used in the absence of international, regional or national standards;

– a calibration laboratory shall validate non-standardized calibration methods for measuring instruments in accordance with the validation procedure. The choice of a validation method to establish the suitability for the intended use of a non-standardized calibration procedure is an integral part of ensuring measurement uniformity and metrological traceability of calibration results and requires scientific and technical justification;

– The material presented here provides practical recommendations for own developed procedures for validation of developed methods of calibration of measuring instruments, which in turn will facilitate the labour-intensive and costly work of those metrological units that carry out calibration of measuring instruments.

1. EN ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

2. ISO 5725-2:2019. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.

УДК 681.121

АВТОМАТИЗАЦІЯ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ВИТРАТИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

© Андрій Стеценко[1], Йосип Білинський[2], 2024

[1] ПрАТ «Енергооблік» (Харків, Україна), директор, к.т.н., andrii.energo@gmail.com
[2] Вінницький національний технічний університет (Вінниця, Україна), професор кафедри загальної фізики, д.т.н., професор, josyp.bilinsky@gmail.com

За умови постійного збільшення попиту на ультразвукові витратоміри існує необхідність покращення експлуатаційних показників, підвищення точності та розширення діапазону вимірювань [1]. Но основі аналізу сучасного стану наукових і технічних напрацювань у сфері вимірювання витрати природного газу можна виділити декілька напрямків вдосконалення існуючих підходів до побудови схем вимірювання витрати природного газу, серед яких, використання нових або вдосконалення відомих схем модуляції ультразвукових вимірювальних перетворювачів [2], використання нових конструктивних рішень [3], впровадження приладових комплексів реєстрації об'єму та об'ємної витрати газу на підґрунті різних фізичних методів вимірювання [4], використання сучасного рівня розвитку інформаційних технологій [5]. Останній напрямок на сьогодні, на наш погляд, не в повній мірі використовується в ультразвуковій витратометрії. Саме тому залишається актуальним завдання впровадження сучасних методів і засобів автоматизованої обробки даних у таких системах.

Основними джерелами похибки багатоканальних ультразвукових витратомірів є неправильний облік профілю швидкостей. Ця похибка виникає від нерівності між середньою швидкістю потоку речовини і середньою швидкістю по шляху переміщення акустичних коливань. Особливо ця похибка проявляється при переході від ламінарного режиму течії до турбулентного і навпаки, а також при викривленні потоку, пов'язаному з конструкцією трубопроводу (вигини, зміна перерізу) [5]. Тому в результаті пост оброки результатів вимірювання та їх аналізу, деякі недостовірні дані. відкидають, а на їх місце використовують дані, що отримані в результаті усереднення. Але це в свою чергу також веде до збільшення загальної похибки витрати.

В роботі запропоновано використати потік даних багатоканальних ультразвукових витратомірі у вигляді матриці часу, яка піддається впливу згортки, що дає змогу отримати зважене рухоме середнє, тобто вихідний набір даних лінійної інваріантної системи в часі. Використання декілька каскадів ядер згорток дає змогу отримати згорткову нейронну мережу.

Обґрунтування доцільності використання нейронних мереж для обробки результатів вимірювання на сьогодні широко розглядається і в зарубіжних джерелах [6, 7].

Використання спеціалізованого середовища такого як SOLIDWORKS Flow Simulation для обчислювальної гідродинаміки (CFD суттєво спрощує задачу в плані моделювання, оскільки мова йде про великий масив даних, який дозволив отримати еталони середніх швидкостей при відсутності, а також при наявності різних опорів.

В моделі ультразвукового лічильника використовувалися чотири пари електроакустичних перетворювачів, які розміщувалися на протилежних стінках круглого трубопроводу діаметром 96 мм в площині, що проходить через вісь трубопроводу під кутом 65^0.

Моделювалось проходження газу метану з витратами 4 $м^3$/год, 100 $м^3$/год, 250 $м^3$/год, 500 $м^3$/год 1000 на виході вимірювальної ділянки (еталонна витрата за робочих умов) за наступних значень температури та тиску: температура навколишнього середовища 293.2 K, статичний тиск на вході 0,101325 МПа, тиск в середині лічильника 0,098019 МПа, тиск на виході лічильника 0,098048 МПа. Шорсткість стінки трубопроводу приймалася нульовою.

Моделювання проводилось при таких налаштуваннях як температурні умови – адіабатична стінка, модель турбулентності – ламінарно-турбулентна, рівень подрібнення базової сітки – 6 з додатковим дробленням сітки. За результатами моделювання для кожного із чотирьох ультразвукових променів фіксувалися значення швидкості газового потоку в 100 точках, рівномірно розподілених по довжині променю. Середня швидкість потоку в

трубопроводі визначалася за значеннями швидкості потоку, розрахованими для чотирьох променів. Після чого розраховувався об'єм газу, який в подальшому приводився до стандартних умов. Оскільки значення температур всередині та на виході лічильника відповідають значенню температури при стандартних умовах, то приведення витрати зводився до множення витрати газу в робочих умовах на співвідношення тисків при робочих та стандартних умовах. Такий алгоритм моделювання дозволив отримати еталони середніх швидкостей.

В подальшому значення швидкостей по відповідним каналам були поділені на вісім класі залежно від значень співвідношення швидкостей.

З метою інтенсифікації подальшої роботи використана відома згорткова нейронна мережа GoogLeNet [8]. Виконано її навчання на навчальній вибірці, отримано плитки образів отриманих даних.

Результати моделювання вище наведених показників з використанням згортокової нейронної мережі дає змогу підвищити точність вимірювання, але для того щоб дати конкретні значення точності в подальшому необхідно провести роботу по корекції даних еталонів в результаті проведення натурних експериментів.

1. Ficco G., Arpino F., Canale L., Dell'Isola M., Cassano M., Tagliabue M, Zuena F., Link between Unaccounted-for-Gas in transmission networks and flow-meters accuracy. 2022 Flomeko conference.

2. Yosyp Y. Bilynsky, Oksana S. Horodetska, Mykola V. Hladyshevskyi, Dmitro V. Mykhalevskiy; Żaklin M. Grądz; Gali Duskazaev Experimental investigations of the amplitude-frequency meter of the velocity flowing environment, Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 1080869 (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501614

3. Bilynsky Y., Stetsenko A., Ogorodnik K. Justification of the possibility of building an integrated ultrasonic measuring transducer of natural gas consumption. Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, Vol. 14 No. 2 (2024):47-50. http://doi.org/10.35784/iapgos.5876.

4. Коробко І.В. , Драчук О.О., Приладовий комплекс реєстрації об'єму та об'ємної витрати газу ISSN 2521-1943. Mechanics and Advanced Technologies #3 (84), 2018, DOI: https://doi.org/10.20535/2521-1943.2018.84.143848.

5. F. Matiko, V. Roman, H. Matiko, D. Yalinskyi. Investigation of ultrasonic flowmeter error in distorted flow using two-peak Salami functions. Energy Engineering and Control Systems, 2021, Vol. 7, No. 2, pp. 144 – 151. https://doi.org/10.23939/jeecs2021.02.144

6. Huichao Zhao; Lihui Peng; Tsuyoshi Takahashi; Takuya Hayashi; Kazuyoshi Shimizu; Toshihiro Yamamoto, ANN Based Data Integration for Multi-Path Ultrasonic Flowmeter,IEEE Sensors Journal (Volume: 14, Issue: 2, February 2014).

7. Dario Šebalj, Ana Pap Vorkapić, Josip Mesaric, Prediction of natural gas consumption by neural networks, 76th International Scientific Conference on Economic and Social Development – "Building Resilient Society" At: Zagreb, December 2021.

8. Yosyp. Bilynsky Aleksandr Nikolskyy, Viktor Revenok, Vasyl Pogorilyi, CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR EARLY COMPUTER DIAGNOSIS OF CHILD DYSPLASIA, Informatyka, Automatyka, Pomiary W Gospodarce I Ochronie Środowiska, Том 13 No 2 (2023):56-63, http://doi.org/10.35784/iapgos.3499

УДК 006.91:532.575

НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПЕРЕВІРОЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ВОДИ

© Олекандр Уколов[1], Орест Середюк[2], 2024

[1] ПрАТ «Енергооблік» (Харків, Україна), керівник проєктів та програм , аспірант ІФНТУНГ, mivt@nung.edu.ua
[2] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), в.о завідувача кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н. професор, mivt@nung.edu.ua

Автоматизовані перевірочні установки для промислових лічильників води відіграють велику роль у забезпеченні точності вимірювань та контролю споживання води. Вони є незамінними при метрологічних дослідженнях і повірці лічильників води.[1] Сучасні підприємства прагнуть до ефективного управління водними ресурсами і для цього їм необхідно мати надійні та точні установки для перевірки лічильників. Незважаючи на те, що вони реалізують процес метрологічних досліджень, вони потребують реалізації прискорення та спрощення процесу обробки вимірювальної інформації з установок і досліджуваних лічильників при одночасному підвищенні їх точності.

Метою роботи є інформування про розроблення напрямків удосконалення конструктивних рішень автоматизованих перевірочних установок для промислових лічильників води на великі витрати.

Автоматизовані перевірочні установки зазвичай вимагають великого простору та значних ресурсів для експлуатації. Прикладами можуть бути установки, які створені ПрАТ «Енергооблік»: АПУ 011/630 (Ташкент), АПУ 011/300 (Охтирка), АПУ 011/120 (Киргизія).

Для їх оптимізації можна запропонувати кілька напрямків.

1. Компактний дизайн із інтеграцією модулів

Компонування модулів у єдиному корпусі дозволяє скоротити загальний розмір установки. Наприклад, інтеграція давачів та клапанів у компактні блоки дозволяють оптимізувати розміщення елементів та зменшити займану площу.

2. Використання багатофункціональних давачів, які можуть збирати інформацію про кілька фізичних параметрів із встановленою точністю.

3. Автоматизація з використанням штучного інтелекту, яка дозволить збільшити обчислювальний та аналітичний потенціал. Ця опція також дозволить додати додаткові функції автоматизованої перевірочної установки.

4. Модульні конструкції

Габаритність установки потребує великого приміщення. Для розміщення подібних установок у малих приміщеннях можна розглянути модульну побудову системи з розміщенням у кількох приміщеннях.

5. Віддалений моніторинг та діагностика

Винесення робочого місця оператора дозволяє скоротити вплив вібрацій та шумів на організм оператора

Перспективи вдосконалення установок дозволять реалізувати:

– розширені можливості для точної діагностики та прогнозування несправностей як повірочних установок, так і досліджуваних лічильників;

– гнучкість і сумісність з різними типами лічильників;

– поліпшення інтерфейсу користувача

Висновок. Автоматизовані перевірочні установки для промислових лічильників великих витрат необхідно розвивати у відповідь на підвищення точності та ефективності запитів. Інтеграція штучного інтелекту та вдосконалення модульної конструкції дозволяють розробляти установки нового покоління, які здатні адаптуватися до умов експлуатації.

1. ISO 4064:2014. Лічильники води для холодної питної води та гарячої води.

УДК 004:42, 330.4

ОСОБЛИВОСТІ ДОВЕДЕННЯ АСИМПТОТИЧНОЇ СКЛАДНОСТІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ

© Сергій Потапенко, 2024

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана (Київ, Україна),
доцент кафедри системного аналізу та кібербезпеки, к.е.н., доцент, potapenko@kneu.edu.ua

Асимптотичне оцінювання математичних функцій є способом спрощеного опису визначення граничних значень їх поведінки. З практичних міркувань використовуються різноманітні форми асимптотичних наближень. Так для оцінки кількості ітерацій або кроків виконання алгоритмів найчастіше застосовується наближене оцінювання верхньої межі значень відповідних характеристик алгоритмів. Традиційною формою оцінювання верхньої межі поведінки функції є нотація O-велике, що є математичною концепцією, яка описує граничну поведінку функції, коли аргумент прагне до певного значення або до нескінченності. Позначення O-велике є членом сімейства нотацій, винайдених німецькими математиками Паулем Бахманом [6], Едмундом Ландау [7] та широко використовуються у визначені складності обчислень задач інформатики та математики.

Актуальним напрямом застосування апарату визначення складності обчислень є задача визначення властивостей алгоритмів, що реалізуються. Висвітленню особливостей оцінювання складності алгоритмів в нотаціях Бахмана–Ландау приділено особливу увагу в [1-3], оцінюванню складності обчислення алгоритмів з виділенням класів складності приділено увагу в [1, 4, 5] тощо.

Традиційним підходом до оцінювання обчислювальної складності алгоритму у відповідності до нотації O-велике є визначення мажоранти $g(n)$ деякої функції $f(n)$, що описує кількість роботи алгоритму у вигляді $f(n) \le c \cdot g(n)$, де c є деякою константою. Визначення мажорант у зазначений спосіб має спрощений характер, тому часто на практиці носить інтуїтивний характер. У даній доповіді пропонується розглянути процес аналітичного визначення мажорант у вигляді $f(n) \le c_1 + c_2 \cdot g(n)$, де c_1 та c_2 є деякими константами. Застосування зазначеної схеми дає змогу вплинути на збільшення точності в обґрунтуванні аналітичного вигляду мажорант, що досліджуються.

Для опису математичного апарату асимптотичного оцінювання складності обчислювальних алгоритмів пропонується система з однієї леми та 12 теорем, а саме: теореми про складність константного обчислення (1), теореми про ступеневу залежність складності обчислення (2), теореми про додавання константи до кількості обчислень (3), теореми про кратність складності обчислень (4), леми про наявність багатьох мажорант, теореми про транзитивність складності обчислень (5), теореми про додавання обсягів обчислень (6), теореми про додавання складності обчислень (7), теореми про додавання константної складності обчислень (8), теореми про множення складності обчислень (9), теореми про поліноміальну складність обчислень (10), теореми про експоненційно-поліноміальну складність обчислень (11) та теореми про логарифмічну складність обчислень (12).

Наприклад, розглянемо процедуру оцінювання асимптотичної складності алгоритму отримання значень довільних членів ряду чисел Фібоначі. Алгоритм має рекурсивну форму тому обчислення виконуються рекурентно. Визначення асимптотичної складності рекурентних обчислень зручно описати у наступній формі:

$$f(n) = \begin{cases} O(...), & s = S; \\ \overset{c}{\uparrow} f(...)_s, & 1 \le s < S, \end{cases}$$

де S – кількість кроків виконання розрахунків; s – номер окремого кроку; $O(...)$ – асимптотична оцінка обчислювальної складності за умови, що рекурентні звернення не застосовуються; c – константа кратність виконання рекурентних звернень; $\overset{c}{\uparrow} f(...)_s$ – довільні рекурентні звернення у кількості c на s-му кроці виконання розрахунків.

Наведена схема наочно демонструє, що зі зростанням кількості кроків виконання розрахунків кількість рекурентних звернень буде збільшуватись кратно c на кожному новому кроці крім останнього для якого таке збільшення вже не потребується. Отже $f(n) = O(c^s) + c \cdot O(...)$. Звідки, за теоремою 4 отримаємо $f(...) = O(c^s) + O(...)$.

Особливістю алгоритму отримання значення n-го члену ряду чисел Фібоначі є кратність виконання рекурентних звернень $c = 2$ при $n \geq 2$, складність обчислень дорівнює $O(1)$ при $n < 2$. З останнього отримуємо $f(n) = O(2^n) + O(1)$ звідки за теоремою 8 маємо $f(n) = O(2^n)$.

Розглянутий матеріал наочно демонструє практичні особливості визначення мажорант за схемою $f(n) \leq c_1 + c_2 \cdot g(n)$. Крім того наведена система теорем може бути розширена і бути застосована для оцінювання комплексного застосування алгоритмів, які взаємодоповнюють або є частинами один одного, що вказує на можливості подальшого розвитку запропонованої системи визначення асимптотичної складності алгоритмів.

1. Бородкіна І. Л., Бородкін Г. О. Теорія алгоритмів. – Київ: Центр учбової літератури, 2021. – 184 с.

2. Матвієнко М. П. Теорія алгоритмів. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2022. – 340 с.

3. Провотар О.І. Конкретна алгоритміка. Київ. Наукова думка. 2017. 168 с.

4. Троцько В. В. Теорія алгоритмів: Навчально. – Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2023. – 123 с.

5. Шкільняк С. С. Математична логіка, основи теорії алгоритмів. – Київ: ДП «Вид. дім «Персонал», 2009. – 280 с.

6. Bachmann P. Die analytische zahlentheorie. – Leipzig: B. G. Teubner, 1894. – 494 p.

7. Landau E. Handbuch der Lehre von der Verteilung der Primzahlen. – Leipzig: B. G. Teubner, 1909. – 564 p.

УДК 616-073.75

СПОСІБ ПЕРИФЕРІЙНОГО СКАНУВАННЯ 3D ОБЄКТІВ ДЛЯ РЕНТГЕНІВСЬКОГО ТОМОГРАФА

© Маріуш Жонса[1], Орест Середюк[2], 2024

[1]Опольський технологічний університет (Ополє, Польща),
професор кафедри комп'ютерних наук, доктор наук, професор, m.rzasa@po.edu.pl
[2] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна),
в.о завідувача кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н. професор, mivt@nung.edu.ua

Сканування та створення цифрових 3D зображень часто здійснюють за допомогою рентгенівських томографів [1]. Це відносно дорогі пристрої, найдорожчим приладом є детектор. У малобюджетних рішеннях використовуються лінійні детектори (рис. 1).

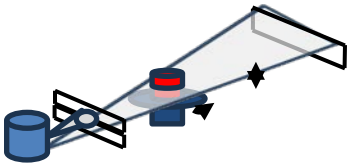


Рис. 1. Схема сканування об'єкта плоским променем

Принцип дії полягає в освітленні об'єкта у відносно вузькому перерізі. Лінійний детектор фіксує розподіл поглинання випромінювання вздовж рентгенівської лінії об'єкта. Після зупинки цього розподілу об'єкт повертають на невеликий кут і знову записують розподіл поглинання випромінювання. Таким чином отримують ряд вимірювань для різних кутів освітлення об'єкта. Ці вимірювання є основою для реконструкції двовимірного зображення поперечного перерізу об'єкта у вибраній області. При наступних кроках система джерело-детектор переміщується (вгору або вниз) до наступного поперечного перерізу. Далі двовимірне зображення знову реконструюється. Коли всі зображення будуть зібрані разом, отримується багатошарове тривимірне зображення об'єкта. Таке рішення дозволяє отримати високу роздільну здатність, а використання лінійного детектора значно здешевлює томограф. Однак час сканування досить тривалий, зазвичай кілька десятків хвилин.

Значно швидшим методом сканування є використання джерела розсіяного рентгенівського випромінювання з круглим поперечним перерізом пучка випромінювання [2]. Це рішення передбачає рентгенівське просвічування всього об'єкта рентгенівським променем без необхідності пересування системи джерело-детектор уздовж об'єкта, який досліджується. При цьому виконується послідовність вимірювань для різних кутів повороту об'єкта. Однак це вимагає використання поверхневого детектора, який є набагато дорожчим за лінійний детектор. Сканування круговим пучком розсіяного випромінювання набагато швидше, ніж сканування лінійним детектором, оскільки не вимагає багаторазового обертання об'єкта, а достатньо одного повного оберту для повної реконструкції. Використання пучка круглого перерізу означає, що промені випромінювання не паралельні один одному, що потребує відповідних корекцій у процесі реконструкції, а у випадку високих об'єктів призводить до спотворення тривимірного зображення об'єкта.

Ще одне рішення полягає у використанні лінійного джерела рентгенівського випромінювання та поверхневого детектора. Для цього використовується лінійне джерело рентгенівського випромінювання, що випускає паралельні рентгенівські промені. Для рентгенографії всього об'єкта джерело випромінювання здійснює обертальний і зворотно-поступальний рух. Оскільки такий тип руху пучка випромінювання можна отримати шляхом відбиття променя від дзеркала, що обертається. Швидкість сканування у багато разів вища, ніж у системі з механічним переміщенням об'єкта. Однак це трохи повільніше, ніж сканування круговим розсіяним променем.

Метою роботи є викладення нового рішення, яке є альтернативою до викладених, що дозволяє використовувати лінійний детектор при обмеженні кількості обертів об’єкта та скороченні часу сканування. Конструкція такого томографа представлена на рис. 2. У запропонованому рішенні детекторна система – джерело рентгенівського випромінювання – встановлена вертикально відносно механізму, що переміщує об’єкт, який здійснює обертальний рух. Механізм синхронізований таким чином, що за один оберт об'єкта відбувається одиничний рух об'єкта. Таким чином виходить зображення предмета, опроміненого різними променями.

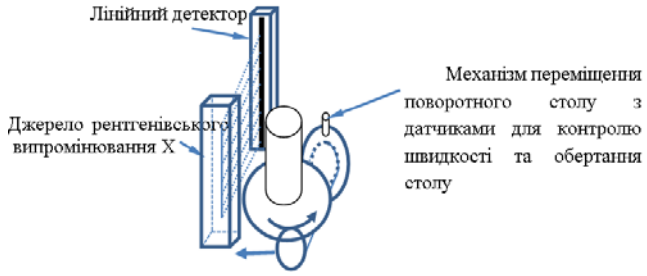


Рис. 2. Схема сканування об’єкта при його обертанні

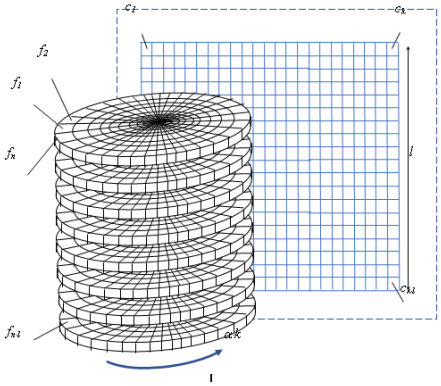


Рис. 3. Сітка реконструкції

Тривимірне зображення створюється на основі радіальної сітки (рис. 3). У запропонованому рішенні в процесі реконструкції 3D зображення реконструйований простір складається з кінцевої кількості вокселів у формі циліндричних сегментів. Об’єми вокселів не одинакові, а зменшуються з радіусом. Кількість вокселів по колу циліндра залишається незмінною. Цей тип розподілу вокселів призводить до більшої роздільної здатності в центральній частині реконструйованого простору. Це ефективно під час сканування як великих, так і малих об’єктів, оскільки роздільна здатність буде пропорційна розміру об’єкта. У порівнянні з класичними методами виконується вдвічі менше вимірювань, а потім виконується така ж кількість математичних операцій у процесі реконструкції. Це вигідно з точки зору часу вимірювання та реконструкції. Менша кількість вимірювань призводить до нижчої якості реконструйованого зображення, але в багатьох випадках для огляду, наприклад, багажу, висока якість не потрібна, а скорочення часу реконструкції значно покращує роботу.

1. Salvo, Luc & Suéry, Michel & Marmottant, A. & Limodin, Nathalie & Bernard, Dominique. 3D imaging in material science: Application of X-ray tomography. Comptes Rendus Physique. 11/2010, 10.1016/j.crhy.2010.12.003.

2. Reza Khosravani M., Reinicke T., On the Use of X-ray Computed Tomography in Assessment of 3D-Printed Components, *praca doktorska, Journal of Nondestructive Evaluation, 39.75, 2020, 10.1007/s10921-020-00721-1.*

УДК 389.629

ВИКОРИСТАННЯ ФОРМУЛИ БАЄСА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ СТАТИСТИЧНОЇ НАДІЙНОСТІ КОНТРОЛЮ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

© Олег Козир[1], Євген Володарський[2], 2024

[1]Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського (Київ, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, кандидат технічних наук, oleg.kozyr@aer.kpi.ua
[2]Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського (Київ, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, професор, vet-1@ukr.net

Оцінювання відповідності технологічного процесу нормам є основою забезпечення якості виготовлення будь-якої продукції на усіх етапах. Під оцінюванням відповідності будемо розуміти прийняття рішення про відповідність параметрів або показників властивостей технологічного процесу наперед встановленим нормам у відповідні моменти часу. Параметри технологічного процесу за якими приймають рішення про відповідність стану процесу нормам, називають характерними параметрами. Значення характерних параметрів технологічного процесу отримають за рахунок вимірювання відповідних фізичних величин. Оскільки результат вимірювання містить похибку, то рішення про відповідність технологічного процесу нормам може бути помилковим і тому необхідно оцінити вірогідність цієї помилки. У даній роботі розглядаються тільки вплив похибок вимірювання параметрів на точність прийняття рішення про відповідність. Тобто, оцінювання правильності прийняття рішення про стан технологічного процесу (відповідність нормам) має ймовірнісний характер.

Важливою складовою оцінювання відповідності технологічного процесу нормам є визначення правдоподібності отриманого поточного результату контролю технологічного процесу. Під правдоподібністю отриманого результату мається на увазі ступінь довіри до результату контролю технологічного процесу, який виражений у ймовірності настання цього результату. Іншими словами, оцінити правдоподібність результату контролю означає підвищити статистичну надійність відповідного судження про поточний стан технологічного процесу.

Для оцінювання правдоподібності результату поточного контролю технологічного процесу пропонується використовувати теорему Баєса [1]. Використання даної теореми дозволить підвищити довіру до прийнятого рішення після того, як вже проведено оцінювання результату. Тобто, застосування теореми Баєса до отриманого результату контролю дозволить оцінити наскільки він правдоподібний.

При проведенні експериментальних досліджень, теорема Баєса використовується для оцінки ймовірності події шляхом врахування якнайбільшої кількості вихідних даних до експерименту. Дана теорема ґрунтується на використанні апріорної інформації про чинники, що призводять до появи даної події. Тобто, відповідна формула дозволяє перерахувати ймовірність того, що причиною виникнення цієї події був певний чинник, після того як подія відбулась.

Контроль відповідності технологічного процесу нормам базується на порівнянні виміряних значень характерних параметрів процесу із відповідними граничними значеннями, які задаються у нормативній документації. Оцінювання відповідності/невідповідності процесу нормам полягає утому, що поточні значення характерних параметрів знаходяться у відповідних допустимих межах або ні. Відповідно, результатом контролю буде оцінка того, що процес знаходиться у нормі/відхиляється від норми. В наслідок цього, існує чотири можливі складні події, які є несумісними та утворюють повну групу подій, та які виникають при одночасному попарному виникненні елементарних подій, які описують стан процесу та результат його контролю:

1. процес відповідає нормам (B), результат контролю – відповідає нормам ($П$); тобто відбулась подія ($ВП$);

2. процес не відповідає нормам $(\overline{B})$, результат контролю – не відповідає нормам; тобто відбулась подія $(\overline{ВП})$;

3. процес відповідає нормам (B), результат контролю – не відповідає нормам; тобто відбулась подія $(B\overline{П})$;

4. процес не відповідає нормам (B), результат контролю – відповідає нормам тобто відбулась подія $(\overline{B}П)$.

Дві перші події є достовірними оцінками поточного стану процесу в сенсі правдоподібності відображення результатом контролю дійсного стану процесу. Вони можуть настати у випадку коли вплив похибок вимірювання характерних параметрів був незначний.

Дві останні події є хибними оцінками поточного стану процесу. До їх виникнення призводить значний вплив похибок вимірювання на результат оцінювання відповідності. Виявлення цих хибних оцінок дозволяє підвищити достовірність отриманих результатів та зменшити можливу кількість випробувань для виконання цього оцінювання.

Встановлення правдоподібності результату контролю поточного стану технологічного процесу можна виконати за допомогою використання теореми Баєса [2]. Формула Баєса містить апріорну інформацію, яка стосується стану технологічного процесу, а саме наявну інформацію про закони розподілу характерних величин технологічного процесу, похибок вимірювання тощо. Апріорна ймовірність застосовується при проєктуванні інформаційно-вимірюваних систем тобто, коли вибираються засоби вимірювання для заданої вірогідності вимірювання або навпаки, коли для вибраних засобах потрібно отримувати вимірювання з необхідною ймовірністю.

Для прикладу розглянемо наступну ситуацію. У деякий момент часу отримали результат контролю. Було прийнято рішення про невідповідність процесу нормам, в той час як процес відповідає – це хибна тривога $(B\overline{П})$. До результату про невідповідність технологічного процесу нормам можуть призводити дві події: дійсна $(\overline{B}\overline{П})$ та хибна $(B\overline{П})$. Використання формули Баєса дозволяє встановити правдоподібність отриманого результату контролю. Тобто, встановити яка частка апріорної інформації складає від повної інформації про невідповідність. Необхідно переконатись, яку ймовірність становить результат $(B\overline{П})$. Формула Баєса дозволяє розрахувати цю ймовірність, як частку від апріорної ймовірності події $(B\overline{П})$ до повної ймовірності про невідповідність процесу нормам, тобто $P(B\overline{П}) + P(\overline{B}\overline{П})$. Чим більше буде ця частка, тим більш ймовірний результат $(B\overline{П})$. Формула Баєса, як раз і дозволяє врахувати додаткову інформацію про можливу невідповідність процесу нормам. Формула Баєса показує, яка частка правильних рішень міститься у отриманому результаті після того як було виконано оцінювання відповідності, тобто дозволяє уточнити результат контролю. З цього випливає, що формула Баєса дає можливість підвищити правдоподібність прийнятого рішення. Іншими словами, можна стверджувати, що з певною розрахованою правдоподібністю або ймовірністю рішення $(B\overline{П})$ вірне.

У результаті, застосування теореми Баєса дозволяє за результатом вимірювання у контрольній точці не проводити додаткових вимірювань, а просто підрахувати правдоподібність результату, наскільки можна йому довіряти. Тобто, дозволяє перевіряти та уточнювати або підвищувати достовірність прийнятого рішення. Це дозволить значно скоротити кількість випробувано, що у свою чергу, дозволить зменшити собівартість виготовлення продукції та підвищити її якість.

1. Володарський Є.Т. Теорія та практика експериментальних досліджень : навчальний посібник / Є. Т. Володарський, Л. О. Кошева. – Вінниця: ФОП Барановська Т.П., 2023. – 298 с.

2. Володарський Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Навчальний посібник / Є.Т. Володарський та ін. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219с.

УДК 681

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БАЗІ LABVIEW ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ НА ОПЕРАЦІЙНИХ ПІДСИЛЮВАЧАХ

©Віталій Бециль, Орест Кочан, 2024

Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна
Аспірант кафедри "ІВТ" (Віталій Бециль); д.т.н., професор кафедри "ІВТ"(Орест Кочан)

Наразі однією з проблем при вивченні аналогової електроніки є необхідність використання значної кількості різного обладнання, як вимірювального, так і для забезпечення живлення лабораторних стендів, а також відсутність автоматизації таких процесів вимірювання.

Оскільки загально-технічні дисципліни є основою для більшості спеціалізованих предметів, у багатьох навчальних закладах відбувається дублювання лабораторних практикумів, при цьому наявні технічні та методичні ресурси часто недостатні. Підтримка кожної лабораторії на сучасному рівні вимагає значних матеріальних витрат, що є серйозним навантаженням.

Формування компетентних інженерних фахівців неможливе без сучасної лабораторної бази, яка б дозволяла студентам не тільки закріплювати теоретичні знання, а й набувати практичних навичок проведення досліджень та виробничих експериментів, а також навичок проектування і тестування компонентів та промислових систем.

Для вирішення цього завдання використовуються базові схеми на операційних підсилювачах, а саме: інвертуючий та неінвертуючий підсилювач, та інвертуючий і неінвертуючий суматор, які реалізовуються за допомогою платформи візуальної мови програмування компанії National Instruments – LabVIEW, універсального блоку збирання даних USB-6009, та лабораторного стенду OpAmp.

Результатом роботи є створення програмного забезпечення, яке забезпечить автоматизацію вимірювального та обчислювального процесу та процесів зберігання і опрацювання даних з можливістю їх подальшого візуального відображення.

Переваги виконаної роботи:

1. Полегшення та покращення навчального процесу.
2. Підвищення точності та надійності проведених вимірювань.
3. Автоматизація використання вимірювального лабораторного обладнання.
4. Набуття студентами практичних навиків складання та відлагодження електричних кіл.

5 Набуття практичних навиків застосування середовища візуального програмування LabVIEW для збирання, зберігання опрацювання та відображення вимірювальної інформації.

6. Використання новітніх методів навчання.
7. Можливість вивчення технологій інтернету речей на базі розробленого програмно-апаратного комплексу.

1. *Floyd, T. L., & Buchla, D. (1999). Fundamentals of analog circuits. Prentice Hall.*
2. *Clark, C. L. (2005). LabVIEW digital signal processing. Tata McGraw-Hill Education.*
3. *Boylestad, R. L. (2013). Introductory circuit analysis. Pearson Education.*
4. *Jeffrey, T., & Jim, K. (2006). LabVIEW for everyone: graphical programming made easy and fun. Prentice Hall PTR.*
5. *Larsen, R. W. (2011). LabVIEW for engineers. Pearson Higher Ed.*

УДК 006.91-531.7

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ПІД ЧАС КАЛІБРУВАННЯ РАДІУСУ МАТЕРІАЛЬНИХ МІР

© Валентин Мокійчук[1], Олександр Редько[2], 2024

[1] Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (Київ, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н, доцент, uncertainty@ukr.net
[2] Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (Київ, Україна), аспірант, o.redko.ua@ukr.net

Оцінювання невизначеності вимірювання під час калібрування є обов'язковою вимогою для калібрувальних лабораторій відповідно до ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 [1]. Основним документом, який регламентує порядок оцінювання невизначеності є EA-4/02 [2]. Цей документ встановлює правила та критерії для оцінки невизначеності під час калібрування та вимоги щодо подання цієї невизначеності у сертифікатах про калібрування відповідно до політики ILAC з питань невизначеності в калібруванні, яка описана у документі ILAC P14. ILAC P14, так само як і EA-4/02, є обов'язковим для акредитаційних органів, що входять до Європейської асоціації з акредитації. Також подання невизначеності вимірювання передбачає Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність», оскільки для забезпечення єдності вимірювання, має бути подання результатів вимірювань (у т.ч. калібрування) в одиницях вимірювання системи SI, а характеристики невизначеності вимірювань мають бути відомі з певною ймовірністю і не повинні виходити за встановлені границі [3].

Як об'єкти калібрування були розглянуті шаблони радіусні, сита перфоровані з круговими отворами, шаблони не серійного виготовлення складної форми. Засобами для калібрування (робочим еталоном – РЕ) слугують вимірювальні мікроскопи (ММИ, БМИ-1, УИМ-21, УИМ-23, ДИП-1 та їх аналоги) з аналоговим відліком або модернізовані з цифровими лінійками та оцифровуванням оптичного зображення. Типовим засобом співставлення зображення об'єкту вимірювання з мірою радіусу є змінна головка окулярна профільна ОГР-23, яка має похибку вимірювання від 50 мкм до 250 мкм на діапазоні від 0,1 мм до 16,5 мм, чого недостатньо для забезпечення умови передавання фізичної величини об'єкту калібрування. Тому актуальним питанням є пошук методів вимірювань, які можуть забезпечити меншу невизначеність вимірювання при калібруванні з урахуванням джерел похибок притаманних оптичним методам визначення геометричних розмірів [4].

Авторами проаналізовано широко використовуваний метод хорд для визначення радіусу кола. Шаблон, що калібрується встановлюють на склі предметного стола мікроскопа і згідно інструкції з експлуатації фокусують його чітке зображення. Радіус дуги R шаблона визначають за елементами сегменту – висоті $L_{(1)}$ та хорді $L_{(2)}$, яка обмежує сегмент (рис.1).

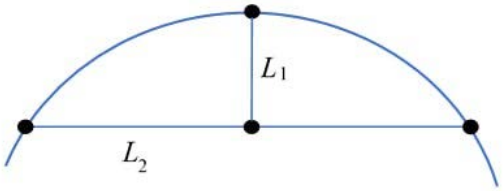


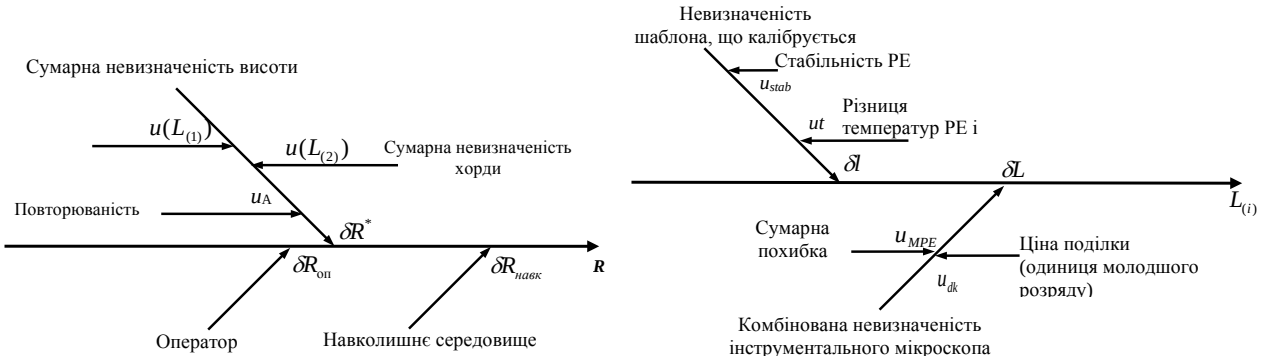
Рис. 1 . Схематичне зображення висоти $L_{(1)}$ та хорди $L_{(2)}$ по відношенню до дуги.

Радіус шаблона в мм:

$$R = \frac{(L_{(2)})^2}{8 \cdot L_{(1)}} + \frac{L_{(1)}}{2}. \qquad (1)$$

Модель відхилення ΔR значення радіуса шаблона, виміряного інструментальним мікроскопом R^* від дійсного значення радіуса шаблона R, що калібрується з урахуванням ідентифікованих (рис. 2 а) складових невизначеності:

$$\Delta R = R^* - R + \delta R^* + \delta R_{навк} + \delta R_{оп} \qquad (2)$$



а) б)

Рис. 2. Складові невизначеності калібрування шаблонів радіусних

Радіус шаблона визначається як результат опосередкованих вимірювань згідно рівняння (1) на основі прямих вимірювань висоти $L_{(1)}$ і хорди $L_{(2)}$. Тоді інструментальна складова невизначеності $u(R^*)$ може бути визначена як:

$$u(R^*) = \sqrt{\left(c_1 \cdot u(L_{(1)})\right)^2 + \left(c_2 \cdot u(L_{(2)})\right)^2}\,, \tag{3}$$

де коефіцієнти чутливості:

$$c_1 = -\frac{(L_{(2)})^2}{8 \cdot (L_{(1)})^2} + \frac{1}{2},\ c_2 = \frac{(L_{(2)})}{4 \cdot L_{(1)}}.$$

Складові невизначеності вимірювання висоти $L_{(1)}$ і хорди $L_{(2)}$ шаблона зображені на діаграмі рис. 2 б. Розрахунок абсолютної комбінованої стандартної невизначеності вимірювання під час калібрування проводимо за формулою:

$$u_c = \sqrt{\left[\left(-\frac{(L_{(2)})^2}{8 \cdot (L_{(1)})^2} + \frac{1}{2}\right)^2 \left(u_{dk}^2 + u_{MPE}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2\right)\right] + \left[\left(\frac{(L_{(2)})}{4 \cdot L_{(1)}}\right)^2 \left(u_{dk}^2 + u_{MPE}^2 + u_{stab}^2 + u_t^2\right)\right] + u_A^2}\,, \tag{4}$$

де u_{dk} – невизначеність ціни поділки (ЦП) або одиниці молодшого розряду (ОМР) індикатора РЕ; u_{MPE} – сумарна невизначеність РЕ; u_{stab} – невизначеність стабільності РЕ; u_t – невизначеність, що зумовлена відхиленням температури калібрування від 20°С; u_A – невизначеність калібрування типу А.

Практичні обчислення для мікроскопа БМИ-1 показали, що найбільший внесок складають невизначеність калібрування мікроскопа, його ЦП або ОМР та повторюваність. Заміна мікрометричних гвинтів на відлікові цифрові пристрої дозволила зменшити невизначеність ЦП в п’ять разів. Для отримання значення стандартної невизначеності повторюваності співрозмірною ЦП або ОМР мікроскопа потрібно проводити не менше п’яти вимірювань радіусу. Значення розширеної невизначеності було отримано від 1,0 мкм до 3,0 мкм для радіусів від 5 мм до 25мм.

1. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (ISO/IEC 17025:2017, IDT): ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019. – [Чинний з 2021-01-01]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2020 – 30 с.

2. EA- 4/02 M:2013 Expression of uncertainty in measurement for calibration. European co-operation for Accreditation. (Режим доступу: http://www.european-accreditation.org*).*

3. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Редакція від 01.01.2022 р. № 1314-VII.

4. Труднощі адаптації оптоелектронних систем на основі ПЗС-матриці до вирішення завдань цифрової фотограмметрії / О. Редько // НАУКОВА ВЕСНА: Секція 13: матер. VI-ої всеукр. наук.-техн. конф., 01-02 квітня 2015 року, м. Дніпро. – Дніпро: Державний ВНЗ «НГУ», 2015. – Т.13. – С.29-30. – (Режим доступу: http://science.nmu.org.ua/ua/conferences/science_spring/06.php *)*

УДК 621.3

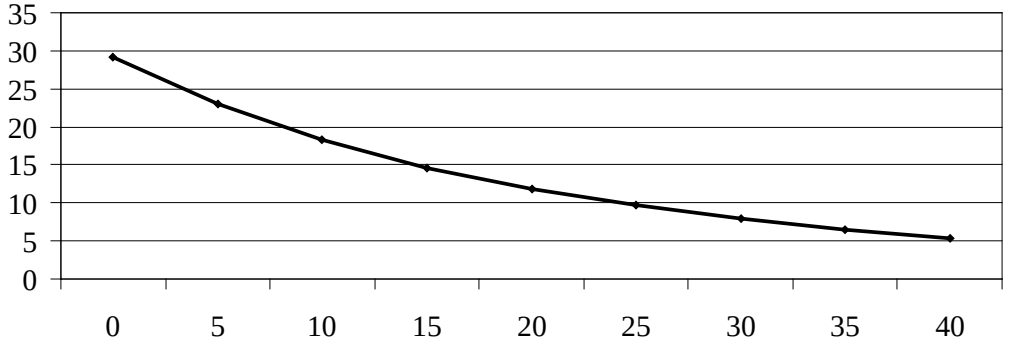
ВИЗНАЧЕННЯ НАСКРІЗНОЇ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕРМІСТОРОМ

©Орест Кочан[1], Іванна Кочан[1], Назар Кореньківський[2],Наталія Кочан[3] 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, професор, orest.v.kochan@lpnu.ua (О.К.); студентка, ivanna.kochan.ir.2022@lpnu.ua;
[2] Західноукраїнський національний університет, студент;
[3] Львівський національний університет імені Івана Франка, студентка.

У [1] було досліджено схему перетворювача температура-частота на базі мультивібратора на операційному підсилювачі та ланки термістор-конденсатор у його зворотному зв'язку. За рахунок переходу до індивідуальної функції перетворення (ФП) така схема може забезпечити похибку вимірювання температури менше 1°С. Крім того, така схема надійна, проста і дешева, а її вихідний сигнал – частота – може передаватися на велику відстань без внесення похибки.

У [2] було показано, що ФП термістора описується формулою $R_T = A \cdot e^{-B/T}$. На рис. 1А показана залежність опору від температури термістора, у якого А=0,055, а В=--3600. Як видно, вона має значну нелінійність. Але експериментальні дослідження схеми ввімкнення термістора, пропонованої у [1], показали, що вона, як це видно з рис. 1Б, також має суттєву нелінійність. У перетворювачі температура-частота [1] дві нелінійності накладаються. Для їх обчислювальної корекції треба визначити наскрізну ФП. У [2] для ідентифікації такої ФП рекомендовано визначити вихідну частоту не менше, ніж у семи точках температурного діапазону, що вимагає трудомістких досліджень.



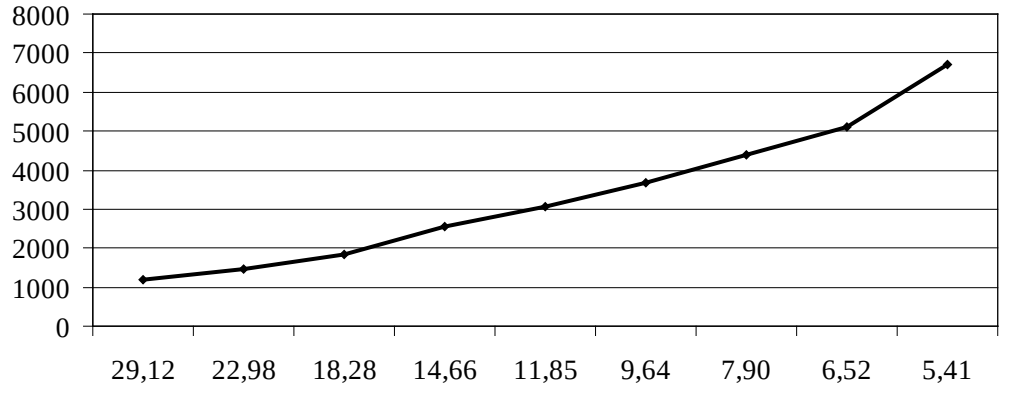


Рис. 1. Залежності опору термістора від температури (А) і вихідної частоти від опору(Б)

У [3] запропоновано метод ідентифікації ФП такого каналу, що містить елементи, ФП яких можна ідентифікувати за малою кількістю точок температурного діапазону. Це дає змогу зменшити загальну трудомістких експериментальних досліджень.

Запропонований у [3] метод ідентифікації наскрізної ФП каналу вимірювань передбачає:

1. Визначення ФП елемента вимірювального каналу, ФП якого можна визначити за малою кількістю точок діапазону вимірювання. У даному випадку термістор, як це показано у [1], вимагає для ідентифікації своєї ФП лише двох точок температурного діапазону.
2. За визначеною за п. 1 ФП розраховують більше семи значень вихідного сигналу цього елемента у точках, розміщених, бажано рівномірно, у всьому діапазоні вимірювання. У даному випадку це значення опору термістора у дев'яти точках діапазону від 0 до 40°С.
3. Заміщають термістор магазином опору і вимірюють вихідну частоту при значеннях опору, що відповідають точкам ФП, які визначені у п. 2.
4. Будують таблицю, у якій вибраним у п. 2 точкам діапазону вимірювання відповідають визначені у п. 3 значення вихідного сигналу вимірювального каналу. У даному випадку значенням температури, для яких у п. 2 розраховано опір термістора, повинні відповідати значення частоти, отримані у п. 3. На рис. 2 показано графік отриманої наскрізної ФП.
5. Апроксимують наскрізну ФП, що визначається збудованою у п. 4 таблицею.

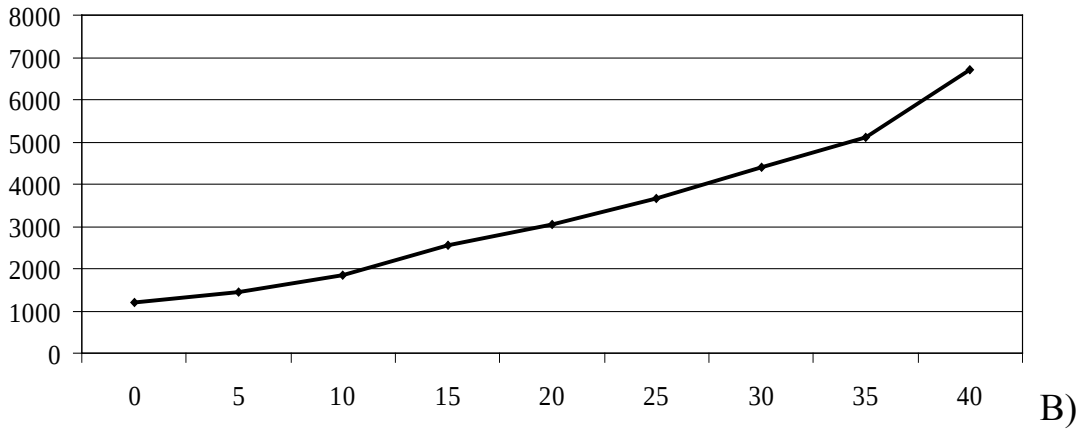


Рис. 2. Індивідуальна наскрізна ФП перетворювача температура-частота

Порівняння використаної при виконанні п. 1 приведеної вище методики індивідуальною ФП термістора із отриманою при виконанні п. 5 індивідуальною наскрізною ФП перетворювача температура-частота показало, що похибка визначення останньої не перевищує 0,2°С, що цілком прийнятно для більшості використань термісторів.

Дана робота підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

1. Кочан О., Кочан І., Кореньківський Н., Кочан Н. Перетворювач температура-частота. Міжнародна

2. Webster, J. (1999). Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook. CRC Press LLC.

3. Кочан О.В., Левків М.О., Кочан Р.В., Кочан В.В. Спосіб ідентифікації індивідуальної функції перетворення вимірювального каналу. Патент України 124205.

UDC 681

IDENTIFYING THE GAPS IN MICROSERVICE SOURCE CODE ANALYSIS USING LARGE LANGUAGE MODELS

© Oleh Chaplia[1], Halyna Klym[2], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Department of Specialized Computer Systems, PhD student, oleh.y.chaplia@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), professor of the Department of Specialized Computer Systems, Doctor of Technical Sciences, Professor, halyna.i.klym@lpnu.ua

Microservices have become a prevalent architectural style for building scalable and maintainable applications. Analyzing the source code of microservices is crucial for ensuring code quality, system resilience, reliability, security, and performance. With the advent of Large Language Models (LLMs), there is an opportunity to enhance source code analysis through advanced natural language processing techniques.

This research aimed to identify the limitations of source code analysis using LLMs and propose ways to overcome them. A comprehensive review of existing literature and tools that utilize LLMs for source code analysis in microservices was conducted. A proof-of-concept was implemented, and tests were performed on several microservice repositories. Results were gathered and compared, and insights were provided as a summary. Challenges and limitations were identified through case studies and experimental evaluations of LLMs on microservice codebases.

The microservices paradigm has updated software architecture design and development by decomposing applications into loosely coupled, independently deployable services [1]. However, it also introduces complexities in source code analysis due to factors like distributed communication, service orchestration, and heterogeneous technology stacks. Traditional static [2] and dynamic analysis tools [3] may not fully capture the intricacies of microservice interactions, and issues with conventional analysis tools impact the quality of the overall cloud system architecture. Therefore, the complexity of the source code analysis increases with the number of services [4].

Large Language Models (LLMs) have shown remarkable capabilities in understanding and generating human-like text, including source code for various programming languages [5]. Leveraging LLMs for source code analysis presents an exciting opportunity to enhance the detection of code smells, vulnerabilities, and architectural issues in microservices. Yet, applying LLMs to microservice architectures is not straightforward. Therefore, this question is further reviewed.

To move further with the research, several Node.js repositories were selected for testing purposes. Then, a proof-of-concept application was implemented. This application scans the repository source code, extracts various features from the code, builds dependency graphs, and uses traditional static analysis tools to extract additional features. Then, the summarization of this data is stored inside the database and represented as a graph for further analysis. Based on the evaluations and texts, insights were gathered. The insights are reviewed in the following sections of this research.

Firstly, it is important to say that LLMs work differently than static analysis tools. LLMs use input text sequences to predict the following text sequence as an output. Therefore, the full context of the source code is crucial. The context window is limited for each LLM. Consequently, providing all source codes into the LLM for small services is possible but impossible for medium-sized and more extensive services. A simplification mechanism like summarization of feature extraction is needed. However, simplification impacts the resulting quality.

At first, a dependency graph is built for the service. The dependency graph provides basic guidance for the LLM on how source files are connected. However, LLMs do not always follow this structure. Based on the prompt engineering practices like a few prompt learning and providing examples to the LLMs, it will guide the reasoning to receive valid results.

Static tools generate numerical metrics for defining microservice quality, such as Lines-of-Code (LoC), file count, cyclomatic complexity, and the number of relations between files. Experiments show that LLM can not perform numerical and mathematical operations, so the

numerical results are mostly incorrect. External tools are still needed to achieve consistent results. However, LLM sometimes provides correct numerical results, which is interesting.

The following valuable insight understood from the tests is that LLMs provide a different view on code understanding. The following word prediction mechanism works so well that it can produce good analysis results and code generation. This feature is used for code understanding, summarization, autocompletion, generating new code based on the old code, and translating the programs into other programming languages.

LLMs can not understand the code's Abstract Syntax Trees (AST). However, they use text sequences of the code. This means that some form of semantic analysis is performed. Therefore, it provides the ability to understand the logic and abstract patterns implemented in the code on top of existing syntax. Then, this understanding of the code is used as input for the next LLM-based agent or tool. This information makes further code transformations possible, including human-like reasoning.

LLMs exhibit language versatility, supporting multiple programming languages and recognizing popular frameworks and libraries, which is particularly beneficial for polyglot codebases. LLMs were trained on a huge codebase, including open-source projects, Therefore, they understand various programming languages. In our current tests, only JavaScript with Node.js and Python were used. The appliance to different programming languages makes the code translation easier.

While LLMs provide benefits, they also have notable drawbacks. They struggle with cross-service contextual understanding, leading to a lack of architectural awareness, and often miss dynamic runtime issues due to their static analysis focus. Importantly, they tend to overlook critical infrastructure components like configuration files and deployment scripts. Challenges arise in polyglot systems, where performance can vary by language, and analyzing large codebases can be resource-heavy, making real-time analysis difficult.

There are also security and privacy risks with external LLM services that may expose sensitive code. LLMs may introduce errors and bias due to overgeneralization. Additionally, the costs of using advanced LLMs can be substantial, encompassing licensing fees and infrastructure expenses. In summary, while LLMs bring powerful capabilities to source code analysis through advanced understanding and versatility, their limitations in contextual comprehension, dynamic behavior analysis, infrastructure awareness, and scalability present significant challenges.

These pros and cons must be carefully weighed to determine the suitability of LLMs for source code analysis in specific contexts, particularly in complex, distributed systems like microservices where traditional tools may also fall short.

1. W. K. G. Assunção, J. Krüger, S. Mosser, and S. Selaoui, "How do microservices evolve? An empirical analysis of changes in open-source microservice repositories," Journal of Systems and Software, vol. 204, p. 111788, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.jss.2023.111788.

2. V. Lenarduzzi, F. Pecorelli, N. Saarimaki, S. Lujan, and F. Palomba, "A critical comparison on six static analysis tools: Detection, agreement, and precision," Journal of Systems and Software, vol. 198, p. 111575, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.jss.2022.111575.

3. H. Yang, W. Li, and H. Cai, "Language-agnostic dynamic analysis of multilingual code: promises, pitfalls, and prospects," in Proceedings of the 30th ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering, in ESEC/FSE 2022. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Nov. 2022, pp. 1621–1626. doi: 10.1145/3540250.3560880.

4. T. Cerny et al., "On Code Analysis Opportunities and Challenges for Enterprise Systems and Microservices," IEEE Access, vol. 8, pp. 159449–159470, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3019985.

5. G. Fan, X. Xie, X. Zheng, Y. Liang, and P. Di, "Static Code Analysis in the AI Era: An In-depth Exploration of the Concept, Function, and Potential of Intelligent Code Analysis Agents," Oct. 12, 2023, arXiv: arXiv:2310.08837. doi: 10.48550/arXiv.2310.08837.

УДК 658.562

АНАЛІЗ РИЗИКІВ І ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ СТАНДАРТІВ У ВИГОТОВЛЕННІ СУЦІЛЬНОСКЛЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Назар Куриляк 2024

Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, nazar.i.kuryliak@lpnu.ua

Виробництво та монтаж суцільноскляних конструкцій супроводжуються численними ризиками, що можуть впливати на їхню довговічність, безпеку і загальну ефективність проекту. У цій роботі проведено аналіз основних ризиків на етапах виробництва та встановлення скляних конструкцій, а також оцінено економічний вплив впровадження європейських стандартів, таких як EN 16612, EN 12150 та EN 12600, на зменшення ризиків. Дослідження показує, що впровадження стандартів сприяє значному скороченню витрат на усунення дефектів, оптимізації процесів контролю якості та зменшенню кількості гарантійних випадків [1-4].

Основні етапи виникнення ризиків:

– ризики виробництва і монтажу. Встановлено, що основними ризиками є помилки у вимірюваннях, дефекти в матеріалах та пошкодження під час монтажу. Ймовірність виникнення дефектів у процесі виробництва сягає 8%, що може призвести до значних фінансових втрат [3-5].

– Економічний вплив впровадження стандартів. Згідно із прогнозами, впровадження стандартів знижує витрати на усунення дефектів приблизно на $10,000 на рік і підвищує продуктивність виробничих процесів на 10%, що забезпечує загальну економію в розмірі $43,000 щорічно[2, 6].

– Прогноз витрат на впровадження. Загальні витрати на впровадження стандартів оцінюються в діапазоні від $27,000 до $51,000. Основні категорії включають навчання персоналу, оновлення обладнання та сертифікацію.

Попередній аналіз показує таку сукупність ризиків під час виробництва та монтажу суцільноскляних конструкцій (табл.)

Таблиця оцінки ризиків

Етап процесу	Тип ризику	Ймовірність (%)	Втрати ($)	Економічний вплив ($)
Вибір матеріалів	Низька якість матеріалів	5	3000	150
Виробництво скла	Дефекти у виробництві	8	6000	480
Вимірювання	Похибки вимірювання	4	2500	100
Монтаж	Помилки монтажу	6	4000	240
Контроль якості	Не виявлення дефектів	3	3500	105

Для моніторингу доцільно використовувати такі інструменти та методи:

– звіти про виконання завдань. Щотижневі та щомісячні звіти дозволяють стежити за прогресом і виявляти можливі відхилення.

– Аудити та перевірки. Регулярні аудити обладнання, навчання та фінансового контролю забезпечують повноту і своєчасність виконання проекту.

Ключовими показниками ефективності доцільно вибрати відсоток завершених навчальних курсів, відсоток відповідності обладнання новим стандартам, продуктивність пілотних виробничих ділянок, дотримання встановленого бюджету.

Для контролю технологічних процесів та виконання коригувальних дій слід забезпечувати контроль відповідності плану (щомісячне порівняння фактичних показників з плановими дозволяє виявляти відхилення на ранніх стадіях), коригувальні дії у разі відхилень. Під час виявлення перевитрат бюджету необхідно визначати невідкладні і другорядні витрати та їх обмеження. Для зменшення затримок у навчанні слід залучати додаткових тренерів чи розширювати навчальні модулі. Під час зниження продуктивності на пілотних ділянках доцільно тимчасово залучати досвідчених працівників для прискорення адаптації та тестування нових процесів.

Важливим фактором є також відповідальність і звітність. Керівник проекту надає щомісячні звіти керівництву з висновками про прогрес, виявлені ризики та їхнє управління. Для оцінки результатів після завершення етапу слід проаналізувати ефективність впроваджених змін після кожного етапу з метою корекції подальших дій.

Необхідно також оцінювати ефективність моніторингу. До прикладу щоквартальний огляд ефективності процесу моніторингу дозволяє оцінити дієвість вжитих заходів і покращити стратегії управління ризиками для наступних проектів. Ключовими метриками можуть бути своєчасність виконання етапів, відповідність бюджету, кількість коригувальних заходів.

Такий план моніторингу та контролю дозволяє систематично відстежувати реалізацію проекту та своєчасно реагувати на потенційні ризики, забезпечуючи успішне впровадження європейських стандартів у виробничий процес.

Впровадження європейських стандартів у процесі виготовлення та монтажу суцільноскляних конструкцій дозволяє суттєво знизити ризики, пов’язані з виробництвом, та забезпечити високий рівень безпеки конструкцій. Дослідження підтверджує доцільність таких інвестицій, оскільки вони окуповуються через зниження витрат на дефекти, підвищення якості продукції та збільшення конкурентоспроможності.

1. Respondek, Z. (2019). Glass building elements-technical aspects of safe usage in the structure. System Safety: Human-Technical Facility-Environment. Доступно за посиланням https://sciendo.com/pdf/10.2478/czoto-2019-0038 .

2. Feldmann, M., Kasper, R., Abeln, B., Cruz, P. (2014). Guidance for European structural design of glass components. Publications Office of the European Union. Доступно за посиланням https://www.researchgate.net/publication/266690283 .

3. Pathirana, M., Lam, N., Zhang, L., Ruan, D. (2017). Risks of failure of annealed glass panels subject to point contact actions. Journal of Solids and Structures. Доступно за посиланням https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020768317304067 .

4. Seker, S. (2022). A new model for risk assessment in glass manufacturing using Risk Matrix based IVIF-TOPSIS method. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. Доступно за посиланням https://dl.acm.org/doi/abs/10.3233/JIFS-219210 .

5. Mattei, S. (2023). Numerical fragility assessment and structural performance analysis of glass facade systems including post-fracture residual capacity. Доступно за посиланням https://arts.units.it/handle/11368/3048138 .

6. Badalassi, M., Biolzi, L., Royer-Carfagni, G. (2014). Safety factors for the structural design of glass. Construction and Building Materials. Доступно за посиланням https://re.public.polimi.it/bitstream/11311/844125/3/Safety_factors_for_structural_glass_design.pdf .

УДК 006.91:681.518

ЗАСТОСУВАННЯ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ ДО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДАНИХ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

© Орест Середюк[1],Василь Шекета [2] Михайло Труфан[3], 2024

[1]Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), в.о. завідувача кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н. професор, mivt@nung.edu.ua
[2] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), професор кафедри інженерії програмного забезпечення, д.т.н. професор, pz@nung.edu.ua,
[3]Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, mykhailo.trufan-a175-23@nung.edu.ua

Паралельні обчислення є важливою складовою інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем (ІІВС), оскільки вони забезпечують можливість одночасного виконання обчислень на різних ресурсах та/або різними потоками. Це особливо актуально для ІІВС, які об'єднують інтелектуальний аналіз даних з вимірювальним обладнанням для збору, обробки та аналізу інформації.

Застосування теорії паралельних обчислень у контексті інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем, що використовують метод подвійного контролю (dual environment control-DEC) [1], є обґрунтованим і доцільним через кілька ключових аспектів, які представлені в Табл 1.

Таблиця 1.

Ключові аспекти і переваги застосування паралельних обчислень в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах, що використовують DEC

Аспект	Опис переваг застосування
1. Використання двох систем	Метод подвійного контролю використовує дві незалежні системи вимірювання для верифікації даних, що генерує великі обсяги інформації. Паралельні обчислення дозволяють обробляти дані з різних сенсорів одночасно, зменшуючи час затримки в отриманні та аналізі інформації.
2. Адаптивність системи	Паралельні обчислення реалізують адаптивні алгоритми, що швидко реагують на зміни в середовищі. Алгоритми машинного навчання, які працюють в реальному часі, можуть обробляти великі обсяги даних, підвищуючи ефективність системи в умовах невизначеності.
3. Зниження помилок вимірювань	Метод подвійного контролю підвищує точність вимірювань, оскільки одна система може коригувати помилки іншої. Паралельні обчислення сприяють швидшій виявленню аномалій та зменшують кількість помилкових сповіщень, знижуючи чутливість до шуму.
4. Оптимізація управління	Використання паралельних обчислень в оптимізації управління покращує ефективність системи. Паралельні алгоритми можуть одночасно оптимізувати різні параметри системи, що дозволяє досягти оптимальних результатів швидше, ніж при послідовній обробці.

Таким чином, інтеграція теорії паралельних обчислень у реалізацію методу подвійного контролю для інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем не лише покращує швидкість і точність процесів, але й забезпечує адаптивність та стійкість системи в умовах невизначеності. Це робить паралельні обчислення важливим аспектом для подальшого розвитку та вдосконалення таких систем.

У сучасних ІІВС важливу роль відіграє програмна ефективність обробки даних. Одним із ключових підходів для досягнення ефективності є використання в процесі програмування мікроконтролерів ІІВС парадигми паралельних обчислень, що забезпечує багатозадачність

на основі потоків та вимагає менших витрат, оскільки потоки одного процесу ділять спільний адресний простір. Це дозволяє знизити накладні витрати на перемикання між потоками та комунікацію між ними.[2].

Оскільки кожен потік представляє окремий шлях виконання програми, це дозволяє ефективно використовувати всі ресурси процесора, що особливо важливо для ІІВС з методом DEC, оскільки останні містять великі обсяги інформації, які потребують швидкої обробки. Застосування паралельних обчислень дає можливість одночасно виконувати передачу/прийомання і обробку даних, зменшуючи час очікування.

Багатопотоковість надає програмам можливість асинхронної поведінки, в той же час у багатьох випадках при спільному використанні даних кількома потоками виникає потреба у синхронізації. Наприклад, при спільному використанні зв'язного списку потрібно передбачити можливість заборони одному потоку змінювати дані цього списку, поки інший потік зчитує елементи цього списку. Для цього у *Java* використовується добре відомий із теорії міжпроцесної синхронізації механізм, який має назву "монітор". У *C++* для реалізації багатопотоковості та синхронізації потоків використовуються стандартна бібліотека потоків (<thread>) та механізми синхронізації, такі як мютекси (<mutex>). В табл.2. наведено методи для реалізації паралельних обчислень в згаданих мовах програмування.

Таблиця 2.

Основні методи реалізації багатопотоковості та синхронізації потоків у *C++* та *Java*

Функція/Метод	C++	Java	Опис
Створення потоку	std::thread	Thread	Клас для створення нових потоків
Запуск потоку	std::thread::join()	start()	Запускає виконання потоку.
Завершення потоку	join() або detach()	join()	join() чекає завершення потоку. detach() від'єднує потік.
Синхронізація	std::mutex	synchronized	Мютекс для захисту спільних ресурсів
Локальний мютекс	std::lock_guard<std::mutex>	synchronized (метод)	Автоматично блокує та розблоковує мютекс.
Призупинення потоку	std::this_thread::sleep_for()	sleep()	Призупиняє виконання потоку на заданий час.
Перевірка потоку	std::thread::joinable()	isAlive()	Визначає, чи потік все ще виконується.

Системи управління потоками забезпечують подібну функціональність в різних мовах програмування, включаючи механізми синхронізації, такі як мютекси, класи потоків і управління потоками. Це дозволяє розробникам ефективно використовувати багатопотоковість для покращення продуктивності програм, особливо в контексті обробки даних в інтелектуальних інформаційно-вимірювальних системах.

1. *Середюк О.Є , Труфан М.М. , Винничук. А.Г. Розроблення теоретичних засад реалізації методу подвійного контролю середовища. Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку: збірник матеріалів VI-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції, Луцьк, 23-25 жовтня 2024 р. Луцьк : ЛНТУ,2024. С.105-106.*

2. Коцовський В. М. Теорія паралельних обчислень: навчальний посібник. Ужгород: ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. 188 с.

UDC 004

LEVERAGING EVENT SOURCING TO IMPROVE OBSERVABILITY AND REPLAYABILITY IN METROLOGY

© Roman Malyi[1], Pavlo Serdyuk[2], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine),
Software Engineering Department, Ph.D student., roman.m.malyi@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Software Engineering Department,
Candidate of Sciences, Docent, pavlo.v.serdiuk@lpnu.ua

The field of metrology, central to ensuring precision and reliability in measurements across various industries, is continuously evolving with advances in technology. Leveraging event sourcing in metrology enhances both observability and replayability, crucial for effective monitoring and analysis of systems. Event sourcing allows for the systematic recording of all changes to data, enabling a comprehensive view of system behavior over time. This capability is particularly beneficial in metrology, where precise tracking of measurements and their historical context is essential.

In the work of (Eichstädt, 2021) [1] authors highlight the crucial role of software engineering in advancing metrology in the digital age, from developing and validating complex algorithms to facilitating the digital transformation of metrological services. Standardization bodies are working towards machine-readable, smart standards, which will enable machines to read standardized information without human interference. This digital transformation will open new possibilities for metrological services when they are based on standards.

Traceability is a key aspect of integrated metrology. Metrological traceability is a property of a measurement result whereby the result can be related to a reference through a documented unbroken chain of calibrations, each contributing to the measurement uncertainty. This traceability ensures full accountability of the models and programs used in the execution of the measuring program. It is an essential element of integrated metrology for advanced manufacturing systems, which typically involve multiple measurement methods and systems (Archenti, 2024) [2].

Definition and Importance. Event sourcing captures all changes as events, providing a detailed audit trail that enhances observability(Wang, 2022) [3]. The core principles of Event Sourcing, including immutability, append-only storage, and event sequence, offer unique advantages that can be applied to improve measurement systems. Once an event is recorded, it cannot be altered, providing a verifiable and tamper-proof record of data. This principle is crucial for metrology, where maintaining the integrity and trustworthiness of measurement data is paramount. The append-only nature of Event Sourcing also ensures that the historical sequence of events is preserved, allowing for a chronological audit trail that is invaluable for quality control and regulatory compliance.

State Reconstruction. Event sourcing enables the reconstruction of previous states, facilitating the analysis of past measurements and conditions(Erb et al., 2016) [4]. The ability to trace back through historical data supports better decision-making and understanding of system performance over time(Rybicki, 2018) [5]. Maintaining these events in a sequential log allows for the system state at any point in time to be reconstructed by replaying the events. This capability is particularly beneficial for metrology, where it is often necessary to review or analyze the state of measurement systems at specific points in the past to diagnose issues, verify processes, or validate compliance with standards. Engineers and scientists can simulate different scenarios by replaying specific sequences of events, enhancing the adaptability and robustness of measurement frameworks.

Comparison with traditional approaches. Traditional metrology systems often rely on point-in-time snapshots to store the current state of measurements. While efficient for straightforward applications, this approach does not maintain a history of how the measurement data has evolved over time, making it challenging to audit or verify the data post facto. In contrast, Event Sourcing records every change as an immutable event. This not only ensures data integrity by preventing alterations to the historical record but also provides a complete audit trail of all changes. This

auditability is an enhancement over traditional software engineering practices as well, where databases might log changes but do not inherently treat these logs as the primary source of truth.

In traditional settings, simulating past conditions or scenarios in metrology involves manually reconstructing states or using separate testing systems that approximate past performances. Similarly, traditional software engineering often reconstructs scenarios with mock data or relies on backups for testing. With Event Sourcing, the ability to replay events exactly as they occurred provides a bulletproof method for simulating past states and testing hypotheses or new features under real historical conditions. This replayability is superior to traditional methods, offering precise and straightforward ways to rerun scenarios for testing, training, or analysis.

Metrology systems might struggle under loads that demand high-performance data writes and reads, often leading to increased complexity in managing data throughput and storage. Traditional software architectures similarly might face bottlenecks due to the limits of relational database scaling or complex transaction management. Event Sourcing inherently supports scalability due to its event-driven nature and the decoupling of data writing and state reconstruction processes. This approach can handle higher volumes of data operations without performance degradation, providing a notable advantage in scenarios demanding real-time measurement and feedback.

Summary and conclusions. The application of Event Sourcing in metrology represents a significant advancement over traditional methods. By providing a detailed, immutable history of state changes, Event Sourcing not only enhances the traceability and reliability of measurements but also improves the capacity for system testing and quality assurance. Moreover, its scalability and flexibility ensure that metrological systems can effectively meet both current and future challenges.

Event Sourcing aligns with the needs of modern metrology, offering solutions that foster accuracy, reliability, and innovation in measurements. Future research could further investigate the specific implementations and potential challenges of integrating Event Sourcing within various metrological applications, thereby broadening the understanding and enhancing the effectiveness of this promising approach. The findings from this study encourage the continued exploration and adoption of Event Sourcing in metrology, aiming to meet higher standards of precision and operational excellence in an increasingly data-driven world.

1. Eichstädt, S., Keidel, A., & Tesch, J. (2021). Metrology for the digital age. Measurement: Sensors, 18, 100232. https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100232

2. Archenti, A., Gao, W., Donmez, A., Savio, E., & Irino, N. (2024). Integrated metrology for advanced manufacturing. CIRP Annals, 73(2), 639–665. https://doi.org/10.1016/j.cirp.2024.05.003

3. Hongli, Wang. (2022). 1. Event -source experience report. doi: 10.1002/spe.3116

4. Benjamin, Erb., Gerhard, Habiger., Franz, J., Hauck. (2016). 4. On the Potential of Event Sourcing for Retroactive Actor-based Programming. doi: 10.1145/2957319.2957378

5. Rybicki, J., & JSC, J. S. C. (2018). Application of event sourcing in research data management. ALLDATA, 22-26.

УДК 53.08+681.2+519.65

ЗАСТОСУВАННЯ МІНІМАКСНОГО НАБЛИЖЕННЯ ДЛЯ ОПИСУ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕМПЕРАТУРИ ВІД ОПОРУ ТЕРМІСТОРА

© Роман Малачівський, 2024

Національний університет «Львівська політехніка», аспірант Інституту прикладної математики та фундаментальних наук, Roman.Malachivsky@gmail.com

Вдосконалення технології виготовлення термісторів розширює їхнє практичне використання для вимірювання і відстеження температури. Окрім застосування термісторів в біомедичних приладах, автомобільних електронних системах, термістори використовують також для високоточних і кріогенних вимірювань температури [1].

Практичне застосування термісторів ускладнюється суттєвою нелінійністю їхньої термометричної характеристики. Для опису залежності температури від опору використовують здебільшого узагальнення моделі Стейнхарта-Харта [1], параметри яких обчислюють методом найменших квадратів. В праці [2] для обчислення параметрів моделі термометричної характеристики термісторів запропоновано використання мінімаксного наближення. Використання мінімаксного наближення для обчислення значень параметрів моделі термометричної характеристики забезпечує досягнення найменшої можливої похибки відтворення результатів калібрування в досліджуваному діапазоні [2]. Моделі, розраховані за методом найменших квадратів, допускають можливу наявність окремих точок, в яких значення похибки значно перевищує її середнє значення.

Для підтвердження ефективності використання мінімаксного наближення для обчислення параметрів моделей термометричної характеристики термісторів використаємо результати калібрування, подані в праці [3]. В цій праці наведено результати калібрування, отримані в травні 2014 року й у лютому 2015 року. Порівняння результатів застосування мінімаксного наближення з методом найменших квадратів проілюструємо на чотирипараметричному узагальненні моделі Стейнхарта-Харта

$$T_4(r)=1\Big/\sum_{i=0}^{3}c_i\left(ln(r)\right)^3, \tag{1}$$

де T – абсолютна температура в Кельвінах, $r=R_T/R_s$ – відносний опір при температурі T, а c_i, $i=\overline{0,3}$ – невідомі параметри. В праці [3] вказано доцільність застосування моделі (1) для термометричної характеристики термісторів порівняно з моделлю Стейнхарта-Харта, в якій $c_2=0$. Ефективність моделі (1) підтверджують також й інші дослідники. Обчислення Значення параметрів c_i, $i=\overline{0,3}$ моделі (1) обчислюють, використовуючи нелінійний метод найменших квадратів.

За поданими в [3] результатами калібрування модель термометричної характеристики термістора вигляду (1) з використанням методу найменших квадратів

$$T_{4,14,lsq}(r)=1\Big/\left(\begin{array}{c}6.1510417037_{10}{}^{-8}x^3+2.26274538698_{10}{}^{-6}x^2+\\+2.56520635435_{10}{}^{-4}x+3.35437275588_{10}{}^{-3}\end{array}\right) \tag{2}$$

забезпечує відтворення їхніх значень з абсолютною похибкою 0.94 mK за даними калібрування, отриманими в травні 2014 р., і з похибкою 1.14 mK

$$T_{4,15,lsq}(r)=1\Big/\left(\begin{array}{c}6.5985545833347_{10}{}^{-8}x^3+2.267036730985_{10}{}^{-6}x^2+\\+2.565168779395_{10}{}^{-4}x+3.3543781818_{10}{}^{-3}\end{array}\right) \tag{3}$$

за даними калібрування, отриманими в лютому 2015 р. В моделях (2) і (3) $r=R_T/R_s$, а $x=ln(r)$.

Аналогічна модель, обчислена з використанням мінімаксного наближення дані за травень 2014 р.

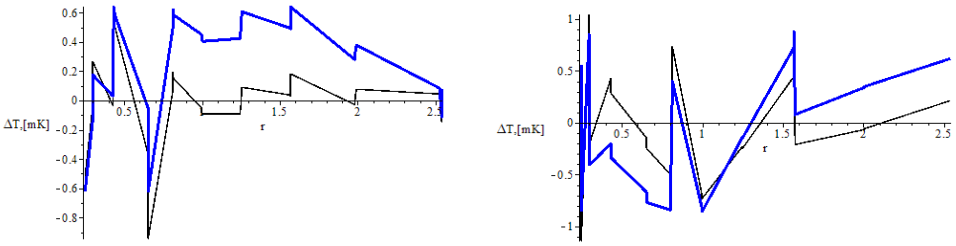
$$T_{4,14,minm}(r) = 1 \Big/ \left(\begin{array}{l} 5.78216036867_{10}{}^{-8} x^3 + 2.2566107516_{10}{}^{-6} x^2 + \\ + 2.5652396097358_{10}{}^{-4} x + 3.3543783803395_{10}{}^{-3} \end{array} \right) \quad (4)$$

відтворює з абсолютною похибкою 0.64 mK, а модель

$$T_{4,15,minm}(r) = 1 \Big/ \left(\begin{array}{l} 5.95286858_{10}{}^{-8} x^3 + 2.268338145697_{10}{}^{-6} x^2 + \\ + 2.5652822930196_{10}{}^{-4} x + 3.354376775298_{10}{}^{-3} \end{array} \right) \quad (5)$$

забезпечує відтворення даних калібрування за лютий 2015 р. з абсолютною похибкою 0.879 mK

Графіки похибок моделей (2) – (5) наведено на рис. 1. Графіки похибки моделей (4) і (5), параметри яких обчислено з використанням мінімаксного наближення, зображено товстішими лініями.



а) *б*)

Рис. 1. Графіки абсолютної похибки: *а* – моделей (2) і (4), *б* – моделей (3) і (5)

З поданих на рис. 1 графіків слідує, що похибка моделей, параметри яких обчислено з використанням мінімаксного наближення, рівномірно розподілена по всьому досліджуваному діапазоні зміни опору, тоді як у випадку застосування методу найменших квадратів трапляються окремі точки, в яких похибка відтворення результатів калібрування значно більша за середнє значення похибки.

Таблиця 1

Похибки відтворення результатів калібрування термістора моделями (2) – (5)

Дані калібрування	Модель (2)		Модель (4)
травень 2014 р.	$r = 0.653541$	$\Delta T = 0.942$ mK	$\Delta T = 0.64$ mK
	Модель (3)		Модель (5)
лютий 2015 р.	$r = 0.249662$	$\Delta T = 1.136$ mK	$\Delta T = 0.879$ mK

Отже, використання мінімаксного наближення для обчислення параметрів моделей термометричної характеристики термістора в порівнянні з методом найменших квадратів забезпечує вищу точність відтворення температури. Похибка моделі, параметри якої обчислено за мінімаксним критерієм, еквівалентна точності відтворення результатів калібрування. Тому застосування мінімаксного наближення для обчислення параметрів моделей за високоточними даними є доцільнішим.

1. *D.R. White, K. Hill, D. del Campo, C. Garcia Izquierdo, "Guide on Secondary Thermometry – Thermistor Thermometry, " BIPM, Consultative Committee for Thermometry (CCT), 2014.*

2. *Р. П. Малачівський, Р. А. Бунь, О. В. Шевчук, "Апроксимація термометричної характеристки термісторів," Комп'ютерні технології друкарства, no. 2(50), 2023. С. 91-100.*

3. *Steffen Rudtsch, Christoph von Rohden, "Calibration and self-validation of thermistors for high-precision temperature measurements," Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, 2015, 76, pp. 1–6.*

УДК 535.5; 535.327; 548.0:535.6

КРИСТАЛООПТИЧНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ: ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

© Богдан Бондар[1], Михайло Степаняк[2], 2024

[1]Національний університет «Львівська Політехніка» (Львів, Україна), аспірант, bohdan.v.bondar@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська Політехніка» (Львів, Україна), кандидат технічних наук, доцент, mykhailo.v.stepaniak@lpnu.ua

Застосування сучасних технологій для вимірювання температури стає дедалі важливішим у високотехнологічних галузях, таких як аерокосмічна індустрія, енергетика та біомедичні дослідження. Традиційні методи, серед яких: термопари та терморезистивні сенсори, вразливі до електромагнітних завад та обмежені у складних умовах, таких як високі температури або вакуум [1].

Основні методи та технології

Анізотропні кристали, такі як MgO, CaF_2 та BaF_2, використовуються для створення високочутливих сенсорів. Ці кристали мають властивості, що дозволяють проводити вимірювання завдяки зміні показника заломлення при зміні температури. Інтерферометри Фабрі-Перо (FPI) ефективні для забезпечення високої точності вимірювань у критичних середовищах, де важлива стабільність вимірювань, наприклад, у ядерних реакторах та космічних місіях. Такі системи забезпечують стабільний моніторинг температури на орбітах Землі. Ця технологія демонструє ефективність у підтримці стабільності вимірювань навіть за умов інтенсивної радіації, що значно підвищує надійність контролю у критичних середовищах [2], [3].

Дослідження на реакторах типу PWR показало, що FPI досягають похибки вимірювання температури порядку ±0.2°C у радіоактивних середовищах, що підтверджує їхню придатність для промисловості. Інтерферометричні системи успішно застосовувались у місіях на орбітах Землі, де рівень сонячної радіації швидко змінюється, підтверджуючи їхню надійність у космічних умовах [3].

Фотонні кристали, які можуть працювати в умовах високої радіації, забезпечують точність вимірювань. Однак їх використання пов'язане зі складнощами калібрування, що може впливати на точність вимірювань у промислових умовах [4]. Інтерферометричні сенсори на основі фотонних кристалів можуть також бути інтегровані з волоконно-оптичними системами для забезпечення ще вищої точності та стабільності.

Волоконно-оптичні сенсори

Волоконно-оптичні сенсори на основі граток Брегга (FBG) дозволяють проводити вимірювання на великій відстані, що є критичним для промислового моніторингу у важкодоступних місцях. Такі сенсори забезпечують одночасне вимірювання декількох параметрів, таких як температура і тиск. Сенсори граток Брегга можуть працювати при температурах до 1900°C, що дозволяє їх ефективно використовувати у складних промислових умовах з електромагнітними завадами [3], [4]. Гратки Брегга інтегруються в IoT-системи для моніторингу в умовах високого тиску і температур, що підвищує ефективність і зменшує ризик завад. Порівняно з традиційними системами моніторингу, IoT-орієнтовані рішення з використанням волоконно-оптичних сенсорів забезпечують більшу гнучкість та зменшують ризики технічних пошкоджень [2].

Інші волоконно-оптичні технології, такі як сенсори на основі сапфірових волокон, демонструють стабільність та стійкість у середовищах із високими температурами (до 1880°C). Ці сенсори використовуються у галузях, де необхідно підтримувати високу точність вимірювань у жорстких умовах, таких як металургія та авіаційна промисловість [2].

Крім того, волоконно-оптичні сенсори граток Брегга можуть бути налаштовані для виявлення не лише температури, але й механічних деформацій, що робить їх надзвичайно універсальними для застосування в конструкціях мостів, будівель та інженерних споруд. За допомогою таких сенсорів можливе відстеження структурних змін у реальному часі, що дозволяє уникнути аварійних ситуацій. Наприклад, впровадження таких технологій у

системах моніторингу інфраструктури дозволяє своєчасно виявляти небезпечні зміни та запобігати руйнуванням унаслідок землетрусів або перевантажень [3]. Це демонструє потенціал волоконно-оптичних технологій у розширенні їхнього застосування за межами традиційного моніторингу температури.

Порівняльний аналіз та перспективи

Традиційні методи вимірювання температури, зокрема термопари, залишаються популярними через їхню простоту, але водночас мають значні обмеження. Ці методи вимагають фізичного контакту з об'єктом вимірювання, що може спричиняти похибки при впливі корозії та інших зовнішніх факторів. Терморезистивні сенсори, хоча і не потребують контакту, демонструють обмежену стабільність при швидких змінах температури [2].

Натомість, волоконно-оптичні сенсори на основі FBG та інтерференційні системи надають можливість стабільного моніторингу в режимі реального часу. Використання цих технологій у промислових процесах дозволяє знизити ризики та підвищити ефективність роботи обладнання. Порівняно з термопарами, які мають похибку порядку ±1°C, волоконно-оптичні сенсори FBG досягають суттєво кращих результатів навіть у складних умовах, що робить їх більш надійним вибором для промислового моніторингу [5]. Особливо перспективним є впровадження таких сенсорів у системи Інтернету речей (IoT), що дозволить реалізувати автоматизоване дистанційне управління та моніторинг технологічних процесів у реальному часі [3].

На основі проведеного аналізу встановлено, що сучасні кристалооптичні та волоконно-оптичні методи мають значний потенціал для підвищення точності вимірювань температури. Подальші дослідження мають зосередитися на розробці волоконно-оптичних датчиків із використанням новітніх матеріалів, таких як графен або алмазоподібні покриття, що забезпечать їхню роботу при температурах до 2000°C та стійкість до інтенсивних електромагнітних завад. Особливу увагу слід приділити розробці технологій автоматизованого калібрування інтерференційних сенсорів у режимі реального часу, що забезпечить їхню стабільність у промислових умовах. Також варто зосередитися на розробці неінвазивних медичних сенсорів для моніторингу температури тіла з використанням новітніх фотонних матеріалів для підвищення чутливості та точності вимірювань [3].

1. J. M. Leça, Y. Magalhães, P. Antunes, V. Pereira, and M. S. Ferreira, 'Optofluidic Fabry-Perot interferometric sensor for the real-time measurement of refractive index', J. Phys.: Conf. Ser., vol. 2407, no. 1, p. 012021, Dec. 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2407/1/012021.

2. H. Yu, Y. Wang, J. Ma, Z. Zheng, Z. Luo, and Y. Zheng, 'Fabry-Perot Interferometric High-Temperature Sensing Up to 1200 °C Based on a Silica Glass Photonic Crystal Fiber', Sensors, vol. 18, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2018, doi: 10.3390/s18010273.

3. S. Zhang, Y. Mei, T. Xia, Z. Cao, Z. Liu, and Z. Li, 'Simultaneous Measurement of Temperature and Pressure Based on Fabry-Perot Interferometry for Marine Monitoring', Sensors, vol. 22, no. 13, Art. no. 13, Jan. 2022, doi: 10.3390/s22134979.

4. C. Zhu et al., 'Advances in Fiber-Optic Extrinsic Fabry–Perot Interferometric Physical and Mechanical Sensors: A Review', IEEE Sensors Journal, vol. 23, no. 7, pp. 6406–6426, Apr. 2023, doi: 10.1109/JSEN.2023.3244820.

5. K. Shiokawa et al., 'Development of low-cost sky-scanning Fabry-Perot interferometers for airglow and auroral studies', Earth Planet Sp, vol. 64, no. 11, Art. no. 11, Nov. 2012, doi: 10.5047/eps.2012.05.004.

6. R. K. Gangwar, S. Kumari, A. K. Pathak, S. D. Gutlapalli, and M. C. Meena, 'Optical Fiber Based Temperature Sensors: A Review', Optics, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2023, doi: 10.3390/opt4010013.

UDC 535.5

EFFECTIVE RADII OF ULTRASONIC TRANSDUCERS FOR HYDROPHONE CALIBRATION

© Oleksandr Shpak[1], Dariia Duviriak[2], Vasyl Parakuda[3], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), PhD student, lesykshpak@gmail.com
[2] SE NDI "SYSTEMA", (Lviv, Ukraine), Head of sector, dardar2410@gmail.com
[3]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), PhD, Ass.-Prof, v.v.parakuda@gmail.com

The calibration of ultrasonic transducers plays a crucial role in accurately measuring ultrasonic pressure in applications like medical imaging, sonar, and non-destructive testing. A transducer's effective radius influences calibration precision, as this parameter directly impacts the near-field length, diffraction loss, and measurement accuracy. This study focuses on determining the effective radii of ultrasonic transducers to improve hydrophone calibration accuracy by comparing effective radii with geometric radii, assessing how this difference affects hydrophone calibration accuracy using the National State Primary Standard of the Unit of Ultrasonic Pressure (NDETU AUV-02-2018).

The goal of this study is to evaluate how substituting the geometric radius with the effective radius impacts hydrophone calibration precision. The study shows how these two radii differ and affect calibration parameters such as near-field length and diffraction loss coefficients. Experimental measurements of effective radius were conducted for the auxiliary transducers MANA Instruments E1025-SU, E2312-SU, E3512-, and E9906-SU in frequency range from 1 MHz to 10 MHz.

The effective radius, a_{tr}, of the auxiliary transducer is determined from the distance to the last minimum of the ultrasonic field of the transducer, d_{min}, obtained from the plot of the ultrasonic pressure amplitude versus distance along the acoustic axis of the UT [1].

To determine the distance to the last minimum of the transducer ultrasonic field, the raster scanning system of the standard NDETU AUV-02-2018 was implemented [2]. The experimental setup consists of a hydrophone positioning system, a tone burst generator, power amplifier, oscilloscope, hydrophone, water tank and "Acoustic etalon" software. The procedure for measuring the distance to the last minimum involved linear scanning of the ultrasonic field using a 0.5 mm diameter hydrophone along the symmetry axis of the ultrasonic beam, with prior alignment of the hydrophone and transducer at their geometric centers. The hydrophone was moved in discrete steps toward the transducer surface, depending on the excitation frequency, while measuring the voltage value, and the distance at which the lowest voltage value was recorded was noted as the desired distance.

The experimental results demonstrate that the effective radius of a transducer differs from its geometric radius, with variations depending on frequency. For instance, at lower frequencies, the difference between effective and geometric radii is less pronounced, while at higher frequencies (approaching 10 MHz), the difference becomes more significant, impacting both the near-field length and the diffraction loss coefficients. This variation between effective and geometric radii significantly affects hydrophone sensitivity calibration, as demonstrated by deviations in the near-field and measurement distance calculations.

Therefore, substituting the geometric radius with the effective radius leads to reducing the uncertainty of hydrophone calibration on the standard NDETU AUV-02-2018.

1. *R. C. Chivers, L. Bosselaar, P. R. Filmore, "Effective area to be used in diffraction corrections", The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 68, no. 1, p. 80–84, 1980, doi: 10.1121/1.384507.*

2. *O. Shpak, D. Duviriak, V. Parakuda, I Kizlivskyi, "Experimental investigation on the effective radiating area of ultrasonic transducers with the aim of increasing the reproduction accuracy of the unit of ultrasonic pressure in water", UMG, vol.1, pp. 44-50, 2022, doi: 10.24027/2306-7039.1.2022.258819.*

УДК 535.5

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕНТГЕНІВСЬКИХ ЗОБРАЖЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ТА АЛГОРИТМІВ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ

© Михайло-Святослав Баранецький, 2024

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,
студент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій.

Актуальність дослідження рентгенівських зображень зростає в умовах постійного збільшення кількості медичних діагностичних процедур. За даними ВООЗ, щорічно виконується понад 3 мільярдів рентгенографічних досліджень, що свідчить про велику потребу в точному і швидкому аналізі таких зображень. Системи, які використовують комп'ютерний зір та алгоритми глибокого навчання, можуть суттєво підвищити точність і швидкість аналізу, зменшуючи навантаження на медичний персонал та покращуючи діагностику захворювань. На сьогодні основною проблемою залишається недостатня автоматизація процесу аналізу рентгенівських зображень, що може призводити до помилок у діагностиці та затримок у лікуванні [1].

Впровадження технологій комп'ютерного зору у сфері медицини стало можливим завдяки розвитку алгоритмів глибокого навчання. Ці алгоритми, зокрема архітектури нейронних мереж, такі як Convolutional Neural Networks (CNN), зарекомендували себе як надзвичайно ефективні для задач комп'ютерного зору, оскільки здатні автоматично виявляти аномалії на рентгенівських зображеннях, що робить процес більш ефективним [2]. CNN здатні обробляти великі обсяги даних і витягувати корисні ознаки без ручного втручання, що є суттєвою перевагою у порівнянні з традиційними методами аналізу.

Розроблена система для аналізу рентгенівських зображень складається з кількох основних компонентів:

1. ***Підготовка даних***: зображення, зібрані з набору даних NIH Chest X-ray Dataset, проходять попередню обробку. Це включає нормалізацію яскравості, масштабування до єдиного розміру та збалансування класів для забезпечення рівномірного навчання моделі.

2. ***Архітектура нейронної мережі***: використовується CNN на основі модифікованої ResNet-18, що дозволяє ефективно витягувати ознаки з зображень. Модель навчається класифікувати рентгенівські зображення за такими патологіями, як пневмонія, пневмоторакс, туберкульоз тощо (рис. 1).

3. ***Навчання моделі***: модель навчається на 112 000 зображеннях з різними патологіями, використовуючи методику поділу на навчальну та тестову вибірки. Для навчання використовуються метрики чутливості, специфічності, точності (precision) та повноти (recall), що дозволяє відслідковувати прогрес та якість роботи моделі на кожному етапі.

4. ***Інтерфейс користувача***: для лікарів розроблено зручний веб-інтерфейс, що дозволяє завантажувати зображення та отримувати автоматичний аналіз у вигляді висновків про можливі патології. Це знижує ймовірність людської помилки та пришвидшує процес діагностики.

Розроблена система пройшла тестування на контрольній вибірці, що складається з 5 985 зображень. Було проведено оцінку чутливості, специфічності, точності (precision) та повноти (recall) моделі [3]. Результати показали, що модель досягла ROC AUC показника 0.9579, що свідчить про високий рівень розпізнавання різноманітних патологій на рентгенівських зображеннях. За допомогою серії експериментів було порівняно роботу модифікованої ResNet-18 з іншими архітектурами, такими як ResNet-50 та більш глибокими моделями. Аналіз показав, що ResNet-18 є найбільш оптимальним рішенням з точки зору співвідношення точності та швидкості обробки.

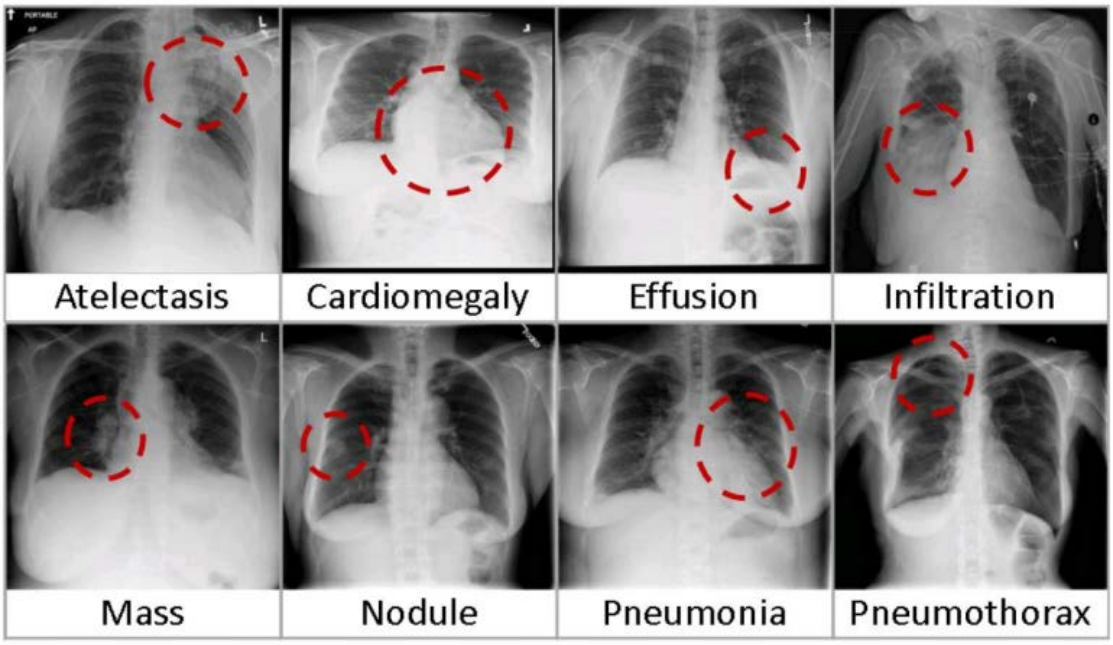


Рис. 1. Вісім наочних прикладів поширених захворювань грудної клітки

Розроблена система автоматичного аналізу рентгенівських зображень на основі комп'ютерного зору та алгоритмів глибокого навчання дозволяє суттєво скоротити час на обробку даних та підвищити точність діагностики патологій грудної клітки. Це може значно покращити якість медичної допомоги, знижуючи навантаження на лікарів і зменшуючи ймовірність помилкових діагнозів. Використання таких систем може мати широкий вплив на медичну галузь, сприяючи створенню нових підходів до автоматизації медичної діагностики.

Подальші дослідження будуть спрямовані на поліпшення системи шляхом інтеграції моделей самообучення (self-supervised learning), що дозволить моделі ефективніше використовувати невпізнані дані та зменшити потребу у великій кількості розмічених зображень. Крім того, планується розробка функції інтеграції з медичними інформаційними системами, що дозволить безпосередньо передавати результати аналізу в медичні карти пацієнтів, забезпечуючи повну автоматизацію процесу.

Також важливим аспектом є підвищення точності класифікації рідкісних патологій, що вимагає подальшого збільшення навчальної вибірки та використання методів аугментації даних. Це дозволить забезпечити надійність роботи системи навіть у випадках, коли кількість зображень певної патології є обмеженою.

1. Wang, Y., et al. (2020). Deep Learning for Medical Image Analysis: A Survey. Medical Image Analysis, 56, 1-14.

2. Rajpurkar, P., et al. (2017). CheXNet: Radiologist-Level Pneumonia Detection on Chest X-Rays with Deep Learning. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(5), 1252-1257.

3. Litjens, G., et al. (2017). A Survey on Deep Learning in Medical Image Analysis. Medical Image Analysis, 42, 60-88.

УДК 621.3

ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТЕМПЕРАТУРА-ЧАСТОТА

©Орест Кочан[1], Іванна Кочан[1], Назар Кореньківський[2],Наталія Кочан[3] 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, професор,
orest.v.kochan@lpnu.ua (О.К.); студентка, ivanna.kochan.ir.2022@lpnu.ua;
[2] Західноукраїнський національний університет, студент;
[3] Львівський національний університет імені Івана Франка, студентка

Температура займає четверте місце за частотою вимірювань (після часу, ваги та лінійних розмірів). Зокрема, отримали поширення системи керування кліматом, наприклад, теплиць, для яких якість керування температурою і вологістю прямо впливає на швидкість росту рослин і, тим самим, на економічну ефективність цієї галузі господарства [1].

Але інтегральні сенсори температури і вологості [1], як показала практика, не розраховані на особливості умов експлуатації у теплицях, де вологість іноді сягає 100% [1]. Тому вони часто виходять з ладу. Метою даної роботи є розроблення адаптованої до умов експлуатації у теплицях дешевої багатоканальної підсистеми вимірювання температури і вологості.

Через значні розміри теплиць як інформаційний параметр результатів вимірювання вибрано частоту, на значення якої не впливають ні параметри лінії зв'язку, ні кліматичні умови. Тобто похибка лінії зв'язку відсутня. На рис. 1 подана принципова схема перетворювача температура-частота, де термочутливим елементом є термістор. Його переваги [2] – висока чутливість (≈ 4%/°С, тому температурними змінами інших елементів схеми можна нехтувати), можливий великий опір і низька ціна, а його основний недолік – великий розкид параметрів.

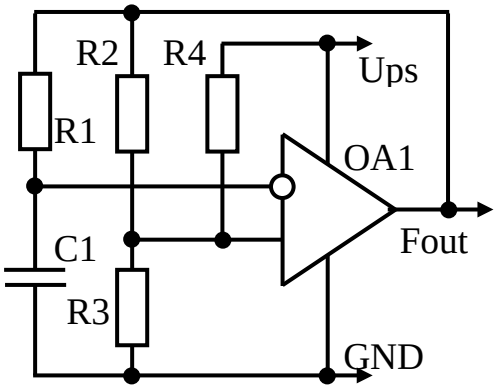


Рис. 1. Схема перетворювача температура-частота

Схема, подана на рис. 1, працює наступним чином. Допустимо, що напруга на конденсаторі С1 менша за напругу на резисторі R3. Тоді додатна напруга на виході операційного підсилювача ОА1 заряджає С1. Коли напруга на С1 стане вищою за напругу на R3, напруга на виході ОА1 стане від'ємною і С1 стане розряджатися до моменту, коли напруга на С1 стане нижчою за напругу на R3. описаний процес періодично повторюється, тому на виході ОА1 формуються прямокутні імпульси (див. рис. 2), частота яких визначається струмом заряду-розряду С1, який залежить від опору термістора R1.

Рис. 2. Форма імпульсів Fout на виході операційного підсилювача ОА1

Похибку від розкиду параметрів схеми рис. 1 доцільно усунути переходом до її індивідуальної функції перетворення. Для цього достатньо визначити частоту Fout для двох вимірюваних температур *Fout(t1)* і *Fout(t2)*. Для зменшення трудомісткості цієї операції слід

визначати Fout для температури танення льоду *(t1)* та температури тіла людини *(t2)*. Залежність опору термістора від температури описується рівнянням $R_T = A \cdot e^{-B/T}$. Параметри *A, B* термістора можна визначити рішенням системи рівнянь. Її рішенням будуть залежності $B = \left(\ln R_{t1} - \ln R_{t2}\right)/\left(1/t2 - 1/t1\right)$, $A = R_{t1} / e^{-B/t1}$, у яких температури t1 і t2 виражені у градусах Кельвінах. Похибка визначення індивідуальної функції перетворення термістора таким методом залежить від похибки вимірювання його опору та похибки встановлення температур t1 і t2. Для зменшення вимог до вимірювального обладнання для вимірювання опору доцільно використати схему, у якій до блока живлення послідовно підключені досліджуваний термістор і магазин опору, спади напруги на яких вимірюють дешевим цифровим тестером. За допомогою магазину опору добиваються рівності цих спадів напруги, а змінюючи напругу блока живлення добиваються близькості спадів напруги до діапазону вимірювання тестера. Тоді похибка вимірювання опору термістора визначається похибкою магазину опору (не гірше 0,2%) та похибкою дискретності (при максимальному відліку 2000 вона не більше 0,05%), тобто приблизно 0,2%, чим при чутливості ≈ 4%/°С можна нехтувати.

Найбільшу трудомісткість має створення встановлення температур *t1* і *t2* з достатньою точністю без взірцевого обладнання. Доцільно використати як *t1* температуру танення льоду, а як *t2* – температуру тіла людини. При використанні кип'яченої води похибка *t1* не перевищує ±0,2°С, а температуру *t2* можна перевірити медичним термометром, похибка якого теж не перевищує ±0,2°С. У найгіршому випадку (обидві похибки мають різний знак), максимальні похибки термістора розміщуються на кінцях діапазону вимірювання. Як видно з рис. 3, апроксимована прямою похибка термістора менша за 1°С, що згідно із [1], прийнятно для теплиць. Вологість доцільно обчислювати за різницею температур сухого і вологого терміторів за психрометричними таблицями [2]. Такий метод забезпечує високу надійність.

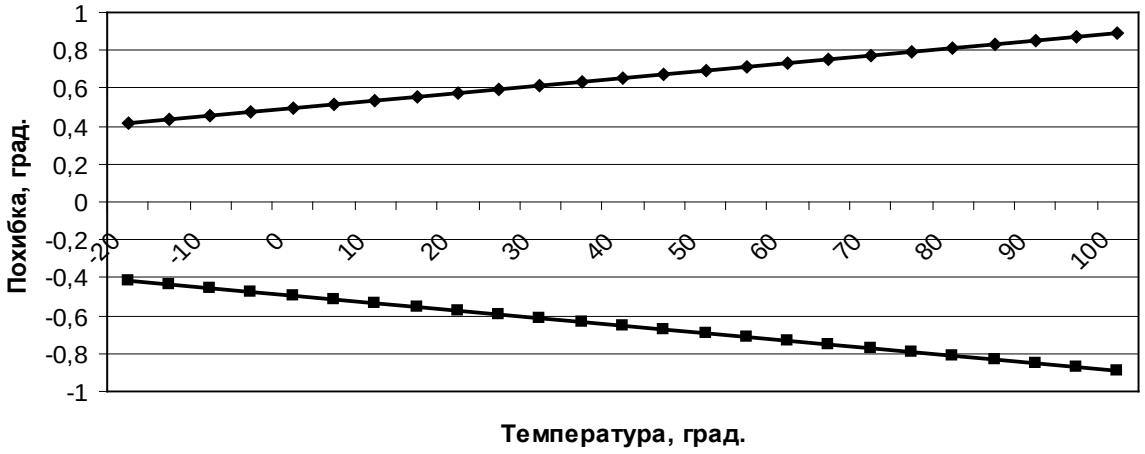


Рис. 3. Залежність похибки вимірювання температури термістором від температури

Дана робота підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

1. Бакало О. О., Пилипенко Ю. М. Дослідження автоматизованого контролю вологості ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в теплиці. Технології та дизайн. 2018. № 3 (28). Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_3_19 .

2. Webster, J. (1999). Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook. CRC Press LLC.

UDC 001

TEXTUAL DATA DRIFT ANALYSIS FOR ASSESSING LANGUAGE MODEL PERFORMANCE

© Bohdan Klichuk, Viktor Khavalko, 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), a graduate student of the Department of Artificial Intelligence Systems, klichukb@gmail.com
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Artificial Intelligence Systems, viktor.m.khavalko@lpnu.ua

Textual information is almost as old as humanity. Providing the sense, semantics, and meaning humans have granted it, language is a core means of communication between people, transmitted from generation to generation through books, writings and verbally. While we can explain the meaning of language concepts, with the emergence of computer technologies, science has been heavily invested in developing methods of quantifying and representing textual semantics and meaning as digital data.

Nowadays, information systems worldwide rapidly evolve and scale, and as they develop, the nature of data changes, from structured tabular data, numeric and categorical, for which information technologies have been well adapted, to human-readable natural language, the most convenient communication method for humankind as the final beneficiary of such interaction.

With the growth and extreme evolution of Artificial Intelligence (AI), processing and understanding textual data streams became possible and much more sophisticated than early methods several decades ago. Advancements in Natural Language Processing (NLP) have led to the emergence of language models—machine learning models based on neural networks trained on massive amounts of unstructured textual data. These models enable representing word semantics and other language concepts as digital data, capturing sensitive and subtle relationships between words.

However, any kind of practical application of such systems requires not only rigorous testing and verification during the development phase, but also metering, evaluation, and monitoring in a live application setting, deployed in a target environment [1].

Language models are trained on massive amounts of data and represent one of the most extreme cases of Deep Learning methodologies. This poses several unique challenges for practical applications: even with thorough initial quality evaluation, any changes to such complex systems and augmentation may lead to regression in model quality, creating semantical conflict in the knowledge, bias, and unpredictable results; model performance during the training and production phase may vary due to changes in environment, where either new previously unseen data or new semantical connections appear, rendering model inaccurate. As AI systems get integrated into most areas of human life, the cost of error increases dramatically: suboptimal business decisions, medical errors, and ethical implications.

Analysis of the environment where language models operate, specifically analysis of textual data that is processed as well as generated in the case of generative language models, is one of the key tools in measuring, evaluating, and predicting language model degradation over time. Data drift [2] is a change in the statistical properties of data and can occur as a covariate drift – a change in inputs/output data, or as concept drift – a change in the relationship between input and output data.

Covariate drift detection can provide very early signals that the model under consideration may not perform well any longer and is measured even in the absence of ground truth or feedback on the results, which is the case for the majority of AI applications. Textual data drift analysis presents two major areas of research and improvements:

– Early detection. Measured with criteria such as sensitivity and tolerance to noise.

– Interpretability. The event of covariate data drift is not a sufficient data point that would always imply a guaranteed model degradation but may highly correlate with it. Methodologies of interpreting and explaining data drift can help identify cause and effect in the changes.

Modern textual data analysis techniques exploit the implementation details of the neural networks that are at the core of the most powerful language models by leveraging the internal representation of words, their semantics, and relationships, which are called word embeddings [3]. These are multidimensional vectors that reflect different specific nuances in word semantics as numbers in the respective dimensions. The sense behind these numbers stores not only the meaning of words but also their context as a defining factor of the semantical value.

Describing textual data semantics as numerical vectors presents a possibility of applying classical as well as developing new methods of statistical analysis and unsupervised machine learning techniques [4]. Using word embeddings in language models for data drift detection helps tackle not only the problem of quality and monitoring of the models themselves but also the overall problem of textual data stream analysis.

Many techniques [5][6] have been shown to provide sufficiently sensitive data drift detection, such as Jensen-Shannon Divergence, Kolmogorov-Smirnov test, and Maximum Mean Discrepancy, but interpreting data drift is still an active field of research [7] in the scientific community, exploring clusterization, anomaly detection, dimensionality reduction, and other methods, attempting to answer the ultimate set of questions:

– Does a data drift event signal about the model degradation or just about a change in the frequency of data occurrence?
– What exactly changed in data distribution?
– Measuring the impact of data change on the overall model performance.

Further research is needed in the field of text data drift analysis as it can unlock deeper insights into understanding of textual data, and its changes over time, as well as drive the further progress of building, assessing, and monitoring AI language models' behavior, which are now incorporated into every area of life.

1. Zhengxin, F., Yi, Y., Jingyu, Z., Yue, L., Yuechen, M., Qinghua, L., Xiwei, X., Jeff, W., Chen, W., Shuai, Z., Shiping, C., (2023). MLOps Spanning Whole Machine Learning Life Cycle: A Survey. arXiv, 2023. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.10000

2. Sodar, V., Sekseria, A., (2023). Detecting covariate drift in text data using document embeddings and dimensionality reduction. arXiv. DOI: https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.10000

3. Wang, B., Wang, A., Chen, F., Wang, Y., Kuo, C.-C. J., (2019). Evaluating Word Embedding Models: Methods and Experimental Results. APSIPA Transactions on Signal and Information Processing, vol 8, e19, 2019. DOI: https://doi.org/10.1017/ATSIP.2019.12

4. Jun, Y., (2021). Measuring Semantic Changes Using Temporal Word Embeddings. Towards Data Science. URL: https://towardsdatascience.com/measuring-semantic-changes-using-temporal-word-embedding-6fc3f16cfdb4

5. Montanelli S., Periti F. A Survey on Contextualised Semantic Shift Detection. arXiv, 2023. https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.01666

6. Birunda, S., Devi, R.K., (2021). A Review on Word Embedding Techniques for Text Classification. Innovative Data Communication Technologies and Application, pp. 267-281, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-981-15-9651-3_23

7. Клічук, Б., & Хавалко, В. (2024). Method for detecting text drift in language models. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 333(2), 460-465. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-72

UDC 621.3

A CONTROVERSIAL ASPECT OF THE THEORY OF ASSESSMENT AND PRACTICE OF MEASURING THE EFFICIENCY OF ENERGY ACCUMULATION IN REACTIVE COMPONENTS OF SWITCHING VOLTAGE CONVERTERS

© Pavlo Bratiuk[1], Leonid Ozirkovskyi[2], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Master's student of the Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Measurements at the Institute of Telecommunications, Radio Electronics and Electronic Engineering, pavlo.bratiuk.mtrpa.2023@lpnu.ua
[2] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Director of the Institute of Telecommunications, Radio Electronics and Electronic Engineering, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Theoretical Radio Engineering and Radio Measurements, leonid.d.ozirkovskyi@lpnu.ua

Billions of switching voltage converters (SVC) are in use around the world – from powering common household appliances to innovative renewable energy technologies and robotic systems in the defence and aerospace industries – and the need for them is only going to grow in the future.

On this scale, even small increases in SVC efficiency contribute to global energy savings, which requires accurate and well founded assessment and measurement methods.

The design of the SVC is based on the use of reactive components – electrical capacitors and electromagnetic inductors – to accumulate energy from the voltage source and continue changing the voltage value. The voltage value is changed by an inductor, and capacitors reduce voltage pulsations in the input and output circuits of the SVC.

The theoretical efficiency of energy accumulation in the electric field of a capacitor is assumed to be 50%, which is formally described by the factor '½' in the classical formula for the energy of a charged capacitor.

The traditional explanation for this is that half the work of the source is used to create an electric field in the capacitor, and the other half is used to generate Joule heat in the circuit where the energy is accumulated. And it is on the basis of this explanation that research is based and various methods of increasing the efficiency of energy accumulation are proposed, for example [1 – 3]. However, the facts of practical application of these methods are not known.

The main flaw in the existing work is that it does not take into account the real operating environment of capacitors in SVC and the conditions under which efficiency is measured. So, [1] proposes the use of current sources to increase efficiency, whereas in practice the main power supplies are voltage sources, primarily batteries, and [2; 3] do not include the source resistance.

On the other side, in the known sources there are no explanation and methods similar to [1 – 3] regarding the efficiency of the current energy accumulation in the magnetic field of the inductor.

At the same time, the classical energy formula for an inductor with a current flowing through it has the same structure and multiplier '½' as the energy formula for a charged capacitor.

This allows us to assume, similarly to the traditional explanation of a capacitor, that during the transient process in an electrical circuit with an inductor, half of the work of the source is used to generate a magnetic field and the other half is used to generate Joule heat in the circuit in which energy is accumulated.

Therefore, within the limits of the duration of the transient process in the electric circuit, the energy accumulation efficiency in the inductor should also be determined at the level of 50%.

However, such assessments of the energy accumulation efficiency in reactive components are controversial to the results of the existing practice of measuring and assessing the efficiency of SVC, which is currently in the range of (80 – 93) % for industrial samples, and reported at the level of up to 97% for experimental prototypes without the use of methods similar to [1 – 3].

Namely, the question arises as to whether it is possible to achieve an SVC efficiency of (80 - 97) % when the energy accumulation in its main components is at the level of 50%?

The reason for this controversy can be explained in the following way.

Figure 1(a) shows a scheme on the basis of which all known sources, in particular [1 – 3], derive the energy accumulation efficiency in a capacitor at 50%.

In this scheme, the resistance R represents the component of the RC circuit and the voltage source is assumed to be ideal, with an internal active loss resistance of zero.

This means that a formal transfer of the loss resistance of a real voltage source to its load in the form of an RC circuit is assumed.

Instead, in real measurements, it is impossible to "extract" the internal active resistance of the source in order to "transfer" it to the load circuit according to the scheme in Figure 1 (a).

Therefore, in practice, the measurement of energy accumulation efficiency, for example in the capacitors of the SVC input circuit, can only be carried out in the scheme shown in Figure 1(b), which does not include the transfer of the source loss resistance to the input circuit.

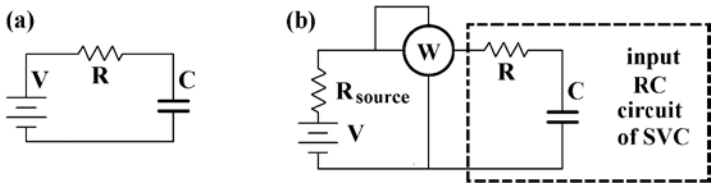


Fig. 1. According to the scheme

According to the scheme 1(b), the only way to assess the efficiency energy accumulation in the input circuit of the SVC is to measure the power or energy consumed from the source. Namely, by using a wattmeter in the input circuit of the SVC, which can only be physically placed after the loss resistance in the source R_{source}. Instead, the resistance R reflects the active energy loss in the conductors of the input circuit of the SVC, as well as the equivalent series resistance (ESR) of the capacitor itself, which is a more accurate reflection of reality.

Mathematical modelling of the energy accumulation in the input RC circuit of the SVC according to the scheme in Figure 1(b) showed an efficiency of more than 98% for a range of values of the active resistance of the conductors and the ESR corresponding to real conditions.

This is fully in line with the actual efficiency of modern SVC at the level of (80-97) % with all the losses that exist in their input and output circuits.

For this reason, the traditional approach to assessing the energy accumulation efficiency in a capacitor of 50%, based on the idealisation of the source, as well as the methods derived from it to increase the energy accumulation efficiency [2; 3], should be regarded as theoretical constructions that do not correspond to the practice of measurements.

And these methods can only be used for a limited set of cases where the voltage source and the input circuit of the SVC can be considered as a unified component. However, in most cases, a voltage source, such as a battery, is a structurally separate complete device that can be supplied by different manufacturers and have different regulatory deviations. And in these cases, the SVC input circuit and the voltage source must be considered as a system of separate components.

Therefore, to further improve SVC, it is necessary to establish assessment criteria and develop methods for increasing the efficiency of energy accumulation in reactive components that are consistent with the design of real SVC and the practice of measuring power and energy in electrical circuits, in order to eliminate existing controversies.

1. Saito, T., Noro, T., Abe, K., Takura, T. (2024). Theoretical Formulation for Charge / Discharge Efficiencies of Electric Double Layer Capacitors and Their Experimental Verification. DOI: 10.51048/0002000023.

2. Dun, S., Sheping, T., Xingchao, J., Yuning, J. (2022). Discussions for the charging efficiency of the resistor–capacitor and resistor–inductor–capacitor series circuits under different excitation sources. Energy Reports, Volume 8, 300-306. DOI:10.1016/j.egyr.2022.09.163.

3. Al-Jaber, S.M. & Saadeddin, I. (2020). Theoretical and Experimental Analysis of Energy in Charging a Capacitor by Step-Wise Potential. Journal of Applied Mathematics and Physics, 8, 38-52. DOI:10.4236/jamp.2020.81004.

UDC 621.3

DEVELOPMENT OF ASSESSMENT CRITERIA FOR EVALUATING QUALITY OF GENAI APPLICATIONS

© Maksym Vasylyk[1], Ivan Shchudlo[2], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University, (Lviv, Ukraine), student of the Department of Measuring Information Technologies, maksym.vasylyk.mt.2021@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University, (Lviv, Ukraine), PhD student of the Department of Measuring Information Technologies, ivan.o.shchudlo@lpnu.ua

This paper presents the results of developing assessment criteria for evaluating the quality of generative AI applications. The criteria were applied to a specially created application based on OpenAI DALL-E 3, designed to create coloring pages for children of all ages. Considering the coloring pages' age and complexity-related features, the goal was to establish a set of criteria to evaluate how well the model produces satisfactory results. The criteria's practical application has proven to be a successful method for fully assessing the quality of the output.

Generative artificial intelligence is gaining popularity quickly and is already being used in a number of industries, such as business, education, entertainment, and the arts [1]. Because GenAI applications heavily rely on user experience and, consequently, the product's value, it is essential to develop criteria and methods for assessing their effectiveness [2]. An unsatisfactory user experience brought on by poor output quality could lower market demand for the product. The models' shortcomings may be discovered by examining the generation results, which would enable the algorithms to be improved and become more efficient [3].

The assessment criteria were developed for a web application that generates coloring pages for children based on the information collected from the user. The user must input the following information:

- Text prompt input: to create a coloring page, the user must input a text prompt (from multiple words to multiple sentences).
- Age range selection: the user is required to select the age range for which they would like the coloring page to be generated.
- Selection of the image format: the user must select one of three proposed formats (Horizontal, Vertical, or Square).

The OpenAI DALL-E 3 model is then provided with all of these parameters. Following a successful generation, the outcome is shown on the screen along with the option to download the picture.

The quality of generated coloring pages is being assessed using the following criteria:

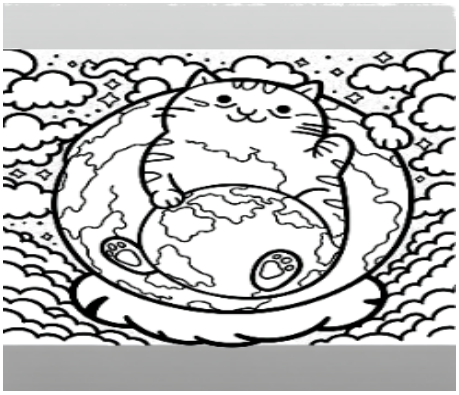
1. **Relevance to prompt** (Scale 0-5). Evaluation of the generated result’s fit to the prompt by examining the image's overall composition and elements present.
2. **Age appropriateness** (Scale 0-5). Assessment of the level of detail and complexity suitable for the designated age range.
3. **Format fit** (Scale 0-5). Evaluation of the dimensions, scene orientation, and page full usage in accordance with the format selected.
4. **Lines quality** (Scale 0-5). Evaluation of the composition's overall coherence, harmony, and line contrast.
5. **White Background** (Scale 0-1). Verification of a solid, monochromatic white background on the generated result.
6. **Irrelevant objects** (Scale 0-1). Verification of the presence of irrelevant drawing tools, such as crayons or sharpies, in the generated result.
7. **Colored Borders** (Scale 0-1). Verification of the presence of colored borders on the generated result for non-square formats.

On a scale of 0 to 5, a score of 0 denotes poor quality, a score of 5 denotes a perfect fit, and a score of 3 indicates that the image has minor flaws that marginally alter the overall impression but are still suitable for coloring. For criteria with a binary scale (0/1), 1 denotes positive compliance with the criteria, and 0 denotes noncompliance.

Results. Table 1 displays the evaluation results for pictures produced using the developed app. For the given prompt, "A cat on top of the Earth," the table shows how the scoring method is used to assess image quality, distinguishing between a "Good result" and a "Bad result".

Table 1.

Scoring of generated coloring pages using the developed assessment criteria

Prompt: a cat on top of the Earth; Age range: >3; Format: vertical		
	Criteria	Score
Good result		
	Relevance to prompt	5
	Age appropriateness	5
	Format fit	3
	Lines quality	5
	White background	1
	Irrelevant objects	0
	Colored borders	0
Bad Result		
	Relevance to prompt	3
	Age appropriateness	0
	Format fit	4
	Lines quality	4
	White background	1
	Irrelevant objects	0
	Colored borders	1

A comprehensive set of criteria has been developed to enable a thorough evaluation of GenAI applications. These criteria, specifically designed to assess the appropriateness and quality of content produced by AI, provide a methodical way to evaluate different factors that affect the final product's perceived quality. The criteria system that was developed not only aids in the selection of high-quality results, but it also draws attention to the models' shortcomings, which helps to improve them even more.

1. Kanbach, D.K., Heiduk, L., Blueher, G. et al. The GenAI is out of the bottle: generative artificial intelligence from a business model innovation perspective. Rev Manag Sci 18, 1189–1220 (2024).

2. Lin, Z., Pathak, D., Li, B., Li, J., Xia, X., Neubig, G., Zhang, P., & Ramanan, D. (2024). Evaluating Text-to-Visual Generation with Image-to-Text Generation. ArXiv. https://arxiv.org/abs/2404.01291.

3. James Betker, Gabriel Goh, Li Jing, Tim Brooks, Jianfeng Wang, Linjie Li, Long Ouyang, Juntang Zhuang, Joyce Lee, Yufei Guo, et al. Improving image generation with better captions. Computer Science. https://cdn.openai.com/papers/dall-e-3.pdf.

UDC 004.89

DESIGNING TRUSTWORTHY RECOMMENDER SYSTEM FOR SMART CITY SUSTAINABILITY

© Dmytro Zhuk[1], Irada Dzhalladova[2], 2024

[1] Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman (Kyiv, Ukraine),
Student of Master's Degree in Data Science, Bachelor's Degree in System Analysis, dmytrozhuk9@gmail.com
[2] Kyiv National Economic University named after Vadym Hetman (Kyiv, Ukraine), Professor of the Department of Systems Analysis and Cybersecurity, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
dzhalladovakmib@kneu.edu.ua

Over the course of last years, almost 4.4 billion inhabitants live in urban areas. The trend of urbanization is projected to be continued with the population at least doubled by its size by 2050 to astonishing numbers, which are predicted to be 7 out 10 people will live in cities [1]. The shift from rural areas to urban areas results in economic growth, better infrastructure, increased job opportunities, and enhanced access to education and healthcare services. The urban areas generally serve as innovation drivers for technological, societal, and cultural advancements. Additionally, urbanization can create a more dynamic business environment that supports entrepreneurship and simply attracts investment capital. According to the World Economic Forum's BiodiverCities by 2030 Initiative, cities are accountable for more than 80 percent of Gross Domestic Product globally [2]. Though the speed and scale of urbanization are only increasing, both economic and non-economic challenges need to be considered. As for now, economic challenges include rising housing costs, strain on public services such as transportation, healthcare, and education. Besides, cities' inhabitants often face income inequality that can widen as wealth tends to concentrate more in urban centers [3]. On the non-economic side, challenges include environmental degradation, with urban areas contributing to pollution, climate change, and waste generation. Public health risks are another concern, especially in densely populated areas where outbreaks of diseases can spread more rapidly. Urban areas are responsible for over 60 percent of energy consumption, 70 percent of greenhouse gas emissions, and global waste [4]. Despite all the concerns, due to the economic, societal, and technological leading status that urban areas pose, there are incentives to preserve those living areas. Governing urban areas demands a more smart approach while meeting the needs of local communities, businesses, and residents.

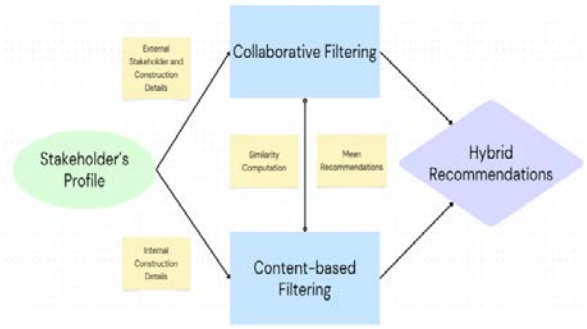
Smart City is still an evolving and modern concept for further city development; an urban area that uses information and communication technologies to increase operational efficiency, improve the quality of government services, and manage data, resources, and services effectively [5]. Sustainability in Smart City refers to the integration of environmental, economic, and social objectives to ensure long-term urban development that focuses on reducing resource consumption, minimizing environmental impact, and improving the quality of life for inhabitants. Public and open initiatives are in place to manage energy, waste, water, and transportation systems, ensuring they are both efficient and environmentally sustainable. According to the World Economic Forum (WEF), the current level of investment in sustainable Smart City initiatives is insufficient due to the growing global population. For instance, the gap between projected spending and the investment needed to meet global infrastructure demands is expected to increase to USD 15 trillion by 2040 [6]. Without adequate funding and strategic planning, Smart Cities may struggle to address the rising challenges of urbanization, including its core sustainable part – congestion, pollution, and resource depletion. To make Smart Cities sustainable and foster their further development, it is essential to provide not only effective but also reliable and trustworthy intelligent solutions.

There is an increasing popularity and need to apply Artificial Intelligence for sustainable initiatives. Moreover, financial investments are being introduced to support the Global Artificial Intelligence in Smart Cities Market, which is predicted to reach USD 163.89 billion by 2030 [7]. Energy-efficient Internet of Things for Sustainable Smart Grids and Urban Mobility, Reinforcement Learning for Green Traffic Management, Image Recognition for Waste Management, Anomaly Detection for Water Level Monitoring, Data Fusion for Air and Pollution Quality Monitoring, and

Geospatial Artificial Intelligence for Urban Planning are implemented and distributed throughout the urban landscape. Notably, Data Analysis and Predictive Modelling, as well as Trustworthy Artificial Intelligence in systems for sustainability initiatives and urban planning, are two of the most impactful topics in Smart City Sustainability [8].

Trustworthy Recommender System for Smart City Sustainability is a novel approach for urban advancement and planning. Specifically, it is capable of providing personalized recommendations for the stakeholders, including urban planners, government agencies, developers, and businesses, to implement sustainable construction projects such as smart buildings, renewable wind energy sources, energy-efficient waste management points, emission-free transportation stops, green infrastructure, and eco-friendly public spaces based on the prior construction data and stakeholder's building profile. The trustworthy aspect of the Recommender System refers to the four interconnected stages: secure and robust data preparation, explainable data representation, fair and transparent recommendation generation, and trustworthy recommendation evaluation.

We propose a hybrid approach in which two traditional recommendation approaches are presented to generate trustworthy and explainable recommendations: collaborative filtering and content-based filtering.



Namely, a stakeholder (a user) interacts with the system to explore a sustainable initiative to be developed (a product). The flow of the Recommender System begins with the stakeholder's profile, provided in text form. Both internal and external data are densely represented. The system applies content-based filtering, where similarity measures between the current stakeholder's profile and prior internal construction data are computed. During content-based filtering, collaborative filtering is also applied by examining stakeholders with similar profiles and analyzing how they approached similar sustainable initiatives. Finally, the results of content-based filtering and collaborative filtering are combined to generate hybrid recommendations.

Thus, the Recommender System leverages both historical data and stakeholder preferences to deliver transparent, explainable, and data-driven recommendations, enabling stakeholders to make informed decisions for sustainable urban development and ultimately contributing to more resilient and eco-friendly cities and the reduction in resource consumption.

1. Urban Development Overview. World Bank Group (Official page) // [Електр. Ресурс]. – 2024. – Режим доступу: https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview

2. Cities contribute 80% to global GDP, account for 75% emissions: Report. Business Standart (Official page) // [Електр. Ресурс]. – 2022. – Режим доступу: https://t.ly/sjeEe

3.Roundtable on Inequality, Housing, and the Future of Urbanization / R. Menon – Pathfinders for Peaceful, Just, and Inclusive Societies, 2024. – pp. 1-7.

4. Continuing urbanisation. European Comission (Official page) // [Електр. Ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://knowledge4policy.ec.europa.eu/continuing-urbanisation_en

5. Smart Cities 2024. World Population Review (Official page) // [Електр. Ресурс]. – 2024. – Режим доступу: https://worldpopulationreview.com/world-city-rankings/smart-cities

6. The risks of rapid urbanization in developing countries. Zurich Insurance Group (Official page) // [Електр. Ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://www.zurich.com/knowledge/topics/global-risks/the-risks-of-rapid-urbanization-in-developing-countries

7. Artificial Intelligence in Smart Cities Market Size. Future Data Stats (Official page) // [Електр. Ресурс]. – 2023. – Режим доступу: https://tinyurl.com/6cuun69k

8. Artificial Intelligence in Sustainable Smart Cities: A Systematic Study on Applications, Benefits, Challenges, and Solutions / S.C. Santos, J. Vilela, T. Carvalho, T. Rocha, T. Candido, V. Bezerra, D. Silva – Proceedings of the 26th International Conference on Enterprise Information Systems, 2024. – pp. 644-655.

УДК 621.3

АВТОМАТИЗОВАНИЙ РОЗРАХУНОК ЗМІННОСТРУМОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ МЕТОДОМ ВУЗЛОВИХ ПОТЕНЦІАЛІВ У СЕРЕДОВИЩІ LABVIEW

© Михайло Карпа[1], Орест Кочан[2], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка»(Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно вимірювальних технологій, mykhailo.y.karpa@lpnu.ua;
[1]Національний університет «Львівська політехніка»(Львів, Україна), професор кафедри інформаційно вимірювальних технологій, доктор технічних наук, професор, orest.v.kochan@lpnu.ua

Теоретичні основи електротехніки (ТОЕ) мають важливе значення в підготовці інженерів. Одним із класичних методів, які вивчаються в рамках цього курсу є метод вузлових потенціалів (МВП) для розрахунку електричних кіл. Він ґрунтується на першому законі Кірхгофа [1] і вже тривалий час залишається одним з основних підходів. Метод виник у часи, коли розв'язання систем лінійних рівнянь було складним завданням. Особливістю класичного МВП, описаного у підручниках [1], є мінімізація кількості рівнянь, що описують електричне коло. Але це веде до появи складної для розуміння концепції «супервузла» та неоднозначності вибору вузлів [1]. У [1] представлено алгоритм побудови системи рівнянь для аналізу, але його застосування обмежене простими схемами з джерелами постійного струму, без джерел струму та керованих джерел.

Метою цієї роботи є модифікація [2] класичного методу вузлових потенціалів з метою спрощення алгоритму складання рівнянь для кожного вузла та стандартизації процесу написання рівнянь. Використання модифікованого методу дозволяє розробити універсальне програмне забезпечення для автоматизації побудови матриць систем рівнянь і проведення розрахунків для всіх типових електричних кіл за допомогою МВП.

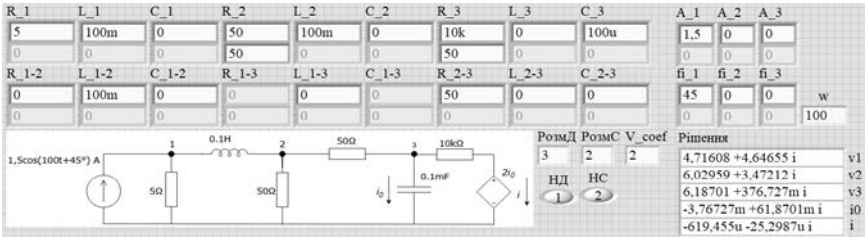


Рис. 1. Передня панель програми для розрахунку кола із трьома вузлами та ДНКС

Для реалізації програми з джерелом напруги, керованим струмом (ДНКС), на основі модифікованого МВП, було обрано потужний і широко розповсюджений програмний комплекс LabVIEW [3]. Цей комплекс дозволяє як самостійне використання програми, так і інтеграцію її у програмні системи вищого рівня для опрацювання результатів вимірювань.

У схемі рис. 1 джерелом $2i_0$ керує струм, що протікає через конденсатор із ємністю 0,1 мФ. Для того щоб знайти невідомі вузлові потенціали V_1, V_2 та V_3 запишемо рівняння для кожного вузла. Спочатку зробимо це за класичним МВП [1], тобто запишемо рівняння для кожного вузла і також рівняння для i_0. Після переходу в частотну область схема стає придатною для аналізу з використанням комплексних змінних. Z_L=j10, Z_C=-j100.

Для першого вузла: $\frac{V_1}{5} + \frac{V_1-V_2}{j10} - 1.5\angle 45^\circ = 0$; Для другого вузла: $\frac{V_2}{50} + \frac{V_2-V_1}{j10} + \frac{V_2-V_3}{50} = 0$;

Для третього вузла: $\frac{V_3}{-j100} + \frac{V_3-2i_0}{10000} + \frac{V_3-V_2}{50} = 0$; Для струму i_0, що керує джерелом: $i_0 = \frac{V_3}{-j100}$.

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{5}+\frac{1}{j10} & -\frac{1}{j10} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{j10} & \frac{1}{50}+\frac{1}{50}+\frac{1}{j10} & -\frac{1}{50} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{50} & \frac{1}{-j100}+\frac{1}{10000}+\frac{1}{50} & -\frac{2}{10000} \\ 0 & 0 & \frac{1}{-j100} & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ i_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.5\angle 45^\circ \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Далі складену систему(1) рівнянь можна спростити завдяки рівнянню для i_0, з якого виражаємо цю величину через V_3 та підставляємо у рівняння для кожного вузла. Розв'язавши систему отримаємо рішення: $V_1 = 4{,}716 + 4{,}647i$ V; $V_2 = 6{,}03 + 3{,}472i$ V, $V_3 = 6{,}19 + 0{,}377i$ V.

Як можна помітити, для розв'язання цієї простої задачі необхідно виконати кілька кроків: записати рівняння для обох вузлів і рівняння для i0, після чого підставити вираз для i_0 в рівняння для кожного вузла і розв'язати отриману систему рівнянь. Однак такий підхід має певні недоліки, зокрема складність алгоритмізації. Тому ми пропонуємо дещо модифікувати МВП. Модифікація полягає у введенні додаткової змінної – струму керованого джерела. Позначимо його як «i». Завдяки пропонованій модифікації методу у нас з'являється можливість заповнити матрицю не складаючи рівнянь, тобто шляхом огляду. Приймемо, що струм «i» витікає із V_3. Сума провідностей для першого вузла буде становити 1/(5) + 1/(j10)-це елемент матриці a_{11}. Елементи a_{12} та a_{21} це сума провідностей між V_1 та V_2: -1/(j10). Елементи $a_{13,\,14,\,15}$ та $a_{31,\,41,\,51}$ рівні між собою, і дорівнюють нулю. Сума провідностей для другого вузла буде становити 1/(j10) + 1/(50) + 1/(50) – це елемент a_{22}. Елемент a_{23} та a_{32} це сума провідностей між V_2 та V_3 вузлами: -1/(50). Елементи $a_{24,\,25}$ та $a_{42,\,52}$ рівні між собою, і дорівнюють нулю. Сума провідностей для третього вузла буде становити 1/(50) + 1/(-j100) + 1/(10000) – це елемент a_{33}. Четвертий рядок визначатиме, співвідношення між V_3 та i_0 через другий закон Кірхгофа. Тому, елементи $a_{41,\,42}$ рівні 0, бо струм «i_0» не фігурує тут. Елемент a_{43} дорівнює 1/(-j100). Елемент a_{44} дорівнюватиме «-1». Елемент a_{45} дорівнюватиме 0, бо він не має зв'язку із струмом керованого джерела. П'ятий рядок визначатиме струм «i», що протікає крізь кероване джерело. Тому, елементи $a_{51,\,52}$ рівні 0, бо струм «i» не фігурує тут. Елемент a_{43} дорівнює 1/(10000). Елемент a_{44} дорівнюватиме «-2/10000». Елемент a_{45} дорівнюватиме 1. Права частина відповідно складається зі значень джерела струму та чотирьох 0.

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{5}+\frac{1}{j10} & -\frac{1}{j10} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{j10} & \frac{1}{50}+\frac{1}{50}+\frac{1}{j10} & -\frac{1}{50} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{50} & \frac{1}{-j100}+\frac{1}{10000}+\frac{1}{50} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{-j100} & -1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{10000} & -\frac{2}{10000} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ i_0 \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.5\angle 45^\circ \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Рішення цієї матриці можна побачити на передній панелі розробленої програми (рис.1). На рис. 1 подано інтерфейс програми розрахунку кіл МВП із ДНКС. У комірки масивів R, L, C_(1, 2, 3) записуємо значення опорів, індуктивностей та ємностей, які безпосередньо належать вузлу 1, 2 та 3. У масив R, L, C_1-2 записуємо значення опорів, індуктивностей та ємностей, які є спільними для вузлів 1, 2 та 3. У комірки I_(1, 2, 3) записуємо номінали джерел струму, V_coef коефіцієнт ДНКС. У комірках РозмД і РозмС відбувається вибір розташування залежного джерела та керуючого струму у схемі. За допомогою перемикача НД вибираємо напрям розташування джерела, тобто як воно розташоване по відношенню до вузла (1 "-" до вузла, 2-навпаки). І як результат виконання, програма автоматично виводить результат розрахунку у масиві "Рішення".

У цій роботі було запропоновано модифікований МВП, який дозволяє формувати матрицю системи рівнянь для всіх типових електричних кіл. Розроблене програмне забезпечення автоматизує рутинні дії з матрицями та значно спрощує процес знаходження рішень для систем рівнянь. Це сприяє глибшому розумінню основного фізичного принципу – закону збереження заряду, який в електротехніці виражається через перший закон Кірхгофа. Хоча пропонований метод вимагає складання більшої кількості рівнянь, він є більш інтуїтивно зрозумілим. Завдяки сучасному рівню розвитку науки і техніки, розв'язування систем рівнянь за допомогою комп'ютера більше не є значною проблемою. Дана робота підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

1. Alexander C.K., Sadiku M.N. (2009). Fundamentals of Electric Circuits. http://surl.li/ajzxy.

2. "Lesson 1 – Intro To Node Voltage Method (Engineering Circuits)" (n.d.). Videos.mathtutordvd.com. Отримано 20 жовтня 2024 року з http://surl.li/rwsmi.

3. Larsen, R. W. (2011). LabVIEW for engineers. Pearson Higher Ed.

УДК 621.317.39.084.2

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ КОНСТРУКЦІЇ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

© Андрій Юрас[1], Пилип Скоропад[2], 2024

[1]Національний університет Львівська політехніка (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, andrii.o.yuras@lpnu.ua
[2] Національний університет Львівська політехніка (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, професор, pylyp.i.skoropad@lpnu.ua

Одним з найважливіших параметрів, при здійсненні будь-якого технологічного процесу, є температура, а тому вимоги до точності її визначення є на дуже високому рівні. Однак, сам процес визначення числового значення її є складним, оскільки температуру не можна виміряти безпосередньо, а лише завдяки певній термометричній властивості, яка реалізується в чутливому елементі первинного термоперетворювача. Таким чином, при визначенні числового значення температури, інформативним сигналом є зміна будь-якого параметру будь-якого тіла, якщо для нього відома емпірична залежність даного параметру від температури.

Специфіка умов вимірювання температури газових потоків визначається різноманітністю технологічних об’єктів, що використовуються в промисловому виробництві, фізико-хімічними властивостями та швидкістю потоку, діапазоном вимірюваних температур, вимогами до точності та надійності результатів вимірювання, характером перебігу та імовірними збуреннями технологічного процесу. Надзвичайно важлива роль температури, як одного з ключових параметрів газових потоків, під час досліджень теплових машин і їх елементів – двигунів, компресорів, турбін тощо. Знання температури необхідне для розрахунку елементів конструкцій теплових машин. В цьому випадку зростають вимоги і до геометричних розмірів термоперетворювачів, оскільки встановлені в потік газових потоків термоперетворювачі великих розмірів спотворюють процес протікання і змінюють обтікання досліджуваних елементів теплових машин.

Точно визначити температуру газових потоків набагато складніше, ніж температуру рідини або твердого тіла. Це пов'язано, зокрема, із відносно слабким конвективним теплообміном між первинним термоперетворювачем і потоком, відносно хорошим теплообміном шляхом випромінювання і теплообміном через теплопровідність між термоперетворювачем і навколишнім середовищем, а також складними поєднаннями параметрів, що одночасно характеризують потік і його температуру. Штучний інтелект, а саме моделі машинного навчання можуть стати ключовими в оптимізації вимірювання температур газових потоків, оскільки вони дозволяють ідентифікувати складні закономірності у залежностях між чинниками, які впливають на процес та результат вимірювання. Зокрема, алгоритми глибокого навчання можуть аналізувати і адаптувати поведінку системи на базі великих обсягів даних про температурні градієнти, турбуленцію та інші аспекти потоку, які традиційні методи можуть враховувати не точно або з великими складнощами. Побудова прогнозних моделей дозволяє прогнозувати вплив змін у потоках на показники термоперетворювача, забезпечуючи більш точне та стабільне вимірювання температури.[2]

У термоперетворювачах для визначення температури газових потоків зацікавлені газотранспортні підприємства, оскільки під час транспортування руропроводами газоподібні енергоносії піддаються багатофакторним впливам температури, що призводить до зміни їх густини. Додаткові похибки вимірювання витрати, що виникають при цьому, можуть досягнути суттєвих значень. Одним із шляхів зменшення цих похибок є оснащення витратомірів і вимірювачів кількості речовини термоперетворювачами, що дають змогу коректувати їх результати вимірювання відповідно до зміни температури. Використання машинного навчання може покращити коригування. Моделі дозволяють не тільки точніше встановлювати необхідні корективи але і прогнозувати їх потребу в майбутньому, вивчаючи історичні дані та автоматично адаптуючись до нових умов експлуатації. Це зменшує ризик помилок і забезпечує додаткову надійність і точність у вимірах, що є критичним для систем газотранспорту.

Під час проведення досліджень процесів тепломасообміну, в галузі газової динаміки, а також пов'язаних із створенням літальних апаратів для дослідження навколоземного і космічного простору, необхідно визначати температуру рухомих середовищ, що рухаються зі швидкістю кількох Махів, а навіть і більше. Для таких випадків необхідно враховувати як впливаючий фактор часткове гальмування потоку в зоні розміщення термоперетворювача, що викликає додаткове нагрівання його робочої частини. Нагрівання термоперетворювача і його температура залежать не тільки від фізичних властивостей стану руху рухомих середовищ, але також і від їх власних параметрів. Проведення таких досліджень потребує постановки достатньо складних і дорогих експериментів. Врахування цих особливостей та залучення машинних методів дозволяє інтегрувати великі обсяги даних для забезпечення точного прогнозування і аналізу поведінки температур в екстремальних умовах. Такий підхід може скоротити потребу у складних і дорогих експериментах, забезпечуючи швидке та надійне вирішення інженерних задач. Необхідність та важливість температурних вимірювань газових потоків, за допомогою машинного навчання, у справі подальшого прогресу наукових досліджень і розвитку провідних сучасних галузей народного господарства України зокрема, таких як аерокосмічна техніка, металургійна і хімічна промисловість – цілком очевидні і сумніву не підлягають.

Оскільки похибки вимірювання вторинної апаратури, яка застосовується на сьогоднішній день в електротермометрії, є суттєво нижчими за похибки вимірювання самих термоперетворювачів, то особливої актуальності набуває необхідність створення саме первинних термоперетворювачів з покращеними метрологічними та експлуатаційними характеристиками. Застосування технологій штучного інтелекту в розробці термоперетворювачів значно підвищує точність вимірювань і ефективність використання енергетичних ресурсів завдяки оптимізації конструкції, підвищенню чутливості, адаптації у реальному часі та автоматизації управління.

Як показують результати проведеного аналізу, до теперішнього часу відсутній достатній науковий доробок теоретичних, технологічних та метрологічних основ проектування таких термоперетворювачів. Незважаючи на певні успіхи в розробленні теоретичних основ умов теплообміну в газових потоках, загальна теорія для створення оптимальних конструкцій, які забезпечували б мінімальну похибку при дії на них змінних в часі вхідних факторів і збурень, які, як правило, є випадковими функціями часу, відсутня. Деякі питання конструювання термоперетворювачів для різних умов застосування є пророблеными, але такі проблеми як аналіз, прогнозування і розрахунок складових похибок вимірювання, критерії вибору конструкційних матеріалів для високотемпературних термоперетворювачів та деякі інші розроблені недостатньо. Велике розмаїття об'єктів досліджень виключає можливість створення єдиного універсального термоперетворювача, а засоби вимірювання, що серійно випускаються, не завжди можуть повністю задовольнити вимоги, які висуваються до таких вимірювань [1].

На цій підставі сформульовано важливе завдання в галузі електротермометрії, а саме – розроблення основних засад оптимізації конструкції засобів вимірювання і створення первинних термоперетворювачів для вимірювання температури газових потоків з підвищеною точністю та надійністю на засаді застосування для вирішення цього завдання можливостей штучного інтелекту.

1. http://standart-m.com.ua/izmeritelnye-pribory/termometry/izmeritel-temperatury-it-1?mova=uk

2. Lodhi, S. K., Hussain, H. K., & Hussain, I. (2024). Using AI to increase heat exchanger efficiency: An extensive analysis of innovations and uses. International Journal of Multidisciplinary Sciences and Arts, 3(4), 1-14. https://doi.org/10.47709/ijmdsa.v3i4.4617

УДК 621.311

ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ

© Бех Ярослав, 2024

Український державний університет науки і технологій,
аспірант кафедри автоматики та телекомунікацій, bekhpitt@gmail.com

Рух поїздів по перегонах, поїзна та маневрова робота на станціях здійснюються в умовах безперервної динамічної обстановки. В таких умовах для швидкої передачі різних наказів та вказівок локомотивним бригадам та іншим працівникам, пов'язаним із рухом поїздів, застосовують залізничну сигналізацію. Вона дозволяє регулювати рух поїздів на перегонах, поїзну та маневрову роботу на станціях та забезпечує безпеку руху.

Пристрої автоматики та телемеханіки на залізничному транспорті (СЦБ) призначені для автоматизації процесів, пов'язаних з управлінням рухом поїздів, забезпечення безпеки та необхідної пропускної спроможності залізниць, а також оптимізації процесу перевезень.

Пристрої автоматики та телемеханіки, що використовуються в даний час на залізничному транспорті, по задачах і області застосування, що вирішуються, ділять на перегонні і станційні.

Перегінні системи регулюють рух поїздів на перегонах, до них відносяться:

– напівавтоматичне блокування регулює рух поїздів на ділянках з неінтенсивним рухом, правом на заняття поїздом перегону є дозвіл вихідного світлофора станції;

– автоматичне блокування регулює рух поїздів за допомогою колійних світлофорів, встановлених на перегоні, які поділяють перегін на блок-дільниці. Покази прохідних світлофорів змінюються автоматично під дією поїздів, що рухаються. Основним елементом автоматичного блокування є рейкові ланцюги, головне призначення яких – визначення місцезнаходження поїздів;

– автоматична локомотивна сигналізація підвищує безпеку руху поїздів та покращує умови праці локомотивних бригад – показання колійних світлофорів передаються безпосередньо до кабіни машиніста;

– автоматичний диспетчерський контроль дає можливість зосередити інформацію про поїзну ситуацію та показання вхідних та вихідних станційних світлофорів у межах диспетчерського кола на табло поїзного диспетчера. Ця інформація дозволяє оперативно керувати рухом поїздів, вживаючи своєчасних заходів щодо виконання графіка руху .

Станційні системи регулюють рух поїздів на станціях та великих ділянках, це:

– електрична централізація стрілок та сигналів;

– диспетчерська централізація є найбільш досконалим та ефективним засобом регулювання руху поїздів на залізницях;

– автоматизація сортувальних гірок – комплекс пристроїв, що підвищує переробну здатність сортувальних гірок.

Надійне та безперервне електропостачання потребується для стабільної роботи пристроїв автоматики та телемеханіки залізничного транспорту. Пристрої СЦБ та інші електроспоживачі залізниць відносяться до різних груп електроспоживачів та електроприймачів.

Електроприймачі, перебої в електропостачанні яких можуть привести до небезпеки для життя людей, значного збитку державі, масового браку при перевезеннях, виходу із ладу устаткувань, пошкодження важливих елементів належать до споживачів першої категорії. Тому отримання постійного, надійного живлення від енергосистем, електростанцій, підстанцій або ліній електропередачі, що мають достатньо стабільну частоту, напругу та потужність на своїх шинах є головною ціллю безпеки для таких отримувачів живлення.

UDC 681.325

IMPROVEMENT OF SMART FREQUENCY MEASURING SENSORS

© Roman Baran[1], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), senior lecturer
of the Department of Automated Control Systems, roman.d.baran@lpnu.ua

In modern distributed real-time control systems, there is a need to create smart sensor devices capable of performing computational operations directly near the sensors. The use of frequency conversion methods in measuring sensors ensures high accuracy, stability, and noise immunity, making them effective for measuring various physical parameters [1-4].

This paper presents the development of an efficient, low-cost hardware processor for processing signals from frequency sensors. The processor is based on pulse-number functional converters with variable bit width, allowing the execution of elementary mathematical functions and processing of pulse streams from sensors with frequency output. The widespread use of such converters is justified by the large number of time-frequency group sensors [2-4], for which analog-to-digital conversion of the output signal into a pulse-number sequence is implemented by relatively simple means, as well as the possibility of building smart measuring converters based on them for various applications.

A successful solution to the problems of limited hardware resources and power consumption when designing sensor nodes is the replacement of the analog-to-digital converter, microcontroller, and memory block with the proposed hardware processor based on a pulse-number functional converter with variable bit width [6].

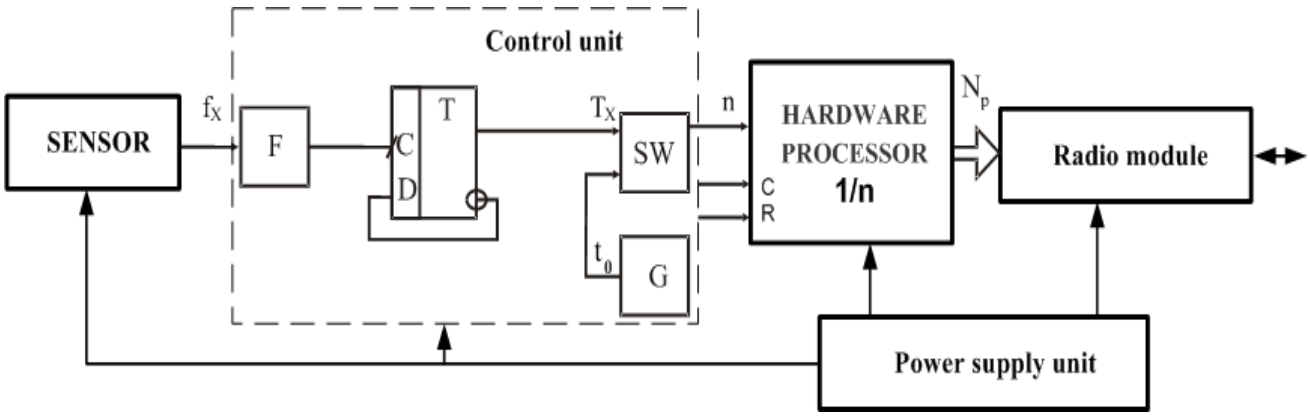


Fig. 1. Structural Diagram of a Sensor Node Based on a Hardware Processor

Previous studies [1,5,6] have demonstrated the advantages of using pulse-number functional converters with variable bit width over general-purpose processors. However, certain drawbacks exist related to the accuracy of computations at the lower end of the dynamic range and the feedback mechanisms. The main issue is the trade-off between accuracy and speed when using positive and negative feedback loops.

To address these problems, a new approach has been proposed – combining structures with both positive and negative feedback into a single scheme, while simultaneously utilizing the principle of variable bit width. This allows for optimizing the characteristics of the converters, specifically improving the system's metrological performance with minimal hardware overhead, while maintaining the dynamic conversion range and processing speed.

The resulting absolute error of the combined scheme:

$$\Delta=x(n,y,R)-(S\ N_m n/(N_m-y)+(1-S)\cdot N_m n/(N_m+y))$$

This formula shows how the resulting error depends on the control signal S, choosing between a positive or negative feedback circuit.

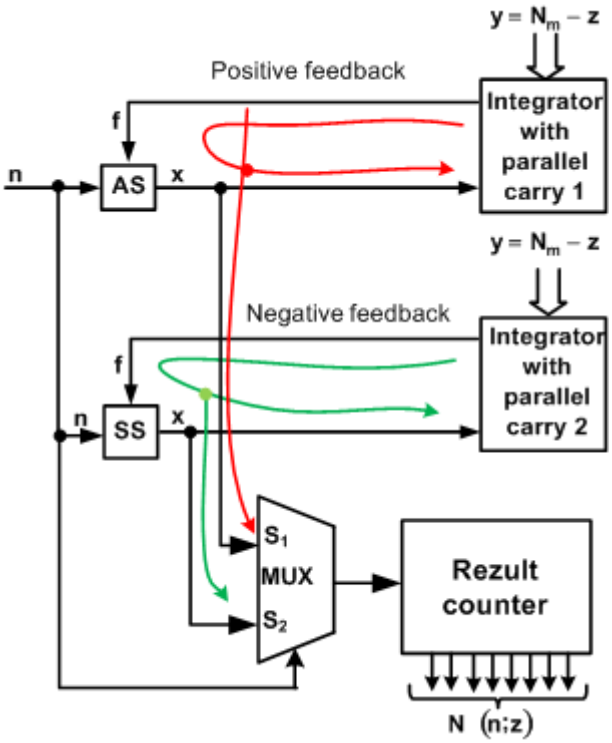


Fig. 2. Structural Diagram of a Basic Computational Node with Combined Feedback

The following algorithm for integrating structures with different feedback types is proposed:

- Analysis of individual structures with positive and negative feedback characteristics;
- Integration of feedback mechanisms using combined logic and a multiplexer (MUX) for dynamically selecting between feedback types depending on the system's operating conditions;
- Modeling the combined circuit using CAD tools (such as Xilinx or MATLAB) and testing it on a physical prototype.

The proposed solutions aim to improve smart measurement sensors, ensuring an optimal balance between accuracy and hardware costs, while maintaining the dynamic conversion range and processing speed. The developed algorithm for integrating positive and negative feedback significantly enhances the design efficiency of smart frequency sensors and expands their potential applications in wireless and other modern systems.

1. Dudykevych, V.B., Maksymovych, V.M., Moroz, L.V. Monograph. Pulse-Number Functional Converters with Pulse Feedbacks. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2011, 244p.

2. Bureneva, O.I. Stream Tracking Devices for Soft Measurements Implementation. // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements. 2017.

3. A.S. Shkil, L.V. Larchenko, B.D. Larchenko., Bit-Stream Power Function Online Computer // 18 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'20), Sept. 4-7, Varna, Bulgaria, 2020.

4. Gayathri, R., Kumar, A., Balaji, P., Magesh, P., Sridhar, V., "VLSI Design of Approximate Baugh-Wooley Multiplier for Image Edge Computing," International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology, vol. 3(8), pp. 28-33, April 2023. https://doi: 10.48175/IJARSCT-9537.

5. Baran, R.D., Dudykevych, V.B. Hardware Implementation of Pulse-Number Functional Converters with Variable Bit Width and Performance Evaluation. Journal "Visnyk of Vinnytsia Polytechnic Institute," No. 3, 2024.

6. Baran, R.D., Maksymovych, V.M., Haranyuk, P.I. Technological Feasibility Criteria for Implementing Pulse-Number Functional Converters. "Computer Engineering and Information Technology" Bulletin, 2008, pp. 5.

УДК 621.317

ВИСОКОЕНТРОПІЙНІ СПЛАВИ ЯК МАТЕРІАЛЬНА ОСНОВА ДЛЯ СЕНСОРІВ У СИСТЕМАХ ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ

© Павло Гамула[1], Михайло Мигаль[2], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., pavlo.r.hamula@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, mykhailo.m.myhal@lpnu.ua

Високоентропійні сплави (ВЕС) є новим класом матеріалів, що викликає значний інтерес у сучасному матеріалознавстві завдяки своїм унікальним фізико-хімічним та механічним властивостям. Вони мають великий потенціал для застосування в сенсорах і вимірювальних системах, де необхідні висока термостабільність, корозійна стійкість і стабільність експлуатаційних параметрів за різних умов.

Структура (ВЕС) сприяє формуванню стабільних твердих розчинів і забезпечує відсутність фазових переходів навіть за високих температур. Відомо, що традиційні матеріали сенсорів піддаються деградації або втраті своїх властивостей за підвищених температур, або в агресивних середовищах, тоді як ВЕС, наприклад, AlCoCrFeNi, демонструють стабільність своїх властивостей за температур понад 1000°C [1].

Ключовою особливістю ВЕС є також висока ентропія змішування, що забезпечує їм виняткову стійкість до механічних і хімічних навантажень. Це робить їх перспективними для використання у важких експлуатаційних умовах, таких як високотемпературні середовища або області з інтенсивним впливом агресивних хімічних сполук. Дослідження показують, що сплави на основі AlNiCo мають високу корозійну стійкість, що робить їх затребуваними для сенсорних систем у хімічній та нафтовій промисловості [2].

Застосування ВЕС у сенсорах значною мірою базується на їхніх механічних та електричних властивостях. Деякі ВЕС демонструють високу стабільність електропровідності навіть за умов значних температурних коливань. Це дозволяє використовувати їх у сенсорах, які вимірюють фізичні параметри, такі як тиск, температура чи механічні деформації, без втрати точності вимірювань. Наприклад, дослідження [3] показали, що сплави на основі HfNbTaTiZr можуть бути використані для розробки високотемпературних сенсорів завдяки їхнім стабільним параметрам в умовах екстремальних температурних впливів.

Крім того, електричні властивості деяких ВЕС роблять їх придатними для застосування в електрохімічних сенсорах. Це стосується особливо газоаналізаторів або сенсорів, що реагують на зміни хімічного складу газових сумішей. Водночас, висока корозійна стійкість та стійкість до окислення забезпечують тривалу експлуатацію таких сенсорів без потреби у частій заміні матеріалів або ремонті обладнання [4].

Основними напрямками подальших досліджень є пошук оптимальних комбінацій елементів, які забезпечуватимуть більш стійкі та довговічні матеріали для сенсорів. Це стосується не лише промислових додатків, але й біомедичних сенсорів. Подальші матеріалознавчі дослідження у цій галузі дозволять значно підвищити точність та надійність вимірювальних систем.

1. Wang, Y., Zhang, Y., Liaw, P. K., & Zhang, Y. (2014). High-entropy alloys: emerging materials for advanced functional applications. Journal of Materials Science & Technology*, 30(4), 319-334.*

2. Ye, Y. F., Wang, Q., Lu, J., Liu, C. T., & Yang, Y. (2016). High-entropy alloy: challenges and prospects. Materials Today*, 19(6), 349-362.*

3. Zhang, Z., Zhou, B., Zhang, Y., & Liaw, P. K. (2017). High-entropy alloys: Fundamentals and applications. Springer.

4. Gao, M. C., Yeh, J. W., Liaw, P. K., & Zhang, Y. (Eds.). (2019). High-entropy alloys: Fundamentals and applications. *Springer.*

УДК 65.018

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO 10002:2018 “QUALITY MANAGEMENT – CUSTOMER SATISFACTION – GUIDELINES FOR COMPLAINTS HANDLING IN ORGANIZATIONS” ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЯ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

© Сафонов Олексій[1], Інна Мощенко[2], 2024

[1] Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків Україна), студент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, oleksii.safonov2@nure.ua

[2] Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків Україна), к.т.н., доц. кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, inna.moshchenko@nure.ua

У сучасних умовах жорсткої конкуренції та зростаючих очікувань клієнтів ефективне управління якістю на підприємствах є вирішальним фактором для досягнення успіху. Однією з ключових складових системи управління якістю (СУЯ) є процес управління скаргами. Міжнародний стандарт ISO 10002:2018 "Quality management – Customer satisfaction – Guidelines for complaints handling in organizations" надає рекомендації для організації прозорого та результативного процесу обробки скарг [1]. Це має велике значення для підприємств, адже рівень задоволеності клієнтів напряму впливає на їх довіру до бренду та загальну репутацію. ISO 10002:2018 не лише допомагає виявити і усунути недоліки у бізнес-процесах підприємства, але й створює систематичний підхід до управління скаргами, що є критично важливим для ефективності функціонування СУЯ, а відповідно і для підвищення задоволеності та лояльності клієнтів. Особливої значущості набуває впровадження настанов ISO 10002:2018 в сервісних організаціях, оскільки ступінь задоволеності клієнта є ключовим моментом в оцінці якості послуг.

Стандарт ISO 10002:2018 надає підприємствам інструменти для створення ефективної системи управління скаргами, яка гарантує прозорість і швидкість у вирішенні проблем клієнтів. Головна мета стандарту полягає у створенні механізму, який дозволяє організаціям ефективно реагувати на скарги, швидко вирішувати їх та вдосконалювати якість обслуговування. Основні принципи стандарту – це доступність, справедливість та конфіденційність. Постійне вдосконалення процесу управління скаргами є невід'ємною частиною загальної СУЯ підприємства.

Українська логістична компанія «Нова пошта» інтегрувала настанови ISO 10002:2018 у свою СУЯ, що значно поліпшило процес обробки скарг. З 11.08.2023 в компанії «Нова пошта» впроваджена документована процедура «Процедура розгляду скарг» [2]. Офіційна процедура подання скарг дозволяє клієнтам звертатися як особисто, так і анонімно, сприяючи створенню відкритої платформи для вирішення проблем. Такий підхід збільшує довіру клієнтів до процесу управління скаргами. Централізована система обробки скарг забезпечує їх своєчасну реєстрацію, розподіл та ефективне вирішення, що позитивно впливає на рівень задоволеності клієнтів. Важливим елементом стало впровадження порядку роботи «гарячої» лінії комплаєнс, що сприяє формуванню культури дотримання етичних норм і стандартів у компанії, підсилюючи її репутацію як соціально відповідальної організації.

Запровадження стандарту ISO 10002:2018 дало можливість «Новій пошті» суттєво підвищити ефективність СУЯ, особливо в частині обробки скарг. Впровадження системи управління скаргами відповідно до ISO 10002:2018 підвищило рівень обслуговування клієнтів і покращило бізнес-процеси компанії.

1. ISO 10002:2018 “Quality management – customer satisfaction – guidelines for complaints handling in organizations”

2. Офіційний сайт компанії «Нова пошта». Режим доступу: https://novapost.com/uk-sk/more/complaint-resolution/

УДК 378.14:65.011

ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ «SIX SIGMA» В СФЕРІ ОСВІТНІХ ПОСЛУГ

© Інна Мощенко[1], 2024

[1] Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків Україна),
к.т.н., доц. кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, inna.moshchenko@nure.ua

Національний стандарт України в галузі якості освіти ДСТУ ISO 21001:2019 Освітні організації. Системи управління в освітніх організаціях. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 21001:2018, IDT) визначає рекомендовані інструменти управління якістю в освітніх організаціях, до яких поряд із статистичними та експертними методами, додає сучасну виробничоорієнтовану модель управління якістю «Six Sigma», яка має великий власний інструментарій реалізації. Методологія та методи реалізації моделі «Six Sigma» відображені в міжнародних стандартах ДСТУ ISO 13053-1:2016 Статистичний контроль. Кількісні методи покращення процесу. Шість Сигма. Частина 1. Методологія (ISO 13053-1:2011, IDT) та ДСТУ ISO 13053-2:2016 Статистичний контроль. Кількісні методи покращення процесу. Шість Сигма. Частина 2. Інструменти і методи (ISO 13053-2:2011, IDT).

Ключові принципи моделі управління якістю «Six Sigma» полягають в досягненні бездефектного виробництва або надання послуг з одночасним підвищенням їх споживчої вартості та зниженні нестабільності процесів за допомогою статистичних інструментів за підтримки стійкої інфраструктури в організації. Ефективне впровадження моделі «Six Sigma» забезпечується безперервним поліпшенням процесів за допомогою циклу DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control). Всі ці принципи та інструменти можуть і повинні бути використані в закладах вищої освіти (ЗВО) для кращого розуміння та підвищення якості освітнього процесу.

В сфері освітніх послуг адаптацією моделі «Six Sigma» займаються сучасні науковці M. George, J. Antony, V. Sunder, N. Krishan, D. Cullen, M. Kumar. Інструменти «Six Sigma» впроваджено в Kings College, London; National University of Singapore; Valdosta State University, Georgia; Heriot Watt University, UK; Gordon State College, USA, тощо. В Україні реалізація моделі «Six Sigma» концентрується переважно на виробничих підприємствах. Дослідження вітчизняних науковців, присвячені особливостям впровадження «Six Sigma» в ЗВО, відсутні. Тому метою дослідження є аналіз умов застосування технології DMAIC в ЗВО України з метою покращення освітніх та наукових бізнес-процесів.

Результатами дослідження є встановлення умов реалізації кожного етапу циклу DMAIC в умовах українського освітнього середовища, а саме: сформульовані задачі, інструменти та результати кожного елементу циклу; прикладне застосування технології DMAIC для підвищення ефективності ключового процесу ЗВО «Розробка науково-методичного забезпечення освітнього процесу» на кафедрі інформаційно-вимірювальних технологій (ІВТ) Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ).

В процесі дослідження на основі нормативного документу «Рекомендації щодо застосування критеріїв оцінювання якості освітньої програми» визначено перелік критичних характеристик процесу, які можна застосовувати в якості критеріїв придатності освітнього продукту «Комплекс науково-методичного забезпечення». Визначено та розраховано поточні та цільові індикатори ефективності процесу, проаналізовано причини їх невідповідності цільовим значенням та експертним методом визначено коригувальні заходи. Після впровадження запропонованих заходів на кафедрі ІВТ (ХНУРЕ) отримано покращення індикаторів ефективності досліджуваного процесу: коефіцієнт часу доданої вартості (КЧДВ) збільшився з 11,3 % до 16,6 %, що перевищує розраховане цільове значення КЧДВ=14,6 %, коефіцієнт бездефектності потоку (КБП) досягнув цільового значення 100 %.

УДК 334.021.1

ПРОЦЕДУРА ВАЛІДАЦІЇ МЕТОДІВ КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ВИМОГ EN ISO/IEC 17025

© Сергій Войтенко[1], Владислав Гончаров[2], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна), начальник кафедри метрології та стандартизації, к.т.н., доцент, sergej.010679@gmail.com
[2]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна), слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації, vladgoncharov9007@gmail.com

Під час повномасштабного вторгнення російських загарбників в Україну до сил оборони нашої держави почали надходити вироби озброєння та військової техніки від країн-партнерів. Для їх надійної та безпечної експлуатації необхідно створити відповідну систему метрологічного забезпечення, яка гарантує забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань. Слід зазначити, що система метрологічного забезпечення Збройних Сил України має деякі відмінності від систем країн-партнерів щодо метрологічного підтвердження результатів метрологічних робіт, це може стати перепоною для своєчасного та якісного проведення технічного обслуговування отриманих виробів озброєння та військової техніки.

Основним заходом з метрологічного підтвердження вимірювального обладнання в країнах-партнерах, від яких надходять вироби озброєння та військової техніки є калібрування. Також слід зазначити, що країни-партнери визначають процедури калібрування та періодичність проведення метрологічного підтвердження вимірювального обладнання виробів озброєння та військової техніки, але вони не висувають вимог до використання процедур калібрування засобів вимірювальної техніки, які використовуються під час метрологічного підтверджування цього вимірювального обладнання. Головна вимога до калібрувальних лабораторій – відповідність вимогам стандарту EN ISO/IEC 17025.

Реалізація вимог кожного розділу та пункту стандарту EN ISO/IEC 17025 для кожної калібрувальної лабораторії обов’язкова. У варіантах реалізації цих вимог обмежень не існує. Однією з вимог є вибір, верифікація та валідація методів калібрування. В зв’язку з тим, що в більшості випадків калібрувальні лабораторії використовують нестандартизовані методи калібрування засобів вимірювальної техніки, які розроблені лабораторією або стандартизовані та застосовуються поза сферою їх використання (модифіковані) необхідно проводити їх валідацію.

Аналіз національних нормативних метрологічних документів та публікацій міжнародних й регіональних організацій з акредитації та організацій, компетенцією яких є лабораторна практика, показав, що в основному публікації стосовно питань валідації (оцінювання придатності) стосуються методів випробування. І на даний час існує стале уявлення, що методи калібрування не мають ніяких особливостей валідації порівняно з методами випробування.

Процес калібрування можна назвати важливою автономною (самостійною, незалежною у розв'язанні певних питань) складовою процесу випробування. Оскільки мета калібрування не співпадає з метою випробування, то за змістом методи калібрування та випробування є відмінними, відповідно, при валідації даних методів мають підлягати дослідженням різні характеристики.

В доповіді надаються особливості валідації методів калібрування порівняно з методами випробування. Виходячи з цього розроблено процедуру валідації методів калібрування засобів вимірювальної техніки, яка містить порядок оцінювання метрологічної простежуваності, діапазону та невизначеності вимірювання, а також опрацювання отриманих експериментальних даних з метою оцінювання зсуву вимірювання. Впровадження даної процедури, валідації нестандартизованих методів калібрування засобів вимірювальної техніки (робочих еталонів) розроблених лабораторією, сприятиме підвищенню довіри до результатів роботи калібрувальних лабораторій Збройних Сил України та зробить процес валідації зрозумілішим, прозорим та менш трудомістким.

УДК 629.7.01:004.896

РОЗРОБКА РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ПІД ЧАС ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛЕТАЛЬНИХ АПАРАТІВ: ВІД РУЧНОГО КОНТРОЛЮ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ

© Віктор Мошаренков[1], Альона Моргунова[2], Олег Денисенко[3], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна), доцент кафедри університету, к.т.н., доцент, mosharenkov@gmail.com
[2] Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна) слухач магістратури університету, alenamorgunova004@gmail.com
[3] Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна) слухач магістратури університету, olehdenisenko1808@gmail.com

Відповідно до даних, які наводить Uppsala Conflict Data Program (проєкт Уппсальського університету у Швеції) [1], – станом на початок 2024 року у світі велось близько 60 воєн [2]. З огляду на сучасну безпекову ситуацію у світі фокус уваги вітчизняного оборонного відомства сконцентрований на комплексному розвитку військової справи та воєнної науки з урегулюванням питань щодо управління наукової і науково-технічної діяльності, її всебічного забезпечення, організації і координації наукових досліджень, контролю, звітності та впровадженні результатів. Нарощування спроможностей Сил оборони України, новітні технічні розробки, перегляд загальних технічних вимог до нових і модернізованих зразків озброєння та військової техніки (ОВТ), розробки і впровадження новаторських тематик наукових досліджень, зокрема з метрологічного забезпечення, є оптимальними способами вирішення зазначеної проблематики. Набуття, підтримання та відновлення необхідних бойових спроможностей частин і підрозділів, підвищення фахової підготовки військовослужбовців, яка полягає у нестандартному мисленні, вмілому й грамотному управлінні, бойовому застосуванні ОВТ, забезпечить спроможність України реагувати на сучасні мілітарні виклики, зміцнить інституційну стійкість й обороноздатність країни. Підтвердженням цьому є і результати аналізу бойового досвіду, здобутого в російсько-українській війні, які переконливо доводять, що успіх при плануванні та організації бойових операцій здебільшого залежить від адаптивності й гнучкості військових та оборонних стратегій, інноваційної переваги, аніж від чисельності військ (сил), кількості ОВТ.

У такий спосіб при вивченні й аналізі результатів, проведених бойових операцій, предметом зацікавленості фахівців стало всебічне дослідження інформаційно-вимірювальних технологій під час застосування роботизованих систем оцінки технічного стану безпілотних літальних апаратів (БпЛА), призначених для виконання оперативно-бойових завдань, що є одним із актуальних напрямів розвитку спроможностей Сил оборони України [3–5]. Адже залучені сучасні інформаційно-вимірювальні технології, що мають можливість інтегрувати в роботизовані системи, революціонізують процес оцінки (контролю) технічного стану БпЛА, одночасно підвищуючи їх ефективність, точність та безпеку бойових дій. Ба більше перехід від ручного контролю (оцінки) технічного стану до автоматизованих систем набуває надважливого значення і для підвищення конкурентних переваг та надійності оцінки технічного стану БпЛА, бо розробка та впровадження цих технологій значно підвищує ефективність військових операцій, зменшує ризик для особового складу, дозволяє проводити розвідку, спостереження та завдавати удари по цілям тощо.

Основні напрями розвитку роботизованих систем оцінки технічного стану БпЛА складаються із:

– автоматизації діагностики і технічного обслуговування БпЛА, що дозволяє зменшити час простою техніки і підвищити ефективність операцій;

– підвищення ефективності управління бойовими ресурсами за рахунок мінімізації втручання особового складу в процес оцінки технічного стану БпЛА;

– створення єдиної інформаційної платформи щодо технічного стану БпЛА, який забезпечує централізований доступ до інформації для всіх учасників бойових операцій, підвищуючи координацію та швидкість ухвалення рішень;

– розробки програмного забезпечення для прогнозування технічних збоїв, що дозволяє завчасно проводити технічне обслуговування та знижує ризик виходу з ладу під час виконання бойових завдань;

– розробки стандартів і протоколів для обслуговування БпЛА, що суттєво спрощує інтеграцію різних систем та підвищує сумісність між різними платформами;

– розробки нових алгоритмів обробки даних під час діагностики БпЛА, що забезпечить оперативне виявлення несправностей та обумовить оптимізацію процесу технічного обслуговування;

– розробки математичної моделі роботизованих систем оцінки технічного стану БпЛА, що дозволить автоматизувати процес оцінки технічного стану, оптимізувати інтервали обслуговування та покращити показники загальної надійності БпЛА.

Зазначені напрями розвитку роботизованих систем оцінки технічного стану БпЛА дозволять суттєво розширити спектр бойових завдань, що зробить їх ключовим елементом у сучасних військових операціях, забезпечить підвищення спроможностей Сил оборони України.

Створення математичної моделі роботизованих систем оцінки технічного стану БпЛА, здатної автономно виконувати бойові завдання без постійного контролю оператора, є надзвичайно актуальним для Сил оборони України завдяки, згідно результатів досліджень проведених авторами, низці переваг, серед яких: зменшення впливу людського фактора, підвищення оперативності дій та, відповідно, боєздатності. Адже роботизовані системи оцінки технічного стану БпЛА зможуть автоматично проводити оцінку технічного стану БпЛА та виявляти несправності з високою точністю, що, в свою чергу, знизить ймовірність людських помилок.

Розроблена і запроваджена науковцями математична модель роботизованих систем під час оцінки технічного стану БпЛА, дозволить розв’язувати задачі, пов’язані з вибором оптимальних параметрів системи оцінки технічного стану БпЛА, їх ефективністю та розробкою алгоритмів адаптації до змінних умов експлуатації. Водночас ця модель дозволить здійснювати оцінку технічного стану БпЛА в реальному часі, виявляти потенційні несправності на ранніх стадіях та прогнозувати залишковий ресурс компонентів, що обумовить оптимізацію планування технічного обслуговування та надійність БпЛА, мінімізує ризики виходу з ладу під час виконання оперативно-бойових завдань.

Зважаючи на це, варто зазначити, що сучасні Сили оборони України все більше покладаються на роботизовані системи для виконання широкого спектру завдань. Комплексний підхід, призначений для забезпечення ефективного функціонування таких систем, складається не лише з розробки нових технологій, але й із вдосконалення інформаційно-вимірювальної технології в робототехніці, що сприяє підвищенню оперативності, точності та ефективності виконання завдань за призначенням Силами оборони України, забезпечує технологічну перевагу на сучасному полі бою та створює передумови для завдання Україною поразки збройним силам країни-агресора і припинення руйнівної війни всередині Європи, ще раз підтверджуючи тезу, що наука поруч з армією і дипломатією є третьою силою у протистоянні загрозам з боку ворога.

1. Uppsala Conflict Data Program [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ucdp.uu.se/encyclopedia.

2. Прус М. На початок 2024 у світі велося 59 активних воєн – найбільше за півстоліття.

V⊄ news. Голос Америки служба.[Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.holosameryky.com/a/skilky-voien-u-sviti/7814944.html.

3. Залужний В.Ф., Шаптала С.О., Коваль В.В., Назаров В.М., Грищук Р. В., Семененко

УДК 621.3

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

© Сергій Сядристий[1], Владислав Бовт[2], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, sjadristyj@ukr.net
[2]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсант, empy146@gmail.com

Функціонування системи метрологічного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України повинно бути направлено на своєчасне та достовірне визначення технічних характеристик озброєння, військової та спеціальної техніки Повітряних Сил при мінімальних витратах (при ведені бойових дій, обирається критерій оптимізації – мінімальний час) під час проведення метрологічного обслуговування.

На даний час не існує нормативного документа, що визначає порядок функціонування та функції системи метрологічного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України в умовах правового режиму військового стану. Тому система працює в загальній системі метрологічного забезпечення Збройних Сил України, не зважаючи на те, що в Повітряних Силах Збройних Сил України найбільший склад виробів озброєння, військової та спеціальної техніки, які потребують метрологічного обслуговування та мають в своєму складі велику кількість вимірювального обладнання за допомогою якого підтримується їх надійна та безпечна експлуатація (бойове застосування). Виникає потреба в оцінюванні ефективності функціонування системи метрологічного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України в умовах правового режиму військового стану.

Застосування сил системи метрологічного забезпечення Повітряних Сил в умовах правового режиму військового стану повинно відповідати принципам логістичного забезпечення, основними з яких є: готовність, відповідальність, безперервність, економічність та доцільність. Ці принципи взаємопов’язані та гармонійно доповнюють один одного, тому найбільша ефективність системи досягається шляхом їх одночасного застосування. Для визначення ефективності системи метрологічного забезпечення Повітряних Сил в умовах правового режиму військового стану пропонується використовувати відомі часткові показники ефективності, а саме: автономність, мобільність оперативність та живучість.

В доповіді наводяться пропозиції щодо варіантів проведення оцінки ефективності системи метрологічного забезпечення Повітряних Сил в умовах правового режиму військового стану. Такі дослідження направлені на вирішення двох груп проблем:

– оцінки ефективності проведених заходів метрологічного забезпечення угруповання військ Повітряних Сил;

– вибору оптимальних рішень по реалізації відповідних заходів метрологічного забезпечення угруповання військ Повітряних Сил.

Результати досліджень показали, що:

– підвищення автономності системи досягається за рахунок формування обмінного фонду засобів вимірювальної техніки та залучення виїзних метрологічних груп;

– мобільність системи досягається шляхом залучення пересувних лабораторій вимірювальної техніки метрологічних підрозділів військових частин та переданих в оперативне підпорядкування виїзних метрологічних груп від регіональних метрологічних військових частин;

– живучість системи досягається за рахунок надання відповідним органам управління здійснювати перерозподіл сил та засобів в залежності від бойової обстановки, тим самим підтримувати властивості системи – адаптивність та стійкість.

УДК 334.021.1

ЕКСПЕРТНИЙ ПІДХІД ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА

© Ольга Бабич[1], Вікторія Ковалевська[2], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна), начальник науково-дослідної лабораторії факультету післядипломної освіти, olgababich611@gmail.com
[2]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна), слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації, vikowalewska@gmail.com

Військова техніка іноземного виробництва, що використовується Збройними Силами України, є важливим елементом забезпечення обороноздатності країни. Однак для її надійної та безпечної експлуатації необхідно створити відповідну систему метрологічного забезпечення, яка гарантує забезпечення єдності та необхідної точності вимірювань. Контроль (вимірювання) параметрів виробів озброєння та військової техніки особливо важливі під час технічного обслуговування та відновлення (ремонту) цих виробів, оскільки вони забезпечують ефективне використання їх під час бойового застосування.

Стандартні підходи до метрологічного забезпечення, які розроблені для техніки вітчизняного виробництва (радянських часів), не завжди можуть бути ефективними для іноземних виробів. Це зумовлено відмінностями в конструктивних рішеннях, технічних характеристиках та експлуатаційних вимог, які висуваються до іноземних виробів озброєння та військової техніки.

Таким чином, постає потреба в інтегруванні системи метрологічного забезпечення іноземних виробів озброєння та військової техніки до системи, яка на даний час існує в Збройних Силах України. Враховуючи, що данні вироби озброєння та військової техніки постійно застосовуються за призначенням і в більшості випадків проведення технічного (метрологічного) обслуговування в повному об’ємі не можливо, існує необхідність визначення мінімально необхідних параметрів, що дають можливість ефективно використовувати ці вироби. Виходячи з цього система метрологічного забезпечення іноземних виробів озброєння та військової техніки повинна враховувати, як стандартні підходи країн-партнерів (які надали ці вироби), так і врахувати досвід застосування під час інтенсивних бойових дій. Для визначення мінімально необхідних параметрів виробів озброєння та військової техніки, які застосовується під час ведення інтенсивних бойових дій, пропонується використовувати експертний метод.

В доповіді наводяться результати досліджень, які включають:

1. Процедуру визначення мінімально необхідних параметрів виробів озброєння та військової техніки (застосовується під час ведення інтенсивних бойових дій) для контролю та запропоновано процедуру щодо розробки чіткої послідовності проведення контролю.

2. Процедуру формування експертної групи для оцінки метрологічних вимог та узгодження параметрів, що потребують контролю.

3. Розробку алгоритму оптимізації процесу метрологічного обслуговування з метою мінімізації витрат часу, необхідного для проведення контролю.

Передбачається, що впровадження результатів досліджень в систему метрологічного забезпечення Збройних Сил України дозволить ефективно інтегрувати іноземні зразки озброєння та військової техніки в систему оборони України. Це забезпечить підтримку необхідної бойової готовності та безпеку експлуатації іноземних виробів озброєння та військової техніки, забезпечить мінімізацію витрат на обслуговування за рахунок оптимізації процесів контролю. Подальші дослідження будуть спрямовані на впровадження розроблених процедур у систему метрологічного забезпечення Збройних Сил України, а також на їх адаптацію до стандартів НАТО.

УДК 623

ПИТАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ РУХОМОГО КОНТРОЛЬНОГО ПУНКТУ 9В866

© Віталій Запека[1], Олена Головатюк[2], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна),
старший викладач кафедри метрології та стандартизації, vizap@ukr.net
[2]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсантка, golovatiukolena@gmail.com

За два роки після початку широкомасштабного вторгнення в Україні вже звикли до застосування переносних зенітно-ракетних комплексів для знищення ворожих літаків та гелікоптерів, але ця зброя відіграє далеко не останню роль у знищенні ворожих крилатих ракет та ударних безпілотників.

Зазвичай ці комплекси протиповітряної оборони лишаються “в тіні” на фоні зенітно-ракетних комплексів Patriot чи IRIS-T SLM.

На час повномасштабного російського вторгнення у лютому 2022 року, основними переносними зенітно-ракетними комплексами (ПЗРК), які перебували на озброєнні Сил оборони України були радянські “Ігла-1” та “Ігла”. Перед самим вторгненням, Литва і Латвія почали передавати Україні переносні зенітні ракетні комплекси Stinger американського виробництва. Також уряд Польщі вирішив поставити ПЗРК Piorun [1].

Також цими та іншими моделями ПЗРК озброєні окремі мобільні вогневі групи, які були сформовані у війську після російського вторгнення для боротьби в першу чергу з гелікоптерами, крилатими ракетами та ударними дронами окупантів.

Рухомий контрольний пункт (РКП) 9В866 і контрольно-перевірочна апаратура (КПА) 9Ф719 призначені для технічного обслуговування і регламентних перевірок бойових і навчально-тренувальних систем "Ігла" та "Ігла-1" [2]. Вони виконують важливі функції як у польових умовах, так і в стаціонарних умовах на базах і в арсеналах.

Пересувний контрольний пункт 9В866 встановлено на шасі автомобіля підвищеної прохідності і розміщено в герметизованому фургоні К3301Д. Це забезпечує можливість роботи пункту в різних умовах і територіальних областях. Його джерело живлення може бути надано або промисловою мережею з параметрами 220 В і 50 Гц, або автономним електроагрегатом АБ1-230-В, що входить до складу РКП. Така незалежність від джерела живлення забезпечує безперебійну роботу системи.

Основне призначення РКП 9В866 – проведення робіт у польових умовах, тоді як КПА 9Ф719 призначена для роботи на базах і арсеналах у стаціонар-них умовах. Це робить РКП 9В866 незамінним при обслуговуванні бойових і навчально-тренувальних засобів "ІГЛА" і "ІГЛА-1" в умовах бойових дій.

Важливою характеристикою РКП 9В866 є тривалість безперервної роботи, яка становить 12 годин, після чого передбачена перерва тривалістю 1 годину. Це забезпечує можливість тривалої та ефективної роботи контрольного пункту в умовах тривалих бойових операцій.

Середньогодинна продуктивність РКП 9В866 при перевірці різних типів виробів становить 18 і 24 штуки відповідно. Дані значення вказують на високу продуктивність системи і здатність обслуговувати велику кількість бойової техніки в короткі проміжки часу.

Робота РКП 9В866 і КПА 9Ф719 вимагає розрахунку, що складається з двох осіб. Номер 1 у розрахунку є старшим оператором і командиром розрахунку, а номер 2 – оператором і водієм-електромеханіком. Це забезпечує оптимальне функціонування системи і дає змогу оперативно реагувати на різні ситуації в процесі обслуговування.

Технічні характеристики РКП 9В866 також включають габарити в похідному положенні, що дорівнюють 7120×2400×3500 мм, і масу не більше 6000 кг. Ці параметри роблять систему досить компактною і маневреною для роботи в різних умовах.

Час розгортання РКП 9В866 з похідного положення в робоче становить не більш як 30 хвилин у літній час і не більш як 60 хвилин у зимовий час. Час згортання становить не

більше 25 хвилин. Ці характеристики підтверджують високу мобільність та оперативність роботи системи.

Загалом, РКП 9В866 і КПА 9Ф719 є важливими компонентами технічного обслуговування і перевірки систем "ІГЛА" та "ІГЛА-1". Їхня здатність працювати як у польових, так і в стаціонарних умовах, а також ефективна продуктивність і компактні розміри роблять їх незамінними в процесі підтримання боєготовності та функціональності зазначених систем.

Розвиток вимірювальної техніки не стоїть на місці, з'являються принципово нові, точніші, менше енерговитратні, компактні, автономні засоби вимірювальної техніки, за допомогою яких можна провести операції технічного (метрологічного) обслуговування станції. Із усіх ЗВТ, що застосовуються під час метрологічного обслуговування РКП 9В866, доцільно знаходити альтернативну заміну лише переносним ЗВТ, так як вони виконують більшу і важливішу кількість вимірювальних операцій. Вмонтовані ЗВТ виконують більше індикаторну функцію. Якщо у обслуговуючого персоналу КПА виникнуть сумніви у достовірності показів щитового ЗВТ, завжди можна для перевірки виміряного значення необхідного параметра застосувати переносний ЗВТ, який за своїми метрологічними і експлуатаційними характеристиками значно перевищує щитовий засіб вимірювання. Тому, якщо щитовий ЗВТ проходить чергову повірку, доцільності в його заміні немає. Штатні переносні ЗВТ виконують важливішу і відповідальну вимірювальну функцію, за їхніми показами інженер зробить висновок про технічну справність окремих блоків, систем, а інколи і всього РКП. Зважаючи на технічну і моральну застарілість, а в деяких випадках і несправність штатних ЗВТ, цю важливу операцію здійснити вкрай важко. Тому доцільно на заміну застарілим зразкам ЗВТ визначити їх сучасні аналоги. Модернізація рухомих контрольних пунктів обов'язково повинна включати повну заміну штатних засобів вимірювання ранніх комплектацій на нові сучасні зразки.

1. https://mil.in.ua/uk/articles/pzrk-zbroya-yaka-znyshhuye-rosijski-krylati-rakety-i-ne-tilky/.

2. Методичні вказівки МІ МО 2010 року з проведення метрологічного обслуговування контрольно-перевірочної апаратури 9Ф719 рухомого контрольного пункту 9В866, 2010.- 36с.

УДК 665.7

АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ЯКОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ В УКРАЇНІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

© Антоніна Габер[1], Олександр Челноков[2], Назар Бондаренко[3], 2024

[1] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), завідувач кафедри метрології, якості та стандартизації, к.т.н., доцент, gaberantonina@gmail.com
[2] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), аспірант кафедри електроніки, транспортних технологій та логістики, alexanderchelnokov@icloud.com
[3]Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), студент кафедри метрології, якості та стандартизації, scaem@suitt.edu.ua

Якість нафтопродуктів впливає на ефективність роботи автомобільного та промислового транспорту, а також на економіку в цілому. Низька якість пального може призвести до збільшення витрат на ремонти та зниження продуктивності. Належний контроль за якістю нафтопродуктів допомагає зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, оскільки неякісні пального можуть спричиняти забруднення повітря та ґрунту. Якість нафтопродуктів безпосередньо впливає на безпеку транспорту. Неякісні пального можуть призвести до аварій та небезпечних ситуацій на дорозі.

Для інтеграції в європейське та світове співтовариство Україні потрібно дотримуватись міжнародних стандартів якості, що передбачає відповідний контроль та нагляд. В умовах змін у законодавстві та регуляторних норм, актуальність теми контролю та нагляду за якістю нафтопродуктів зростає, оскільки потребує постійного моніторингу та адаптації до нових умов.

Таким чином, контроль та нагляд за якістю нафтопродуктів є важливими для забезпечення економічної стабільності, екологічної безпеки та здоров'я громадян.

В Україні нормативна база щодо якості нафтопродуктів включає кілька основних документів та стандартів, які регулюють виробництво, зберігання, транспортування та реалізацію нафтопродуктів. Основними з них є:

1. Державні стандарти (ДСТУ) – це документи, які визначають технічні вимоги до якості нафтопродуктів. Наприклад, ДСТУ 3868:99 [1] та ДСТУ 7688 [4] (дизельне паливо), ДСТУ 4063 [2] (бензини автомобільні).

2. Законодавство України – Закони, такі як Закон України "Про нафту і газ" [3], встановлюють основи для регулювання сфери нафтопродуктів.

3. Національні технічні регламенти – документи, які деталізують вимоги до безпеки та якості продукції.

4. Директиви ЄС – оскільки Україна імплементує європейські стандарти, деякі директиви Європейського Союзу також можуть бути застосовані до якості нафтопродуктів.

5. Міжнародні стандарти – наприклад, ISO 8217 [4], для морських палив.

Ці документи регулюють різні аспекти, включаючи фізико-хімічні показники, екологічні вимоги та безпеку споживання.

Проведемо порівняльний аналіз вимог до якості нафтопродуктів в Україні та Європейському Союзі (ЄС) для визначення, наскільки українські стандарти якості нафтопродуктів відповідають європейським нормам, що допоможе виявити прогалини та можливості для покращення. Вивчити успішні практики та методи контролю якості нафтопродуктів в країнах ЄС, які можуть бути адаптовані для українських умов. Виявлення ключових вимог та стандартів, які можуть сприяти покращенню якості нафтопродуктів в Україні, що, в свою чергу, вплине на безпеку та екологічність.

Таким чином, порівняльний аналіз вимог до якості нафтопродуктів є важливим інструментом для розвитку галузі, підвищення стандартів і забезпечення безпеки споживання.

Порівняльний аналіз вимог до якості нафтопродуктів в Україні та ЄС включає в себе кілька ключових аспектів: законодавство, технічні норми, екологічні стандарти та вплив на споживачів.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз вимог до якості нафтопродуктів в Україні та ЄС

	Україна	ЄС
Законодавча база	– Основним документом, що регулює якість нафтопродуктів, є Закон України "Про нафту і газ" та відповідні технічні регламенти. – Україні доводиться адаптувати своє законодавство до європейських стандартів, але процес йде повільно.	– ЄС має чіткі директиви і регламенти, що регулюють якість нафтопродуктів (наприклад, Директива 2009/30/ЄС). – Європейські стандарти забезпечують більш високий рівень контролю якості та безпеки.
Технічні норми	– Стандарти нафтопродуктів в Україні формуються на основі ДСТУ, які часто не відповідають міжнародним нормам. – Якість нафтопродуктів може варіювати в залежності від постачальника.	– В ЄС діють гармонізовані стандарти, які забезпечують високу однорідність і контроль якості. – Європейські норми включають обмеження на вміст сірки, ароматичних вуглеводнів та інших шкідливих речовин.
Екологічні стандарти	– Екологічні норми в Україні менш суворі, ніж в ЄС, що може призводити до вищих викидів забруднюючих речовин. – В Україні ведеться робота над покращенням екологічних стандартів, але прогрес є повільним.	– ЄС активно впроваджує екологічні ініціативи, такі як "Зелений курс", що передбачає зменшення викидів парникових газів. – Європейські країни зобов'язані дотримуватись жорстких екологічних стандартів.
Вплив на споживачів	– Споживачі часто стикаються з проблемами якості нафтопродуктів, що може впливати на роботу автомобілів та інших транспортних засобів. – Нестабільна якість нафтопродуктів може призводити до фінансових втрат для споживачів.	– Споживачі в ЄС мають більше гарантій щодо якості нафтопродуктів завдяки жорстким нормам. – Висока конкуренція та наявність сертифікованих постачальників сприяють стабільності цін та якості

Для покращення контролю якості нафтопродуктів в Україні можна розглянути кілька ключових напрямків: гармонізація національних стандартів з європейськими, щоб забезпечити відповідність сучасним вимогам та тенденціям у галузі; впровадження сучасних інформаційних систем для автоматизації процесів контролю якості та збору даних про результати перевірок; використання послуг незалежних лабораторій для проведення аудиту якості нафтопродуктів, що підвищить об’єктивність оцінок; забезпечення прозорості інформації про якість нафтопродуктів через маркування, етикетки та доступ до звітів про проведені перевірки. Ці заходи можуть суттєво підвищити якість нафтопродуктів і сприяти безпеці їх використання.

Вимоги до якості нафтопродуктів в Україні та ЄС суттєво відрізняються. ЄС має більш жорсткі стандарти, які забезпечують високу якість і безпеку нафтопродуктів, тоді як в Україні ситуація залишається складною через недостатню адаптацію до міжнародних норм. Для поліпшення якості нафтопродуктів в Україні необхідно продовжувати процес гармонізації з європейськими стандартами та підвищувати контроль за їх дотриманням.

1. ДСТУ 3868-99 Паливо дизельне. Технічне умови

2. ДСТУ 4063-2001 Бензини автомобільні. Технічні умови.

3. Закон України "Про нафту і газ" 12.07.2001 № 2665-III

4. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне євро. Технічні умови

5. ISO 8217:2024 Products from petroleum, synthetic and renewable sources – Fuels (class F) – Specifications of marine fuels

УДК 697:681.5

ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯМ

© Антоніна Габер[1], Юрій Берменко[2], Вячеслав Сагайдак[3], 2024

[1] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
завідувач кафедри метрології, якості та стандартизації, к.т.н., доцент, gaberantonina@gmail.com
[2] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
аспірант кафедри метрології, якості та стандартизації, bermenkoura@gmail.com
[3]Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
студент кафедри метрології, якості та стандартизації, scaem@suitt.edu.ua

В останні роки спостерігається зростаючий інтерес до автоматизованих систем керування теплоспоживанням (АСКТ) з боку комунальних підприємств та приватних компаній. Це обумовлено необхідністю підвищення енергоефективності та зменшення витрат на енергію. Урядові програми та ініціативи, такі як "Енергоефективність в Україні", стимулюють впровадження нових технологій. Наприклад, у 2021 році було закладено фінансування для модернізації систем опалення в багатоквартирних будинках.

Багато міст, зокрема Київ, Львів та Харків, активно впроваджують АСКТ для управління централізованим опаленням. Це включає автоматизацію обліку тепла, регулювання температури та моніторинг споживання. Зростає кількість компаній, які інвестують у АСКТ для оптимізації енергоспоживання на промислових підприємствах.

Згідно з даними, підприємства, які впровадили АСКТ, відзначають зниження витрат на тепло до 20-30%. Це особливо важливо в умовах економічної нестабільності. Витрати на впровадження АСКТ часто окупаються протягом 2-4 років завдяки зниженню витрат на енергію.

За оцінками, до 2023 року близько 30% комунальних підприємств в Україні впровадили або модернізували свої системи опалення з використанням автоматизованих технологій. Загальний обсяг інвестицій у АСКТ в Україні за останні кілька років перевищив 500 млн. грн., що свідчить про серйозний інтерес з боку інвесторів.

Незважаючи на зростаючий інтерес, багато підприємств стикаються з проблемами фінансування, що затримує впровадження нових технологій. Нестача кваліфікованих кадрів: для ефективного управління АСКТ необхідні фахівці з відповідними знаннями, чого наразі не вистачає в Україні.

Впровадження автоматизованих систем керування теплоспоживанням в Україні має позитивні тенденції та значний потенціал для розвитку. Проте для досягнення максимальних результатів необхідно подолати існуючі виклики, зокрема фінансування та підготовку кадрів. Успішна реалізація АСКТ може значно підвищити енергоефективність, знизити витрати та позитивно вплинути на екологічну ситуацію в країні.

АСКТ стають все більш актуальними в умовах сучасних викликів, з якими стикається енергетичний сектор. Ось кілька ключових аспектів їхньої актуальності та необхідності:

1. АСКТ дозволяють оптимізувати використання теплової енергії, що веде до зменшення витрат на енергоресурси. Це особливо важливо в умовах зростаючих цін на енергію та необхідності зменшення викидів CO_2.

2. Автоматизовані системи забезпечують постійний моніторинг споживання тепла, що дозволяє виявляти неефективності та аномалії. Це сприяє своєчасному реагуванню на проблеми та покращує загальний стан системи.

3. Впровадження АСКТ допомагає зменшити витрати на обслуговування та експлуатацію систем теплопостачання, завдяки автоматизації процесів та зменшенню людського фактора.

4. Системи можуть адаптуватися до потреб споживачів, забезпечуючи оптимальні температурні умови в приміщеннях. Це підвищує комфорт проживання та роботи.

5. АСКТ можуть бути інтегровані з системами, що використовують відновлювальні джерела енергії, такі як сонячні колектори або геотермальні системи, що сприяє зменшенню залежності від невідновлювальних традиційних джерел енергії.

6. Багато країн впроваджують нові регуляції щодо енергоефективності. АСКТ допомагають підприємствам відповідати цим вимогам, що може зменшити ризики штрафів та підвищити репутацію.

7. Ефективне управління теплопостачанням сприяє зменшенню викидів парникових газів і зберігає природні ресурси, що відповідає сучасним екологічним стандартам.

8. АСКТ можуть стати важливою частиною інтелектуальних енергетичних мереж (smart grids), що забезпечує інтеграцію різних джерел енергії та поліпшує управління енергетичними потоками.

Впровадження АСКТ є необхідним кроком у напрямку сталого розвитку, енергоефективності та покращення якості життя. В умовах глобальних змін та підвищення вимог до екологічної відповідальності АСКТ забезпечують сучасні рішення для ефективного використання енергоресурсів.

Впровадження АСКТ в Україні регулюється рядом нормативних актів та стандартів, які забезпечують правову основу для їх ефективного використання. Основні елементи нормативної бази включають:

1. Закон України «Про енергетичну ефективність» [1]: Цей закон визначає основні принципи енергетичної ефективності, зокрема для систем опалення, та сприяє впровадженню сучасних технологій.

2. Закон України «Про теплопостачання» [2]: Встановлює правила та вимоги для підприємств, що надають послуги теплопостачання, включаючи можливість впровадження автоматизованих систем.

3. ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання» [3]: Регламентує технічні вимоги до автоматизованих систем у теплопостачанні, включаючи управління, моніторинг та облік теплової енергії.

4. ДСТУ EN 15232-1:2017 «Енергоефективність будівель. Вплив систем автоматизації будівель» [4]: Включає вимоги щодо автоматизації та контролю для забезпечення енергоефективності в будівлях.

5. ДСТУ ISO 50001:2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимога та настанови щодо використання» [5]: Хоча цей стандарт не є обов'язковим, його впровадження може покращити ефективність управління енергоспоживанням і сприяти інтеграції АСКТ.

Нормативна база для впровадження автоматизованих систем керування теплоспоживанням в Україні є комплексною і включає різноманітні законодавчі, нормативно-правові та міжнародні документи. Її реалізація сприяє розвитку енергетичної ефективності та покращенню якості послуг у сфері теплопостачання. Для успішного впровадження АСКТ важливо забезпечити відповідність цим нормативам та стандартам, що дозволить максимально використовувати потенціал нових технологій.

1. Закон України "Про енергетичну ефективність" Редакція від 18.09.2024, підстава – 3915-IX

2. Закон України "Про теплопостачання" Редакція від 30.06.2024, підстава – 3764-IX

3. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання»

4. ДСТУ EN 15232-1:2017 «Енергоефективність будівель. Вплив систем автоматизації будівель»

5. ДСТУ ISO 50001:2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимога та настанови щодо використання»

УДК 623

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО КОМПЛЕКТАЦІЇ МАЛОЇ ПЕРЕСУВНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕВІРЯЛЬНОЇ АПАРАТУРИ

© Богдан Фалендушев, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків, Україна,
слухач 563М навчальної групи, магістр факультету радіотехнічних військ протиповітряної оборони,
bogdan.falendushev2002@gmail.com

Актуальність питання розробки малої пересувної лабораторії вимірювальної техніки для метрологічного обслуговування спеціальної контрольно-перевірювальної апаратури (СКПА) обумовлена необхідністю забезпечення надійності та точності вимірювань у сфері оборони. Використання такої лабораторії дозволить забезпечити ефективне обслуговування складних систем, які вимагають регулярної повірки та калібрування. Традиційні стаціонарні лабораторії мають обмежену мобільність і не завжди можуть оперативно реагувати на потреби метрологічного контролю, особливо в польових умовах.

Метою розробки малої пересувної лабораторії є створення автономного комплексу для швидкого та ефективного метрологічного обслуговування СКПА без необхідності транспортування апаратури до стаціонарних лабораторій. Це дозволить не лише підвищити точність вимірювань, але й скоротити час простою апаратури, що є критичним фактором в багатьох галузях. Пересувна лабораторія забезпечить мобільність метрологічного обслуговування і зможе виконувати свої функції навіть у важкодоступних місцях.

Основні вимоги до комплектації пересувної лабораторії включають забезпечення максимальної точності та надійності вимірювань, можливість автономної роботи в польових умовах, а також наявність всього необхідного обладнання для калібрування і повірки спеціальних засобів вимірювальної техніки. У такій лабораторії повинні бути представлені засоби вимірювальної техніки високої точності, зокрема цифрові мультиметри високої точності (Fluke, Keysight, Rigol), які призначені для вимірювання основних електричних параметрів (струм, напруга, опір) з максимальною точністю. Осцилографи (Tektronix, Rohde & Schwarz, Siglent) повинні мати високу роздільну здатність і швидкість вибірки, що важливо для точного аналізу складних електронних систем. Аналізатори спектра (Keysight, Rohde & Schwarz), які допоможуть визначити джерела перешкод, перевірити роботу радіосистем та інших СКПА, що працюють на частотах. Генератори сигналів (Rigol, Keysight), які дозволяють моделювати реальні умови роботи електронних систем для їх калібрування.

Окрім цього, важливим аспектом є комп'ютерна підтримка процесу вимірювань і калібрування. Сучасні лабораторії мають бути оснащені програмним забезпеченням, яке дозволяє обробляти, зберігати і передавати результати вимірювань до центральної бази даних або стаціонарної лабораторії. Це забезпечить точність документування і можливість подальшого аналізу виміряних даних.

Одним із ключових елементів розробки пересувної лабораторії є вибір транспортного засобу. Оптимальним вибором може стати мікроавтобус з відповідними умовами для зберігання та транспортування вимірювальної техніки. Необхідно забезпечити захист приладів від механічних пошкоджень, тряски, вібрацій та екстремальних температур під час транспортування.

Розробка малої пересувної лабораторії вимірювальної техніки для метрологічного обслуговування СКПА є важливим кроком для забезпечення високої точності вимірювань і мобільності. Комплексний підхід до вибору обладнання, транспорту та забезпечення умов для автономної роботи лабораторії дозволить значно підвищити ефективність і надійність процесів калібрування та метрологічного контролю, що сприятиме підвищенню рівня якості обслуговування спеціальної контрольно-перевірювальної апаратури.

УДК 623

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГАРМОНІЧНИХ СИГНАЛІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ, ШВИДКОДІЇ, НАДІЙНОСТІ ВИПРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

© Тимофій Терещенков, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна),
слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації, timoxater@gmail.com

Питання впровадження нових методів аналізу параметрів гармонічних сигналів сьогодні є актуальним для забезпечення точності та швидкості вимірювань на високому рівні. Вимірювання параметрів гармонічних сигналів – таких як фаза, амплітуда, частота, нормований коефіцієнт гармонік є ключовими у багатьох галузях, включаючи електроніку, енергетику, телекомунікації та автоматику. Розвиток цифрових технологій, алгоритмів обробки даних та методів аналізу сигналів відкриває нові можливості для підвищення точності та швидкості вимірювань, що суттєво впливає на ефективність сучасних вимірювальних систем.

Використання швидкого перетворення Фур'є разом з адаптивними фільтрами дозволяє точно визначати гармоніки та їх вплив на загальний сигнал. Це особливо важливо в умовах, коли традиційні методи вимірювання можуть бути неточними через високий рівень завад. Завдяки цифровим алгоритмам фільтри автоматично налаштовуються на усунення небажаних частот, що дозволяє отримати більш точні показники параметрів сигналу.

Вейвлет-перетворення та короткочасне Фур'є-перетворення дозволяють отримати часово-частотний спектр сигналу, що є особливо важливим для аналізу непостійних сигналів або тих, що змінюються в часі. Це корисно при вимірюванні сигналів у динамічних системах, де характеристики можуть змінюватися дуже швидко.

Методи синхронної вибірки дозволяють синхронізувати процес вибірки з періодом сигналу, завдяки цифровим фазовим модуляторам і демодуляторам можна точно виміряти фазові зміщення в гармонічному сигналі, а також оцінити рівень гармонічних спотворень через коефіцієнт гармонік.

Доцільність впровадження нових методів вимірювання параметрів гармонічних сигналів, включаючи нормований коефіцієнт гармонік, пов'язана з низкою факторів. По-перше, це підвищення точності та швидкості вимірювань. Традиційні методи, не можуть забезпечити такої високої точності та швидкості, як сучасні інструменти та методи. Впровадження цифрових алгоритмів дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з ручним втручанням, та автоматизувати процес вимірювання. По-друге, нові методи дозволяють виконувати обробку сигналів в режимі реального часу, що є критичним для багатьох галузей.

Адаптивні алгоритми можуть динамічно підлаштовуватися під змінні умови, такі як зміна частоти або рівень шуму, що дозволяє підтримувати високу точність навіть у складних умовах. Крім того, автоматизація процесів вимірювання, включаючи автоматичний розрахунок коефіцієнта гармонік, зменшує витрати на людський фактор і знижує необхідність у додаткових вимірювальних приладах, оскільки сучасні цифрові системи можуть замінити одразу декілька зразків засобів вимірювальної техніки старого зразка.

Впровадження цих методів можливе через інтеграцію сучасних цифрових пристроїв, таких як цифрові осцилографи, фазометри та програмно-апаратні комплекси, в існуючі системи вимірювання.

Таким чином, нові методи вимірювання параметрів гармонічних сигналів, включаючи коефіцієнт гармонік, надають сучасній вимірювальній техніці нові можливості, забезпечуючи високу точність, швидкість і надійність у складних умовах. Це дозволяє оптимізувати виробничі процеси, підвищити якість продукції та знизити витрати на обслуговування.

УДК 623.021.1

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ВИКРИВЛЕНЬ НАПРУГИ

© Микола Коваленко, Олег Карпаш 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації,
mertviy.anarhist2906@gmail.com

Актуальність вирішення проблеми полягає в наступному. Нелінійні викривлення напруги виникають при роботі вимирювальної техніки, такої як генератори низькочастотні і високочастотні, спеціальної форми, коли в електричних мережах працює нелінійне навантаження, яке не споживає або не генерує синусоїдальну форму сигналу. Такі викривлення призводять до появи додаткових гармонік – складових хвиль з частотами, із заданими коефіцієнтами. Ці гармоніки можуть створювати додаткові втрати потужності, підвищувати температуру в електрообладнанні, знижувати термін його служби і викликати інші небажані ефекти.

Вимірювання нелінійних викривлень напруги є важливим аспектом у багатьох галузях, особливо там, де електричні системи мають бути стабільними та надійними. наприклад під час повірок генераторів груп Г3, Г4, Г5 призначених для проведення технічного обслуговування зразків озброєння і їх повірки та калібрування. Також нелінійні викривлення важливо враховувати для контролю параметрів засобів зв'язку, для даних засобів важливо підтримувати чистоту сигналу і своєчасно її змінювати і кодувати сигнал. Нелінійні викривлення можуть впливати на якість передачі даних, створюючи шум або інтерференцію. Крім того дані вимірювання важливі для середнього і капітального ремонту станцій контрбатарейної боротьби, а саме для екстраполяції та інтерполяції. При нехтуванні контролем даного параметру імовірне отримання похибки, що призведе до неефективної контрбатарейної боротьби й неураження артилерії супротивника.

Нелінійні викривлення напруги можуть негативно впливати на роботу обладнання, створюючи додаткові втрати, зменшуючи термін служби техніки та спричиняючи збої. Тому контроль і вимірювання цих викривлень є важливою складовою сучасних електричних систем та технічного обслуговування.

Дані вимірювання необхідні для контролю якості і проводяться на базі вимірювальних лабораторій і в умовах виїзду на база ПЛВТ . Вимірювання викривлень використовується для калібровки, повірки, валідації ЗВТ. Це дозволяє оцінити їхню роботу в умовах, коли є присутні гармонічні спотворення, і перевірити їхню надійність.

На базі сервісних відділів баз вимірювальної техніки проводять метрологічне обслуговування медичної техніки ,в свою чергу вимірювання нелінійних викривлень напруги важливе для забезпечення стабільної роботи медичних пристроїв, які є надзвичайно чутливими до коливань напруги і гармонік.

Ідея пропонованого методу полягає в розробці цифрового вимірювача нелінійних викривлень напруги на базі персонального комп'ютеру увигляді програмного забезпечення на системі Windows.

На даний момент проводяться роботи по розробці програмного забезпечення та виготовленню експерементального взірця цифрового вимірювача нелінійних викривлень.

UDC 623.021.1

TEMPERATURE COMPENSATION DURING PRESSURE MEASUREMENT USING A TEMPERATURE SENSOR

© Marian Milian[1], Myroslav Tykhan[2] 2024

[1] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine) marian.m.milian@lpnu.ua
[2] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine) tykhanm@ukr.net

Pressure measurement is critically important in many fields, including industry, medicine, and scientific research. However, the accuracy of pressure measurements can significantly decrease due to the influence of temperature changes. Temperature compensation using a temperature sensor is an effective method to enhance the accuracy of pressure measurements [1].

Main Section:

1. **Problem of Temperature Influence:**

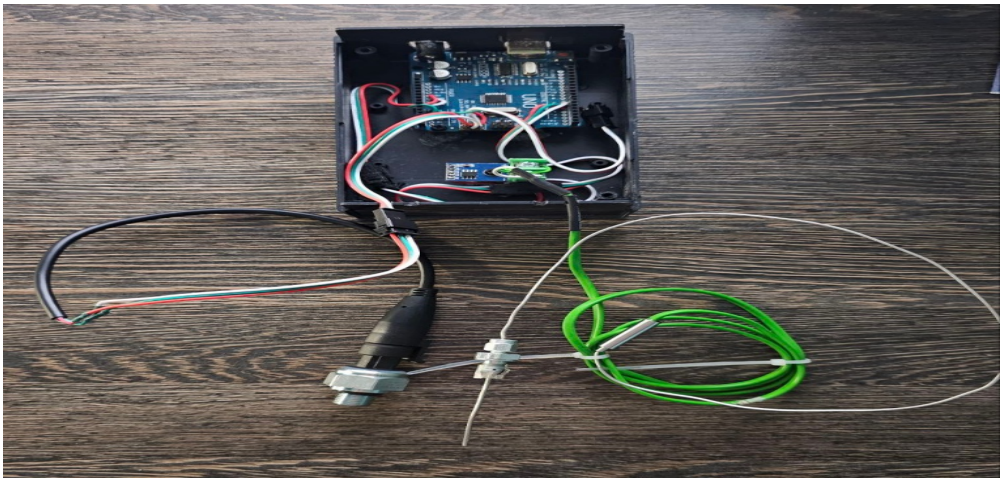
- Temperature changes can affect the physical properties of the materials from which pressure sensors are made, leading to measurement errors [1].
- Temperature variations can cause thermal expansion or contraction of the sensor components, affecting its calibration and accuracy [2].

2. **Principle of Temperature Compensation:**

- Temperature compensation involves using an additional temperature sensor that measures the current temperature of the environment [3].
- Data from the temperature sensor is used to correct the readings of the pressure sensor, considering temperature changes [4].

3. **Methods of Temperature Compensation:**

- **Analog Compensation:** Using electronic circuits to correct the pressure sensor signal in real-time [5].
- **Digital Compensation:** Using microcontrollers or computer algorithms to process data from the temperature sensor and correct the pressure sensor readings [6].



Advantages of Using a Temperature Sensor:

Increased accuracy of pressure measurements by accounting for temperature changes.

- The ability for automatic correction of readings without the need for manual calibration.
- Reduced influence of external factors on measurement results.

Given the importance of temperature compensation using a temperature sensor, an information collection subsystem based on the Arduino Uno microcontroller was developed.

Features of the Constructed Subsystem:

a) Rapid acquisition of pressure and temperature measurement results.
b) Connection to a Wi-Fi network using wireless connectivity.
c) Built-in data logger.

d) Remote transmission of measurement information to a program or server at https://thingspeak.com.

Temperature compensation using a temperature sensor is an effective method to enhance the accuracy of pressure measurements. The use of this method allows for reducing the impact of temperature changes on measurement results, which is critically important in many fields. Further research and development in this area may lead to the creation of even more accurate and reliable pressure measurement systems.

1. Fraden, J. (2016). Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. Springer. ISBN: 978-3319193039 с. 123-125, 130-132, 140-142, 145-147..

2. Doebelin, E. O., & Manik, D. N. (2011). Measurement Systems: Application and Design. McGraw-Hill Education. ISBN: 978-0070699684.

3. Lee, C., & Lee, S. (2018). "Temperature Compensation of Pressure Sensors Using a Neural Network Approach." Sensors, 18(5), 1500. doi:10.3390/s18051500.

4. Wang, Y., & Zhang, J. (2017). "A Study on Temperature Compensation for Pressure Sensors Based on Polynomial Fitting." Journal of Sensors, 2017, Article ID 1234567. doi:10.1155/2017/1234567.

5. Texas Instruments. (2015). Temperature Compensation Techniques for Pressure Sensors. Application Report. Available at: TI Application Report

6. Analog Devices. (2019). Temperature Compensation in Pressure Sensors. Technical Article. Available at: Analog Devices Technical Article

УДК 539.183.4:548.736

МЕССБАУЕРІВСЬКА СПЕКТРОСКОПІЯ: ІНСТРУМЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

© Діана Дзень[1], Наталія Топчак[2], Віталій Дзень [3] 2024

[1]Національний університет Львівська політехніка (Львів, Україна),
студентка кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, diana.dzen.mt.2022@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), асистент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., асистент, nataliia.v.topchak@lpnu.ua
[3]Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційних
технологій та систем електронних комунікацій, vitaliy.dzen.303@gmail.com

Одним з методів структурного аналізу є спектроскопія ядерного γ-резонансу (мессбауерівська спектроскопія). В основі методу лежить явище безвідкатного резонансного поглинання або випускання гамма-квантів ядрами, вбудованими в кристалічну решітку. Ізотопи з відповідними ядрами, які використовуються в якості джерел випромінювання або поглиначів, мають характерні резонансні частоти. Коли енергія гамма-кванта збігається з резонансною частотою ядра, відбувається його резонансне поглинання. Енергія поглинутого гамма-кванта переходить в енергію збудження ядра. Збуджене ядро може повернутися у вихідний стан, випустивши гамма-квант тієї ж енергії, що і поглинутий (резонансне випромінювання).

Резонансне поглинання і випромінювання гамма-квантів відбувається за умови, що кристалічна решітка, в якій знаходяться резонуючі ядра, не отримує помітної імпульсу віддачі. Це можливо завдяки тому, що ізотопи з відповідними ядрами, що використовуються в якості джерел випромінювання або поглиначів, мають близькі маси. Внаслідок цього імпульс віддачі передається всій кристалічній решітці, і її енергія розподіляється між великою кількістю атомів, що призводить до практично повного поглинання віддачі решіткою.

Мессбауерівська спектроскопія дозволяє досліджувати структурні елементи ядра трьома типами взаємодій: ізомерний зсув через різницю в сусідніх густинах електронів (так званий хімічний зсув), квадрупольне розщеплення через градієнти електричного поля атомного масштабу і магнітне розщеплення через неядерні магнітні поля. Завдяки високій енергії та надзвичайно вузькій ширині ліній ядерних гамма-променів мессбауерівська спектроскопія є високочутливою технікою з точки зору енергетичної роздільної здатності, здатною виявляти зміни з точністю до кількох частин на 10^{11}.

Мессбауерівська спектроскопія – це неруйнівний метод дослідження певного елемента, який може займати одне або більше кристалографічних місць, може мати одну або більше електронних конфігурацій. Поглиначі можуть бути у формі монокристалів, порошків, фольги, поверхонь або заморожених розчинів. Вплив температури, тиску, магнітного поля та електромагнітного випромінювання легко досліджується мессбауерівською спектроскопією.

Однак вимоги випромінювання без віддачі та резонансного поглинання та пропускання через поглинач обмежують корисний діапазон енергії γ-випромінювання з ефектом Мессбауера приблизно до 10–100 кеВ. Крім того, щоб отримати досить чіткі лінії поглинання та прийнятну спектральну роздільну здатність, середній час життя стану попередника мессбауерівського γ-випромінювання має становити від 1 нс до 100 нс. Крім того, нуклід Мессбауера повинен мати достатньо високий вміст ізотопів в елементі, щоб отримати прийнятне співвідношення сигнал/шум протягом відповідного часу отримання.

Радіоактивне джерело, яке використовується для генерації гамма-випромінювання, необхідного для мессбауерівської спектроскопії, повинно бути не лише зручним у підготовці, але й мати відносно тривалий період напіврозпаду – кілька тижнів. Ці різні вимоги обмежують кількість нуклідів, доступних для типових спектральних досліджень Мессбауера.

Переваги Мессбауерівської спектроскопії полягають у високій чутливості, селективності, збереженні цілісності об'єкта та можливості вивчення процесів в динаміці. Мессбауерівська спектроскопія дозволяє виявляти дуже малі зміни в структурі речовини, досліджувати окремі елементи в складному зразку без його пошкодження і вивчати швидкі процеси, що відбуваються в речовині.

Мессбауерівські спектри – це своєрідний відбиток пальця матеріалу, який містить детальну інформацію про його внутрішню структуру. Аналізуючи форму і положення ліній у спектрі, вчені можуть отримати цінні дані про валентність атомів, їхній окиснення стан, магнітні властивості матеріалу та особливості кристалічної структури.

Мессбауерівська спектроскопія має великі перспективи для вирішення практичних задач у різних галузях. Подальший розвиток цього методу дозволить створювати нові матеріали з заданими властивостями, розробляти ефективніші каталізатори, покращувати технології виробництва та переробки матеріалів. Також Мессбауерівська спектроскопія може знайти широке застосування в таких галузях, як охорона навколишнього середовища, медицина і фармацевтика.

1. https://reporter.zp.ua/messbauerivska-spektroskopiya-wnq.html.
2.https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/mossbauer-spectroscopy.
3. https://serc.carleton.edu/research_education/geochemsheets/techniques/mossbauer.html.

УДК 658.562

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПОВІРКИ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ (РІВНЕМІРІВ) НАФТОПРОДУКТІВ У РЕЗЕРВУАРАХ

© Віктор Куць[1], Бринчак Дмитро[2], 2024

[1] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, viktor.r.kuts@lpnu.ua
[2] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, аспірант, Dmytro.B.Brynchak@lpnu.ua

Компанії експортери та імпортери нафти та нафтопродуктів використовують велику кількість сучасних систем обліку нафтопродуктів. В Україні вимога стосовно наявності системи вимірювання рівня, рівнеміра на автозаправній станції чи складі паливо-мастильних матеріалів закріплена на законодавчому рівні. З метою боротьби проти нелегального ринку нафтопродуктів наша країна ввела в дію зміни до податкового кодексу України [1]. Відповідно тепер без такої системи обліку як система вимірювання рівня (рівнемір) не може легально працювати жодний об’єкт обліку, зберігання чи продажу нафтопродуктів.

Рівнемір – лічильник рівня пального у резервуарі (далі – рівнемір) – законодавчо регульований засіб вимірювальної техніки, призначений для вимірювання рівня пального, за яким обчислюється об’єм пального, що перебуває у резервуарі за градуювальною таблицею резервуару.

Засоби вимірювальної техніки – засоби вимірювань, вимірювальні системи, матеріальні міри, стандартні зразки та будь-які частини засобів вимірювань або вимірювальних систем, якщо ці частини можуть бути об’єктом спеціальних вимог та окремого оцінювання відповідності [2].

Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” [2] регулює відносини, що виникають в процесі провадження метрологічної діяльності, державну політику у сфері метрології та вимоги до експлуатації засобів вимірювальної техніки.

Система вимірювання рівня (рівнемір) є законодавчо-регульованим засобом вимірювальної техніки, який внесений в перелік законодавчо-регульованих засобів вимірювальної техніки Постановою кабміну від 4 червня 2015 р. № 374 “Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці”[3].

Система вимірювання рівня (рівнемір) має у своєму складі зонд, який здійснює замір та консолі, яка отримує, обробляє сигнал від зонда і виводить його на дисплей. Найбільш поширеними системами вимірювання рівня (рівнеміри) є магнітострикційні та ультразвукові. Принцип дії рівнемірів заснований на використанні явища магнітострикції або ультразвуку.

Метрологічні характеристики сучасних рівнемірів:

– діапазон вимірювання рівня рідини від 10 мм до максимальної висоти резервуару, діапазон вимірювання густини рідини від 440 г/л до 900 г/л, діапазон вимірювання температури рідини від мінус 40°С до 55 °С;

– максимальна допустима похибка вимірювання рівня ± 1,0 мм, максимальна допустима похибка вимірювання густини ±1,0 г/л, максимальна допустима похибка вимірювання температури ± 1,0 °С.

Основними перевагами магнітострикційних та ультразвукових рівнемірів над конкурентами є простота монтажу зонда, надійність, швидкодія та точність.

Способом метрологічної перевірки та визначення придатності рівнеміра є повірка, яка регламентується Законом України “Про метрологію та метрологічну діяльність” [2] та іншими нормативними документами. Проведення повірки здійснюється згідно методик повірки – Методика повірки МПУ 138/03-2003. Рівнеміри робочі [4], Методика повірки МПУ 236/03 - 2009. Комплекси технічних засобів обліку нафтопродуктів у резервуарах [5].

Повірка рівнеміра може виконуватись в лабораторії (виконується демонтаж комплексу з резервуару) або на місці експлуатації комплексу, якщо передбачена можливість монтажу еталонного рівнеміра.

Основною перевагою повірки рівнеміра в лабораторії є можливість випробувати його в ідеальних умовах та досягти максимальної точності із мінімізацією похибки, це також може бути й недоліком. Основним недоліком повірки в лабораторії є демонтаж та транспортування рівнеміра, який несе ризики пошкодження рівнеміра, збільшує час та значно підвищує витрати для замовника.

Основною перевагою повірки рівнеміра на місті експлуатації є те, що рівнемір перевіряється безпосередньо в робочих умовах, його не потрібно демонтувати та транспортувати в лабораторію. Основними недоліками повірки рівнеміра на місті експлуатації є складність монтажу еталонного рівнеміру. Також на багатьох резервуарах не має можливості монтажу еталонного рівнеміра через відсутність додаткового фланцю чи отвору для монтажу.

Проблематикою нашої роботи є застаріла база українських стандартів для повірки рівнемірів, в той час як сучасні світові виробники рівнемірів використовують передові методи та можливості при виробництві. Вирішенням цієї проблеми бачу швидку гармонізацію міждержавних стандартів з ЄС, яка дасть можливість отримати доступ до більш сучасних методик та технологій.

***Подяка**. Дана публікація підготована завдяки грантової підтримки Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».*

1. Податковий кодекс України остання редакція № 2918-IX від 07.02.2023р.

2. Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" із змінами № 1089-IX від 16.12.2020 р.

3. Постанова Кабміну від 4 червня 2015 р. за№ 374 "Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці".

4. Методика повірки МПУ 138/03-2003. Рівнеміри робочі.

5. Методика повірки МПУ 236/03 -2009. Комплекси технічних засобів обліку нафтопродуктів у резервуарах.

УДК 658.562

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБЛІКУ НАФТОПРОДУКТІВ В УКРАЇНІ: НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ

© Віктор Куць[1], Олексій Проскуряков [2], 2024

[1] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, viktor.r.kuts@lpnu.ua
[2] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, аспірант, Oleksii.H.Proskuriakov@lpnu.ua

1. Актуальність проблеми:

Економічний аспект: Недостовірний облік нафтопродуктів призводить до значних фінансових втрат для держави, підприємств та споживачів.

Екологічний аспект: Неточні дані про обсяги виробництва, споживання та транспортування нафтопродуктів ускладнюють контроль за дотриманням екологічних норм.

Енергетична безпека: Надійний облік нафтопродуктів є важливою складовою забезпечення енергетичної безпеки країни.

2. Аналіз існуючої нормативно-правової бази:

Фрагментарність та застарілість: Більшість нормативних документів, що регулюють метрологічне забезпечення обліку нафтопродуктів, були розроблені багато років тому і не відповідають сучасним вимогам. [3]

Відсутність єдиного системного підходу: Вимоги до метрологічного забезпечення розпорошені по різних нормативних актах, що ускладнює їх застосування та контроль. [1-9]

Недостатня деталізація окремих положень: Деякі нормативи не містять чітких і конкретних вимог, що призводить до неоднозначного тлумачення та, як наслідок, до порушень. [1], [2], [9]

3. Практичні проблеми метрологічного забезпечення обліку нафтопродуктів:

Недостатня оснащеність метрологічних служб: Багато підприємств не мають сучасного вимірювального, контрольного обладнання та кваліфікованого персоналу.

Відсутність єдиної системи моніторингу та планування: Не існує ефективної системи моніторингу та планування контролю за дотриманням метрологічних вимог на підприємствах.

Висока вартість метрологічного забезпечення: Для підприємств, особливо малих і середніх, витрати на якісне метрологічне забезпечення є значним фінансовим тягарем.

4. Пропозиції щодо вдосконалення метрологічного забезпечення обліку нафтопродуктів:

Розробка нового нормативного документу: Створення єдиного комплексного нормативного акту, який би охоплював усі аспекти метрологічного забезпечення обліку нафтопродуктів.

Актуалізація діючих нормативно-правових актів: Перегляд і доповнення чинних нормативно-правових актів з метою їх приведення у відповідність до сучасних вимог.

Актуалізація діючих методик повірки: Перегляд і доповнення чинних методик повірки.

Організація метрологічного забезпечення: Побудова метрологічної служби на підприємствах України, що ведуть облік нафти та/або нафтопродуктів.

Впровадження сучасних інформаційних технологій: Використання програмних засобів для автоматизації процесів обліку нафтопродуктів та аналізу даних. Розробка ефективної системи моніторингу та контролю стану засобів вимірювальної техніки.

Співпраця з міжнародними організаціями: Активізація співпраці з міжнародними організаціями в галузі метрології для обміну досвідом та впровадження передових практик.

5. Очікувані результати:

Підвищення точності та достовірності обліку нафтопродуктів.

Зменшення фінансових втрат, пов'язаних з неточним обліком.

Покращення екологічної ситуації.

***Подяка**. Дана публікація підготована завдяки грантової підтримки Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».*

1. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність». Редакція від 01.01.2022.

2. Податковий кодекс України, редакція від 01.04.2023.

3. «Інструкція про порядок приймання, транспортування, зберігання, відпуску та обліку нафти і нафтопродуктів на підприємствах і організаціях України», наказ Мінпаливенерго України, Мінтрансзв'язку України, Мінекономіки України, №281 від 20.05.2008.

4. Постанова КМУ № 163 від 24 лютого 2016 р. «Про затвердження Технічного регламенту засобів вимірювальної техніки».

5. Постанова КМУ № 94 від 13 січня 2016 р. «Про затвердження Технічного регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки».

6. Постанова КМУ № 374 від від 4 червня 2015 р. «Про затвердження переліку категорій законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що підлягають періодичній повірці».

7. Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України № 1747 від 13.10.2016 «Про затвердження міжповірочних інтервалів законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, за категоріями».

8. Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України № 193 від 08.02.2016 «Про затвердження Порядку проведення повірки законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, та оформлення її результатів».

9. Постанова КМУ №891 від 22.11.2017 «Про затвердження Порядку ведення Єдиного державного реєстру витратомірів-лічильників і рівнемірів – лічильників рівня пального у резервуарі, передачі облікових даних з них електронними засобами зв'язку до контролюючих органів».

УДК 623

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ РУХОМОГО РАДІОВИСОТОМІРА ПРВ-13

© Вікторія Юденко, Олександр Коваль, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків,Україна), курсант, vvyudenkovv@gmail.com
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), доцент кафедри метрології та стандартизації факультету
післядипломної освіти, кандидат технічних наук, a_smith75@ukr.net

Розробка пропозицій щодо удосконалення метрологічного обслуговування рухомого радіовисотоміра ПРВ-13 є важливим аспектом забезпечення точності вимірювань висоти об'єктів в повітряному просторі. Цей радіовисотомір є ключовим елементом у забезпеченні контролю польотів авіаційної техніки, що робить необхідним удосконалення його метрологічного обслуговування для досягнення вищого рівня надійності і точності.

Одним з головних напрямів у цій сфері є забезпечення систематичного контролю за технічним станом радіовисотоміра, що включає в себе регулярну перевірку параметрів його функціонування. Це дозволяє своєчасно виявляти відхилення від нормативних показників і здійснювати відповідні коригувальні дії. Для підвищення ефективності цієї роботи, необхідно створити комплексну систему технічного обслуговування, що буде включати в себе не лише перевірку обладнання, але й аналіз зовнішніх факторів, які можуть впливати на його роботу.

Розвиток інформаційно-вимірювальних технологій дозволяє інтегрувати в систему обслуговування сучасні методи дистанційного контролю стану обладнання. Це дозволить проводити моніторинг безперервно, зменшуючи людський фактор та кількість помилок, пов'язаних з ручними перевірками. Автоматизація цього процесу забезпечить вчасне виявлення дефектів і дозволить уникати аварійних ситуацій під час експлуатації радіовисотоміра [1].

Також, важливою складовою вдосконалення є оптимізація процесів калібрування приладу. Використання новітніх калібрувальних установок і впровадження сучасних еталонів дозволить зменшити похибки у вимірюванні і підвищити точність роботи радіовисотоміра. Важливим кроком у цьому напрямі є стандартизація процедур калібрування, що дозволить мінімізувати можливі розбіжності між результатами вимірювань різних пристроїв.

Особливу увагу слід приділити питанню навчання персоналу, відповідального за метрологічне обслуговування радіовисотоміра ПРВ-13. Удосконалення підходів до підготовки спеціалістів у цій галузі допоможе забезпечити високий рівень компетентності і зменшити кількість технічних помилок при обслуговуванні обладнання. Підготовка фахівців повинна базуватися на сучасних підходах до метрології і використовувати новітні технології для підтримання високої кваліфікації кадрів.

Для удосконалення метрологічного обслуговування необхідно впровадити сучасні програмні рішення, що дозволять проводити аналіз даних і моделювання можливих ситуацій. Це дозволить вчасно реагувати на зміни у функціонуванні радіовисотоміра і приймати рішення щодо необхідності технічного втручання.

Важливим аспектом у даному процесі є питання технічного моніторингу впливу зовнішніх факторів, таких як зміни атмосферного тиску, температури та вологості. Для цього необхідно використовувати сучасні засоби діагностики, що дозволять виявляти навіть найменші зміни у параметрах роботи пристрою і запобігати можливим відмовам у його роботі.

З метою забезпечення високої надійності і тривалості експлуатації радіовисотоміра ПРВ-13, необхідно удосконалити існуючі системи діагностики і контролю за його технічним станом. Це можна зробити за допомогою впровадження новітніх алгоритмів обробки сигналів і аналізу даних, що надходять від пристрою під час його роботи. Автоматизація цих

процесів дозволить значно підвищити ефективність метрологічного обслуговування і мінімізувати ризики виникнення збоїв у роботі приладу.

Окрім цього, слід звернути увагу на впровадження інноваційних технологій у сфері ремонтних робіт. Використання передових матеріалів і нових методів ремонту дозволить знизити час простою обладнання і підвищити його експлуатаційні характеристики. Це також сприятиме зменшенню витрат на технічне обслуговування і підвищенню загальної ефективності роботи радіовисотоміра [2].

На завершення, важливим кроком у вдосконаленні метрологічного обслуговування радіовисотоміра ПРВ-13 є впровадження сучасних стандартів управління якістю, що базуються на міжнародних практиках. Це дозволить інтегрувати процеси технічного обслуговування у загальну систему менеджменту якості, підвищуючи надійність роботи пристрою і забезпечуючи його тривалу експлуатацію з мінімальними витратами на технічне обслуговування.

Отже, для забезпечення ефективної роботи радіовисотоміра ПРВ-13 необхідно впроваджувати комплексні заходи, спрямовані на удосконалення його метрологічного обслуговування, що включають підвищення якості калібрування, автоматизацію процесів моніторингу та діагностики, а також розвиток компетентності персоналу. Лише завдяки системному підходу до цього питання можна досягти високої точності вимірювань і надійності роботи даного обладнання.

1. Здійснення підготовки бойових обслуг підрозділів радіотехнічних військ (зразків радіоелектронної техніки) в районах бойового призначення. Методичні рекомендації. – Київ: «ЦУЛ», 2024. – 50 с.

2. Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту: монографія / Д.В. Бондар, А.В. Гурник, А.О. Литовченко, В.В. Хижняк, В.Л. Шевченко, Д.М. Ядченко. Київ, 2022, 312 с.

УДК623

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ С-300ПС

© Тетяна Остафійчук, Олександр Коваль, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсант, tatiana01252004@gmail.com
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), доцент кафедри метрології та стандартизації факультету
післядипломної освіти кандидат технічних наук , a_smith75@ukr.net

Сучасні системи протиповітряної оборони, зокрема зенітний ракетний комплекс С-300ПС, вимагають високої точності роботи своїх електротехнічних засобів для забезпечення ефективності в бойових умовах. Проблеми, пов’язані з метрологічним обслуговуванням, можуть призвести до зниження точності та надійності системи, що ставить під загрозу її бойову готовність. Мета даного дослідження полягає в розробці пропозицій щодо удосконалення метрологічного обслуговування для підвищення ефективності ЗРК С-300ПС. Впровадження сучасних методик та технологій метрологічного обслуговування може суттєво покращити точність і надійність електротехнічних засобів.

У процесі аналізу існуючої системи метрологічного обслуговування електротехнічних засобів зенітного ракетного комплексу С-300ПС було виявлено кілька суттєвих проблем, які негативно впливають на ефективність роботи системи. Ключові знахідки та результати дослідження можна представити в наступних аспектах:

1. Недостатня точність вимірювань: Аналіз показав, що частота калібрування деяких електротехнічних засобів не відповідає їх експлуатаційним вимогам. Багато приладів працюють на межі своїх технічних характеристик, що призводить до систематичних помилок у вимірюваннях [2]. Ці помилки можуть бути критичними під час бойових операцій, коли кожен міліметр або секунда можуть вплинути на результат.
2. Обмеженість у методах калібрування: Виявлено, що існуючі методи калібрування застарілі і не завжди відповідають сучасним стандартам. Відсутність адаптації до нових технологій і матеріалів обмежує можливості підвищення точності вимірювань [3]. Впровадження нових, більш досконалих методик, таких як калібрування за допомогою автоматизованих систем, може значно покращити результати.
3. Необхідність модернізації обладнання: Значна частина вимірювальних приладів є застарілою, що викликає проблеми з їх точністю та надійністю. Багато приладів не мають достатньої чутливості для виконання сучасних завдань, що потребують високої точності. Інвестиції в новітнє обладнання з високими характеристиками можуть суттєво покращити ситуацію [4].
4. Недостатня підготовка персоналу: Під час опитування фахівців виявлено, що більшість з них не проходили спеціалізоване навчання у сфері нових метрологічних технологій. Брак кваліфікації призводить до помилок у виконанні калібрування та контролю, що негативно впливає на загальну ефективність обслуговування. Підвищення рівня навчання та кваліфікації персоналу є нагальною потребою [5].
5. Відсутність системи зворотного зв’язку: Відзначено, що в системі метрологічного обслуговування відсутня організована система збору даних про точність і надійність роботи обладнання. Це ускладнює моніторинг ефективності обслуговування і не дає змоги вчасно виявляти та усувати проблеми. Запровадження регулярного збору та аналізу даних може стати основою для покращення процесів обслуговування [3].
6. Недостатня співпраця з науковими установами: Виявлено, що співпраця з науковими установами не є достатньою для забезпечення впровадження нових технологій та

методик. Відсутність спільних досліджень та інноваційних проектів обмежує можливості модернізації метрологічного обслуговування [2].

Результати дослідження вказують на необхідність комплексного підходу до удосконалення метрологічного обслуговування електротехнічних засобів ЗРК С-300ПС. Впровадження сучасних технологій, нових методик обслуговування, покращення підготовки персоналу та активізація співпраці з науковими установами створюють умови для підвищення точності, надійності та, відповідно, ефективності функціонування системи в цілому.

Отже, удосконалення метрологічного обслуговування електротехнічних засобів зенітного ракетного комплексу С-300ПС є критично важливим для підвищення його бойової готовності та ефективності. Проведене дослідження виявило серйозні проблеми, такі як недостатня точність вимірювань, застарілі методи калібрування, брак кваліфікації персоналу та відсутність системи зворотного зв'язку. Ці фактори можуть суттєво знизити надійність та ефективність системи в бойових умовах. Впровадження новітніх калібрувальних технологій, модернізація обладнання та регулярне підвищення кваліфікації фахівців є невідкладними заходами для поліпшення метрологічного обслуговування. Крім того, створення системи збору та аналізу даних дозволить своєчасно виявляти проблеми та вжити необхідних заходів для їх усунення. Активізація співпраці з науковими установами відкриє нові можливості для впровадження інноваційних рішень. Реалізація цих заходів забезпечить підвищення точності, надійності та загальної ефективності ЗРК С-300ПС, що сприятиме зміцненню обороноздатності країни.

1. ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.

2. Кучеренко, О. П., & Іваненко, В. В. (2020). Метрологічне забезпечення в системах оборони: виклики та рішення. Науковий вісник, 1(2), 42-56.

3. Тарасенко, С. М. (2019). Сучасні методи калібрування вимірювального обладнання. Технічні науки та технології, 3, 30-45.

4. Бондаренко, М. І. (2021). Інноваційні технології в метрології. Журнал метрології, 5(1), 75-82.

5. Петров, А. Г., & Семененко, В. О. (2022). Модернізація метрологічного обслуговування технічних засобів. Вісник наукових досліджень, 4, 53-61.

УДК 621.317

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СЕНСОРНА МЕРЕЖА ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ДВОКОНТУРНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ: ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ТА ВИМІРЮВАННЯ

© Нагірний Василь[1], Ігор Ліхновський[2] 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна),
аспірант 2-го року навчання кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, vasyl.i.nahirnyi@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., *i.hor.s.likhnovskyi@lpnu.ua*

Сучасні двоконтурні системи опалення потребують високої надійності та ефективності в експлуатації, оскільки вони забезпечують як обігрів приміщень, так і підігрів води для побутових потреб. Однією з найважливіших задач є моніторинг та діагностика стану таких систем для своєчасного виявлення відхилень від нормальної роботи, що дозволяє запобігти аварійним ситуаціям та знизити експлуатаційні витрати. У цьому контексті великого значення набувають інтелектуальні сенсорні мережі, які здатні забезпечувати ефективний збір даних, їх обробку та передачу для подальшого аналізу.

Інтелектуальні сенсорні мережі складаються з великої кількості сенсорів, які контролюють параметри двоконтурної системи опалення: температуру, тиск, витрати теплоносія та інші параметри, що впливають на ефективність роботи в цілому. Сенсори розміщуються в ключових точках системи, зокрема на вході та виході теплообмінників, у точках з'єднання контурів, а також у водопідготовчих блоках.

Ключовим елементом інтелектуальної мережі є спеціалізовані мікропроцесори, які забезпечують збір даних з сенсорів, їх попередню обробку та передачу в центральний блок керування. Системи на основі мікроконтролерів (наприклад, на платформі Arduino або STM32) дозволяють гнучко налаштовувати алгоритми діагностики та контролю систем опалення. Сучасні мікроконтролери забезпечують можливість роботи в режимі реального часу, що є важливим для забезпечення оперативної діагностики та запобігання можливим відмовам [1].

Для забезпечення надійного та точного вимірювання використовуються сенсори з високою роздільною здатністю та стабільністю показників. Наприклад, сенсори тиску, побудовані на основі п'єзорезистивного ефекту, забезпечують високу точність вимірювань у широкому діапазоні температур і тисків. Технології на основі сенсорів витратомірів Coriolis або ультразвукових сенсорів дозволяють проводити вимірювання витрати рідин з високою точністю в умовах змінних параметрів [2].

Для ефективної діагностики використовуються алгоритми на основі штучного інтелекту, зокрема нейронні мережі та методи машинного навчання, які дозволяють виявляти нетривіальні взаємозв'язки між параметрами системи. Ці алгоритми можуть автоматично виявляти аномалії в роботі системи, а також прогнозувати розвиток відмов на основі зібраних даних про попередні цикли роботи системи [3].

Інтелектуальна сенсорна мережа для двоконтурних систем опалення є важливим елементом для забезпечення стабільної та ефективної роботи цих систем. Використання сучасних сенсорних технологій у поєднанні з інтелектуальними алгоритмами діагностики дозволяє значно підвищити надійність систем опалення, мінімізуючи ризик аварій та знижуючи витрати на технічне обслуговування.

1. Xu, L., He, W., & Geng, Z. (2017). Intelligent sensor network for heating systems: Monitoring and fault detection. Journal of Systems and Control Engineering, 231(1), 15-24.

2. Kiani, M., Jovanović, L., & Šarler, B. (2019). Smart monitoring and diagnostics in HVAC systems using sensor networks and machine learning. Energy and Buildings, 182, 1-12.

3. Zhu, C., & Chen, G. (2021). Predictive maintenance strategies for HVAC systems based on intelligent sensor networks. IEEE Sensors Journal, 21(12), 13485-13492.

УДК 621.3

ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ШУМУ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ НА ВИХІДНІ ПАРАМЕТРИ СЕНСОРУ ЗОБРАЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ЙОГО ПОДАВЛЕННЯ

© Олег Ластовецький [1], Ігор Ліхновський.[2], 2024

[1] Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна),
аспірант 2-го року навчання, oleh.i.lastovetskyi@lpnu.ua
[2] Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна),
доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., i.hor.s.likhnovskyi@lpnu.ua

Аналогові сенсори в тому числі сенсори зображення часто використовуються в кіберфізичних системах де потрібно збирати візуальні дані для аналізу або прийняття рішення системою. Ефективна робота таких сенсорів залежить від якості джерела живлення. Від його надійності і стабільності залежить точність вихідних характеристик, наприклад точність вимірювання фізичних параметрів, таких як сила струму, напруга, освітленість і інші.

Сенсори зображення є компактними, тому використовуються у відеокамерах, смартфонах та інших портативних пристроях [1]. Вони можуть спотворювати свій вихідний сигнал в залежності від вхідного джерела живлення, що впливає на якість зображення. В таких схемах для стабілізації напруги використовуються лінійні стабілізатори напруги. Через присутність великої кількісті зовнішніх шумів, сенсори зображення потребують попередньої стабілізації напруги яка дозволяє подавити завади які створюються через перемикання внутрішніх транзисторів DC-DC перетворювачів або котушок індуктивності та можуть генерувати шум в декілька сотень мілівольт.

Одним із основних параметрів при виборі стабілізатора напруги з низьким падінням (мінімальна напруга, необхідна на регуляторі для підтримки регулювання [2]) для сенсорів зображення є коефіцієнт подавлення нестабільності джерела живлення (PSRR). DC-DC регулятори, які працюють на частоті 1-2 МГц вносять завади для сенсору зображення. Якщо на низькій частоті цих проблем може не бути, то на частоті яку використовують професійні та високо продуктивні камери, а саме вище 100кГц, це суттєво змінюватиме вихідну напругу джерела живлення і буде негативно впливати перехідні характеристики у сенсорі зображення, і відповідно на якість зображення [3].

Для того щоб перевірити вплив джерел живлення на вихідний сенсор зображення було проведено дослідження. А саме було використано два стабілізатори напруги в однакових умовах, одна мікросхема мала значення PSRR – 70dB а інша – 45 dB. Вихід стабілізатора напруги було підключено до сенсору зображення (аналогового каналу). Для отримання зображення використовувався чорний фон. При збільшенні амплітуди шуму на вході мікросхеми стабілізатора напруги з нижчим значенням PSRR почали з’являтись сині смуги. На максимальному рівні напруги вхідного шуму 300 мВ, значення синіх пікселів перевищує 40%. При повторенні цього експеримент на іншій мікросхемі, з вищим значенням PSRR, вихід сенсору зображення залишався стабільним і зображення не було спотворене.

Це показує що мікросхема з вищим рівнем PSRR набагато краще справляється з нестабільними джерелами живлення, відповідно сенсор зображення не спотворює свій вихідний сигнал і зображення є високої якості.

1. Jennifer Berube, Image Sensors Explained in under 6 minutes. https://www.picturecorrect.com/image-sensors-explained-in-under-6-minutes/

2. Texas Instruments, Understanding Low Drop Out (LDO) Regulators, 2006. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ti.com/lit/ml/slup239a/slup239a.pdf?ts=1713024566494&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

3. Steven M. Sandler. Power Integrity: Measuring, Optimizing, and Troubleshooting Power Related Parameters in Electronics Systems, 1st Edition.

УДК 623

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ У КОНТРОЛЬНО ВИПРОБУВАЛЬНИХ ПЕРЕСУВНИХ СТАНЦІЯХ 9В95М1

© Дар'я Гузар, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації,
dariaguzar7@gmail.com

Метрологічне обслуговування є важливою складовою забезпечення ефективності та надійності роботи автоматизованих контрольно-випробувальних пересувних станцій, таких як 9В95М1. Станція 9В95М1 використовується для діагностики технічного стану різних видів військової техніки, що робить точність її вимірювань особливо важливими.

Для забезпечення високої точності вимірювань необхідно розробити комплекс заходів з регулярного метрологічного обслуговування. Головний аспект обслуговування – це перевірка вимірювальних приладів на відповідність встановленим технічним вимогам. Калібрування вимірювальних пристроїв дозволяє забезпечити відповідність приладів стандартам і виключити можливі відхилення у вимірюваннях.

Необхідно звернути увагу на програмне забезпечення, яке є невід'ємною частиною системи 9В95М1. Програмне забезпечення відповідає за управління процесами вимірювань і обробки отриманих даних. Збої або неточності у програмному забезпеченні можуть призвести до помилок у діагностиці техніки, що робить його регулярне оновлення та перевірку важливими елементами метрологічного обслуговування.

Одним з інноваційних рішень для покращення метрологічного обслуговування є впровадження системи автоматизованого моніторингу стану вимірювальних приладів.

Така система дозволяє в реальному часі відслідковувати стан приладів та виявляти відхилення в їх роботі. Автоматизовані системи моніторингу можуть збирати дані про стан приладів та інші критичні параметри, що дозволяє своєчасно проводити коригуючи дії та уникати серйозних збоїв у роботі.

Доцільним буде розглянути введення графіків регулярних повірок. Залежно від інтенсивності використання обладнання, можуть бути встановлені різні періоди для проведення перевірок та калібрування. Наприклад, для приладів, що працюють у суворих умовах або підлягають постійним механічним впливам, доцільно встановлювати більш часті перевірки.

Важливим аспектом є підготовка персоналу. Від кваліфікації та досвіду фахівців залежить точність та якість проведених робіт. Важливо проводити регулярне навчання персоналу, що працює на станції. Це дозволить мінімізувати ризики людських помилок під час проведення перевірок та забезпечить високий рівень метрологічного обслуговування.

У підсумку, комплексне метрологічне обслуговування автоматизованої контрольно-випробувальної пересувної станції 9В95М1 є необхідною умовою для її ефективної роботи. Запропоновані заходи, такі як впровадження автоматизованих систем моніторингу, розробка графіків повірок, використання польових методик калібрування та підготовка персоналу, дозволять значно підвищити надійність роботи станції та точність вимірювань. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню ефективності діагностики військової техніки і забезпечить її боєготовність.

УДК 681

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ОСВІТНІХ РЕЗУЛЬТАТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШІ ТА ХМАРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

© Себастьян Сірко, 2024

Національний університет "Львівська Політехніка" (Львів, Україна), магістр кафедри СКС,
sebastian.sirko.mkisk.2023@lpnu.ua

З розвитком технологій, важливим аспектом ефективного навчання є точний моніторинг освітніх результатів студентів. Традиційні методи оцінювання не завжди можуть забезпечити необхідну гнучкість та персоналізацію для кожного учня. Перенесення системи оцінювання знань на хмарні платформи та використання GPT-подібних моделей дозволяють створювати адаптивні тести та підвищити ефективність навчального процесу.

Інтеграція хмарних технологій у інфраструктуру інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в освітніх установах стає важливим фактором, який суттєво впливає на ефективність навчальних процесів. Хмарні рішення забезпечують поліпшену доступність, масштабованість і економічність, що дозволяє освітнім закладам адаптуватися до сучасних вимог цифрової ери. [1]

Великі мовні моделі (LLMs) мають величезний потенціал для персоналізації навчання. Вони можуть аналізувати дані про навчання, визначати індивідуальні навчальні потреби та пропонувати унікальні навчальні шляхи для кожного студента. Це дозволяє досягати більш ефективного навчання, підтримуючи різноманітність стилів і темпів навчання. [2]

Систему оцінювання знань доцільно мігрувати на хмарну платформу Microsoft Azure, включаючи як базу даних, так і саму аплікацію. Використання Azure SQL Database забезпечує надійне зберігання результатів тестування та профілів студентів, а також гнучкість у масштабуванні ресурсів відповідно до навантаження. Хмарна інфраструктура забезпечує доступність системи з будь-якого місця та пристрою, що є критичним для великих освітніх проєктів.

Ефективним рішенням є використання GPT-подібної моделі для генерації тестів, яка автоматично створює адаптивні тестові завдання на основі навчальних матеріалів та аналізу результатів попередніх тестувань.

Такий підхід забезпечує:

- Автоматичне генерування питань: GPT-подібна модель генерує запитання на основі матеріалів курсу, що дозволяє створювати унікальні тести для кожного учня.
- Адаптація завдань: Запитання можуть автоматично підлаштовуватися під рівень знань студента, що забезпечує персоналізоване навчання.
- Аналіз відповідей: Модель здатна аналізувати відповіді студентів і генерувати пояснення або додаткові рекомендації для подальшого навчання.

Підсумовуючи, можна сказати, що запровадження інноваційних технологій дозволяє значно підвищити ефективність освітнього процесу, забезпечуючи адаптивність тестів та безперервний моніторинг результатів студентів.

1. Umar Ibrahim. The Role of Cloud Computing in Transforming ICT Infrastructure in Educational Institutions. International Journal of Applied and Scientific Research, Vol. 2, No. 2, 2024 : 213-226. DOI: https://doi.org/10.59890/ijasr.v2i2.1333

2. Wensheng Gan, et al. Large language models in education: Vision and opportunities. In: 2023 IEEE international conference on big data (BigData). IEEE, 2023. p. 4776-4785. DOI:https://doi.org/10.1109/BigData59044.2023.10386291

УДК 681.586

БІОМЕХАНІЧНІ СЕНСОРИ: ІННОВАЦІЇ ТА ЇХ РОЛЬ У МЕДИЦИНІ

© Віталій Генералов[1] 2024

[1]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри інтелектуальної мехатроніки і роботики , vitalii.y.heneralov@lpnu.ua

Біомеханічні сенсори – це пристрої, які забезпечують вимірювання фізичних параметрів тіла або зовнішнього середовища з метою оцінки стану здоров’я людини або реєстрації рухової активності. Вони використовуються в різних галузях, включаючи медицину, спортивну науку та робототехніку. Ці сенсори здатні виявляти фізичні зміни, такі як сила, тиск, прискорення, температурні коливання, що дозволяє збирати дані про стан м'язів, суглобів і навіть внутрішніх органів.

Основний принцип роботи біомеханічних сенсорів полягає у конвертації механічних змін в електричні сигнали. Сучасні сенсори використовують різні технології для збору даних, такі як п'єзоелектричні матеріали, оптичні волокна, електромагнітні інтерференції, а також нанотехнології для підвищення точності вимірювань. Наприклад, п’єзоелектричні матеріали здатні генерувати електричні заряди у відповідь на механічний тиск, що дозволяє їх використовувати для вимірювання тиску або деформацій у м’язах.

Існує кілька основних типів біомеханічних сенсорів:

1. **Сенсори для моніторингу руху**. Ці сенсори реєструють положення і кутові зміщення тіла під час руху. Вони використовуються для аналізу ходьби, бігу та інших фізичних активностей.

2. **Сенсори тиску**. Використовуються для вимірювання сили тиску або навантаження на окремі ділянки тіла, наприклад, на стопи під час ходьби та бігу.

3. **Сенсори м'язової активності** (електроміографія). Використовуються для вимірювання електричних сигналів м’язів, що дозволяє оцінити рівень їх активності і стан.

4. **Сенсори серцево-судинної системи**. Можуть вимірювати кров’яний тиск, частоту серцевих скорочень та інші параметри серцево-судинної системи.

Одним із головних напрямків використання біомеханічних сенсорів є реабілітація пацієнтів після травм або операцій. Вони допомагають лікарям фізіотерапевтам отримувати точні дані про руховий стан пацієнтів і коригувати процес відновлення. Також біомеханічні сенсори активно використовуються для контролю здоров’я в реальному часі. Наприклад, вони можуть бути інтегровані у ручні пристрої (смарт-годинники, браслети), які постійно моніторять стан організму і попереджають про можливі проблеми зі здоров’ям.

Розвиток біомеханічних сенсорів зосереджений на підвищенні їхньої точності, мініатюризації та інтеграції з іншими технологіями. Однією з перспективних галузей є впровадження сенсорів у тканини одягу для постійного моніторингу стану тіла під час повсякденної діяльності. Також важливим напрямком є розвиток сенсорів для біонічних протезів, які допомагають людям з обмеженими можливостями відновити рухові функції.

Біомеханічні сенсори мають величезний потенціал для покращення якості життя людей, забезпечуючи точний моніторинг стану організму та допомагаючи у відновленні після травм. Інноваційні технології у цій галузі продовжують розвиватися, відкриваючи нові можливості для медицини і спорту.

1. Saito, T., & Nakamura, H. (2021). Miniaturized Sensors for Real-Time Monitoring of Human Body Dynamics: Advances and Challenges. IEEE Reviews in Biomedical Engineering, 14, 227-245.

2. Lee, T. Y., & Lin, H. T. (2020). Smart Wearable Devices and Sensors for Physiological Monitoring. Journal of Medical Systems, 44(5), 101.

3. Yang, Z., & Chai, Y. (2019). Biomimetic Sensors for Real-Time Health Monitoring: Progress and Challenges. Biosensors and Bioelectronics, 141, 111413.

4. Perry, J., & Burnfield, J. M. (2010). Gait Analysis: Normal and Pathological Function. SLACK Incorporated.

УДК 623

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБОК ВИМІРЮВАНЬ У СИСТЕМІ НАВІГАЦІЇ

© Альона Моргунова[1], Олег Денисенко[2], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, (Харків, Україна), слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації, alenamorgunova004@gmail.com
[2]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, (Харків, Україна), слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації, olehdenisenko1808@gmail.com

Війна сьогодні – це битва сучасного озброєння, нових технологій і штучного інтелекту, що забезпечує максимальну ефективність його застосування. Стрімкий розвиток технологій та прийняття їх на озброєння значно збільшили роль застосування безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та спектр завдань, що покладається на них. Метрологічне забезпечення і контроль технічного стану безпілотних літальних апаратів є актуальними завданнями в умовах російсько-української війни. Так, їх активно використовують у логістиці, для безпеки та контролю процесів функціонування різних об’єктів, для ведення розвідки, спостереження, коригування артилерійського вогню і ліквідації ворожих цілей. Регулярний контроль технічного стану БПЛА дозволяє вчасно виявити та запобігти появі системних помилок під час виконання критично важливих завдань.

Однією з головних проблем контролю технічного стану БПЛА є похибки вимірювальних систем. Акселерометри вимірюють прискорення БПЛА у трьох вимірах для стабілізації, орієнтації та контролю руху. Але через високе навантаження під час виконання бойових завдань безпілотником, акселерометри можуть генерувати похибки, які призводять до накопичення помилок у навігаційних даних і викликають відхилення від заданого маршруту та нестабільність польоту. Ефективне застосування акселерометрів для контролю системи навігації неможливо підвищити без розроблення математичних моделей та алгоритмів, спрямованих на розв’язування задач, що виникають в процесі вимірювання і стосуються кількості похибок.

Для вирішення цієї проблеми ми пропонуємо розробити математичну модель, спрямовану на зменшення похибок вимірювань акселерометра. Така модель має включати алгоритми фільтрації та компенсації помилок у реальному часі, це дає змогу прогнозувати й коригувати похибки, спираючись на попередні вимірювання. Алгоритм фільтрації Калмана дозволяє на основі прогнозу системи динаміки та реальних вимірювань коригувати поточний стан системи, зменшуючи вплив похибок. Для покращення точності можна інтегрувати дані від інших сенсорів, таких як гіроскопи або GPS. Модель буде поєднувати дані з різних джерел, що допоможе компенсувати похибки одного сенсора за допомогою даних з іншого.

Розробка такої математичної моделі дозволить значно зменшити похибки акселерометра, забезпечуючи точнішу стабілізацію польоту та навігацію. Впровадження такої моделі в систему навігації при контролі технічного стану безпілотних літальних апаратів підвищить надійність їх роботи та зменшить ризик аварійних ситуацій, пов’язаних з несправністю сенсорів.

УДК 613.26.29

ПРОБЛЕМИ ЯКОСТІ, НАТУРАЛЬНОСТІ І ТОКСИКОЛОГІЇ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

© Михайло Сичов[1], Антоніна Габер[2], Тетяна Литвиненко[3], 2024

[1] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), доцент кафедри метрології, якості та стандартизації, к.т.н., доцент, mixail.sichov@gmail.com
[2] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), завідувач кафедри метрології, якості та стандартизації, к.т.н., доцент, gaberantonina@gmail.com
[3]Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), аспірантка кафедри метрології, якості та стандартизації, tatiana_litvinenko@ukr.net

Ризики, пов'язані з вживанням неякісної контрафактної харчової продукції, є серйозними не лише для здоров'я та безпеки людини, але й впливають на конкурентоспроможність українських виробників на світовому ринку. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [1] встановлює необхідні вимоги для виробництва. Сучасні економічні відносини призвели до відкриття ринку та збільшення продажу фальсифікатів, зокрема у сегменті молочних продуктів.

Статистика фальсифікації молочних продуктів в Україні свідчить про серйозні проблеми в цій галузі. За останні роки зафіксовано значний відсоток продукції, що не відповідає стандартам якості: згущене молоко та сметана: близько 40% зразків вітчизняних виробників містили рослинні жири або інші добавки, що не відповідають стандартам; вершкове масло: лише 20% не містили рослинних жирів, що свідчить про високий рівень фальсифікації.

Згідно з міжнародним досвідом, найпоширенішими методами фальсифікації молочних продуктів є використання немолочних сировин, заміна молочних жирів на рослинні, підміна натуральних молочних білків на меламін або соєвий білок, а також застосування консервантів та харчових барвників. Хоча не всі сфальсифіковані продукти однаково небезпечні, такі добавки, як аспартам, можуть становити загрозу для людей з фенілкетонурією, а меламін у молоці небезпечний через створення ілюзії вмісту білка.

Звичайно ж, що не всі сфальсифіковані продукти тотожні щодо їх негативного впливу на людину. Так, загущення мукою, крохмалем, зниження кислотності содою ведуть до зниження харчової цінності та смаків. А от застосування консервантів, що не дозволені гігієнічними нормами – це вже загроза здоров'ю. Застосування аспартаму як підсолоджувача – це вже пряма загроза хворим на фенілкетонурію. І дуже небезпечним є меламін в молоці, який додають для створення враження (компенсації) вмісту білку. А щодо добавок рослинних жирів або ж заміна ними натурального жиру молока, то більшість вчених, медиків, дослідників впливу таких жирів на людський організм схиляються до визнання негативних наслідків від вживання цих рослинних жирів. [2]

Особливо небезпечними вважаються консерванти (саліцилова, борна, бензойна кислоти) та рослинні жири, які замінюють натуральні жири у молочних продуктах. Використання пальмового, кокосового та пальмоядрового жирів, отриманих з тропічних культур, є однією з найпоширеніших форм фальсифікації. Ці жири можуть негативно впливати на здоров'я, особливо у людей з хворобами шлунково-кишкового тракту і серцево-судинної системи.

Застосування рослинних жирів, в основному пальмового, кокосового і пальмоядрового – один із найбільш розповсюджених видів фальсифікації молочних продуктів [3-4]. Ці жири одержують з м'якоті або ядер плодів тропічних масляних культур пресуванням або екстракцією жирів органічними розчинниками. Тропічні жири здавна не характерні для харчування жителів України, тому і виникають проблеми токсиколого-гігієнічного характеру при введені їх в наш раціон. Особливий негативний вплив ці жири мають на людей з хворобами шлунково-кишкового тракту та серцево-судинної системи. Необхідне глибоке вивчення впливу на організм людини транс-ізомерів жирних кислот тропічних жирів та залишкових кількостей екстрагентів. Тропічні жири піддають гідрогенізації воднем для

збільшення термінів зберігання, при цьому жирні кислоти переходять в форму транс-ізомерів. А такі транс-ізомери порушують ліпідний обмін організму людини, вражають судини, викликають артеросклероз, серцево-судинні захворювання, діабет, онкологію, хворобу Альцгеймейра, особливо при споживанні з раннього віку. Пальмовий жир займає другу позицію (31 %) серед інших у їх світовому виробництві, соняшникова олія – четверте місце (9,14 %).

В розвинутих країнах світу прийнято декларувати вміст транс-ізомерів в харчових продуктах. Враховуючи, що ринок України заповнений гідрогенізованими рослинними жирами, в яких вміст транс-ізомерів досягає 49 %, необхідно проводити контроль за вмістом транс-ізомерів в масложирових продуктах на стадії державної експертизи і атестації виробництв, а також проводити періодичний контроль їхньої продукції і об'ємів використання тропічних жирів. Так, за даними проведених досліджень експертами ДП «Укрметртестстандарт» із перевірених зразків масла вершкового тільки у 20 % продукту не було вмісту рослинних жирів, наявність таких було виявлено в 40 % продукції вітчизняних виробників молока згущеного та сметани. Виявлені не тільки рослинні жири в таких продуктах, але й консерванти у виді сорбінової та бензойної кислот. У даний час вміст транс-ізомерів жирних кислот нормується і передбачається їх контроль в тваринно-рослинних жирах(спрейдах) згідно ДСТУ ISO 5508-2001 [5]. Закон України «Про молоко і молочні продукти» встановлює розмежування між молочними продуктами і продуктами, що вміщують замінники молочних складових, про що і повинно повідомлятися в споживчому маркуванні. [2]

Контроль за вмістом транс-ізомерів в Україні є критично важливим, оскільки гідрогенізовані рослинні жири можуть досягати 49% у складі продукції. Відповідно до досліджень, лише 20% вершкового масла не містили рослинних жирів, тоді як у 40% згущеного молока та сметани виявлено їх наявність.

Виконання попереджувальних дій із застосуванням поліпшення законодавчої та нормативної бази, ведення моніторингу та статистики виявлення фальсифікатів на ринку молочних продуктів, об'єктивного і неупередженого контролю зі сторони виробника і держави, усунення можливостей застосування засобів фальсифікації і невідповідної сировини, активне введення системи аналізу ризиків та контролю по НАССР 22000 і ДСТУ 4161-2003 «Системи управління безпечністю харчових продуктів» [6], інформація в ланці: виробник ↔ реалізатор ↔ споживач повинні забезпечити відсутність фальсифікатів продуктів.

Система контролю за якістю молочних продуктів в Україні потребує удосконалення. Державні стандарти не забезпечують достатньої виявлення фальсифікатів, а сучасні методи аналізу не впроваджені в практику. Необхідно покращити законодавчу базу, вести моніторинг фальсифікації на ринку, а також активізувати використання системи аналізу ризиків та контролю безпечності харчових продуктів. Це має забезпечити належний контроль на всіх етапах – від виробництва до споживання.

1. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» від 23.12.1997, № 771/97-ВР.

2. Сичов М. І. Питання якості, натуральності і токсикології молочних продуктів. Технологія і безпека продуктів харчування, Volume 9 Issue 4 / 2015 URL: https://journals.uran.ua/foodtech/article/view/55873/52039

3. Пальмова олія: українські традиції фальсифікації продуктів. URL: http://censor.net.ua.

4. Закон України «Про інформацію для споживачів щодо харчових продуктів».. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0522-19#Text).

5. ДСТУ ISO 5508-2001 Жири та олії тваринні і рослинні. Аналізування методом газової хроматографії метилових ефірів жирних кислот (ISO 5508:1990, IDT)

6. ДСТУ 4161-2003 Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги.

UDC 613.26.29

COMPENSATION OF POSITIONING ERROR IN ROBOTIC SYSTEMS

© Ivan Pytel[1], Maksym Vasylyk[2], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University, (Lviv, Ukraine), Department of Measuring Information Technologies, Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher..
[2]Lviv Polytechnic National University, (Lviv, Ukraine), Department of Measuring Information Technologies, student.

Currently, robotic systems (RS) are increasingly relied upon to perform tasks that they can perform more efficiently than humans or where the risk to human life exceeds acceptable levels. The most technologically advanced countries are developing RS that are capable of performing certain tasks with a high degree of autonomy without human intervention. Modern production sets progressively higher requirements for the accuracy of industrial robots.

Positioning accuracy is a critical indicator of the performance of robotic systems (RS). Errors that lead to poor positioning accuracy of industrial robots can be categorized into two categories: geometric and non-geometric errors. Geometric errors can be reduced through parameter identification and compensation, which can minimize the errors between nominal and actual parameters [1]. Due to the diversity and complexity of non-geometric error sources, they are typically ignored in the error compensation process.

Temperature effects can significantly impact the positioning error of robotic systems (RS) due to several key factors.

Metal and other materials used to make robot components (e.g., bodies, chassis, joints, axes) change their dimensions under the influence of temperature. This can lead to structural deformation and component misalignment, resulting in errors in motion and positioning accuracy. Temperature can affect the accuracy of positioning sensors (e.g. encoders, gyroscopes). Many sensors have thermal coefficients that can cause their measurements to change with temperature. This leads to incorrect position readings and, therefore, errors in motion control. Temperature changes also affect the properties of lubricants in the moving parts of robotic systems. For example, at low temperatures, lubricants may thicken, increasing friction and causing slower or less precise movement. At high temperatures, the lubricant loses its properties, which also affects positioning accuracy. Determining the impact of temperature on the positioning error of robotic systems requires a comprehensive approach that includes experimental, analytical, and modeling methods.

In case errors or inaccuracies in operation (e.g., inaccurate positioning, deviations from the trajectory) begin to occur during exploitation, calibration is performed. Modern systems often have software tools that indicate a loss of accuracy or deviation beyond acceptable limits. Most robotic systems have a regular maintenance and calibration schedule that depends on the manufacturer and operating conditions.

When performing statistical analysis of robotic systems, a wide range of mathematical methods and devices are used to determine the positioning error compensation coefficients. The method of analysis of variance (ANOVA) is widely used. It is used to determine whether there are significant differences in positioning error under different operating conditions (e.g., at different temperatures).

1 Ivan Pytel, Maksym Vasylyk, Jaroslaw Makal Calibration methods of industrial robots //Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2024. – Вип. 85, № 1. – С. 35–41.

УДК 546-482:661.846

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ГІДРОКСИДУ МАГНІЮ ПРИ ГІДРОЛІЗІ В РОЗЧИНАХ ХЛОРИДУ МАГНІЮ

© Михайло Сичов, 2024

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
доцент кафедри метрології, якості та стандартизації, к.т.н., доцент, mixail.sichov@gmail.com

Магній і його сполуки є одними із найбільш розповсюджених на Землі. Увагу вчених і технологів привернула можливість використання природних розчинів в якості сировини для отримання з них сполук магнію, в яких настала потреба з розвитком техніки. Такою сполукою став гідроксид магнію осаджений лужними реагентами з природних розчинів [1].

В наш час технології отримання гідроксиду і оксиду магнію бурхливо розвиваються у багатьох країнах. Існують і потреби новітньої техніки щодо отримання гідроксиду магнію і його оксиду у вигляді структур з частками нанорозміру. З гідроксиду магнію високої чистоти при його термічному розкладанні одержують оксид магнію для потреб енергетики, новітньої кераміки, в тому числі і прозорої, електротехнічних, оптичних і люмінофорних матеріалів, монокристалів та еталонів, особливо термостійких пластмас. Гідроксид магнію високої чистоти може слугувати як матричний матеріал для осадження на ньому інших метал-іонів при аналізах речовин і розчинів і таким чином може виконувати метрологічні завдання по зменшенню похибок при аналізах, збільшення чутливості приладів та правдивості результатів дослідження нейтронно-активаційним, рентгенофлуоресцентним та атомно-абсорбійним методами. Також можливо створювати метрологічні стандарти та еталони на основі високочистих сполук магнію.

Гідроксид магнію ($Mg(OH)_2$) є важливою промисловою сполукою, що використовується в різних галузях, зокрема в медицині, екології та матеріалознавстві. Основним методом його отримання є лужне осадження з природних сольових розчинів. Однак цей процес супроводжується низкою проблем, які можуть впливати на ефективність виробництва та якість кінцевого продукту [3, 4].

1. Контроль pH. Досягнення необхідного рівня pH для осадження гідроксиду магнію є критично важливим. Зазвичай для цього потрібен pH 9–11. Недостатній або надмірний рівень pH може призвести до неповного осадження, що знижує вихід продукції та чистоту гідроксиду.

2. Конкуренція з іншими іонами. Природні сольові розчини часто містять численні іони, такі як Na^+, Ca^{2+} та інші, які можуть конкурувати з Mg^{2+} за осадження. Це може призвести до утворення інших сполук, таких як кальцій- або натрій-гідроксиди, які ускладнюють очищення кінцевого продукту.

3. Температурні умови. Температура розчину впливає на швидкість реакції та осадження. Занадто низька або висока температура може негативно вплинути на процес. Неправильний температурний режим може призвести до утворення неконгруентного осаду, що знижує ефективність виробництва.

4. Наявність домішок. Природні розчини можуть містити органічні та неорганічні домішки, які можуть впливати на хімічні реакції. Це може призвести до зниження якості гідроксиду магнію та ускладнити подальшу обробку і очищення.

5. Технологічні витрати. Витрати на обладнання та хімікати для контролю pH та температури можуть бути суттєвими. Це підвищує загальні витрати на виробництво, що може знизити економічну ефективність процесу.

6. Кінетика реакцій. Швидкість реакцій осадження може бути низькою, що впливає на загальний вихід продукції. Низька кінетика може призвести до необхідності подовження часу реакції, що в свою чергу підвищує витрати на енергію.

7. Очищення та сепарація. Після осадження гідроксиду магнію потрібно виконати очищення та сепарацію осаду від рідкої фази. Складність цих процесів може призвести до втрат матеріалу та збільшення витрат на утилізацію відходів.

Виробництво гідроксиду магнію при лужному осадженні з сольових природних розчинів супроводжується рядом проблем, які можуть впливати на ефективність та еко-

номічність процесу. Для покращення виробництва необхідно зосередитися на оптимізації умов реакції, контролі домішок та розробці нових технологічних рішень, які дозволять підвищити вихід і чистоту кінцевого продукту.

Нами були виконано і проведено дослідження, які поєднали в собі результати, що направлені на досягнення високої хемосорбційної властивості гідроксиду магнію до більшості іонів домішкових металів та утворення при осадженні кристалічної структури з високими фільтраційними властивостями, що є важливим для ефективності відокремлення осаду сорбенту від очищених розчинів.

Вивчення впливу розбавлення лужномістких розчинів хлориду магнію на прикладі 2,0 моль/дм^3 $MgCl_2$, що містить 0,1 г-моль/дм^3 NaOH показало, що оптимальне значення розбавлення становить 500 разів. При цьому значення пересичення відповідно становило $S=[Mg^{2+}]\cdot[OH^-]/ДР\ Mg(OH)_2 \approx 7$, що забезпечило значення коефіцієнту фільтрації Кф = $8\cdot10^{-3}$ м/год., яке перевищує відоме значення Кф = $8\cdot10^{-9}$ м/год. для гідроксиду магнію, осадженого звичайним лужним способом. Одержані результати досліджень є придатними для всіх технологій отримання високочистих сполук магнію з різного виду сировинних розчинів, які містять іони магнію. Основою цих різноманітних технологій є необхідність застосовувати гідролізовані лугом і насичені гідроксокомплексами магнію концентровані розчини хлориду магнію та поєднати різні прийоми їхнього застосування (розбавлення) в залежності від концентрації магнію в сировинному або вже очищеному розчині солі магнію.

Щодо впливу властивостей частинок осаду до видалення з розчину мікрокількостей іонів домішкових металів, встановлено, що найбільшу здатність до їх сорбції мають частки осаду першої стадії при утворені зародкової фази [2].

Отримані результати дозволяють застосовувати сполуки магнію (хлорид магнію, гідроксид та оксид магнію), як матеріали для фармацевтичної промисловості та медицини. В останньому випадку способи застосування гідроксиду магнію придатні для отримання високочистих сполук лужних металів, зокрема, хлориду натрію в гемодіалізі і для приготування МР-фантомів у магнітно-резонансній томографії (МРТ) для перевірки метрологічних характеристик приладів установки МРТ.

Іншим напрямком використання є забезпечення метрологічних характеристик та достовірності результатів при лабораторних дослідженнях методами нейтронно-активаційного, рентгенофлуоресцентного та атомно-абсорбційного аналізів. При виконані яких дуже важливо, щоб матричний колектор, який використовують як основу, не мав вмісту сторонніх метал-іонів, що приводить до невірних результатів аналізів. Застосування високочистого гідроксиду магнію, як колектора-сорбента для виявлення сполук металів в аналізованих об’єктах, дозволяє уникнути спотворення результатів дослідження в лабораторних об’єктах і значно підвищити метрологічну надійність методів та уникати похибок при аналізах. На основі високочистої матриці з гідроксиду магнію можна виготовляти метрологічні еталони і стандарти для лабораторій, проводити метрологічну перевірку приладів та методик аналізів.

1. М. І. Сичов, «Особливості осадоутворення гідроксиду магнію при направленому гідролізі в розчинах хлориду», Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості, вип. 1(18), с. 6-14, Вер. 2021.

2. Сичов М. І., Коломієць Л. В., Боряк К. Ф. Вивчення умов отримання сполук магнію особливої чистоти із його хлориду. Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. 2017. Вип. 1(10). С. 10-14.

3. Zhang, Y., & Wang, J. (2021). "Synthesis and characterization of magnesium hydroxide from seawater. "Journal of Environmental Chemical Engineering.

4. Liu, X., & Yang, Z. (2020). "Separation and purification of magnesium hydroxide from seawater." Desalination.

УДК 681.518

РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРІОДИЧНИХ СИГНАЛІВ

© Олег Карпаш[1], Бандурка Артем[2], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), викладач, доцент технічних наук, професор
[2]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсант, artembandurka16@gmail.com

З розвитком сучасних технологій у світі з’явилася потреба у аналізі декількох параметрів сигналу одночасно, для цього почали створюватись методи багатопараметричних вимірювань. Особливо поширеними ці методи стають у таких галузях, як телекомунікації, радіоелектроніка, енергетика та метрологія, де сигнали можуть мати різну частотну структуру, а також варіювати за амплітудою, фазою та іншими параметрами. Особливо швидко зростає використання високочастотних сигналів у телекомунікаціях, де традиційні методи дослідження можуть виявитися недостатніми для повного аналізу таких сигналів.

Отже, з кожним роком почали зростати вимоги до швидкості, стабільності та точності вимірювань, що є критично важливим у всьому світі та повинно відповідати міжнародним стандартам. Розвиток новітніх технологій, таких як квантові сенсори та наноелектроніка, дає нам підґрунтя для створення пропозицій, щодо удосконалення методів багатопараметричних вимірювань періодичних сигналів.

Основною ідеєю нових удосконалень є збільшення чутливості та точності при обробці сигналів. Впровадження квантових технологій, зокрема квантових сенсорів або квантових вимірювальних пристроїв, дозволяє досягти нових рівнів точності та стабільності в багато-параметричних вимірюваннях. Їх робота базується на використанні властивостей квантових частинок (наприклад, атомів, фотонів або електронів) для вимірювання фізичних величин, таких як частота, амплітуда та фаза. Основними аспектами їх роботи є:

- суперпозиція – явище, яке у контексті квантових сенсорів означає, що частинки (наприклад, атоми або фотони) можуть бути в кількох станах (значеннях фізичних величин) одночасно;
- заплутаність – явище, яке дає змогу використовувати заплутані частинки, оскільки зміна одного об'єкта може бути точно відображена в зміні іншого;
- квантова інтерференція – явище, яке базується на взаємодії частинок в суперпозиції, що дозволяє виявляти зміни в параметрах.

Особливо важливим є незалежність від зовнішніх впливів, що дозволяє їм бути менш чутливими до зовнішнього шуму та робить ідеальними для точних вимірювань. Нижче приклади щодо впровадження використання квантових сенсорів для проведення вимірювань, а саме:

- надпровідних квантових інтерферометрів (SQUID), що мають високу чутливість домагнітних полів і можуть вимірювати періодичні сигнали з низьким рівнем шуму;
- атомних годинників, що дають змогу проводити надточні вимірювання часу і частоти, які є основою для синхронізації в системах передачі даних;
- квантових точок для вимірювання електричних та магнітних полів, а також для аналізу;
- сигналів, які можуть бути налаштовані для реагування на періодичні сигнали різної частоти.

На підставі представлених даних можна дійти висновку, що використання квантових сенсорів для вдосконалення методів багатопараметричних вимірювань періодичних сигналів має величезний потенціал для підвищення точності, чутливості та надійності вимірювань, що в подальшому може стати основою для розробки нових стандартів вимірювань. Основними викликами впровадження нових розробок можуть стати технічна складність (розроблення і налаштування квантових сенсорів можуть вимагати спеціальних умов) та вартість (високі витрати на розроблення та виробництво квантових сенсорів можуть обмежувати їхнє широке впровадження).

UDC 613.26.29

THE EXACTNESS OF ULTRASOUND SENSORS OF ROBOTICS

© Xinyu Zeng [1], Svyatoslav Yatsyshyn [2], 2024

[1]Lviv Polytechnic State University, PhD Student
[2] Dr.Sc. in Technical Sciences, Lecturer of Lviv Polytechnic State University

Robotization has become pivotal in modern industrial production, offering solutions to numerous challenges. However, accuracy limitations restrict their widespread adoption. Calibration, a process to refine mathematical models to correct manufacturing and assembly errors, as well as elastic and thermal deformations, can significantly improve industrial robot accuracy. This paper analyzes various robot calibration methods, their implementation strategies, and the specific features of each method.

Main Factors Influencing Robot Accuracy

Accuracy and repeatability are key performance metrics for industrial robots. Positional accuracy often degrades as a result of multiple factors [1] [2]:

Environmental influences: Temperature changes impacting robotic components.

Mechanical imperfections: Backlash, friction, and gear eccentricity.

Measurement errors: Sensor inaccuracies and instrument nonlinearity.

Calibration Techniques

Static Calibration

Involves identifying static parameters such as the geometry of joints and correcting for errors like thermal expansion and elasticity.

Dynamic Calibration

Focuses on parameters while the robot is in motion, accounting for mass distribution, actuator friction, and the rigidity of components.

Both methods rely on the precise measurement of the robot's kinematic parameters to adjust control algorithms and improve accuracy.

Calibration Process

The calibration process for industrial robots enhances positioning accuracy and repeatability through four stages: kinematic model development, pose measurement, parameter identification, and software compensation. First, the Denavit-Hartenberg (D-H) model is used to represent the robot's joints and links, but modifications may be needed to address real-world factors like joint misalignments or mechanical deformations [3].

Next, pose measurements are taken, as shown in Figure 1, using devices such as coordinate measuring machines (CMM) to track the robot's end-effector across multiple positions. This data is crucial for identifying discrepancies between the measured poses and the kinematic model predictions [4].

In the parameter identification stage, errors are corrected by optimizing the kinematic parameters. These corrections are then applied in the final stage—software compensation—where the control software adjusts the robot's movements in real-time to maintain accuracy. This process ensures precision in high-accuracy tasks, such as assembly or welding, and may include continuous calibration for dynamic environments.

Fig. 1. Calibration setup based on a coordinate measuring machine

Calibration is essential to improving robot positioning accuracy. The integration of both static and dynamic calibration methods ensures that robots maintain high precision across various applications. Future developments in artificial intelligence and self-calibration will further enhance robot adaptability in dynamic environments.

1. Karan B., Vukobratovic M. "Calibration and Accuracy of Manipulation Robot Models," Mechanism and Machine Theory, 1994.

2. Elatta A.Y., Gen L.P., Zhi F.L., Daoyuan Y., Fei L. "An Overview of Robot Calibration," Information Technology Journal, 2004.

3. Martinelli A., Tomatis N., Tapus A., et al. "Simultaneous Localization and Odometry Calibration for Mobile Robots," IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2003.

УДК 62-5

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА АВТОМОБІЛЕБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

© Тетяна Бубела [1], Назар Осечко [2], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, tetiana.z.bubela@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, naznoro12@gmail.com

Метрологія є наріжним каменем сучасного виробництва, забезпечуючи якість, надійність і ефективність продукції в різних галузях промисловості [1]. Автомобільна промисловість значною мірою покладається на точність компонентів для створення ідентичних і точних деталей [2]. Ця галузь була лідером завдяки технологічному прогресу, інноваціям та економічному зростанню протягом усієї історії промисловості [3].

Від проектування та створення прототипів до виробництва та забезпечення якості, метрологія сприяє відповідності специфікаціям дизайну та ефективності виробництва, відсутність якої означала б катастрофу для будь-якого автомобільного бізнесу як постійної проблеми [4].

Метрологічне забезпечення є обов'язковою і невід'ємною складовою автомобілебудівного підприємства. Основними завданнями для удосконалення метрологічного забезпечення вимірювальних систем є:

- аналіз поточного стану систем – коректна оцінка існуючих вимірювальних систем щодо їх точності, повторюваності та стабільності вимірювань, а також визначення джерел виникнення похибок вимірювань та оцінка їхнього впливу;
- оновлення стандартів і методик – проведення аналізу національних і міжнародних стандартів, що стосуються метрології, визначення, які аспекти стандартів потребують перегляду (застарілі методики, нові технології);
- процедура калібрування – розроблення та впровадження стандартизованих процедур калібрування, планування їх регулярних інтервалів залежно від типу вимірювального приладу та частоти використання;
- розвиток компетенції – основними компонентами даного пункту являється організація навчання персоналу принципам метрології та правильному використанню вимірювального обладнання;
- модернізація обладнання – виявлення застарілих або неточних вимірювальних приладів та заміна їх більш досконалими, оцінка потенціалу інтеграції цифрових і розумних технологій для підвищення точності вимірювань;
- імплементування заходів контролю якості – впровадження процедури контролю якості для моніторингу ефективності вимірювальних систем, розробка протоколів регулярних аудитів вимірювальних процесів;
- системи управління даними – впровадження системи управління даними для відстеження результатів вимірювань і тенденцій, використання статистичних методів для аналізу результатів вимірювань з метою постійного вдосконалення;
- документування та відстеження – створення надійної системи документування для записів калібрування та технічного обслуговування, забезпечення простежуваності до національних або міжнародних еталонів;
- моніторинг та контроль – визначення параметрів, які необхідно контролювати, розроблення системи моніторингу та контролю вимірювальних процесів для своєчасного виявлення відхилень;
- оцінка ризиків – проведення оцінки ризиків, пов’язаних з використанням вимірювальних систем, та розроблення заходів для їх мінімізації;

- співробітництво з національними метрологічними інститутами для отримання вказівок щодо передового досвіду та дотримання стандартів, участь у міжлабораторних порівняннях.

Складність якісного метрологічного забезпечення у виробництві пов'язана не тільки з нескінченним різноманіттям метрологічних завдань, специфікою умов проведення вимірювань, необхідністю наявності кваліфікованих кадрів [5], але і з різноманіттям вимірювальних систем, характеристики яких потрібно контролювати, а саме:

- точність – параметр, що характеризує ступінь близькості отриманого виміряного значення до істинного значення вимірювальної величини або ж реального стану вимірювального об’єкта;
- чутливість – співвідношення зміни виходу системи до зміни вхідного параметра, тобто є характеристикою, яка визначає здатність системи виявляти зміни в об'єкті вимірювання;
- стабільність – важлива характеристика, що відображає здатність системи зберігати свої вихідні параметри у часі, незважаючи на зміни в умовах експлуатації або зовнішніх впливах;
- швидкодія – час, необхідний для системи, щоб реагувати на зміни вхідного сигналу та стабілізуватися на новому рівні, тобто наскільки швидко система може відобразити зміни значень величини, які вона вимірює;
- лінійність – характеристика, яка визначає, наскільки добре вихідні значення системи пропорційні вхідним, вона описує, наскільки точно вимірювання відображає зміну вхідної величини в межах заданого діапазону;
- відтворюваність – здатність системи давати однакові результати вимірювань при повторних тестах в однакових умовах, це важлива складова точності вимірювань, оскільки вона свідчить про стабільність та надійність приладу;
- діапазон вимірювань – діапазон значень фізичної величини, який може бути точно виміряний даною системою або ж це мінімальні та максимальні значення, які може виміряти система;
- надійність – характеристика, що відображає здатність системи виконувати свої функції протягом визначеного часу без відмов і збоїв, що є критично важливим для забезпечення точності, стабільності та довговічності вимірювальної системи;
- інтерфейси та сумісність вимірювальних систем визначають способи, якими вони взаємодіють з іншими системами, пристроями або компонентами (апаратні, програмні інтерфейси, які забезпечують передачу даних, команд та керування).

Отож, на нашу думку, вирішення цих метрологічних завдань допоможе підвищити надійність і точність вимірювальних систем, що зрештою призведе до покращення рівня прийняття рішень.

Ця публікація підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 2022.01/0009 «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об’єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

1. (PDF) THE ROLE OF PRECISION METROLOGY IN ENHANCING MANUFACTURING QUALITY: A COMPREHENSIVE REVIEW (researchgate.net).

2. The importance of metrology and QC for auto manufacturing | GlobalSpec.

3. Improvements in Manufacturing Processes by Measurement and Evaluation Studies According to the Quality Management System Standard in Automotive Industry | SpringerLink.

4. The Vital Role of Metrology in the Automotive Industry | Eley Metrology.

5. Тимофеєва.pdf (kart.edu.ua).

УДК 62-5

ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ КІБЕР-ФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

© Святослав Яцишин[1], Юліан Бубела[2], Тетяна Бубела[3], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, sviatoslav.p.yatsyshyn@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, yulian.s.bubela@lpnu.ua
[3]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, tetiana.z.bubela@lpnu.ua

Для території України характерним є наявність практично всього спектру небезпечних явищ різного походження, які є джерелами виникнення надзвичайних ситуацій (НС). Частота виникнення і руйнівні наслідки НС вимагають прийняття оперативних заходів, спрямованих на їх запобігання, локалізацію та усунення. Головну роль у процесі попередження НС відіграє моніторинг, оскільки вимірювання, збір, аналіз і оцінка якісних і кількісних параметрів стану небезпечних явищ та процесів – потенційних джерел НС – дає змогу розробляти і реалізовувати заходи [1], спрямовані на порятунок життів і збереження здоров'я людей, зниження шкоди довкіллю, а також на локалізацію зон НС, припинення дії характерних для них небезпечних факторів.

Сьогодні засоби вимірювання й сигналізації використовуються в системах керування та екологічного моніторингу, що стрімко розвиваються. Це зумовлено сталим підвищенням вимог щодо екологічної безпеки. Єдина державна система запобігання і розвитку надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру в Україні потребує вдосконалення технічного забезпечення для її функціонування. На підприємствах нафто- та газовидобувної, переробної та транспортної галузі, а також хімічної промисловості і атомної енергетики особливо можна виділити морально і фізично застаріле існуюче обладнання для запобігання НС.

Таким чином, актуальним є завдання розроблення кібер-фізичної системи, яка дає змогу здійснювати моніторинг та прогнозування місця, часу, можливостей виникнення нових осередків небезпеки, оцінку ризику для населення, а також підготовку управлінських рішень щодо локалізації та ліквідації природних та техногенних катастроф, що є особливо актуальним для об’єктів критичної інфраструктури.

Попередження НС в рамках системи моніторингу як для їх запобігання (зниження ризику виникнення), так і з метою зменшення втрат і збитків від них (пом'якшення наслідків) проводиться за такими напрямками:

– моніторинг навколишнього середовища і стану потенційно небезпечних об'єктів;

– прогнозування НС та оцінка ризику їх виникнення.

Об'єктами моніторингу повинні бути: атмосферне повітря, водні ресурси, рослинний світ, тваринний світ, лісовий та сільськогосподарський фонди, геологічне середовище, будівлі та споруди, потенційно небезпечні об’єкти, об’єкти підвищеної небезпеки [2].

За масштабом наслідків НС діляться на:

– локальні, об’єктові;
– місцеві;
– регіональні;
– загальнодержавні (національні);
– континентальні;
– глобальні (загальнопланетарні).

За походженням НС можна класифікувати як:

– техногенні;
– природні;
– соціально-політичні;
– військового характеру.

Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види. Надзвичайні ситуації техногенного характеру – це транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах тощо. Моніторингові дані щодо загрози виникнення або виникнення НС техногенного характеру проводяться з метою:

– виявлення негативних явищ техногенного характеру на території України та поблизу її кордонів;

– моніторингу стану потенційно небезпечних об’єктів та прилеглих територій;

– відстеження техногенного забруднення морських акваторій морів (виливи нафтопродуктів, катастрофи морських суден), стану водосховищ та річок (моніторинг стану водної мережі в районах розташування потенційно небезпечних об’єктів);

– моніторингу фактів викиду в атмосферу радіоактивних речовин на території України та поблизу її кордонів.

Надзвичайні ситуації природного характеру – це небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація грунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери тощо.

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру – це ситуації, пов’язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об’єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв’язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення або захоплення зброї, виявлення застарілих боєприпасів тощо.

Надзвичайні ситуації військового характеру – це ситуації, пов’язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, нафтопродуктів, транспортних та інженерних комунікацій тощо.

Побудова кібер-фізичних систем моніторингу виникнення НС ставить певні вимоги до підсистем збору інформації, які повинні забезпечувати високий рівень її достовірності. Це істотно залежить від способів побудови та вимог до функціонування сенсорних мереж [3].

Ця публікація підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 2022.01/0009 «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об’єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

1.L iashenko, O., Kyryichuk, D., Krugla, N., Lozhkin, R. Development of a decision support system for mitigation and elimination the consequences of natural disasters in Ukraine. In International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 2019. Vol. 19. pp. 825–832.

2. ДСТУ 7742:2015 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Моніторинг джерел надзвичайних ситуацій. Основні положення.

3. ДСТУ ISO/IEC 20005:2016 Інформаційні технології. Сенсорні мережі. Сервіси та інтерфейси, які підтримують спільне оброблення інформації в інтелектуальних сенсорних мережах (ISO/IEC 20005:2013, IDT).

УДК 681.518.22

УЗАГАЛЬНЕНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

© Ігор Григоренко, 2024

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут" (Харків, Україна),
професор кафедри Інформаційно-вимірювальні технології і системи, доцент,
Ihor.Hryhorenko@khpi.edu.ua

Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) розробляються і виготовляються для конкретних завдань промисловості або наукових досліджень [1]. На точність та вірогідність результатів вимірювань, які отримані за допомогою таких систем впливає велика кількість зовнішніх і внутрішніх факторів, що можуть діяти як окремо один від одного так і здійснювати взаємний вплив. У таких умовах стає задача оцінки рівнів факторного впливу, бо без цього неможлива ні розробка адекватної моделі ІВС, ні забезпечення потрібної точності та вірогідності вимірювань. Одним з основних етапів методу контролю якості функціонування ІВС незалежно від її призначення є дослідження дії факторного впливу на результат вимірювання показника контролю. Під якістю роботи ІВС будемо розуміти дотримання ІВС встановлених метрологічних характеристик і як наслідок – підтримка встановлених норм на вихідні параметри продукції. Для виявлення ступеню факторного впливу на вихідні характеристики ІВС розробники використовують різні методи обробки вимірювальної інформації. Обробка даних проводять методами статистичного аналізу [2] першим з яких є дисперсійний аналіз, що дозволяє розкласти розсіювання результатів на складові, які обумовлені дією встановлених рівнів факторів, а також використовують структурно-алгоритмічні та тестові методи контролю. Використання вказаних вище методів здійснюється часто окремо один від одного і не існує узагальненого методу контролю якості функціонування ІВС різного призначення, який враховує переваги існуючих методів за для забезпечення високої точності та вірогідності отриманих результатів.

Для вирішення задачі запропоновано узагальнений метод контролю якості функціонування ІВС різного призначення з урахуванням дії випадкових факторних впливів. Він об'єднує переваги методів статистичного аналізу, тестових методів контролю, теорії нечітких множин та теорії розрахунку невизначеності вимірювань. Суть методу полягає у тому, що для ІВС здійснюється формуються адитивних і мультиплікативних тестових впливів і у залежності від реакції системи блок аналізу метрологічної ситуації обирає один з двох шляхів подальшої роботи. Перший шлях обирається за потребою врахування дії факторного впливу на роботу ІВС: розробляється модель факторного впливу за допомогою дисперсійного аналізу, проводиться коваріаційний аналіз, дискримінантний аналіз з оцінюванням рівнів інформативності показників контролю. Другий шлях обирається при необхідності перевірки гіпотези про відсутність порушень стабільності технологічного процесу. Незалежно від обраного шляху розробляється ситуаційна системи з нечіткою логікою для визначення дії факторного впливу на якість показника контролю; встановлюється наявність кореляції між факторами, що впливають на показник контролю; проводиться розрахунок сумарної стандартної невизначеності для корельованих або некорельованих даних із подальшим розрахунком розширеної невизначеності. Надалі приймається рішення про дотримання умов технічного завдання. Завдяки використанню узагальненого методу підвищується точність та вірогідність контролю якості функціонування ІВС різного призначення.

1. Григоренко І.В., Кондрашов С.І., Григоренко С.М. Інформаційно-вимірювальні технології та системи : навчальний посібник. Харків : «Факт», 2023. 254 с.

2. Ihor Hryhorenko, Elena Tverytnykova, Svitlana Hryhorenko, Viktoria Krylova. Research of microprocessor system by methods of statistical analysis. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), 2022. Kharkiv, Ukraine. p. 102–107.

UDC 366.5

PROTECTION OF CONSUMER RIGHTS: COMPARATIVE ANALYSIS OF LITHUANIAN AND UKRAINIAN LEGISLATION

© *Leonid Kolomiets, 2024*

State University of Intelligent Technologies and Communication, Ukraine, Professor of the Department of Metrology, Quality and Standardization, leonkolom61@gmail.com

"The consumer is a voice that is almost inaudible," said US President John Kennedy, thereby pointing to the insufficient level of attention on the part of the state to the problems of ordinary citizens. Since then, the protection of consumer rights has been one of the main priorities of the state policy of the developed countries of the world.

In countries with a transition economy, feedback between the state and the consumer is very weak, which disrupts the balance in the triangle "power – business – consumer", creating a constant threat of social instability. Establishing a connection is possible under the condition of active participation of the public in the formation of state consumer policy, development of legal, economic and organizational measures. State protection of consumer rights is when the government provides citizens with the protection of their interests as consumers, provides the opportunity to freely choose products and guarantees the receipt of products (services) in volumes that ensure the level of consumption necessary to maintain health and life.

In 2019, the State Service of Ukraine for Food Safety and Consumer Protection and the State Service for Protection of Consumer Rights of the Republic of Lithuania concluded a Memorandum on the main areas of cooperation in the field of consumer rights protection.

What experiences of Lithuanian colleagues should be used in Ukraine?

Issues of protection of consumer rights and protection of competition in business activities are legally enshrined in Art. 46 of the Constitution of Lithuania and in Art. 42 of the Constitution of Ukraine.

Lithuania has borrowed the best practices of the EU, legislating a new institutional structure in the profile law "On the Protection of Consumer Rights", which consists in significant decentralization of powers in this area: responsibility for the protection of consumer rights is divided between public bodies (central and local) and the private – public sector .

The Law of Ukraine "On the Protection of Consumer Rights" of 2023, which provides for the adaptation of Ukrainian legislation to EU legislation, thanks to which Ukrainian consumers will have the same rights and guarantees as EU citizens, will enter into force no earlier than the day martial law ends. The current profile law of 1991 has undergone more than 30 amendments, which have not changed the rigidly centralized, bureaucratic model of consumer protection.

The State Production and Consumer Service of Ukraine has similar functions to the Lithuanian one, but it mainly deals with consumer complaints and business inspections, rather than serious analytical and legislative work, as is done in Lithuania.

In Lithuanian specialized public organizations for the protection of consumer rights, it is possible to receive subsidies from the state budget, which allows them to actively conduct marketing research, carry out legal examinations, etc. Each municipality has a special subdivision for compliance with consumer protection legislation, unlike the Ukrainian one, where local self-government bodies only "have the right" to create structural subdivisions.

In Lithuania, every business structure is obliged to ensure the availability of an appropriate customer service department, which promptly responds to customer complaints, comprehensively informs them about goods or services, which, unfortunately, cannot be said about Ukrainian legislation.

In order to bring the Ukrainian consumer rights protection system closer to EU standards, it is necessary to at least provide it with similar Lithuanian functions; implement mechanisms for out-of-court settlement of consumer disputes by developing a law on mediation; transfer all communication between consumers and public bodies to a digital format.

УДК 623

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЦИФРОВИХ МУЛЬТИМЕТРІВ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА

© Богдан Воробйов, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації

В сучасних умовах, коли науково-технічний прогрес постійно прискорюється, підвищуються вимоги до точності та надійності засобів вимірювальної техніки, зокрема цифрових мультиметрів. Особливе значення це питання набуває в контексті військового комплексу, де контроль параметрів електричних сигналів є ключовим фактором для забезпечення надійної роботи радіоелектронних систем. Зокрема, застосування іноземних мультиметрів стає все більш поширеним, що вимагає розробки єдиної методики їх метрологічної перевірки для відповідності вимогам національних та міжнародних стандартів [1-4].

Запропонована методика включає комплекс процедур для оцінки точності вимірювання ключових електричних величин – напруги, струму, опору. Основою методики є застосування цифрових алгоритмів для аналізу похибок при різних режимах вимірювання та зовнішніх умовах експлуатації. Важливим етапом є метрологічна перевірка приладу, яка дозволяє врахувати температурні та інші впливи середовища, що можуть призводити до відхилень у результатах вимірювань. Для цього застосовуються референтні джерела напруги та струму, що дають можливість порівняння результатів з еталонними значеннями.

Методика метрологічної перевірки мультиметрів також включає розробку стандартних тестів для кожного з режимів роботи мультиметра. Це дозволяє отримати стабільні та достовірні результати вимірювань, незалежно від виробника приладу. Особливу увагу приділено використанню сучасних технологій автоматизації процесу метрологічної перевірки, що знижує ймовірність людської помилки та прискорює процес самої метрологічної перевірки. Запровадження таких систем метрологічної перевірки дає можливість забезпечити належне метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки у різних сферах – від військових вимірювальних лабораторій до експлуатації у пересувних лабораторіях вимірювальної техніки.

Результати дослідження підтверджують ефективність запропонованої методики для підвищення точності вимірювань у широкому спектрі умов експлуатації. Застосування цієї методики дозволить збільшити довіру до іноземних мультиметрів, зокрема у військовій галузі, де точність вимірювань відіграє критичну роль для контролю систем озброєння.

1. Базилевич А. І., Коваленко В. І. Метрологія, стандартизація та сертифікація. – Київ: Техніка, 2018.

2. Денисенко М. О. Цифрові методи вимірювання електричних величин. – Харків: ХНУРЕ, 2020.

3. S. Kaplan. Digital Multimeters and Calibration Techniques. – Springer, 2019.

4. ГОСТ 8.002-85. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологія: Основні положення. – Київ: Держстандарт, 2017.

УДК 623

МАЙБУТНІ ТРЕНДИ СИСТЕМ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ

© Галина Оляш[1], Писаренко Денис[2], 2024

[1]Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
старший викладач кафедри метрології, якості та стандартизації, galaolyash@gmail.com
[2]Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), магістрант

За останні двадцять п'ять років світ став свідком розвитку різних соціально-економічних секторів, через що життя стало складнішим у різних аспектах, включаючи безпеку та безпеку людей. Таким чином, потреба у забезпеченні та моніторингу стала необхідністю. Таким чином, камери спостереження, встановлені в громадських і приватних приміщеннях, є відповідним рішенням для забезпечення безпеки. Як правило, людські ресурси спрямовані на спостереження за цими камерами 24 години на добу, що робить постійний моніторинг дуже дорогим. Таким чином, автоматизована система моніторингу подій у різних місцях, яка використовує камери спостереження, є вкрай необхідною. Створення автоматичної системи відеоспостереження є можливим рішенням. Основна роль такої автоматичної системи полягає в підтримці людини-оператора для виконання різних завдань моніторингу [1]. Впровадження автоматизованих систем відеоспостереження має вирішальне значення для захисту підприємства та забезпечення благополуччя персоналу. Ці системи забезпечують захист власності, запобігання злочинам і різноманітні переваги безпеки, які покращують декілька аспектів діяльності підприємства.

Краща система безпеки, яка забезпечує автоматичний аналіз даних, наданих спостереженням, з меншою кількістю людських операцій, набуває все більшого попиту. У цій галузі досліджень уже досягнуто величезного прогресу. З розвитком технології використання датчиків зображення в мережах бездротових датчиків призвело до значного вдосконалення в області відеосенсорних мереж (VSN). Датчики зображення, підключені до цих мереж, можуть отримувати велику кількість відеоінформації [2]. VSN складаються з камер, які знімають мультимедійні дані із зони моніторингу. Він може підтримувати багато додатків, включаючи системи відеоспостереження, віртуальну реальність, персональний догляд тощо. Вони пропонують нові можливості для багатьох перспективних додатків порівняно зі скалярними сенсорними мережами. Крім того, пристрої оснащені датчиками зображення, достатньою обчислювальною потужністю та пам'яттю. Бездротові інтерфейси використовуються для зв'язку між пристроями VSN у мережі. У всіх цих програмах VSN відстежують сцени, які вимагають спостереження, використовуючи численні аналізи записаних даних. Найважливішим застосуванням є системи спостереження, які потребують кількох датчиків. Наприклад, ці датчики можуть сприймати, наприклад, будь-які рухомі об'єкти, а потім відстежувати їх [3]. У галузі досліджень відеоспостереження аналіз інформації є найбільшою проблемою, яка стоїть перед комп'ютерним зором. У цій галузі застосовано декілька підходів, зокрема для виявлення, класифікації та розпізнавання об'єктів або подій, що є основним завданням систем відеоспостереження. Для забезпечення якісного спостереження ці системи потребують кращого аналізу даних, тому обговоримо майбутні тенденції систем відеоспостереження на підприємствах.

Камери з штучним інтелектом (далі – ШІ) безпеки підприємства відіграють важливу роль у підтримці безпеки співробітників, відстежуючи потенційні загрози, такі як несанкціоновані вторгнення або насильство на робочому місці. Вони також сприяють підзвітності та перешкоджають неналежній поведінці серед працівників, сприяючи більш безпечному та професійному робочому середовищу.

У будь-якій системі відеоспостереження (VSS) є два основних компоненти: компонент архітектури та компонент програмного забезпечення. Перший компонент або зовнішнє завдання VSS полягає в зборі та передачі даних, поки вони не будуть отримані на головній станції для запису. Усі запропоновані архітектури представляють методи передачі даних на

центральну станцію для аналізу. Ці завдання базуються на технологіях обробки сигналів і мережевих технологій. Дослідники запропонували багато робіт, пов'язаних з автоматичними системами відеоспостереження за останні 20 років. Вони намагалися вирішити найскладніші проблеми, пов’язані з архітектурою цих систем, а також їх функціональними можливостями. Були проведені дослідження багатьох завдань відеоспостереження, особливо тих, які необхідні для забезпечення безпеки. Серед цих завдань – розпізнавання об’єктів, класифікація об’єктів, виявлення та відстеження рухомих об’єктів.

Щоб впровадити надійні протоколи безпеки, важливо враховувати найсучасніші стандарти і технології. Наприклад, використання шифрування даних за допомогою протоколів TLS (Transport Layer Security) може забезпечити захист інформації від несанкціонованого доступу. Також важливо встановити сильні паролі, використовувати двофакторну аутентифікацію та вести постійний моніторинг системи на предмет можливих загроз. Потрібно постійно оновлювати програмне забезпечення і враховувати безпеку даних як один із найважливіших аспектів роботи з інформацією.

Протокол TLP (Transmission Line Protocol) – це протокол зв’язку, який використовується в комп’ютерних системах і мережах для передачі даних на великі відстані. Він зазвичай використовується в мережах зберігання даних (SAN) і високопродуктивних обчислювальних середовищах для забезпечення надійної та ефективної передачі даних[5].

Серед основних завдань автоматизованої системи спостереження є спостереження за середовищем спостереження за допомогою камер на підприємствах встановлюють відповідні камери безпеки для кожного критичного місця. Біля входу в ми встановлюємо камери відеоспостереження 4K з кольоровим нічним баченням і функціями виявлення людей/транспортних засобів, що забезпечує чітке зображення навіть у темряві. Вхід у будівлю захищено камерами 360° PTZ, які забезпечують моніторинг без сліпих зон високого рівня безпеки. У поєднанні з терміналами розпізнавання обличчя та електромагнітними дверима несанкціонований доступ ефективно запобігає.

У зоні прийому 2-мегапіксельні кульові камери з широким динамічним діапазоном 120 дБ і вбудованими мікрофонами справляються з різними умовами освітлення та записують чистий звук. Коридори робочого простору контролюються 5-мегапіксельними варіофокальними купольними камерами, що забезпечує постійне спостереження та сповіщення в режимі реального часу. Ліфти оснащені 2-мегапіксельними фіксованими корпоративними камерами безпеки, які забезпечують високоякісне відео та функціональність WDR для адаптації до мінливих умов освітлення. У ресторані використовуються 5-мегапіксельні камери «риб’яче око» для спостереження на 360°, інфрачервоне нічне бачення та функції теплової карти. Тренажерний зал охороняється 2-мегапіксельними баштовими відеокамерами бізнес-спостереження, які легкі, зручні та оснащені інфрачервоним підсвічуванням. На рисунку 1 представлена розподіл відеокамер на підприємстві[4]:

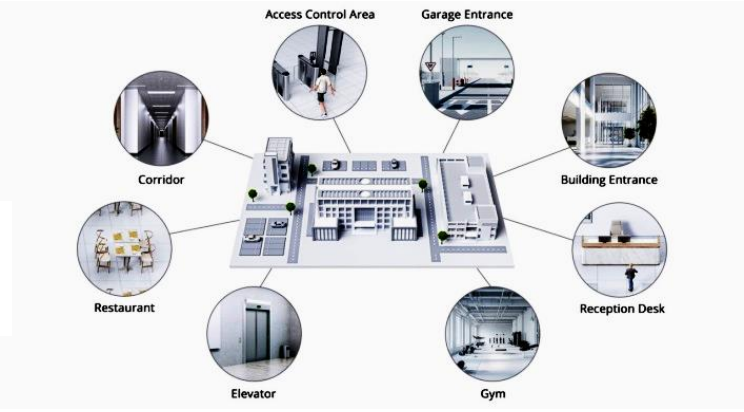


Рис. 1. Встановлення IP-камер спостереження на підприємстві

Відеоспостереження відіграє важливу роль у забезпеченні фізичної безпеки малих і великих підприємств. Опитування IFSEC Global попросило понад 400 спеціалістів із

безпеки висловити свою точку зору щодо використання відеоспостереження в їхніх організаціях у 2024 році.

Звіт про відеоспостереження за 2024 рік визначив штучний інтелект (ШІ) як ключову тенденцію в технологічній вертикалі: 58% респондентів прийняли або встановили камери з підтримкою ШІ в минулому році. Класифікація об'єктів, розпізнавання номерних знаків і зменшення помилкової тривоги були названі основними перевагами безпеки спостереження з підтримкою ШІ.

Дослідження також попросило керівників служб безпеки оцінити використання стеження, не пов'язане з безпекою: перевірки транспортних засобів вважаються першим впровадженням стеження, не пов'язаним з безпекою, за яким йдуть бізнес-аналітика, оптимізація робочого місця, пожежна безпека та готовність до надзвичайних ситуацій.

Однак, за словами респондентів, із впровадженням штучного інтелекту також виникли проблеми з кібербезпекою. Майже 74% керівників служби безпеки заявили, що вони «дуже» або «дуже» стурбовані вразливістю своєї системи спостереження до кібератак. У звіті зазначено, що поширеність систем IP-камер безпеки є проблемою для кібербезпеки спостереження.

За словами кінцевих користувачів безпеки, кібер-бекдори, створені виробниками технологій, були їх головною проблемою для спостереження (25%), за якою йдуть проблеми з установкою (19%) і неадекватний захист обладнання (14%). На запитання, хто має нести основну відповідальність за кібербезпеку системи спостереження, 30% респондентів назвали виробників, 27% сказали, що фізична безпека кінцевих користувачів, а 26% назвали кінцевих користувачів кібербезпеки.

Штучний інтелект і безпека на підприємстві є ключовими аспектами, яким бізнес повинен приділяти пріоритет. Технології штучного інтелекту можна використовувати для покращення заходів безпеки, таких як виявлення аномалій у мережевому трафіку, ідентифікація потенційних загроз кібербезпеці та автоматизація реагування на інциденти безпеки. Однак підприємствам важливо переконатися, що системи штучного інтелекту є безпечними та не вразливими до атак. Регулярні перевірки безпеки, шифрування даних, контроль доступу та моніторинг систем ШІ є важливими кроками для захисту від потенційних ризиків безпеці. Загалом безпечна інтеграція технологій штучного інтелекту в діяльність підприємства може значно посилити загальну безпеку підприємства.

1. ДСТУ EN 62676-4:2017 Системи відеоспостереження охоронного призначення. Частина 4. Правила застосування (EN 62676-4:2015, IDT)

2. Відеоспостереження і охоронні системи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: http:// https://secur.ua.

3. Загальний підхід до проектування систем відеоспостереження // Режим доступу: http://skaz.com.ua/jurnalistika/11745/index.html.

4. Проект відеоспостереження // Режим доступу: https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/sistemy_vidyeonablyudeniya/psv/.

5. Технології для відеоспостереження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: https://viatec.ua.

УДК 621.9; 614.8

РОЗРОБКА ВИПРОБУВАЛЬНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ОЦІНКИ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНИХ ТУРНІКЕТІВ

© Дмитро Молодцов[1], Костянтин Шевченко[2], 2024

[1]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, molodtsov.ukrtest@gmail.com
[2]Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Київ, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, k.shevchenko@kpi.ua

На теперішній час для зупинки критичної кровотечі у військовій медицині та в цивільному житті широко застосовуються механічні турнікети. У військовій медицині механічні турнікети є фактично єдиним засобом першої допомоги, що використовується для швидкої зупинки кровотечі у поранених, оскільки неможливість надання в бойових умовах кваліфікованої допомоги може призвести до смерті за кілька хвилин. В цивільному житті механічні турнікети застосовуються під час дорожньо-транспортних пригод, природних та техногенних катастроф. Одним з критеріїв якості механічних турнікетів є відповідність основних функціональних характеристик. Відповідно до міжнародного стандарту IEC 60601- 1 [1] основною функціональною характеристикою медичних виробів є характеристика клінічної функції, яка не пов'язана з основною безпекою, коли відмова функції або її погіршення за межі, визначені виробником, призводить до неприйнятного ризику. До основних функціональних характеристик механічних турнікетів відносять: тиск перекриття, втрату тиску після накладання протягом 2-х годин, градієнт тиску [2].

Суттєвий зріст попиту на механічні турнікети призвів до появи великої кількості моделей та різновидів турнікетів, основні функціональні характеристики яких не перевірені, та не підтверджені. Як наслідок цього, оцінка основних функціональних характеристик механічних турнікетів має принципово важливе значення для підвищення безпеки застосування механічних турнікетів.

З метою оцінки основних функціональних характеристик механічних турнікетів запропоновано конструкцію випробувального стенду.

Для забезпечення середньостатистичної довжини охвату нижньої кінцівки дорослої людини [3] (≈80 см) використовується металевий корпус. Основними параметрами корпусу є: матеріал сталь Ст3; діаметр 255 мм, висота 330 мм; товщина стінки 1,5 мм; максимальний робочий тиск 2,7 МПа.

Металевий корпус було розрізано на дві рівні частини перпендикулярно утворюючої циліндричної поверхні: верхню і нижню. Нижня частина корпусу жорстко зафіксована шурупами до єдиної основи – столу. До верхньої частини закріплені кутники з отворами через які вона за допомогою шпильок та гайок кріпиться до того ж столу, формуючи разом із нижньою частиною міцну конструкцію. Окрім цього до верхньої частини корпусу закріплено фланець, що герметизує і утримує гумовий резервуар.

Для відтворення фізичної властивості кінцівки людини під час накладання механічного турнікету використовується гумовий резервуар, який розміщується в середині металевого корпусу. Гумовий резервуар виготовлений з гуми 416-В (тип спеціалізованої гумової суміші, яку використовують у виробництві гумотехнічних виробів, що працюють в умовах підвищених навантажень та мають високу стійкість до температурних коливань) має подібні фізичні та механічні властивості до тіла людини. Теплопровідність гуми 416-В дорівнює 0,41 Вт/(м·К), щільність 1475 кг/м^3 [4]. Гума 416-В має модуль Юнга в діапазоні **1…10 МПа**, що визначає її здатність до еластичних деформацій і повернення до початкової форми після навантаження [5]. В свою чергу теплопровідність тіла людини в середньому становить 0,48 Вт/(м·К), а щільність тіла людини в середньому 1036 кг/м^3 [6]. Модуль Юнга для шкіри становить приблизно 0,5…1 МПа [7], а для м'язів і сухожиль коливається в межах 1…5 МПа [8]. Враховуючи фізіологічні властивості людини (середня товщина шкіри на більшості ділянках тіла складає близько 1…2 мм) [9], відповідно товщина стінок гумового резервуару становить 1,5 мм.

Застосування гумового резервуару з зазначеного типу гуми та вказаної товщини стінок дозволяє імітувати анатомічну реакцію (пружність шкіри та м'язових тканин) та відтворювати фізичні властивості кінцівки людини при накладанні механічного турнікету. При цьому для

повного відтворення умов цільового використання механічного турнікету поверх гумового резервуару накладено тканину, яка зменшує тертя між турнікетом та гумовим резервуаром. Зменшення тертя необхідне для рівномірного розподілу тиску по довжині охвату гумового резервуару в місці накладання турнікету.

Встановлений гумовий резервуар у нижній та верхній частинах має ввідну та вивідну трубки з запірними кранами. Для унеможливлення розширення з'єднувальних елементів під дією тиску застосовуються жорсткі металеві з'єднання. Через нижню ввідну трубку вводиться рідина (для виключення газоутворення). Верхня вивідна трубка слугує для під'єднання до засобу вимірювальної техніки.

В якості рідини для заповнення гумового резервуару використовується дистильована вода. Підтримка стабільного тиску у гумовому резервуарі забезпечується за рахунок дегазації води перед початком випробувань, що унеможливлює коливання об'єму і тиску, утворення бульбашок, кавітації і зміни властивостей рідини (щільності, в'язкості) [10-11].

Також слід зауважити, що м'язи та тканини людського тіла в значній мірі складаються з води і мають властивості, схожі на рідину. А рідина у гумовому резервуарі може передавати тиск подібно до того, як це відбувається в кінцівках людини. Гумовий резервуар з рідиною забезпечує гнучкість і здатність до деформацій, що дозволяє більш точно відтворювати форми кінцівок людини та рух механічного турнікету по них.

Запропонована конструкція випробувального стенду дозволяє визначати наступні основні функціональні характеристики механічних турнікетів: тиск перекриття, втрату тиску після накладання турнікету протягом 2-х годин, градієнт тиску. Забезпечує відтворюваність та повторюваність випробувань, дозволяє проводити оцінку метрологічної невизначеності згідно ISO/IEC Guide 98-3 [12].

1. *IEC 60601-1 Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance.*
2. *Молодцов, Д., & Шевченко, К. (2024). Аналіз методів оцінки основних функціональних характеристик механічних турнікетів. Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування, (67(1), 91–95. https://doi.org/10.20535/1970.67(1).2024.306865*
3. *Gordon, C. C., Blackwell, C. L., Bradtmiller, B., Parham, J. L., Barrientos, P., Paquette, S. P., ... & Kristensen, S. (2014). 2012 anthropometric survey of us army personnel: Methods and summary statistics. Army Natick Soldier Research Development and Engineering Center MA, Tech. Rep.*
4. *Чиркин, В. С. (1968). Теплофизические свойства материалов ядерной техники.*
5. *Ashby, M. (2016). Material property data for engineering materials. Engineering Department and Granta Design, 27.*
6. *Webb, R. C., Pielak, R. M., Bastien, P., Ayers, J., Niittynen, J., Kurniawan, J., ... & Rogers, J. A. (2015). Thermal transport characteristics of human skin measured in vivo using ultrathin conformal arrays of thermal sensors and actuators. PloS one, 10(2), e0118131.*
7. *Yazdi, S. J. M., & Baqersad, J. (2022). Mechanical modeling and characterization of human skin: A review. Journal of biomechanics, 130, 110864.*
8. *Martin, R. B., Burr, D. B., Sharkey, N. A., Fyhrie, D. P., Martin, R. B., Burr, D. B., ... & Fyhrie, D. P. (2015). Mechanical properties of ligament and tendon. Skeletal tissue mechanics, 175-225.*
9. *Oltulu, P., Ince, B., Kokbudak, N., Findik, S., & Kilinc, F. (2018). Measurement of epidermis, dermis, and total skin thicknesses from six different body regions with a new ethical histometric technique. Turkish Journal of Plastic Surgery, 26(2), 56-61.*
10. *Novak, J. A. (2005). Cavitation and bubble formation in water distribution systems (Doctoral dissertation, Virginia Tech).*
11. *Garudachari, B., Al-Odwani, A., Kumar, R., Al-Tabtabaei, M., & Al-Rughaib, M. (2021). Membrane degasification for desalination industries: a literature review. Desalination and Water Treatment, 238, 28-37.*
12. *International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission. (2008). Guide 98-3: Uncertainty of measurement, Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement. (No Title).*

УДК 621.9; 614.8

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ПАКУВАНІ ХАРЧОВІЙ ПРОДУКТІВ

© Лідія Зіангірова[1], Серенков Микола[2],Оляш Галина[3], 2024

[1]Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
кандидат технічних наук, доцент кафедри метрології, якості та стандартизації
[2]Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна), магістрант

Безпека харчових продуктів є пріоритетом як для виробників, так і для споживачів. Упаковка не лише захищає продукцію від механічних пошкоджень та впливу навколишнього середовища, але й запобігає контакту з мікроорганізмами та гарантує, що продукти безпечні для споживання. Крім того, правильне пакування допомагає підтримувати оптимальні умови зберігання, що важливо для продуктів, чутливих до текстури, смаку та запаху[3].

На даний час плівка, клейка стрічка та термозбіжна плівка є невід'ємними елементами сучасного пакування. Їх функції варіюються від забезпечення герметичності та захисту від світла до створення оптимальних умов для тривалого зберігання. Кожен з цих елементів сприяє збереженню свіжості, запобігаючи окисленню і втраті вологи, а також зберігаючи зовнішній вигляд продукту під час зберігання і транспортування[4].

Наноупаковка для харчових продуктів є важливим елементом на сучасному споживчому ринку. Збереження поживних властивостей та якості харчових продуктів, забезпечення безпеки та здоров'я споживачів, задоволення споживчих потреб – основні вимоги до харчової упаковки, яка є невід'ємною частиною виробничого процесу. З огляду на це, виробники харчової упаковки постійно вдосконалюють матеріали, які вони використовують у своїй упаковці. Одним із пріоритетних завдань, що стоять перед виробниками харчової упаковки, є поєднання високої безпеки, зручності у використанні та стильного дизайну. Упаковка харчових продуктів має першочергове значення для збереження свіжості, надання інформації споживачам. Ключові особливості упаковки включають[2]:

1. Захисний бар'єр: упаковка повинна створювати бар'єр для кисню, вологи, світла та інших забруднень, щоб підтримувати якість і термін придатності харчового продукту.

2. Надання інформації: упаковка повинна містити важливу інформацію, таку як інгредієнти, поживний вміст, термін придатності та інструкції щодо зберігання, щоб інформувати споживачів про продукт, який вони купують.

3. Зручність: упаковка має бути розроблена для зручності використання, зберігання та споживання, наприклад пакети, що закриваються, одноразові порції або контейнери, безпечні для мікрохвильової печі.

4. Екологічність: все більше і більше споживачів шукають варіанти екологічно чистої упаковки, яка біологічно розкладається, переробляється або виготовлена з відновлюваних матеріалів, щоб зменшити їхній вплив на навколишнє середовище.

5. Брендінг і маркетинг: упаковка торгової компанії вирішує роль у брендингу та маркетингу харчових продуктів, завдяки привабливому дизайну та етикеткам, які допомагають продуктам відображатися на поліцях і доносити цінність бренду до споживачів.

Загалом харчова наноупаковка служить багатьом цілям, окрім простого вмісту продукту, і вона має важливе значення як для захисту продукту, так і для залучення споживачів.

Нормативні документи про пакування харчових продуктів можуть включати [1,2], а також відповідні національні законодавчі акти та норми. Важливо дотримуватися цих правил для забезпечення безпеки та якості харчових продуктів для споживачів.

Стандартна упаковка для харчових продуктів може змінюватися в залежності від типу продукту та галузевих стандартів. Деякі поширені типи пакувальних матеріалів, які використовуються для харчових продуктів, включають[2]:

– пластикова упаковка широко використовується для харчових продуктів завдяки своїй універсальності, легкості та економічній ефективності. Його можна використовувати для різноманітних продуктів, від закусок до заморожених продуктів.

– скляна упаковка часто використовується для таких продуктів, як соуси, джеми та напої. Він не реагує, зберігає смак їжі та підлягає переробці.

– металева упаковка, наприклад, алюмінієві та сталеві банки, використовується для продуктів, які потребують високого рівня захисту від світла, вологи та кисню. Зазвичай використовується для консервів і напоїв.

– паперова та картонна упаковка є екологічно чистими варіантами, які зазвичай використовуються для сухих харчових продуктів, таких як крупи, макарони та хлібобулочні вироби. Їх також можна використовувати для упаковки фруктів і овочів.

– біорозкладна упаковка: у зв'язку зі зростанням проблем навколишнього середовища біорозкладні пакувальні матеріали, виготовлені з рослинних джерел, як-от придатний до компостування пластик або біорозкладаний папір, набувають популярності для харчових продуктів.

Важливо, щоб упаковка харчових продуктів відповідала нормативним вимогам, забезпечувала належний захист харчових продуктів і повідомляла споживачам відповідну інформацію, таку як факти харчування, інгредієнти та терміни придатності.

Нанотехнології в харчовій промисловості використовуються для покращення якості продуктів, зберігання продуктів, зміни їх текстури та вигляду, а також для посилення безпеки їжі. Наприклад, наночастки можуть бути додані до упаковки для збереження свіжості продуктів, або використовуватися для розробки нових видів харчових добавок з покращеними властивостями. Такі технології допомагають удосконалити процеси виробництва та зробити продукцію більш ефективною і безпечною для споживачів.

Нанотехнології в області упакування харчових продуктів можуть забезпечити кращу захист від впливу зовнішніх факторів, таких як світло, температура, вологість та бактерії. Використання наноматеріалів у пакувальних матеріалах може збільшити термін зберігання продуктів, запобігти їхній псуванні та забезпечити безпеку для споживачів. Однак, важливо дотримуватися всіх норм безпеки та стандартів у сфері харчової промисловості при використанні нанотехнологій у пакуванні харчових продуктів.

1. ДСТУ ISO 22000:2019 Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі (ISO 22000:2018, IDT)

2. ISO 22003-1:2022 «Безпечність харчових продуктів. Частина 1. Вимоги до органів, що здійснюють аудит та сертифікацію систем керування безпечністю харчових продуктів»

3. ДСТУ ISO 14004:2016 Системи екологічного управління. Загальні настанови щодо запроваджування (ISO 14004:2016, IDT)

4. Малишев В.В., Кущевська Н.Ф. Гладкая Т.М. Заблоцькая О.І. Стандартизація в галузі нанотехнологій і наноматеріалів: напрямки розвітку, характеристики стандартів, термінологія, 2013.

УДК 334.021.1

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ФОРМУВАННЯ ОБМІННОГО ФОНДУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ НА ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

© Вячеслав Рибалка, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсант, slavikrybalka98@gmail.com

З моменту початку повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну, сили оборони України виконують бойові завдання щодо відстоювання незалежності нашої Держави. Для належного виконання бойових задач виникає необхідність визначення технічного стану виробів озброєння та військової техніки безпосередньо залучених до них. Актуальним завданням для не допущення зниження необхідної достовірності визначення реального технічного стану та зниження бойових можливостей озброєння та військової техніки є належне функціонування системи метрологічного забезпечення. Цільовою функцією системи метрологічного забезпечення є організація та забезпечення своєчасного і повного визначення характеристик озброєння та військової техніки для ефективного рішення задач управління їх експлуатацією, що відповідає основному призначенню системи. Однією з функцій системи є відновлення засобів вимірювальної техніки. В зв'язку з тим, що, під час ведення інтенсивних бойових дій, відновлення засобів вимірювальної техніки не завжди доцільне та може займати час більш ніж відновлення виробу озброєння та військової техніки в склад якого він входить, виникає потреба формування обмінного фонду засобів вимірювальної техніки, для заміни тих, що підлягають відновленню (включаючи втрачені та потребуючі обслуговування).

На даний час нормативні та керівні документи в Збройних Силах України визначають порядок формування обмінного фонду засобів вимірювальної техніки лише на мирний час, для заміни засобів вимірювальної техніки, які потребують повірки.

При розв'язанні задачі обґрунтування складу та кількості мінімально необхідних засобів вимірювальної техніки для формування обмінного фонду є застосування теорії масового обслуговування. Дослідження з обґрунтування структури обмінного фонду засобів вимірювальної техніки проводились не одноразово. На даний час не одна з запропонованих дослідниками стратегій щодо формування обмінного фонду не застосовується, так як відсутній єдиний підхід до проведення метрологічного забезпечення, а начальники служб метрології та стандартизації на яких покладається визначення номенклатури та обсягів обмінних фондів не мають достатніх повноважень щодо закупівель та перерозподілу надлишкових засобів вимірювальної техніки.

В доповіді сформульована задача по формуванню обмінного фонду засобів вимірювальної техніки для угруповання військ на оборонну операцію, опираючись на відомі стратегії формування обмінних фондів, які враховують застосування загарбниками різних видів озброєння. Розкриваються етапи вирішення цієї задачі. Надаються пропозиції щодо розподілення повноважень між начальниками служб метрології та стандартизації різних рівнів не тільки для формування, а і для заходів щодо забезпечення отримання, обліку, зберігання, повірки, використання за призначенням та поповнення обмінного фонду засобів вимірювальної техніки.

Наступні дослідження планується направити на підготовку пропозицій щодо розробки оптимального плану метрологічного забезпечення виробів озброєння та військової техніки іноземного виробництва, використовуючи метод – Пакет метрологічного обміну. Такий підхід наблизить систему метрологічного забезпечення Збройних Сил України до реалізованих у збройних силах НАТО, які виконують бойові завдання.

УДК 681.518

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПРИ МЕТРОЛОГІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

© Горохов Нікіта, Олег Карпаш, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків,Україна), курсант, gorohovnikita948@gmail.com
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), викладач кафедри метрології та стандартизації, д.т.н, проф.

Розробка систем автоматичного аналізу результатів вимірювань під час метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки- є важливим завданням для забезпечення точності й надійності вимірювальних процесів, необхідних для підтримки бойової готовності та правильної роботи озброєння та військової техніки.

Актуальність дослідження, пов'язана з розробкою систем автоматичного аналізу вимірювань під час метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки обґрунтована кількома важливими факторами:

1. Перше- це підвищення точності та надійності озброєння: Метрологічні вимірювання є важливим фактором для забезпечення правильної і точної роботи озброєння та військової техніки. Помилки в вимірюваннях можуть призвести до некоректної роботи складних систем, що особливо в бойових умовах і може призвести до поганих наслідків.

2. Другим фактором є автоматизація процесів вимірювання, яка дозволить підвищити швидкість вимірювань та ефективність технічного обслуговування озброєння та військової техніки. Ручний контроль, який доволі часто застосовується є недостатньо надійним, а також затратним. Також автоматизовані системи аналізу можуть зменшити ризик людської помилки, підвищити якість вимірювань та зменшити час на їх проведення.

3. Третє це потреба в оперативності в умовах сучасних бойових дій: У сучасних умовах ведення бойових дій важливим аспектом є оперативна діагностика стану озброєння та військової техніки та швидке прийняття рішень щодо її експлуатації та ремонту. Автоматичний аналіз може значно підвищити швидкість цих процесів, на відміну від ручного контролю.

4. Четвертий фактор це розвиток цифрових технологій та штучного інтелекту: Використання штучного інтелекту може дозволити створювати системи, які можуть не тільки робити аналіз даних, але й прогнозувати можливі поломки або відмови техніки, що підвищує її надійність ті більшу безпеку експлуатації.

5. П'ятим фактором є те, що сучасні вимірювання характеризуються великими обсягами даних, особливо це характерно в сучасних системах озброєння та військової техніки продукують великий обсяг інформації, що робить ручну обробку даних більш складною і менш ефективної.

6. Шостий фактор – це зменшення затрат на обслуговування: Автоматизація систем аналізу може значно зменшити витрати на метрологічне обслуговування озброєння та військової техніки, зменшивши потребу в кількості персоналу та помилкового ремонту військової техніки.

Основна ідея цього дослідження полягає в створення автоматичної системи, яка може значно підвищити ефективність аналізу вимірювань під час метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки за рахунок мінімального впливу людського фактору та впровадження сучасних технологій обробки даних, таких як штучний інтелект. Ця система має на меті підвищити точність, швидкість, якість і надійність метрологічного обслуговування військової техніки.

Розроблення автоматичної системи аналізу результатів вимірювань під час метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки передбачає виконання наступних завдань:

1. Розробка програмного забезпечення для збору великого обсягу вимірювальних даних, для подальшої оцінки стану озброєння та військової техніки;

2. Створення алгоритму для автоматичного аналізу вимірювань.

3. Тестування системи на даних з реальних вимірювань у військових підрозділах.

4. Аналіз ефективності системи щодо виявлення помилок і точності аналізу вимірювань.

5.Розробка інтерфейсу програми.

На даному етапі досліджень проведено аналіз сучасного метрологічного обслуговування, ‘визначено основні показники ефективності вимірювань та розпочато розробку програмного забезпечення системи.

Створення автоматичної системи аналізу вимірювань під час метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки стане важливим кроком для підвищення ефективності метрологічного обслуговування військової техніки, особливо в сучасних умовах ведення бойових дій.

UDC 681.

OPTICAL METROLOGY WINDOW FOR MONITORING THE LASER SINTERING PROCESS INSIDE THE BUILDING CHAMBER OF THE EOSINT M280 SYSTEM

© *Oleksandr Vasilevskyi, Michael Cullinan, Alexandra Woods, 2024*

The University of Texas at Austin (Austin, USA), Walker Department of Mechanical Engineering at the Cockrell School of Engineering, oleksandr.vasilevskyi@austin.utexas.edu

The widespread adoption of additive manufacturing of metals has created the need for quality control of parts during the laser sintering process. As is well-known, each metal is characterized by its specific melting temperature. Insufficient melting temperature leads to a lack of fusion and the formation of internal porosity [1]. Conversely, an excessively high laser melting temperature results in material evaporation and the formation of keyholes. Such phenomena degrade the quality of the produced parts. To ensure high quality in the laser sintering process and to identify such defects, advanced in-situ metrology strategies are required [2].

The Center for Additive Manufacturing and Design Innovation at the University of Texas at Austin [3] developed an optical metrology window for the EOSINT M280 Laser-Sintering system (Fig.e 1). The developed optical metrology window includes a specialized window that allows mounting a FLIR A700 infrared camera for temperature measurement, as well as connecting a full-spectrum imaging system for optical emission spectroscopy (OES), which allows the replacement of the standard window of the EOSINT M280 Laser-Sintering system.

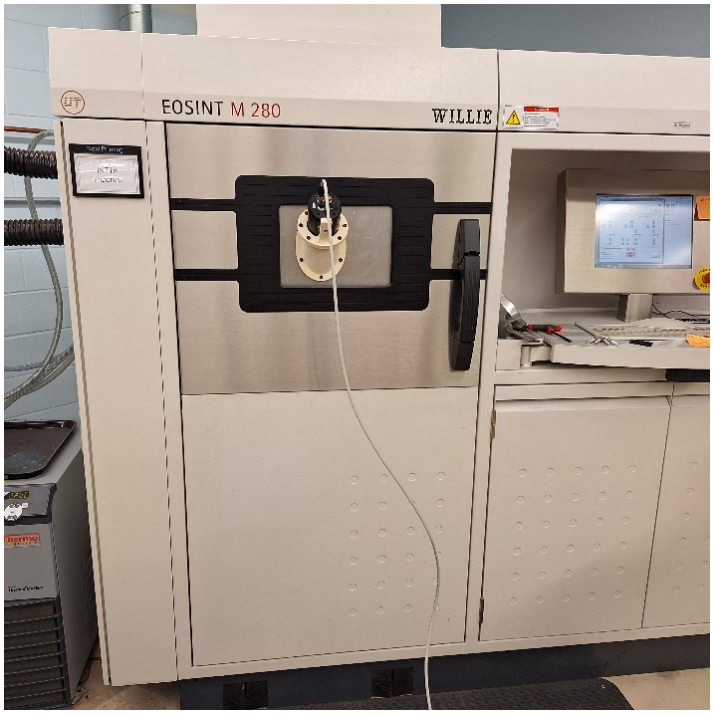
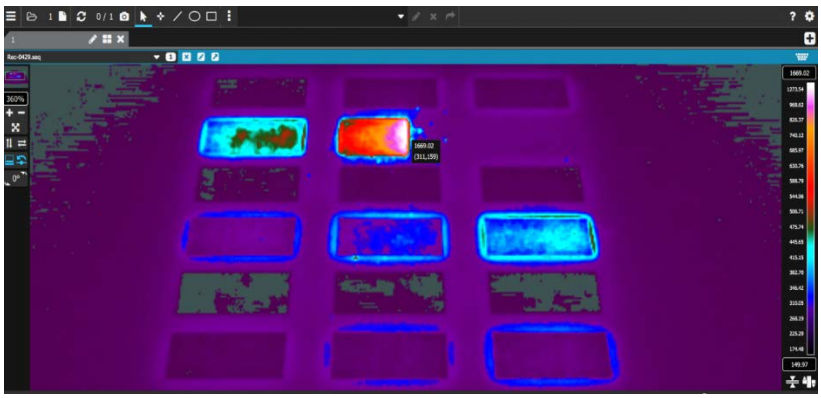


Fig. 1. The optical metrology window for the EOSINT M280 Laser-Sintering system

This design allows for measuring the melt pool temperature of each melt track inside the EOSINT M280's building chamber during the laser sintering process. Using FLIR Research Studio software, we can monitor the laser sintering process and obtain melt pool temperature measurements for each track (Fig. 2). By applying the algorithm for processing the results of melt pool temperature measurements, we can monitor the laser sintering temperature of each track (Fig. 3). If the laser sintering temperature of the metal powder exceeds the established permissible limits (below or above the melting point of a particular metal), then based on the temperature value with the calculated measurement uncertainty, we can generate a control signal to decrease or increase the laser sintering power. Measurement uncertainty is calculated based on the methodology proposed in [4-7].



ig. 2. View of the laser sintering process inside the EOSINT M280's building chamber

F

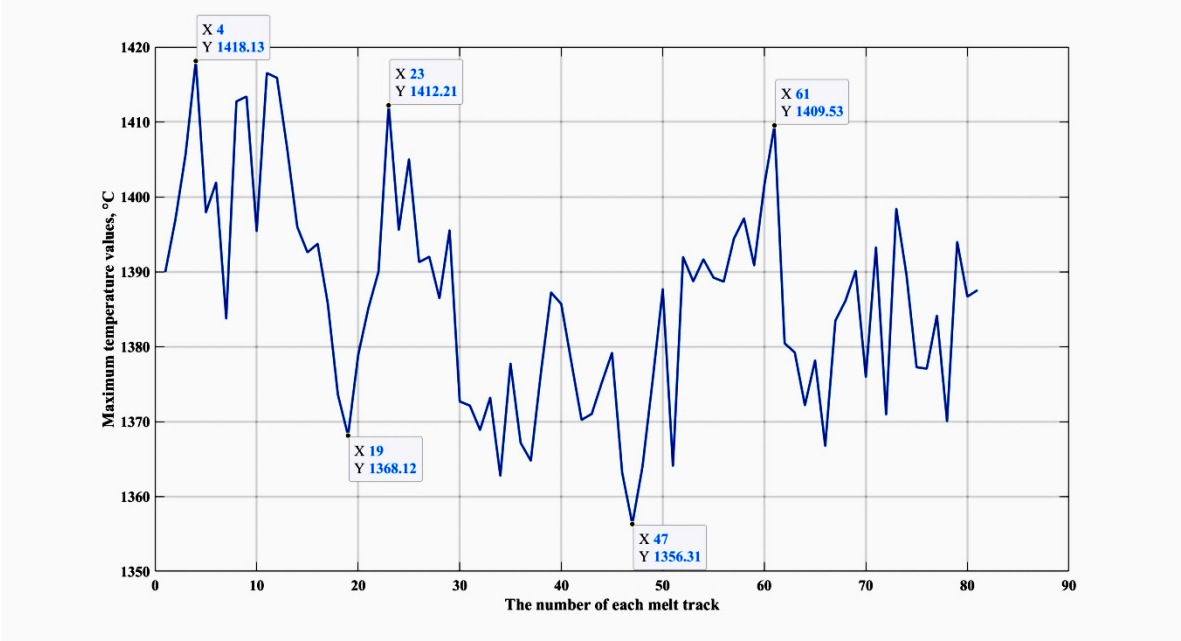


Fig. 3. Maximum melt pool temperature values of each track of IN718 alloy powder at a laser sintering power of 285W

Thus, we can monitor the laser sintering process and control product quality during its manufacturing process.

1. *R. McCann, M. Obeidi, C. Hughes, É. McCarthy, D. Egan, R. Vijayaraghavan, A. Joshi, V. Garzon, D. Dowling, P. McNally, Dermot Brabazon, In-situ sensing, process monitoring and machine control in Laser Powder Bed Fusion: A review, Additive Manufacturing, Volume 45, 2021, 102058.*

2. *K. Taherkhani, O. Ero, F. Liravi, S. Toorandaz, E. Toyserkani, On the application of in-situ monitoring systems and machine learning algorithms for developing quality assurance platforms in laser powder bed fusion: A review, Journal of Manufacturing Processes, Volume 99, 2023, Pages 848-897.*

3. *Center for Additive Manufacturing and Design Innovation at the University of Texas at Austin https://sites.utexas.edu/amcenter/.*

4. *O.M. Vasilevskyi, Algorithm for estimating uncertainty in measurements when performing metrological works, Information technology and computer engineering. 2006, 3, pp. 147-151.*

5. *O.M. Vasilevskyi, P.I. Kulakov, Elements of the theory of increasing the measurement accuracy and synchronization of rotor angular velocity interconnected with electric motors, Monograph, Ukraine, Vinnitsia: VNTU, 2011, 170 p., ISBN 978-966-641-420-8.*

6. *O.M. Vasilevskyi, Means for measuring the dynamic torque electric motors and an analysis of its accuracy, Vymiriuvalna tekhnika ta metrologiia, 2012, 73, pp. 52-56.*

7. *O.M. Vasilevskyi, Rationing of metrological reliability parameters, Visnik Vinnitskogo politekhnichnogo institutu, 2011, 4, pp. 9-13.*

UDC 612.1/8

FORMATION OF AN INDICATOR OF THE FUNCTIONAL STATE OF A BIOLOGICAL OBJECT

© Larysa Kosheva [1], Oleg Melnykov[2], 2024

[1] National Aviation University (Kyiv, Ukraine), Head of the Department of Biocybernetics and Aerospace Medicine, Doctor of Technical Sciences, Professor, l.kosh@ukr.net
[2] National Aviation University (Kyiv, Ukraine), associate professor of the Department of Biocybernetics and Aerospace Medicine, Candidate of Technical Sciences, associate professor, melnykov_@ukr.net

Any integral indicator, on the one hand, summarizes the influence of a certain set of partial indicators, on the other hand, allows to evaluate the influence of each partial indicator on the final result, which is especially relevant in the tasks of assessing the functional state (FS). FC assessment of a bio-object (human organism) is carried out according to several parameters of different functional systems of the organism, their relationship with each other and graphical display in the form of a petal-type graph. This method is also called balascopic (from the words Balance + Scope) [1].

The formation of an integral indicator is considered on the example of assessing human homeostasis. In order to dynamically monitor changes in indicators reflecting the organism's FS, the method of system functional profiles (SFP) is used, in which a petal-type graph is constructed taking into account the parameters (SFP)) and the area formed by the values of the studied parameters during the evaluation is calculated. At the same time, it is possible to determine the corresponding areas and the difference between the total value of the area of the functional state of the organism at the time of the study and the area of the "norm" displayed on the petal diagram.

A group of 15 men aged 25-35 was chosen as the initial data. The set of investigated indicators includes: visual-motor reaction; tapping test; blood pressure; pulse; the Stange test; Genchi sample; galvanic skin reaction (SHGR); self-assessment of the state using the SAN test.

In order to assess the compliance of the initial values with the normal indicators and to determine the degree of regulatory and adaptive capacity of the biological object (human), the procedure of taking indicators is carried out in three stages: in a state of rest; after running at a speed of 8 km/h and lasting 10 minutes; after a rest of 1 hour.

In order to calculate a certain range of the norm, when the values fall into which it is possible to judge their compliance with the norm and the state of homeostasis of the organism, the lower values of the norm of the selected indicators are marked on the graph of the petal diagram and the resulting areas are calculated, which are taken as the lower limit of the range of homeostasis. The lower and upper values of the norm are obtained on the basis of official statistics of the Ministry of Health of Ukraine for the selected age group [2]. We will calculate the area of the norm by the method of triangles according to the formula:

$$S_{\text{нм}} = \left(\frac{1}{2}\Pi_{\text{н}} * \Pi_{\text{тн}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right) + \left(\frac{1}{2}\Pi_{\text{тн}} * \Pi_{\text{шн}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right) + \left(\frac{1}{2}\Pi_{\text{шн}} * \Pi_{\text{гн}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right) + \left(\frac{1}{2}\Pi_{\text{гн}} * \text{Т}_{\text{тн}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right) +$$
$$+\left(\frac{1}{2}\text{Т}_{\text{тн}}\text{ПЗМР}_{\text{н}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right) + \left(\frac{1}{2}\text{ПЗМР}_{\text{н}}\text{САН}_{\text{н}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right) + \left(\frac{1}{2}\text{САН}_{\text{н}}\text{ШГР}_{\text{н}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right) + \left(\frac{1}{2}\text{ШГР}_{\text{н}} * \Pi_{\text{н}}\frac{\sqrt{2}}{2}\right), \quad (1)$$

where $\Pi_{\text{н}}$ – value of the lower limit of the pulse; $\Pi_{\text{тн}}$ – value of the lower limit of pulse pressure; $\Pi_{\text{шн}}$ – the value of the lower limit of the Stange test; $\Pi_{\text{гн}}$ – the value of the lower limit of the Henchy test; $\text{Т}_{\text{тн}}$ – the value of the lower limit of the tapping test; $\text{ПЗМР}_{\text{н}}$ – the value of the lower limit of a simple visual-motor reaction; $\text{САН}_{\text{н}}$ – the value of the lower limit of the SAN test; $\text{ШГР}_{\text{н}}$ – the value of the lower limit of the skin-galvanic reaction.

Using formula (1), we calculate the lower limit of the range that corresponds to the state of homeostasis: $S_{\text{нм}}$ = 23677,5. Similarly, we calculate the value of the upper limit of the range – the range of the homeostasis area can be defined as: $S_{\text{вм}}$ = 33600. Then the difference is defined as

$\Delta = S_{\text{вм.}} - S_{\text{нм}}$ = 9 922,5. Table 1 shows the values of the upper and lower limits of the norm of the selected indicators.

Table 1

The value of the norm of indicators

Indicators norms	Pulse, s^{-1}	Pulse pressure, mm Hg	test of Stange, s	Sample Genchi, s	tapping test	PZMR, ms.	SAN test	Skin galvanic response, mV
Upper limit	80	50	60	40	250	230	70	20
Lower limit	65	40	40	20	220	220	40	10

Based on the results, a petal diagram of norm indicators was constructed Based on the results, a petal diagram of norm indicators was constructed (fig.1).

On fig. 1 noted

показники норми верхня межа

показники норми нижня межа

Similarly, we calculate the values of the areas of the petal diagrams for each patient. The calculated values of the areas are given in the Table. 2. Those areas that differ from the norm and which can be used to judge their discrepancy in the state of homeostasis are marked in color.

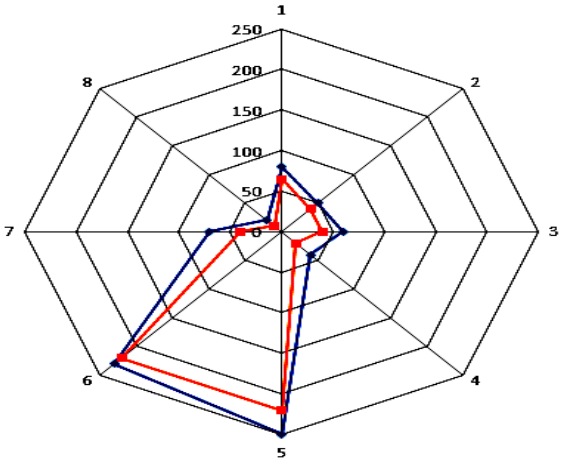


Fig. 1. Chart of norm indicators

Table 2

Values of the areas of petal diagrams for each patient

State № patient	State calmness	After loading	After 1 hour of rest
5 patient	30875,25	33619,60	36372,00
6 patient	22645,00	27804,70	22645,00
7 patient	31723,30	35119,00	34394,50
9 patient	30780,40	34217,75	33503,75
11 patient	29277,50	35647,50	30007,25
15 patient	31723,30	34252,40	32308,15
% deviations	***6,7***	***33,3***	***26,7***

The proposed method of assessing the quality of the state of a biological object (human homeostasis) can be used to assess a person's ability to perform extreme occupations based on the determination of adaptation possibilities.

1. Electronic encyclopedia. URL: https://uk.wikipedia.org (date of application: 24.10.2024).

2. Pavlov C.V., Avrunin O.G., Zlepko S.M., Bodyanskyi E.V. Intelligent technologies in medical diagnosis, treatment and rehabilitation: monograph. Vinnytsia: PP "TD "Edelweiss and K", 2019. 260 p.

3. Health indicators. Ministry of Health of Ukraine. URL: https://ehealth.gov.ua/ (date of application: 24.10.2024).

УДК 637.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ КЛАСИФІКАЦІЙНИХ ОЗНАК М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

© Остап Кутянський[1], Микола Микийчук[2], 2024

1Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант, ostap.r.kutianskyi@lpnu.ua
2 Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, доктор технічних наук, професор, mykola.m.mykyichuk@lpnu.ua

Контроль якості м'ясної продукції є ключовим аспектом харчової промисловості, оскільки він впливає на здоров'я споживачів, відповідність стандартам та конкурентоспроможність. Традиційні методи оцінки, як-от візуальні огляди та лабораторні аналізи, є трудомісткими, суб'єктивними та схильними до помилок. Використання алгоритмів класифікації дозволяє автоматизувати процес, знижуючи вплив людського чинника та підвищуючи точність. Відібрані ключові характеристики м'яса (колір, текстура, мармуровість) забезпечують швидку оцінку та легко інтегруються в алгоритми для стабільного контролю якості.

Колір є важливим показником свіжості та якості м'яса, оскільки насичене червоне або рожеве забарвлення свідчить про високий рівень свіжості завдяки присутності пігментів, як-от міоглобін і гемоглобін. Зміна кольору може сигналізувати про певні хімічні або фізичні зміни в м'ясі – наприклад, окиснення міоглобіну призводить до зміни кольору із червоного на коричневий [1]. Блиск також є ознакою свіжості: свіже м'ясо має природний вологий блиск, а його втрата може бути наслідком тривалого зберігання. Моделі машинного навчання здатні автоматично оцінювати свіжість, порівнюючи поточний колір з еталонними значеннями, що знижує суб'єктивність оцінки та забезпечує оперативність.

Текстура є одним із найважливіших показників якості м'яса, оскільки вона суттєво впливає на загальне враження від продукту, особливо на його ніжність. Текстурні властивості м'яса визначаються такими фізичними характеристиками, як наявність і кількість сполучної тканини, розташування м'язових волокон і рівень внутрішньом'язового жиру. Сполучна тканина забезпечує підтримку та структуру м'язів, але її надмірна кількість робить м'ясо жорстким. Розташування м'язових волокон впливає на зернистість м'яса, а пружність визначає, наскільки м'ясо буде стійким до тиску під час приготування. Усі ці чинники взаємодіють, формуючи відчуття текстури м'яса під час його вживання. Мармуровість, яка є складовою частиною текстури м'яса, – це внутрішньом'язовий жир, рівномірно розподілений між м'язовими волокнами. Цей жир відіграє важливу роль у формуванні смакових властивостей м'яса, оскільки допомагає зберігати вологу під час термічної обробки, підвищуючи соковитість кінцевого продукту. Крім того, мармуровість безпосередньо впливає на ніжність м'яса, оскільки жир пом'якшує м'язові волокна [2]. Високий рівень мармуровості асоціюється з преміум-класом м'яса, що має насичений смак і ніжну текстуру.

Застосування алгоритмів машинного навчання та обробки зображень суттєво підвищує ефективність оцінки якості м'яса за текстурою і мармуровістю. Використовуючи метод матриці співпадіння рівнів сірого [3], можна точно визначити характеристики м'язових волокон і прогнозувати ніжність. Для мармуровості алгоритми обробки зображень аналізують кількість і розподіл жиру, дозволяючи класифікувати м'ясо за стандартами, як-от USDA [4] чи Wagyu [5].

Ідентифікація та аналіз ключових характеристик, таких як колір, текстура, мармуровість, мають вирішальне значення для розробки ефективної системи контролю якості м'яса на основі алгоритмів класифікації. Ці показники не лише відповідають вимогам точності та доступності, але й дають змогу автоматизувати процеси оцінювання. Інтеграція таких параметрів у класифікаційні моделі підвищує надійність контролю, покращує якість продукції та сприяє зростанню задоволеності споживачів.

1. Л. В. Баль-Прилипко, Технологія зберігання, консервування та переробки м'яса. Київ, 2010.

2. W. Cheng, J.-H. Cheng, D.-W. Sun ma H. Pu, «Marbling analysis for evaluating meat quality:

Methods and techniques», Comprehensive Rev. Food Sci. Food Saf., т. 14, № 5, с. 523–535, серп. 2015. Дата звернення: 21 жовт. 2024. [Онлайн]. Доступно: https://doi.org/10.1111/1541–4337.12149

3. O. Basset, B. Buquet, S. Abouelkaram, P. Delachartre та J. Culioli, «Application of texture image analysis for the classification of bovine meat», Food Chem., т. 69, № 4, с. 437–445, черв. 2000. Дата звернення: 21 жовт. 2024. [Онлайн]. Доступно: https://doi.org/10.1016/s0308–8146(00)00057–1

4. «Beef grading shields | agricultural marketing service». Home | Agricultural Marketing Service. Дата звернення: 21 жовт. 2024. [Онлайн]. Доступно: https://www.ams.usda.gov/grades-standards/beef/shields-and-marbling-pictures

5. "Japan meat information service center -about meat beef grading-". Дата звернення: 21 жовт. 2024. [Онлайн]. Доступно: https://www.jmi.or.jp/en/info/index2.html

УДК 331.45.01.004

ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВІ

© Олена Черняк[1], Тетяна Рибальченко[2], Дмитро Босенко[3], Євгеній Босенко[4], Іван Гуртовий[5], 2024

[1] Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Харків, Україна), доцент кафедри мехатроніки та електротехніки, к.т.н, доцент, olena-cherniak@ukr.net
[2] Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Харків, Україна), аспірантка кафедри мехатроніки та електротехніки, t.rybalchenko@khai.edu
[3] Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Харків, Україна), аспірант кафедри мехатроніки та електротехніки, d.i.bosenko@khai.edu
[4] Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Харків, Україна), аспірант кафедри мехатроніки та електротехніки, y.i.bosenko@khai.edu
[5] Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» (Харків, Україна), аспірант кафедри мехатроніки та електротехніки, i.i.hurtovyi@student.khai.edu

Забезпечення безпеки на робочому місці вимагає систематичного моніторингу та контролю небезпечних і шкідливих чинників, що включає в себе оцінювання умов виробничого середовища з використанням вимірювальних приладів і оцінювання чинників трудового процесу, таких як його інтенсивність і фізичне навантаження, яка зазвичай проводиться експертним шляхом.

У пункті 9.1.1 міжнародного стандарту ISO 45001:2018 «Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування» зазначається, що організація повинна оцінювати показники у сфері охорони праці та безпеки життєдіяльності і визначати результативність системи управління безпекою праці. Організація повинна визначити методи моніторингу, вимірювання, аналізу та оцінювання показників, наскільки це може бути застосовано, для забезпечення відповідних результатів і критеріїв, згідно з якими організація буде оцінювати показники у сфері охорони та безпеки праці [1].

Зважаючи на вплив небезпечних та шкідливих чинників на працівників у сучасному високотехнологічному виробництві, організаційна структура забезпечення безпеки та гігієни праці має бути оперативною та своєчасно виявляти та усувати потенційну небезпеку [2]. Це дозволяє забезпечити безпечні умови праці. Сутність управління безпекою праці полягає у розробленні системи заходів, які надають об’єктивну інформацію про управління об’єктом. Ця інформація використовується для розроблення та прийняття управлінських рішень з метою покращення безпеки праці [3, 4]. Важливим завданням є дослідження та розроблення сучасних управлінських рішень, спрямованих на зміцнення захисту працівників від шкідливих чинників, включаючи автоматизовану систему контролю. Контроль за показниками шкідливих чинників можна реалізувати шляхом застосування інформаційно-вимірювальних систем, що представляють собою розгалужену дротову мережу сенсорів реєстрації значень показників. Така система дає змогу отримувати інформацію про рівні впливу фізичних і хімічних чинників виробничого середовища в режимі реального часу. Перевагою такої системи можна віднести передачу інформації від вимірювальних сенсорів до єдиного інформаційного центру, в якому здійснюється аналіз і оцінювання ризиків.

Комп'ютерна програма є практичною реалізацією і складовою частиною інформаційної системи, яка забезпечує об'єднання наявних баз даних щодо шкідливих і небезпечних чинників, а також розроблені алгоритми розрахунку та відповідні математичні моделі для отримання узагальненого показника безпеки праці на робочому місці та підприємстві. Комп’ютерну програму можна буде використовувати на місцевому, регіональному та глобальному рівні. Це дасть можливість фахівцям швидко і легко отримувати всю необхідну інформацію, в тому числі графічну, для прийняття управлінських рішень в реальному часі. Крім того, така інформаційна система є відкритою, що означає можливість додавання нової необхідно інформації та внесення нових математичних моделей під час користуванням. Перевагами автоматизованої системи для оцінювання є підвищення продуктивності, точності

та швидкості процесу оцінювання, а також можливість виявлення та мінімізацію ризиків. Ці системи можуть використовувати різні методи та технології, такі як автоматизоване тестування, аналіз даних, машинне навчання і штучний інтелект, щоб досягти поставлених завдань.

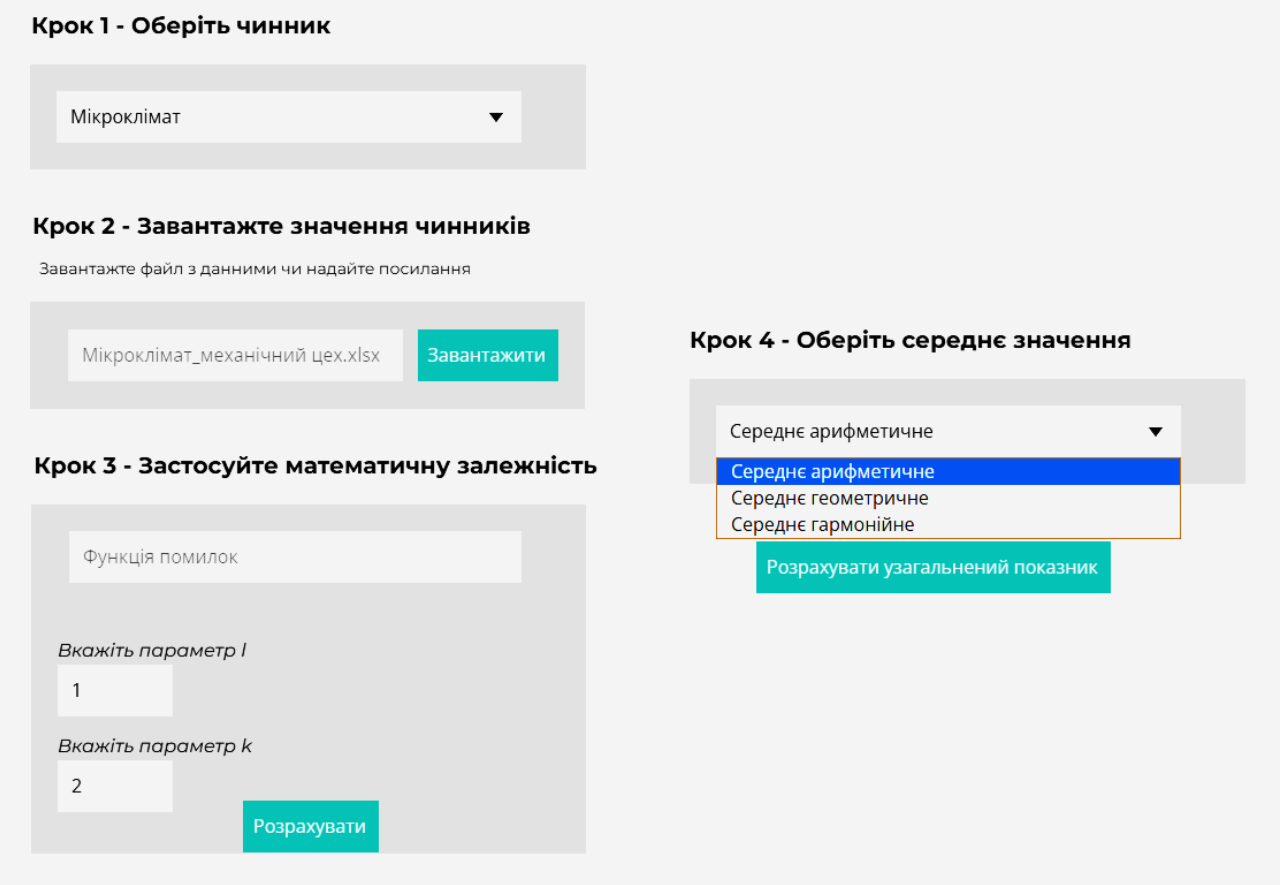


Рис. 1. Інтерфейс комп'ютерної програми для розрахунку узагальненого показника безпеки праці

Створено комп'ютерну програму з використанням технологій (HTML, CSS, JavaScript, NodeJS, MySQL), що дає можливість користуватися нею на будь-якому пристрої з доступом до Інтернету та дозволяє кількісно оцінювати системи управління безпекою праці з використанням кваліметричних методів для прийняття управлінських рішень на підприємстві та вищих рівнях. Програмний продукт може бути удосконалений шляхом додавання нових функцій та розширення можливостей.

1. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. (2018). Retrieved. URL: https://www.iso.org/standard/63787.html.

2. Сороколат Н. А., Фатєєва Л. Ю. Оцінювання якості процесів системи управління безпекою праці, згідно вимог міжнародного стандарту ISO 45001:2018. Машинобудування. 2022. № 29. С. 89–96. DOI: https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-29-89-96.

3. Trishch R., Cherniak O., Zdenek, D., Petraskevicius V. Assessment of the occupational health and safety management system by qualimetric methods. Engineering Management in Production and Services. 2024. Vol. 16, no. 2. pp. 118-127. DOI: https://doi.org/10.2478 emj-2024-0017.

4. Черняк О. М., Сороколат Н. А., Багаєв І. О., Фатєєва Л. Ю. Застосування функціональної залежності для багатокритеріального оцінювання безпеки праці, як об'єкта кваліметрії. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2022. № 1 (19). С. 76–84. DOI: https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.076.

УДК 37.062:004.91

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗДОБУВАЧАМИ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОКРАЩЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

© Тетяна Кравченко[1], Максим Замковий[2], Віра Кравченко[3], 2024

[1]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (Дніпро, Україна)
методист І категорії відділу внутрішнього забезпечення якості вищої освіти, kravchenko.t.v@nmu.one
[2]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (Дніпро, Україна)
аспірант кафедри менеджменту, zamkovyi.ma.y@nmu.one
[3]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (Дніпро, Україна)
студентка групи 035-24-5 Електротехнічного факультету, kravchenko.V.D@nmu.one

У сучасному світі цифровізація стає невід'ємною частиною всіх сфер життя. Освіта не є виключенням. Заклади вищої освіти (ЗВО) змушені адаптуватися до нових умов глобалізації та швидкого розвитку технологій. Цифровізація взаємодії зі здобувачами вищої освіти – це процес впровадження сучасних технологій для покращення комунікації та навчального досвіду ЗВО, що не лише підвищує ефективність освітнього процесу, але й сприяє формуванню нового освітнього середовища, орієнтованого на потреби студентів.

Зворотний зв'язок є ключовим елементом взаємодії у навчальному процесі, адже він допомагає здобувачам вищої освіти оцінити свої досягнення та покращити результати, а вишам зрозуміти сильні та слабкі сторони освітнього процесу. Це ефективна комунікація між викладачами та здобувачами вищої освіти, яка робить освітній процес більш швидким, зрозумілим та доступним [1].

Цифровізація зворотнього зв'язку зі здобувачами вищої освіти має беззаперечні переваги. Здобувачі вищої освіти можуть отримувати миттєві оцінки та коментарі на свої роботи, що дозволяє швидше вносити корективи в навчальний процес. Використання різних форматів зворотного зв'язку – чати, відеозв'язок, опитування, коментарі, електронна пошта – робить освітній процес більш залучаючим і цікавим для студентів. Цифрові платформи дозволяють здобувачам вищої освіти залишати анонімні відгуки, що підвищує відвертість у висловленні думок і критики. Крім того, зворотний зв'язок доступний у будь-який час і з будь-якого місця та може стимулювати студентів до покращення їхніх результатів і активнішого залучення в навчальний процес, де студенти можуть вибирати зручні для них канали комунікації. В свою чергу, викладачі можуть адаптувати зворотний зв'язок під індивідуальні потреби і рівень знань кожного студента, що сприяє більш ефективному навчанню, та використовувати аналітичні інструменти для збору та оцінки зворотнього зв'язку.

Існують різні прийоми цифровізації взаємодії зі здобувачами вищої освіти. Опитування є ефективним способом зворотного зв'язку від студентів, який сприяє покращенню навчального процесу та забезпеченню відповідності освітніх програм їх потребам.

В українських закладах вищої освіти систематично здійснюється моніторинг якості освітніх послуг, на основі якого розробляються рекомендації для вдосконалення освітнього процесу. Одним з основних механізмів збору інформації є соціологічне опитування методом анкетування, яке передбачає використання спеціально розроблених опитувальників для збору даних [2]. На сьогоднішній день соціологічні опитування є важливим інструментом для збору зворотнього зв'язку від здобувачів вищої освіти, особливо в умовах цифровізації. У сучасному світі, де цифрові платформи стають головним каналом комунікації, соціологічні опитування дозволяють оперативно отримувати інформацію про досвід, потреби та очікування студентів, що сприяє покращенню освітнього процесу. Так, завдяки опитуванням адміністрація вишів отримує глибше розуміння очікувань студентів, їх задоволеність різними аспектами освітнього процесу, а також можливі проблеми, з якими вони стикаються. Ці дані дозволяють швидко реагувати на зміни та адаптувати ті чи інші процеси відповідно до потреб студентів. Опитування дозволяють оцінити якість викладання, роботу викладачів та ефективність освітніх програм. Це, в свою чергу, допомагає ідентифікувати слабкі та сильні

сторони освітнього процесу, а також знаходити шляхи для його вдосконалення та покращення. Опитування дають здобувачам вищої освіти можливість відчувати себе активними учасниками освітнього процесу, які мають право голосу. Це позитивно впливає на їхню мотивацію, а також сприяє розвитку культури відкритої комунікації. Завдяки постійному аналізу даних, які надають студенти, заклади можуть вдосконалювати свої освітні стратегії та підходи. На основі цієї інформації створюються довгострокові стратегії, які відповідають сучасним тенденціям на ринку праці та освітніх інновацій. Регулярні опитування дають можливість оцінити ефективність впроваджених змін і заходів. Цей зворотний зв'язок дозволяє коригувати стратегії та підходи, якщо вони не досягають очікуваних результатів.

Цифрові технології значно полегшують проведення опитувань, дозволяючи автоматизувати процес збору даних і забезпечуючи велику репрезентативність вибірки. Онлайн-опитування мають низку переваг. Так, результати стають доступними миттєво, що дає змогу швидко адаптувати процеси. Цифрові інструменти дозволяють використовувати методи аналітики даних та штучний інтелект для глибшого аналізу результатів. Важливим фактором є анонімність та конфіденційність. Це важливий чинник, який сприяє відкритості студентів і збільшує правдивість їхніх відповідей.

Використання таких платформ як Google Forms для збору думок студентів про курс, викладача або навчальні матеріали дозволяє отримати структурований зворотний зв'язок. З розвитком цифрових платформ з'являється можливість створювати інтерактивні та адаптивні форми опитувань, які автоматично змінюють запитання на основі відповідей респондента. Це забезпечує індивідуальний підхід і дозволяє отримувати більш детальні та точні дані про особистий досвід студентів, розкриваючи їхні очікування, потреби й виклики, з якими вони стикаються.

Організація сесій через Zoom або Microsoft Teams для обговорення індивідуальних досягнень і труднощів дозволяє надавати персоналізований зворотний зв'язок. А використання анонімних форм зворотного зв'язку дозволяють студентам висловлювати свої думки без страху бути засудженими. Створення онлайн-форумів для обговорення тем курсу, де студенти можуть залишати запитання та отримувати зворотний зв'язок від викладачів і одногрупників. Це не тільки сприяє покращенню комунікації, оскільки забезпечує платформу для обміну думками, запитаннями та відповідями між студентами і викладачами, а і збереженню навчальних матеріалів, бо обговорення на форумах можуть бути зафіксовані, що дозволяє студентам повертатися до корисної інформації в будь-який час.

Організація менторських програм, де досвідчені студенти надають зворотний зв'язок новачкам також є корисним для обох сторін, розвитку освітнього процесу та формуванню позитивного освітнього середовища. Нові здобувачі вищої освіти отримують підтримку і пораду від тих, хто вже пройшов через аналогічні виклики, що допомагає їм адаптуватися до навчання.

Проведення регулярних вебінарів які є потужним інструментом для покращення освітнього процесу і взаємодії між здобувачі вищої освіти та викладачами. Саме на них студенти можуть отримувати зворотний зв'язок в реальному часі під час обговорення актуальних тем. Крім того, вебінари можуть проводитися в зручний час, що робить їх доступними для більшої кількості студентів, а їх записи дозволяють переглядати матеріали пізніше, що є корисним для повторення.

Використання аналітичних інструментів для оцінки зворотного зв'язку допомагає виявити тенденції та адаптувати навчальні програми відповідно до потреб студентів. Аналітичні інструменти дозволяють збирати та обробляти дані від студентів через опитування, тести, форуми тощо, що забезпечує різноманітність джерел інформації. Аналіз отриманих даних виявляє загальні тенденції, такі як слабкі місця в знаннях або позитивні моменти в програмі. На основі отриманих даних викладачі можуть вносити корективи до навчальних планів. Це може включати зміну формату уроків, додавання нових матеріалів або зміни в оцінюванні. Зворотний зв'язок, проаналізований за допомогою аналітичних інструментів, дозволяє створити більш персоналізований підхід до навчання, що відповідає потребам та інтересам студентів. Постійне використання аналітики дозволяє регулярно оцінювати ефективність змін та вдосконалень, що допомагає підтримувати високий рівень навчання.

А застосування штучного інтелекту (ШІ) та аналітики великих даних у соціологічних опитуваннях вже незабаром зможе дозволити не тільки збирати дані, але й виявляти приховані тенденції та патерни в освітніх процесах. Наприклад, аналітичні системи можуть автоматично визначати рівень задоволеності різними аспектами навчання або прогнозувати ймовірність академічної успішності на основі отриманих відповідей. Це дозволяє закладам вищої освіти оперативно змінювати підхід до організації освітнього процесу, роблячи його більш адаптивним. Завдяки цифровим опитуванням адміністрація може не чекати завершення навчального семестру для проведення оцінки, а оперативно збирати зворотний зв'язок в режимі реального часу. Наприклад, оцінювати якість окремих лекцій, рівень зрозумілості матеріалу або ефективність окремого науково-педагогічного працівника. Це дозволяє швидко коригувати освітній процес, підвищуючи його якість та адаптованість.

Всі вищезгадані прийоми та методи допомагають зробити зворотний зв'язок більш ефективним, інтерактивним і адаптивним до потреб здобувачів вищої освіти, що, у свою чергу, покращує якість навчання.

Отже, цифровізація взаємодії зі здобувачами вищої освіти є важливим інструментом покращення освітнього процесу в сучасних умовах. Вона не лише відповідає на виклики часу, але й відкриває нові можливості для навчання та розвитку. Проте для досягнення максимальних результатів необхідно враховувати існуючі виклики та шукати ефективні рішення для їх подолання. Ситуації, такі як пандемія COVID-19 і введення воєнного стану в Україні продемонстрували важливість адаптації до нових умов. Цифровізація навчання дозволила безперервно проводити заняття навіть у складних обставинах, зберігаючи освітній процес і підтримуючи зв'язок між викладачами та студентами. Все це свідчить про те, що цифровізація взаємодії зі здобувачами вищої освіти має значний потенціал для покращення якості освіти і сприяє розвитку ефективної комунікації в навчальному процесі. Проте важливо зберігати баланс між традиційними методами навчання та новітніми технологіями, щоб уникнути потенційних ризиків.

1. Цифрові технології в освіті: сучасний досвід, проблеми та перспективи: монографія / Т.А. Васильєва та ін. / За заг. ред. д.е.н., проф. Т.А. Васильєвої, д.е.н., проф. Ю.М. Петрушенка. – Суми: Сумський державний університет, 2022. – 150 с.

2. Бєлікова, Н. О., Кіндрат, В. К., Індика, С. Я., Дишко, О. Л., & Бєліков, О. В. (2024). Анкетування як технологія вимірювання якості освітніх послуг у вищій школі. Природнича освіта та наука, (1), 5-11. https://doi.org/10.32782/NSER/2024-1.01.

УДК 681.5

АЛГОРИТМ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІБРУЮЧИХ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

© Олександр Ришковський[1], Маркіян Лукашів[2], 2024

[1]Національний університет "Львівська політехніка" (Львів, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., ст. науковий співробітник, oleksandr.p.ryshkovskyi@lpnu.ua
[2]Національний університет "Львівська політехніка" (Львів, Україна), аспірант, markiian.b.lukashiv@lpnu.ua

Індустрія 4.0, також відома як Четверта промислова революція, є технологічною революцією, яка докорінно змінює спосіб роботи галузей, в першу чергу роботизованих підприємств з великою кількістю сенсорів різноманітних неелектричних величин. Це передбачає конвергенцію таких технологій, як Інтернет речей (IoT), штучного інтелекту (AI), великих даних (Big Data), хмарних обчислень та робототехніки для створення взаємопов'язаних та інтелектуальних кіберфізичних систем.

Предиктивне обслуговування (далі ПО) є ключовим компонентом Індустрії 4.0. Воно передбачає використання аналізу даних, машинного навчання та технологій Інтернет речей, з метою передбачення, коли обладнання може вийти з ладу. Передбачаючи потенційні проблеми до їх виникнення, підприємства можуть скоротити час простою, підвищити ефективність і знизити витрати на обслуговування.

Взаємозв'язок між Industry 4.0 і предиктивним обслуговуванням симбіотичний:

● Індустрія 4.0 забезпечує предиктивне технічне обслуговування. Величезні обсяги даних, які генеруються сенсорами IoT та іншими підключеними пристроями, є основою для алгоритмів ПО. Штучний інтелект і машинне навчання можуть аналізувати ці дані, щоб виявити закономірності та передбачити збої (несправності) в промисловому обладнанні.

● ПО стимулює Індустрію 4.0. Завдяки оптимізації графіків технічного обслуговування та скороченню часу простою предиктивне обслуговування може підвищити загальну ефективність і продуктивність виробничих систем, що є ключовою метою Індустрії 4.0.

Більшість розробників програмного забезпечення для моніторингу стану обладнання імплементують логіку умовного моніторингу, тобто задається певне порогове значення яке є індикатором того, що стан об'єкта який моніториться став незадовільним. Проте з розвитком штучного інтелекту багато розробників почали використовувати його в своїх програмних продуктах і заявляють що їхні алгоритми здатні забезпечити найкращі можливі прогнози та процеси моніторингу стану [1, 2]. На жаль, не всі організації (такі як університети, невеликі приватні промислові підприємства) можуть собі дозволити придбати готові рішення з огляду на їхню вартість.

Одним з надзвичайно важливих параметрів роботизованих виробництв є контроль параметрів вібрації різноманітних рухомих, обертових, силових пристроїв (підшипники, ремінні, зубчасті передачі, вали, тощо), що використовуються в технологічному процесі.

Авторами пропонується альтернативний алгоритм аналізу вібраційних параметрів промислового обладнання, який би міг так само передбачати час виходу з ладу досліджуваного об'єкта.

Алгоритм передбачає послідовність наступних дій:

1. Задаються межі вібрації для об'єкта при яких він вважається пошкодженим.

2. Дані з сенсорів вібрації передаються до алгоритму. Це може бути здійснено шляхом експорту записаних даних з програми до якої власне підключено сенсор. Якщо є можливість експортувати вже оброблені дані, такі як значення вібрації саме досліджуваного об'єкта, то це буде найкращим варіантом оскільки експорт необроблених даних з сенсора буде займати багато місця.

3. Зберігання середнього значення вібрації об'єкта з невеликим допустимим відхиленням, а не часті(поодинокі) великі відхилення зберігати в окремому масиві даних для подальшого аналізу, дати проведення запису, тривалість роботи(принаймні скільки часу відбувався запис).

4. Порівняння отриманих середніх значень з попередніх записів(отриманих в п.3) для обчислення потенційної дати виходу з ладу об'єкта.

Для прикладу, об'єкт (підшипник) для якого визначено значення граничної швидкості вібрації (ШВ) 10 мм/с. При початку роботи об'єкта запускається запис даних сенсора. Триваліть роботи десять годин. Записані дані експортуються і передаються для обробки алгоритму. Алгоритм визначив середнє значення ШВ як 3 мм/с. Через десять днів роботи середнє значення ШВ становить 5 мм/с. Таким чином можна обчислити можливу дату досягнення заданої межі ШВ (виходу з ладу об'єкта). Відповідно приблизно через двадцять днів значення ШВ досягне відмітки 9 мм/с, що практично дорівнює встановленій межі. На основі отриманого значення оператор або зупиняє роботу обладнання, яке використовує досліджуваний об'єкт і одразу його замінює, або планується заміна об'єкта при наступному плановому обслуговуванні, якщо воно повинне відбутися не пізніше отриманої дати виходу з ладу.

Запропонований алгоритм може змінюватись в ході його реалізації, можливе також застосування в подальшому машинного навчання.

Таке рішення це хороша альтернатива готовим програмним продуктам. Алгоритм не потребує знань в області машинного навчання і великих даних і може бути реалізований на невеликих приватних роботизованих підприємствах, а також науковцями, бакалаврами, магістрами для наукової дослідницької роботи.

1. AI-Based Decision Support Systems in Industry 4.0, A Review. [Електронний ресурс]. Режим доступу – https://doi.org/10.1016/j.ject.2024.08.005.

2. Moneo DataScience Toolbox. [Електронний ресурс]. Режим доступу – https://www.ifm.com/lt/en/shared/moneo-iiot-platform/products/datascience.

УДК 004.8

ТЕНДЕНЦІЇ В РОЗВИТКУ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

© Олег Любуський [1]., Роман Байцар [2]., 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), доктор технічних наук,
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, roman.i.baitsar@lpnu.ua

Інтернет речей, або IoT, продовжує розвиватися як ключовий напрям у сучасних інформаційних технологіях, що дозволяє інтеграцію та взаємодію між фізичними та цифровими пристроями. Дослідження демонструють, що інтеграція IoT-рішень сприяє підвищенню ефективності виробництва, оптимізації енергоспоживання, а також покращенню якості життя громадян. Використання таких технологій, як штучний інтелект, хмарні обчислення та 5G, надає нові можливості для IoT, однак супроводжується питаннями щодо конфіденційності та захисту даних.

Інтернет речей, є мережею взаємопов'язаних пристроїв, які взаємодіють і обмінюються даними через інтернет [2]. За прогнозами, до 2030 року кількість IoT-пристроїв зросте до 75 мільярдів, що підтверджує швидкість розвитку та поширення цієї технології.

Тенденції у розвитку IoT:

- **Розумні міста.** Концепція розумного міста передбачає використання IoT для підвищення ефективності громадських послуг, таких як транспорт, енергозабезпечення, сміттєзбір тощо [3].
- **Промисловий IoT (IIoT).** IIoT активно використовується у виробництві, логістиці та обслуговуванні, допомагаючи підприємствам контролювати та аналізувати дані з обладнання в реальному часі для уникнення несправностей і зниження витрат. Це підвищує ефективність, знижує енергоспоживання та продовжує ресурс обладнання.
- **Системи розумного дому.** Інтелектуальні рішення для житлових приміщень забезпечують автоматизацію та енергозбереження, дозволяючи користувачам контролювати освітлення, опалення, безпеку та інші системи [1]. Це забезпечує не тільки комфорт, але й економію ресурсів, сприяючи сталому розвитку.

Зростання кількості пристроїв IoT загострює проблеми безпеки, зокрема вразливості до кібератак, оскільки більшість пристроїв не передбачає оновлення або захист від злому [4]. Важливість конфіденційності також набуває великого значення через обробку великих обсягів персональних даних.

У майбутньому IoT стане ще більш інтегрованим у повсякденне життя та промисловість. Потенціал розвитку полягає у створенні відкритих стандартів для полегшення взаємодії пристроїв від різних виробників, а також у вдосконаленні методів шифрування та аутентифікації, що зможе підвищити рівень безпеки.

Інтернет речей залишається перспективною галуззю, яка сприятиме розвитку ключових секторів економіки. Для подальшого розвитку IoT необхідно враховувати виклики, що стосуються захисту даних, безпеки та стандартизації.

1. Alam, M. R., Reaz, M. B. I., & Ali, M. A. M. (2012). A review of smart homes—Past, present, and future. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), -C. 1190–1203.

2. Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal.

3. Clohessy, T., & Acton, T. (2020). Smart City as a Service (SCaaS): A future roadmap for sustainable smart city development. Cities, -C. 106.

4. Roman, R., Najera, P., & Lopez, J. (2018). Securing the Internet of Things. Computer, -C. 51-58.

УДК 004.42

МОНІТОРИНГОВО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ВІДКРИТИХ ДАНИХ

© Сергій Янушевський, Юрій Добровольський, Юрій Мартинюк, Єлизавета Оринчук, 2024

ЧНУ імені Юрія Федьковича (Україна)

Робота присвячена дослідженню та розробці програмного забезпечення для автоматизації обробки та аналізу публічних закупівель та тендерів на основі відкритих даних з державних реєстрів із використанням сучасних програмних засобів та штучного інтелекту для виявлення зловживань та потенційних корупційних ризиків. Для дослідження було обрано набори відкритих дані з API Prozorro, Держстату та судових реєстрів**,** а для розробки ПЗ мову програмування Python, з використанням фреймворку Flask для веб-інтерфейсу та бази даних MongoDB.

Останніми роками спостерігається суттєве зростання кількості відкритих кримінальних проваджень у сфері державних закупівель, що свідчить про наявність серйозних проблем у прозорості та ефективності системи публічних закупівель. Лише за минулий рік кількість таких проваджень зросла майже втричі, що призвело до втрат державного бюджету на суму понад 200 млрд. гривень, а також втрат близько 500 млрд. гривень потенційних інвестицій [1]. Однією з ключових проблем є обробка великого масиву відкритих даних, які щодня містять сотні нових тендерів, а контролюючі органи. з наявними ресурсами, витрачають від кількох годин до кількох днів на обробку та аналіз цих даних. Можливим вирішенням цієї проблеми є розробка моніторингово-аналітичної системи «Mindex», яка використовуючи алгоритми на базі штучного інтелекту, автоматизує аналіз відкритих даних виявляє потенційні корупційні ризики та оцінює ступінь підозрілості тендерів. Використовуючи відкриті набори даних (згідно Постанови КМУ №835 від 21.10.2015), такі як публічні закупівлі через API Prozorro, дані Держстату щодо цін на продукцію, а також інформацію з судових реєстрів, що сприяє швидкій ідентифікації потенційно ризикованих закупівель.

Метою даного дослідження є вивчення можливості використання штучного інтелекту (ШІ), для вирішення висвітлених питань. Для реалізації моніторингово-аналітичної системи було вирішено використовувати наступний алгоритм:

– через встановлені часові інтервали у багатопоточному режимі запускаються функції парсерів (пошуковиків), які здійснюють первинне витягування даних з ресурсів. Далі проводиться перевірка на унікальність витягнутої інформації в базі даних, і якщо така інформація відсутня, вона записується до бази та передається на аналіз. Функція аналізу з використанням алгоритмів штучного інтелекту здійснює детальний аналіз і зіставлення спарсеної (знайденої) інформації для виявлення потенційних ризиків та аномалій.

– база даних наповнюється даними з Prozorro, які отримуються через відкрите API Prozorro. Дані з Держстату, теж отримані через інтеграцію API, обробляються щомісячно з метою перевірки наявності нових наборів даних із актуальними цінами.

– для аналізу набору відкритих даних використовується штучний інтелект зокрема модель ChatGPT від OpenAI, яка здатна обробляти великий обсяг текстової інформації, що забезпечує виявлення неточностей у тендерах, ідентифікацію та розрахунок завищених цін, а також обчислення індексу інфляції на основі аналізу економічних даних і цінових змін.

– аналіз товарних даних: опис, кількість, постачальник, замовник.

– обробка ціни та порівняння її з даними тендеру.

Для розробки програмного забезпечення інформаційно-аналітичної системи «Mindex» було обрано мову програмування Python, що є високорівневою мовою, яка підтримує бібліотеки для обробки даних та інтеграції зі штучним інтелектом [2]. Зокрема, бібліотека «aioscheduler» забезпечує налаштування періодичних запусків завдань у багатопоточному режимі, що важливо для автоматичного парсингу даних з публічних джерел [3]. Бібліотека

«requests» дозволяє надсилати HTTP-запити до API Prozorro та інших джерел для отримання даних у реальному часі, що забезпечує оперативність інформації для подальшого аналізу [4]. Бібліотека «playwright» використовується для автоматизації браузера, що забезпечує збір даних з веб-сторінок, які не мають прямого API, що є важливим для доступу до обмежених ресурсів [5].

Для подальшої обробки отриманої інформації використовуються бібліотеки «pandas» та «numpy», що забезпечують ефективне управління великими обсягами даних, дозволяючи проводити сортування, фільтрацію та обчислення [6]. Бібліотека «bs4» (BeautifulSoup) використовується для парсингу HTML, що дозволяє видобувати конкретну інформацію зі структурованих веб-сторінок [7]. Штучний інтелект у системі реалізований через API OpenAI, що забезпечує семантичний аналіз тексту та розпізнавання неточностей у тендерах [8].

Для реалізації бази даних обрано MongoDB, як базу даних для зберігання інформації через її масштабованість та можливості обробки великих масивів неструктурованої інформації (наборів відкритих даних), що забезпечує зберігання і доступ до інформації у системі «Mindex» [9].

Комбінація даних бібліотек робить систему «Mindex» ефективною для аналітики, зокрема виявлення ризиків і потенційних корупційних дій у тендерах.

Отже, досліджено використання штучного інтелекту для автоматизації обробки та аналізу відкритих даних, для чого було розроблено інформаційно-аналітичну систему «Mindex». А завдяки інтеграції сучасних технологій, таких як Python, Flask, MongoDB, та спеціалізованих бібліотек (aioscheduler, requests, playwright, pandas, numpy, BeautifulSoup), вдалося створити систему, що здатна автоматично здійснювати багатопоточний парсинг даних, виявляти неточності у тендерах, аналізувати ціни, індекс інфляції та інші економічні показники. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес виявлення корупційних ризиків у тендерних закупівлях, забезпечуючи прозорість та ефективність публічних закупівель.

1. Офіс Генерального Прокурора [Електронний ресурс] – URL: https://gp.gov.ua/ua/posts/pro-zareyestrovani-kriminalni-pravoporushennya-ta-rezultati-yih-dosudovogo-rozsliduvannya-2.

2. Python Programming Language [Електронний ресурс] – URL: https://www.python.org/

3. aioscheduler Documentation [Електронний ресурс] – URL: https://github.com/Gelbpunkt/aioscheduler

4. requests Documentation [Електронний ресурс] – URL: https://docs.python-requests.org/

5. playwright Documentation [Електронний ресурс] – URL: https://playwright.dev/

6. pandas Documentation [Електронний ресурс] – URL: https://pandas.pydata.org/

7. BeautifulSoup Documentation [Електронний ресурс] – URL: https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/

8. OpenAI API [Електронний ресурс] – URL: https://platform.openai.com/docs/api-reference

9. MongoDB Documentation [Електронний ресурс] – URL: https://www.mongodb.com/docs/

УДК 681

ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗПЕЧНОГО LEAN ПЛАНУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ РОЗРОБНИКІВ

© *Тарас Шкоденко, 2024*

Аспірант кафедрисистемного аналізу та кібербезпеки,КНЕУ ім.Вадима Гетьмана Україна

Lean методологія є потужним інструментом для оптимізації процесів розробки програмного забезпечення, оскільки фокусується на усуненні втрат і підвищенні ефективності самого процесу розробки. Однак при впровадженні Lean-методології планування можуть виникати питання пов’язані з дотриманням безпеки даних електронного бізнесу, а також відповідності нормативним вимогам та захисту інформації в процесі виконання завдань. Проведено дослідження інтеграції принципів інформаційної безпеки в Lean-процеси планування завдань для команд розробників, що дозволяє не лише підвищити продуктивність, але й забезпечити захист критичних для організацій даних. Пропонується технологічна модель, що включає інструменти безпечного планування, моніторинг та управління ризиками. Це сприятиме зниженню кіберзагроз, пов'язаних з розробкою програмного забезпечення в умовах динамічного зростання вимог до безпеки та продуктивності.

Використання Lean інструменту “Карта вдосконалення” може допомогти в покращенні бізнес-методології, яка може спричинити усунення марнотратний діяльності в проектних операціях, водночас зосереджуючись на забезпеченні цінності для кінцевих користувачів.

Цікавим підходом може стати застосування принципу ощадливого підходу в виробництві під назвою “Виробництво методом виштовхування (push production)” в процесі розробки програмного забезпечення, коли процес поділяється на етапи, що слідують один за одним. До прикладу, спочатку планується та розробляється API документація та back-end, а слідом за нею front-end частина веб додатків.

Доцільним є використання технологій, що позитивним чином впливають на безпечне планування, таких як CI/CD, контроль доступу користувачів та захист конфіденційних даних електронного бізнесу під час проведення планування й виконання завдань розробниками.

1. Mary Popendieck, Tom Poppendieck. Lean Software Development An Agile Toolkit. Pearson Education. 2003. ISBN 9870133812961.

2. James P. Womack, Daniel T. Jones. Lean thinking banish waste and create wealth in your corporation. Simon & Schuster UK. 2013, ISBN 9781471111006.

3. Jeffrey K. Liker. The Toyota Way 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer. McGraw Hill LLC. 2004. ISBN 9780071435635.

4. Mark Graban. Lean Hospitals: Improving Quality, Patient Safety, and Employee Satisfaction ISBN 978-1-4200-8380-4.

5. Michael L. George. Lean Six Sigma Combining Six Sigma Quality with Leadn Production Speed. McGraw-Hill Education. 2002. ISBN 9780071385213.

6. Ries, Eric. Minimum Viable Product a guide.

7. Rother, Mike, and Harris, Rick, 2001. Creating Continuos Flow. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute.

УДК 681

РОЗРОБКА МОДЕЛІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИЛАДУ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ КВАРЦОВИХ ФОКОНІВ ТА УФ-ФОТОДІОДА

© Юрій Сорокатий[1], Юрій Добровольський[2], Вадим Цеханський[3] 2024

[1]Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, (Чернівці, Україна),
асистент кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки, y.sorokatyi@chnu.edu.ua
[2]Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, (Чернівці, Україна),
професор кафедри ПЗКС, д.т.н., проф., y.dobrovolsky@chnu.edu.ua
[3]Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, (Чернівці, Україна),
асистент кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки, v.tsekhanskyi@chnu.edu.ua

У роботі представлено розробку автоматизованого приладу для точного вимірювання ультрафіолетового (УФ) випромінювання на довжинах хвиль 222 нм та 254 нм, який призначений для наукових і промислових досліджень, зокрема для моніторингу роботи бактерицидних ламп. Прилад містить кварцовий фокон для ефективної передачі УФ-випромінювання та гнучкий світловод для спрямування його на дифракційну решітку. [1] Для реєстрації сигналів використовується кремнієвий фотодіод LD2288 групи Б з чутливістю 0,1 А/Вт, зворотним струмом 10^{-12} А та робочим діапазоном довжин хвиль до 400 нм. Сигнал обробляється в екранованій коробці для зменшення перешкод, після чого оцифрований сигнал передається на вимірювальний прилад [1].

Програмне забезпечення для керування приладом розроблено на Python, що дозволяє автоматизувати процеси вимірювання та керувати ними дистанційно через мережу. Прилад здатний вимірювати інтенсивність УФ-випромінювання з мінімальною межею 0,01 мкВт/см² [1]. Це робить його ефективним інструментом для контролю бактерицидних ламп та проведення біологічних і фотохімічних досліджень.

Виготовлення високочутливих фотоприймачів залишається одним із основних науково-технічних завдань, яке стоїть перед дослідниками в галузі фотоніки, оптичних систем та електроніки. Світовий ринок пропонує широкий вибір фотоприймачів на основі різних напівпровідників, зокрема кремнієвих, фосфід-галієвих, германієвих та квантових точкових структур. Кожен із цих матеріалів має унікальні характеристики і використовується для реєстрації сигналів у певних спектральних діапазонах [2].

Найпоширенішими є фотодіоди на основі кремнію, які демонструють високу чутливість у видимому спектрі, ультрафіолетовому (УФ) діапазоні та ближньому інфрачервоному діапазоні. Такі фотодетектори як Thorlabs FDS1010, Hamamatsu S1337-1010BQ та OSI Optoelectronics PIN-10D забезпечують високу ефективність у цих спектральних діапазонах. Однак для ультрафіолетового діапазону, особливо для довжин хвиль до 254 нм, ефективнішим рішенням є використання фотодетекторів на основі фосфіду галію (GaP). Ці детектори демонструють високу чутливість до УФ-випромінювання, що робить їх ідеальними для застосувань у фотохімії, біології та екологічному моніторингу [3] .

Наукові дослідження також сфокусовані на різних методах підвищення чутливості фотоприймачів. Серед найпоширеніших підходів – використання матеріалів з тривалим часом життя неосновних носіїв заряду, зменшення теплового шуму через охолодження та застосування підвищених напруг зміщення для збільшення області просторового заряду[4] . Методи охолодження, такі як термоелектричне та кріогенне охолодження, дозволяють значно знизити рівень теплового шуму, підвищуючи загальну чутливість фотоприймачів, що робить їх більш ефективними у реєстрації слабких сигналів [5].

Кремнієві фотодетектори, зокрема фотодіод LD2288, інтегровані з кварцовими фоконами, забезпечують оптимальні характеристики для вимірювання УФ-випромінювання малої інтенсивності. Кварцові фокони мають високу прозорість в УФ-діапазоні, що мінімізує втрати під час передачі випромінювання [6]. Фотодіод LD2288 відзначається високою чутливістю (0,1 А/Вт на довжині хвилі 254 нм) і здатен ефективно реєструвати навіть слабкі УФ-

сигнали з низьким рівнем зворотного струму 10^{-12}А. Така комбінація компонентів забезпечує точне вимірювання інтенсивності УФ-випромінювання, що робить систему ефективною для задач контролю бактерицидних ламп і проведення наукових досліджень [6].

Результати досліджень

Прилад для вимірювання ультрафіолетового випромінювання працює завдяки узгодженій взаємодії кількох ключових компонентів. Спершу кварцовий фокон збирає випромінювання від джерела, наприклад, бактерицидної лампи, і передає його через світловод. Світловод спрямовує сигнал на рухому дифракційну решітку, яка розділяє його на відповідні довжини хвиль – 222 нм та 254 нм. Отримане випромінювання потрапляє на кремнієвий фотодіод LD2288, який перетворює світловий сигнал на електричний фотострум. Далі цей фотострум передається на аналогово-цифровий перетворювач для конвертації в цифровий сигнал, який обробляється всередині екранованої коробки з метою мінімізації електромагнітних перешкод. Після обробки дані передаються на Raspberry Pi Zero 2 W, де вони можуть бути збережені в базі або надіслані на віддалений сервер для подальшого аналізу. Користувач має змогу дистанційно керувати приладом через інтерфейс у мережі, налаштовуючи режими вимірювань та контролюючи процес у реальному часі.

1. Калібрування та точність вимірювань

Під час експериментів прилад був відкалібрований на довжини хвиль 222 нм та 254 нм. Встановлена похибка калібрування не перевищувала ±0.5%, що забезпечило високу точність навіть для сигналів малої інтенсивності. Прилад показав стабільність у роботі протягом тривалих серій вимірювань.

2. Реєстрація слабких сигналів

Завдяки чутливості фотодіода LD2288 прилад здатний реєструвати дуже слабкі сигнали на рівні нановатів. Це дозволяє використовувати його для точного моніторингу фотохімічних процесів та біологічних експериментів, де важливе значення мають навіть незначні зміни у рівні випромінювання.

3. Ефективність дифракційної решітки

Рухома дифракційна решітка забезпечила плавний перехід між довжинами хвиль 222 нм та 254 нм, що дозволило автоматизувати зміну режимів вимірювання. Час перемикання між діапазонами склав 50 мс, що ідеально підходить для динамічних процесів.

4. Автоматизація та дистанційне керування

Мікроконтролер на базі Raspberry Pi Zero 2 W обробляє дані в режимі реального часу, зберігаючи їх у базі даних та передаючи на віддалений сервер для аналізу. Для керування та автоматизації вимірювального процесу використовується програмне забезпечення, розроблене на Python. Це рішення дозволяє користувачеві через веб-інтерфейс дистанційно керувати приладом, налаштовувати режими серійних вимірювань та виконувати інтервальні спостереження. Гнучкість Python також забезпечує легку інтеграцію приладу з базами даних та віддаленими сервісами для збереження результатів.

5. Стійкість і надійність у роботі

Тестування підтвердило, що прилад стабільно працює при температурах від +5°C до +40°C та підвищеній вологості. Завдяки вентиляційним отворам та гнучким підключенням внутрішніх компонентів вдалося уникнути перегріву та електричних перешкод.

Висновки

Розроблений автоматизований прилад для вимірювання ультрафіолетового випромінювання на довжинах хвиль 222 нм та 254 нм демонструє високу точність та чутливість. Використання кремнієвого фотодіода LD2288 та екранованої коробки для обробки сигналів мінімізує похибки та підвищує надійність роботи. Завдяки автоматизації та можливості дистанційного керування прилад забезпечує зручність використання, що робить його ефективним інструментом для фотохімічних і біологічних досліджень, а також для моніторингу бактерицидних ламп.

1. Popescu, V. G., & Iliescu, D. (2022). Development of UV monitoring devices for bactericidal lamp control. Optics Letters, 47(12), 3154-3160. DOI: 10.1364/OL.47.003154.

2. Mohan, A., & Gupta, P. (2021). Photonics in UV and visible detection: Silicon photodiodes vs. GaP detectors. Journal of Photonic Sensors, 11(4), 567-579. DOI: 10.1016/j.jps.2021.12.009.

3. Liu, S., Wang, C., & Chen, J. (2023). Advancements in optical and electronic systems: A focus on UV sensors. IEEE Transactions on Electronics and Photonics, 40(5), 231-239. DOI: 10.1109/TEP.2023.456123.

4. Yang, W., Liu, L., Liang, C., Zhao, J., He, X., Song, W., & Wang, H. (2024). High quality Mn-Co-Ni-O based infrared detectors enhanced by Pt nanoparticle decoration. Applied Surface Science, 653, 159359. DOI: 10.1016/j.apsusc.2024.159359.

5. Rogers, T., & Samuelson, L. (2020). Cryogenic and thermoelectric cooling techniques in photodetectors. Sensors and Materials, 32(9), 1457-1470. DOI: 10.18494/SAM.2020.123456.

6. Kim, Y., & Lee, H. (2019). Optimization of UV sensors with silicon photodiodes and light guides. Journal of Optical Engineering, 58(7), 077105. DOI: 10.1117/1.JOE.58.7.077105.

УДК 331.101; 331.108

ОЦІНЮВАННЯ ПЕРСОНАЛУ ВИПРОБОВУВАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРІЙ

© Марія Герус, Роман Байцар, 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
студентка кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, mariia.herus.mt.2021@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), доктор технічних наук,
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, roman.i.baitsar@lpnu.ua

Основною проблемою забезпечення якості продукції є достовірні випробовування у лабораторіях. Для забезпечення високого рівня вимірювань недостатньо теоретичної бази та засобів вимірювальної техніки, необхідно вміти також правильно користуватись ними. Тому проблема впливу людського чиннику на процеси вимірювань є надзвичайно актуальною. Похибки, які виникають від впливу цього чиннику, дуже важко визначити і їх неможливо уникнути. Найчастіше вони виникають внаслідок недотримання інструкцій, процедур та поганої організації праці. У технічних вимірюваннях, крім вимірювальних пристроїв, важливу роль відіграє особа, яка виконує вимірювання, її досвід, стан робочого місця та психофізичний стан. Під час планування процесу розроблення та впровадження системи управління якості (СУЯ) слід враховувати такі основні чинники [1]:

- починати з аспектів, що мають безпосередній позитивний вплив на конкретну діяльність, виробниче життя персоналу на найближчий час;
- не починати з відштовхуючих та непопулярних дій;
- створити дієву систему підготовки персоналу лабораторії у галузі управління якістю;
- враховувати варіації виробничого навантаження;
- враховувати і використовувати психологічні особливості персоналу;
- не приймати одноосібних рішень, усі рішення стосовно впровадження СУЯ та просування проекту, по можливості, приймати колегіально;
- розробляти документацію СУЯ тільки «зверху-вниз» піраміди якості;
- доведення необхідності розроблення кожного документа СУЯ у Координаційній Раді перед його розробленням (за винятком документів, що входять до переліку обов'язкових за вимогами Стандарту);
- забезпечення розробки (впровадження) документації СУЯ тим же персоналом та на тому ж робочому місці, де вона і буде використовуватись.

ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 [2] містить усі вимоги, яким повинні відповідати випробувальні та калібрувальні лабораторії, що претендують на технічну компетентність і здатність отримувати технічно обґрунтовані результати.

Підхід, що підкреслює людський чинник при впровадженні і підтримці систем якості, є «Механізм розвитку персоналу» (МРП) або People Development Tools (PDT) [3]. Основною метою МРП є об'єктивна оцінка компетентності кожного працівника. Головним моментом є об'єктивний підхід до складання МРП, що вимагає повного самоусвідомлення, яке дозволить відобразити реалістичну картину про кожного працівника.

Загальна структура МРП має такий вигляд:

1. Досягнення за останній рік. Працівник підводить підсумок всіх своїх досягнень за останній рік; описує проведені роботи, які він допоміг зробити; процеси, які він оптимізував; результати, яких досягнув. Також він повинен навести особливі чинники, які допомогли йому досягнути певного результату, описати свій власний внесок в досягненнях колективу.

2. Сильні сторони. Працівник наводить три своїх найкращі якості, дві з яких стосуються підприємства. Описує яким чином він домігся найкращої своєї якості. Крім того, він повинен навести приклади для кожної своєї сильної сторони.

3. Потреби для власного розвитку. На цьому етапі написання МРП наводяться три речі, які потрібні працівникові для власного розвитку, але хоча б один з них повинна відноситися

до цінностей підприємства. Для кожної потреби працівник повинен описати свої плани, які він хоче здійснити за допомогою цієї речі. Він повинен сфокусуватися на розширенні своїх навичок і на здатності саморозвитку. Кожен працівник має в чомусь потребу, без якої він не може розкрити повний свій потенціал.

4. Моя кар'єра. Тут працівник описує, які задачі, проблеми чи завдання він би хотів досягти на сьогоднішній день у своїй діяльності. Наводить свої прагнення у кар'єрі. Описує довго- та короткострокову мету для досягнення успіхів у своїй кар'єрі.

МРП відображає цінність кожного працівника для підприємства, влив його ролі на роботу підприємства, напрями постійного навчання для вдосконалення роботи на підприємстві. особисті плани для саморозвитку та зростання на підприємстві.

Основний акцент МРП робиться на цінності кожного працівника, що забезпечує свободу індивідуального підходу до виконання завдань. При цьому слід користуватися такими критеріями як:

- оцінка індивідуальних якостей;
- оцінка здатності до самонавчання та навчання інших;
- оцінка наявності якісних можливостей;
- оцінка активності;
- оцінка загального рейтингу працівників.

За результатами написаних МРП виставляється оцінка кожному працівнику за двома критеріями: цінність для підприємства та коефіцієнт виконання завдань і робіт. Загальний рейтинг працівників показує основну картину кадрового потенціалу лабораторії, що сприяє її розвитку для досягнення основної мети, а для працівників – розвитку своєї кар'єри, набуття якомога вищих якостей особистості.

Головні труднощі впровадження СУЯ на сьогодні полягають у переборюванні психологічних бар'єрів співробітників, починаючи від керівника і закінчуючи лаборантом, організації дієвої відповідальності керівництва та систем ефективного і достовірного аудиту, коригувальних та попереджувальних дій.

1. Новіков В. Аналіз впровадження міжнародних вимог до компетентності випробувальних лабораторій агропромислового комплексу України / В. Новіков, О. Никитюк, А. Коцюба // Стандартизація, сертифікація, якість. Харків – 2004. – №6. – С. 39-43.

2. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій: ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. – [Чинний від 2021-01-01].

3. Кові Стівен. 7 звичок надзвичайно ефективних людей: Потужні інструменти розвитку особистості.

UDC 004.(67+89+942)

METHODS OF NON-INVASIVE MEASUREMENT OF INTERNAL BODY TEMPERATURE

© *Roman Maisakovskyi[1], Mykhailo Stepanyak[2], 2024*

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), postgraduate of the Department of Computerized Automation Systems, maisakovsky@gmail.com
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), associate professor of the Department of Computerized Automation Systems, Candidate of Engineering Sciences (Ph. D.), mystepanyak@ukr.net

Introduction

In modern medicine, non-invasive diagnostic methods are of great importance, in particular those that allow measuring internal body temperature to detect pathologies at early stages. Temperature changes often signal the development of diseases such as inflammation or cancer. Traditional thermometry methods have certain limitations, including invasiveness and the need for contact with the patient's body. This study examines magnetic resonance imaging (MRI), infrared (IR) thermography, acoustothermometry, and microwave radiothermometry as promising approaches to noninvasive monitoring of internal body temperature [1, 2].

Magnetic resonance imaging

MRI allows you to create three-dimensional images of internal organs and tissues using magnetic fields and radio waves. In addition to organ structure, modern MRI machines can measure tissue temperature, which is important for diagnosing pathologies such as tumors. This method has high measurement accuracy but requires significant financial costs and specialized equipment. Contrast can also be used to improve measurement accuracy. The measurement sensitivity is up to 0.1°C. One of the disadvantages of this method is that the tissue in which the measurement is performed must consist of water, since the principle of the method is based on measuring the response of atomic nuclei, most often hydrogen atoms. As the amount of water in the tissue decreases, the measurement error will increase [1, 3, 4].

Infrared thermography

Infrared thermography measures the temperature of the skin and surface tissues. This method can use a camera that captures infrared radiation correlating with body temperature. This method is easy to use and is available for mass screening. However, it is limited to only being able to measure surface areas and is sensitive to external conditions such as ambient temperature. The depth of measurement is up to 100 microns, and the distance to the object of measurement is up to 5 cm. This method can also use a sensor (receiver) and a light emitter. When using this approach, near-infrared radiation penetrates to a depth of 2-3 cm. The measurement sensitivity is up to 0.1°C. This method is used to measure hemoglobin oxygenation, internal brain temperature, and in the diagnosis of breast diseases. IR thermography methods are cheap to use [1, 2, 5].

Acoustic thermometry

Acoustothermometry is based on the analysis of acoustic vibrations resulting from temperature changes. Exposure to ultrasound raises the temperature in tissues by enhancing the Brownian motion of molecules. This causes acoustic noise, which is recorded by a piezoelectric receiver. The voltage at the receiver output reflects the temperature change in the focal area. Thermal acoustic radiation has a low power and a wide spectrum, and its intensity is proportional to the temperature. For example, for measurement depths of 1-5 cm, waves with a frequency of 0.5-10 MHz are used. Due to the need for heating, the procedure takes 10-20 seconds. This method is under active development, so there are no serial acoustic thermometers, only prototypes for experiments. Although acoustothermometry has the potential for accurate measurement, its use is still limited due to the complexity of the equipment. The measurement error is 0.2°C, and the measurement depth is up to 10 cm [1, 6, 7].

Microwave radiothermometry

Microwave radiothermometry measures the temperature of deep tissues by recording their electromagnetic radiation in the ultra-high frequency region. Typically, wavelengths from 1 mm to several centimeters are used, with a frequency range of 1-5 GHz. Due to the low intensity of the

body's microwave radiation, antennas for radio thermometry (RTM) must be in contact (applicators), i.e. adjacent to the body surface during measurement. Measurement parameters such as antenna shape (round, square, or L-shaped), measurement depth, frequency, and wavelength all affect measurement error. Choosing the optimal antenna shape, frequency, and wavelength can improve the accuracy and efficiency of research depending on specific conditions and requirements. Internal body temperature can be measured with an absolute error of ±0.1 °C using this method [1, 8].

Conclusion

Non-invasive temperature measurement methods open new opportunities for health monitoring and early diagnosis of diseases. Each of the methods discussed has its advantages and limitations. MRI provides high accuracy but requires significant resources. Infrared thermography is convenient for mass use but has a low-temperature measurement depth. Acoustothermometry and microwave radiothermometry have significant potential for internal temperature measurement but require further development. The use of these methods will contribute to the development of non-invasive medicine and increase the efficiency of diagnostics.

1. Maisakovskyi R.I., & Stepanyak, M.V. (2014). Analysis of non-invasive methods of measurement of internal human body temperature. Scientific Bulletin of UNFU, 34(5), 110-118. https://doi.org/10.36930/40340515

2. D'Alessandro, G., Tavakolian, P., & Sfarra, S. (2024). A Review of Techniques and Bio-Heat Transfer Models Supporting Infrared Thermal Imaging for Diagnosis of Malignancy. Applied Sciences. 14. 1603. https://doi.org/10.3390/app14041603

3. Winter, L., Oberacker, E., Paul, K., Ji, Y., Oezerdem, C., Ghadjar, P., Thieme, A., Budach, V., Wust, P., & Niendorf, T. (2016). Magnetic resonance thermometry: methodology, pitfalls and practical solutions. Int. J. Hyperthermia; 32 (1): 63-75. PMID: 26708630. https://doi.org/10.3109/02656736.2015.1108462

4. Odéen, H & Parker, D.L. (2019). Magnetic resonance thermometry and its biological applications – Physical principles and practical considerations. Prog Nucl Magn Reson Spectrosc; 110:34–61. https://doi.org/10.1016/j.pnmrs.2019.01.003

5. Zaretsky, D.V., Romanovsky, A.A., & Zaretskaia, M.V. (2018). Tissue oxidative metabolism can increase the difference between local temperature and arterial blood temperature by up to 1.3°C: implications for brain, brown adipose tissue, and muscle physiology. Temperature; 5(1):22–35. https://doi.org/10.1080/23328940.2018.1437311

6. Didkovskyi, V., Naida, S., Drozdenko, O., & Kateryna, D. (2020). Experimental researching of biological objects noninvasive passive acoustothermometry features. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 1. 6-12. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192594

7. Drozdenko, K. S. (2013). Single-channel focusable acoustothermometer for measuring the internal temperature of biological object. Radioelectronics and Communications Systems, 56 (4), 207–211. https://doi.org/10.3103/s0735272713040067

8. Raiko, J., Koskensalo, K., & Sainio, T. (2020). Imaging-based internal body temperature measurements: The journal Temperature toolbox. Temperature. 7. 1-26. https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1769006

УДК 621.317.33

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ПОХИБОК І НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ВК КОМПЛЕКСІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ТА СИСТЕМ ОБЛІКУ НАФТОПРОДУКТІВ

© Богдан ЛИСИЙ[1], Олександр ШИШКІН[2], Іван КІЗЛІВСЬКИЙ[3], 2024

[1]Державне підприємство „Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних та управляючих систем (ДП НДІ „Система”),
м. Львів, Україна, начальник сектора НДС-112, lysyy_bohdan@ukr.net
[2]Державне підприємство „Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних та управляючих систем (ДП НДІ „Система”),
м. Львів Україна, начальник відділу НДВ-11, alexshyshkin@gmail.com
[3]Державне підприємство „Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних та управляючих систем (ДП НДІ „Система”),
м. Львів Україна, начальник відділу НДВ-12, ndv-12@ukr.net

Сучасний технічний розвиток вимірювальної техніки і автоматизація технічних процесів, а також повірка і оцінка відповідності (ОВ) засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) приводить до необхідності вимірювання температури з високою точністю вимірювань.

Оцінювання невизначеності вимірювань при випробуваннях ВК температури включає такі етапи: побудова модельного рівняння, оцінювання стандартних невизначеностей вхідних величин, визначення коефіцієнтів впливу, оцінювання коефіцієнтів кореляції, оцінювання сумарної стандартної невизначеності, оцінювання розширеної невизначеності. Кінцевим етапом є складання бюджету невизначеності.

Для побудови модельного рівняння необхідно ідентифікувати основні (істотні) джерела невизначеності вимірювання температури Δ_t . В даному випадку такими є:

- похибка робочого еталону температури (для обрахунку беремо розширену невизначеність, що становить 0,038ºС);
- похибка цифрового мультиметра Agilent 34401A;
- неточність зчитування показів оператором;
- невизначеність впливу температури на вимірювання опору термоперетворювачів;
- вплив випадкових ефектів.

З врахуванням цих джерел модельне рівняння набуде вигляду:

$$\Delta_{RX} = \Delta_{RN} + \Delta_M + \Delta_{вип} + \Delta_t + \Delta_0, \quad (1)$$

де вхідні величини: Δ_{RN} – похибка робочого еталону температури; Δ_o - похибка зчитування показів оператором; $\Delta_{вип}$ – похибка із-за дії випадкових факторів; Δ_t – можлива зміна результатів вимірювання із-за відхилення температури від 20 ^{0}С; Δ_M – похибка цифрового мультиметра Agilent 34401A.

Модельне рівняння для похибки або невизначеності $\Delta t_{ВК}$ ВК з термоелектричним термометром буде визначатися:

$$\Delta t_{ВК} = \Delta_{ТП} + \Delta_{ЗТ} + \Delta_{СК\,ХС} + \Delta_{АЦП} + \Delta_{ОКМК} + \Delta_К \quad (2)$$

де $\Delta_{ТП}$ – похибка термопари; $\Delta_{ЗТ} = e_{ЗТ}$ – похибка від неповної термоідентичності; $\Delta_{СКХС}$ – похибка схеми компенсації холодних спаїв; $\Delta_{АЦП}$ – похибка аналогового цифрового перетворювача; $\Delta_{ОКМК}$ – похибка обчислювального компонента мікропроцесорного контролера.

Повірку або оцінку відповідності ВК температури, а також первинного давача без демонтажу із об’єкта контролю можна проводити за допомогою підключення багатозначної міри опору Р3026/1 за трьох провідною схемою, до клем колодки Х12 ТМС – плати багато точкового термометра опору Pt 100 давача МРТ6, дотримуючись при цьому наступної послідовності виконання операцій повірки:

– за допомогою телефонного зв`язку довідатись про значення температури t_{Xc} в даний момент часу при певному встановленому рівні нафти, що висвітлена на дисплеї ПЕОМ системи TRL/2 і записати його;

– за допомогою програмного забезпечення визначити кількість занурених індивідуальних давачів багатоточкового давача температури;

– відключити із клемника Х12 ТМС-плати почергово по одному чутливому елементу, та підключити замість них багатозначну міру опору (МО) Р3026/1 і за допомогою її декадних перемикачів встановити почергово те саме значення t_{Xc} температури, що висвітлилось на дисплеї ПЕОМ, і записати кожного разу значення опору виставленого на Р3026/1;

– після обчислення середнього значення опору, який був встановлений замість кожного із задіяних чутливих елементів, уточнити дійсне значення температури $t_{Xд}$ згідно з таблицею А2 ДСТУ 2858:2015. На основі уточнених значень $t_{Xд}$ і виміряних значень t_{Xc} знайти абсолютну похибку ВК температури.

Аналогічно здійснити вимірювання для всього багатоточкового давача температури (при повністю заповненому резервуарі). В запропонованій схемі підключення перетворювачів відсутнє повторне сумування індивідуальних провідників з`єднання, яких не враховують розробники систем та приладів.

Похибки $\Delta_{ко}$ реальних вимірювальних каналів температури (об`єкта) без демонтажу перетворювачів можна визначити застосовуючи взаємодію об`єкта і еталонних мір опору [3] при відповідній взаємодії компонентів у вимірювальній системі. Оскільки створити еталонний канал об`єкта комплекса або АСК ТП неможливо, то для проведення метрологічних випробувань створено і застосовано "еталонні" математично-фізичні моделі і тестові сигнали, розроблено нові розрахунково-експериментальні методи [3], за допомогою яких трансформуються певні контрольовані точки із діапазону вимірювань параметру. В усіх цих випадках виникають проблеми визначення МХ ВК АСК ТП під час їх оцінки відповідності або повірки. Таким чином в основі вимірювання цих параметрів є визначення певного значення електричного опору безпосередньо, або з подальшим перетворенням його у певну фізичну величину. Для визначення МХ ВК можна застосовувати паралельне з`єднання резисторів з урахуванням взаємодії об`єкта (ВІС або АСК ТП) і еталонної багатозначної міри (в даному випадку опору).

Щодо теоретичних аспектів даної проблеми слід відзначити наступне. Приймаючи невідоме значення досліджуваного опору, як Rx, а також використовуючи відомі еталонні значення ступенів певного значення опору Rет, приймаючи, що Rx = Rет + δx. Для випадку Rx ≈ Rет і застосовуючи паралельне з`єднання резисторів випливає, що

$$R_{\Sigma} = \frac{R_{ET} \bullet (R_{ET} + \delta_x)}{2 \bullet R_{ET} + \delta_x} \tag{3}$$

І у випадку Rx ≈ nRет,

$$R_{\Sigma} = \frac{n \bullet R_{ET} \bullet (R_{ET} + \delta_x)}{(n+1) \bullet R_{ET} + n \bullet \delta_x} \tag{4}$$

Звідси можна знайти значення δx досліджуваного ступеня електричного опору. В усіх прикладах застосування даного способу вимірювання співвідношення границь допустимих похибок еталонних мір ступенів $\delta_{ет}$ і допустимої похибки досліджуваних ступенів електричного опору $\delta x_д$ повинні задовільняти нерівності $\delta_{ет} \le \delta x_д \cdot 1/3$ або $\delta_{ет} \le \delta x_д \cdot 1/4$, в залежності від переважаючих складових похибки (систематичної або випадкової).

Висновки

1. Наведені **с**пособи вимірювання дозволяють:

– підвищити точність вимірювання температури, вимірявши при цьому значення опору чутливих елементів, а також визначити дійсне значення температури встановленої в об'ємі;

– оптимізувати процес вимірювання, а також проводити калібрування термоперетворювачів на які поширюється і не поширюється метрологічний нагляд з необхідною точністю;

– визначити границі абсолютної похибки градуювання чутливого елемента досліджуваного термоперетворювача, також окремо визначити границі абсолютної похибки вторинного перетворювача (електронної частини).

– визначити номінальну статичну характеристику перетворення всіх типів перетворювачів, проводити їх повірку і оцінку відповідності.

В описаних вище способах, підвищення точності досягається за допомогою:

– застосування методу заміщення опорів чутливих елементів всіх типів термоперетворювачів багатозначною еталонною мірою опору, що дає можливість точно виміряти значення опору чутливих елементів з усуненням подвійної похибки класу точності потенціометра.

2 Описані способи вимірювання дозволяють провести повірку та оцінку відповідності ВК ВІС та АСК ТП температури в робочих умовах і без демонтажу первинних перетворювачів із об'єкта контролю.

3 В результаті застосування взаємодії об`єкта і еталонних мір опору одержуються трансформовані з відомою точністю контрольовані точки із діапазону вимірювання температури вимірювального каналу ВІС або АСК ТП, що необхідно для визначення метрологічних характеристик багатьох типів ВК.

1 ДСТУ 2858:2015. Термоперетворювачі опору. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.

2. Лисий Б., Колпак Б. Підвищення точності вимірювання електричного опору різних типів термоперетворювачів опору // Вимірювальна техніка та метрологія. – № 59. – 2002. – С. 37-41.

3. Б.Д. Колпак, Б.М. Лисий, В.В. Паракуда. вплив взаємодії об`єкта і еталонних мір опору на визначення метрологічних характеристик автоматизованих систем контролю та керування // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах.-Хмельницький, №3, 2001.-С. 190-192.

УДК 623.021.1

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КПА

© Анна Ольховікова, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (Харків, Україна),
слухач другого (магістерського) рівня кафедри метрології та стандартизації, n.ultra96@gmail.com@gmail.com

В умовах сучасної війни перед Збройними Силами постійно постають нові виклики засновані на впровадженні новітніх технологій у вже існуючі системи та на зменшенні часу на виконання завдань за призначенням.

Контрольно-перевірочна апаратура (КПА) являє собою набір спеціалізованих технічних засобів і пристроїв, які використовуються для діагностики, тестування та перевірки працездатності військового обладнання і техніки, що є неабияким актуальним та важливим завданням.

Основною метою контрольно-перевірочної апаратури є підтримка технічної справності та бойової готовності військових систем і обладнання.

Основними типами та функціями контрольно-перевірочної апаратури визначають: діагностичні пристрої, що використовуються для виявлення несправностей у радіоапаратурі, електроніці та системах управління; контрольно-вимірювальні прилади, які застосовують для перевірки точності, налаштування обладнання та які включають в себе різноманітні тестери, мультиметри, осцилографи, спектроаналізатори та інші засоби, що вимірюють електричні, теплові, акустичні та інші параметри; апаратура для калібрування, яка використовується для забезпечення точності показників інших приладів і систем; мобільні лабораторії у вигляді спеціального обладнаних автомобілів або контейнерів, що можуть бути розгорнуті в польових умовах для перевірки і ремонту обладнання безпосередньо на місці; комп'ютеризовані системи діагностики як сучасні програмно-апаратні комплекси, що дозволяють проводити автоматизоване тестування і аналіз системи.

Контрольно-перевірочна апаратура є невід'ємною частиною сучасної армії, забезпечуючи високий рівень бойової готовності військ. А також є критично важливою в сучасній війні через високі вимоги до надійності, ефективності та швидкодії військової техніки й озброєння. Ключовими причина є швидке виявлення несправностей, підвищення точності бойових систем, польова мобільність, протидія сучасним загрозам, оптимізація ресурсів, зниження ризику для особового складу.

Для ефективного діагностування та оцінки технічного стану контрольно-перевірочної апаратури (КПА) у сучасних умовах можна застосувати наступні підходи та інформаційно-вимірювальні технології: впровадження автоматизованих систем моніторингу, що використовують сенсори для збору даних про стан елементів КПА; використання діагностичних експертних систем з елементами штучного інтелекту; віртуальні та доповнені технології; цифрові двійники для кожного елементу або системи КПА; хмарні технології та Інтернет речей (IoT) для збору, обробки та зберігання даних про стан КПА з різних джерел, що дозволить централізовано контролювати всі одиниці апаратури незалежно від їхнього місцезнаходження; інтеграція з ERP-системами; системи візуалізації та аналітики даних стану КПА, що дозволить технічному персоналу швидко оцінювати рівень зносу і ефективно приймати рішення.

Застосування інформаційно-вимірювальних технологій для діагностики КПА може значно покращити ефективність і надійність військового обладнання, зменшити ризики виходу з ладу в бойових умовах та підвищити рівень оперативної готовності.

УДК 681

ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ НА ОСНОВІ YOLOV8

© Ільчук Михайло, 2024

Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Ph.D., mykhailo.s.ilchuk@lpnu.ua

Вступ та постановка проблеми. В останні роки автоматизовані системи контролю якості продукції стають ключовим елементом сучасного виробництва, особливо у високотехнологічних галузях, таких як виробництво друкованих плат (PCB). Друковані плати є основою для багатьох електронних пристроїв, і їх якість критично важлива для надійної роботи кінцевого продукту. Недоліки у виробництві друкованих плат, такі як мікротріщини, неправильне розміщення компонентів або дефекти пайки, можуть призвести до серйозних збоїв та значних фінансових втрат. Тому розробка надійних методів для автоматизованого виявлення дефектів на етапі виробництва є одним із пріоритетів дослідницьких та інженерних команд по всьому світу.

Традиційні методи виявлення дефектів, такі як візуальний огляд або тестування на електричну провідність, мають суттєві обмеження, включаючи низьку швидкість та високу залежність від людського фактору. З огляду на це, машинне навчання та, зокрема, глибоке навчання, стають важливими інструментами для створення високоточних моделей, здатних автоматично ідентифікувати дефекти на зображеннях PCB. Моделі на основі глибоких нейронних мереж, такі як YOLO (You Only Look Once), показали чудові результати в обробці зображень і відео в реальному часі завдяки своїй швидкості та точності. Проте стандартні версії цих моделей мають певні обмеження, пов'язані з високими вимогами до обчислювальних ресурсів, що робить їх менш підходящими для інтеграції у виробничі середовища з обмеженими ресурсами.

Метою дослідження є розробка високоефективної та легкої моделі для автоматизованого виявлення дефектів на друкованих платах (PCB), яка б зберігала високу точність в умовах обмежених обчислювальних ресурсів. Задля досягнення цієї мети пропонується оптимізація існуючої архітектури YOLO.

Базові положення. Поточні реалізації YOLO та інших об’єкт-детектуючих моделей для завдань, пов’язаних з контролем якості друкованих плат, вимагають подальших удосконалень для досягнення оптимального співвідношення між продуктивністю та точністю. Зокрема, існує необхідність у підвищенні ефективності моделей при збереженні або навіть покращенні їх здатності точно виявляти дефекти. Основні виклики включають:

1. ***Високі обчислювальні вимоги*** – стандартні моделі глибокого навчання є ресурсомісткими, що обмежує їх застосування в умовах з обмеженими ресурсами.
2. ***Збереження точності при зменшенні моделі*** – при оптимізації і зменшенні параметрів моделі часто спостерігається зниження точності, що може негативно вплинути на якість виявлення дефектів.
3. ***Обмежена адаптивність до дрібних дефектів*** – стандартні нейронні мережі часто мають труднощі з розпізнаванням дрібних або специфічних дефектів на PCB, що вимагає вдосконалення архітектури для кращого оброблення важливих ознак.

З огляду на ці виклики, дане дослідження пропонує модифікацію архітектури YOLO з інтеграцією BiFPN для покращення передачі ознак, ShuffleAttention для більш точного акценту на дефектних ділянках та WIoU для оптимізації функції втрат, що дозволяє значно підвищити точність моделі при збереженні або навіть зниженні вимог до обчислювальних ресурсів. За допомогою модифікацій, таких як BiFPN та ShuffleAttention, створено компактну модель, яка забезпечує високу продуктивність при значно зниженій кількості параметрів. В свою чергу інтеграція WIoU як функції втрат для точнішого позиціонування рамок та покращення якості виявлення навіть дрібних дефектів на друкованій платі. Також було створено гнучку модель, яка може бути легко впроваджена в промислові системи контролю якості з обмеженими ресурсами, зберігаючи при цьому точність виявлення дефектів на рівні сучасних рішень.

Проміжні результати. Ефективність алгоритму в сценаріях виявлення дефектів було проведено п’ять експериментальних наборів порівнянь із збільшеними зображеннями. По-перше, результати початкового набору показують, що запропонований метод перевершує стандартний YOLOv8n за точністю виявлення. По-друге, результати наборів II і III вказують на те, що алгоритм має нижчий рівень пропущених виявлень порівняно з YOLOv8n, що свідчить про те, що він фіксує більше потенційних дефектів і покращує покриття виявлення. По-друге, результати наборів II і III вказують на те, що алгоритм має нижчий рівень пропущених виявлень порівняно з YOLOv8n, що свідчить про те, що він фіксує більше потенційних дефектів і покращує покриття виявлення.

Основні результати. Результати показують, що дана модель досягає точності mAP50 (середню точність) 93.4% при значному зниженні обчислювальної складності, що відкриває нові можливості для ефективного автоматизованого контролю якості в промисловості. Незважаючи на такі високі показники точності, модель зберігає низьку кількість параметрів і мінімальні вимоги до обчислень, що робить її сильним кандидатом для розгортання на мобільних пристроях і вбудованих системах в обмежених середовищах. Порівняльний аналіз з іншими моделями виявлення показує, що цей метод забезпечує чудовий баланс між легкою конструкцією та високою продуктивністю, що свідчить про значний потенціал для застосування в реальному світі.

УДК 623

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНТРОЛЬНО-ПЕРЕВІРОЧНОЇ РУХОМОЇ СТАНЦІЇ 9В91 ОБСЛУГОЮ ВИЇЗНИХ МЕТРОЛОГІЧНИХ ГРУП

© Соф`я Клімова, 2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсант, sklimova2004@gmail.com

Автоматизована контрольно-перевірочна рухома станція (АКПРС) 9В91 є важливим інструментом для забезпечення точності роботи сучасної військової техніки. Основною функцією цієї системи є перевірка електронних і електромеханічних засобів вимірювань, які використовуються для забезпечення боєготовності техніки. Сучасні умови експлуатації вимагають підвищеної точності й ефективності метрологічного обслуговування, що потребує удосконалення наявних підходів. АКПРС 9В91 створена для перевірки широкого спектра військових приладів, які використовуються в бойових і технічних підрозділах. До її функцій входить:

– Технічне обслуговування та повірка приладів для підвищення точності вимірювань.

– Зниження потреби в транспортуванні техніки на стаціонарні пункти обслуговування, завдяки мобільності.

Під час огляду сучасної методики метрологічного обслуговування автоматизованої контрольно-перевірочної рухомої станції 9В91 були виявлені такі основні недоліки:

1. Технологічна відсталість. Сучасне обладнання АКПРС 9В91 значною мірою залежить від ручного втручання під час проведення перевірок. Це уповільнює процес і створює ризики для точності результатів.

2. Мобільність та ресурсозатратність. Виїзні метрологічні групи мають обмежений доступ до інформаційних систем у реальному часі, що ускладнює оперативну реакцію на несправності. Через відсутність сучасної комунікації між системою та головними пунктами управління, на усунення проблем йде більше часу.

3. Ручний збір даних. Перевірка результатів контролю здійснюється вручну, що призводить до значних витрат часу та підвищує ймовірність людських помилок. Відсутність автоматизованих засобів збору та аналізу даних не дозволяє оперативно контролювати стан обладнання.

Таким чином, вищезазначені недоліки значно впливають на метрологічне обслуговування автоматизованої контрольно-перевірочної рухомої станції 9В91. В доповіді наводяться пропозиції щодо удосконалення методики метрологічного обслуговування автоматизованої контрольно-перевірочної рухомої станції, а саме:

– Впровадження автоматизованих систем контролю на базі штучного інтелекту.

Пропонується використовувати сучасні засоби автоматизації для моніторингу стану приладів у реальному часі.

– Модернізація технічного оснащення станцій та виїзних груп.

Пропонується оснастити виїзні групи сучасними мобільними пристроями, що дозволять швидко проводити калібрування та перевірки з мінімальними затратами часу.

– Інтеграція сучасних програмно-аналітичних рішень.

Розробка спеціального програмного забезпечення для аналізу та візуалізації даних дозволить виїзним метрологічним групам отримувати доступ до інформації про стан приладів у реальному часі.

Отже, удосконалення методики метрологічного обслуговування АКПРС 9В91 шляхом автоматизації та модернізації технічних засобів дозволить суттєво підвищити точність і швидкість перевірок, а також знизити ризик помилок. Впровадження сучасних аналітичних платформ та програмних рішень забезпечить постійний моніторинг стану приладів та сприятиме швидкому реагуванню на технічні несправності. Це забезпечить кращу боєздатність військових підрозділів і покращить загальну ефективність метрологічного обслуговування.

УДК 681.5

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ В МЕДИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ

© Олег Чабан[1], Микола Микийчук[2], 2024

[1] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно- вимірювальних технологій, warone639@gmail.com
[2]Національний університет «Львівська політехніка», (Львів, Україна), директор інституту комп’ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., проф., e-mail: mykolamm@ukr.net

Забезпечення стабільно високої якості процесів надання медичних послуг та своєчасності проведення лабораторних досліджень в Україні регламентується рядом нормативних актів, в тому числі, міжнародних. Зокрема, Національна служба здоров’я України зобов’язала надавачів медичних послуг з 1 січня 2025 року забезпечити наявність у своєму складі лабораторії (або наяність договору з лабораторією) мікробіологічного профілю для надання медичної допомоги у стаціонарі, які мають впроваджену методику визначення чутливості до антимікробних засобів EUCAST та відповідають вимогам EN ISO 15189:2022 Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності [1].

Мета політики медичних закладів у сфері якості полягає у задоволенні потреб різних категорій споживачів за рахунок проведення гарантовано точних і достовірних медичних лабораторних досліджень і надання якісних послуг відповідно до очікувань споживачів. У свою чергу, якість послуг медичних лабораторій особливо вимоглива до контролю умов та вимог біологічної безпеки з транспортування, приймання та зберігання біологічного матеріалу для клінічних досліджень [2,3].

Безперервний моніторинг температури у лабораторних приміщеннях, а також незалежний моніторинг будь-яких холодильників та морозильних камер, налаштування системи сигналізації при перевищенні порогових значень є основною частиною інфраструктури будь-якої медичної лабораторії. Контроль температури для аналітичних лабораторій має першорядне значення.

Для чого потрібні логери в медичних лабораторіях:

- Моніторинг стабільності температури: Логери відстежують температуру в режимі реального часу, що дозволяє виявляти відхилення від заданого діапазону та уникати псування матеріалів.
- Аварійні сигнали: У разі перевищення температурних меж логери можуть активувати сигналізацію або надсилати сповіщення, що дає змогу швидко реагувати на проблему.
- Документування даних: Всі виміряні дані зберігаються у пам’яті пристрою або передаються в систему моніторингу, що дозволяє проводити аудит умов зберігання.
- Відповідність стандартам ISO 15189.

Цифровий термометр на основі логера – це пристрій, що поєднує в собі функціональність термометра з можливістю реєстрації та запису даних про зміну температуру в часі. Цей тип термометрів широко використовується в різних галузях промисловості, де точний моніторинг температури та аналіз даних мають вирішальне значення. Цифровий термометр на базі логера зазвичай складається з датчика температури, цифрового дисплея та системи реєстрації даних. Датчик температури вимірює температуру навколишнього середовища та надсилає дані на цифровий дисплей, який відображає показання температури в режимі реального часу. Крім того, термометр оснащений системою реєстрації даних, яка дозволяє користувачеві записувати та зберігати температурні дані через регулярні проміжки часу. Однією з ключових переваг цього цифрового термометра є його здатність надавати повний температурний профіль за певний період. Це особливо корисно в умовах, коли необхідно ретельно відстежувати коливання температури.

Реєструючи дані про температуру через регулярні проміжки часу, користувачі можуть аналізувати тенденції, виявляти аномалії та приймати обґрунтовані рішення на основі

зібраних даних. Окрім того, цифрові термометри на базі логерів часто оснащені такими функціями, як сповіщення про тривогу, експорт даних та інтервали реєстрації, що налаштовуються, що забезпечує користувачам гнучкість і зручність при моніторингу температури. Деякі моделі можуть також включати додаткові елементи для вимірювання таких параметрів, як вологість або тиск, що ще більше підвищує їх універсальність. Таким чином, цифровий термометр на базі логгера – це потужний інструмент для точного моніторингу температури та реєстрації даних. Його здатність записувати дані про температуру протягом певного часу дозволяє користувачам отримувати цінні відомості, забезпечувати відповідність нормативним вимогам та приймати обґрунтовані рішення на основі зібраних даних і підвищувати якість лабораторних процесів, запобігаючи використанню непридатних реагентів або зразків.

Логери, як і будь-яке інше вимірювальне обладнання, потребують калібрування, відповідно до вимог ISO 15189. Зазвичай калібрування рекомендується проводити один раз на рік, проте частота може змінюватись залежно від умов експлуатації та вимог внутрішніх процедур. Калібрування слід виконувати в акредитованих лабораторіях, щоб забезпечити відповідність стандартам та отримати офіційний сертифікат. Калібрування особливо важливе, якщо логери використовуються для моніторингу критичних параметрів, таких як зберігання реагентів або біологічних зразків, де навіть незначні відхилення можуть вплинути на результати аналізів.

1. IS0 15189 Медичні лабораторії. Вимоги до якості і компетентності.

2. Наказ МОЗ України від 24.01.12008 N26. «Організація роботи лабораторій при дослідженні матеріалу, що містить біологічні патогенні агенти 1-4 груп патогенності.

3. ISO/TS 20658:2017, Medical laboratories – Requirements for collection, transport, receipt, and handling of samples.

УДК 681

ЗОВНІШНІЙ АУДИТ ЯК ПІДГОТОВКА ДО ПАРИТЕТНОГО ОЦІНЮВАННЯ НМІ В EURAMET

©Юлія Ніцпань[1], Іван Кізлівський[2], 2024

[1.] Державний науково-дослідний інститут "Система",
м. Львів, Україна, провідний метролог, yulia-palagnuk@ukr.net
[2.] Державний науково-дослідний інститут "Система",
м. Львів, Україна, начальник відділу НДВ-12, ndv-12@ukr.net

Розуміння концепції

Зовнішній аудит та паритетне оцінювання в рамках EURAMET – це дві важливі процедури, спрямовані на забезпечення високого рівня якості та надійності вимірювань у науково-дослідних інститутах. Обидві процедури є невід'ємною частиною системи забезпечення якості та сприяють підвищенню міжнародного визнання результатів вимірювань.

- Зовнішній аудит: незалежна оцінка системи управління якістю (СУЯ) організації з метою визначення відповідності встановленим вимогам ISO/IEC 17025.
- Паритетне оцінювання: спеціальний вид порівняльного випробування, що проводиться між національними метрологічними інститутами (НМІ) для оцінки їхньої здатності виконувати вимірювання з високим рівнем точності та трасування до Міжнародної системи одиниць (SI).

Зв'язок між зовнішнім аудитом та паритетним оцінюванням

Зовнішній аудит є важливим етапом підготовки до паритетного оцінювання з кількох причин:

- Ідентифікація сильних і слабких сторін: Аудит дозволяє виявити недоліки в СУЯ, які можуть вплинути на результати вимірювань і, відповідно, на успішність паритетного оцінювання.
- Підтвердження відповідності вимогам: Аудит підтверджує, що НМІ дотримується всіх необхідних вимог для участі в паритетному оцінюванні.
- Покращення СУЯ: Результати аудиту можуть бути використані для розробки плану коригувальних дій та постійного вдосконалення СУЯ.

Ключові аспекти підготовки до паритетного оцінювання через зовнішній аудит:

- Аналіз вимог EURAMET: Детальне вивчення критеріїв паритетного оцінювання, визначення конкретних вимог до обладнання, персоналу та процедур.
- Оцінка відповідності СУЯ: Порівняння існуючої СУЯ з вимогами стандартів (ISO/IEC 17025) та вимогами EURAMET.
- Проведення внутрішніх аудитів: Регулярні внутрішні аудити дозволяють виявити потенційні проблеми заздалегідь.
- Навчання персоналу: Забезпечення того, щоб весь персонал, залучений до вимірювань, був належним чином підготовлений і володів необхідними знаннями та навичками.
- Калібрування обладнання: Регулярна перевірка та калібрування вимірювального обладнання для забезпечення його точності.
- Розробка планів коригувальних дій: Створення детальних планів для усунення будь-яких виявлених невідповідностей.
- Документація: Підготовка всієї необхідної документації, включаючи процедури, записи та звіти.

Переваги зовнішнього аудиту як підготовки:

- Об'єктивна оцінка: Зовнішній аудитор надає незалежну оцінку, що дозволяє виявити проблеми, які можуть бути пропущені внутрішнім персоналом.
- Підвищення довіри: Успішне проходження зовнішнього аудиту підвищує довіру до результатів вимірювань НМІ.
- Міжнародне визнання: Паритетне оцінювання, підтверджене зовнішнім аудитом, сприяє міжнародному визнанню результатів вимірювань.

Протягом 2023-2024 років в ДП НДІ «Система» було проведено 2 аудити: внутрішній аудит та аудит із зовнішніми експертами.

Аудит із зовнішніми експертами був дуже глибоким і змістовним. Він охопив систему управління якістю та технічну сторону(було виявлено 22 невідповідності).

Найціннішими висновками стали дотримання вимог щодо видачі сертифікатів (згідно CIPM MRA) та доповнення методики вимірювання.

Важливими були коментарі експертів щодо:

– політики неупередженості та конфіденційності;
– простежуваності;
– продукції та послуг від зовнішніх постачальників;
– правила прийняття рішень;
– політики скарг;
– політики щодо зберігання технічних записів;
– реєстру ризиків.

Ключові уроки після зовнішнього аудиту:

- Підтримка вищого керівництва
- Активна участь.
- Чітке бачення.
- Ретельний аналіз потреб.
- Ідентифікація ризиків.
- Оцінка існуючих систем контролю.
- Визначення потреб аудиту: створення детального плану аудиту на основі ідентифікованих ризиків.
- Створення відділу внутрішнього аудиту
- Набір персоналу.
- Розподіл обов'язків.
- Забезпечення необхідними ресурсами.
- Впровадження системи внутрішнього контролю
- Розробка політики та процедур.
- Оцінка ефективності.
- Залучення співробітників.
- Постійне навчання та розвиток
- Підвищення кваліфікації.
- Впровадження нових технологій.
- Адаптація до змін.
- Оцінка ефективності
- Результати вимірювання.
- Регулярний аналіз.
- Внесення змін.

Зовнішній аудит є важливим інструментом для підготовки НМІ до паритетного оцінювання в рамках EURAMET. Регулярні аудити дозволяють виявити та усунути потенційні проблеми, забезпечуючи високу якість вимірювань і міжнародне визнання результатів.

1. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій.

2. CIPM MRA-G-11:2021. Measurement comparisons in the CIPM MRA. Guidelines for organizing, participating and reporting. BIPM, 2021. 26 p.

3. CGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections). Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM, 2008. 134 p.

4. CIPM MRA-P-11:2023. Overview and implementation of the CIPM MRA. BIPM, 2023. 20 p.

UDC 681.2.08

USE OF INFRMATION SYSTEMS FOR DIFFERENT PURPOSES TO IMPROVE SITUATION AWARENESS OF MILITARY ADMINISTRATION BODIES

© Lidiia Parashchuk[1], 2024

Hetman Petro Sahaidachny National Army Academy (Lviv, Ukraine), associate professor of the Department of Electromechanics and Electronics, Ph.D., associate professor, lidadmy@ukr.net

Nowadays, the proliferation of digital technologies has undoubtedly revolutionized almost every aspect of human life: from the seamless connectivity provided by cloud computing to the complex network of interconnected devices that make up the Internet of Things, our reliance on digital infrastructure has become fundamental to modern existence. These technologies have opened up unprecedented levels of efficiency, productivity and connectivity, changing the way we communicate with each other and interact with the world around us. The main place in these connections was occupied by information and information and communication systems, allowing not only to collect data, but also to participate in decision-making.

A management information system is a planned system that collects, stores and distributes data in the form of information necessary for the performance of management functions. Such management systems play an important role in modern organizations, ensuring effective decision-making and their support.

The main and most significant in the modern world is the implementation of artificial intelligence in all spheres of human activity, including defense. Artificial intelligence (AI) can be understood as the creation and development of computer systems or algorithms capable of performing tasks that normally require human intelligence. Today, computer systems are able to study data and the environment and correct errors on their own [1].

Algorithms are a key element of AI work. An algorithm is a set of step-by-step instructions given to a computer to perform a specific task. Artificial intelligence can take this technology to a new level to create intelligent automated algorithms. The defense ministries of major countries are also exploring the possibility of applying AI algorithms in the defense sector, based on the very successful results achieved in the civilian sector by companies such as Google, Apple or Facebook [2].

The potential of AI is closely related to the effectiveness of the organization of cyber defense, with the development of automation it is becoming more and more relevant for the Armed Forces of Ukraine as an urgent need. One of the options for using artificial intelligence in cyber defense is the ability to create self-configuring networks. This means that the AI system will be able to detect vulnerabilities (software errors) and take the necessary measures to eliminate them. This opens up new opportunities for improving the security of information and communication systems by ensuring network stability, preventing and protecting against cyber threats.

Given the high speeds required to carry out any cyberattack, it stands to reason that only machines can effectively respond to the early stages of a serious cyberattack. In this way, AI can overcome the shortcomings of traditional cybersecurity tools. Another important aspect of creating a cybersecurity system using AI is that it may include quantum or high-performance computing in the future. This improvement in data processing support can increase the efficiency of algorithms [3].

The implementation of various software and hardware complexes such as "MAPA" or any other software applications for creating situational situation maps of the "Kropyva" type into military activities are generators of a large amount of data.

When talking about information systems and databases of a large volume, one cannot ignore blockchain technology. Blockchain is the organization and storage of information according to a predefined logic. This cross-platform system stores and transmits digital data logs using encryption to ensure confidentiality and integrity. As a result, blockchain networks not only reduce the probability of attacks by attackers, but also significantly increase the costs of the attacker to build the network. The importance of this technology lies in creating trust in digital data. New approaches introduced by blockchain can open up new opportunities for defense programs. In particular, information security, authentication, data integrity and stability, etc.

Given the enormous potential for innovation, blockchain technology is a promising research topic. After all, encryption is becoming increasingly important to ensure the confidentiality of information and is one of the fundamental components of communication and information system security. This also applies to the Ukrainian military and other state structures. In the coming years, the defense research community is expected to seek new applications/military applications based on blockchain technology, focusing on areas such as cyber defense, secure messaging, communications, logistics support, and IoT for defense purposes. However, the benefits and practical applications in communication and response to cyber threats will not be seen until 2025.

According to the estimates of American and European experts [4], which have already been confirmed by specific measures, future unmanned systems should achieve a higher level of autonomy. Especially thanks to artificial intelligence and cognitive computing. The successful implementation of autonomous systems for military purposes no longer depends solely on the development of technology. Performance evaluations have shown that with well-tuned unmanned vehicles, even complex tasks can be performed autonomously, reducing the burden on humans and eliminating the need to make critical decisions.

Military doctrine and legislation will need to be reviewed and updated, as the introduction of autonomous systems may change military tactics and procedures. Political, cultural, sociological and regulatory issues and their potential ethical and legal implications should also be considered. This is especially true in situations where autonomous systems are equipped with lethal weapons.

Understanding the laws and logic of the rapidly evolving and changing innovative "Art of the Possible" is a challenge for military, government and civilian organizations. The unity of views of Ukrainian and European experts, analysts and scientists on the future will allow us to draw up a road map that will make it possible to minimize the risks of mistakes and dead ends and combine the maximum potential [5].

Ukrainian technology companies cooperate with foreign partners to counter emerging threats. And within Ukraine, this requires a combination of the capabilities of the public and private sectors in order to demonstrate greater flexibility in the development of solutions and the use of new opportunities, in order to achieve the maximum level of cohesion, exchange of information and, accordingly, to make winning decisions with a clear understanding of priorities.

1. George M. Marakas, Decision Support Systems in the 21st Century, 2nd Edition, Prentice Hall, 2002, 217 p.

2. Alex Berson, Stephen J. Smith, Data Warehousing, Data Mining, and OLAP (Data Warehousing/Data Management), McGraw-Hill, 2010, 163 p.

3. Fielder, Andrew, et al. Decision support approaches for cyber security investment. / Decision support systems, 2016, Vol 86: p. 13-23.

4. Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., & Wang, H., Blockchain challenges and opportunities: A survey. International journal of web and grid services, 2018, vol. 14(4), p. 352-375.

5. Douglas, M. A., Overstreet, R. E., & Hazen, B. T. (2016). Art of the possible or fool's errand? Diffusion of large-scale management innovation, 2016, vol. 59(4), pp. 379-389.

УДК 62-5

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ М'ЯСА

© Тетяна Бубела [1], Богдан Богуш [2], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, tetiana.z.bubela@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, bohdan.o.bohush@lpnu.ua

В умовах ринкової економіки важливим є забезпечення населення конкурентоспроможною харчовою продукцією, де м'ясні вироби займають вагому частку. Якість та безпечність м'яса є визначальними факторами, які зумовлюють попит на нього. Традиційні методи, як-от органолептичний, мікроскопічний і хімічний аналізи, які застосовуються для контролю свіжості м'яса, є суб'єктивними, трудомісткими і потребують багато часу. Це підкреслює актуальність створення автоматизованих систем ідентифікації свіжості м'яса [1, 2].

Дослідження зосереджене на розробці інтелектуальної системи, що поєднує сенсорні технології та нейронні мережі для об'єктивної оцінки свіжості м'яса. Зокрема, система передбачає використання електронного носа (газові сенсори), кольорового сенсора та термокамери, які в сукупності можуть швидко та точно визначити ступінь свіжості.

Основні компоненти інтелектуальної системи:

1. Сенсори: система включає сенсори MQ-135, MQ-138, TGS2602 для вимірювання вмісту аміаку, сірководню та інших сполук, які утворюються під час розкладання м'яса. Кольоровий сенсор TCS3200 і термокамера використовуються для додаткового аналізу стану продукту.

2. Мікроконтролер Arduino Uno: відповідає за зчитування та передавання даних з сенсорів на Raspberry.

3. Raspberry Pi: проводить обробку даних за допомогою нейронної мережі, аналізує вимірювальну інформацію і приймає рішення про ступінь свіжості м'яса.

Нейронна мережа обробляє великі обсяги даних, що надходять з сенсорів, і приймає рішення щодо приналежності м'яса до певної категорії свіжості. Використання TensorFlow дозволяє адаптувати модель до параметрів різних типів м'яса та умов зберігання. Структура мережі включає вхідний шар для отримання даних з сенсорів, кілька прихованих шарів для обробки складних залежностей, та вихідний шар, який видає результат у вигляді категорії свіжості. Переваги розробленої системи: об'єктивність: нейронна мережа забезпечує об'єктивну оцінку, знижуючи залежність від людського фактора; висока швидкодія та ефективність: сенсори дозволяють миттєво виявляти необхідні сполуки та зміну кольору, що сприяє оперативному контролю; інтегрування у виробництво: система може бути інтегрована у виробничі лінії, забезпечуючи постійний моніторинг м'ясної продукції.

Інтелектуальна система контролю якості м'яса на основі нейронних мереж є перспективним рішенням для харчової промисловості, дозволяючи швидко й об'єктивно визначати стан продукту. Вона може сприяти зменшенню харчових відходів, захисту споживачів та забезпеченню прозорого ціноутворення.

Ця публікація підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 2022.01/0009 «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

1. ДСТУ 4823.2:2007 Продукти м'ясні. Органолептичне оцінювання показників якості.

2. ДСТУ 8381:2015 М'ясо та м'ясні продукти. Організація та методи мікробіологічних досліджень.

УДК 004.852

РОЗПІЗНАВАННЯ СИГНАЛІВ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ СЕРЦЕВИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

© Віктор Шкляров [1], Ігор Микитин [2], 2024

[1] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант, viktor.o.shkliarov@lpnu.ua
[2] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, ihor.p.mykytyn@lpnu.ua

Серцево-судинні захворювання залишаються однією з основних причин високого рівня летальних випадків серед дорослого населення. Рання діагностика таких захворювань є ключовою умовою для ефективного лікування, що в свою чергу довзволяє уникнути серйозних ускладнень, які можуть погіршити якість життя або призвести до незворотніх наслідків. Своєчасне виявлення аномалій у роботі серця дозволяє лікарям приймати ефективні рішення щодо лікування та моніторингу стану пацієнтів, знижуючи ризики виникнення критичних ситуацій.

Електрокардіографія (ЕКГ) є одним із найбільш доступних і поширених методів для оцінки стану серця, який дозволяє виявляти різні порушення ритму, аномалії і зміни форми сигналів ЕКГ, що пов'язані з серцево-судинними захворюваннями. Однак традиційний аналіз сигналів ЕКГ є достатньо складним процесом, що потребує значного досвіду від медичного персоналу та нерідко містить елементи суб'єктивності. Крім того, великий обсяг даних, який необхідно проаналізувати, та незначні зміни сигналів ЕКГ на ранніх стадія хвороби, можуть призвести до невчасного встановленя діагнозу.

На сучасному етапі розвитку медицини та комп’ютерних технологій, зокрема нейронних мереж та штучного інтелекту, розробляються автоматизовані способи аналізу сигналів ЕКГ із використанням нейронних мереж, які здатні не лише обробляти великі обсяги даних, але й виявляти незначні зміни та приховані залежності між сигналами ЕКГ, чого не можуть робити традиційні алгоритми опрацювання сигналів. Тому, застосування нейронних мереж дозволяє створювати високоточні системи розпізнавання серцевих захворювань, таких як аритмія, серцеві блокади, ішемічні зміни тощо. Це може істотно полегшити роботу медичних фахівців і покращити діагностику захворювань на ранніх стадіях.

Мета дослідження – розробити спосіб розпізнавання сигналів ЕКГ із використанням нейронної мережі для підвищення точності та швидкості діагностики серцево-судинних захворювань.

Для навчання нейронної мережі та формування вхідних та вихідних масивів наборів даних запропоновано використовувати базу даних PTB-XL [1], яка містить понад 21 000 записів сигналів ЕКГ, тривалість кожного з яких становить 10 секунд. А крім того, кожен запис сигналів ЕКГ має анотацію медичного діагнозу, описану кваліфікованим медиком. Це дозволяє для широкого спектру захворювань серця створити адекватні моделі наборів даних для навчання нейронної мережі.

Проведено аналіз особливостей сигналів ЕКГ із бази даних PTB-XL, які пов’язані із певною хворобою. Виділено основні ознаки та залежності між сигналами ЕКГ для кожного захворювання, що враховано під час попереднього опрацювання сигналів і подальшого їх використання для навчання і перевірки працездатності нейроної мережі.

Для оптимізації нейронної мережі за кількістю входів та часом навчання, а саме можливого їх зменшення, запропоновано проводити попереднє опрацювання сигналів ЕКГ використовючи методи та способи цифрового опрацювання, зокрема перетворення Фур’є, фільтрацію шумів, сегментацію та нормалізацію сигналів за кількістю дискретних даних і рівнем сигналу.

Аналітиний огляд існуючих нейронних мереж показав, що оптимальним для вирішенням поставленої задачі є використання нелінійної авторегресійної нейронної мережі (Nonlinear Autoregressive Neural Network), яка має здатність виявляти складні взаємозв'язки між сигналами [2]. Застосування такої неронної мережі, способів попереднього опрацювання

сигналів ЕКГ та формування даних із використання бази даних PTB-XL дозволяє створити високоефективні способи та алгоритми розпізнавання сигналів ЕКГ для ранньої діагностики серцевих захворювань.

1. Wagner, P., Strodthoff, N., Bousseljot, R., Samek, W., Schaeffter, T, et al. "PTB-XL, a large publicly available electrocardiography dataset" (version 1.0.3). PhysioNet (2022). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.13026/kfzx-aw45

2. Hector Carreon-Ortiz, Fevrier Valdez, Patricia Melin, Oscar Castillo "Architecture Optimization of a Non-Linear Autoregressive Neural Networks for Mackey-Glass Time Series Prediction Using Discrete Mycorrhiza Optimization Algorithm" (2023). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://doi.org/10.3390/mi14010149

УДК 001.04

РОЗРОБКА ПОШУКОВОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

© Віталій Божовський[1], Галина Клим[2], 2024

[1]Національний університет "Львівська Політехніка" (Львів, Україна), студент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, vitalii.bozhovskyi.mkisk.2023@lpnu.ua
[2]Національний університет "Львівська Політехніка" (Львів, Україна), доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, д.т.н., професор, halyna.i.klym@lpnu.ua

Пошук інформації в сучасному житті є надзвичайно важливим аспектом нашого життя. Кожний день ми не усвідомлено користуємося різноманітними пошуковими системами, під час написання коду шукаємо у Google документацію бібліотеки, коли відпочиваємо шукаємо красиві фотографії за допомогою тегів в соціальній мережі, пошукові системи буквально повсюди. І з кожним днем кількість наших потреб в пошуку інформації тільки зростає, і одним із механізмів, які могли би покращити якість пошуку є нейронні мережі. Очікується, що до 2025 року використання нейронних мережах у різних пошукових механізмах значно зросте, що дозволить покращити якість пошуку в різних сферах: від персоналізованого контенту до наукових досліджень [1].

Використання нейронних мереж в програмних продуктах набуває все більшого поширення. В різних продуктах їх можуть використовувати по різному, в пошукових системах в більшості випадків їх використовують для персоналізації видачі результатів пошуку для користувача. Але її можуть використовувати і для допомоги в ранжуванні результатів, крім того деякі LLM системи також можна розглядати, як вид пошукових систем. Крім того потрібно зазначити, що нейронну мережу можна і потрібно натренувати під специфічні задачі, що може допомогти в покращенні пошуку [2]. В результаті пошукові системи з використанням нейронних мереж покращують свою точність і можуть бути застосовані більш спеціалізовано для потреб конкретного користувача.

Враховуючи актуальність і важливість в інформаційному просторі, пропонується розробка пошукової системи з використанням нейронної мережі.

Дана система виділяється на фоні інших надаванням користувачеві можливістю розширення пошукового контексту. Для розширення контексту буде використовуватися нейронна мережа, яка буде працювати з багаторівневим лексичним графом і буде використовуватися, як другий крок для покращення результатів. Також в системі буде використовуватися нейронна мережа, яка буде проводити ранжування на основі минулих пошукових запитів користувача, також надана можливість відключення цієї функції під час пошуку.

Головною задачею цієї системи є покращення пошуку шляхом надання користувачеві необхідного інструментарію напряму, на відміну від інших систем, які роблять це скритно. За рахунок нейронної мережі, яка працює з багаторівневим лексичним деревом система зможе оптимізуватись під різноманітні задачі в інші системи, тобто пошуковик може працювати, як і з спеціалізованими даними, так і звичними середньостатистичному користувачеві.

Ця робота присвячена розробці пошукової системи, яка використовує можливості нейронних мереж для розширення контексту пошуку та наданню потрібного інструментарію користувачеві для покращення точності пошуку. Крім того пошукова система протестована в різних умовах, з використанням різних налаштувань на різних масивах даних для детальної демонстрації результату роботи системи.

1. Gartner, Inc. (2021). Top Strategic Technology Trends for 2021.

2. Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding.

УДК 614.253.8:615.47:006.354:006.9

РЕЄСТР ДОКУМЕНТІВ ПРО ВІДПОВІДНІСТЬ ВИМОГАМ ТЕХНІЧНИХ РЕГЛАМЕНТІВ, ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВІРИ ДО ЯКОСТІ МЕДИЧНИХ ВИРОБІВ В УКРАЇНІ

© Іван Ганченко, 2024

Національний Авіаційний Університет (Київ, Україна), студент кафедри біокібернетики та аерокосмічної медицини, 7523394@stud.nau.edu.ua

Швидкий розвиток технологій у сфері медицини підсилює необхідність постійного контролю за якістю та безпечністю медичних виробів. Даний процес має супроводжуватися не лише посиленням вимог до умов проектування, розробки та виробництва, але й має містити політику контролю за достовірністю та актуальністю документів, що видаються на основі висновків органів оцінки відповідності після проходження виробником процедури оцінки відповідності [1]. Відсутність сертифікату та/або декларації про відповідність (далі – документи) або наявність на ринку підроблених може спричинити збільшення кількості неякісних медичних виробів, що становить серйозну загрозу для ефективності діагностування та лікування населення.

Відсутність контролю та фальсифікація документів може призвести до тяжких наслідків, таких як (не обмежуючись):

- поява на ринку медичних виробів, що становлять високий ризик для здоров'я пацієнтів;
- збільшення витрат на лікування через неефективні медичні вироби;
- незаконне введення в обіг та експлуатацію медичних виробів, що сприятиме зниженню якості надання послуг в медичних установах;
- зменшення довіри до системи охорони здоров'я в цілому тощо.

В Україні наразі відсутня ефективна система для оперативного підтвердження відповідності медичних виробів вимогам технічних регламентів та чинності необхідної документації. Розробка Реєстру документів про відповідність вимогам технічних регламентів (далі – Реєстр) дозволить не лише перевіряти дійсність документів, але й ідентифікувати кожен медичний виріб за унікальним ідентифікатором (наприклад, серійним номером), що дасть змогу відстежувати його історію та підтверджувати відповідність вимогам.

Завдяки синхронізації даних з різних джерел (див. рис. 1.1) запропонований Реєстр забезпечить оперативний доступ до актуальної інформації користувачам і підвищить рівень безпечності використання медичних виробів.

Дані	***Ідентифікатори***	***Джерела***	***Користувачі***
Назва та адреса виробника; Назва та адреса уповноваженого представника; Номер сертифікату/декларації Дати дії документів; Номер органу оцінки відповідності; Назва медичного виробу українською та англійською мовами; Серійний номер тощо	Серійний номер виробу; Номер сертифікату/ декларації	Виробники; Уповноважені представники виробників; Органи оцінки відповідності; Державна служба України з лікарських засобів та контролю за наркотиками ; Державна митна служба; тощо	Державна митна служба; Уповноважені представники виробників; Дистриб'ютори; Органи ринкового нагляду; Медичні заклади; Пацієнти; тощо

Рис. 1. Реєстр документів про відповідність вимогам технічних регламентів

Дані, що будуть внесені до Реєстру включатимуть основну інформацію про виробника, уповноваженого представника, у разі, якщо виробник не є резидентом України, орган оцінки відповідності, що видав документи у результаті проходження оцінки відповідності та про

медичні вироби, що перелічені у документах. Джерелами даних мають бути виробники, що безпосередньо відповідальні за якість медичних виробів, що надаються на ринку, уповноважені представники, котрі можуть виконувати дану функцію за дорученням виробника, органи оцінки відповідності, що будуть підтверджувати чинність документів та Державна служба з лікарських засобів та контролю за наркотиками, яка є центральним органом виконавчої влади у сферах контролю якості та безпеки лікарських засобів, у тому числі медичної техніки і виробів медичного призначення.

Для того, щоб використання Реєстру було максимально ефективним важливо, щоб завдяки внесеній інформації користувачі отримували розуміння того чи відповідає вимогам технічних регламентів конкретний медичний виріб з визначеним серійним номером. Можливість підтвердження введення в обіг конкретного медичного виробу на законних підставах з дотриманням усіх вимог технічних регламентів забезпечуватиме Державна митна служба на основі задекларованих документів при перетині кордону.

Для коректного функціонування Реєстру також важливо буде запровадити алгоритми перевірки внесених даних, включаючи верифікацію. Це дозволить виявляти та виправляти помилки в реальному часі, забезпечуючи високий рівень достовірності даних. Необхідно чітко визначити відповідальність кожного учасника за актуальність та повноту наданої інформації, а також передбачити санкції за порушення цих вимог.

Крім того, слід впровадити процеси виявлення та запобігання кіберзагрозам, таким як хакерські атаки та витік даних. Відповідальність за збереження конфіденційності персональних даних та захист інформації про медичні вироби має бути чітко розподілена між усіма учасниками процесу.

Реалізація проекту Реєстру є складним завданням, яке потребує значних зусиль та ресурсів. Проте, результат цього проекту відкриває перед нами нові можливості та надає низку переваг (не обмежуючись):

- Єдина система документів дозволить автоматизувати та скоротити час процесу перевірки їх наявності й дійсності.
- Відстеження та підтвердження актуальності внесених даних про медичний виріб зі сторони контролюючих органів (наприклад, з боку органів оцінки відповідності, Державної митної служби [2], Державної служби України з лікарських засобів та контролю за наркотиками [3] тощо.
- Відкритий доступ до даних про медичні вироби, забезпечить можливість перевірки інформації споживачами та ринковим наглядом про будь-який медичний виріб, його відповідності законодавчим вимогам, у тому числі безпечності використання.
- Усі процедури роботи з реєстром (наприклад, наповнення, перегляд, оновлення тощо) будуть підлягати журналюванню для забезпечення відстеження будь-яких змін та прозорості.

Відповідно до вищезазначеної інформації, розробка такого Реєстру та його імплементація у систему охорони здоров'я буде важливим кроком для підвищення довіри до ринку медичних виробів та послуг і запобігання фальсифікації документів.

1. Про затвердження Технічного регламенту щодо медичних виробів. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/753-2013-%D0%BF#n2

2. Реєстри (Державна митна служба) URL: https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri

3. Реєстр осіб відповідальних за введення медичних виробів у обіг. URL: https://mpr.dls.gov.ua/

УДК 004.8

АДАПТИВНІ МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ДРОНІВ В УМОВАХ ДИНАМІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ЗА ДОПОМОГОЮ НАВЧАННЯ З ПІДКРІПЛЕННЯМ

© Дмитро Петренко[1], Юрій Кривенчук[2], 2024

[1]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри систем штучного інтелекту, dmytro.o.petrenko@lpnu.ua
[2]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
заступник директора ІКНІ з науково-педагогічної роботи, к.т.н., доцент yurkokryvenchuk@gmail.com

У роботі розглядаються сучасні підходи до адаптивної стабілізації дронів в умовах динамічних середовищ із використанням алгоритмів навчання з підкріпленням (Reinforcement Learning, RL). У зв’язку з тим, що дрони все частіше використовуються в непередбачуваних умовах, таких як змінний вітер, рухомі об’єкти та обмежені простори, стабілізація за допомогою класичних алгоритмів стає недостатньою. Запропоновано новий підхід на основі методів навчання з підкріпленням, що дозволяє дронам швидко адаптуватися до зовнішніх впливів. Дослідження фокусується на практичних прикладах, таких як стабілізація в умовах різкої зміни вітру та наявності перешкод.

Сучасне застосування дронів поширюється на різні сфери, такі як сільське господарство, доставка, рятувальні операції та військова справа. Однією з головних вимог для успішного виконання таких завдань є здатність дрона швидко реагувати на зміни в навколишньому середовищі. Традиційні методи стабілізації зазвичай передбачають попереднє налаштування під специфічні умови, що унеможливлює їхню адаптивність в умовах реального часу. Завдяки використанню навчання з підкріпленням (RL) з’являється можливість створення автономних систем стабілізації, що дозволяють дрону вчитися на основі досвіду й адаптуватися до нових викликів.

Метою даного дослідження є розробка адаптивних алгоритмів стабілізації дронів за допомогою RL, що дає змогу зменшити вплив непередбачуваних змін середовища на політ та покращити надійність автономних польотів у складних умовах. Раніше проблематика стабілізації дронів вирішувалася за допомогою класичних алгоритмів керування, таких як PID-контролери. Проте такі підходи не враховують динамічні зміни у реальному часі, що знижує їхню ефективність у непередбачуваних умовах. Існують дослідження, що пропонують використання глибинного навчання (Deep Learning) та RL для керування траєкторією польоту дронів, зокрема методи DQN (Deep Q-Network), PPO (Proximal Policy Optimization) та SAC (Soft Actor-Critic). Вони дозволяють агенту самонавчатися у процесі ітерацій, що є необхідним для адаптації до динамічних умов [1].

Дослідження показують, що алгоритми RL здатні значно підвищити стабільність польоту дронів у порівнянні з традиційними методами. Проте адаптація RL-алгоритмів для польоту в динамічних умовах, таких як раптові зміни погодних умов, потребує додаткового дослідження [2][3].

У рамках дослідження було розроблено симуляційне середовище, що імітує вплив різних факторів на стабільність дрона, таких як пориви вітру, зіткнення з об’єктами та коливання висоти. Алгоритм навчання з підкріпленням використовувався для створення адаптивної моделі стабілізації, здатної мінімізувати відхилення дрона від заданої траєкторії.

Основні кроки дослідження включали:

1. Створення симуляції динамічного середовища: Було створено середовище з непередбачуваними змінами вітру та перешкодами для імітації реальних умов польоту.

2. Розробка та тестування моделі RL: Алгоритм PPO був обраний як основний метод навчання, оскільки він забезпечує стабільну продуктивність в умовах з непередбачуваними перешкодами.

3. Навчання дрона на основі підкріплення: Було обрано модель агент-середовище, де агент отримує винагороду за підтримку стабільної позиції, уникаючи перешкод.

Застосування адаптивного RL-алгоритму дозволило дрону досягти стабільності навіть при різких змінах у навколишньому середовищі. Порівняння з традиційними методами керування показало, що дрони, оснащені RL-алгоритмами, демонструють значно кращі результати в умовах постійних змін та підвищену стійкість до вітру й перешкод. Результати дослідження продемонстрували, що адаптивний RL-алгоритм, зокрема PPO, значно перевершує традиційний PID-контролер за кількома ключовими параметрами. Використання PPO забезпечило точність стабілізації на рівні 92%, тоді як PID-контролер досяг лише 70% у тих самих умовах. Крім того, RL-алгоритм продемонстрував швидшу адаптацію до змінних умов середовища, скоротивши час реагування до 0,5 секунди, на відміну від 2 секунд, необхідних PID-контролеру. Що стосується уникнення перешкод, дрон, керований PPO, досяг успішності у 85%, тоді як PID-контролер продемонстрував нижчий показник – лише 60%.

Результати свідчать про високу ефективність використання RL у складних умовах. На відміну від класичних методів, RL дозволяє дрону не тільки стабілізуватися, а й адаптуватися до нових умов під час польоту. Це значно знижує ризик аварій та забезпечує надійність у виконанні завдань.

1. Koch, William, et al. "Reinforcement learning for UAV attitude control." ACM Transactions on Cyber-Physical Systems 3.2 (2019): 1-21.

2. Lillicrap, T. P. "Continuous control with deep reinforcement learning." arXiv preprint arXiv:1509.02971 (2015).

3. Schulman, John, et al. "Proximal policy optimization algorithms." arXiv preprint arXiv:1707.06347 (2017).

УДК 681

ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД ВДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ВИМІРЮВАННЯМ У ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

© Алла Іванишин[1], Олег Романчукевич[2], 2024

[1] Національний університет «Львівська політехніка»
(Львів, Україна), к.т.н., доцент, alla.v.hunkalo@lpnu.ua,
[2]Національний університет «Львівська політехніка»
(Львів, Україна), аспірант, oleh.i.romanchukevych@lpnu.ua

В умовах глобалізації та інтеграції до Європейського Союзу Україні необхідно удосконалити свої системи керування вимірюванням. Ці системи є критично важливими для забезпечення точності та надійності вимірювань у різних сферах: від промисловості до охорони здоров'я. Дослідження європейського досвіду може стати основою для розробки ефективних механізмів вдосконалення національної нормативно-технічної бази.

У сучасній медичній практиці вимірювання відіграють надзвичайно важливу роль, оскільки точність і надійність діагностики, ефективність лікування та загальна якість медичних послуг залежать від правильної роботи вимірювальних приладів. Заклади охорони здоров'я (ЗОЗ) в країнах Європейського Союзу впроваджують нормативно-технічне забезпечення, що має на меті гарантувати точність вимірювань, підвищення якості медичного обслуговування та безпеки пацієнтів.

В Україні система метрологічного забезпечення в закладах охорони здоров'я має певні досягнення, але потребує подальшого вдосконалення для гармонізації з європейськими стандартами. Основним регуляторним документом є Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність" [1], який визначає обов’язковість перевірки медичних вимірювальних приладів, зокрема, тих, що впливають на здоров’я та життя пацієнтів. Державні стандарти, як-от ДСТУ, охоплюють різні аспекти метрологічного забезпечення, однак для медичних приладів необхідне подальше оновлення на основі європейських норм. Контроль за якістю медичних приладів здійснюється державними метрологічними установами, серед яких ДП "Укрметртестстандарт" та інші регіональні центри стандартизації та метрології. Вони забезпечують перевірку, калібрування і сертифікацію медичного обладнання, особливо в критичних сферах, таких як радіологія та лабораторна діагностика.

ЄС має встановлену нормативно-правову базу, яка регулює використання вимірювальних приладів у медицині. Основними документами, що регулюють медичні вимірювання, є:

– Регламент (EU) 2017/745 [2], щодо медичних виробів (MDR): Цей регламент замінив попередню Директиву 93/42/EEC і встановлює суворіші вимоги до безпеки, ефективності та якості медичних приладів. Він зобов'язує виробників проводити більше клінічних випробувань, запроваджує уніфіковану базу даних для відстеження виробів і підвищує вимоги до перевірки приладів, що знижує ризики для пацієнтів.

– Регламент (EU) 2017/746 [3], щодо медичних виробів для діагностики in vitro (IVDR): Цей регламент посилює контроль над приладами, що використовуються для лабораторної діагностики (аналізи крові, тести на інфекції тощо). IVDR вводить категорії ризику для різних типів діагностичних приладів, підвищує вимоги до доказової бази для отримання маркування CE та встановлює жорсткі процедури оцінки відповідності.

– ISO 15189:2022 [4], цей міжнародний стандарт, впроваджений у практику багатьох європейських країн, забезпечує гармонізацію вимог до якості і компетентності лабораторій, які проводять діагностичні дослідження. Стандарт регулює всі аспекти роботи лабораторій, зокрема метрологічну підтримку приладів, управління даними, калібрування і обслуговування обладнання.

– ISO 13485:2016 [5], хоча цей стандарт застосовується для виробників, його вимоги впливають на клініки, що використовують сертифіковані медичні вироби. ISO 13485 зобов’язує

виробників надавати детальну інформацію щодо метрологічних характеристик приладів, що допомагає медичним закладам забезпечувати належний рівень контролю вимірювань.

Метою цих нормативних актів є захист пацієнтів та забезпечення ефективності медичних приладів, що включають вимірювальні функції.

Європейські країни активно впроваджують інноваційні підходи до метрологічного забезпечення в ЗОЗ, що включає автоматизацію вимірювань, дистанційний моніторинг приладів та інтеграцію систем керування вимірюванням з цифровими медичними системами.

Наприклад, системи автоматичного калібрування для лабораторних аналізаторів знижують ризики відхилення вимірювань та підвищують продуктивність медичного персоналу.

Використання електронних систем для моніторингу та зберігання даних про стан приладів дозволяє відслідковувати історію калібрування, своєчасно проводити технічне обслуговування. Штучний інтелект може аналізувати великі обсяги даних з приладів, щоб попереджати про відхилення в параметрах та своєчасно виявляти технічні відхилення.

Досвід країн ЄС у сфері метрології медичних приладів може стати важливою основою для вдосконалення національних підходів. Наприклад у Німеччині метрологічне забезпечення медичних приладів є частиною загальної системи якості охорони здоров'я. В країні активно розробляються програми підвищення кваліфікації медичного персоналу з метрологічного забезпечення. У Франції впроваджено комплексний підхід до моніторингу точності медичних вимірювальних приладів, включаючи лабораторні аналізатори, які проходять регулярні перевірки на відповідність стандартам.

Для забезпечення гармонізації з європейськими стандартами та покращення якості медичних вимірювань, Україні доцільно:

- Продовжити адаптацію національних стандартів до європейських регламентів.
- Розвивати науково-дослідні програми для розробки сучасних методик метрологічного контролю медичних приладів.
- Запроваджувати електронні системи моніторингу для оперативного контролю та аналізу метрологічного стану приладів.
- Сприяти міжнародній співпраці та обміну досвідом у галузі медичної метрології для підвищення кваліфікації та компетенцій вітчизняних спеціалістів.

Європейський досвід у вдосконаленні нормативно-технічного забезпечення систем керування вимірюванням у закладах охорони здоров'я підкреслює важливість стандартизації, контролю якості та інновацій у медичній метрології. Завдяки впровадженню регламентів та цифрових систем моніторингу, європейські країни змогли забезпечити високий рівень точності та безпеки вимірювальних приладів, що суттєво підвищує якість медичного обслуговування. Україна, переймаючи цей досвід, має потенціал для значного покращення медичних послуг через адаптацію європейських стандартів і розвиток національної нормативної бази.

1. Закон України Про метрологію та метрологічну діяльність (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008) Редакція від 01.01.2022.

2. Regulation (EU) 2017/745 of the European Parliament and of the Council on medical devices.

3. (EU) 2017/746Ensuring the safety and performance of in vitro diagnostic medical devices.

4. ISO 15189:2022(en) Medical laboratories – Requirements for quality and competence.

5. ISO 13485:2016 Medical devices – Quality management systems – Requirements for regulatory purposes.

УДК [658.56+338.46](078.5)

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В ЗАКЛАДАХ ДОШКІЛЬНОЇ ОСВІТИ (ECERS-3)

© Олександра Чеснюк[1], Віталій Сіроклин[2] 2024 р.

[1]Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна,
здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти 2 курсу
факультету системи управління літальними апаратами, o.o.chesniuk@student.khai.edu
[2]Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківській авіаційний інститут», Харків, Україна, кафедра Інтелектуальних вимірювальних систем і інженерії якості, доцент, к.т.н.,
v.siroklyn@khai.edu

Актуальність. ECERS-3 – міжнародна методика оцінювання якості освітнього процесу в закладах дошкільної освіти, яка описана у форматі шкали. Дана методика, застосовується в усьому світі та передбачає комплексний підхід до розуміння раннього розвитку дитини. За допомогою цієї методики педагогічні працівники та директори закладів дошкільної освіти можуть підвищити якість освітнього процесу орієнтуючись на індикатори з найвищою оцінкою – «7». Отже, враховуючи зростання важливості раннього розвитку, систематична оцінка якості навчального середовища у дошкільних установах стає стратегічно важливим інструментом для забезпечення оптимальних умов виховання та розвитку дітей.

Ступінь досліджуваності проблеми. Нині є незначна кількість праць, присвячених проблемі якості освітнього процесу в дошкільних закладах (Т. Доронова, С. Козлова, К. Крутій, А. Луб'янова, Н. Майданкіна та інші). Перші кроки щодо визначення важливості виховання та навчання у ранньому віці зроблено у дослідженнях В. Дубровського, М. Конько, З. Петрушиної, О. Червинської, Т. Шумей. Проте, з появою шкали оцінювання ECERS-3, постає питання: «Це одноразове дослідження чи щоденна допомога вихователю та керівництву садка?». Збільшується зацікавленість більш детально дослідити дану методику визначення якості навчального середовища в дошкільних установах.

Мета і методи дослідження. Мета дослідження – розкрити методику, яка дає змогу побачити освітнє середовище українського дошкілля в контексті світової практики та стандартів. З'ясувати поставлене питання: «Це одноразове дослідження чи щоденна допомога вихователю та керівництву садка? Чи може ця методика використовуватися в рамках системи управління якістю задля поліпшення процесів системи управління якості?».

ECERS розшифровується як "Early Childhood Environment Rating Scale" – шкала оцінювання якості освітнього процесу в закладах дошкільної освіти. ECERS-3 представлено у форматі шкали, яка складається із 6 підшкал, які поділяються на 35 параметрів та 468 індикаторів.

Шкала ECERS-3 побудована так, що дає змогу оцінити освітнє середовище комплексно, зважаючи на такі виміри – підшкали методики:

- внутрішній простір та вмеблювання;
- повсякденні практики особистого догляду;
- мовлення та грамотність;
- різновиди навчально-пізнавальної діяльності;
- взаємодія;
- структурування програми.

На думку кандидатки педагогічних наук, доцентки, начальниці відділу дошкільної й початкової освіти УІРО Ольги Косенчук: «Головна перевага методики в тому, що експерти оцінюють не досягнення дітей, а освітнє середовище, яке їх оточує, характер взаємодії педагогів із дітьми та дітей між собою. Також шкала ECERS-3 дає змогу акцентувати увагу не на перевірці, а на дослідженні умов, створених для розвитку дитини».

Якість освітнього середовища за ECERS полягає в тому, як почувається дитина та як пізнає світ, чи безпечно їй емоційно та фізично, чи отримує приклади для наслідування з боку дорослих, які її оточують, чи середовище дійсно доступне для дитини.

Інструмент ECERS був розроблений у 1980 році Тельмою Гармс та Річардом Кліфордом. Тепер методика оновлюється й використовується в понад 20 країнах як основний інструмент для оцінювання освітнього середовища. Методика ECERS – визнаний у всьому світі інструмент вимірювання якості освітнього середовища, що містить у собі комплексний підхід до розуміння раннього розвитку дитини: когнітивний, фізичний та соціально-емоційний домени.

Дослідження за методикою ECERS-3 в Україні організовує Український інститут розвитку освіти в партнерстві з Командою підтримки реформ МОН, Всеукраїнським фондом «Крок за кроком» та за підтримки ЮНІСЕФ в Україні.

У відповідності до вимог стандарту ДСТУ ISO 9001 організація повинна визначати та вибирати можливості для поліпшування. Потрібно, щоб це охоплювало зокрема поліпшування послуг з тим, щоб задовольняти вимоги, а також щоб ураховувати майбутні потреби та очікування, поліпшування дієвості та результативності системи управління якістю.

Основні висновки. Отже, у методиці оцінювання якості освітнього процесу в закладах дошкільної освіти, присутні безліч переваг. В шкалі ECERS подано багато порад, рекомендацій та лайфхаків для застосування її в повсякденній роботі садка. Це відповідає на питання, що методика ECERS безумовно щоденна допомога вихователю та керівництву садка. Усі державні, комунальні та ліцензовані приватні дитсадки вже отримують друковані видання, що допомагає вихователям-методистам та іншим співробітникам закладів дошкільної освіти читати, розуміти та використовувати ECERS на практиці.

Застосування методики ECERS-3 дасть змогу дошкільним закладам поліпшувати системи управління якості, а саме процесів оцінювання дієвості .

1. Базовий компонент дошкільної освіти / науковий керівник А. М. Богуш. К.: Видавництво, 2012. 26 с

2. Наказі МОН від 12.12.2019 № 1561 «Про організацію та проведення у 2020 році моніторингового дослідження якості дошкільної освіти з використанням міжнародної методики ECERS»

3. Наказ державної установи «Український інститут розвитку освіти» від 26.10.2021 № 157-аг «Про затвердження програми дослідження якості дошкільної освіти з використанням методики Early Childhood Education Rating Scales (далі – ECERS-3)»

4. Лист МОН від 29.10.2021 № 1/9-576 «Щодо проведення дослідження в закладах дошкільної освіти»

5. Звіт за результатами основного етапу польового дослідження оцінки якості освітнього процесу в закладах дошкільної освіти за методикою ECERS-3 / кол. авт.: О. Косенчук (осн. автор), Т. Піроженко (осн. автор), Н. Бахмат, О. Венгловська, Н. Гавриш, Х. Ковкрак, Ю. Косенчук, Л. Куземко, С. Нерянова, А. Регент, Н. Тарнавська [за ред О. Косенчук, Т. Піроженко] / Український інститут розвитку освіти. Київ: УІРО, 2022. 24 с.

6. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2015, IDT). – Чинний від 2016–07–01. – Київ.: Держспоживстандарт України, 2016. – 32 с.

7. ДСТУ ISO 9004:2018 Управління якістю. Якість організації. Настанови щодо досягнення сталого успіху (ISO 9004:2018, IDT). – Чинний від 2020–01–01. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 61 с.

УДК 681

РОЗВИТОК ВІТЧИЗНЯНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ІНДУСТРІЇ ЯК ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

©Зоя Калініченко, 2024

Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна
доцент, кандидат економічних наук, доцент, kalina.donntu@gmail.com

Проблеми, які супроводжують зовнішньоторговельні процеси України та стримуючі фактори розвитку вітчизняної інформаційної індустрії як елементу підвищення конкурентоспроможності національної економіки на МРІП негативно впливають на Міжнародний рейтинг країни за цими аспектами. Так, за даними Світового економічного форуму За інформацією на сервісі Transparency, результати України, як і торік, обраховували на основі 8 досліджень, які охопили період з лютого 2021 року по вересень 2023 року. Зазначається, що у трьох із них (Індекс трансформації Фонду Бертельсманна за 2024 рік, Опитування думки менеджерів від Світового економічного форуму за 2023 рік, Варіації демократії за 2023 рік) спостерігалося суттєве зростання показника України. Ще за одним (Міжнародний огляд ризиків по країнах групи PRS за 2023 рік) відбулося незначне зниження балів. В інших чотирьох дослідженнях показники не змінилися. На думку фахівців, на кінцевому результаті позитивно відбився процес ухвалення Державної антикорупційної програми на основі прийнятої раніше Антикорупційної стратегії. Водночас Міжнародний огляд ризиків по країнах групи PRS за 2023 рік, за яким Україна втратила 2 бали, оцінює корупцію в межах політичної системи[1].

Отже, розвиток інформаційно-комунікаційних технологій потребує більш активного державного втручання щодо введення більш дієвих регуляторних інструментів.

Конкурентні позиції України на МРІП значно загострилися після її вступу до СОТ та відповідного відкриття національного ринку інформаційних послуг для решти країн-членів. Цей аспект потребує більш докладного дослідження не тільки бар'єрів у зовнішній торгівлі інформаційними послугами, особливостей лібералізації обміну на внутрішньому ринку України та регулювання ринків послуг у межах СОТ, але й аналізу стану інституційного забезпечення цих процесів, виявлення проблем, які необхідно вирішити Україні.

Вивчення основних положень дозволило визначити декілька проблем, які стосуються зовнішньої торгівлі інформаційними послугами України:

– проблема незавершеної гармонізації правових інструментів з регулювання зовнішньої торгівлі інформаційними послугами згідно з ГАТС – потребують удосконалення загальні та конкретні зобов'язання України відповідно до ст. 2 ГАТС, захисні заходи щодо імпорту інформаційних послуг, обмежуючі заходи для іноземних інвесторів у цьому секторі, правове підґрунтя щодо субсидування вітчизняних виробників інформаційної індустрії;

– проблеми статистичного обліку інформаційних послуг – крім невідповідності міжнародній номенклатурі у статистиці послуг України враховується головним чином транскордонна торгівля, в той час як інші способи поставки фактично випадають з зовнішньоторговельного статистичного обліку. Цей аспект не дає змоги здійснювати статистичний облік другого, третього і четвертого способів поставки інформаційних послуг і уточнювати специфічні зобов'язання України у складі країн на відповідному ринку;

– проблеми низької конкурентоспроможності виробників інформаційних послуг України – до чинників, що стримують присутність українських виробників інформаційних послуг на МРІП, можна віднести наступні: домінування і зростання впливу ТНК на міжнародному ринку інформаційних послуг; невизначеність за плаваючих валютних курсів; значні витрати на адаптацію маркетингового середовища; недостатньо розвинені технології надання вітчизняних інформаційних послуг; нерозвиненість інфраструктурної та інституційної баз зовнішньої торгівлі інформаційними послугами. Відносини щодо діяльності у галузі інформаційних та комп'ютерних послуг регулюються Законами України «Про зовнішньоекономічну діяльність», «Про інформацію», «Про науково-технічну інформацію», «Про захист ін-

формації в автоматизованих системах», «Про авторське право і суміжні права», «Про телекомунікації», «Про Концепцію національної програми інформатизації» та ін.

За дослідженнями Global Offshore Associates Limited (GOAL), за останні роки Україна стала найпривабливішою країною-постачальником послуг аутсорсингу програмного забезпечення зі Східної Європи. Так, ринок ІТ-аутсорсингу в Україні зріс до 978 млн дол., тобто на 47%. Недосконаліть нормативно-правового забезпечення, у свою чергу, сприяє тінізації ринку аутсорсингу в Україні. Переважна більшість вітчизняних аутсорсерів мають юридичний статус приватного підприємця чи приватного підприємства. За словами працівників галузі, понад 90% замовників – це іноземні компанії ТНК. При цьому в багатьох випадках аутсорсингові проекти ніде не реєструються, відсутні прейскуранти з надання послуг, а угоди укладаються електронною поштою або телефоном. Заробітна плата працівникам теж надходить за допомогою електронних засобів платежу. В таких умовах прибутки від діяльності галузі обертаються на чорному ринку і випадають з поля зору держави [4].

Світовий ринок інформаційних послуг є сукупністю національних ринків інформаційних послуг, де тим чи іншим чином беруть участь усі країни, динамічно розвивається відповідно до тенденцій науково-технічного прогресу і сам виступає прискорювачем темпів розвитку та причиною диверсифікації форм міжнародної торгівлі. Географічний розподіл торгівлі інформаційними послугами, відрізняється крайньою нерівномірністю і асиметричністю. Протягом десяти років у середньому 84 % вартісного обсягу інформаційних послуг у світі експортується розвиненими країнами, 3,2 % – країнами, що розвиваються, та 8,6 % – країнами з перехідною економікою[6].

Отже, спостерігається стійка тенденція, особливо в економіці країн – економічних лідерів, до подальшої «інформатизації» суспільства. Стійке збереження динаміки розвитку і загальної частки інформаційних послуг у світовому експорті послуг розвинених країн свідчить про розширення їх використання економічними суб'єктами з різних країн у комерційному обороті з метою підвищення ефективності основної діяльності.

Країни, які займають найбільшу частку на міжнародному ринку інформаційних продуктів, мають високі рейтинги за показниками глобальної конкурентоспроможності. Конкурентоспроможність національної економіки на міжнародному ринку інформаційних послуг пропонується визначати як сукупність національних соціально-економічних, інституційних і правових умов, які забезпечують спроможність продуцентів у досягненні кращих, ніж у конкурентів, соціально-економічних параметрів національного виробництва інформаційних послуг, адаптованого до змін світової кон'юнктури ринку інформаційних послуг.

1. Кириченко А. Україна покращила показник в рейтингу корупції: яке місце вона займає. URL : https://www.unian.ua/society/ukrajina-pokrashchila-pokaznik-v-reytingu-korupciji-yake-misce-vona-zaymaye-12527931.html

2.Партнерство з метою підвищення конкурентоспроможності економіки України. Американська торговельна палата в Україні. URL : http://www.chamber.ua/files/documents/updoc//ACC-Partnership-2011-ukr.pdf

3. The Global Information Technology Report (GITR) 2022–2023: Transformations 2.0. 10 th Anniversary Edition. INSEAD, World Economic Forum.

4. Про інформацію : Закон України від 02.10.1992 р. Відомості Верховної Ради України. 1992. № 48. С. 650.

5. Про науково-технічну інформацію : Закон України від 25.06.1993 р. Відомості Верховної Ради України. 1993. № 33. С. 345.

6. Прокопов О.А. Мультиплікаційний ефект конкурентоспроможності національної економіки. Київ: Національний технічний університет України «КПІ» URL : https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/5e88ef3a-d39e-4161-acc4-1990348057b8/content

7. Мельник Ю. Формування стратегічних пріоритетів України на міжнародному ринку послуг. Вісник Тернопільського нац-го екон-го університету. Тернопіль, 2023. Вип. 1. С. 72-84.

УДК 681

ЗАСТОСУВАННЯ ПОЛІТИК ТА ЦІННІСНИХ ПРАКТИК ЯК СПРЯННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ ЯКОСТІ І БЕЗПЕЧНОСТІ КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ

© Ольга Чорна [1], Роман Байцар[2] ,2024р.

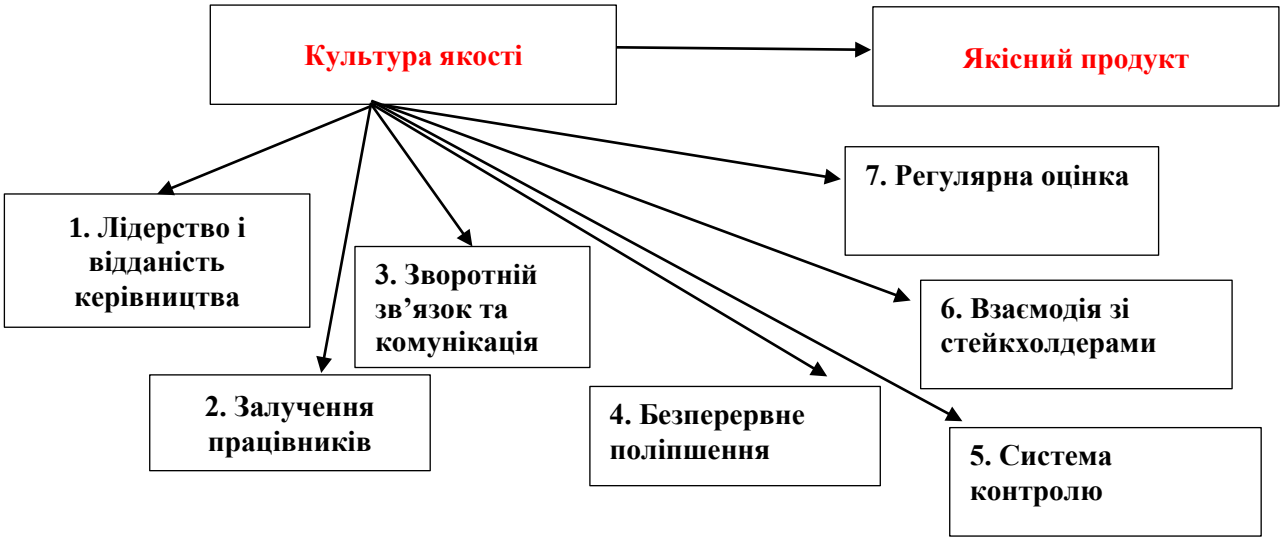
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, аспірантка кафедри «Інформаційно-вимірювальна техніка», olha.r.chorna@lpnu.ua
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна, доктор технічних наук, професор кафедри «Інформаційно-вимірювальна техніка», roman.i.baitsar@lpnu.ua

У квітні 2023 року всесвітня організація GFSI переглянула вимоги схеми сертифікації FSSC та встановила додаткові вимоги до системи, котрі описуються у шостій версії даної схеми. Усі компанії, котрі сертифіковані у відповідності до вимог FSSC, повинні застосовувати оновлені вимоги [1].

Згідно актуальними даними на сьогодні, у сферах якості та безпечності продукції застосовуються різноманітні практики та системи управління якістю та безпечністю продукту. Одним із інструментів поліпшення виробничих процесів і систем вцілому є обов'язкове впровадження системи культури якості і безпеки кінцевого продукту.

Система культури якості – це сукупність підходів, цінностей і практик, які визначають, як організація забезпечує високу якість на всіх рівнях. Це забезпечення і поліпшення психологічного клімату у компанії, який впливає на ставлення працівників до своєї роботи, зосередженість на досягненні високих стандартів якості та їхню готовність до вдосконалення процесів [2].

Система складається із семи практик:



При впровадженні системи цінностей якості і безпечності продукції, обов'язковим етапом є вимірюваність практик, що допоможе встановити безперервне поліпшення і систему контролю. Це сприятиме підвищенню відповідальності працівників за результат, залученню їх до процесу постійного вдосконалення, та мотивацію. У результаті система дозволить виявляти та усувати вузькі місця, зменшувати кількість помилок і відхилень, а також оптимізувати ресурси.

1. Version 6 – FSSC. FSSC. URL: https://www.fssc.com/schemes/fssc-22000/documents/fssc-22000-version-6/.

2. Guidance Document Food Safety and Quality Culture. Нідерланди. 19 ст.

УДК 681

КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЛАКІВ І ФАРБ

© Лідія Витвицька [1], [2]Володимир Когут, 2024

Івано-Франківський університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна,
[1] канд. техн. наук, доц. каф. інформаційно-вимірювальних технологій, 2) аспірант

Від якості лаків і фарб, від способу їх нанесення на тверду поверхню у значній мірі залежить тривалість використання об'єктів, на які вони наносяться [1]. Різноманітні властивості фарби чи лаку, тобто ступінь забарвлення, колірність, в'язкість, густина визначаються окремими методами, що призводить до значної тривалості і складності виконання визначення якісних їх показників якості. Тому актуальним є розроблення комплексного методу контролю якості лакофарбових покриттів.

Оскільки при нанесенні лакофарбового покриття на тверду поверхню визначальною властивістю лаку чи фарби є ступінь змочування ними цієї поверхні, то пропонується контролювати саме цей процес змочування для визначення стану та якості покриття. Змочуваність залежить від значень поверхневих натягів га границях розділу фаз: тверде тіло-рідина, тверде тіло-газ і рідина-газ. Найбільшою складністю і невизначеністю відзначається вимірювання поверхневих натягів на границях розділу з твердою поверхнею, оскільки шорсткість, напруженість, тобто розтяг чи стискання, забрудненість поверхні, особливо жирами, викликають зміну поверхневого натягу, а значить і ступінь її змочуваності лаком чи фарбою. Тому доцільно розробити експрес-аналіз змочуваності саме конкретної твердої поверхні, при цьому контролювати і інші вище вказані властивості фарби.

Пропонується визначати ступінь змочування лаком чи фарбою твердої поверхні оптичним методом шляхом вимірювання швидкості розтікання фарби при її крапельному нанесенні на досліджувану поверхню. Швидкість розтікання фарби, яка залежить також і від її густини, і від в'язкості вимірюється за швидкістю збільшення площі плями фарби. При цьому визначається також і її колірність, і однорідність. Для забезпечення високої динамічності процесу контролю швидкості розтікання фарби і покращення показників зображення плями доцільно використовувати фотоелектричні перетворювачі зображення у електричні сигнали з подальшим комп'ютерним обробленням цих сигналів [2]. Сучасні інформаційно-вимірювальні технології забезпечують достатньо високу точність динамічного вимірювання площі розтікання фарби.

Запропонований метод комплексного контролю реалізується пристроєм, основними блоками якого є: оптична система, яка складається з лазера з системою його охолодження і контролем температури, лінзи, об'єктива, світлорозділюючої пластинки, імпульсного блоку живлення з мережевим фільтром для забезпечення високо стабілізованої напруги живлення, відеокамери, аналоговий вихід якої під'єднаний до відеовходу ЕОМ.

Експрес-контроль якості фарби чи лаку при нанесенні на конкретну досліджувану поверхню здійснюється таким чином: напівпровідниковим потужним лазером отримується пучок світла, який за допомогою об'єктива фокусується на досліджуваній твердій поверхні, по якій розтікається крапельно нанесена фарба. Нанесення здійснюється за допомогою шприц-поршневої системи. Як правило, світлова пляма на поверхні має розмір від 0,5 до 4 мм. Ступінь розсіяння світла в зоні світлової плями залежить від шорсткості поверхні, її забруднення, напруженості. Розсіяне світло за допомогою напівпрозорого дзеркала для світлового розділення, лінзи направляється у напівпровідникову відеокамеру з високою роздільною здатністю. Доцільно проводити порівняння швидкостей розтікання контрольованої фарби і високоякісної фарби, показники якої вважаються еталонними. Різниця у швидкостях розтікання повинна бути не більше 1%.

1. ДСТУ ISO 12944-2019. Фарби та лаки. Захисні лакофарбові системи . [Чинний від 2019-13-05]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2019.

2. Йосип Білинський. Класифікація методів крайового детектування зображень// Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2017, № 1, С.161–169.

УДК 614.2

СТРАТЕГІЇ ПЛАНУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ У МЕДИЧНІЙ ЛАБОРАТОРІЇ

© Олеся Чабан[1], Оксана Бойко[2]

[1] Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького,
(Львів, Україна), доцент кафедри медичної інформатики, к.т.н., доцент, chaban.olesia@gmail.com
[2] Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького,
(Львів, Україна), зав.кафедри медичної інформатики, д.т.н., професор, oxana_bojko@ukr.net

Результати досліджень медичних лабораторій є основою для діагностики та лікування в сучасних медичних установах. Це вимагає від лабораторій високого рівня компетентності та якості їхніх послуг, що ґрунтується на сучасних наукових підходах до управління якістю. Загальновизнаним стандартом для забезпечення якості роботи медичних лабораторій є міжнародний стандарт ISO 15189 «Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності».

Акредитація на відповідність ДСТУ EN ISO 15189 необхідна лабораторії для визначення правильності досліджень, що виконуються, та ступеня їх відповідності стандартам у сфері клініко-діагностичних досліджень. Якість роботи медичної лабораторії полягає в точності, надійності та своєчасності результатів, що видаються. Результати мають бути настільки точними, наскільки це можливо, що дозволить ефективно використовувати їх у лікувально-діагностичних чи інших цілях

Внутрішній контроль якості (ВКЯ) є критично важливою складовою стандарту ISO 15189, оскільки він забезпечує постійний моніторинг та контроль точності лабораторних досліджень. ISO 15189 висуває вимоги до впровадження ВКЯ як ключового елементу системи управління якістю, який дозволяє лабораторіям оперативно виявляти та коригувати будь-які відхилення або технічні помилки [1]. Завдяки цьому ВКЯ підтримує високу точність і надійність результатів досліджень, знижує ризики для пацієнтів і сприяє довірі до лабораторних даних.

ВКЯ має виконуватися з частотою, яка враховує стабільність методу дослідження і ризик для пацієнта, пов’язаний з можливими помилковими результатами [2].

Частота проведення внутрішнього контролю якості (ВКЯ) повинна визначатися на основі таких чинників:

1) Стабільність методу дослідження: якщо метод дослідження стабільний та надійний, ВКЯ можна проводити рідше. При цьому враховуються дані попередніх перевірок, які вказують на мінімальні коливання або відсутність значущих відхилень.

2) Надійність використовуваних реагентів та обладнання: якщо обладнання та реагенти мають високий рівень надійності, лабораторія може встановити триваліші інтервали між проведеннями ВКЯ. При цьому враховується частота змін партій реагентів або калібраторів.

3) Ризик для пацієнтів: якщо можливі помилкові результати досліджень можуть завдати значної шкоди пацієнтам (наприклад, призвести до помилкового діагнозу або лікування), частота ВКЯ повинна бути підвищеною, щоб мінімізувати ризики.

4) Інші фактори ризику: частота ВКЯ може залежати також від рівня складності методу дослідження, критичності аналіту та клінічних рішень, що базуються на результатах дослідження. Чим вища складність і важливість результатів, тим частіше має проводитися ВКЯ.

Для стабільних методів із низьким ризиком для пацієнтів ВКЯ може проводитися щоденно або перед початком кожної аналітичної серії.

Для нових або нестабільних методів ВКЯ має проводитися частіше – на початку та наприкінці кожної аналітичної серії, а також після кожної зміни реагентів чи калібраторів.

У випадку виявлення проблем під час ВКЯ, частота повинна бути підвищена до моменту стабілізації процесу.

Для аналізу результатів ВКЯ використовуються як прості графічні методи (контрольні карти Леві-Дженінгса), так і складніші математичні підходи (правила Вестгарда, ковзне середнє, CUSUM). Серед них:

1. Побудова контрольних карт (Shewhart control charts): контрольні карти Леві-Дженінгса (Levey-Jennings charts) – дають змогу візуально відстежувати зміни результатів ВКЯ. Кожен результат ВКЯ наноситься на графік з віссю X (час або номер серії) та віссю Y (результат вимірювання). Середнє значення, а також контрольні межі (±2SD, ±3SD) наносяться на графік для порівняння результатів з прийнятими допустимими межами.

2. Правила Вестгарда (Westgard rules) – набір правил, що використовується для інтерпретації контрольних карт. Правила Вестгарда допомагають визначати, коли метод дослідження виходить за межі допустимих значень, наприклад:

–- 1-2S: один результат виходить за межі ±2 стандартних відхилень (SD).

–- 1-3S: один результат виходить за межі ±3 SD.

–- 2-2S: два послідовні результати виходять за межі ±2 SD в одну сторону.

–- R-4S: різниця між двома результатами перевищує 4 SD.

–- 4-1S: чотири послідовні результати виходять за межі ±1 SD в одну сторону.

3. Ковзне середнє (Moving average) – використовується для аналізу тенденцій результатів ВКЯ. Ковзне середнє обчислюється для певної кількості послідовних результатів, щоб виявити поступові зміни в показниках якості і дозволяє згладжувати коливання та виявляти довгострокові тенденції у відхиленнях.

4. Коефіцієнт варіації (Coefficient of variation, CV) – дозволяє оцінити відносну мінливість результатів ВКЯ, обчислюється як відношення стандартного відхилення до середнього значення і виражається у відсотках. Менший CV вказує на вищу точність методу дослідження.

5. Статистичні тестування відхилень (z-score) – для кожного результату можна обчислити z-score, що показує, наскільки далеко значення відхиляється від середнього в одиницях стандартного відхилення, якщо z-score виходить за межі ±2 або ±3, це може свідчити про проблеми з методом або результатами ВКЯ.

6. Аналіз тенденцій (Trend analysis) – використовується для виявлення довгострокових змін у результатах ВКЯ, які можуть вказувати на поступове зниження якості методу або вплив зовнішніх чинників, таких як зношеність обладнання або зміна характеристик реагентів.

7. Кумулятивна сума (Cumulative sum, CUSUM) – дозволяє відстежувати накопичені зміни у результатах ВКЯ порівняно з контрольним середнім значенням, використовується для швидкого виявлення малих, але постійних зсувів у методі дослідження.

8. Багатопараметричний контроль якості (Multirule QC) – різні комбінації правил Вестгарда та інших методів для точнішого аналізу відхилень у ВКЯ.

Поєднання цих методів дозволяє ефективно виявляти відхилення в якості лабораторних досліджень і вчасно реагувати на потенційні проблеми.

1. IS0 15189 Медичні лабораторії. Вимоги до якості і компетентності

2. Інструмент покрокового впровадження лабораторної якості (who.int) – Режим доступу: https://extranet.who.int/lqsi/content/write-laboratory-service-manual-and-start-follow-procedures-formulated-manual

УДК 001.63

МОДЕЛЬ ЦЕНТРАЛІЗОВАГО РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

© Наталія Топчак[1], Андрій Костик[2], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), к.т.н.,
асистент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, асистент, nataliia.v.topchak@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
студент кафедри інформаційно-вимірювальних технології, асистент, andrii.t.kostyk@lpnu.ua

Зернове господарство України – це важлива галузь, яка забезпечує високий розвиток економіки країни, створює резервні державні запаси зерна, формує продовольчий фонд і певну частину експорту. Вивчення його стану на основі нормативно-правової бази і постійне вдосконалення є актуальною темою. Пшениця на сьогоднішній день є важливим продуктом для населення. У зв'язку з цим підвищення якості та врожайності зерна слід розглядати як ключовий напрям у розвитку зернового господарства. Розвиток виробництва зерна, а також спрямування практичних результатів споживчої політики України відповідно до вимог Європейського Союзу формують підвищенні вимоги до якості продукції, що досягається лише єдністю різних методологічних, нормативних і технічних аспектів цього процесу.

В умовах сьогодення розвиток зернового господарства України приймає багато викликів. Вітчизняні кліматичні умови і родючі ґрунти є сприятливими умовами для вирощування зернових культур, а саме пшениці. Щоб громадяни відчували продовольчу безпеку та якість українського зерна, наша держава повинна докласти всіх зусиль для єдності в розвитку зернового господарства та його вдосконаленню. Враховуючи це, запропоновано модель централізованого регулювання якості зерна, результат якої дає змогу українським аграріям певною мірою реалізувати національні потенційні можливості. Вона ґрунтується на інституційній моделі забезпечення якості зерна, яка розглядає забезпечення якості зерна як сукупність операцій та заходів, спрямованих на отримання тривалого позитивного ефекту. Відповідно до інституційної моделі нормовані характеристики показників якості зерна формуються з урахуванням його подальшого цільового використання згідно з європейською та міжнародною практиками.

Одним із принципів реалізації моделі є увідповіднення засобів централізованого регулювання якості зерна, зокрема поєднання вітчизняної практики з європейським та міжнародним досвідом, що ґрунтується на аналізі стану централізованого регулювання якості зерна. Іншим принципом є вивчення міжнародних стандартів та директив ЄС для вдосконалення нормативного забезпечення якості зерна, що стимулює його відображати основні властивості продукції.

Головними ознаками інституційної моделі забезпечення якості зерна є:

- аналіз системи централізованого регулювання якості зерна;
- врахування таких показників якості зерна, які б розкривали її основні фізико-хімічні характеристики (вологість, домішки, натура, вміст білка, вміст клейковини, число падіння);
- гармонізація вимог до якості з урахуванням його подальшого цільового використання європейській та міжнародній практикам;
- задоволення потреб усіх зацікавлених сторін згідно з вимогами стандартів, які гарантують якість.

Загалом модель централізованого регулювання якості зерна пшениці передбачає комплекс дій, передусім раціональне поєднання європейської та міжнародної практики з урахуванням вимог міжнародних стандартів та директив ЄС. Впровадження її в системі централізованого регулювання матиме попит на світовому ринку і стимулюватиме товаровиробника вирощувати високоякісне зерно. Модель централізованого регулювання якості зерна пшениці подано на рис. 1.

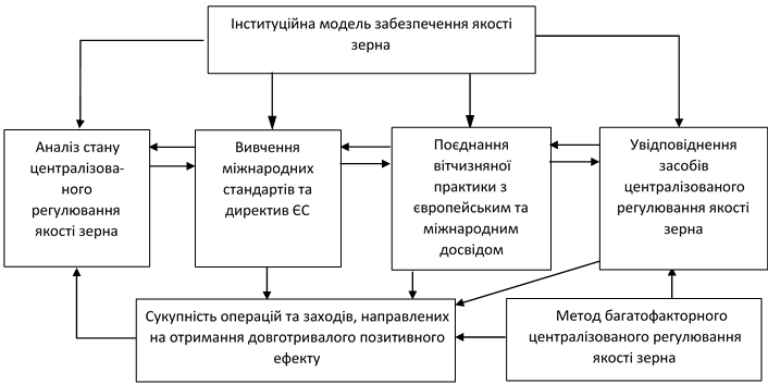


Рис. 1. Структурна схема моделі централізованого регулювання якості зерна пшениці

Так, дослідження щодо системи централізованого регулювання якості зерна показують здатність покращити нормативне забезпечення агропромислового комплексу. Водночас вони дають змогу забезпечити системний підхід до підвищення якості готової продукції та увідповіднення міжнародним стандартам.

1. Мороз Н.В. Особливості обробки інформації оцінювання якості та врожайності зерна / Н.В. Мороз, П.Г. Столярчук // Системи обробки інформації. – Харків, 2014. – №9. – С. 50-54.

2. Мороз Н.В. Система вимірювання якісної врожайності зерна / Н.В. Мороз, П.Г. Столярчук «Інформаційно-вимірювальні технології та системи»: Мат. науково-практичної конференції (м. Київ, 16 жовтня 2014 р), -17 с.

3. Moroz N.V. Model of grain evaluation and assurance / N.V. Moroz, P.H. Stoljarchuk // «Технічне регулювання та якість: сучасний стані перспективи»: Мат. V Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Одеса, 20-21 травня 2014 р.), – С. 188-190.

УДК 621.317

ОБЛІК ІНДИВІДУАЛЬНОГО СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

© Андрій Лозинський [1], Богдан Микийчук [2], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
директор інституту енергетики та систем керування, д.т.н., професор, andriy.o.lozynskyy @lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, bogdan.m.mykyichuk@lpnu.ua

Теплова енергія є енергоносієм, який широко використовується в промисловості та комунальному господарстві. Значною проблемою, при використанні теплової енергії є труднощі, які виникають при спробі вимірювання її індивідуального споживання. Основні проблеми виникають при спробі забезпечити облік індивідуального споживання тепла через відсутність раціональних нормативно-технічних практик обліку теплової енергії, які б дозволили в умовах великого розмаїття об'єктів теплоспоживання створити системи обліку з великим ступенем адаптації як до змін теплофізичних властивостей об'єктів теплоспоживання, так і до змін на ринку енергоносіїв.

Процес обліку індивідуального використання енергоресурсів повинен містити дві складові: вимірювальну – отримання, за допомогою засобів вимірювань, кількісної інформації про надану споживачеві енергію та розрахункову – розрахунок ефективності використаної споживачем енергії з оцінюванням якості наданої послуги.

$$Q_i^{вик} = K_i^{ЕФ} \cdot Q_i^{над}$$

де $Q_i^{вик}$ – кількість використаної теплової енергії індивідуальним споживачем; $Q_i^{над}$ – кількість наданої теплової енергії індивідуальному споживачу; $K_i^{ЕФ}$ – коефіцієнт ефективності використання теплової енергії приміщенням.

Основною проблемою при реалізації такої методики є встановлення дійсного значення коефіцієнта $K_i^{ЕФ}$. Цей коефіцієнт буде основним показником якості використання теплової енергії окремим приміщенням. Існуюча методика розрахунку витрат тепла на опалення приміщень є досить складною і базується на використанні середньостатистичних даних встановлених для певних типів приміщень, матеріалів будівель та особливостей конструкції системи опалення. Та основним недоліком цієї методики є її декларативність, яка полягає в тому, що характеристики теплоспоживання конкретного приміщення встановлюються при його будівництві і в подальшому, як правило, використовується як постійна величина. Тому необхідною умовою об′єктивного оцінювання витрати тепла в будівлях, є розроблення і використання методики розрахунку кількості поданої та втраченої теплової енергії конкретним приміщенням. Ця методика має враховувати результати вимірювань температурного поля будівлі, а також ефективність передачі тепла тепловипромінюючими пристроями, що встановлені в конкретному приміщенні, що дозволить визначити індивідуальні особливості теплоспоживання конкретного приміщення. Результати досліджень повинні бути використані при заповненні паспорту, в якому, за результатами енергетичного аудиту приміщення записуються його основні теплоенергетичні характеристики. Проведення щорічної паспортизації приміщень дозволить, по-перше, більш об′єктивно оцінювати рівень споживання теплової енергії, по-друге, стимулюватиме впровадження енергозберігаючих заходів.

УДК 621.317.73

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОПЕРАТИВНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЯКОСТІ М'ЯСА

© Микола Микийчук[1], Тетяна Бубела[2], Юрій Рибак[3], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), директор інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., професор, mykola.m.mykyichuk@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), завідувач кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, tetiana.z.bubela@lpnu.ua
[3]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, yuri.a.rybak@lpnu.ua

На ринку м'яса, що користується стабільним попитом у споживача, представлені різні його види, і покупцеві іноді важко вибрати якісний продукт із цього різноманіття. Тому надзвичайно важливою потребою сьогоденню є розвиток методів оперативної ідентифікації видів м'яса в місцях їх продажу.

При визначенні якості м'яса потрібно виділити найбільш характерні властивості м'яса для споживача. Варто мати на увазі, що контролювати всі показники якості м'яса практично неможливо, та й не має змісту з погляду вимог конкретних сегментів ринку, а також з погляду забезпечення ефективності підприємницької діяльності. Проблема розпізнавання асортиментної фальсифікації м'яса з кожним роком стає все більш актуальною, дотепер ще не розроблені прості і достовірні методи виявлення такої фальсифікації.

Тому на сьогодні одним із актуальних завдань у практиці захисту прав споживачів є розроблення нових та удосконалення наявних методів контролю якості м'яса. Основні вимоги до сучасних методів контролю якості м'яса сформулюємо наступним чином:

– придатність для оперативної ідентифікації видів м'ясної продукції;
– час проведення ідентифікації не повинен створювати перешкод для вчасного придбання м'ясної продукції споживачем;
– вірогідність ідентифікації має відповідати прийнятому ризику споживача.

Під час проведення експертизи використовують різні методи контролю якості м'яса і м'ясних товарів. Для підвищення достовірності ідентифікації якості м'яса і м'ясних товарів необхідно удосконалювати існуючі методи контролю характеристик м'яса і м'ясних товарів та створювати нові методи. Завданням організації сучасних процесів повинен бути оперативний вплив на процес виготовлення м'яса і м'ясних товарів з метою мінімізації ризиків для споживачів та навколишнього середовища.

Існуючі методи мають низку недоліків, серед яких вибірковість дії, дороге обладнання, велика тривалість визначення, необхідність застосування великої кількості реактивів, потреба у кваліфікованих кадрах і спеціалізованих лабораторіях. Тому на сьогодні одним із найактуальніших питань у практиці сучасного товарознавства є розробка нових та вдосконалення наявних методів експертизи продукції тваринного походження.

На основі проведеного аналізу існуючого стану інструментальних (вимірювальних) методів ідентифікації якості м'яса можна стверджувати, що перспективними шляхами розвитку методів оперативної ідентифікації м'яса можна вважати ті, які використовують оптичні методи вимірювання властивостей м'яса. Оптичні методи аналізу базуються на взаємодії досліджуваної речовини з електромагнітним випромінюванням оптичного діапазону.

Для широкого впровадження оптичних методів в практику оперативної ідентифікації якості м'яса в місцях їх продажу необхідно розробити засоби та алгоритми ідентифікації видів м'яса.

Проведений аналіз показує, що для підвищення ефективності системи ідентифікації якості м'яса важливо мінімізувати негативний вплив суб'єктивних та методичних факторів на якість процесів вимірювань.

УДК 621.317

ПІДВИЩЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ВИМІРЮВАНЬ

© Микола Микийчук[1], Назар Сасовець[2], Володимир Пастернак[3], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), директор інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології, д.т.н., професор, mykola.m.mykyichuk@lpnu.ua
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, nazar.a.sasovets@lpnu.ua
[3]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, volodymyr.y.pasternak@lpnu.ua

В сучасних процесах виробництва від рівня точності, правильності і своєчасності вимірювань і контролю технологічних параметрів залежить оперативність і правильність прийняття рішень щодо функціонування процесів, які мають безпосередній вплив на якість продукції, що виготовляється. Тому рівень достовірності вимірювань у виробництві визначає рівень конкурентоздатності продукції.

В умовах значного зношення еталонної бази, зростання цін на метрологічні послуги значно підвищується роль комплексу організаційно-технічних заходів з забезпечення певної метрологічної автономності окремих виробництв, що дозволить зменшити затрати на метрологічне забезпечення виробництва при забезпеченні необхідного рівня єдності, точності та достовірності вимірювань.

Результативна система керування вимірюванням забезпечує придатність вимірювального обладнання та процесів вимірювання для використання за призначеністю й відіграє важливу роль у досягненні цілей щодо якості продукції та в керуванні ризиками отримання невірогідних результатів вимірювання. У системі керування вимірюванням використовують широкий діапазон методів: від перевіряння (верифікації) базового вимірювального обладнання до застосування статистичних методів у керуванні процесами вимірювання.

Один з проголошених в ISO 9000 принципів керування стосується процесного підходу. Процеси вимірювання треба розглядати як особливі процеси, спрямовані на підтримання забезпечення якості продукції організацією. Модель системи керування вимірюванням, застосовну до цього стандарту, показано на рис. 1.

Рис. 1. Модель системи керування вимірюванням

Як видно з представленої моделі будь-який процес вимірювання містить дві взаємопов`язані складові частини:

– метрологічне підтвердження – сукупність операцій із забезпечення єдності вимірювань: відтворення, зберігання та передача одиниць фізичних величин, створення умов для забезпечення метрологічної справності ЗВ;

– процес вимірювання – сукупність операцій з отримання інформації про значення фізичної величини: взаємодія з об`єктом вимірювання, вимірювальні перетворення вимірюваних сигналів до виду зручного для подальшого використання, опрацювання результатів вимірювань.

Однак, якщо при організації процесів вимірювань в останні роки використовується багато іноваційних підходів (застосування інтелектуальних ЗВ, створення ефективних систем передачі, зберігання та опрацювання вимірювальної інформації), то процедури метрологічного підтвердження, як правило базуються на застарілих традиційних способах метрологічного забезпечення (ієрархічна система передачі одиниці фізичної величини, встановлення однакових міжкалібрувальних інтервалів для однотипних ЗВ, вилучення ЗВ з технологічного процесу для підтвердження його метрологічної справності).

В умовах сучасного масового виробництва, яке вимагає по-перше, усе більш точного керування, а по-друге, зменшення втрат від недостовірності вимірювань, виникає необхідність оперативного підтвердження метрологічної відповідності ЗВ під час міжкалібрувального інтервалу.

Одним із перспективних шляхів оперативного підтвердження метрологічної відповідності ЗВ є підвищення метрологічної автономності системи забезпечення єдності вимірювань виробництва, що сприятиме підвищенню достовірності взаємопов'язаних результатів вимірювань, наприклад при контролі якості процесів виготовлення продукції.

Під метрологічною автономністю розуміється властивість, що полягає в здатності на протязі тривалого часу підтримувати необхідну точність промислових засобів вимірювань, без використання еталонів, що стоять на вищих ступенях передачі розміру одиниці фізичної величини.

В кожному технологічному процесі (ТП) використовується достатньо незмінна сукупність ЗВ, результати вимірювання яких використовуються, на протязі тривалого часу, для керування режимами ТП. Ця сукупність ЗВ володіє певним рівнем метрологічних характеристик, які знаходяться в певному детермінованому зв'язку з технологічними параметрами, отже цю сукупність ЗВ можна вважати локальною системою вимірювань (ЛСВ), яка характерна для нього ТП. Тому контроль знаходження похибок ЗВ, що використовуються в певній ЛСВ, в заданих межах є необхідною умовою забезпечення керованості процесом, параметри якого вимірюють ці ЗВ.

Для кожної локальної групи однотипних ЗВ, враховуючи їх метрологічну одноманітність, в кожний момент часу існує певний стан метрологічної справності, який і визначає рівень єдності вимірювань в ЛСВ. Відомо, що метрологічна надійність окремих екземплярів ЗВ може істотно відрізнятися. Враховуючи, що для виконання вимірювань застосовуються конкретні екземпляри ЗВ, то і достовірність результатів вимірювань визначатиметься індивідуальними властивостями цих конкретних екземплярів ЗВ, а не усередненими властивостями всієї сукупності ЗВ цього типу. Тому використання усереднених характеристик метрологічної надійності при плануванні заходів із забезпечення єдності вимірювань приводить до зростання затрат на забезпечення необхідного рівня достовірності вимірювань на виробництві.

Підвищення достовірності промислових вимірювань можна досягнути використовуючи точніші та надійніші ЗВ. Однак, такий підхід вимагає додаткових затрат, що в умовах жорсткої конкурентної боротьби, як правило економічно недоцільно. Більш перспективним шляхом є впровадження системи оперативного контролю метрологічних характеристик ЗВ, які використовуються в технологічних процесах. Оперативним будемо вважати метрологічний контроль, який здійснюється в період між плановими калібруваннями ЗВ.

Оперативний контроль похибки ЗВ можна здійснити :

– шляхом взаємних звірянь в групах однорідних ЗВ;
– шляхом звірянь ЗВ за допомогою промислового калібратора.

Таким чином, застосування оперативного контролю метрологічних характеристик ЗВ дозволить підвищити достовірність вимірювань та метрологічну надійність ЗВ, що використовуються в технологічних процесах підприємства, а також зменшити затрати на підтвердження метрологічної відповідності парку ЗВ встановленим нормам.

УДК 621.317

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕТОНУ

© Євген Походило[1], Микола Флінта [2], 2024

[1]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, Yevhen.V.Pokhodylo@lpnu.ua
[2] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, mykola.y.flinta@lpnu.ua

Необхідність оцінювання якості будь-якої продукції загальновідома. Стосується це також і продукції будівельної галузі, зокрема бетону. Зумовлено це масовою появою на ринку такої продукції низького рівня якості або підміною марок бетону. Для контрою показників якості бетону використовують переважно неелектричні методи. Відомі також дослідження електрофізичних параметрів бетону [1,2]. Електричний метод контролю передбачає вимірювання питомого опору бетону. Він забезпечує оперативність контролю, усунення суб’єктивних похибок оцінювання якості такої продукції, саме тому розвиток такого методу є актуальним. Авторами пропонується спосіб оперативного контролю якості бетону, який полягає у опосередкованому вимірюванні електрофізичних параметрів, зокрема діелектричної проникності та питомої електропровідності такої продукції. Зміна таких параметрів відображає будь-яку зміну фізико-хімічних властивостей бетону протягом усього його тривалого часу застосування: від виробництва до висихання. Тобто, такі параметри є інформативними і за їхньою зміною можна оцінювати показники якості бетону на будь-якій стадії. Для вимірювання діелектричної проникності та питомої провідності пропонується спосіб вимірювання таких параметрів бетону за параметрами комплексної провідності (адмітансу). Для цього використовують ємнісний первинний перетворювач, у міжелектродний простір якого поміщають об’єкт контролю, що подається двополюсником [3], спрощена електрична модель якого містить паралельну схему еквівалентних ємності C та опору R. Відповідно, адмітанс Y такого двополюсника в колі змінного струму визначається за відомою формулою

$$Y = G + jB, \tag{1}$$

де активна G та реактивна B складові адмітансу (1) описуються виразами

$$G = \sigma\frac{d}{S} = a\sigma, \tag{2}$$

$$B = \omega C = \omega\frac{\varepsilon_0\varepsilon_x S}{d} = b\varepsilon_x \tag{3}$$

де $a=d/S$, $b = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$ (S та d – площа елекродів та відстань між ними, ε_0– діелектрична проникність вакууму); σ та ε_x – питома провідність та діелектрична проникність бетону.

Аналіз виразів (2), (3) показує, що активна (2) та реактивна (3) складові адмітансу лінійно залежать від електрофізичних параметрів σ та ε_x при сталих значеннях коефіцієнтів a та b. Для вищезазначених вимірювань необхідно використати відповідний режим вимірювального приладу, тобто режим роздільного вимірювання реактивної ωC та активної G складових адмітансу. З урахуванням цього зазначені складові адмітансу стають інформативними параметрами, що лінійно залежать від електрофізичних параметрів σ та ε_x.

Тобто, отримуємо опосередковане вимірювання електрофізичних параметрів за результатами вимірювання активної та реактивної складових адмітансу. Реалізуються такі вимірювання серійними CLR- метрами в режимі вимірювання складових адмітансу на фіксованій частоті тестового сигналу з використанням ємнісного первинного перетворювача (сенсора) плоско-паралельної конструкції.

1. Hamed Layssi, Pouria Ghods, Aali R. Alizadeh, and Mustafa Salehi Electrical Resistivity of Concrete. Concrete International, 37(5) (2015) 41-46.

2. Плугін А.А., Бабій А.І., Плугін О.А., Борзяк О.С., Калюжна О.В. Вплив умов зберігання на електропровідність бетону. VI Міжнар. конфер. «Актуальні проблеми інженерної механіки», Одеса (2019) 320–324.

3. Походило Є.В. Імітансний контроль якості: монографія / Є.В. Походило, П.Г. Столярчук. – Львів: Видавництво львівської політехніки, 2012. – 164 с.

УДК 004.869

ПОКРАЩЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ З ОБ'ЄКТАМИ АВТОНОМНОГО РОБОТА ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

© Максим Шаварський[1], Юрій Кривенчук[2], 2024

[1] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри систем штучного інтелекту, shavarsky2000@gmail.com
[2]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), заступник директора ІКНІ
з науково-педагогічної роботи, к.т.н., доцент yurkokryvenchuk@gmail.com

Покращення взаємодії робота в різних середовищах буде здійснюватися за допомогою імітаційного навчання. Використання цього підходу дозволяє роботам навчатися на основі поведінки експертів, що значно пришвидшує процес адаптації до нових умов та середовищ. Імітаційне навчання зменшує кількість помилок на етапах тестування та значно підвищує ефективність алгоритмів, оскільки робот може вчитися на прикладах та підлаштовувати свою поведінку відповідно до ситуації.

Однією з переваг цього підходу є можливість уникнення складних та небезпечних ситуацій, адже робот може навчитися правильних дій, спостерігаючи за досвідченими користувачами чи іншими роботами. У даному випадку був застосований алгоритм Implicit Behavior Cloning (IBC), що дозволяє агенту відтворювати дії експерта, навіть якщо немає прямого доступу до відомостей про винагороди, які є основою інших методів навчання з підкріпленням.

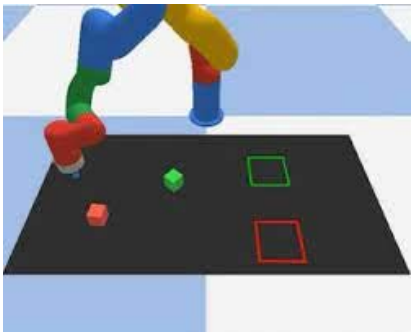


Рис. 1. 6-суглобна роборука у симуляції перевіряє навички заштовхувати кубик у правильну зону

Перевага Implicit Behavior Cloning (IBC) полягає в тому, що цей метод дозволяє уникати проблем, пов'язаних із точною оцінкою винагороди та довготривалим навчанням у реальному світі, що є особливо важливим для роботів, які працюють у фізичних середовищах. Замість того, щоб навчатися на основі проб і помилок, робот просто копіює дії експерта, що забезпечує більш безпечне та швидке навчання.

Це підходить для завдань, де важливі як точність, так і адаптивність, наприклад, у прибиранні різних вбиралень з різними плануваннями та умовами. Завдяки IBC робот може навчитися гнучко реагувати на змінні умови, такі як різне розташування дверей, раковин, сміття чи інших об'єктів, не вимагаючи тривалого налаштування під кожну нову локацію.

Рис. 2. Тестування заштовхування кубика у зону у реальному середовищі

Такий підхід дозволяє мінімізувати витрати на ручне налаштування та перепрограмування робота для нових середовищ, роблячи його взаємодію більш універсальною та надійною. Застосування ІВС дозволяє досягти високого рівня автономності робота, що робить його здатним самостійно опановувати нові сценарії, водночас знижуючи навантаження на інженерів та операторів, відповідальних за його впровадження в нові об'єкти.

1. N. Ratliff, J. A. Bagnell, and S. S. Srinivasa, "Imitation learning for locomotion and manipulation," in 2007 7th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots. IEEE, 2007, pp. 392–397.

2. J. Nakanishi, J. Morimoto, G. Endo, G. Cheng, S. Schaal, and M. Kawato, "Learning from demonstration and adaptation of biped locomotion," Robotics and autonomous systems, vol. 47, no. 2-3, pp. 79–91, 2004.

A. Hussein, M. M. Gaber, E. Elyan, and C. Jayne, "Imitation learning: A survey of learning methods," ACM Comput. Surv., vol. 50, no. 2, apr 2017. [Online]. Available: https://doi.org/10.1145/3054912

УДК 621.865.8

АНАЛІЗ FPV-ДРОНІВ З КЕРУВАННЯМ ПО ОПТОВОЛОКНУ. ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

© Софія Гонтарук[1], Віктор Куць[2], Юрій Рудик[3], 2024

[1] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
студентка кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, sofiia.hontaruk.mt.2021@lpnu.ua
[2] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н., доцент, viktor.r.kuts@lpnu.ua
[3] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., доцент, yurii.i.rudyk@lpnu.ua

Розвиток технологій у військовій сфері є критично важливим для забезпечення національної безпеки та підвищення ефективності бойових операцій. Однією з ключових інновацій сучасності є впровадження та удосконалення військових дронів. Особливе місце серед них займають FPV-дрони («First Person View», укр. вид від першої особи), які надають оператору можливість керувати дроном у режимі реального часу. Активне використання засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) призвело до появи FPV-дронів з оптоволоконним кабелем. Вони використовують оптоволокно для передачі сигналів керування та зображення, що забезпечує абсолютну нечутливість до радіоперешкод. Проте, поряд із перевагами, у цій технології є і суттєві недоліки.

Головною конструкційною особливістю оптоволоконного FPV-дрона є закріплена на рамі котушка з оптоволоконним кабелем, який з’єднує дрон з пультом керування та тягнеться за ним під час польоту. Це дозволяє забезпечити зв'язок між оператором і дроном на значній відстані, не використовуючи радіоканал. Довжина оптоволокна може бути різною, від кількох кілометрів до двох десятків, залежно від потужності дрона та товщини самого кабелю, адже котушка створює додаткову масу для конструкції [1].

Найпершою і найважливішою перевагою такого способу керування є стійкість до засобів РЕБ. Оптичний сигнал, який передається оптоволокном, не чутливий до радіозавад, його неможливо перехопити або заглушити. Це дозволяє стабільно керувати FPV-дроном під час всього польоту. Радіоелектронні засоби розвідки (РЕР) також не можуть зафіксувати сигнали дрона чи визначити його місцеположення, через що він довше залишається непоміченим. Крім того, це суттєво підвищує безпеку оператора, адже його місцезнаходження неможливо виявити, та ймовірність виконання бойових завдань.

Також оптоволокно забезпечує стабільну передачу відео з високою роздільною здатністю і без сторонніх шумів, надаючи оператору чітке зображення в реальному часі, що критично важливо для точного наведення і контролю над дроном. Завдяки фізичному з’єднанню, частина обчислювальних ресурсів, таких як розпізнавання цілей чи наведення, може бути перенесена на станцію управління. Це знижує енергоспоживання самого дрона і дозволяє збільшити його тривалість польоту [2], [3].

Незважаючи на суттєві переваги, оптоволоконна передача даних має і недоліки. Через свою довжину, кабель створює ефект парусності, знижуючи можливості швидкісних віражів і маневрування дрона порівняно зі звичайними FPV-дронами. Під час польоту такий дрон змушений оминати високі перешкоди, дерева, обмежувати різкі повороти та маневри, щоб уникнути заплутування за перешкоди чи обриву кабелю, або заплутування самого дрона в власному оптоволокні, що може стати критичним у бойових умовах.

Ще одним недоліком є те, що котушка з кабелем додає значну вагу до дрона, ще більше знижуючи можливості для маневрів, скорочуючи час у повітрі та обмежуючи можливе корисне навантаження. Це, у свою чергу, впливає на продуктивність і бойову ефективність FPV-дронів. Крім того, відносно висока вартість оптоволоконного кабелю призводить до підвищення вартості виготовлення дрона. Ціна такого FPV-дрона приблизно дорівнює ціні дрона з тепловізором, що може ускладнити масове виробництво і використання FPV-дронів на оптоволокні у великій кількості [1], [4].

Отже, FPV-дрони на оптоволокні мають значний потенціал завдяки своїм перевагам у стійкості до РЕБ, якості передачі відео та невразливості до радіорозвідки. Водночас обмежена маневреність і висока вартість роблять їхню перспективу в бойових умовах неоднозначною.

Перш за все, важливим завданням є зменшення маси і товщини кабелю, що дозволить дрону легше маневрувати та збільшить його тактичну гнучкість. Для цього варто використовувати надтонке оптоволокно, виготовлене з легких матеріалів. Це дозволить знизити «зайву вагу» котушки з кабелем, покращуючи швидкість та маневровість FPV-дрона.

Ще одним можливим напрямком розвитку є мінімізація заплутування кабелю, яку можна забезпечити створенням більш компактних котушок та механізмів, що дозволяють автоматично змотувати кабель у разі необхідності. Такі механізми можуть допомогти уникнути заплутування кабелю під час польоту та забезпечити плавний рух у складних умовах. Крім того, автоматичне змотування сприятиме поліпшенню швидкісних характеристик дронів, оскільки зменшиться ефект парусності, спричинений кабелем.

Ключовим фактором для широкого застосування оптоволоконних FPV-дронів в бойових діях є зниження собівартості виробництва. Існує потенціал для зменшення витрат шляхом розвитку технологій виробництва оптоволокна в країнах з нижчими витратами на виготовлення.

У сучасних умовах бойових дій FPV-дрони на оптоволокні є інноваційним рішенням, яке демонструє високу ефективність завдяки стійкості до засобів РЕБ та високій якості відеопередачі. Проте для досягнення повноцінного потенціалу необхідне подальше вдосконалення цієї технології. Розробка більш легкого та маневрового FPV-дрона, а також зниження вартості виробництва оптоволоконного кабелю можуть зробити такі дрони доступнішими та ефективнішими. FPV-дрони на оптоволокні вже сьогодні відіграють важливу роль у військових операціях, а з удосконаленням технології їхній потенціал зростатиме. Ця технологія може стати ключовою у забезпеченні тактичних переваг на полі бою, особливо у середовищі з високим рівнем радіоперешкод.

***Подяка**. Дана публікація підготована завдяки грантової підтримки Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 0123U103529 (2022.01/0009) «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».*

1. [Електронний ресурс], «FPV-дрони на оптоволокні – безперспективний глухий кут, тимчасове рішення чи новий виток технологій», режим доступу: https://defence-ua.com/minds_and_ideas/fpv_droni_na_optovolokni_bezperspektivnij_gluhij_kut_timchasove_rishennja_chi_novij_vitok_tehnologij-16384.html

2. [Електронний ресурс], «Українські розробники показали вітчизняний FPV-дрон на оптоволокні (відео)», режим доступу: https://defence-ua.com/news/ukrajinski_rozrobniki_pokazali_vitchiznjanij_fpv_dron_na_optovolokni_video-14772.html

3. [Електронний ресурс], «РФ вже у бою тестує FPV-дрон на оптоволоконні: таким абсолютно все одно на будь-який РЕБ», режим доступу: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/rf_vzhe_u_boju_testuje_fpv_dron_na_optovolokonni_takim_absoljutno_vse_odno_na_bud_jakij_reb-14671.html

4. [Електронний ресурс], «Про зв'язок від Сергія Флеш», режим доступу: https://t.me/serhii_flash

УДК 681

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД У КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ ДЛЯ ПРОТИДІЇ ПОВІТРЯНИМ ЗАГРОЗАМ

© Павло Новіцький[1], Михайло Степаняк[2], 2024

[1]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
аспірант кафедри комп'ютеризованих систем автоматики, pavlo.s.novitskyi@lpnu.ua
[2] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), кандидат т. н., доцент кафедри комп'ютеризованих систем автоматики, mykhailo.v.stepaniak@lpnu.ua

Поширення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) і зростаюча залежність від кіберфізичних систем у критичній інфраструктурі створили нові складні виклики безпеці. Ці виклики посилюються складними повітряними загрозами, починаючи від доступних комерційних і закінчуючи передовими зловмисними БПЛА, призначеними для спостереження чи руйнації об'єктів. Електромагнітні завади (ЕМЗ) постають як життєво важливий засіб протидії, порушуючи комунікаційні та навігаційні системи несанкціонованих літальних об'єктів, щоб запобігти їхньому втручанню в роботу або доступ до чутливих зон. Стійкість критичної інфраструктури до нових повітряних загроз напряму залежить від інтеграції кіберфізичних систем (КФС) із передовими технологіями електромагнітних випромінювань. Використовуючи комбінацію методів аналізу втручань та автоматизованих систем реагування, цими системами можна виявляти, керувати і нейтралізувати ворожі літальні об'єкти, забезпечуючи тим самим безперервність основних послуг [1][2].

Інфраструктури КФС покладаються на дані в режимі реального часу з низки давачів, включаючи радарні системи та радіочастотні монітори, для швидкого виявлення та усунення потенційних загроз. Ці структури координують отримані дані, такі як випромінювання сигналів перешкод або активація технологій захисту від дронів, щоб захистити критичну інфраструктуру від збоїв. Рішення, засновані на використанні електромагнітних завад, надають пріоритет неруйнівним методам, таким як глушіння сигналів управління дроном або підробка його GPS, щоб змусити його безпечно приземлитися або повернутися до початкової точки. Однак із розвитком технологій БПЛА та впровадженням таких функцій, як автономні режими польоту, для підтримки безпеки необхідні більш адаптивні стратегії використання електромагнітних завад. Інфраструктура кіберфізичних систем може бути покращена шляхом застосування передових алгоритмів штучного інтелекту для бездоганної координації давачів, систем перешкод і аналізу даних, що ефективно зменшить збої та знизить ризики [2][3].

Широке використання БПЛА для спостереження та збору даних, а також можливого порушення повітряного простору, створюють значні виклики для працівників критичної інфраструктури. Зловмисні літальні об'єкти можуть проникати в зони обмеженого доступу, спричиняючи збої в роботі енергетичних мереж або комунікаційних систем.

Для протидії цим загрозам сучасні КФС, інтегровані з технологіями ЕМЗ мають забезпечувати проактивний та інтелектуальний захист. Це може бути застосування алгоритмів машинного навчання для прогнозування, виявлення та управління діяльністю літальних об'єктів у режимі реального часу. Наукова новизна таких підходів полягає у використанні адаптивних моделей, що дозволяють не лише реагувати на поточні загрози, але й передбачати потенційні сценарії атак, враховуючи складність та автономність сучасних БПЛА.

Ця інтеграція забезпечує високий рівень оперативної безпеки та надійності без зайвої ескалації ситуації, що особливо важливо в міських умовах з високою щільністю населення. Використання когнітивних радіосистем та глибокого аналізу даних сприятиме дотриманню нормативних вимог та підвищенню ефективності захисту, закладаючи основу для довгострокової стійкості та інноваційного розвитку критичної інфраструктури. [2][3].

Технології штучного інтелекту дозволяють аналізувати закономірності поведінки БПЛА та електромагнітної активності, що дозволяє швидше ідентифікувати аномальну активність літальних об'єктів і розгортати індивідуальні відповіді на ці загрози. Прогнозована аналітика може забезпечити краще визначення траєкторії таких об'єктів і рекомендувати дії

для нейтралізації потенційних загроз до того, як вони вплинуть на роботу. Наприклад, КФС на основі штучного інтелекту, інтегрована з багатофункціональними радарними системами може забезпечувати відстеження БПЛА в реальному часі, дозволяючи операторам інфраструктури приймати швидкі та точні рішення. Ці передові можливості необхідні для великомасштабних інфраструктур, таких як аеропорти, електростанції або системи громадського транспорту, де збої можуть мати сильні наслідки [3].

Щоб досягти комплексного захисту, операторам інфраструктури слід впроваджувати багаторівневі системи безпеки. Рішення ЕМЗ часто доповнюються неінвазивними заходами, такими як системи моніторингу та технології геозонування, які направляють БПЛА подалі від зон обмеженого доступу, не завдаючи шкоди. Удосконалені давачі, включаючи радарні системи можуть забезпечувати детальне відстеження та аналіз поведінки дрона, забезпечуючи повну обізнаність про ситуацію. Портативні пристрої ЕМЗ додадуть гнучкості, забезпечуючи захист віддалених або менших об’єктів інфраструктури та підтримуючи постійну безпеку в різноманітних середовищах. Вирішальним для цих зусиль є обмін даними в режимі реального часу між операторами інфраструктури, органами громадської безпеки та регуляторами, що сприяє скоординованій реакції на можливі збої, пов’язані з літальними об’єктами [2].

Правова та нормативна база відіграють значну роль у формуванні розгортання технологій ЕМЗ та КФС. Забезпечення відповідності національним і міжнародним стандартам гарантує, що методи втручання є безпечними та не впливають надмірно на цивільні системи. Співпраця між державними установами та приватними операторами має важливе значення для розробки політики, яка врівноважить необхідність безпеки та безперебійну роботу основних послуг. Цей кооперативний підхід також заохотить інновації, дозволяючи операторам інфраструктури інтегрувати передові технології, такі як штучний інтелект та когнітивні електронні системи, дотримуючись нових нормативних вимог [3].

Оптимізація ЕМЗ в рамках КФС має вирішальне значення для управління ескалацією викликів, спричинених вторгненнями літальних об’єктів, і для забезпечення постійної надійності основних послуг. Оскільки технології, типи та види літальних апаратів розвивається, оператори інфраструктури повинні приймати адаптивні рішення, що дозволять передбачати нові загрози та реагувати на них. Така оптимізація не тільки пом’якшить регулярні збої в роботі, але й створить основу для довгострокової стійкості, забезпечуючи безпечну та ефективну роботу основної інфраструктури. Це сприятиме розробці практичних інфраструктур КФС, які об’єднуватимуть розширені можливості ЕМЗ, прогнозну аналітику та спільні підходи для управління інфраструктурою в реальному часі.

1. Diaba, S.Y., Shafie-khah, M., Elmusrati, M. Cyber-physical attack and the future energy systems: A review. // Energy Reports. 2024. – Т. 12. – С. 2914–2932. DOI: 10.1016/j.egyr.2024.08.060 [69].

2. Piekarski, M., Wojtasik, K. Protection of Polish Critical Infrastructure (CI) Against Air Threats. // Journal of Security and Sustainability Issues. 2022. – Т. 11, № 2. – С. 329–343. DOI: 10.9770/jssi.2022.11.2(12).

3. Radar and Electronic Warfare Systems Handbook. // REWSH 2022 Conference Proceedings. 2022. – С. 45–67. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://mags.shephardmedia.com/legacy-handbooks/REWSH2022.pdf.

УДК 006.063

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ НОРМУВАННЯ НА КОМПОНЕНТИ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ З РАЦІОНАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ

© Анатолій Должанський[1], Оксана Бондаренко[2] , Олег Брагинський[3] 2024

[1]Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна),
завідувач кафедри Систем якості, стандартизації та метрології, д.т.н., професор, a.dolzhanskiy@gmail.com,
[2]Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна), доцент кафедри Систем якості, стандартизації та метрології, к.т.н., доцент, sana105oksana105@gmail.com,
[3] Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна),
аспірант кафедри Систем якості, стандартизації та метрології, braginskyy_oleg@ukr.net

При оцінюванні якості об'єктів застосовують їх моделі у вигляді *комплексного* показника якості Q. Він формується *одиничними* показниками якості Y_i з їх коефіцієнтами вагомості K_i, а Y_i – технічно-організаційними інструментами X_j з конкретного управління об'єктом. Оптимальні значення $X_{\text{опт}}$ цих інструментів використовують для досягнення максимального (найвищого можливого) рівня якості об'єкту на основі відповідного значення Q_{max} [1].

Зазвичай параметри Y_i та X_j мають різні розмірність та діапазон варіювання. Тому для коректного використання в одній аналітичній моделі їх перетворюють до безрозмірного вигляду шляхом нормування (діленням на максимально можливе значення). Як наслідок, формується інша модель якості того ж самого об'єкту, що характеризується новими нормованими рівнями $x_{j\text{опт}}$.

Вказані параметри залежать від виду згортки Q, а екстремум Q_{ext} цього функціоналу визначається за видом першої або другої похідної Q при визначеному x_{ext}.

Метою роботи став аналіз впливу нормування параметрів Q на його екстремум.

В роботі проведено аналіз впливу нормування двох Y_i та одного X для згорток Q у вигляді декількох зважених. Уперше виявлено суттєву залежність від цього параметрів нормованої та ненормованої моделей, які зумовлюють максимальне значення Q (табл. 1).

Таблиця 1

Визначення x_{ext} у неявному вигляді

Середнє зважене	Без нормування Y_i та X_j	З нормуванням Y_i та X_j	Наявність (+), відсутність (-) різниці
Арифметичне	$\frac{Y_1^/}{Y_2^/} = -\frac{K_2}{K_1}$	$\frac{Y_1^/}{Y_2^/} = -\frac{K_2 \cdot Y_{1max}}{K_1 \cdot Y_{2max}}$	+
Геометричне	$\frac{Y_1^/ \cdot Y_2}{Y_2^/ \cdot Y_1} = -\frac{K_2}{K_1}$	$\frac{Y_1^/ \cdot Y_2}{Y_2^/ \cdot Y_1} = -\frac{K_2}{K_1}$	-
Гармонійне	$\frac{Y_1^/ \cdot Y_2^2}{Y_2^/ \cdot Y_1^2} = -\frac{K_2}{K_1}$	$\frac{Y_1^/ \cdot Y_2^2}{Y_2^/ \cdot Y_1^2} = -\frac{K_2 \cdot Y_{2max}}{K_1 \cdot Y_{1max}}$	+
Квадратичне	$\frac{Y_1^/ \cdot Y_1}{Y_2^/ \cdot Y_2} = -\frac{K_2}{K_1}$	$\frac{Y_1^/ \cdot Y_1}{Y_2^/ \cdot Y_2} = -\frac{K_2 \cdot Y_{1max}^2}{K_1 \cdot Y_{2max}^2}$	+

1. Anatolyi Dolzhanskiy, Oksana Bondarenko, and Oksana Maksakova. Influence of the characteristic factors number taken into account on the complex quality indicator in the rolled steel plates manufacture. Information Technology for Education, Science, and Technics. ITEST 2024, LNDECT 222, pp. 64–76, 2024.

УДК 621.3

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛЕЧИН З ПРОМІЖНИМ ПЕРЕТВОРЮВАННЯМ

© Іван Коваленко[1], 2024

[1]Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсант, kovalenkoivan756@gmail.com

Сучасні виклики, з якими стикаються фахівці-метрологи, зокрема в умовах війни, створюють нові випробування для забезпечення єдності вимірювань, достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювань у частинах які безпосередньо приймають участь в веденні бойових дій. Успішне виконання бойових завдань та забезпечення надійності озброєння і техніки значною мірою залежать від точності вимірювань електричних величин. Проте, існуюча система метрологічного забезпечення має деякі недосконалості, такі як недостатня автономність обладнання, обмежений доступ до ресурсів для калібрування та недостатня мобільність. Ці фактори ускладнюють проведення своєчасних повірок, калібрування та метрологічного обслуговування техніки, що може призводити до виникнення завеликих похибок у вимірюваннях, які можуть коштувати життя сотням.

Вимірювання електричних величин з проміжним перетворенням є необхідним в військовій метрології, оскільки забезпечують точність і надійність вимірювань, що необхідно для точного функціонування озброєння та техніки. Цей метод дозволяє вимірювати різні електричні величини в широкому діапазоні та забезпечує легшу інтеграцію з різними системами обробки даних, такими як комп'ютерні системи та автоматизовані системи управління.

Пропозиції щодо вирішення даної проблеми:

– Відмова від застарілих ЗВТ: Використання сучасних, в більшій мірі закордонних цифрових приладів, зокрема включення автоматизованих систем, які здатні виконувати автономну калібровку ЗВТ та зменшують залежність від перевізних лабораторій вимірювальної техніки зокрема фахівців-метрологів, у разі критичної нестачі часту та/або екстремальних умовах війни при відносно легких пошкодженнях.

– Спрощення процедур обслуговування: Розробка спрощених та стандартизованих процедур обслуговування вимірювального обладнання, що дозволить швидше та ефективніше виконувати необхідні заходи. Використання інтуїтивно зрозумілого програмного забезпечення, яке легко здатен опанувати середньостатистичний військовослужбовець, для моніторингу стану обладнання, може також сприяти швидшій діагностиці проблем.

– Співпраця з науковими установами: Налагодження партнерства з науковими та дослідницькими установами та закладами для розробки нових методів та технологій вимірювання, можливо включно з використанням штучного інтелекту, згідно досвіду експлуатації ЗВТ військового призначення в умовах війни. Це може включати спільні проєкти, які дозволять створювати нові рішення для конкретних проблемних питань військових частин.

– Освітній процес: Створення додаткових курсів, з метою підвищення кваліфікації та загальної обізнаності в цій сфері, яка базується на сучасних підходах, що допоможе забезпечити збільшення рівня компетентності військовослужбовців і зменшити кількість технічних помилок.

У сучасних умовах війни в Україні забезпечення точності вимірювань електричних величин з проміжним перетворенням стає неймовірно важливим для ефективного функціонування озброєння та техніки. Актуальні проблеми, з якими стикається військова метрологія, такі як застарілість ЗВТ , обмежений доступ до ресурсів для калібрування та мобільність, потребують термінового вирішення. Впровадження сучасних технологій, спрощення процедур обслуговування, а також співпраця з науковими установами можуть суттєво покращити систему метрологічного забезпечення. Це не лише підвищить ефективність виконання завдань за призначенням підрозділів ЗСУ, а й забезпечить безпеку та надійність у виконанні бойових завдань, що є вирішальним у нинішніх умовах.

UDC 504.064.36

ASSESSMENT OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC FACTORS IMPACT ON WATER QUALITY BASED ON CORRELATION ANALYSIS RESULTS

© Vladyslav Dzhumelia[1], Elvira Dzhumelia[2], Orest Kochan[3], 2024

[1] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Student of Department of Information and Measurement Technologies, vladyslav.dzhumelia.mt.2021@lpnu.ua
[2] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Assistant Professor of Department of Software, PhD, elvira.a.dzhumelia@lpnu.ua
[3] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Professor of Department of Information and Measurement Technologies, Dr.Sc., Prof., orest.v.kochan@lpnu.ua

Introduction. The quality of water in rivers is a crucial environmental indicator that impacts public health, ecosystems, and regional economic development [1]. Studying water quality in Ukraine's rivers is essential, as these waters are influenced by both natural and anthropogenic factors [2]. Pollution from agricultural fertilizers, sewage, and industrial emissions significantly affects water quality. For instance, studies [3] found that 57% of groundwater in the Ganges basin is of poor quality due to various sources. This underscores the need for monitoring water quality in border area rivers. Natural factors, such as bank erosion and stormwater runoff, also play a role in water quality. Research indicates that these natural sources can account for a substantial part of total pollution, with some studies showing that eight pollution sources contribute to 77.1% of water quality variation. Assessing water quality in the rivers of Ukraine requires a comprehensive approach, including statistical analysis and monitoring. This enables an evaluation of water resource conditions and the formulation of recommendations for quality improvement and ecosystem preservation. For a comprehensive and effective study of surface water quality, it is necessary to carry out detailed monitoring of water quality in rivers in border areas, use modern statistical methods for data analysis. This will help in developing a water resources management strategy taking into account the influence of both natural and anthropogenic factors. Employing statistical methods helps identify significant differences in water quality parameters. For example, study [4] demonstrated strong correlations between surface and groundwater hydrochemical compositions, highlighting the need for an integrated approach to water quality assessment.

This study focused on the Rika and Tereblia rivers in Zakarpattia (Ukraine), which are vital for the region's environment and economy. The Rika River is particularly important for electricity generation, with the Tereblia-Rika Hydro Power Plant utilizing its waters for power production.

The aim of this study is to evaluate the relationships among key hydrochemical parameters in the Rika and Tereblia rivers to identify pollution sources and assess the impact of natural and anthropogenic factors on water quality.

The result and discussion. The ecological condition of the Rika and Tereblia rivers warrants special attention. These rivers are known for their relatively clean water, owing to their mountainous origin and natural filtration through forest ecosystems. However, anthropogenic factors, including industrial pollution, intensive agriculture, and deforestation, pose significant threats to the ecological balance of these water bodies. The results of hydroecological observations on the river water quality were performed by the analytical control and monitoring services of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, State Agency of Water Resources of Ukraine. The correlation method in the Pandas library in Python was used for the computation the Pearson correlation between water parameters. This allowed for the identification of significant correlations between pollutants.

The correlation analysis of key hydrochemical parameters in the Rika and Tereblia rivers reveals significant relationships influenced by both natural and anthropogenic factors (table). Biological Oxygen Demand (BOD) shows a strong positive correlation with nitrates, chlorides, and sulphates, along with a moderate correlation with dissolved oxygen. This suggests a link between organic matter and these ions. Conversely, DO has a notable negative correlation with ammonium and chlorides, indicating increased oxygen consumption in the presence of organic or chemical pollutants. Ammonium

correlates strongly with phosphates and Total Suspended Solids, pointing to agricultural runoff or domestic waste impacts. Nitrates also show a high positive correlation with sulphates and chlorides, suggesting pollution sources from industrial or agricultural activities. These findings underscore the complex interactions among organic pollutants, mineral ions, and nutrients, helping to identify key sources of anthropogenic pressure on the ecosystems of the Rika and Tereblia rivers.

Table 1

Correlation of hydrochemical parameters of water

	BOD, mg O_2/dm^3	DO, mg O_2/dm^3	Ammonium, mg /dm^3	TSS, mg /dm^3	Nitrate, mg /dm^3	Nitrite, mg O_2/dm^3	Sulphate, mg /dm^3	Phosphate, mg /dm^3	Chloride, mg /dm^3
BOD, mg O_2/dm^3	1	0.335	-0.048	0.187	0.568	0.212	0.446	-0.020	0.445
DO, mg O_2/dm^3	0.335	1	-0.463	-0.205	0.185	-0.005	-0.200	-0.160	-0.318
Ammonium, mg/dm^3	-0.048	-0.463	1	0.537	-0.063	-0.015	0.080	0.589	0.141
TSS, mg/dm^3	0.187	-0.205	0.537	1	0.260	-0.016	-0.062	0.108	0.226
Nitrate, mg/dm^3	0.568	0.185	-0.063	0.260	1	0.022	0.458	-0.156	0.446
Nitrite, mg/dm^3	0.212	-0.005	-0.015	-0.016	0.022	1	0.100	0.305	-0.009
Sulphate, mg/dm^3	0.446	-0.200	0.080	-0.062	0.458	0.100	1	-0.075	0.624
Phosphate, mg/dm^3	-0.020	-0.160	0.589	0.108	-0.156	0.305	-0.075	1	-0.276
Chloride, mg/dm^3	0.445	-0.318	0.141	0.226	0.446	-0.009	0.624	-0.276	1

Conclusions. The study results indicate that surface waters in the investigated regions generally meet environmental safety standards. The hydrochemical analysis of the Rika and Tereblia rivers highlights significant correlations among key water quality parameters, revealing both natural and anthropogenic influences on their ecosystems. Strong associations between pollutants, such as nitrates, chlorides, sulphates, and Biological Oxygen Demand (BOD), suggest substantial contributions from agricultural runoff, industrial discharges, and domestic waste, while the negative correlation between dissolved oxygen and ammonium indicates potential oxygen depletion due to organic pollutants.

Acknowledgement. This paper is supported by the National Research Foundation of Ukraine, project number 0123U103529 (2022.01/0009) “Assessing and forecasting threats to the reconstruction and sustainable operation of objects of critical infrastructure” from the contest “Science for reconstruction of Ukraine in the war and post war periods”.

1. J. Nayak, R. Singh, and R. Ganguly, ‘Assessment of Water Quality in Terms of the Water Quality Index’, in Integrated Management of Water Resources in India: A Computational Approach, vol. 129, A. K. Yadav, K. Yadav, and V. P. Singh, Eds., in Water Science and Technology Library, vol. 129. , Cham: Springer Nature Switzerland, 2024, pp. 105–120. doi: 10.1007/978-3-031-62079-9_6.

2. P. Babuji, S. Thirumalaisamy, K. Duraisamy, and G. Periyasamy, ‘Human Health Risks due to Exposure to Water Pollution: A Review’, Water, vol. 15, no. 14, p. 2532, Jul. 2023, doi: 10.3390/w15142532.

3. M. G. Uddin, S. Nash, A. Rahman, and A. I. Olbert, ‘A comprehensive method for improvement of water quality index (WQI) models for coastal water quality assessment’, Water Research, vol. 219, p. 118532, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.watres.2022.118532.

4. C. N. Phan, A. Strużyński, and T. Kowalik, ‘Correlation Between Hydrochemical Component of Surface Water and Groundwater in Nida Valley, Poland’, J. Ecol. Eng., vol. 24, no. 12, pp. 167–177, Dec. 2023, doi: 10.12911/22998993/172424.

UDC 504.064.36

SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MINING AND CHEMICAL ENTERPRISES IN THE POST-LIQUIDATION PERIOD: CASE STUDY OF CURRENT ENVIRONMENTAL CHALLENGES

© *Elvira Dzhumelia, 2024*

Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Assistant Professor
of Department of Software, PhD, elvira.a.dzhumelia@lpnu.ua

Introduction. Sustainable development and environmental safety become key elements in the post-liquidation period of mining and chemical enterprises, especially against the background of environmental risks caused by military actions on the territory of Ukraine [1-4]. The closure of enterprises, such as State Enterprise “Rozdil Mining and Chemical Enterprise “Sirka”, opens up opportunities for the implementation of modern environmental monitoring systems in order to minimize the long-term impact on the environment and ensure sustainable development. The lack of proper environmental monitoring at the stage of liquidation of such enterprises can lead to an uncontrolled deterioration of the environment, which is a threat to nearby ecosystems and the health of the population.

However, the war introduced additional challenges: pollution with heavy metals and hazardous waste can increase due to accidental destruction, hostilities, violations of protection structures and environmental control on the territory of enterprises.

This study presents an approach to creating an integrated system of environmental monitoring, which will allow not only to control and prevent environmental threats, but also to support sustainable development in the affected areas.

Scientific studies prove that the activity of mining and chemical enterprises causes significant changes in the natural environment, in particular, deteriorates the quality of soils and water, affects flora and fauna [5-7]. Accumulation of waste, enrichment of raw materials and chemical reactions lead to soil pollution with heavy metals, and with the beginning of the war, these processes became even more intense.

The war zone, which covered industrial areas, increased the degradation of territories due to uncontrolled emissions, violations of the structure of protective structures and, in some cases, targeted destruction of ecologically important objects. This makes monitoring particularly relevant and necessitates the integration of such tools into the state environmental management system.

The result and discussion. In order to analyse the risks in the post-liquidation period, comprehensive studies were conducted in the area of influence of the State Enterprise “Rozdil Mining and Chemical Enterprise “Sirka”, including the collection of soil and water samples. The focus was on major pollutants such as heavy metals (lead, arsenic, cadmium) that have the ability to accumulate and enter water and soil systems.

Water samples from surface and underground sources near the territory of State Enterprise “Rozdil Mining and Chemical Enterprise “Sirka” revealed significant deviations from permissible hydrochemical standards.

Water quality indicators such as dissolved oxygen, pH and concentration of specific heavy metals indicate that water objects belong to the category of waters with poor or very poor ecological status. This deterioration can be related to both the residual waste of the enterprise and the continuous leaching of pollutants from the soil. The integral indices calculated for these water objects emphasize the need for urgent intervention to prevent further deterioration of the quality of water resources in the region.

Based on the received data, an information and analytical system was developed to ensure continuous environmental monitoring. This system aggregates air, water, and soil quality data using GIS-based visualization tools to map pollution trends to geographic coordinates.

The obtained results demonstrate the complex environmental challenges arising in the zone of influence of liquidated mining and chemical enterprises. Soil and water analysis shows that without

systemic remediation, contaminated areas remain hazardous, and risks are exacerbated by the migration of pollutants into surrounding ecosystems.

The proposed monitoring system provides an effective framework for managing these risks, increasing the ability to predict and mitigate environmental impacts through comprehensive data collection and analysis. In addition, the study highlights the need to align remediation measures with strict environmental regulations to ensure long-term environmental stability.

The current regulatory framework of Ukraine opens opportunities for the implementation of modern methods of environmental monitoring, similar to those developed in this study. Through the use of systems based on data analysis, authorities can improve the accuracy and efficiency of environmental assessments, which will allow timely detection of environmental threats and effective allocation of resources to implement measures to eliminate them.

The liquidation of the State Enterprise "Rozdil Mining and Chemical Enterprise "Sirka" requires comprehensive environmental monitoring to reduce long-term environmental consequences. The implementation of the proposed monitoring system can significantly increase the effectiveness of remediation measures, becoming a model for other closed industrial facilities. Through active management and continuous environmental assessment it is possible to ensure the ecological stability of these territories, which will contribute to achieving the goals of sustainable development of Ukraine and preserving the health and safety of future generations.

Conclusions. Environmental monitoring at the stage of liquidation of mining and chemical enterprises is extremely important for ensuring the safety of ecosystems and the health of the population.

This study contributes to the establishment of a reliable monitoring system for post-operational facilities, providing a practical approach to environmental risk management. Integrating real-time data collection with GIS mapping and predictive modelling is a promising strategy for environmental security and sustainable development.

This paper is supported by the National Research Foundation of Ukraine, project number 0123U103529 (2022.01/0009) "Assessing and forecasting threats to the reconstruction and sustainable operation of objects of critical infrastructure" from the contest "Science for reconstruction of Ukraine in the war and post war periods".

1. C. Botezan et al., "Is There Sustainable Development after Mining? A Case Study of Three Mining Areas in the Apuseni Region (Romania)," Sustainability, vol. 12, no. 23, p. 9791, Nov. 2020, doi: 10.3390/su12239791.

2. K. Pactwa, J. Woźniak, and M. Dudek, "Sustainable Social and Environmental Evaluation of Post-Industrial Facilities in a Closed Loop Perspective in Coal-Mining Areas in Poland," Sustainability, vol. 13, no. 1, p. 167, Dec. 2020, doi: 10.3390/su13010167.

3. C. Yue, Y. Qian, F. Liu, X. Cui, and S. Meng, "Analysis of Ningxia Hui Autonomous District's Gray Water Footprint from the Perspective of Water Sustainability," Sustainability, vol. 15, no. 16, p. 12638, Aug. 2023, doi: 10.3390/su151612638.

4. A. G. Dessai, "Mining Industry," in Environment, Resources and Sustainable Tourism, Singapore: Springer Nature Singapore, 2023, pp. 39–69. doi: 10.1007/978-981-99-1843-0_3.

5. H. Yinnan, Q. Ruxiang, and W. Bangjun, "Spatial and temporal convergence of provincial coal mine safety accidents and production and their influencing factors: Data from 23 coal-producing provinces in China (2005–2021)," Resources Policy, vol. 86, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.resourpol.2023.104274.

6. Y. Li, H. Cen, T. Y. Lin, Y. N. Lin, and Y. H. Chiu, "Sustainable coal mine and coal land development in China," Resources Policy, vol. 79, p. 103092, Dec. 2022, doi: 10.1016/J.RESOURPOL.2022.103092.

7. J. Brodny and M. Tutak, "Challenges of the polish coal mining industry on its way to innovative and sustainable development," J Clean Prod, vol. 375, p. 134061, Nov. 2022, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.134061.

УДК 621.317

НОВІТНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ МЕТОДИ У ЕЛЕТРОТЕХНІЦІ ТА ПРОМИСЛОВІЙ ЕЛЕКРОНІЦІ

© Таісія Серденко, 2024

Мукачівський державний університет (Мукачево, Україна), старший викладач кафедри інженерії, технологій та професійної освіти, кандидат фіз.-мат. наук, komarevska.tais@gmail.com

Сучасна електротехніка та промислова електроніка потребують нових вимірювальних методів для забезпечення більшої точності, швидкості та надійності. Завдяки розвитку цифрових технологій, Інтернету речей, обробки великих масивів даних та штучного інтелекту, нові вимірювальні методи відкривають перспективи для автоматизації, інтеграції та оптимізації виробничих процесів.

Безконтактні вимірювальні технології, такі як лазерні, ультразвукові та оптичні сенсори, дозволяють здійснювати вимірювання параметрів електричних та електронних компонентів без фізичного контакту. Це важливо для роботи в складних умовах, коли прямий доступ до обладнання обмежений.

Використання Інтернету речей у вимірювальних системах дає можливість здійснювати моніторинг у реальному часі. Інтернет речей кардинально змінює підхід до вимірювань у промислових і побутових системах. Завдяки підключенню пристроїв до мережі Інтернет речей надає можливість безперервного збору та аналізу даних з безлічі датчиків і вимірювальних приладів, створюючи основу для інтелектуального моніторингу та управління. Основою для функціонування таких систем є датчики, що передають інформацію в реальному часі, хмарні обчислення для обробки даних, а також інтелектуальні алгоритми для аналізу й прийняття рішень. Це дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан обладнання і вчасно виявляти потенційні несправності.

Віртуальні сенсори базуються на алгоритмах, які дозволяють передбачати значення певних параметрів, використовуючи дані інших сенсорів. Віртуальні сенсори – це програмні модулі, що розраховують значення фізичних параметрів за допомогою математичних моделей та алгоритмів. На відміну від фізичних сенсорів, які виконують пряме вимірювання, віртуальні сенсори використовують дані з інших датчиків та математичні моделі для оцінки необхідних величин. Наприклад, замість встановлення фізичного сенсора температури у важкодоступному місці, система може обчислити температуру за допомогою алгоритмів, які враховують поточні значення струму, напруги, потужності та зовнішньої температури. Це знижує витрати на встановлення додаткових датчиків і розширює можливості контролю систем.

Завдяки технологіям штучного інтелекту та машинного навчання можливо здійснювати точний аналіз даних, передбачення збоїв та оптимізацію параметрів роботи систем. Наприклад, алгоритми машинного навчання допомагають підвищити точність вимірювання, автоматично коригуючи похибки та адаптуючись до змінних умов.

Великі обсяги даних, що надходять із сенсорів та вимірювальних пристроїв, можуть бути використані для прогнозування трендів і оптимізації процесів. За допомогою аналізу Big Data можливе виявлення закономірностей у роботі електротехнічного обладнання, що підвищує ефективність моніторингу та діагностики.

Квантометричні методи, які використовують квантові властивості частинок для підвищення точності вимірювань, відкривають нові горизонти в електротехніці. Наприклад, квантові сенсори забезпечують надзвичайно точні вимірювання навіть за низьких температур або високих магнітних полів.

Новітні вимірювальні методи є ключем до ефективного та точного контролю електротехнічних процесів і промислової електроніки. Їх впровадження сприяє розвитку автоматизації, підвищенню надійності обладнання та дозволяє значно знизити витрати на експлуатацію.

УДК [658.56+338.46]

ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЦЕНТРІ ПЕРВИННОЇ МЕДИКО-САНІТАРНОЇ ДОПОМОГИ

©Крістіна Пережук[1], Ганна Бондаренко[2], 2024

[1]Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти 2 курсу факультету системи управління літальними апаратами, k.v.perozhuk@student.khai.edu
[2] Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, кафедра Інтелектуальних вимірювальних систем і інженерії якості, ст. викладачка, h.bondarenko@khai.edu

Метою даного дослідження є вивчення актуальних питань впровадження інформаційно-вимірювальних технологій (ІВТ) у центрі первинної медико-санітарної допомоги (ЦПМСД), аналіз проблем та викликів, з якими стикаються медичні заклади при впровадженні, а також розробка рекомендацій щодо вдосконалення системи управління якості із застосуванням ІВТ у ЦПМСД.

Актуальність. Впровадження ІВТ у ЦПМСД стає все більшою невідкладною потребою. Це обумовлено низкою факторів, таких як:

– зростання обсягів медичної інформації. З кожним роком кількість даних про пацієнта, їх історії хвороби, результати обстежень та лікування зростає. Управління цими даними, зокрема захист персональних даних стають все складнішими;

– підвищення вимог до якості медичних послуг. Сучасні стандарти якості медичних послуг передбачають використання ІВТ для ведення медичної документації, рецептів, направлень на обстеження, а також для автоматизації лабораторних аналізів та інших процесів, отже потенційні замовники медичних послуг їх очікують;

– оптимізація роботи ЦПМСД. ІВТ можуть допомогти оптимізувати роботу ЦПМСД, наприклад, за допомогою системи управління чергами, електронних записів на прийом до лікаря.

В сучасних медичних закладах ІВТ використовують у багатьох системах.

Медичні інформаційні системи використовуються для ведення медичної документації пацієнтів, включаючи історії хвороби, рецепти, направлення на обстеження.

Лабораторні інформаційні системи використовуються для автоматизації лабораторних аналізів, що дозволяє скоротити час очікування результатів та зменшити ризик помилок.

Система управління чергами дозволяють оптимізувати прийом пацієнтів до лікаря, зменшуючи час очікування, надає можливість попереднього запису, покращують комфорт пацієнтів.

Електронні записи на прийом до лікаря дозволяють пацієнтам записуватися на прийом он-лайн, що економить час та ресурси.

Дистанційна медицина дозволяє надавати медичні послуги на відстані, що може бути корисним для пацієнтів, які живуть у віддалених районах або мають обмежену мобільність.

Впровадження ІВТ у ЦПМСД сприятиме зниженню помилок при ведені медичної документації, призначення ліків, постановці діагнозів та інших процесах.

Застосування ІВТ підвищить якість медичного обслуговування. ІВТ дають лікарям та іншим медичним працівникам доступ до необхідної інформації про пацієнтів, що може допомогти їм у прийнятті кращих рішень щодо лікування.

Можливості ІВТ дозволять автоматизувати багато рутинних завдань, що суттєво економить час та ресурси медичних працівників.

ІВТ поліпшують процеси координації та комунікації, роблять інформацію про пацієнтів доступною для всіх медичних працівників, що дозволяє всебічно оцінювати стан пацієнта.

ІВТ сприяють підвищенню задоволеності пацієнтів за рахунок скорочення часу очікування, зручного запису на прийом до лікаря тощо.

Але, попри всі переваги, існує безліч проблем та викликів з якими стикається керівництво ЦПМСД при впровадження ІВТ у свої процеси:

1) недостатнє фінансування. Впровадження ІВТ вимагає значних витрат на закупівлю обладнання, а також навчання та підготовку персоналу;

2) відсутність кваліфікованого персоналу. Персонал повинен володіти необхідними навичками та знаннями;

3) невідповідність стандартам та вимогам охорони здоров'я. Деякі ІВТ можуть не відповідати вимогам сучасного законодавства щодо охорони здоров'я;

4) низька комп'ютерна грамотність персоналу. Не всі медичні працівники мають достатній рівень комп'ютерної грамотності;

5) відсутність єдиної стандартизованої системи ІВТ. У багатьох ЦПМСД використовують різні ІВТ, що ускладнює співпрацю;

6) необхідність забезпечення безпеки та конфіденційності медичної інформації через впровадження заходів з кібербезпеки.

Рекомендації щодо вдосконалення системи управління якості у ЦПМСД.

Для вдосконалення системи управління якості ЦПМСД необхідно впровадити низку заходів:

- розробити стратегію розвитку ЦПМСД із застосуванням ІВТ;
- провести навчання та підготовку персоналу;
- впровадити стандарти та протоколи використання ІВТ;
- розглянути можливість інтеграції системи з іншими організаціями охорони здоров'я;
- розглянути ймовірні ризики, пов'язані із витоком інформації і забезпеченням збереження та конфіденційності персональних даних, розробити і впровадити заходи з їх захисту. На цьому етапі доцільно розглянути можливість впровадження системи управління інформаційною безпекою відповідно до ДСТУ ISO/IEC 27001:2023.

Отже, проаналізувавши проблеми та виклики, зіставивши їх із перевагами від впровадження, можна зробити висновок, що застосування ІВТ в сучасних медичних установах є вкрай необхідним для підвищення якості медичних послуг за умов швидкого зростання обсягів медичної інформації.

1. «Впровадження СУЯ у лікувально-профілактичних організаціях ISO 9001:2015» : навчальний посібник / В. В. Касянчук, О. М. Бергілевич, О. І. Сміянова ; за ред. проф. В. А. Сміянова. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 246 с.

2. «Інформаційні технології в медицині. E-health»: підручник для студентів медичних закладів / Є.Б.Радзшевская, О.В.Висоцька; за редакцією В.Г. Кнігавка – Харків: ХНМУ, 2019. – 72с.

3. «Покращення ефективності та якості медичної допомоги за допомогою інформаційних технологій: вивчення випадків у центрах первинної медичної допомоги» : Журнал управління медичною інформацією / Джонсон К., Джексон Д., 2019. – 87-102 с.

4. Закон України «Про захист персональних даних» 2297-VI, Редакція від 27.04.2024 URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text

5. «Інформаційні технології в забезпеченні захисту прав пацієнтів під час телемедичних консультацій» / Н. В. Яременко // Медична інформатика та інженерія. – 2014. – № 4. – С. 104–106 с.

6. ДСТУ ISO/IEC 27001:2023 Інформаційна безпека, кібербезпека та захист конфіденційності. Системи керування інформаційною безпекою. Вимоги (ISO/IEC 27001:2022, IDT).

УДК 681

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПІД ЧАС РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ВИПРОМІНЮВАЧІВ

Іван Кізлівський, 2024

Державне підприємство «Науково-дослідний інститут метрології вимірювальних і управляючих систем» (ДП НДІ «Система») (Львів, Україна), начальника відділу, ndv-12@ukr.net

У світі за останні десятиріччя зберігається стійка тенденція до значного розширення сфери застосування ультразвукових вимірювань у всіх галузях народного господарства зокрема і медицини. Застосування нових методів досліджень та вимірювань потребують достатньої точності та достовірності результатів вимірювання параметрів ультразвуку, які б простежувались до національних еталонів та еталонів одиниць SI.

У ДП НДІ „Система" функціонує національний еталон одиниці потужності ультразвуку у водному середовищі. Еталон забезпечує відтворення та зберігання одиниці потужності ультразвуку в діапазон потужностей від 5 мВт до 10 Вт на частотах від 0,5 МГц до 15 МГц.

Однією з основних складових еталона є ультразвукові випромінювачі (УзВ). Характеристики УзВ залежать від: товщини, діаметру, а також від конструкції самого випромінювача. Основним параметром УзВ, як відомо з [1, 2], є його електроакустична провідність *G*, яка в свою чергу залежить від електрофізичних властивостей матеріалу елемента, його розмірів та акустичної жорсткості середовища, у яке випромінюють ультразвук. На частоті механічного резонансу, якщо знехтувати опором механічних втрат, електроакустичну провідність можна розрахувати за формулою [3]:

$G = P_{out} / V_{in}^2$ (де P_{out} – вихідна ультразвукова потужність; V_{in} – діюче значення напруги на вході УзВ).

Потужності ультразвукового випромінювання, яку визначають за результатами вимірювання радіаційної сили, що діє на мішень, обчислюють за формулою:

$P_{out} = P_M \cdot e^{2\alpha z}$ (де P_M – виміряна потужність у поперечному перерізі променю на відстані z, α – коефіцієнт згасання ультразвуку у воді).

Під час розрахунку невизначеності електроакустичної провідності під час калібрування ультразвукових перетворювачів відповідно до ДСТУ EN 61161 [4] необхідно врахувати наступні джерела невизначеності:

– *вплив від урівноваженості та лінійності ультразвукового блока (п. 7.2, 7.3 ДСТУ EN 61161 [4]);*

– *вплив екстраполяції до моменту вмикання (п. 7.4 ДСТУ EN 61161 [4]);*

– *вплив від недосконалості текстури мішені (п. 7.5 ДСТУ EN 61161 [4]);*

– *вплив від орієнтації мішені та ультразвукового випромінювача (п. 7.8 та 7.9 ДСТУ EN 61161);*

– *вплив від температури робочої рідини (п. 7.10 ДСТУ EN 61161 [4]);*

– *вплив згасання ультразвуку (п. 7.11 ДСТУ EN 61161 [4]);*

– *вплив від розміру мішені (п. 7.13 ДСТУ EN 61161 [4]);*

– *вплив плоско-хвильове наближення;*

– *вплив точності вимірювання напруги збудження (п. 7.17 ДСТУ EN 61161 [4]);*

– *значення прискорення вільного падіння;*

– *частоти вимірювального сигналу.*

Вважають, що всі джерела невизначеності не є корельованими (коефіцієнт кореляції $r = 0$).

За результатами досліджень 2023 року встановлено, що електроакустична провідність перетворювача типу 25х1,8М № 1 знаходиться у межах від 7,064 мСм до 8,856 мСм, невизначеність розрахунку електроакустичної провідності УзВ типу UA 25х1,8 М №1 не

перевищує: стандартну невизначеність вимірювання за типом А (u_A) – 0,76 %, стандартну невизначеність вимірювання за типом В (u_B) – 1,61 % та розширену невизначеність U (за коефіцієнта охоплення k=2) – 3,56 %.

Оцінка вимірювальних характеристик УзВ, зокрема електроакустичної провідності, дає можливість відтворювати необхідну потужність ультразвукового випромінювання під час калібрування засобів вимірювальної техніки з відомою точністю.

1. Beissner K. Report on key comparison CCAUV.U-K1 (ultrasonic power) // Metrologia. – 2002. – vol.39 – 73 p.

2. Koch Ch. K.-V. Jenderka. Final report on key comparison CCAUV.U-K3 for ultrasonic power // 2014 Metrologia 51 09001 – 73 p.

3. Колесников А.Е. Ультразвуковые измерения / А.Е. Колесников. – М: Изд-во стандартов, 1970. – 238 с.

4. ДСТУ EN 61161:2018 (EN 61161:2013, IDT; IEC 61161:2013, IDT) Ультразвук. Вимірювання потужності. Системи врівноважування радіаційної сили і вимоги до функційних характеристик.

UDC 621.313.23:681.518

VIRTUAL TEST BENCH FOR LINEAR MOTOR IN MATLAB/SIMULINK: DIAGNOSTIC AND CONTROL TOOLS

© Ivan Hlad[1], Nadiia Hablovska[2], Tetiana Pavlenko[3], Bohdan Hablovskyi[4], 2024

[1] Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, Ph.D., associate professor, ivan.hlad@nung.edu.ua
[2] Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, Ph.D., ass. professor, nadiia.hablovska@nung.edu.ua
[3] Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, Professor, tetiana.pavlenko@nung.edu.ua
[4] Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Petroleum Geophysics, Ph.D., associate professor, bohdan.hablovskyi@nung.edu.ua

In the modeling of linear motors (LM) and their operating characteristics, both physical experimental test benches and software simulations are widely used. Physical test benches provide accuracy and reliability of results; however, their use often entails high costs and technical challenges. The use of the Matlab/Simulink environment in this study enables the creation of a detailed virtual model, allowing key motor characteristics to be obtained and operational efficiency to be evaluated without significant financial expenses and without risk of equipment damage. Previous studies [1-2] have confirmed the effectiveness of this approach, but our method adds the capability of simulating different types of friction, allowing the impact of dry and viscous friction on the motor's dynamic parameters to be considered.

In the developed Simulink model, friction is modeled using the [Coulombfriction] and [Viscousfriction] blocks, which describe dry and viscous friction, respectively. The [Controlled Current Sources] block simulates the power source, providing a stable voltage amplitude. The [Fe calculation] block calculates the electromagnetic force based on the armature position and current in the stator winding. The model incorporates the relationship between current and armature position, enabling precise determination of armature movement and variables such as speed and position.

To construct the virtual test bench, force balance equations were considered for each type of load. The model also accounts for equation nonlinearity caused by the presence of higher-order harmonics in the current. This provides a more detailed assessment of the LM’s operating characteristics and allows modeling of parameters such as armature oscillation amplitude, active power, and power factor.

To verify the accuracy of the developed model, physical experiments were conducted on a real test bench. Comparison of simulation and experimental data showed minor deviations, which could be attributed to experimental errors or simplifications in the model. These discrepancies were addressed in subsequent model adjustments, enhancing its accuracy and effectiveness.

The results of this study may be valuable for developers and engineers working with linear motors under various types of loads. In particular, this model enables investigation of the impact of resonant frequencies and different types of friction on motor efficiency. This can be useful in industrial applications where high-precision calculations are required to improve energy efficiency. Additionally, the proposed model can be adapted for other types of electric motors with similar operating characteristics.

1. Bondar, R.P. Electromechanical characteristics of a coaxial linear synchronous vibrator for trenchless horizontal borehole drilling. Technical Electrodynamics. Institute of Electrodynamics of the NAS of Ukraine. Kyiv, 2008/2. – P. 31-35.

2. Patent 14111 Ukraine, IPC E02D 7/10, E02D 7/18, E02D7/20. Vibroexciter: Bogayenko, M.V., Bondar, R.P., Holenkov, H.M., Holub, V.P., Makohon, S.A., Pavlenko, P.V., Popkov, V.S. Published 15.11.2006.

УДК 681

АНАЛІЗ МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ В УМОВАХ НЕПОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ДОПОМОГЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

© Сергій Довгополий[1], 2024

[1] Харківський національний університет радіоелектроніки,
аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, serhii.dovhopolyi@nure.ua

Достовірність вимірювань є вирішальним аспектом у багатьох галузях науки та промисловості, оскільки вона визначає точність та надійність отриманих даних. Відповідно, вимірювання, які можна вважати достовірними, забезпечують об'єктивність у оцінці явищ і процесів, що дозволяє науковцям, інженерам та іншим фахівцям приймати обґрунтовані рішення. Однак, в умовах неповної інформації або за наявності шумів, виміри можуть бути неточними, некоректним, та містити інформацію чи змінні які вносять похибку в результати вимірювань.

Використання штучних нейронних мереж є ефективним методом для підвищення достовірності результатів. Основна ідея застосування ШНМ полягає у навчанні нейронної мережі на основі наявних даних, з подальшим використанням цієї мережі для аналізу та обробки нових даних. Цей підхід дозволяє нам використовувати потужність машинного навчання для автоматичного виявлення складних взаємозв'язків у даних, які можуть бути важко виявити за допомогою традиційних методів.

Штучні нейронні мережі здатні самостійно вивчати закономірності в даних та побудовувати моделі, які можуть прогнозувати, класифікувати або аналізувати дані з високою точністю в умовах неповної інформації. Після навчання нейронної мережі на основі великої кількості даних, вона стає здатною до ефективної обробки нових даних, навіть якщо вони мають складну структуру або великий обсяг.

Корекція даних – це процес модифікації вихідних даних з метою усунення чи зменшення спотворень, спричинених зовнішніми факторами чи помилками вимірів. У контексті нейронних мереж, ми можемо використовувати навчання на наявних даних для визначення патернів та закономірностей, пов'язаних з спотвореннями, та застосовувати їх для корекції нових даних.

Припустимо, що у нас є дані забруднення навколишнього середовища, зібрані з метеорологічної станції, але деякі вимірювання зроблені в умовах високої вологості, надвисокої чи критично низької температури, або з обмеженою точністю сенсорів, що спотворює результати. Ми можемо використовувати нейронні мережі для корекції вимірювань, враховуючи інформацію про вологість та інші фактори які впливали на результат в момент виміру.

Пряме та зворотне поширення – це два ключові етапи у навчанні нейронних мереж. На цьому етапі вхідні дані проходять через нейронну мережу від вхідного шару до вихідного шару. У процесі прямого поширення кожен нейрон обчислює свою активацію на основі виваженої суми його входів та функції активації. Результатом прямого поширення є вихід нейронної мережі, який використовується для порівняння з цільовими значеннями завдання навчання.

Нехай $x_1, x_2, .., x_n$ – вхідні параметри (наприклад, вологість, швидкість вітру, опади), y – вимірюване значення датчика, ω_{ij}- ваги між нейронами i та j, b_j – зміщення (bias) нейрона j, a_j – активація нейрона j, f – функция активации.

Тоді формула для прямого поширення в нейронній мережі виглядатиме так:

$$a_j = f(\sum_i^n \omega_{ij} \cdot x_i + b_j)$$

Зворотне поширення: Цей етап починається після обчислення функції втрат між виходом нейронної мережі та цільовими значеннями. Зворотне розповсюдження використовується для поширення помилки від вихідного шару до вхідного шару мережі з метою корекції ваги та зсувів. На цьому етапі обчислюються градієнти функції втрат за параметрами нейронної мережі за допомогою градієнтного методу спуску. Градієнти використовуються для оновлення ваги та зсуву мережі таким чином, щоб мінімізувати функцію втрат і покращити якість передбачень.

Формула для зворотного поширення помилки (Backpropagation) у нейронній мережі:

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_{ij}} = \frac{\partial L}{\partial a_j} \cdot \frac{\partial a_j}{\partial z_j} \cdot \frac{\partial z_j}{\partial \omega_{ij}}$$

$$\frac{\partial L}{\partial b_j} = \frac{\partial L}{\partial a_j} \cdot \frac{\partial a_j}{\partial z_j} \cdot \frac{\partial z_j}{\partial b_j}$$

де L – функція втрат, z_{j} – Зважена сума входів нейрона j.

Ці формули дозволять оновлювати ваги та зміщення нейрона в процесі навчання, щоб мінімізувати помилку між виміряними значеннями датчика та очікуваними значеннями. Таким чином, нейронна мережа автоматично калібруватиме датчик залежно від умов.

У випадку наявності шуму в значеннях, можна визначити це як умови неповної інформації, що супроводжуються додатковими ускладненнями. Шум може бути спричинений різними факторами, такими як помилки вимірювань, випадкові впливи або перешкоди в передачі даних. В таких випадках, для ефективної роботи з даними ШНМ, можуть використовувати методи фільтрації шуму, які дозволяють виділити основний сигнал від випадкових впливів.

Одним з методів, які штучний інтелект може використовувати для боротьби з шумом і відхиленнями даних, є метод фільтрації, наприклад, фільтр Калмана або методи машинного навчання, такі як автоенкодери. Один з підходів до фільтрації шуму може бути використання фільтра Калмана. Цей метод використовує прогнозування та корекцію, щоб усунути шум і виправити відхилення від даних. Формула для прогнозування та корекції у фільтрі Калмана може бути виражена таким чином:

Прогнозоване значення (прогноз) на часовому кроці k:

$$\hat{\text{x}}_k = F_k \hat{\text{x}}_{k-1} + B_k u_k$$

$$P_k = F_k P_{k-1} F_k^T + Q_k$$

Корекція (оновлення) прогнозу з вимірюваннями z_{k} на часовому кроці k:

$$K_k = P_k H_k^T (H_k P_k H_k^T + R_k)^{-1}$$

$$\hat{\text{x}}_k = \hat{\text{x}}_k + K_k (z_k - H_k \hat{\text{x}}_k)$$

$$P_k = (I - K_k H_k) P_k$$

$\hat{\text{x}}_k$ – прогнозоване значення на часі k, $\hat{\text{x}}_{k-1}$ – оцінка на попередньому кроці, F_k – матриця переходу між станами системи, B_k – матриця керування, u_k – вхідна команда, P_k – коваріаційна матриця прогноза, Q_k – коваріаційна матриця процесу, H_k – матриця спостережень, R_k – коваріаційна матриця помилок вимірювання, z_k – виміряне значення, K_k – коефіцієнт Калмана, I – одинична матриця. Ця формула дозволяє оцінювати стан системи, враховуючи як прогнозовані значення, так і вимірювання, і відфільтровувати шум і відхилення.

Інтеграція технологій штучних нейронних мереж та фільтрів шуму в єдину систему створює потужний інструмент для підвищення достовірності даних вимірювань в умовах невизначеності. Здатність такої системи самонавчатися, виявляти глибинні закономірності та автоматично відфільтровувати перешкоди забезпечує отримання максимально точних і надійних результатів навіть за неідеальних умов вимірювань. Успішне впровадження цієї технології відкриває нові можливості для подальшого розвитку наукових досліджень.

1. Aggarwal, Charu C. Neural Networks and Deep Learning: A Textbook. Springer, 2023. 529 p.

2. Бичківський Р.В., Столярчук П.Г., Гамула П.Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація: підручник. Львів, Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. 560 с.

3. Geron, A. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow. O'Reilly Media, 2019. 856 p.

4. Sutton, R.S., Barto, A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 2014. 352 p.

5. Руденко О.Г., Бодянський Є.В. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник. Харків, ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. 404 с.

6. Тимощук П.В. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник. Львів, Видавництво Львівської політехніки, 2011. 444 с.

UDC 621.3

DEVELOPING A PROTOTYPE TEST SYSTEM FOR AN FPGA MODULE

© *Roman Diachok[1], Halyna Klym[2] 2024*

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), assistant of the Department of Specialized Computer System, Ph.D, assistant, roman.v.diachok@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), professor of the Department of Specialized Computer System, Doctor of Technical Sciences, Professor, halyna.i.klym@lpnu.ua

High-level synthesis (HLS) has recently become a popular technology that increases the speed of FPGA-based development and facilitates program verification. HLS expands the horizons of the FPGA market by allowing anyone with a basic understanding of the language to evaluate the various architecture options available quickly. As a result, this makes FPGA-based technology appropriate for both software and hardware developers. However, HLS cannot assess the credibility of projects promptly. [2]

However, the verification process using hardware prototypes is more difficult because it requires additional effort to develop a test infrastructure specific to each project and is unlikely to be repeated from one project to another (the reuse verification problem).

Ceedling, allows both temporal and functional introspection of hardware components,

Unit tests have several properties that developers should be aware of to create a robust test framework.

The principals of verification test.

1. Speed: The testing procedure is fast enough to be considered a compelling issue for developers.
2. Isolated: To avoid any dependence on other assessments.
3. Repeatability: The test must be repeatable.
4. Self-test: The test should give a logical consequence (PASS or FAIL).
5. Adequate: To avoid errors, unit tests should be performed before writing working code.

The result of the hardware check is a separate report that describes the features of the execution time in detail. [3]

A set of unit tests that use Ceedling extension macros.

Test Runner, which sequentially executes each block of tests.

Co-simulation and virtual twins in FPGAs (see the hardware subsections; the FPGA bitstream includes the component to be tested, surrounded by a particular auto-generated stub and test manager from the Ceedling library.

Table 1 compares simulation and execution times for the twelve cores in CHStone. Each core underwent different tests.

The simulation time was obtained using the co-simulation function in the Quartus II HLS tool. Actual runtime was measured using our built-in Ceedling validation system.

For each core, the average time spent in simulation and execution, as well as the minimum and maximum difference between hardware and simulation

Were compared to the latency in the core. Two strategies are compared; it can be concluded that the results obtained by the joint simulations can sometimes lead to incorrect design decisions due to the actual difference in how Ceedling measures the on-board delay. [1]

Noteworthy is the significant margin of error associated with some CH-Stone cores, which can be as high as 66%. The design focuses on the central aspect with the most relative critical mistake.

Table 1 demonstrates that the error increases with the number of test cases. The Quartus II HLS was observed to create a job queue, one entry for each input to the DUT. The average time required to process a test case is measured from when the cases are queued, not when they are processed.

Table 1

The design's lack of accuracy in terms of time and latency

Test Case	Input Value	Latency statistics*		Accuracy-Error	
		Co-Simulation	*On-board*	*Relative*	*Absolute*
Test 1	0.1	22.2	20.9	1.3	4.50%
Test 2	π/16	390.5	375.3	15.2	5.15%
Test 3	π/8	938.1	549.2	388.9	41.42%
Test 4	π/5	1468.3	553.6	914.7	62.51%
Test 5	0.75π	1827.8	729.1	1098.7	60.02%
Test 6	5π/16	2005.4	723.7	1281.7	63.99%
Test 7	0.33π	2179.6	727.9	1451.7	66.78%
Test 8	7π/16	2359.2	912.3	1446.9	61.44%
Test 9	0.44π	2543.9	913.2	1630.7	64.09%
Test 10	0.5π	2734.6	918.1	1816.5	66.47%
Test 11	0.56π	2911.3	1078.9	1832.4	62.88%
Test 12	0.61π	3080.8	1076.5	2004.3	64.91%
Test 13	0.67π	3245.3	1081.3	2164	66,61%
Test 14	0.72π	3251.7	1085.6	2166.1	66,48%
Test 15	0.78π	3441.9	1263.9	2178	63,15%
Test 16	0.83π	3621.5	1267.4	2354.1	64.92%
Test 17	0.89π	3803.2	1265.1	2538.1	66.63%
Test 18	0.94π	3820.7	1280.3	2540.4	66,47%
Test 19	1.06π	4179.9	1446.9	2733	65,40%
Test 20	1.11π	4342.2	1445.1	2897.1	66,79%
Test 21	1.17π	4507.5	1616.4	2891.1	64,12%
Test 22	1.22π	4678.9	1618.3	3060.6	65,42%
Test 23	1.28π	4855.3	1615.7	3239.6	66,67%
Test 24	1.33π	4553.7	1614.3	2939.4	64,45%
Test 25	1.39π	5040.5	1797.8	3242.7	64,16%
Test 26	1.44π	5221.6	1800.5	3421.1	65,52%
Test 27	1.5π	5407.2	1799.3	3607.9	66,67%
Test 28	1.56π	5411.3	1806.2	3605.1	66,57%
Test 29	1.61π	5583.9	1969.8	3614.1	64,68%
Test 30	1.67π	5765.2	1978.6	3786.6	65,61%

This paper describes a framework for verifying the Ceedling protocol. This framework aims to develop and implement an HLS-based design verification environment that utilizes a TDD approach to address the current challenges of verifying systems implemented with FPGA technology. The main objectives of this framework include evaluating the effectiveness of HLS in accelerating FPGA-based development, developing a test environment for modeling hardware components, and implementing TDD principles to ensure the correctness of designs. The main contribution of this framework is creating a configurable and standardized test environment for heterogeneous devices, which allows engineers to reduce the amount of testing and accelerate the path to FPGA implementation.

1. R. Diachok and H. Klym, "Monitoring Trust Status During Fog Level Data Analysis of the Sensor Network," 2022 12th International Conference on Dependable Systems, Services, and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2022, pp. 1-6,

2. H. Klym, R. Dunets, I. Horbatyi, and R. Diachok, "Security subsystem and smart home management system," 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services, and Technologies (DESSERT), Kyiv, Ukraine, 2018, pp. 194-197,

3. YANG, Hee-Jin; LEE, Jeung-Sub;. Implementation of a Window-Masking Method and the Soft-core Processor-based TDD Switching Control SoC FPGA System. The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology, 2024, 17.3: 166-175.

UDK 378:37

FOUNDATION MODEL SYSTEM DESIGN IN ARTIFICIAL INTELLIGENT AND CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

© Yevhen Bershchanskyi[1], Halyna Klym[2], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Ph.D student of the Department of Specialized Computer Systems, yevhen.v.bershchanskyi@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), associate professor of the Department of Specialized Computer Systems, Doctor of Technical Sciences, Professor, halyna.i.klym@lpnu.ua

Foundation models in Artificial Intelligence (AI) offer unprecedented potential for enhancing Cyber-Physical Systems (CPS) through scalable, adaptive, and real-time capabilities. This study examines the integration of foundation models with CPS, focusing on architectural requirements for scalability, efficiency, and responsiveness in distributed environments. Key challenges, including data privacy, security, latency, and ethical considerations, are analyzed within high-stakes applications. Case studies in predictive maintenance, diagnostics, and autonomous systems illustrate the transformative impact of these models. Future research directions are proposed, emphasizing model optimization and regulatory frameworks, underscoring the societal implications of AI-enabled CPS.

Foundation models in AI have transformed AI from task-specific solutions to versatile, large-scale systems capable of generalization across tasks. These models, including language, vision, and multi-modal formats, provide scalable and adaptable capabilities essential for advancing Cyber-Physical Systems. CPS, which integrate computational processes with physical actions, are pivotal in real-time applications such as IoT, smart cities, healthcare, and autonomous vehicles, where timely, adaptive decision-making is critical.

Integrating foundation models with CPS promises enhanced data interpretation, real-time processing, and decision-making, empowering applications in predictive maintenance, autonomous navigation, and intelligent infrastructure management. However, aligning these models with CPS requirements introduces challenges, including resource limitations, data privacy, security, and latency management.

This article examines the architectural and operational requirements for embedding foundation models within CPS, addressing the design challenges and ethical implications of deploying AI in high-stakes, real-world applications. Through case studies and a discussion of future research, it highlights the transformative potential of foundation models for next-generation CPS.

Foundation models integrated with Cyber-Physical Systems necessitate architectures optimized for real-time, high-volume data processing, and adaptive decision-making. These models should be capable of handling streaming data across distributed environments, maintaining responsiveness and reliability under dynamic conditions. Architectures for CPS integration should support modularity and interoperability, enabling seamless deployment and scaling across CPS components while maintaining system coherence [1].

Scalability and resource efficiency are paramount for foundation models in CPS, where computational resources are often limited. CPS demand models that balance computational performance with efficient resource consumption to operate effectively within constrained environments. Advanced model optimization techniques, such as compression, quantization, and low-latency inference methods, are essential for enhancing scalability while conserving computational, memory, and energy resources. These adaptations ensure that models maintain performance across varied CPS deployments without compromising accuracy or adaptability.

Integrating foundation models with CPS introduces significant privacy and security challenges, given the often-sensitive nature of CPS data. Model architectures must incorporate robust encryption, secure data processing protocols, and privacy-preserving algorithms to mitigate risks associated with unauthorized access and data breaches. Additionally, latency minimization is crucial to maintain real-time responsiveness in CPS applications where delays could affect system

safety. Approaches such as edge computing and model partitioning are critical to reducing latency, enhancing system efficiency and safety, particularly in applications such as autonomous vehicles and real-time monitoring systems.

Ethical considerations and trustworthiness are essential in the design of foundation models for CPS, given the potential for direct impact on human safety and autonomy [2]. Transparent model operations, interpretability mechanisms, and adherence to ethical standards are required to build trust and accountability in applications. Ensuring models are unbiased, reliable, and ethically aligned across varied operational contexts is critical to fostering trust and ensuring safe and equitable deployment in CPS.

There are examples of foundation models in different areas. In manufacturing facilities utilize these models to predict maintenance needs, reducing costs and extending asset life. In healthcare, foundation models facilitate remote monitoring and diagnostics. By processing extensive patient data, they support early detection of medical conditions and continuous health assessments. For instance, models can identify health patterns that prompt timely interventions in telemedicine applications [3, 4]. In autonomous systems, such as robotics and self-driving vehicles, foundation models enhance navigation, object recognition, and decision-making. These models integrate multi-modal data to enable safe and effective operation in complex environments, adapting to real-time changes.

Future research should prioritize enhancing the efficiency of foundation models for deployment in resource-constrained CPS environments. Techniques such as model compression, quantization, and distributed computing are essential for optimizing performance while maintaining accuracy. Additionally, cross-domain knowledge transfer presents a significant opportunity for innovation, allowing insights from one domain to enhance model performance in another, thus reducing training data requirements. The development of regulatory and ethical standards is critical for the responsible integration of AI within CPS. Establishing frameworks that prioritize transparency, accountability, and fairness will ensure safe and ethical deployment in safety-critical applications.

In conclusion, foundation models possess transformative potential for enhancing CPS by enabling advanced capabilities in real-time data processing, adaptive decision-making, and autonomous operation. Their integration into CPS not only optimizes performance across various sectors, including industry, healthcare, and autonomous systems, but also addresses complex challenges inherent in these environments. The ability of foundation models to leverage vast datasets and generalize across tasks can significantly improve operational efficiency and safety, impacting societal norms and expectations regarding technology's role in daily life. However, the integration of advanced AI into physical systems raises critical societal implications, necessitating a careful approach to ensure that these technologies are deployed responsibly. Continued research and innovation are essential to address the challenges associated with efficiency, privacy, security, and ethical considerations. Establishing robust frameworks for accountability and transparency will be crucial for fostering public trust and ensuring the safe implementation of AI within CPS environments. Ultimately, as foundation models evolve and become increasingly embedded in CPS, a collaborative effort among researchers, practitioners, and policymakers is necessary to guide the responsible development and deployment of these technologies, maximizing their benefits while minimizing potential risks to society.

1. Schneider, J., Meske, C., & Kuss, P. (2024). Foundation models: a new paradigm for artificial intelligence. Business & Information Systems Engineering, 1-11.

2. Bommasani, R., Hudson, D. A., Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., ... & Liang, P. (2021). On the opportunities and risks of foundation models. arXiv preprint arXiv:2108.07258.

3. P Moor, M., Banerjee, O., Abad, Z. S. H., Krumholz, H. M., Leskovec, J., Topol, E. J., & Rajpurkar, P. (2023). Foundation models for generalist medical artificial intelligence. Nature, 616(7956), 259-265.

4. Bershchanskyi, Y., & Klym, H. (2023). Information System for Administration of Medical Institution. 2023 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT) 1-4.

УДК 004.4 +004.5

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИК ШВИДКОДІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВЕБ-РЕСУРСІВ

© Роман Олійний, 2024

Львівський торговельно-економічний університет (Львів, Україна), доцент кафедри комп'ютерних наук, прикладної та вищої математики, к.т.н, доц, oliynykroma@gmail.com

Сьогодні доступ до Інтернету та кількість пропонованих онлайн-сервісів продовжують швидко зростати. Статистика показує, що понад 82% веб-сторінок використовують графічний контент, який покращує взаємодію з користувачами, але також збільшує обсяг трафіку, який передається [1]. У свою чергу, зростання обсягу HTML, JavaScript і CSS вказує на збільшення складності веб-ресурсів [1], що потребує оптимізації структури коду з метою підвищення продуктивності, скорочення часу першої взаємодії з веб-ресурсом та загалом покращення користувацького досвіду та конверсій.

Для дослідження продуктивності у веб введено спеціалізовані метрики продуктивності, результати вимірювання яких дозволяють розробникам і власникам веб-ресурсів ідентифікувати проблемні місця і вживати заходів для їх усунення, забезпечуючи найкращий досвід для користувачів та вищі позиції у результатах пошуку [2].

Сьогодні метрики продуктивності умовно можна поділити на три групи. Перша група – це «швидкість завантаження». Метрика, яка вимірює загальну візуальну швидкість, називається Speed Index. Час завантаження від моменту переходу користувача на сторінку і до моменту, коли будь-яка частина контенту сторінки відображається на екрані вимірює метрика First Contentful Paint. Час завантаження найбільшого елемента на сторінці, що дає уявлення про те, як швидко користувач зможе побачити основний вміст, оцінюється метрикою Largest Contentful Paint.

Метрики групи «інтерактивність» дозволяють оцінити як швидко користувач отримує можливість взаємодії з веб-сервісом. Зокрема, метрика Total Blocking Time вимірює скільки часу JavaScript блокує основні потоки, що впливає на сприйняття швидкодії сайту. Time to Interactive визначає час, за який сторінка стає повністю інтерактивною для користувача, що є важливим для зручності використання, а First Input Delay оцінює затримку між першою взаємодією користувача і моментом, коли браузер реагує на цю дію.

Метрика групи «візуальної стабільності» за допомогою вимірювання Cumulative Layout Shift оцінює візуальну стабільність сторінки. Тут вимірюється наскільки часто і наскільки значно елементи на сторінці змінюють своє розташування під час завантаження. Низьке значення CLS свідчить про стабільне та передбачуване відображення сторінки.

Для забезпечення комплексного підходу до задачі оптимізації швидкодії та користувацького досвіду доцільно використовувати системи кешування, які шляхом пришвидшення доступу до ресурсів, суттєво зменшують навантаження на сервер[3] та покращують результати вимірювань метрик швидкості завантаження. Використання сучасних форматів медіа, зокрема WEBP та AVIF, дозволяє, забезпечити кращу якість вихідного зображення використовуючи при цьому менший об'єм пам'яті.

Використання засобів аналізу швидкодії веб-ресурсів та комплексний підхід до покращення структури, разом з використанням систем кешування даних та сучасних форматів зображень, здатні значно вплинути на покращення користувацького досвіду, забезпечити більш плавну роботу інтерфейсу користувача, а також кращі позиції у результатах пошуку, що позитивно впливатиме на залучення нових користувачів.

1. HTTP Archive. (2022-2024). Page weight report. https://tinyurl.com/3m7pvexp

2. Web Vitals | Articles | web.dev https://web.dev/articles/vitals

3. В. С. Курко, І. С. Колесник, і Т. М. Боровська, «Метод підвищення швидкості завантаження веб-сторінок», Опт-ел. інф-енерг. техн., вип. 41, вип. 1, с. 13–19, Лип 2021.

УДК 623.4

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ОПТИКО-МЕХАНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ПРИЦІЛЬНОГО НАВЕДЕННЯ САМОХІДНОГО ПРОТИТАНКОВОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСУ “ШТУРМ-С”

©Воїнська Дарина,2024

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба
(Харків, Україна), курсант, voinskadasa@gmail.com

Самохідний протитанковий ракетний комплекс (СПТРК) "Штурм-С" є складним бойовим засобом, який ефективно використовується для ураження броньованих цілей. Однією з найважливіших частин цього комплексу є система прицільного наведення, від точності роботи якої залежить ефективність ракетних ударів. Для підтримання високого рівня точності та надійності прицілів під час експлуатації необхідно проводити регулярне технічне обслуговування з використанням оптико-механічних засобів вимірювання.

Одним із ключових приладів, що застосовуються під час обслуговування прицільних систем "Штурм-С", є теодоліт. Це високоточний оптико-механічний прилад, який дозволяє вимірювати горизонтальні та вертикальні кути. Його використовують для перевірки правильності установки прицільної осі відносно осі ствола чи напрямку ракети. Теодоліти забезпечують можливість точного вирівнювання оптичної системи прицілу, що допомагає уникнути похибок у роботі системи наведення.

Застосування теодолітів дозволяє мінімізувати кутові відхилення, які можуть виникати внаслідок механічних деформацій або зношування елементів прицілу. Цей прилад є незамінним під час регулярного обслуговування та налаштування прицільних пристроїв, оскільки навіть незначні відхилення можуть призвести до суттєвих похибок у влучності ракетного комплексу.

Ще одним важливим інструментом для обслуговування прицільних систем є автоколімаційні труби. Цей оптико-механічний прилад дозволяє виконувати точні вимірювання кутових відхилень за допомогою світлових променів. Автоколімаційні труби використовуються для контролю правильності встановлення та налаштування прицільної лінії відносно базової осі стрільби.

Застосування цього приладу допомагає забезпечити точне вирівнювання оптичних елементів системи наведення, що особливо важливо для високоточних комплексів, таких як "Штурм-С". Завдяки автоколімаційним трубам можна швидко виявити та усунути навіть мінімальні відхилення, які можуть вплинути на точність вогню.

У технічному обслуговуванні прицільних систем також важливу роль відіграють лазерні далекоміри. Ці прилади використовуються для точного вимірювання відстані до цілі, що є критично важливим параметром при налаштуванні системи наведення. Лазерні далекоміри дозволяють проводити калібрування оптичних прицілів і перевіряти їх точність у реальних умовах експлуатації.

Завдяки високій точності вимірювань лазерні далекоміри дозволяють усунути похибки у визначенні відстаней до цілей, що може стати вирішальним фактором у бойовій обстановці. Регулярна перевірка прицілів за допомогою лазерних далекомірів підвищує їх надійність і точність ураження цілей.

Для контролю горизонтальності та вирівнювання оптичних елементів прицільної системи використовуються оптичні рівні. Ці прилади дозволяють перевіряти правильність встановлення прицілу та забезпечують точність його вирівнювання, особливо у випадках, коли комплекс розташовується на нерівній поверхні або під час пересування.

Отже, застосування оптичних рівнів важливо для підтримки стабільної та надійної роботи прицільних систем, що дозволяє уникати похибок під час налаштування в польових умовах. Використання оптико-механічних засобів вимірювання під час технічного обслу-

говування прицільних пристроїв самохідного протитанкового ракетного комплексу "Штурм-С" є надзвичайно важливим для забезпечення точності та надійності роботи систем наведення. Теодоліти, автоколімаційні труби, лазерні далекоміри та оптичні рівні дозволяють мінімізувати похибки та забезпечити високу ефективність ураження цілей. Регулярне використання цих засобів у процесі обслуговування дозволяє підвищити бойову готовність комплексу та його результативність у польових умовах.

1. Зелінський О. Г. Технічне обслуговування оптичних прицілів військових комплексів. – Київ: Військовий інститут, 2020.

2. Шаповалов І. М. Основи експлуатації та обслуговування систем наведення СПТРК. – Харків: Національний технічний університет, 2019.

3. "Штурм-С" та особливості його використання на полі бою. – Військовий журнал, №3, 2021.

4. Довідник з оптико-механічних засобів вимірювання в оборонній техніці. – Київ: НАН України, 2022.

УДК 681

УДОСКОНАЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ОЗБРОЄННЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ ТОЧНОСТІ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕДИНИХ СТАНДАРТІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБІВ

© Гуляєв А.В. [1], Заруба О.Г.[2] , Безшапошніков О.П.[3], 2024

[1]НДВ інноваційних проєктів ДНДІ ВіС ОВТ, к.т.н, с.н.с., провідний науковий співробітник
[2]НДУ ДНДІ ВіС ОВТ, к.в.н, доцент, т. в. о. головного наукового співробітника
[3]ДНДІ ВіС ОВТ, молодший науковий співробітник НДВ інноваційних проєктів

В сучасних умовах розвитку економіки України зростають вимоги до якості промислової продукції в балансі з її вартістю. Якість продукції стає головним чинником для споживачів при визначенні з партнерами, отже й одним з найголовніших факторів, що визначає конкурентоспроможність підприємства, його продукту. Зусилля вітчизняних виробників в напрямку збільшення обсягів експорту свідчать, що без вирішення питань якості та оптимізації втрат виробництва досягти потрібного рівня конкурентоспроможності на світовому ринку неможливо.

Для подолання цих викликів виробники мають інвестувати в сучасні методи вимірювання і структурного забезпечення їх єдності.

Довідково:

Під єдністю вимірювань розуміють такий їх стан, при якому результати вимірювань виражаються в узаконених одиницях, а їх похибки відомі із заданою ймовірністю.

Еволюція метрології пластин, яка зосереджується на вимірюванні та оптимізації напівпровідникових компонентів, безпосередньо на напівпровідниковій пластині, значно удосконалює (революціонізує) спосіб розробки та виготовлення цих компонентів. Цей прийом не тільки прискорює цикл розвитку напівпровідникових компонентів, але також значно скорочує витрати виробництва за рахунок виявлення дефектів і проблем з продуктивністю на ранній стадії виробництва.

Можливість проведення точних вимірювань на рівні пластин є особливо важливо для виробництва компонентів, які використовуються в високочастотних пристроях, таких як радіолокаційні системи, супутникові комунікаційні системи, мережі 5G. Метрологія пластин дозволяє виробникам, забезпечувати якість і надійність цих критично важливих компонентів безпосередньо під час виробництва, перед їх упаковкою, таким чином підвищуючи загальну продуктивність виробничого процесу і най головне – якість пристроїв, у які вони інтегровані.

Інший сучасний напрямок розвитку вимірювань – цифрові метрологічні двійники з'являються як трансформаційна технологія, розроблена та реалізована, в царині передового виробництва, що представляє зміну парадигми у способах вимірювання в процесі концептуалізації. Ці віртуальні копії системи фізичної метрології пропонують новаторський підхід до покращення ефективності та оптимізації процесів вимірювання. Віддзеркалюючи точні умови і поведінку їхніх фізичних двійників у віртуальному середовищі, цифрові близнюки дозволяють проводити точний аналіз і прогнозування продуктивності, полегшуючи попередження коригування та вдосконалення без необхідності фізичного втручання.

Ця інноваційна технологія особливо корисна для галузей, де потрібна точність і надійність мають першорядне значення, як-от аерокосмічна, автомобільна та напівпровідникова промисловість. Цифрові двійники дозволяють компаніям імітувати процеси вимірювання за різних умов, виявлення потенційних проблем до їх виникнення та розробляти рішення без простоїв, пов'язаних із традиційним методом проб і помилок. Це не тільки скорочує час і витрати, пов'язані з розробкою та підтримці систем метрології, але також значно покращує якість і точність вимірювань.

Оскільки впровадження цифрових двійників продовжує розширюватися, очікується, що їхній вплив на сферу метрології та за її межами буде вирішальним, стимулюючи інновації та пришвидшуючи різноманітні удосконалення у виробничих процесах.

Для того щоб залишатися конкурентоспроможними компанії повинні віддати перевагу прийняттю передових метрологічних технологій. Інвестиції в передові інструменти та методи вимірювання, такі як цифрові двійники та метрологія на пластині можуть призвести до значного підвищення якості продукції, скорочення часу виходу на ринок і суттєвого зниження виробничих витрат.

Саме такі вимоги наразі і стоять перед виробниками зброї. Отже, поширення передового досвіду серед них та ефективне впровадження сучасних метрологічних рішень у виробничих процесах вже сьогодні призведуть до необхідних нам результатів у військово-промисловому комплексі.

УДК 62

СИНЕРГІЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ В КРАЇНАХ ЄС

© Юлія Салабай[1], Наталія Гоц [2], 2024

[1]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, yuliia.i.salabai@gmail.com
[2]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій,, д.т.н., професор natalia.gots@lp.edu.ua

Інтегровані системи управління, зокрема в харчовій промисловості країн ЄС, забезпечують надійний контроль за якістю та безпекою продукції. Водночас метрологічне забезпечення таких систем відіграє вирішальну роль у точності моніторингу, аналізу ризиків та стандартизації вимірювальних процесів. Метою цієї роботи є дослідження ефективності синергії інтегрованих систем управління та метрологічного забезпечення для зниження ризиків у харчовій промисловості ЄС.

Інтегровані системи управління в ЄС, які часто поєднують стандарти якості, екологічної безпеки та управління ризиками, дозволяють підприємствам оптимізувати процеси і забезпечувати єдність стандартів на кожному етапі виробництва. Дослідження підтверджують, що інтеграція ISO 9001, ISO 22000 та ISO 45001 є ефективною в управлінні харчовими ризиками (Johnson & Klein, 2022).

З іншого боку, метрологічне забезпечення визначається як сукупність методів, які гарантують точність вимірювань у процесі виробництва, а також надійність даних, необхідних для моніторингу критичних контрольних точок. Згідно з даними EFSA, наявність адекватної метрологічної підтримки сприяє підвищенню рівня безпеки продукції за рахунок зменшення ймовірності помилок у вимірюваннях та виявлення критичних точок у режимі реального часу (EFSA, 2021).

Після проведення порівняння інтегрованих систем управління на харчових підприємствах у країнах ЄС, що мають метрологічну підтримку, з підприємствами, де такої підтримки недостатньо, виявлено такі плюси:

− Покращення контролю якості та безпеки продукції. Впровадження інтегрованих систем управління у поєднанні з метрологічним забезпеченням дозволило зменшити кількість інцидентів, пов'язаних з якістю продуктів на 25% у порівнянні з підприємствами без метрологічної підтримки. Особливо відзначається роль метрології у точному калібруванні обладнання для аналізу та контролю.

− Мінімізація ризиків через валідацію даних. Завдяки метрологічному забезпеченню інтегровані системи управління змогли знизити ймовірність хибних результатів, що виникають через помилки у вимірюваннях. У результаті ризик потрапляння небезпечної продукції на ринок зменшився на 30%.

− Оптимізація витрат на аудит та контроль. Підприємства з інтегрованими системами, що мають належне метрологічне забезпечення, змогли зменшити витрати на перевірки та аудит на 15% завдяки мінімізації перевірок і автоматизації вимірювальних процесів.

− Підвищення рівня відповідності міжнародним стандартам. Використання метрологічних методів у межах інтегрованих систем управління дозволило 90% опитаних підприємств забезпечити повну відповідність міжнародним стандартам та скоротити час на перевірку.

Впровадження інтегрованих систем управління (ІСУ) у харчовій промисловості ЄС має значні переваги для контролю ризиків, особливо коли йдеться про якість і безпеку продукції. ІСУ дозволяє компаніям керувати різноманітними аспектами (від якості до екологічної відповідальності) в межах єдиної платформи, що підвищує ефективність процесів і узгодженість з нормативними вимогами. Метрологічне забезпечення підсилює ефективність ІСУ завдяки точності у вимірюваннях, необхідних для моніторингу критичних точок.

1. Роль метрологічного забезпечення у підвищенні точності даних. Метрологічне забезпечення виступає як гарантія достовірності даних для контролю параметрів харчової продукції. Недоліки у вимірюваннях можуть призвести до помилкових рішень на етапі контролю критичних точок (HACCP), що, в свою чергу, підвищує ризик забруднення продукту чи невідповідності стандартам. Завдяки валідації та калібруванню вимірювального обладнання, підприємства забезпечують надійність даних, які є основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень (EFSA, 2021).

2. Зменшення ризиків через автоматизацію контролю. Завдяки синергії ІСУ та метрологічного забезпечення підприємства можуть автоматизувати процеси контролю та моніторингу, що особливо важливо на великих виробництвах. Це дозволяє знизити людський фактор та мінімізувати можливість виникнення помилок. Автоматизація вимірювань сприяє тому, що ІСУ можуть реагувати на зміни в режимі реального часу, а це, у свою чергу, знижує ризик пропуску критичних відхилень.

3. Удосконалення регуляторної відповідності. У країнах ЄС вимоги до безпеки та якості харчових продуктів є високими, і дотримання стандартів, таких як ISO 22000 та ISO 9001, обов'язкове для виробників. Синергія між ІСУ та метрологічним забезпеченням допомагає підприємствам ефективніше адаптуватися до цих стандартів та уникати санкцій за порушення норм. Метрологічне забезпечення забезпечує валідацію та підтримку точності критичних параметрів, що є важливою умовою для відповідності регуляторним вимогам (Johnson & Klein, 2022).

4. Економічна вигода від інтеграції метрології та ІСУ. Інвестиції у метрологічне забезпечення часто розглядаються як витрати, однак у довгостроковій перспективі вони знижують операційні витрати, пов'язані з втратами продукції, рекламаціями та поверненнями через недотримання стандартів якості. За даними досліджень, підприємства з інтегрованою ІСУ та метрологічним забезпеченням скорочують витрати на аудит і знижують ризик виникнення відмов у сертифікації. Це важливий фактор, оскільки висока точність вимірювань сприяє не лише підвищенню довіри споживачів, але й зменшенню фінансових ризиків.

5. Можливість адаптації до нових викликів. Розвиток технологій у харчовій промисловості та підвищення стандартів безпеки змушують підприємства шукати більш гнучкі рішення для адаптації до нових умов. Інтеграція ІСУ з метрологічним забезпеченням створює платформу, що здатна швидко реагувати на нові нормативи та технологічні виклики. Метрологія забезпечує постійний моніторинг та калібрування нового обладнання, що дозволяє підприємствам залишатися конкурентоспроможними навіть за умов зростання вимог до якості та безпеки продукції.

Синергія інтегрованих систем управління та метрологічного забезпечення є ефективним засобом мінімізації ризиків у харчовій промисловості країн ЄС. Надійне метрологічне забезпечення дозволяє підвищити точність, знизити ймовірність помилок і мінімізувати ризики, пов'язані з безпекою продуктів. Для подальших досліджень варто розглянути вплив специфічних метрологічних підходів на різні сегменти харчової галузі, а також аналіз впровадження таких систем у різних країнах ЄС для вивчення найкращих практик.

1. ISO 9001:2015 Quality Management Systems – Requirements. Міжнародна організація зі стандартизації, доступ до документа через ISO.

2. ISO 22000:2018 Food Safety Management Systems – Requirements for any organization in the food chain. Міжнародна організація зі стандартизації, стандарти харчової безпеки.

3. Johnson, M., & Klein, R. (2022). Integrated Management Systems for Food Safety and Quality in the European Union. Journal of Food Quality and Safety, 45(3), 150-168.

4. EFSA (2021). European Food Safety Authority Annual Report. Доступ: офіційний сайт EFSA.

5. Андреєва, О. (2020). Метрологічне забезпечення в інтегрованих системах управління харчових підприємств. Вісник метрології та стандартизації, 2(1), 20-29. Український досвід метрологічної підтримки в системах харчової безпеки.

6. Пащенко, М. Г., & Іванова, Л. А. (2019). Аналіз сучасних підходів до управління ризиками у харчовій промисловості. Технологія харчових продуктів, 31(2), 85-93. Дослідження ризиків у харчовій галузі та їх мінімізація за допомогою інтегрованих систем управління.

УДК 621.317.3:621.35

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВНУТРІШНЬОГО ОПОРУ ТА ІМПЕДАНСУ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРІВ

© Сергій Буряк[1], Оксана Гололобова[2], 2024

[1]Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна),
докторант кафедри автоматики та телекомунікацій, к.т.н., доцент, ser.buryak@gmail.com
[2]Український державний університет науки і технологій (Дніпро, Україна),
асистентка кафедри автоматики та телекомунікацій, к.т.н., Gololobova_Oksana@i.ua

Літій-іонні акумулятори поширені в багатьох портативних пристроях, від мобільних телефонів до електромобілів. Ці елементи живлення мають високу щільність енергії і потужності, що робить їх придатними для такого застосування. Однак їхня продуктивність погіршується з часом і в процесі використання. Це пов’язано з обмеженням їх терміну служби через зношування і старіння їх складових матеріалів.

Ємність, внутрішній опір та саморозряд – три основні параметри, що визначають ефективність літій-іонних акумуляторів. При заданій напрузі та вазі батареї питома енергія батареї визначається її ємністю, а внутрішній опір обмежує її питому потужність. При великих струмових навантаженнях тепловиділення акумулятора та його енергоефективність також насамперед визначаються його внутрішнім опором.

Крім джоулева тепла, хімічні реакції, що відбуваються в акумуляторах, можуть бути екзотермічними, додаючи виділення тепла, або ендотермічними, що поглинають тепло в процесі хімічної реакції. Для літій-іонних акумуляторів оборотний тепловий ефект під час зарядки, викликаний реакцією (інтеркаляція іонів літію в грати), спочатку є ендотермічним, потім стає злегка екзотермічним протягом більшої частини циклу зарядки. При розряді реакція зворотна. В умовах великого струмового навантаження ефект джоулева нагріву на літій-іонних елементах перевищує оборотний тепловий ефект.

Акумулятор є типовим прикладом складного навантаження, що має активну та реактивну складові. Опір зазвичай вимірюється шляхом подачі напруги на випробуваний пристрій та вимірювання результуючого струму або шляхом подачі струму та вимірювання результуючої напруги. Інтерпретація результату вимірювання проста за умови, що резистор або пристрій, що тестується, підпорядковується закону Ома.

Омічний опір також включає питомий опір компонентів батареї, таких як активний матеріал анода і катода, струмознімач і електроліт. На внутрішній опір додатково впливають контакти матеріалу (наприклад, між активним матеріалом і струмознімачем), геометричні характеристики електрода (товщина, розміри) та аспекти внутрішньої конструкції. Вплив цієї частини загального ефективного опору проявляється дуже швидко, тобто його можна побачити протягом перших кількох мілісекунд після того, як батарея перебуває під розрядом або перезарядженням.

За відсутності струму падіння напруги на внутрішньому опорі дорівнює нулю, таким чином, напруга на вихідних клемах визначається напругою холостого ходу. Якщо до акумулятора додається навантаження (позитивне або негативне під час заряджання та розрядки), опір навантаження ввімкнено послідовно з внутрішнім опором елемента.

Використовуючи закон Ома, загальний ефективний опір згодом розраховується шляхом поділу зміни напруги на зміну струму. Внутрішній опір ввімкнено послідовно з напругою батареї, викликаючи падіння (зміну) внутрішньої напруги.

Величина внутрішнього опору в основному визначається процесами на межі розділу активного матеріалу та електроліту, провідністю електроліту та втратами суто омічного складу опорних та провідних елементів (електродів, активної маси, роз'ємів та виводів).

Похибка внутрішнього опору сильно зростає із зменшенням імпульсного струму. Через сильне збільшення похибки вимірювання зменшення імпульсного струму не є вирішенням проблеми зміни заряду при вимірюванні внутрішнього опору.

Уявний опір виникає при зарядці або розрядці акумулятора, коли внутрішній опір визначається падінням напруги при тривалих і потужних імпульсах заряду або розряду струму. Встановлено, що зниження імпульсного струму і тривалості імпульсу призводить до зменшення впливу розряду і заряду на створення уявного опору. Зменшення амплітуди імпульсу призводить до неприйнятно великих похибок вимірювання.

Тому нелегко виміряти внутрішній опір окремого елемента або батареї, які є типовими прикладами нелінійної системи, що залежить від часу. Через таку поведінку внутрішній опір осередку також є функцією методу визначення. Крім того, умови експерименту впливають на результат вимірювань.

Вже здійснено величезну кількість дослідницьких зусиль, щоб дослідити старіння літій-іонних акумуляторів. Старіння зазвичай оцінюється з погляду зниження ємності чи підвищення імпедансу за різних умов. Як зниження ємності, так і підвищення імпедансу обумовлені не однією причиною, а комбінацією різних механізмів старіння, таких як утворення міжфазної фази твердого електроліту, механічна деградація або покриття літію. Більше того, кількісна оцінка та керування одночасним впливом на старіння температури, глибини розряду та щільності струму є дуже складним завданням. Таким чином, хоча механізми старіння здебільшого ідентифіковані та визначені, вони досі недостатньо вивчені.

Електрохімічна імпедансна спектроскопія (EIC) – це неруйнівний метод, який зазвичай використовується для оцінки явищ перенесення та електрохімічних реакцій. У конкретному випадку батарей EIC надає інформацію про кінетичні та масопереносні властивості чарунок та дозволяє пов'язати ці електричні вимірювання з фізичними процесами. Однією з переваг EIC є те, що виміряні ефекти можна легко перетворити на еквівалентні електричні схеми, які зазвичай засновані на комбінаціях резистивних, ємнісних та індуктивних елементів разом з елементами постійної фази. У літературі часто можна зустріти еволюцію резистивних деталей залежно від стану заряду, але доступно менше інформації про еволюцію ємності чи характеристичної частоти. Тим не менш, щоб краще зрозуміти електрохімічні процеси та явища перенесення, що відбуваються в акумуляторних чарунках, важливими параметрами, які слід враховувати, також є ємність та частота.

Таким чином, до значення терміна «внутрішній опір» слід ставитися з певною обережністю, оскільки він не є простим омічним опором і залежить від методу, що використовується для його визначення, стану заряду батареї і температури батареї. Внутрішній опір батареї часто ще називають характеристичним параметром. Слід враховувати, що як передумова для успішного застосування акумулятора, знання його внутрішнього опору має велике значення, оскільки цей параметр необхідний для визначення розмірів акумуляторної системи, для вибору та порівняння осередків, для розрахунку енергоефективності, для визначення параметрів системи охолодження батареї та для оцінки потужності. До того ж правильна конструкція системи охолодження необхідна для забезпечення безпеки та терміну служби акумуляторної системи.

1. Araki, T.; Nakayama, M.; Fukuda, K.; Onda, K. Thermal behavior of small nickel/metal hydride battery during rapid charge and discharge cycles. J. Electrochem. Soc. 2005, 152, A1128-A1135.

2. Kobayashi, Y.; Miyashiro, H.; Kumai, K.; Takei, K.; Iwahori, K.; Uchida, I. Precise electrochemical calorimetry of LiCoO2/graphite lithium-ion cell. J. Electrochem. Soc. 2002, 149, A978-A982.

3. Ratnakumar, B.V.; Smart, M.C.; Whitcanack, M.C.; Ewell, M.C. The impedance characteristics of Mars exploration rover Li-ion batteries. J. Power Sources 2006, 159, 1428-1439.

4. Scrosati, B.; Garche, J. Lithium batteries: Status, prospects and future. J. Power Sources 2010, 195, 2419–2430.

5. Osswald, P.J.; Erhard, S.V.; Noel, A.; Keil, P.; Kindermann, F.M.; Hoster, H.; Jossen, A. Current density distribution in cylindrical Li-Ion cells during impedance measurements. J. Power Sources 2016, 314, 93–101.

УДК 006.3:677.8

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ШВЕЙНИХ ВИРОБІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ТКАНИН РІЗНИХ ВИДІВ

© Альона Кисилевська[1], Тетяна Макарська[2], 2024

[1]Національний університет «Одеська політехніка» (Одеса, Україна),
доцент, к.т.н., ст.н.с., kisilevskaya07@gmail.com
[2]Відокремлений структурний підрозділ «Березівське вище професійне училище
Національного університету «Одеська політехніка» (Одеса, Україна), майстер виробничого навчання,
здобувач 2-го рівня освіти, tbmakarska@gmail.com

Метою оцінювання швейних виробів може бути не лише контроль їх якості, оцінка відповідності, у тому числі й сертифікація, а й планування показників якості, аналіз динаміки показників якості в часі, обґрунтування правил експлуатації виробів і догляду за ними. Тому швейні вироби повинні відповідати вимогам двох груп: техніко-економічним показникам (вимоги виробника) та вимоги споживача.

До споживчих вимог можна віднести естетичні (зовнішній вигляд), експлуатаційні, функціональні (відповідність призначенню, тривалість використання тощо) та ергономічні (зручність, гігієнічність, надійність тощо) показники.

Техніко-економічні показники швейного виробу визначають характеристики стандартизації та уніфікації (придатність виготовлення виробів, встановлення оптимальної кількості розмірів, уніфікація конструкцій виробів, оптимальне використання матеріалів тощо). При цьому також оцінюють допустимі відхилення (дефекти), оскільки вони впливають на якість виробу. Ураховують дефекти конструкції, обробки, технологічні.

Однак завдання оцінювання якості швейних виробів, які згідно з дефініціями [1] виготовлені з різних матеріалів, зокрема, з тканин різних видів, ускладнюється. У цьому випадку оцінити експлуатаційні характеристики виробу (формостійкості, зносостійкості) складніше. Якщо для трикотажних виробів обов'язково оцінюється сировинний склад, повітропроникненість, розтяг шва, зміна розмірів після обробок, розривне навантаження тощо, то для виробів, які виготовлено з тканин різних видів необхідна розробка відповідних показників та встановлення їх критеріїв.

Для швейних виробів слід застосовувати показники безпечності та екологічності (сировинний склад, стійкість пофарбування до прання, поту, прасування тощо). Цікавим є досвід OEKO-TEX STANDARD 100 [2], яка впровадила систему незалежних перевірок своєї продукції на вміст шкідливих речовин (за уніфікованими компанією критеріями), чим підвищила довіру до своєї продукції. Варто також до переліку показників якості включити рекомендовані показники якості такі як, товщина матеріалу, стійкість до тертя та ін.

В Україні є ряд нормативних (ДСТУ) та нормативно-правових документів [3], що регулюють вимоги до якості та безпечності швейних виробів, але щодо визначених типів тканин. Згідно з цими стандартами оцінюють ярлики, сорт, відповідність зовнішнього вигляду виробу, посадку виробу на манекені, симетричність форми, розташування деталей, форму і рівність країв, обробку застібок, кількість та характер дефектів тощо.

Тому щодо оцінки якості швейних виробів з тканин різних видів варто застосувати підходи кваліметрії, за допомогою якої можливо максимально розкрити всі їх якісні характеристики.

1. *Вироби швейні й трикотажні: ДСТУ 2027-92. – [Чинний від 1993-01-01].*
2. *OEKO-TEX® STANDARD 100. URL: https://www.oeko-tex.com/importedmedia/downloadfiles/OEKO-TEX_ECO_PASSPORT_Standard_EN_DE.pdf*
3. *Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Матеріали та вироби текстильні, шкіряні і хутрові. Основні гігієнічні вимоги»: наказа МОЗ України від 29.12.2012 № 1138. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0086-13#Text.*

УДК 006.91:543.37.6:615.327

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД У ПОЛЬОВИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

© Альона Кисилевська[1], Юрій Тиганій[2], Михайло Арабаджи[3], 2024

[1]Національний університет «Одеська політехніка» (Одеса, Україна), доцент, .т.н., ст.н.с., kisilevskaya07@gmail.com
[2]Державна установа «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» (Одеса, Україна), метролог, mrik@ukr.net
[3]Державна установа «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» (Одеса, Україна), провідний науковий співробітник, к.х.н., amvmail1991@gmail.com

Дотримуючись проєвропейського напрямку розвитку, Україна продовжує роботу з гармонізації українського та європейського законодавства, нормативної бази, зокрема, і щодо мінеральних вод (МВ).Затверджений у 2021 році Наказ [1] більшою мірою ураховує вимоги Директиви ЄС [2]. Однак на сьогодні не затверджено параметри безпечності вод природних мінеральних і джерельних та критерії віднесення вод до вод природних мінеральних. Зокрема, ці критерії передбачають також затвердження вимог щодо їх досліджень.

Електропровідність разом з сухим залишком характеризує загальний солевміст МВ. В Україні згідно з ДСТУ 878-93 [3] солевміст визначають лише за загальною мінералізацією МВ. Для визначення електропровідності вимірюють питомий опір із зазначенням виміряної температури, оскільки температура може мати значний вплив на електропровідність. Зі збільшенням температури води її провідність також зростає. Це пов'язано з тим, що при вищих температурах молекули води рухаються швидше і здатні переносити більше заряджених іонів, що збільшує загальну провідність [4].

Нами проведено вибір та валідацію методики визначення електропровідності МВ. Оскільки національного стандарту щодо визначення електропровідності води немає, обрано міжнародний стандарт ISO 7888:1985 [5], який встановлює метод вимірювання електропровідності всіх типів вод.

Електропровідність – це кількісний вираз здатності водних розчинів, проводити електричний струм. На практиці використовується поняття питомої електричної провідності. Питома електропровідність МВ залежить від ряду факторів, зокрема, від розчинених в них компонентів (загальний солевміст – Total Dissolved Salts (TDS)) та їх концентрації, температури тощо. Електропровідність МВ забезпечують, насамперед іони макрокомпонентного складу – гідрокарбонати, хлориди, сульфати, іони натрію, калію, кальцію, магнію. Ці іони перетворюють МВ на розчини сумішей електролітів. Автор [6] стверджує, що знайшовши значення співвідношення між TDS і електропровідністю, не завжди лінійні, і на співвідношення сильно впливає не тільки вміст солей, але й іонний склад. Чим вищий рівень мінералізації води, тим складніші математичні рівняння, які описують співвідношення цих параметрів [6].

За допомогою методу вимірювання електропровідності МВ можнавизначити її іонні складові. Електропровідність – величина, зворотна опору, яка вимірюється за певних умов у комірці визначених розмірів, яка містить платинові чи стальні електроди [5].

Концентрацію деяких компонентів природних вод вимірюють у польових умовах (на місці розташування водопункту – свердловини або джерела), оскільки ці компоненти легко зазнають змін під час зберігання та транспортування. Електропровідність води також бажано вимірювати біля водопункту, оскільки вона може змінюватися з часом в результаті хімічних і фізичних процесів, таких як випадання осаду, адсорбції, дегазації та окислення.

Варто вивчити особливості проведення вимірювання електропровідності у польових та стаціонарних умовах, порівняти виміряні значення в різних умовах (оцінити метрологічні характеристики), визначити фактори, що впливають на процес вимірювання.

Згідно з методикою, наведеною в ISO 7888:1985 [5], на значення вимірюваної електропровідності, водиможе впливати забруднення проби всередині комірки (цей факт особливо

слід ураховувати під час проведення вимірювань в польових умовах); наявність зважених частинок, що може викликати забруднення електродів. Природні підземні води часто містять механічні домішки водоносних порід, колоїдні частинки компонентів вод. Зміну сталої комірки можливо встановити застосуванням стандартного розчину хлориду калію.

Щодо вимірювань електропровідності МВ у польових умовах також слід ураховувати корекції величин, виміряних при різних температурах (0–25) °С.При підвищенні температури на 1 °С величина питомої електричної провідності збільшується приблизно на 2 %.

Для вимірювань електропровідності МВ у стаціонарних умовах використано кондуктометр лабораторний FiveEasy F30 (Mettler Toledo, Швейцарія) з сенсорним електродом LE703, який має корекцію сталої комірки в якості інтегральної функції та обладнання щодо компенсації температури. Цей прилад вимірює прямі значення електропровідності води. Вимірювання електропровідності проводили шляхом занурення електроду з термокомпенсатором у досліджувану пробу води. Для вимірювань електропровідності МВ у польових умовах використано портативний кондуктометр HANNA HI 98311 (Hanna Instruments, Німеччина) з змінним амперометричним графітовим електродом та температурним датчиком для автоматичної корекції температури вимірювання.

Для кондуктометра HANNA (вимірювання в польових умовах) для середнього значення значень електропровідності п’яти МВ (729,6–3379,2 µS/cm) отримали стандартне відхилення – (1,08–4,08) µS/cm, збіжність – (2,16–8,16) µS/cm. Щодо вимірювань на цьому ж кондуктометрі в лабораторних умовах для середнього значення значень електропровідності тих же п’яти МВ (736,1–3394,3 µS/cm) отримали стандартне відхилення – (0,72–2,70) µS/cm, збіжність – (1,44–5,40) µS/cm. Різниця температур у польових та лабораторних умовах під час вимірювань складала (–0,55–6,11) °С. Для лабораторного кондуктометра Five Easy F30 для середнього значення значень електропровідності п’яти МВ (715,6–3392,6 µS/cm) отримали стандартне відхилення – (0,55–1,28) µS/cm, збіжність – (1,10–2,56) µS/cm. У лабораторних умовах на цьому кондуктометрі стандартне відхилення та збіжність майже в 2 рази менші. Згідно з [5] критерій стабільності запису специфічного вимірювання електропровідності в польових умовах становить ±5 µS/cm для вимірювань ≤100 µS/cm або ±3 % для вимірювань >100 µS/cm. Вимірювання за межами критерію, ймовірно, є результатом впливу повітря або кавітації в комірці провідності, несправності приладу або поганого перемішування вимірюваної води, що призводить до швидкої зміни її складу.

Таким чином, впровадження в практику випробувань параметру електропровідності вод природних мінеральних наблизить національну законодавчу базу до європейських вимог.

1. Про затвердження Гігієнічних вимог до виробництва та обігу вод природних мінеральних і вод джерельних: наказ Мінекономіки України від 12.04.2021 № 741. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0657-21

2. Directive 2009/54/EC of the European Parliament and of the council of 18 June 2009 on the exploitation and marketing of natural mineral waters (Recast). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0054

3. Води мінеральні фасовані. Технічні умови: ДСТУ 878-93. – [Чинний від 1995-01-01].

4. Dewangan, S. K., Kadri, M. A., Saruta, S., Yadav, S., Minj, N. (2023). Temperature effect on electrical conductivity (EC) & total dissolved solids (TDS) of water: A review. International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR), 10(2), 514-520.

5. ISO 7888:1985 Water quality. Determination of electrical conductivity.

6. Rusydi, Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., № 118. https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019.

UDC 378:37

WEB-BASED MONITORING AND CONTROL SYSTEM FOR SMART HOME COMPONENTS

© Lesia Kovaliv[1], Halyna Klym[2], 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Master's student of the Department of Specialized Computer Systems, lesia.kovaliv.mkisk.2023@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), associate professor of the Department of Specialized Computer Systems, Doctor of Technical Sciences, Professor, halyna.i.klym@lpnu.ua

Smart infrastructure is developing rapidly, becoming an integral part of many people's modern lives. By 2025, the number of smart devices connected to the internet in the residential sector could exceed 75 billion. Today, the main challenge remains the integration of various components, such as lighting, climate control, and security systems, with the ability to control them centrally [1].

Monitoring and controlling smart home components is becoming increasingly important due to the rapid development of IoT and home automation technologies [2]. Automated lighting, ventilation, and security control systems in smart homes are able to adapt to the needs of residents by analysing sensor data and optimising the operation of various devices. Remote control of smart home components via mobile apps or a web interface allows users to monitor their homes from anywhere in the world. This increases the efficiency of resource management and reduces utility costs [3].

Analogues of the software solution were reviewed and analysed. Open-source platforms such as OpenHAB and Home Assistant offer high flexibility and scalability, but require a certain level of technical knowledge. Off-the-shelf solutions from Samsung SmartThings, Google Nest, and Apple HomeKit offer ease of setup and convenience for the end user, but may have limited customisation or integration with other brands. Therefore, given the market situation, we propose to develop a system for monitoring and controlling smart home components.

One of the key components of a smart home monitoring system is the ESP32 board, which provides high performance, wireless communication support, and ample opportunities for integrating various sensors and modules. The main hardware elements also include temperature, humidity, steam, air quality, motion sensors, and modules for controlling electronic devices.

The work is aimed at developing a system for monitoring and controlling smart home components, which includes collecting data from various sensors, analysing them, and allowing remote control via a web interface. The choice of software tools focused on using the Arduino IDE to program the ESP32 controller and React as a framework for developing a web-based control interface. This combination ensures the flexibility and performance of the system, allowing for a dynamic web interface that provides the user with real-time monitoring and control of the system.

The interface of the smart home monitoring and control system provides the user with the ability to control the main components and conditions in the room. The main panel displays the current temperature, humidity, air quality, lighting, and security status. Separate sections provide climate monitoring, air quality control, motion detection, lighting control, and automation of scenarios such as switching on ventilation when the temperature rises. Additionally, the user can set up notifications and view the event log for analysis. In conclusion, the developed system is a modern and effective solution for monitoring and controlling the components of a smart home, which can be used for further improvement and expansion of functionality.

1. Witczak, D., & Szymoniak, S. (2024). Review of Monitoring and Control Systems Based on Internet of Things. Applied Sciences, 14(19), 8943.

2. Mashal, I., Shuhaiber, A., & Al-Khatib, A. W. (2023). User acceptance and adoption of smart homes: A decade long systematic literature review. International Journal of Data and Network Science, 7(2), 533.

3. Parekh, R. (2024). Automating the design process for smart building technologies. World Journal of Advanced Research and Reviews, 23, 1213-1234.

УДК 656.6

МЕТОД ВЛАДИСЛАВА КОНДРАТОВА – ШЛЯХ ДО БЕЗПЕЧНОЇ НАВІГАЦІЇ

© Наталія Пунченко[1], Олександр Поторак [2], 2024

[1]Одеський державний аграрний університет (Одеса, Україна),
доцент кафедри інформаційних технологій, к. т. н., доцент, iioonn24.01@gmail.com
[2] Одеський державний аграрний університет (Одеса, Україна), ст. викладач кафедри
інформаційних технологій, potorak@ukr.net

У роботі розглядається проблема підвищення точності та надійності інтегрованих навігаційних систем, особливо при використанні супутникових та інерційних даних. Представлений метод Владислава Кондратова, заснований на використанні надлишкових вимірювань, який може бути перспективним рішенням для поліпшення якості навігації.

Проблема безпеки судноплавства, що не має кордонів у часі, яка тягне за собою проблеми ефективності морського транспорту та охорони навколишнього середовища. Закликає звернути увагу на необхідність отримання надійної інформації про місцезнаходження, навігації і терміни для забезпечення безпечної експлуатації та управління деякими морськими навігаційними засобами (AtoN) і судноводінням[1].

Існуючі глобальні навігаційні супутникові системи, такі як GPS, ГЛОНАСС, GALILEO та BeiDou, та регіональні навігаційні супутникові системи (RNSS), такі як Індійська регіональна навігаційна супутникова система (IRNSS) та квазізенітна супутникова система (QZSS), які є стратегічними ключовими елементами для надання послуг локації, навігації та часу іншими словами, вони використовуються для забезпечення безпечної навігації. Проблема безпеки судноплавства вирішується не завжди. Це пояснюється тим, що наземні радіонавігаційні системи можуть використовувати різні діапазони частот, потужність передавача та структуру повідомлень, а отже, можуть забезпечувати подібні навігаційні характеристики GNSS, але все ще мають різні режими відмов[2]. Необхідно більш ретельно підходити до аналізу помилок. Інерційна навігаційна система і супутникова навігаційна система об'єднані в одну інтегровану навігаційну систему, а помилки інтегрованих навігаційних систем численні за своїми типами і істотно розрізняються за характером їх виникнення. Необхідність підвищення точності навігаційних систем ставить завдання точної оцінки і компенсації помилок на етапах проектування, розгортання і експлуатації систем. Для підвищення точності і надійності інтегрованих навігаційних систем (INS/GNSS) в навігації потрібен ретельний аналіз і компенсація помилок, характерних як для супутникових, так і для інерційних даних. Інтеграція різних джерел даних дозволяє компенсувати недоліки окремих систем, забезпечуючи більш надійне визначення місця розташування, що має вирішальне значення для безпеки на морі.

Використання фільтра Калмана для оцінки вектора помилок інтегрованої системи є досить поширеним явищем. У той же час уявлення про помилки як про стаціонарних або нестаціонарних гауссовских процесах є[3], в строгому сенсі, однією з різновидів методологічних помилок, що призводять до невиправданого використання фільтра Калмана в строгому сенсі.

Розроблений Владиславом Кондратовим метод надлишкових вимірювань є перспективним методом підвищення точності і надійності інтегрованих навігаційних систем.

Метод, запропонований В. Кондратовим, передбачає використання надлишкової інформації для підвищення точності кінцевого рішення за рахунок численних, надлишкових вимірювань, що сприяє ефективному аналізу помилок і підвищує надійність навігаційної інформації [4]. При такому підході основна увага приділяється збору і обробці додаткових даних від різних датчиків і систем, що допомагає мінімізувати помилки і компенсувати можливі збої в роботі системи.

Основні принципи методу вимірювання надмірності, в судноплавстві:

– надмірність даних: включення додаткових джерел даних, таких як додаткові вимірювання від інших датчиків (лідарів, гідроакустичних систем), покращує навігаційну модель і

дозволяє більш точно оцінювати місце розташування судна. Ці надлишкові дані дозволяють зменшити залежність від супутникових та інерційних джерел;

– порівняння та кореляція: зібрані дані порівнюються та аналізуються на кореляції. Наприклад, порівняння даних GPS і INS дозволяє відстежувати відхилення від реальних значень, виявляти джерела помилок і своєчасно вносити корективи[5];

– аналіз відхилень з використанням методу надмірності: метод Кондратова дозволяє враховувати не тільки величину і напрямок відхилень, але і їх джерело, що дозволяє проводити більш детальний аналіз помилок в режимі реального часу. Наприклад, при об'єднанні даних з GPS та INS відхилення одного із сигналів від середнього значення визначається як помилка, пов'язана з цим конкретним джерелом;

– адаптивна фільтрація: додаткові дані дозволяють використовувати більш складні фільтри, такі як розширений фільтр Калмана, включаючи додаткові змінні та враховуючи кілька джерел даних. Цей метод також адаптується до мінливих умов (наприклад, в умовах обмеженого супутникового покриття), що дозволяє більш точно і гнучко враховувати конкретні відхилення.

Переваги методу В.Кондратова які спостерігаємо для інтегрованих навігаційних систем

Підвищена відмовостійкість: надлишкові вимірювання знижують залежність від єдиного джерела даних, що дозволяє компенсувати збоїв в роботі окремих систем, такі як втрата сигналу GPS в складних навігаційних умовах (наприклад, поблизу великих суден або підводних об'єктів).

Зменшення помилок в умовах поганої видимості і перешкод: у разі збоїв супутникової системи або в умовах сильних перешкод (як природних, так і штучних) Додаткові вимірювання допомагають підтримувати високу точність.

Більш точна оцінка похибки: наявність надлишкових даних від різних датчиків покращує оцінку поточного місця розташування, швидкості і курсу судна, оскільки помилки окремих датчиків компенсуються даними з інших джерел.

Зменшення залежності від регулярних калібрувань: завдяки надмірним вимірам цей метод зменшує необхідність в частому повторному калібруванні датчиків, що підвищує зручність і практичність системи при експлуатації в реальних умовах.

Розроблений В.Кондратовим метод надлишкових вимірювань значно розширює можливості сучасних інтегрованих навігаційних систем. Використання цього підходу дозволяє не тільки підвищити точність і надійність навігації, також підвищити відмовостійкість в складних умовах експлуатації. Метод відкриває перспективи для розробки систем, більш стійких до зовнішніх перешкод, незалежних від окремих джерел інформації.

1. Пунченко Н., Цира О. Технологічний розвиток судноплавства, систем швартування судноплавства майбутнього monograph Iowa State University Digital Press 2022 DOI https://doi.org/10.31274/isudp.2022.121 ISBN 978-617-7867-37-0. P. 220 – 291.

2. R1020 TERRESTRIAL RADIONAVIGATION SYSTEMS Edition 1.0 December 2020 urn: mrn:iala:pub:r1020:ed1.0

3. 3. N.Punchenko, O. Tsyra, N. Kazakova Conceptualiza-tion of the paradigm "integrated trhnologies as a global trend in the de-velopment of shipping safety of an innovative society ". International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry. Volume 4 – Issue 3 – Dec 31, 2020. ISSN 2602-3350, DOI:10.46519/ij3dptdi.748673. P. 278 – 284.

4. Кондратов В.Т. Теорія надлишкових вимірювань-стратегічна теорія XXI століття. Вісник Черкаського державного технологічного університету 2007. С. 120 – 122.

5. Троцишин І.В., Кондратов В.Т., Троцишина Л.В. Ієрархія сучасних цифрових методів вимірювання частоти та методологія їх застосування у радіотехнічних та телекомунікаційних системах. ВОТТП 2008№2. С.226-233.

UDC 620.179.1:539.3:621.318.3:669.3

ANALYSIS OF THE POROUS STRUCTURE OF COPPER SAMPLES FOR ELECTRICAL APPLICATIONS

© Nadiia Hablovska[1], Tetiana Pavlenko[2], Maryna Kononenko[3], 2024

[1]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, Ph.D., ass. professor, nadiia.hablovska@nung.edu.ua
[2]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, Professor, tetiana.pavlenko@nung.edu.ua
[3] Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Metrology and Information-Measuring Technology, Ph.D., associate professor, maryna.kononenko@nung.edu.ua

Modern materials with controlled porous structures are gaining considerable attention in various fields, especially in electrical engineering and power engineering, where they can significantly enhance the functional performance of components. One of the most promising materials in this area, featuring high electrical and thermal conductivity, is porous copper, which is subsequently saturated with a fusible component to improve its physical and mechanical properties. This paper presents the results of analyzing the structure of copper samples using computed tomography and microscopy.

The applied method of producing porous copper samples has enabled the creation of a uniform structure with an average porosity level of approximately 65%, suitable for subsequent filling with a fusible material. Computed tomography provided three-dimensional data on the internal structure of the samples, enabling high-precision measurements of the average pore size, volumetric porosity fraction, and pore distribution throughout the examined volume. To verify the tomography results and obtain additional data on pore morphology, the sample was also analyzed using an optical microscope, which allowed for precise pore shape determination and additional measurements of pore sizes.

Both methods complement each other and ensure high accuracy in porosity analysis. Utilizing different methods offers a more comprehensive view of the internal structure of the sample, enhancing result reliability. The analysis showed that the porosity level in the sample met the expected level—around 65%—which is optimal for subsequent infiltration of the sample with a fusible component, ensuring an adequate number of pores for filling while preserving material integrity [1].

It was found that the pores have a sphericity between 0.47–0.59, and their uniform distribution promotes even dispersion of the fusible material during further saturation. No significant defects or zones with pore clustering were detected in the sample, indicating the high quality of the artificial porosity creation process [2]. This contributes to the material's improved reliability and stability during future use.

Computed tomography and microscopy demonstrated a high degree of correlation in determining pore size and distribution. This confirms the reliability of the applied methods and increases the validity of the obtained results.

The analysis results indicate that the created porous copper sample fully meets the planned parameters. In future studies, it is planned to saturate the sample with a fusible material and evaluate its properties under real operating conditions.

1. Nadiia Hablovska, Tetiana Pavlenko, Grzegorz Matula, Dariusz Lukowiec, Anna Kloc-Ptaszna, Łukasz Krzemiński. Badania porowatości miedzi zastosowanej jako osnowa dla elektroprzewodzącego kompozytu przeznaczonego na styki wyłączników wysokoamperowych z komutacją bezłukową. Perspektywy rozwoju w naukach inżynieryjno-technicznych – trendy, innowacje i wyzwania. Tom 2. Wydawnictwo Naukowe TYGIEL sp. z o.o., Lublin, 2024. C.74-82.

2. Pavlenko T., Hablovska N., Shyndak L. Analysis of the Possibility of Using Pseudoliquid Metal Contacts in Electrical Devices. International Science Journal of Engineering & Agriculture, Vol. 2, No. 2, 2023, pp. 64-74.

UDC 621.313.13:629.5.065

ENHANCING EFFICIENCY AND RELIABILITY OF THE AZIPOD SYSTEM USING PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTORS

© Liubov Shyndak [1], Anastasiia Bodnarchuk [2], Mykhailo Hotsuliak [3], 2024

[1]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, assistant, epeo@nung.edu.ua
[2]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, assistant, anastasiia.bodnarchuk@nung.edu.ua
[3]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), Department of Electrical power engineering, electrical engineering, and electromechanics, assistant, mykhailo.hotsuliak@nung.edu.ua

The paper presents innovative and efficient technical solutions for the use of electric motors that enhance speed, maneuverability, and operational reliability of vessels equipped with AZIPOD systems. A distinctive feature of these systems is the placement of the propulsion motor outside the vessel's hull, which provides numerous advantages compared to traditional diesel-electric systems. The permanent magnet synchronous motors selected for this study increase the strength and reliability of the design under various operating conditions.

In modern shipbuilding, propulsion systems are continuously improved to enhance efficiency and reliability in operation. One of the latest solutions is the AZIPOD system—a combined propeller and rudder system that offers high maneuverability and the ability to position the propeller on an external motor.

The AZIPOD system involves the placement of the propulsion motor in a gondola outside the hull, which helps avoid power losses associated with mechanical transmission. The system is equipped with a hydraulic steering mechanism that allows the gondola to rotate 360°, ensuring maximum vessel maneuverability [1].

The objective of this work is to analyze the feasibility of using permanent magnet synchronous motors in AZIPOD systems for small-tonnage vessels. The main tasks include: assessing the operational characteristics of the AZIPOD system; identifying the advantages of permanent magnet synchronous motors; and developing a mathematical model to evaluate key parameters.

AZIPOD systems use permanent magnet motors with high torque at low speeds, which promotes better maneuverability. The benefits of this design include reduced weight and dimensions due to the lack of a gearbox [2].

The mathematical model used for parameter evaluation is based on differential equations of mechanical system dynamics. To calculate motor torque and other characteristics, methods of stator magnetic field linearization are used [3, 4].

The results showed that the use of permanent magnet synchronous motors in AZIPOD systems for small-tonnage vessels significantly improves their efficiency. The assessment indicated that propulsion motors can provide sufficient torque at low rotation speeds, increasing the energy efficiency of vessels.

AZIPOD systems with permanent magnet synchronous motors hold promise for small-tonnage vessels that require high maneuverability. Further research may focus on improving efficiency by optimizing design and magnetic field characteristics.

1. ABB. AZIPOD System Overview. URL: https://sea-man.org/sistema-upravleniya-azipod.html

2. Emadi A. Energy-Efficient Electric Motors. *Marcel Dekker, Inc., 2004.*

3. Kopylov, I.P. Mathematical Modeling of Electrical Machines. Higher School Publishing, 2001.

4. Osipov, Y.M., Borisov, P.A. Methods for Calculating Linear Electrical Circuits. ITMO University, 2012.

УДК 681.5

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ НАДАННЯ ПОСЛУГ В МЕРЕЖІ 5G НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ MPLS

© Антоніна Габер[1], Гліб Смаглюк[2] 2024

[1] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
завідувач кафедри метрології, якості та стандартизації, к.т.н., доцент, gaberantonina@gmail.com
[2] Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку (Одеса, Україна),
аспірант кафедри метрології, якості та стандартизації, к.т.н., доцент, glebhp@gmail.com

Розгортання мереж 5G відкриває нові можливості для передачі даних, підвищуючи швидкість, зменшуючи затримки та забезпечуючи масове підключення пристроїв. Це вимагає нових підходів до управління якістю послуг. Споживачі та підприємства стають все більш вимогливими до якості послуг, що надаються в мережах зв'язку. Надійність, швидкість та доступність стають критично важливими для задоволення потреб користувачів. Використання Multi-Protocol Label Switching (MPLS) дозволяє ефективно управляти трафіком, забезпечуючи пріоритизацію даних і гарантування якості обслуговування (QoS). Це особливо важливо для таких застосувань, як відео- і голосові послуги, які вимагають стабільного з'єднання. Зростання Internet of Things (IoT) створює нові виклики для мережі 5G, що потребує адаптації методологій для забезпечення якості послуг. Підключення великої кількості пристроїв вимагає особливої уваги до управління трафіком і ресурсами. Оператори зв'язку змагаються за клієнтів, тому забезпечення високої якості послуг стає важливим фактором конкурентоспроможності. Ефективні методології можуть стати вирішальними для утримання користувачів.

Таким чином, дослідження методологічних засад забезпечення якості послуг в контексті мереж 5G і технології MPLS є надзвичайно актуальним, оскільки воно може сприяти розвитку нових стандартів і практик, що підвищують якість і надійність телекомунікаційних послуг у майбутньому.

Питання забезпечення якості обслуговування (QoS) в мережах 5G набуває все більшого значення через різноманітні вимоги до продуктивності та надійності. У статті представлено методологію управління QoS на базі технології Multi-Protocol Label Switching (MPLS), що дозволяє досягти стабільності та гнучкості при розподілі мережевих ресурсів для 5G-сервісів, таких як автономний транспорт, промисловий IoT та інтелектуальні міста.

Впровадження MPLS у мережах 5G допомагає оптимізувати передачу трафіку за рахунок гнучкого управління маршрутами та механізмів позначення шляхів, що дозволяє підвищити пропускну здатність, знизити затримки і забезпечити ефективне використання мережевих ресурсів. MPLS є ключовою технологією для управління різнорідними типами трафіку в 5G, зокрема потоками з високими вимогами до QoS.

Розглянемо основні технології для забезпечення якості обслуговування (QoS) в мережах 5G:

1. Network Slicing: Це методологія, яка дозволяє створювати віртуальні мережі (слайси) на одній фізичній інфраструктурі, оптимізуючи ресурси для різних типів послуг. Кожен слайс може мати свої специфікації QoS, що дозволяє задовольнити різні вимоги користувачів.

2. MPLS (Multi-Protocol Label Switching): Ця технологія забезпечує ефективне управління трафіком шляхом міток, що дозволяє пріоритизувати дані і зменшувати затримки. MPLS допомагає забезпечити гарантовану пропускну здатність і низьку затримку для критичних застосувань.

3. Dynamic QoS Management: Динамічне управління QoS використовує алгоритми для адаптації параметрів обслуговування в реальному часі, враховуючи зміну навантаження, тип трафіку та вимоги користувачів.

4. Edge Computing: Перенесення обробки даних ближче до кінцевих користувачів (на "край" мережі) зменшує затримки і підвищує швидкість реакції, що особливо важливо для застосувань з низькою затримкою.

5. Advanced Antenna Technologies: Використання технологій, таких як MIMO (Multiple Input Multiple Output) та Beamforming, дозволяє підвищити ефективність спектра, зменшити інтерференцію та покращити якість зв'язку.

6. Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML): AI і ML можуть бути використані для моніторингу мережі, прогнозування навантаження і автоматизації управління QoS, що дозволяє оперативно реагувати на зміни в мережі.

7. Multi-access Edge Computing (MEC): Це технологія, яка дозволяє розгортати додатки та сервіси на краю мережі, забезпечуючи швидший доступ до даних і зменшуючи затримки.

8. Service Level Agreements (SLAs): Встановлення чітких угод про рівень обслуговування між провайдерами та споживачами, що визначає конкретні параметри QoS, які повинні бути забезпечені. [2]

Ці технології сприяють підвищенню якості обслуговування в мережах 5G, забезпечуючи стабільність, швидкість та надійність комунікацій.

Завдяки інтеграції MPLS з технологією Network Slicing, мережі 5G можуть забезпечувати логічні сегменти (slices), кожен з яких адаптований для певного типу сервісу. Це дозволяє забезпечити конкретний рівень QoS для різних типів трафіку, таких як ультранадійні низьколатентні комунікації (URLLC), високошвидкісний широкосмуговий доступ та IoT. [1]

Segment Routing (SR) на базі MPLS забезпечує автоматизацію маршрутизації та зменшує залежність від традиційних таблиць маршрутизації. Завдяки SR оператори можуть налаштовувати маршрути для трафіку у 5G-мережах, що значно покращує показники QoS. SR оптимізує маршрутизацію, знижуючи затримки та підвищуючи масштабованість мережі.

Traffic Engineering на базі MPLS дозволяє адаптивно контролювати потоки трафіку в мережах 5G, забезпечуючи розподіл ресурсів відповідно до реальних навантажень та вимог QoS.

На основі результатів моделювання підтверджено, що запропонована методологія управління QoS за допомогою MPLS суттєво підвищує стабільність, знижує затримки та забезпечує гнучкість управління ресурсами у 5G. Це дозволяє операторам ефективніше задовольняти вимоги до обслуговування різних типів 5G-сервісів і вдосконалює загальну архітектуру 5G.

MPLS у поєднанні з технологіями Network Slicing, Segment Routing та Traffic Engineering демонструє високу ефективність у забезпеченні QoS для 5G. Представлена методологія відкриває нові можливості для управління трафіком і є перспективною основою для подальших досліджень у сфері інноваційних комунікаційних технологій.

Ці тези підкреслюють важливість впровадження MPLS для ефективного управління QoS у 5G-мережах і можуть бути корисними для операторів зв'язку та науковців, які займаються розвитком технологій мобільного зв'язку наступного покоління. MPLS дозволяє визначати пріоритети для різних типів трафіку, що є критично важливим для забезпечення QoS у 5G. Це означає, що важливі дані, такі як відео в реальному часі або голосові дзвінки, можуть оброблятися швидше і з меншими затримками. Впровадження MPLS у 5G дозволяє легко масштабувати мережу в залежності від зростаючих вимог користувачів і типів трафіку. Це важливо в умовах зростаючого попиту на підключення.

1. Ridwan, A. (2020). "Recent trends in MPLS networks: Technologies, applications and challenges". IET Communications. Volume14, Issue2, January 2020 p177-185.

2. P. Ameigeiras, J. Ramos-Muñoz, L.Schumacher, J. Prados-Garzon, J.Navarro-Ortiz, J.M. López-Soler "Link-level access cloud architecture design based on SDN for 5G networks" .IEEE Network 2015. https://doi.org/10.1109/MNET.2015.7064899.

УДК 681

АНАЛІЗ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЛАНЦЮГА ТЕНЗОДАТЧИКІВ

© Владислав Друзякін, Григорій Черепащук, 2024

НАКУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», аспірант, drz.vladd@gmail.com
НАКУ ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», к.т.н., проф., cherepaschuk@bigmir.net

Тези присвячені аналізу особливостей дії електричної схеми тензодатчиків, які широко використовуються для вимірювання сили, ваги та інших механічних величин [1]. Спочатку розглянемо основну схему тензодатчика, яка базується на мостовій схемі Уітстона [2], а потім представимо вдосконалену схему, що забезпечує підвищену точність вимірювань.

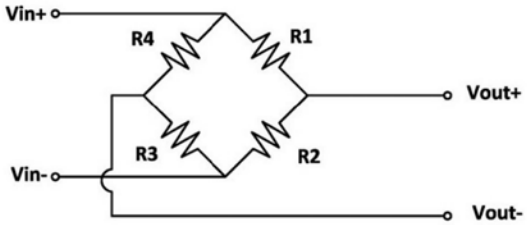


Рис. 1. Електрична схема тензодатчиків

Основна схема тензодатчика. На рис. 1 показано основну схему тензодатчика, де V_{in} – джерело живлення моста (вхідне збудження в вольтах) та V_{out} – вихідний сигнал. Ця схема з'єднання дозволяє вимірювати дуже малі зміни опору ΔR, які виникають у тензорезисторах R1, R2, R3 та R4, розташованих у плечах моста.

Тензорезистори – це елементи, що реагують на деформацію і прикріплені до пружного корпусу тензодатчика. Сила, що спричиняє деформацію пружного корпусу і тензорезисторів, викликає зміну ΔR у їх номінальних значеннях опору. Ці незначні зміни в кожному тензорезисторі підсилюються завдяки резистивному дисбалансу моста Уітстона, що генерує вихідний сигнал, пропорційний прикладеній силі. Коли на тензодатчик не діє навантаження, чотири тензорезистори перебувають у рівноважному стані і мають однакове значення опору. Номінальний опір тензодатчика позначається як Rg: R1 = R2 = R3 = R4 = Rg. У цьому випадку вихідний сигнал V_{out}, який є різницею між V_{out}+ та V_{out}-, дорівнює 0 В (нульове положення тензодатчика).

При навантаженні тензодатчик змінює значення опору в кожному тензорезисторі на невелике значення ΔR [3]:

$$R1=Rg-\Delta R;\ R2=Rg+\Delta R;\ R3=Rg-\Delta R;\ R4=Rg+\Delta R.$$

Через ці зміни вихідний сигнал V_{out} стає пропорційним зміні опору тензорезисторів під впливом деформації, а також пропорційним пружній деформації корпусу датчика, яка залежить від прикладеної сили. Таким чином, тензодатчик виконує функцію силового перетворювача з електричним вихідним сигналом, пропорційним прикладеній силі.

Важливо зазначити, що ця резистивна схема також залежить від вхідної напруги живлення, тому вихідні характеристики тензодатчика часто вказуються в мВ/В.

Повна схема для високоточного тензодатчика. Для створення високоточного тензодатчика, який має малі додаткові похибки, необхідні додаткові елементи для налаштування вихідного сигналу при різних навантаженнях, а також для компенсації температурних змін (рис. 2).

У цій схемі використано:

– резистори нульового балансу (Rz1 і Rz2), які дозволяють точне налаштування вихідного сигналу без навантаження, щоб він наближався до 0 мВ;

– резистори з температурною компенсацією (Rzt1 і Rzt2), що стабілізують нульовий сигнал у всьому робочому температурному діапазоні;

– резистори для компенсації чутливості до температури (Rs1, Rn1, Rs2 і Rn2):

- Rn1 і Rn2 змінюють свій номінальний опір відповідно до температури;

- Rs1 і Rs2 компенсують зміни в механічній пружності корпусу датчика, забезпечуючи стабільні показання незалежно від температурних коливань;

– - резистори для регулювання номінальної чутливості (Raf1, Rag1, Raf2, Rag2), де Rag забезпечують грубе налаштування, а Raf – точне налаштування чутливості або робочого коефіцієнта передачі (РКП) тензодатчика;

– вхідний резистор для налаштування опору (Rai), що забезпечує потрібне значення вхідного опору тензодатчика згідно зі специфікаціями.

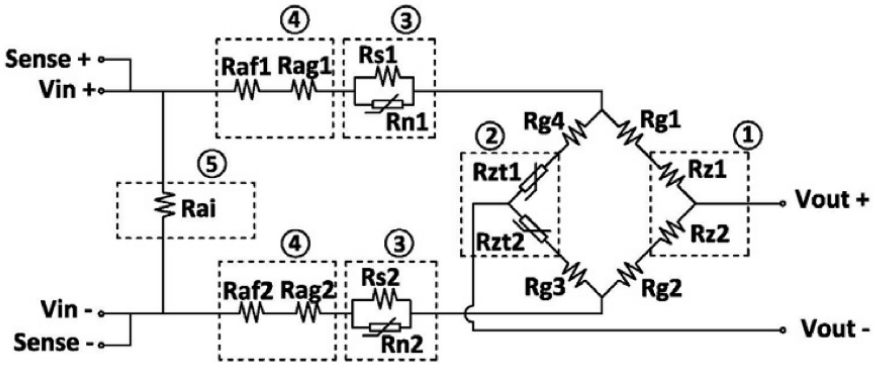


Рис. 2. Повна схема для високоточного тензодатчика

Розглянемо поняття «Робочий коефіцієнт передачі» (РКП). Вихідний сигнал V_{out} тензодатчика при номінальному навантаженні залежить саме від РКП та напруги живлення V_{in}. РКП, вимірюваний в мВ/В, позначає, на скільки мілівольт збільшується вихідний сигнал (V_{out}), коли прикладена сила дорівнює номінальному навантаженню щодо напруги живлення V_{in}.

Наприклад, тензодатчик [4] із номінальним навантаженням 100 кг і РКП 2 мВ/В буде збільшувати вихідний сигнал на 2 мВ за кожний вольт живлення при навантаженні 100 кг. Це збільшення є лінійним і пропорційним до прикладеного навантаження. Тож при живленні 10 В і навантаженні від 0 до 100 кг вихідний сигнал зміниться від 0 до 20 мВ.

1. Поліщук Є.С. та інш. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник: / За ред. проф. Є.С. Поліщука.–Львів: Вид-во "Бескид Біт", 2008.–618 с.

2. Міст Уітстона. Загальна теорія мостових схем. Studlife. URL: https://studfile.net/preview/8907662/page:39

3. Принцип роботи тензодатчика. Anwit.Kiev. URL: https://anwit.kiev.ua/stati/obshchie-stati/35-printsip-raboty-tenzodatchikov

4. Тензодатчики. ZEMIC USA inc., 2013.–122 с.

UDC 681

DEVELOPMENT OF A SEARCH SYSTEM USING NEURAL NETWORKS

© *Vitaliy Bozhovskiy[1], Halyna Klym[2], 2024*

[1] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), student of the Department of Specialized Computer Systems, vitalii.bozhovskyi.mkisk.2023@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), associate professor of the Department of Specialized Computer Systems, Doctor of Technical Sciences, Professor, halyna.i.klym@lpnu.ua

Searching for information in modern life is an extremely important aspect of our lives. Every day we use various search engines without realizing it, while writing code we search for library documentation on Google, while on vacation we search for beautiful photos using tags on a social network, search engines are literally everywhere. And every day the number of our needs for information search is only growing, and one of the mechanisms that could improve the quality of search is neural networks. It is expected that by 2025, the use of neural networks in various search engines will increase significantly, which will improve the quality of search in various areas: from personalized content to scientific research [1].

The use of neural networks in software products is becoming increasingly widespread. They can be used in different ways in different products, in search engines, in most cases, they are used to personalize search results for the user. But it can also be used to help rank results, and some LLM systems can also be considered a type of search engine. In addition, it should be noted that a neural network can and should be trained for specific tasks, which can help improve search [2]. As a result, search engines using neural networks improve their accuracy and can be applied in a more specialized way to the needs of a particular user.

Given the relevance and importance in the information space, we propose to develop a search engine using a neural network.

This system stands out from others by providing the user with the ability to expand the search context. To expand the context, a neural network will be used, which will work with a multi-level lexical graph and will be used as a second step to improve the results. The system will also use a neural network that will perform ranking based on the user's past search queries, and it is also possible to disable this function during the search.

The main goal of this system is to improve search by providing the user with the necessary tools directly, unlike other systems that do it covertly. Due to the neural network that works with a multi-level lexical tree, the system will be able to optimize for various tasks in other systems, i.e. the search engine can work with both specialized data and data familiar to the average user.

This paper is devoted to the development of a search engine that uses the capabilities of neural networks to expand the search context and provide the necessary tools to the user to improve search accuracy. In addition, the search engine is tested under different conditions, using different settings on different datasets to demonstrate the system's performance in detail.

1. Gartner, Inc. (2021). Top Strategic Technology Trends for 2021.

2. Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding.

UDC 628.971

FLICKER AS A PARAMETER OF THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY

© Bogdan Rybchyn[1], Oleksandr Krynytskyi[2], 2024

[1]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), postgraduate student of the Department of Information and Measurement Technologies, mivt@nung.edu.ua
[2]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), docent of the Department of Information and Measurement Technologies, Candidate of Technical Sciences, Docent, oleksandr.krynytsky@gmail.com

According to the requirements of the regulation of the Commission of the European Union, the requirements for lighting equipment are established, which introduces requirements for a safe level of flickering and stroboscopic effect of light sources.

Flicker is a problem inherent in AC electric light sources. The problem of flickering has gained new relevance after the widespread distribution of LEDs. Compared to incandescent lamps and fluorescent lamps, the flickering of LEDs is significantly different due to the extremely fast reaction of the change in their light flux to the change in current.

Changing the light flux over time can have both a visual and a non-visual effect on the observer. There are three types of visually noticeable phenomena associated with changes in the light flux over time [2]: – flickering – perception of visual instability caused by a light stimulus, the brightness or spectral distribution of which fluctuates over time, for a static observer. in a static environment; – stroboscopic effect – a change in the perception of motion caused by a light stimulus, the brightness or spectral distribution of which varies over time, for a static observer in a non-static environment; – phantom matrix effect (halo) – a change in the perceived shape or spatial position of objects caused by a light stimulus, the brightness or spectral distribution of which fluctuates over time for a non-static observer in a static environment.

Light sources that create such effects not only reduce the quality of lighting (create discomfort), but can pose a health hazard – cause fatigue, eye strain, reduce visual performance, provoke headaches, etc.

Currently, several methods for assessing the level of flickering, which are described by standards, are widely used. Among them, the NEMA77 (2017) standard describes most of the terms related to flicker.

California Title 24 defines the appropriate flicker limits. The limitations are as follows: ``(c) The light source, in combination with the specified control, shall provide ``flicker-reduced operation" when tested at 100 percent and 20 percent of full luminous flux, where flicker-reduced operation is defined as having a percent amplitude modulation (percent flicker) less than 30 percent at frequencies less than 200 Hz, tested to requirements'.

IEEE 1789 reviews many aspects of flicker. This is not a mandatory standard, but a recommended specification. IEEE1789 divides light modulation from frequency (1-2000 Hz) into areas: "No effect", "low risk". Some LED driver manufacturers graph their driver measurements to show how their drivers are performing, but there is debate as to whether IEEE 1789 addresses all applications. One of the critical points is that the traditional incandescent lamp is not included in the "low risk" and "no risk" zones.

NEMA77 (2017) also describes the flicker problem in detail. Unlike IEEE1789, NEMA77 provides a table of Pst and SVM acceptance criteria as shown below. The method of measuring short-term flicker indication and stroboscopic measure of visibility complies with the IEC TR 61547-1 standard.

1. CIE TN 006:2016, Visual Aspects of Time Modulated Lighting Systems-Definitions and Measurement Models, 2016, 23.

2. Lehman B., Wilkins A.J., Designing to Mitigate Effects of Flicker in LED Lighting: Reducing risks to health and safety, IEEE Power Electronics Magazine, 1 (3), 2014, 18-26. DOI:10.1109/MPEL.2014.2330442.

UDC 378:37

DEVELOPMENT OF THE PULSE FREQUENCY MEASUREMENT ALGORITHM

© *Andrii Lukianchuk[1], Halyna Klym[2], 2024*

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), student
of the Department of Specialized Computer Systems, yevhen.v.bershchanskyi@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), associate professor of the Department
of Specialized Computer Systems, Doctor of Technical Sciences, Professor, halyna.i.klym@lpnu.ua

The measurement of the pulse value is very important for various medical purposes, and accordingly, the estimation of the pulse rate is one of the means of diagnosis and control that we can apply during the monitoring of the child's condition in the developed system. There are various methods that can be used to determine the pulse value.

The proposed pulse meter uses the method of modulation of the indication of absorption of the level of human tissue during the filling of the blood capillary. This is a fairly easy method to use. Light modulation analysis is also an effective way to diagnose human respiratory system actions. Measuring the difference in light absorption in the infrared and red bands allows you to determine the level of blood oxygen saturation.

The pulse meter sensor consists of a photodiode and an infrared LED. The sensor can be located in several places: a finger, a hand or an earlobe. In such schemes, the light path is different depending on the location of the sensor. When the sensor is placed on the inside of a fingertip or earlobe, the photodiode receives a signal through a fast-moving indicator; the received signal can be easily amplified and processed. When the sensor is placed on the arm, the photodiode receives a fuzzy reflected signal, which is weak and contains distortion created by various external light sources, such as the sun and fluorescent lights. Careful signal processing must be applied in this case to obtain a reliable pulse measurement value. The developed heart rate monitor supports any of the above described sensor locations using a combination of hardware and software signal processing methods. The range of measurement of pulsating signals: 30-300 beats per minute, which is more than enough to measure the pulse of a person. The measurement error is 4%. To calculate the pulse frequency, the time intervals between adjacent pulsating pulses are determined and their average value is taken.

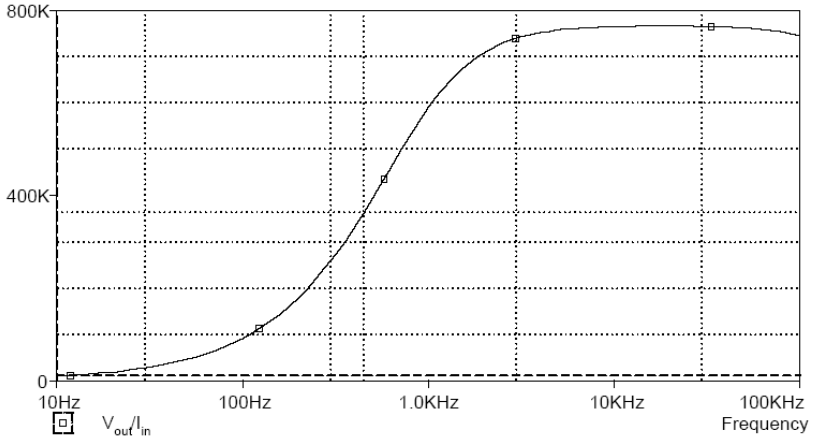
The device uses a modulation technique in sensor signal processing to increase noise immunity. The generator generates a modulation signal that controls an infrared LED with a pulse sequence of 5.0 kHz. The signal received by the indicator is converted into an electric photodiode, amplified and filtered by a band-pass filter (BPF), centered in the modulation frequency at 5.0 kHz. The offset generator removes low-frequency distortion (any constant level) from the photodiode signal, and provides the FED with a stable offset voltage independent of the external indicator and high input impedance for the modulation frequency of the photodiode electric current.

The output signal of the BPF filter is corrected by a synchronous amplitude demodulator. The output of the demodulator is connected directly to the analog-to-digital converter. Built-in analog-to-digital converters have a convenient feature of averaging over sample time. This feature allows you to abandon the use of an additional hardware low-pass filter on the demodulator and allows you to connect the input of the analog-to-digital converter directly to the output of the rectifier. The processing time is set equal to the total number of carrier signals. This eliminates the harmonic carrier signal.

Data processing of the analog-to-digital converter is implemented in software. A low-pass filter (LPF) removes distortion at the output signal (to increase the dynamic range of input signals). An automatic gain control (AGC) cycle is performed. The AGC compresses the dynamic range of the input signal by appropriately adjusting the gain of the BPF filter according to the programmed value of the LPF output. A high pass filter (HPF) removes the DC component in the LPF output signal and separates the pulse signal. Pulse beats are detected by a peak detector with an automatically adjusted threshold level to increase noise immunity. The software calculates the heart

rate in beats per minute, evaluates the minimum and maximum values during continuous measurement and provides different visualization of information about the condition.

The output of the ADC is fed to the input of the telemetry data processing module, where the measured data is processed and calculated.



Pic. 1. Frequency characteristic of the displacement generator

The ADC signal is filtered by a second LPF IIR filter. The filter is implemented as a cascade connection of two sections of the first order, the gain of the filter is equal to:

$$H_{LPF}(z) = \frac{a}{1-2(1-a)z^{-1}+(1-a)^2 z^{-2}} \quad (1)$$

When the LPF filter value is updated, the old ADC data is no longer needed and interrupts can be re-enabled at that point. Cardiac activity forms the received signal amplitude modulation coefficient in the range of 0.015÷0.05 depending on the position of the sensor and human individual characteristics, which allows using the signal at the LPF output directly for the operation of the automatic gain control cycle (AGC). When the filter signal is very low, the AGC increases the BPF gain, and conversely, when the input signal is very high, the AGC decreases the BPF gain to keep the LPF output signal within a predetermined range. The HPF filter removes the DC voltage component from the LPF output.

A seven-level FIR HPF with a differentiating characteristic is used. The transfer characteristic of the filter is shown in equation 2, and the gain of the filter is 60.

$$H_{HPF}(z) = z^3 - 9z^2 + 45z^1 - 45z^{-1} + 9z^{-2} - z^{-3} \quad (2)$$

HPF separates the moments when blood is pushed by the heart into the vessels. A peak sensor is used to detect heartbeats. The sensor looks for peaks in the heart rate signal when the HPF signal is greater than a threshold value. Note that the peak threshold of the sensor is adjusted dynamically according to the amplitude of the pulse signal in order to increase the noise resistance. The threshold is set to half the maximum pulse amplitude during a predetermined time interval, 1 or 2 s in this project, and is filtered by an IIR LPF filter, which is described by the formula:

$$U_{th}^{i+1} = \max(U_{th}^{\min}, \min(U_{th}^{\max}, U_{th}^{i} + \Delta, \frac{1}{2}U_{th}^{1} + \frac{1}{4}U_{ADC}^{\max})) \quad (3)$$

where U_{th}^{i+1} і U_{th}^{i} – peak threshold values of the sensor for the current and previous time interval, $U_{ADC}^{\max}$ – the maximum ADC value for this interval, $U_{th}^{\min}$, $U_{th}^{\max}$, Δ – defining constants

As can be seen from formula (3), the filter checks the minimum, maximum and speed increase threshold. The amplitude of the HPF signal varies in the range from 10 to 1, depending on the location of the sensor and individual human physiology. A peak sensor with a fixed threshold value is not satisfactory for this task.

To calculate the pulse rate, the time interval between adjacent pulse beats is measured, several of these values are taken for averaging, and the corresponding number of beats per minute is determined for the usual representation of the pulse. This method is good because the measurement is performed only a few seconds per minute and accordingly reduces the current consumption of the battery, which is very important for increasing the service life without replacing the battery

When the intervals between adjacent pulses are measured, the pulse rate in the standard form – beats per minute – is calculated. This seems like a very easy task, but a small displacement of the sensor can lead to false detection of beats, because the amplitude modulation factor is very small, and changes in the position of the sensor lead to noise signals with an amplitude greater than or equal to the actual pulse signal.. Yes, additional filtering can be applied in the pulse interval or amplitude regions to eliminate these false beats.

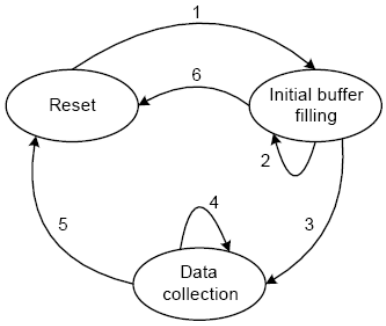
The measured pulse intervals are checked to be close to the previous measured samples to remove the noise component. A state machine is used, which fills these several samples into an intermediate buffer before starting the pulse count, checks the legitimacy of the pulse interval and counts the number of beats within a fixed time interval. The weighted pulse interval is considered valid if it falls within the following interval:

$$Tp\ [0.75Tm\ ..1.25Tm]$$

where: Tp is the measured pulse interval

Tm – median-filtered heart rate interval, several values are obtained.

The diagram of the state machine is shown in Figure 2. After the reset signal, the initial buffer for the median filter (1,2) is filled, the pulse is calculated (3,4), the pulse value is calculated, which is transmitted to the Child-Device, and then the reset signal (5) arrives after cycle completion. If no pulse signal arrives within the predetermined interval, the state machine goes into the reset state (5,6).



Pic. 2. State machine diagram of the heart rate monitor.

1. Nemudrov V., Martin G. "Designing systems on a crystal" publishing house "Technosfera", 2004.

2. Kraynyk O.P., Barvinska E.S. Enterprise economy. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2003 – 208 p

УДК 621.311.24

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ІЗОЛЬОВАНИХ МЕРЕЖАХ ЗМІННОГО СТРУМУ ІЗ СИСТЕМАМИ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ НА ОСНОВІ ФЕС

© Роман Грицак1[1], Андрій Яворський [2], 2024

[1]Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), аспірант кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій, roman27gri@gmail.com
[2] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Івано-Франківськ, Україна), доцент кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій , кандидат технічних наук, доцент, andrii.yavorskyi@nung.edu.ua

Вступ. На сьогодні електроенергія відіграє ключову роль у житті людей, а її відсутність спричиняє масу проблем та незручностей. Яскравим підтвердженням цьому є аварійні та стабілізаційні вимкнення електроенергії, які через воєнні дії в Україні регулярно впроваджуються [1]. В таких умовах суспільство знайшло порятунок у використанні відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а саме фотоелектричних станціях (ФЕС), та системах безперебійного живлення (БЖ) різних комплектацій. Ці системи дозволяють організувати ізольовані мережі змінного струму (ІМЗС), ключовою особливістю яких є постійне перетворення електроенергії із змінної в постійну, що виконується інвертором. Однак, малодослідженим є питання якості електроенергії (ЯЕ) в таких системах. При чому відомо, що зниження якості суттєво збільшує ризик збоїв та некоректної роботи всіх електротехнічних, мікропроцесорних та вимірювальних приладів [2]. Відповідно, дослідження ЯЕ в описаних мережах дає можливість визначити рівень негативного впливу на ЯЕ та механізми боротьби із ними.

Постановка задачі. Науково-технічна задача поставлена в напрямку проведення експериментального дослідження, яке дозволить визначити та порівняти ЯЕ в ІМЗС, що включають в себе інвертори систем БЖ та ФЕС. Основні завдання полягають у: визначенні рівня впливу інверторів на ЯЕ; побудові та тестуванні досліджуваної системи; обґрунтуванні зміни ЯЕ при використанні інверторів різного типу; визначення потенційних наслідків використання інверторів із високим негативним впливом на ЯЕ та методи їхнього запобігання.

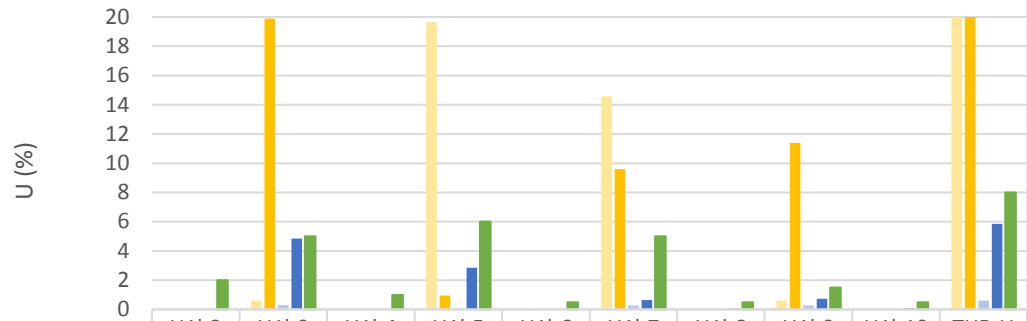
Метою роботи є експериментальне дослідження та порівняння ЯЕ в ІМЗС з інверторами різних типів.

Основна частина. Проведене дослідження ЯЕ в ІМЗС із інвертором MultiPlus 12/500/20-16 [3] (із правильною синусоїдальністю напруги) від виробника Victron Energy, який є лідером у галузі розробки електрообладнання систем резервного і автономного живлення, та інвертором Foval 2000W із модифікованою синусоїдальністю напруги, дозволило якісно визначити рівень впливу на показники якості електроенергії (ПЯЕ) та провести ґрунтовний порівняльний аналіз. Дослідження передбачало побудову дослідної установки ІМЗС, яка включала аналізатор ЯЕ Metrel MI 2885 Master, акумуляторну батарею, вказані вище інвертори, ФЕС потужністю 500 Вт та лінійні світлодіодні світильники потужністю 45 Вт у якості сталого навантаження. Під час проведення експерименту було виміряно вплив кожного інвертора на ПЯЕ в ІМЗС без навантаження та з сталим навантаженням, що суттєво впливає на ПЯЕ. Обраний лінійний світлодіодний світильник дозволив легко визначити чутливість інверторів до впливу реактивної енергії, оскільки, як відомо, напівпровідникові нелінійні елементи суттєво збільшують частку такої енергії в мережі.

Отримані результати експериментального дослідження повністю відповідають метрологічним вимогам, а ключові результати наведені на рисунку 1, де зображено відсотковий розподіл гармонічних спотворень напруги (від 2-гої до 10-ї гармоніки та сумарний коефіцієнт гармонічних спотворень).

Результати отримані під час експериментальних досліджень вказують, що у автономному режимі використання інверторів спостерігається суттєве зниження ПЯЕ. А найбільше погіршення спостерігається у гармонічному складі напруг. Зокрема під час дослідження інвертора Foval 2000W без навантаження та з навантаженням на рівні 2,25%, загальний коефіцієнт гармонічних

спотворень (THD) знаходився на рівні 29%. Натомість під час вимірювання ПЯЕ в мережі із інвертором MultiPlus 12/500/20-16 THD не виходив за допустиму межу у 8% згідно ДСТУ EN 50160-2023 [4] та був рівним 5,854% при навантажені 9%. При цьому зауважено різке зростання THD, який за умови повного навантаження інвертора міг вийти за допустиму межу.



	U1h2	U1h3	U1h4	U1h5	U1h6	U1h7	U1h8	U1h9	U1h10	THD U
Foval 2000W без навантаження	0,03	0,61	0,04	19,66	0,04	14,56	0,03	0,6	0,03	29,869
Foval 2000W з навантаження	0,02	19,89	0,04	0,95	0,05	9,59	0,03	11,4	0,02	29,019
Victron Energy без навантаження	0,03	0,3	0,03	0,06	0,03	0,27	0,06	0,26	0,06	0,6029
Victron Energy з навантаженням	0,02	4,84	0,04	2,85	0,04	0,65	0,07	0,72	0,09	5,854
ДСТУ EN 50160-2023	2	5	1	6	0,5	5	0,5	1,5	0,5	8

Рис. 1. Результати експериментального вимірювання гармонічних складових напруги

Висновки. За результатами дослідження визначено, що в ІМЗС з інверторами із модифікованою синусоїдою THD перевищує допустиму межу у понад 3 рази. За таких умов роботи електрообладнання споживає значно більше електроенергії та суттєво перегрівається, що збільшує ймовірність виникнення пожежі, особливо в ІМЗС із акумуляторними батареями. Також одним із ключових результатів дослідження є виявлена вразливість ІМЗС систем БЖ та ФЕС до обладнання із високим реактивним навантаженням. В свою чергу для запобігання можливого перевищення допустимої межі THD необхідно розробити бюджетний вимірювально-попереджувальний прилад.

1. Рябцев Г. Л. Енергетика України у червні 2024 р.: липень 2024 / Геннадій Рябцев ; заг. ред. Володимир Омельченко ; Центр Разумкова. – [Київ: б. в., 2024]. – 12 с.;

2. A. Chandra and H. Geng, Power Quality in Microgrids Based on Distributed Generators. Basel, Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2019, doi: 10.3390/books978-3-03928-007-0;

3. Інвертор гібридний Victron Energy MultiPlus 12/500/20-16 (0,5 КВА/0,43 КВТ, 1 ФАЗА, без MPPT) [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://cutt.ly/VeF2RCMl;

4. ДСТУ EN 50160:2023 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2022, IDT) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://cutt.ly/remoJu9g.

УДК 614.84:621.316:620.179.1

ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ФУНКЦІЙ АПАРАТІВ ЗАХИСТУ У СИСТЕМІ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ЕЛЕКТРОІНСТАЛЯЦІЙ

© Володимир Шведов, 2024

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Україна),
аспірант, ProjectsLab01@gmail.com ID Orcid 0009-0007-6355-0842

Сьогодення вимагає впровадження та улаштування технологічних процесів за допомогою електронного обладнання. Важливу роль у впровадженні нового технологічного обладнання відіграє точність його діагностики та тестування, як і впровадження точніших апаратів захисту цього обладнання. Згідно [1], ринок електроенергії в усьому світі змінюється завдяки зростаючій інтеграції розподілених енергетичних ресурсів, а також необхідності забезпечення підвищення надійності, стійкості та ефективності мереж передачі та розподілу електроенергії, можна усвідомити, що сучасне обладнання є чутливим до імпульсних перенапруг, які виникають в мережі, а також при ударі блискавки. Як наслідок, контроль засобів вимірювань для випробувань апаратів захисту у системі пожежної безпеки відіграє важливу роль в розвитку сучасних електроінсталяцій.

Аналіз вітчизняних та закордонних публікацій свідчить, що напрямом розвитку систем електропостачання є інфраструктури: мереж зарядок електромобілів, p2p-ринку для домогосподарств, сервіси demand response, включаючи можливість участі в підтримці частоти в мережі та роботу в режимі віртуальної електростанції (VPP) [2]. Це призведе до подальшого збільшення вимог до точності, безпеки та захисту електропостачання, зокрема збільшення вимог до засобів вимірювань, контролю та тестування.

Застосування різних методів розрахунку, оцінювання та порядкування ризиків під час проектування і компонування електропровідні дасть змогу реалізувати системний захист будівель, обладнання та людей. Улаштування системи захисту залежить від оцінки ризику, реакції власника, впливу контрольних органів. Тому актуальним є прийняття рішення про вживання заходів протипожежного захисту в процедурах оцінювання ризиків, для реагування на ранніх стадіях критичних ситуацій. Також вживання заходів протипожежного захисту може бути прийнято незалежно від результатів оцінки загального ризику.

Серед загальних принципів оцінки ризику для середовища необхідно враховувати: визначення потреби в захисті; внесок різних компонентів ризику в загальний ризик; ефект різних заходів захисту для зменшення ризику; вибір заходів захисту з урахуванням їх економічної ефективності.

Перед тим як розглянути принципи випробувань апаратів захисту, необхідно зрозуміти основні ризики, пов'язані з загорянням в електроінсталяціях.

Основні типи апаратів захисту, це: запобіжники, автоматичні вимикачі, диференційні автомати, обмежувачі перенапруг, пристрої захисту від імпульсних перенапруг, розрядники, дугозахисні пристрої, ізоляційні монітори, реле напруги та інші.

Обмежувачі перенапруг (ОПН) визначаються базовим складником [3] внутрішнього блискавкозахисту, а також нормативних вимог до захисту від перенапруги, що підкреслює актуальність дослідження їх впливу на пожежну безпеку.

Згідно ПУЕ 1.8.169 необхідні вимірювання опору розрядників і обмежувачів перенапруг, значення опору розрядників і ОПН для класів напруги до 3 кВ повинне бути не менше ніж 1000 МОм. Якщо електроустановка живиться від мережі, яку повністю прокладено в землі, а значення стійкості обладнання до імпульсних перенапруг відповідають вимогам табл. 2.1.17 ПУЕ, то спеціальний захист від атмосферних перенапруг виконувати не потрібно (кабель з ізольованими жилами і заземленою металевою оболонкою, підвішений на опорах, можна розглядати як кабель, прокладений у землі). За умови, що електроустановка живиться повітряною лінією або включає в себе повітряну лінію, а річна кількість грозових годин становить понад 25, потрібно виконувати спеціальний захист від атмосферних перенапруг із захисним рівнем категорії ІІ (табл. 2.1.17 ПУЕ).

В цій статті [4] зазначається, що особливо небезпечною є система TN-C-S вказана в ПУЕ для сільських побутових електроспоживачів з повітряними живильними лініями 380/220 В, оскільки сільські ПЛ-0,38 кВ відрізняються своєю великою довжиною і розгалуженістю. При обриві PEN-провідника (що в сільських електромережах, при їхній великій розгалуженості, має високу імовірність) на всіх металевих корпусах електроприймачів, приєднаних до захисного PE-провідника (тобто включених в євророзетки), з'являється смертельно небезпечний потенціал фази

Одним з основних стандартів (ДСТУ EN 61643-11:2015 Пристрої захисту від перенапруги для низьковольтних систем живлення. Частина 11. Вимоги до продукції та методи випробувань) визначено загальні та специфічні вимоги до пристроїв захисту від перенапруги для низьковольтних систем живлення (SPD), які поглинають імпульсні струми та напруги. Цей стандарт також описує методи випробувань для перевірки виконання цих вимог, пристрої захисту поділяються на три класи: I, II та III, які уточнені в даному ДСТУ. За типом захисту, прилади можуть бути L (захист лінії живлення), S (захист сигнальної лінії) або C (захист комбінований). Для кожного класу приладу захисту передбачені різні методи випробування, які симулюють реальні умови експлуатації. Для класу I використовуються імпульси струму з формою хвилі 10/350 мкс, які моделюють прямий удар блискавки. Для класу II використовуються імпульси струму з формою хвилі 8/20 мкс, які моделюють непрямий удар блискавки. Для класу III використовуються комбіновані імпульси напруги з формою хвилі 1,2/50 мкс та струму з формою хвилі 8/20 мкс, які моделюють залишковий ефект перенапруг. Для кожного методу випробування визначаються такі параметри: номінальна робоча напруга (Un), номінальний розрядний струм (In), максимальний розрядний струм (Imax), імпульсний струм (Iimp), розрядний струм (IL), захисний розрядний напругорозподільник (Up), час спрацьовування (ta) тощо.

В [5] зазначено, що при випробувані SPD використовують іскрові проміжки між лініями живлення і землею зі значною здатністю гасити струм що робить їх застосовними в електромережах з перспективою витримування струму короткого замикання в десятки кА.

При розробці нових засобів вимірювань, одним з можливих способів є створення імітаційної моделі. Відтворення імітаційної моделі з врахуванням всіх задач діагностики та тестування займає багато часу, оскільки на результат впливають численні параметри. Для прийняття рішення стосовно можливості адаптації існуючих моделей, або створення нових для розробки нових засобів вимірювань необхідно провести окремі дослідження по даному напрямку.

Однією з головних тенденцій є розвиток інтелектуальних систем захисту, які здатні не лише реагувати на потенційно небезпечні ситуації, а й передбачати їх виникнення за допомогою аналізу даних та штучного інтелекту. Це дозволяє покращити реакцію системи на можливі загрози та забезпечити більш точний та ефективний захист.

Розумні пристрої контролю стають все більш поширеними завдяки своїм унікальним функціям та можливостям. Вони здатні автоматично реагувати на зміни у роботі мережі, забезпечуючи надійний захист обладнання.

Бездротові системи захисту набувають все більшої популярності завдяки своїй простоті у встановленні та експлуатації. Вони дозволяють забезпечити захист електричної мережі без необхідності прокладання дротів та кабелів, що полегшує їх використання в різних умовах. Особливо це актуально для діючих підприємств, або громадських об’єктів, де немає потреби в реконструкції і необхідно застосовувати рішення захисту мереж в системі забезпечення пожежної безпеки електроінсталяцій із мінімальною перервою у виробництві чи функціонуванні.

Інтеграція систем діагностики з системами "розумних будинків" стає також більш актуальною. Це дозволяє автоматизувати контроль за електричною мережею та надавати користувачам додаткові можливості управління та моніторингу захисту.

Застосування аналітики даних для постійного моніторингу роботи апаратів захисту дозволяє виявляти потенційні проблеми та уразливості в електричній мережі заздалегідь, що дозволяє приймати своєчасні заходи для їх усунення.

Випробування, тестування та діагностика відіграють важливу роль в створенні апаратів захисту пожежної безпеки електроінсталяцій. Розвиток засобів вимірювань, їх вибір, контроль точності та випробування цих пристроїв суттєво знижують ризики загоряння від некоректного спрацювання апаратів захисту та сприяють загальній безпеці об'єкта.

Покращення функцій засобів вимірювань може допомогти виявленню несправностей та критичних режимів роботи апаратів захисту й вжити заходів ще на етапі їх проектування, що позитивно вплине на показники надійності.

В зв’язку із стрімким розвитком складності електричних споживачів та вимог до їх захисту необхідно провести подальші дослідження по впровадженню нових засобів вимірювань при випробуваннях, а також контроль та тестування функцій апаратів захисту стосовно збільшення їх показників безпеки.

1. Campos do Prado, J., Qiao, W., Qu, L., Aguero J. (2019). The Next-Generation Retail Electricity Market in the Context of Distributed Energy Resources: Vision and Integrating Framework. URL: https://www.researchgate.net/publication/330890414_The_nextgeneration_Retail_Electricity_Market_in_the_Context_of_Distributed_Energy_Resources_Vision_and_Integrating _Framework

2. Rudyk Yu., Nazarovets O., Golovatchuk I. Current approaches in the system lightning protection arrangement of buildings in view of fire hazard and personal risk, Fire Safety, Lviv State University of Life Safety, 2019 https://doi.org/10.32447/20786662.33.2018.12

3. Faria da Silva, F., Pedersen, K (2022). Lightning surges in hybrid cable-overhead lines: Part I—voltage estimation for shielding failure. Electr Eng 104, 3281–3294. https://doi.org/10.1007/s00202-022-01538-z

4. Rudyk Yuriy, Kuts Victor, Nazarovets Oleg, Zdeb Volodymyr Complex Tools for Surge Process Analysis and Hardware Disturbance Protection, Data-Centric Business and Applications, Springer International Publishing, 2021 https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-71892-3_9

5. Kisielewicz, T. & Piparo, G.B.. (2016). Probability of surge protective device systems to reduce the risk of failure of apparatus due direct flashes to overhead low voltage lines. 1-5. 10.1109/ICLP.2016.7791497.

УДК 621.373.826:351.79

СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНИХ ІМПУЛЬСІВ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

© Мельник Максим[1], Рудик Юрій [2],2024

[1] Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), студент, maks.melnik201623@gmail.com
[2] Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Львів, Україна), головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності, д.тех.н., доцент, yurudra@gmail.com

Вступ. Серед дистанційних методів контролю, особливу роль відіграють лідарні технології, адже вони забезпечують високу інформативність різноманітних процесів розсіювання оптичного випромінювання. Це особливо важливо в контексті цивільного захисту, оскільки лідар дозволяє оперативно та якісно виявляти зміни в атмосферних умовах, які в перспективі можуть загрожувати безпеці населення.

Лідар (Lidar – Light Identification, Detection and Ranging) – це технологія отримання та обробки інформації дистанційного зондування за допомогою активних оптичних систем (лазерів), що використовують, в тому числі, явища відбиття світла від поверхні Землі з проведенням високоточних вимірювань X, Y, Z координат [1]. Більшість лідарів складається з трьох основних частин. Передавальна частина лідара містить лазерне джерело випромінювання та оптичну систему для формування лазерного пучка. Приймальна частина складається з об'єктива, спектральних і просторових фільтрів, поляризаційного елемента і фотодетектора, які концентрують відбите випромінювання та фільтрують фонові сигнали. Система управління включає блок обробки (керування режимом роботи лідара), блок контролю параметрів випромінювання (управління частотою та вимірювання енергії лазерного пучка) та систему виводу інформації (отримання спектральних характеристик атмосфери та визначення домішок за спектральними портретами молекул).

Лідар використовувався в повітряній лазерній зйомці та з економічної точки зору прекрасною альтернативою звичної зйомки з використанням фотограмметричної обробки даних. Тобто лідар – це активний оптичний сенсор, що випускає лазерні промені в сторону цілі під час руху літака за спеціальними знімальними маршрутами [2].

Відображення лазера від об'єкта приймається і аналізується сенсором. Приймачі записують точний інтервал часу, що минув з моменту випускання лазерного імпульсу системою до моменту його повернення, для того щоб обчислити відстань між сенсором і об’єктом. Спільно з інформацією про внутрішнє і зовнішнє позиціювання ,ці відстані перетворюються в тривимірні точки, що відображають поверхню відображення лазерних імпульсів. Найпростіша система роботи є такою: – випромінювач випромінює промінь, що рухається зі швидкістю світла; – приймач отримує розсіяне у зворотному напрямку випромінювання; – комп'ютер розраховує час затримки між поверненням розсіяного випромінювання на приймальний пристрій та моментом імпульсу лазера; – формується інформація про відстань до об'єкту. Всі сканери працюють за рахунок променів, але площа покриття залежить від їх кількості. Це може був один лазер, який сканує щільність газу, або смуга, яка формує карту глибини двомірної території.

Проаналізувавши отриману інформацію, ми з упевненістю можемо її використати і для запобіганню виникнення надзвичайних ситуацій, або хоча б їх мінімізації [3]. Чудовим прикладом буде використання даної системи для ідентифікації пожеж лісових масивів. Для виявлення і гасіння лісових пожеж у світовій практиці залучаються величезні ресурси, використовуються найсучасніші технології – від супутникового моніторингу і до найсучасніших систем відеоспостереження з елементами комп’ютерного зору, розробленими передовими вченими світу. Так, низка методів раннього виявлення лісових пожеж були реалізовані з використанням сучасних геоінформаційних систем. Це, зокрема, методи на основі підходу «глобального моніторингу», що використовують системи дистанційного

зондування Землі, методи мультиспектрального аналізу супутникових знімків, а також методи акустичного та радіоакустичного зондування, що дають змогу здійснювати дистанційні вимірювання температури та теплове зондування конкретної ділянки лісу, описані в дослідженні [4, 5]. Дослідники запропонували новий підхід до тривимірних вимірювань стану зеленої біомаси на основі лідарної та супутникової технологій. Було доведено точність та доцільність використання технології LIDAR для визначення раптових змін у стані лісової біомаси, зокрема наявності осередків лісових пожеж та вигорілих ділянок. Як джерело світла використовується лазер, головними властивостями якого є когерентність, висока щільність і миттєва потужність випромінювання. Поверхня землі знімається з літака, що летить на висоті близько 2,5 км. Щільність отриманих даних – 1 точка на 2,5 метрів [6]. Похибка в точності отримання даних не перевищує 10–12 см. Системи є достатньо продуктивними – вимірювання проводяться зі швидкостями від 10 000 до 80 000 лазерних імпульсів на секунду. Застосування LIDAR – технології в системах протипожежного моніторингу лісів забезпечує точність цифрової моделі рельєфу місцевості, що дає змогу виявити найменші вигорілі ділянки лісу. На відміну від пасивних інфрачервоних систем, які розпізнають тільки теплові аномалії, LIDAR виявляє дими за аномаліями, що породжуються частками горіння, зміною хімічного складу та прозорості повітря і з успіхом може бути використаний для раннього визначення та оповіщення про лісові пожежі. Технологія з радіусом виявлення димів в 20 км була вперше заявлена у 1990 р., активний пошук оптимальних конфігурацій систем ведеться і в наш час [7].

Отже, вищезазначена система Lidar є багатофункціональною, тому ми можемо застосувати її у різноманітних сферах, що охоплюють різні аспекти нашого життя. Варто зазначити, що завдяки впровадженню новітньої технології цього типу ми зможемо відчутно полегшити роботу фахівцям з цивільного захисту за спостереженням та моніторингом щодо виникненню надзвичайних подій (повеней, зсувів, підтоплень, лісових пожеж та інших), які часто трапляються у важкодоступних місцях. В таких випадках варто діяти максимально оперативно та докладати всі зусилля для того, щоб ліквідувати дану загрозу, як тільки стало можливим фіксувати перші зміни параметрів навколишнього середовища.

1. Popescu S. C., Feagin R. A. Airborne lidar remote sensing applications in non forested short stature environments : a review. Annals of Forest Research. 2017. No 60. P. 719

2. Weitkamp C. Lidar: range-resolved optical remote sensing of the atmosphere. Springer series in optical sciences. 2005. V. 102. 456

3. Bubela, T., M. Melnyk, O. Nazarovets, Rudyk Y. Аналіз визначень та нормативних вимог системи захисту об'єкта критичної інфраструктури. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2024, 29 (Червень), 119-27. https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.13.

4. Emilio Chuvieco. Fundamentos de teledeteccion espasial. Segunda edición. Madrid: Ediciones rialp, S. A., 1995. 449 c.

5. Kamil Maciuk, Yuriy Rudyk.Usage of the global navigation satellite systems in safety and protection issues, Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport, Silesian University of Technology, 2020 https://doi.org/10.20858/sjsutst.2020.109.9 .

6. Рейда О. М., Олійник Ю. В., Панчук А. О., Синенький М. Л. Методи поліпшення цифрового зображення та відновлення його структури. Наукові праці ВНТУ. 2010. №4. С. 1–7

7. Іванець Г. В., Бугайов А. Ю. Прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру на основі статистичних даних моніторингу. Харків : НУЦЗУ, 2016. №23. С. 39–45.

UDC 001.06

APPLICATION OF PYROMETRY IN MEDICAL RESEARCH

© Oleksiy Mochurad [1], Nataliya Hots [2], Anna Gurynovych[3] 2024

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Ph.D, oleksii.p.mochurad@lpnu.ua
[1]State Enterprise 'Lviv Standard Metrology' (Lviv, Ukraine), senior metrology engineer.
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine) Doctor of Technical Sciences,
Department of Information and Measuring Technologies, Professor, cie@lpnu.ua
[3]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Assistant professor,
Department of Foreign Languages for
Engineering, anna.s.hurynovych@lpnu.ua

Temperature measurement based on radiation, as a type of non-destructive testing, is used in many industrial fields. The advancement of infrared radiation technology has also extended to the medical field. This method has become a vital source of temperature information and plays an important role in constructing the patient's overall clinical picture.

Therefore, the aim of this paper is to analyze the features of using non-contact measuring instruments for human body temperature measurement. To achieve this goal, the following tasks were set:

- To overview and select the main models of non-contact thermometers, determine their advantages and specifics in use by medical personnel;
- To examine regulatory documents in the field of metrology that ensure the consistency of measurements for these measuring instruments.

Human body temperature measurement based on the infrared (IR) radiation relies on the principles of thermal radiation. The human body emits IR radiation, the intensity of which depends on the surface temperature. The IR pyrometry allows for non-contact temperature measurement using mathematical and technical principles. The working measurement range is from 30°C to 42°C, with an absolute measurement error ranging from 0.1°C to 0.5°C, as this level of accuracy can provide the necessary clinical information. For instance, an increase in temperature in specific areas of the body may indicate swelling, tumors, or nervous system dysfunctions.

The advantages of using the non-contact method for measuring human body temperature with an infrared pyrometer include:

1. Speed and convenience of measurement in stressful situations;
2. Targeted temperature measurement for localized inflammations;
3. Low-stress temperature measurement in veterinary care.

Medical pyrometry is divided into two types of measuring instruments: non-contact pyrometers and thermal cameras. With the development and improvement of technologies, a wide range of infrared radiation devices are available on the market. This section outlines their main characteristics, advantages, and disadvantages.

Comparative characteristics of pyrometers and thermal imagers

№	Name/type	Measurement range	Measurement error range	Advantages and disadvantages
1	Wintact WT3652 Medical pyrometer	from 32 ˚C to 42 ˚C	Δ= ± 0,1 ˚C	High accuracy for a single point, but limited measurement area
2	UTi 165K Human body thermal camera	from 30 ˚C to 45 ˚C	Δ= ± 0,5 ˚C	Ability to store images, but high cost and sensitivity to environmental conditions

It is worth noting that these two types of infrared measuring instruments for the human body have different results` processing times, varying levels of informativeness, and several other technological differences that affect their operation. Therefore, it is crucial to select the appropriate device based on the tasks and the information needed to be addressed.

Physical characteristics of the measurement process are to be discussed next. The thermal radiation of an object with a temperature above absolute zero is described by Planck's law, which allows for the use of the intensity of radiation depending on the wavelength and temperature of the object.

Radiation flux density in the wavelength interval $\lambda_a - \lambda_b$ is to be obtained by integrating Planck's equation over the λ within the following limits:

$$L_{\lambda_a}^{\lambda_b} = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} [dL\,(\lambda T)/d\lambda]\,d\lambda$$

In the case of the human body (at a temperature of around 37°C or 310K), the maximum intensity of radiation falls within the infrared range (8–14 micrometers).

An increase in temperature in specific areas of the body may indicate swelling, tumors, or dysfunctions of the nervous system

The importance of the legislative framework for conducting infrared measurements is covered. Considering the medical field of application for these measuring instruments, the conformity assessment procedure [1] to Technical Regulation 754 for medical devices remains important. [2]. This procedure is a primary requirement after production and before the device is put into operation. According to the legislation [3], the conformity assessment can be conducted by the manufacturer, importer, or owner of the measuring instrument. In most cases, for devices imported into Ukraine by the official representatives of the manufacturer, it is the importers who carry out the conformity assessment, as they have the capability to do so for an entire batch rather than for individual devices. This reduces costs for the purchaser and can often be more advantageous. In certain cases, on agreement, suppliers also perform calibration and verification of the measuring instruments, which subsequently affects the final price of the product.

The next point of documentation is the importance of their periodic metrological verification or calibration for documented traceability to the International System of Units (SI) and the periodic confirmation of measurement accuracy during the operational period.

There is also a need to maintain the entire history of the measuring instrument. According to [4], the responsible person in the laboratory is to store, document, and provide, as necessary, the required information about the instrument's entire history during its operational period and for some time after it has been taken out of service.

To conclude, having analyzed the advantages of using the non-contact method of infrared temperature measurement in medicine, it can be stated that this technology significantly improves, facilitates, and accelerates the execution of medical diagnostics for the practitioners. This, in turn, allows the medical personnel to direct human resources and expertise towards the rapid treatment implementation. However, it is also important to follow the proper documented procedure for putting the device into operation, which should be carried out according to current regulatory documents, to ensure the necessary accuracy and provide high-quality medical services.

1. Закон України Про технічні регламенти та оцінку відповідності (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 14, ст.96).

2. Технічний регламент щодо медичних виробів для діагностики in vitro, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 02.10.2013 № 754

3 Закон України Про метрологію та метрологічну діяльність (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008) Редакція від 01.01.2022.

4. ДСТУ ЕИ ISO 15189:2015. Медичні лабораторії. Вимоги до якості та компетентності.

УДК 62-8

СЕНСОРНА СИСТЕМА ВІДСТЕЖЕННЯ ОБЛИЧЧЯ І ОЧЕЙ ТА ІНТЕРФЕЙСІВ МОЗОК-КОМП'ЮТЕР ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОЇ КОМУНІКАЦІЇ: ІНТЕГРАЦІЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ЗАДАЧАХ М'ЯКОЇ МЕТРОЛОГІЇ

© Стадник Андрій, 2024

Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Ph.D., andrii.o.stadnyk@lpnu.ua,

Вступ та постановка проблеми. М'яка метрологія націлена на об’єктивне вимірювання суб’єктивних психофізіологічних станів людини через синтез даних із сенсорних та когнітивних джерел [1]. Це дослідження спрямоване на розробку сенсорної системи для м'якої метрології, яка поєднує відстеження обличчя і очей з інтерфейсами мозок-комп'ютер (BCI) для автоматизації оцінки таких станів, як стрес, концентрація або втома. Інтеграція штучного інтелекту (ШІ) з багатовимірними даними дозволяє створювати високоточні інструменти для вимірювання фізіологічних і емоційних показників, що особливо цінно в реабілітації та дистанційній комунікації. Зокрема, завдяки великим мовним моделям (LLMs) забезпечується автоматизований аналіз даних, з можливістю адаптивної взаємодії із користувачем.

Метою дослідження є розробка інтегрованої системи з використанням сучасних технологій штучного інтелекту для збору, аналізу та інтерпретації даних з різних джерел, таких як камери та ЕЕГ, для автоматизації процесів комунікації та реабілітації.

Базові положення. Основу системи складають декілька ключових технологій, кожна з яких сприяє високій точності та адаптивності системи для м'якої метрології. Roboflow використовується для анотації зображень і підготовки великих наборів даних, що дозволяє забезпечити високу якість тренування моделей комп'ютерного зору, які необхідні для точного відстеження мікрорухів. DeepLabCup забезпечує детальне відстеження рухів обличчя та очей, що є критично важливим для інтерпретації невербальних проявів емоційних станів. Завдяки точному аналізу змін у виразі обличчя система отримує надійні дані для м'якої метрології. NeuroPype синхронізує ЕЕГ-дані з відеопотоками, об’єднуючи поведінкові та мозкові сигнали в єдиному потоці. Це дозволяє комплексно враховувати реакції користувача на різні стимули, що підвищує точність системи завдяки всебічному підходу до обробки когнітивних даних. Бібліотека MNE використовується для глибокого аналізу ЕЕГ-сигналів, що дозволяє проводити високоточну обробку мозкової активності для визначення емоційних станів та психофізіологічних змін. Система структурована в три інтегровані модулі. Перший модуль, комп'ютерний зір, забезпечує точне відстеження рухів обличчя та очей у режимі реального часу. Це дає змогу визначати зміни у виразі обличчя, що може сигналізувати про емоційні чи фізіологічні стани користувача. Другий модуль – обробка мозкових сигналів (BCI) – використовує рекурентні нейронні мережі для аналізу часових послідовностей мозкової активності, що дозволяє системі точно оцінювати реакції користувача на різні когнітивні навантаження та стимули. Третій модуль – інтеграція даних – синхронізує потоки інформації з модулів комп'ютерного зору та BCI, що дозволяє проводити комплексний аналіз стану користувача та забезпечувати надійні результати, відповідні завданням м'якої метрології.

Модель і структура. Структура системи складається з кількох основних компонентів: комп'ютерного зору для аналізу рухів обличчя та очей, обробки сигналів мозку та інтеграції всіх даних у єдину модель. В основі системи лежить згорткова нейронна мережа для обробки зображень, а також рекурентна нейронна мережа для роботи з послідовними даними мозкової активності. Було застосовано YOLOv11 для реального часу відстеження рухів очей і обличчя та TensorFlow для обробки сигналів від інтерфейсу мозок-комп'ютер. Згорткові мережі використовувалися для виявлення мікрорухів та змін у міміці, які можуть сигналізувати про зміни емоційного або фізіологічного стану користувача. Дані мозкової активності синхронізувалися з візуальними сигналами через NeuroPype, що дозволило об’єднати різні типи даних у єдиний потік і виводити на екран користувача інтегровані

результати аналізу його стану. Для обробки та класифікації сигналів мозку використовувались рекурентні мережі типу LSTM, що дозволило враховувати часову залежність сигналів. Великі мовні моделі, виконували роль інтерпретатора даних, що дозволило створити інтелектуальний інтерфейс для взаємодії з користувачем у вигляді персоналізованого помічника. Цей помічник міг давати рекомендації щодо реабілітаційних вправ, оцінювати рівень концентрації або стресу під час тренувань, а також надавати звіти про стан користувача.

Проміжні результати. Під час експериментів із синхронізацією даних з камер та ЕЕГ-сигналів досягнено точності до 94% у класифікації емоційних та фізичних станів, таких як втома, стрес чи концентрація. Використання синтетичних даних для тренування моделей на ранніх етапах дозволило уникнути проблем із недостатньою кількістю реальних даних. Інтеграція великих мовних моделей дозволила автоматизувати процеси аналізу даних і створити систему, яка не лише збирає й аналізує інформацію, але й може надавати рекомендації або пояснення користувачу у зручному форматі. Це значно покращило користувацький досвід і дозволило зробити систему більш адаптивною до конкретних потреб кожного користувача.

Основні результати. Для оцінки результатів система була протестована на наборі даних з реабілітації та спортивних тренувань, що включав 5000 зображень і 3000 наборів ЕЕГ-сигналів. Експерименти показали, що точність прогнозування стану користувача варіюється від 92% до 97% залежно від типу завдання. Моделі на основі LSTM показали відмінні результати в прогнозуванні психофізіологічного стану користувача на основі комбінації даних з різних джерел. У порівнянні з попередніми підходами, сучасні технології штучного інтелекту, такі як Roboflow для підготовки зображень та LLM для обробки даних, значно підвищили точність і ефективність системи. Інтеграція різних типів даних дозволила досягти комплексного аналізу стану користувача і створити більш адаптивну систему для дистанційної реабілітації та комунікації.

1. Vasyl Motalo, Anzhelika Chereshnevska, Yuliia Savitska, "Soft (Perceptual) Metrology: Dissemination of Information-Measuring Technologies in the Area 'Measuring the Impossible'," *Lviv Polytechnic National University,* Ukraine, 2019.

УДК 62-8

КІБЕР-ФІЗИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ НА БАЗІ ДРОНА: АДАПТАЦІЯ МОДЕЛІ YOLO 11, АНАЛІЗ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ ТА АВТОНОМНА НАВІГАЦІЯ

© Стадник Андрій[1] , Ільчук Михайло[2] , 2024

[1,2] Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine), Ph.D., andrii.o.stadnyk@lpnu.ua, mykhailo.s.ilchuk@lpnu.ua

Вступ та постановка проблеми. Розмінування територій залишається складним завданням, що вимагає точних і надійних рішень для ідентифікації вибухонебезпечних об'єктів у складних умовах. Розробка інтелектуальних систем на основі дронів із використанням комп'ютерного зору та машинного навчання дозволяє підвищити ефективність виявлення мін і забезпечити більшу безпеку операторам [1]. Основною інновацією запропонованої системи є застосування кастомної моделі YOLO 11, спеціально адаптованої для виявлення мін у складних умовах навколишнього середовища, а також глибокий аналіз даних за допомогою великих мовних моделей (LLM). Використання мульти-сенсорного підходу, зокрема камер риб'яче око та інерційних вимірювальних блоків, дозволяє створити більш стійку та точну систему виявлення мін та аналізу територій.

Метою дослідження є розробка комплексної системи розмінування для виявлення мін у реальному часі та аналітичну платформу яка забезпечує глибокий аналіз даних та адаптацію до специфічних умов. Такий підхід дозволяє не тільки автоматизувати процес виявлення мін, але й забезпечити гнучкість системи для роботи в широкому спектрі операційних середовищ.

Базові положення. Система складається з кількох взаємодіючих модулів. Ключовою компонентою є кастомна модель YOLO 11, адаптована для специфічних умов виявлення вибухонебезпечних об'єктів. Вона забезпечує високу швидкість і точність виявлення мін, працюючи в режимі реального часу з потоком зображень, отриманих основною камерою. Підсистема мульти-камер риб'яче око розширює можливості візуалізації, дозволяючи охоплювати більшу територію та підвищувати стабільність дрона завдяки інтеграції з інерційним вимірювальним блоком (IMU) для компенсації рухів та навігації в умовах перешкод. Така система сті йка до умов радіоборотьби. Аналіз даних підтримується за допомогою великих мовних моделей, які забезпечують розширену обробку та інтерпретацію вхідних даних. Великі мовні моделі інтегровано в архітектуру як допоміжний модуль, що виконує додатковий семантичний аналіз результатів, які були отримані за допомогою комп'ютерного зору. Це дозволяє створити систему, здатну до адаптації та більш комплексного аналізу виявлених об'єктів, що є критично важливим для гнучкої взаємодії з оператором та інтерпретації потенційних ризиків.

Модель і структура. Архітектура системи включає низку інтегрованих компонентів для досягнення максимальної продуктивності та адаптивності. Обчислювальним ядром виступає Nvidia Jetson Orin NX, що забезпечує високопродуктивну обробку даних для кастомної моделі YOLO 11 та модулів глибини Omni-Depth. Ці компоненти дозволяють системі генерувати щільні карти глибини та точково відстежувати позицію виявлених об'єктів, які позначаються на карті для подальшого аналізу. Omni-VINS, інтегрований з IMU і камерами риб'яче око, забезпечує точне відстеження рухів дрона в просторі, виконуючи стабілізацію зображень та корекцію відхилень у траєкторії. Компоненти планувальника та контролера взаємодіють для забезпечення адаптивного маневрування, оптимізуючи маршрут дрона на основі даних з датчиків та результатів аналізу зображень. Велика мовна модель, інтегрована в систему через LLM Analysis, відповідає за додаткову обробку отриманих результатів і створення рекомендацій у зручному форматі для операторів, надаючи додаткову інформацію для прийняття рішень у режимі реального часу.

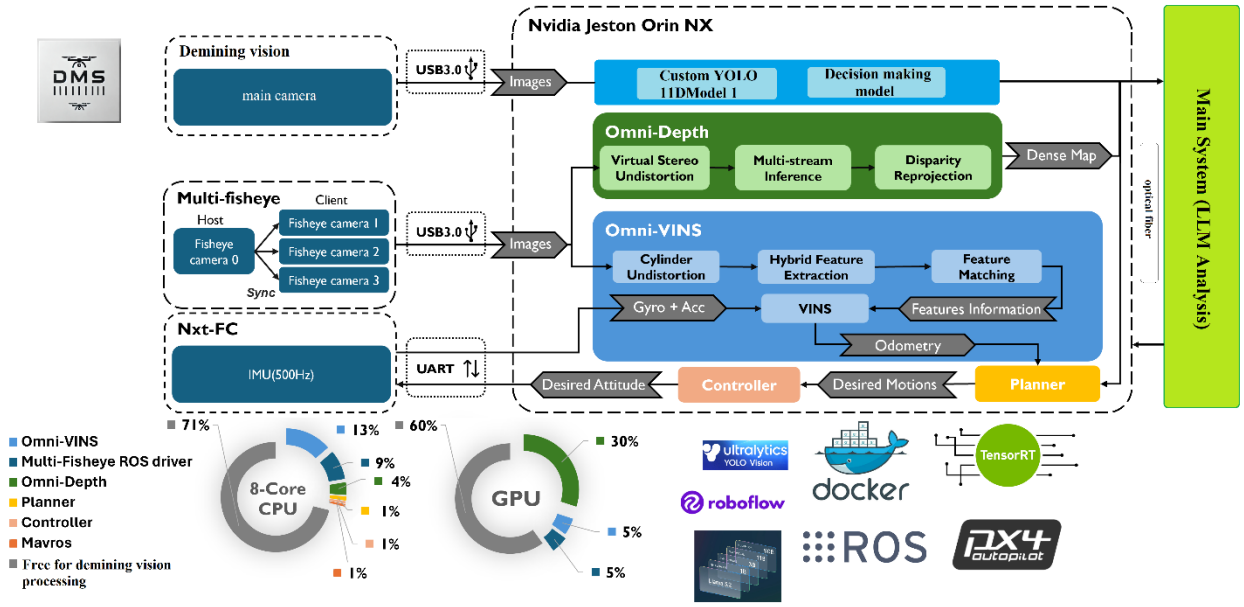


Рис. 1. Архітектура системи

Проміжні результати. Наразі система пройшла випробування на тестових наборах даних, що імітують реальні сценарії розмінування. Кастомна модель YOLO 11 показала високу здатність до виявлення мін у складних умовах на пробних базах даних. Це дозволило оптимізувати процес обробки зображень і підтвердити доцільність використання мультисенсорного підходу. Платформа LLM продемонструвала ефективність у швидкій обробці та інтерпретації результатів, що забезпечує зручний інтерфейс для оператора. Під час тестів виявлено високу стабільність системи в роботі з різнорідними даними, що свідчить про адаптивність та надійність обраного підходу.

Основні результати. На поточному етапі система доступна у вигляді програмного забезпечення, яке було протестовано на експериментальних наборах даних. Попередні результати свідчать про потенціал запропонованої архітектури, зокрема в точності та адаптивності моделі YOLO 11 для складних умов розмінування. Велика мовна модель також успішно застосовується для надання аналітичних звітів, що сприяє ефективнішому прийняттю рішень операторами. Подальші дослідження включатимуть тести на реальних наборах даних та оптимізацію архітектури для повної інтеграції всіх модулів у польових умовах. Очікується, що після цих оптимізацій система буде готова до повноцінного розгортання для реальних операцій з розмінування.

1. Jones, A., & Smith, R. (2022). *Advanced Machine Learning Techniques for Autonomous Landmine Detection Using UAV-Based Systems. International Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 58(4), 235-252.

УДК 006.91; 62-5

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ НА МІСЦІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ У РОЗПОДІЛЕНИХ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ

© Олег Радченко[1], Василь Яцук[2], 2024

[1] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), слухач магістерського рівня кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, oleh.radchenko.mivmv.2023@lpnu.ua
[2] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, vasyl.o.yatsuk@lpnu.ua

Єврокомісія визначила цифровізацію як основне завдання економіки та передбачила спеціальні рішення для її впровадження, наприклад, Європейську метрологічну хмару [1, 2]. За цим підходом вже розроблено шляхи цифрового забезпечення якості вироблення, експлуатації та утилізації продукції товарів, послуг [3]. Однак, під час впровадження дистанційного калібрування вимірювальних каналів є проблема із забезпеченням технічної можливості його здійснення в експлуатаційних умовах, параметри яких можуть загалом непрогнозовано змінюватись. В певних випадках таке калібрування може бути реалізовано з допомогою використання переносних код-керованих мір [4]. Складність проблеми калібрування окремих вимірювальних каналів сучасних кіберфізичних систем спричинила необхідність розроблення програмно-апаратного методу для дистанційного калібрування безпосередньо на місці експлуатації [4].

Калібрування в умовах на місці експлуатації потребує підходу, який мінімізує тривалість процедури і зводить до мінімуму необхідність урахування впливу неконтрольованих факторів середовища. Це досягається за рахунок фокусування на ключових параметрах, що легко виміряти й коригувати, дозволяючи ігнорувати другорядні фактори, котрі важко контролювати у промислових умовах. Підхід повинен враховувати такі вимоги.

Масштабованість та керованість. Процес калібрування повинен одночасно підтримуватись для великої кількості каналів, забезпечуючи чітку структуру, яка дозволяє легко відстежувати етапи та зміни.

Автоматизація та швидкість. Алгоритм має бути максимально автоматизованим, щоб мінімізувати потребу вручному втручанні, що забезпечить необхідну швидкість та точність для підтримки виробничих процесів.

Прозорість та документування. Кожен етап, розрахунок похибок та корекцій має чітко фіксуватись, що дозволить забезпечити простежуваність та контроль всіх дій. Збереження цих даних дозволяє у будь-який момент відтворити повну історію калібрування.

Уніфікований підхід до корекції. Важливо забезпечити єдиний підхід до збору, обробки та зберігання даних калібрування, який би легко адаптувався до різних вимог і міг бути використаний для систематичного впровадження нових рішень. Це дозволить зберігати цілісність процесу корекції та забезпечити єдину методологію в межах одного підходу.

Зниження залежності від людського фактора. Для підвищення надійності процесу важливо звести до мінімуму необхідність втручання метрологів і технічних фахівців під час калібрування. Цей підхід передбачає, що людський фактор відіграватиме роль лише за наявності особливих обставин, а загальний процес буде максимально автоматизований і стабільний.

Адаптація до умов експлуатації. Підхід повинен бути стійким до змінних умов, таких як температурні коливання чи інші зовнішні фактори, забезпечуючи стабільність калібрування без частих налаштувань.

Зважаючи на зазначені вимоги і виклики, доцільно використовувати калібрування вимірювальних каналів на базі переносного приладу. Цей прилад містить портативну кодокеровану міру, має можливість підключатися до вимірювального каналу, передавати до нього зразкові сигнали та автоматично зчитувати цифрове представлення фізичної величини з виходу

каналу. Такий прилад повинен бути попередньо налаштований у лабораторних умовах і доставлений безпосередньо на місце експлуатації вимірювального каналу, де його підключить метролог.

Однак, на основі вищезазначених вимог пропонується концепція системи локального метрологічного нагляду, яка є інформаційною системою рівня підприємства. Ця система базується на клієнт-серверній архітектурі та використовує веб-технології для реалізації процесу взаємодії, що дозволяє забезпечити гнучкість і масштабованість рішення. Технічні передумови використання веб-технологій, такі як розповсюдженість мережевої інфраструктури та стандартизовані протоколи зв'язку, роблять цей підхід особливо привабливим для промислових застосувань.

Ключовими елементами системи є центральний модуль управління (CMD) та портативний прилад калібрування (СМ), який підключається до вимірювального каналу. CMD відповідає за координацію процесу калібрування, обробку та збереження даних, а СМ забезпечує генерацію зразкових сигналів і зчитування відповідей від вимірювального каналу. Алгоритм управління процесом калібрування вимірювального каналу в розподіленій кіберфізичній системі може виглядати так.

1. Ініціація процесу калібрування (перевірка готовності системи).
2. Прийняття рішення про початок калібрування. Якщо всі критерії готовності виконані, СМ надсилає команду на клієнт для запуску процесу калібрування.
3. Процес калібрування (циклічний збір та аналіз даних). Вибір і обробка контрольної точки. (команда на вимір із увімкненим джерелом сигналу, отримання і передача результатів*),*
4. Аналіз і корекція. CMD порівнює виміряні значення, оцінює адитивні та мультиплікативні похибки і, за необхідності, коригує параметри вимірювального каналу.
5. Оцінка повноти даних для кожної контрольної точки (аналіз поточного стану, продовження або перехід до наступної точки)
6. Завершення процесу калібрування (прийняття рішення про завершення, формування звіту, підсумкове збереження даних, відключення калібрувального пристрою).

Запропонована система локального метрологічного нагляду спрямована на використання на рівні підприємства, що зменшує витрати на метрологічні процеси та мінімізує потребу у зупинці обладнання чи виробництва. Вона ефективно управляє процесом калібрування на місці експлуатації та забезпечує своєчасне виявлення несправностей та їхнє попередження, що критично важливо для безперервності виробничих процесів. Ця реалізація дозволяє легко інтегруватися в існуючу інфраструктуру підприємства, забезпечуючи легке розширення та модернізацію за потреби. Автоматизація процесів знижує вплив людського фактора і підвищує точність та оперативність метрологічного нагляду.

1. Digital Single Market, Bringing down barriers to unlock online opportunities, European Commission, Priorities, https://ec.europa.eu/priorities/digitalsingle-market_en, (retrieved: 2024-09-09)

2. The ‘Blue Guide’ on the implementation of EU product rules 2022 (Text with EEA relevance), 2022/C 247/01, C/2022/3637, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.C_.2022.247.01.0001.01.ENG (Last accessed: 10.10.2024).

3. Evolution of the European Metrology Cloud, Nordholz, J., Dohlus, M., Graflich, J., Kammeyer, A., Nischwitz, M., Wetzlich, J., Yurchenko, A., Thiel, F. OIML, Bulletin, Vol, LXII, Nu. 3, July 2021, p. 27-34,

4. Bubela T., Yatsuk V., Mykyjchuk M. M., Yatsuk Y., Kochan O. Ensuring uniformity of measurements in the european metrology cloud // Український метрологічний журнал. – 2024. – № 1. – С. 11–16.

УДК:004.896:629.8.06

ВИКОРИСТАННЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТОЧНОСТІ НАВІГАЦІЇ АВТОНОМНИХ РОБОТІВ У ДИНАМІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

© Гліб Салінко [1], Марина Лорія [2], 2024

[1] Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (Київ, Україна), студент групи АТП-23д, кафедра комп'ютерно-інтегрованих систем управління, atp-23d-1266@snu.edu.ua

[2] Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (Київ, Україна), професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління, доктор технічних наук, m_loria@snu.edu.ua

У роботі представлено дослідження можливостей використання сенсорних мереж для підвищення точності навігації автономних роботів у динамічних середовищах. Сучасні роботи, призначені для роботи в умовах складних і непередбачуваних перешкод, потребують надійних технологій для адаптивної навігації, яка передбачає ефективне розпізнавання об'єктів, обробку їхніх траєкторій та уникнення зіткнень. У роботі акцент зроблено на інтеграції кількох типів сенсорів, зокрема лідарних, ультразвукових і стереокамер, що дозволяють збирати і синхронізувати тривимірну інформацію про оточення в режимі реального часу.

Методика дослідження. На першому етапі було розроблено програмно-апаратний комплекс на базі робота, оснащеного лідаром 2D-LiDAR L515 (Intel), ультразвуковими сенсорами HC-SR04, а також стереокамерами RealSense D435i для збору даних про об'єкти в середовищі та їхні динамічні характеристики. Наступним кроком стало розроблення алгоритму обробки сенсорних даних на основі глибинного навчання, що використовує рекурентні нейронні мережі (LSTM) для прогнозування траєкторій об'єктів. Алгоритм був інтегрований в ROS (Robot Operating System) і протестований у середовищі Gazebo з моделюванням динамічного руху об'єктів (наприклад, пішоходів та інших роботів).

Результати експериментів. Результати тестування продемонстрували значне зниження похибки навігації у динамічному середовищі: точність визначення оптимальної траєкторії збільшилася на 25%, а кількість випадків уникнення зіткнень зросла на 40% порівняно зі стандартними алгоритмами, які використовували тільки лідар. Особливо перспективними виявилися комбінації сенсорних даних, які забезпечують глибину розпізнавання і швидкість реакції робота на рухомі об'єкти.

Висновки. Розроблений підхід до інтеграції сенсорних мереж у навігаційну систему автономного робота є ефективним для роботи в умовах динамічного середовища. Запропонований комплекс сенсорів та алгоритм прогнозування траєкторій можуть бути корисними для застосування в безпілотних транспортних засобах, логістичних роботах, а також у рятувальних операціях. Подальші дослідження будуть спрямовані на покращення стійкості алгоритму до змін у структурі даних та на дослідження енергоефективності сенсорних мереж.

1. Borenstein, J., Everett, H. R., Feng, L., & Wehe, D. (1997). Mobile robot positioning: Sensors and techniques. Journal of Robotic Systems, 14(4), 231–249.

2. Thrun, S., Burgard, W., & Fox, D. (2005). Probabilistic robotics. MIT press.

3. Intel RealSense L515 LiDAR Camera Product Brief. Intel Corporation. Retrieved from https://www.intelrealsense.com/lidar-camera-l515/.

4. Song, S., & Chandraker, M. (2014). Robust visual odometry through network adaptivity for dynamic environments. IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 531–536.

5. Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., et al. (2009). ROS: an open-source Robot Operating System. ICRA Workshop on Open Source Software.

УДК 616.006: 51.76

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ВУЗЛОВИХ УТВОРЕНЬ ЩИТОВИДНОЇ ЗАЛОЗИ

© Оксана Бойко[1], Василь Литвин[2], Олександр Медяков[3], Богдан Маркович[4], Андрій Сеник[5]

[1] Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, (Львів, Україна), зав.кафедри медичної інформатики, д.т.н., професор, oxana_bojko@ukr.net
[2]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), зав. кафедри інформаційних систем та мереж, д.т.н., професор, Vasyl.V.Lytvyn@lpnu.ua
[3]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), студент кафедри інформаційних систем та мереж, Data Scientist в EPAM Systems, oleksandr.mediakov.mnsam.2023@lpnu.ua
[4]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), професор кафедри прикладної математики, д.ф.-м.н., професор, bohdan.m.markovych@lpnu.ua
[5]Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), доцент кафедри прикладної математики, к.ф.-м.н., доцент, andrij.sen@gmail.com

Одним із пріоритетів сучасної медицини є профілактика та рання діагностика захворювань, особливо злоякісних новоутворень, оскільки стадія їх виявлення визначає прогноз і витрати на лікування. Захворювання щитовидної залози (ЩЗ) сьогодні займають провідні позиції серед ендокринних патологій за рівнем поширеності та загальної захворюваності в світі. Вони спостерігаються приблизно у 5–10% дорослого населення при фізикальному обстеженні, а при застосуванні ультразвукової діагностики цей показник зростає до 19–67%, особливо серед жінок і літніх людей. В останні десятиліття спостерігається збільшення випадків вузлових утворень щитовидної залози. Застосування сучасних ультразвукових технологій дає змогу виявляти вузлові утворення розміром від 0,3 см. Тонкоголкова аспіраційна біопсія (ТАБ) під ультразвуковим (УСГ) контролем стала широко поширеною методикою діагностики патологій щитоподібної залози. Для визначення показань до проведення ТАБ під УСГ зазвичай застосовується система TI-RADS (Thyroid Imaging, Reporting and Data System), яка допомагає оцінити ризики та структуру вузлів, сприяючи стандартизації діагностичного процесу. Точна класифікація та оцінка ризику злоякісності вузлових утворень ЩЗ є вкрай важлива для діагностики та лікування. Штучний інтелект, зокрема нейронні мережі, надає нові можливості для більш точної та швидкої діагностики.

Для дослідження зібрано результати УСГ обстежень 650 вузлів, які підлягали ТАБ та були верифіковані гістологічно. Проте після процесу попередньої обробки та очищення даних залишилося 530 обстежень. Кожне спостереження описується множиною вхідних ознак та відповідною вихідною змінною, що є результатом ТАБ. Множина вхідний ознак включає 1 числову змінну – вік, та 11 категоріальних. Категоріальні дані присутні як бінарні, наприклад стать, так і мультикласові, наприклад розмір, форма вузла, контур, структура, ехогенність. Кожна з категоріальних змінних містить обмежену область визначення або задана на номінальній шкалі.

Було побудовано нейронну мережу типу багатошаровий персептрон з 5 проміжними шарами однакової потужності та функцією активації ReLU (Rectified Linear Unit). Навчання моделі проводилося протягом 26 епох, обраний оптимізатор – Adam. Для подолання проблеми дисбалансу даних використано метод оверсемплінгу. Бінарна точність моделі перевищує 81%, що вказує на здатність моделі визначати наявність чи відсутність онкології . Кінцеве значення ROC AUC для тестового набору становить 0.96, що показує ефективність запропонованої моделі.

Розробка та впровадження нових методів автоматизованого аналізу вузлових утворень щитовидної залози на основі нейронних мереж можуть забезпечити високоточне виявлення злоякісних змін, що сприятиме підвищенню ефективності лікування, зниженню кількості необґрунтованих біопсій і покращенню якості життя пацієнтів.

УДК 378.046

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННИХ СЕРТИФІКАТІВ ЛЬВІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ДАНИЛА ГАЛИЦЬКОГО

© Олександр Курьянович[1], Костянтин Мовчан[2]

[2] Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, (Львів, Україна), асистент кафедри медичної інформатики, it_dept@meduniv.lviv.ua
[2] Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, (Львів, Україна), асистент кафедри медичної інформатики, bsdkom@gmail.com

У сучасній медичній освіті безперервний професійний розвиток (БПР) є критично важливим для підтримки високого рівня знань та компетенцій серед медичних працівників. Документом, що підтверджує участь у заході БПР є сертифікат. Актуальним є запровадження електронних сертифікатів, які підтверджують успішне завершення курсів, програм або навчання, а також забезпечують надійну ідентифікацію учасників наукового заходу, зменшуючи ризик підробки документів та шахрайства.

Перевагами електронних сертифікатів є:

– Безпека та автентичність: використання сучасних технологій надає високий рівень захисту від підробок і гарантує, що сертифікати дійсно видані закладом вищої освіти. Електронні сертифікати забезпечують надійне підтвердження проходження учасником наукового заходу, зменшуючи ризик підробки документів.

– Легкість у верифікації: учасники, які успішно пройшли науковий захід можуть отримувати свої сертифікати онлайн, що дозволяє їм швидко подати документи для працевлаштування чи атестації для присвоєння або підтвердження кваліфікаційної категорії або кваліфікації. Роботодавці та інші установи можуть легко перевірити справжність електронних сертифікатів через туж саму систему.

– Гнучкість у навчанні: електронні сертифікати можуть супроводжувати дистанційні або змішані навчальні програми, що підвищує доступність освіти.

– Швидкість та зручність: Здобувачі освіти можуть отримувати сертифікати миттєво через онлайн-сервіси, без потреби в фізичному документообігу.

– Спростити міжнародні зв'язки: електронні сертифікати легше перевіряти на міжнародному рівні, що може спростити процес визнання дипломів і сертифікатів в інших країнах.

– Економія ресурсів та часу: автоматична генерація електронних сертифікатів дозволяє швидко видавати документи учасникам одразу після завершення заходу. Це знижує потребу в паперовій документації, прискорює видачу сертифікатів та значно спрощує процес адміністративного супроводу БПР.

– Покращення звітності: завдяки електронним системам можна легше вести облік виданих сертифікатів, що спрощує адміністративний контроль.

– Професійні сертифікати: Можуть бути видані для спеціалізованих програм підвищення кваліфікації, для учасників конференцій, семінарів та інших заходів.

У Львівському національному медичному університеті імені Данила Галицького розроблено та запроваджено спеціалізоване програмне забезпечення для генерації електронних сертифікатів, які містять QR-коди з посиланням на сторінку наукового заходу та підпис ректора для забезпечення їх автентичності. Електронні сертифікати не лише спрощують процеси видачі документів, але й підвищують їх безпеку та зручність. Перехід на електронні сертифікати є важливим кроком в інтеграції цифрових технологій в освітній процес, що відповідає тенденціям цифровізації у вищій медичній освіті.

УДК 628

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ СИЛОВИХ ВПЛИВІВ У РОБОТИЗОВАНИХ МАНІПУЛЯТОРАХ

© Руслан Салінко [1], Тетяна Сотнікова [2], 2024

[1] Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (Київ, Україна), студент групи АТП-23д, кафедра комп'ютерно-інтегрованих систем управління, atp-22d-1261@snu.edu.ua

[2] Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (Київ, Україна), доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління,кандидат технічних наук, sotnikova@snu.edu.ua

Роботизовані маніпулятори є критично важливими елементами сучасної автоматизованої промисловості, особливо у сферах точного складання, електроніки та медичних застосувань. Одним із найважливіших аспектів їхнього функціонування є здатність точно вимірювати та контролювати силові впливи при взаємодії з об'єктами, що гарантує стабільність і безпеку роботи. У даній роботі розглянуто сучасні методи підвищення точності вимірювання силових впливів у роботизованих маніпуляторах, зокрема інтеграцію сенсорів сили та моменту, а також використання алгоритмів компенсації похибок.

Мета дослідження полягає у вивченні методів вимірювання силових взаємодій у роботизованих маніпуляторах та аналізі факторів, що впливають на точність цих вимірювань. У роботі акцентується увага на таких технологіях, як калібрування сенсорів, використання методів фільтрації сигналів, а також на розробці алгоритмів для компенсації тертя, відхилень та інших похибок.

Методологія. У дослідженні було проведено порівняння різних типів сенсорів сили (наприклад, сенсорів на основі тензометричних елементів та п'єзоелектричних сенсорів) з метою визначення їхньої точності та чутливості. Розроблено програму калібрування та обробки сигналів з використанням алгоритму фільтра Калмана, що дозволяє зменшити вплив шуму на результати вимірювань. Окрім того, досліджено алгоритми компенсації тертя, які дозволяють покращити точність контролю сили при взаємодії маніпулятора з об'єктами різної твердості та маси.

Результати дослідження показали, що використання комбінованих методів, зокрема калібрування сенсорів та алгоритмів компенсації, дозволяє підвищити точність вимірювань на 15–20% у порівнянні з традиційними методами. Використання фільтра Калмана для обробки сигналів дозволило зменшити вплив шуму на 30%, що є критично важливим при роботі маніпуляторів у високоточних операціях, таких як складання мікроелектронних компонентів.

Висновки. Використання запропонованих методів підвищення точності вимірювань силових впливів є ефективним рішенням для роботизованих маніпуляторів, що працюють у високоточних та відповідальних процесах. Розроблена система обробки сигналів і компенсації похибок забезпечує стабільність роботи маніпулятора та знижує ризик пошкодження компонентів. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію алгоритмів для роботи в умовах змінного середовища та розробку інтегрованих сенсорних систем для роботів нового покоління.

1. Siciliano, B., & Khatib, O. (Eds.). (2016). Springer Handbook of Robotics. Springer International Publishing.

2. Schaeffer, J., & Cannon, R. H. (1997). Force sensor calibration for robot manipulators: Theory and experiments. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 13(4), 566–573.

3. Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. Transactions of the ASME–Journal of Basic Engineering, 82(1), 35–45.

4. Huang, J., & Nakamura, Y. (2005). High precision force control of robot manipulators with disturbance observer and model-based feedforward control. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 10(5), 563–570.

5. Mori, T., & Schilling, R. J. (1988). Dynamic force and position control for robot manipulators in constrained motion tasks. IEEE Journal on Robotics and Automation, 4(6), 658–664.

УДК 004.383:681.586:621.39

ІНТЕГРАЦІЯ ІНФРАЧЕРВОНИХ І УЛЬТРАЗВУКОВИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ В УМОВАХ НИЗЬКОЇ ОСВІТЛЕНОСТІ

© Наталія Салінко[1], Людмила Карпюк [2], 2024

[1] Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (Київ, Україна), студент групи АТП-23д, кафедра комп'ютерно-інтегрованих систем управління, atp-22d-1261@snu.edu.ua
[2] Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля (Київ, Україна), старший викладач кафедри комп'ютерно-інтегрованих систем управління, karpiuk@snu.edu.ua

Вимірювання відстані є одним із ключових завдань у робототехніці, що має критичне значення для орієнтації автономних роботів, особливо в умовах низької освітленості, де оптичні сенсори можуть не забезпечувати необхідної точності. У цьому контексті інтеграція інфрачервоних та ультразвукових датчиків є перспективним підходом для підвищення надійності вимірювальних систем у складних умовах середовища.

Мета дослідження полягає у розробці та тестуванні системи, що об'єднує інфрачервоні (ІЧ) та ультразвукові (УЗ) сенсори для вимірювання відстані в умовах низької освітленості. Така система має компенсувати обмеження окремих сенсорів, зокрема, чутливість інфрачервоних сенсорів до інтенсивності освітлення і залежність ультразвукових датчиків від матеріалу та кута нахилу поверхні об'єкта.

Методологія. Було розроблено прототип системи, що складається з інфрачервоних датчиків Sharp GP2Y0A02YK0F і ультразвукових датчиків HC-SR04. Прототип інтегровано з мікроконтролером Arduino для збору й обробки даних. Алгоритм роботи системи побудовано на принципі комбінування даних із сенсорів з використанням фільтра Калмана для зменшення шуму і покращення точності вимірювань. Для тестування прототипа створено стенд із варіативним освітленням, що імітує умови недостатньої видимості. Вимірювання проводилися на різних відстанях (від 10 см до 150 см) з урахуванням впливу різних матеріалів поверхонь об'єктів.

Результати дослідження показали, що інтегрована система значно перевершує точність окремих сенсорів в умовах слабкого освітлення. Зокрема, комбінація ІЧ та УЗ сенсорів зменшила середнє відхилення результатів на 15–20% у порівнянні з окремим використанням кожного з датчиків. Результати показують, що запропонований підхід дозволяє досягти стабільних і надійних вимірювань навіть за умов нестабільного освітлення. Окрім того, система ефективно працює з об'єктами різної текстури та кольору, що робить її перспективною для застосування в робототехнічних системах, призначених для роботи у закритих приміщеннях або в умовах низької видимості.

Висновки. Інтеграція інфрачервоних та ультразвукових датчиків є ефективним рішенням для забезпечення точного вимірювання відстані в умовах низької освітленості. Розроблена система продемонструвала стабільність і точність у різних умовах, що дозволяє використовувати її в таких сферах, як автономна навігація роботів, складські логістичні системи, а також рятувальні операції у приміщеннях з обмеженим освітленням. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на оптимізацію енергоспоживання системи та зменшення габаритів для покращення мобільності роботів.

1. Siciliano, B., & Khatib, O. (2016). Springer Handbook of Robotics. Springer International Publishing.

2. Nguyen, D., & Luo, R. C. (2010). Sensor fusion and integration for multiple infrared and ultrasonic sensors for robot applications. IEEE Sensors Journal, 10(5), 944-953.

3. Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. Transactions of the ASME–Journal of Basic Engineering, 82(1), 35–45.

4. Arduino Documentation. (n.d.). HC-SR04 Ultrasonic Sensor. Retrieved from https://www.arduino.cc/en/Tutorial/UltrasonicSensor.

5. Sharp Corporation. (2020). Sharp GP2Y0A02YK0F Infrared Proximity Sensor Specifi.

УДК 681.2.08

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ СТУПЕНЯ ЗМОЧУВАННЯ ПОРІД РОЗЧИНАМИ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН МЕТОДОМ ВІДТІКАННЯ

© Мирослава Чуйко [1], Михайло Чуйко [2], 2024

[1] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (м. Івано-Франківськ, Україна), доцент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, к.т.н. доцент, myroslava.chuiko@nung.edu.ua
[2] Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (м. Івано-Франківськ, Україна), магістр, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій, mykhailo.chuiko-mttm232@nung.edu.ua

Оскільки нафтогазоносні породи відрізняються за своєю структурою, розміром пор, щільністю їх розташування, пластовим тиском, температурою та ступенем змочування флюїдом, виникає необхідність контролю ступеня змочування розчинами поверхнево-активних речовин (ПАР) породи певного родовища для інтенсифікації нафтогазовидобутку. Метод контролю ступеня змочування розчинами ПАР гірських порід може бути реалізованим на основі визначення швидкості відтікання рідини із зразка породи, яка залежить від: змочування рідиною породи, поверхневих натягів контактуючих середовищ, в'язкості рідини, а також від шорсткості поверхні породи [1]. Контроль швидкості відтікання здійснюється шляхом неперервної реєстрації зміни об'єму досліджуваної рідини, яка відтікає з поверхні нахиленого зразка і потрапляє у оптично прозору мірну ємність.

Для реалізації запропонованого методу розроблено пристрій контролю ступеня змочування породи розчинами ПАР, що включає три основних вузли різного функціонального призначення: електромеханічний блок (вузол 1), вимірювальний блок (вузол 2) і блок оброблення та керування (вузол 3). Вузол 1 здійснює нанесення фіксованого об'єму досліджуваного розчину ПАР на зразки породи шляхом переміщення поршня дозатора. Вузол 2 призначений для вимірювання об'єму розчину ПАР, яка витісняється із зразка у мірну ємність. Вузлом 3 здійснюється оброблення вимірювальної інформації та порівняння отриманих часових залежностей зміни об'єму розчинів різних концентрацій ПАР для оцінки ступеня змочування, а також керування процесом роботи всього пристрою.

Прецизійне переміщення шприца дозатора здійснюється кроковим двигуном через передавальний механізм. Обертовий момент валу двигуна перетворюється в поступальний рух поршня дозатора. При русі поршня вниз розчин ПАР з дозатора наноситься на пористу поверхню керна – досліджуваного зразка гірської породи. Вмикання чи зупинка двигуна здійснюється персональним комп'ютером (ПК) через блок керування двигуном. Тривалість контролю зумовлюється часом, необхідним для адсорбції об'єму розчину пористим тілом і, в більшості випадків, визначається параметрами досліджуваного зразка гірської породи.

Досліджуваний керн встановлюється на нахилений під кутом 15° столик. У його нижньому кінці є отвір, через який натікає у мірник розчин, що пройшов через пори досліджуваного зразка. Стіл і колба розташовані на платформі, яка за допомогою нівеліра дозволяє виставити необхідний кут для усунення похибки, викликаної невідповідністю нахилу площини зразка, але при цьому колба розташовується чітко горизонтально.

Кількість рідини у колбі визначається оптоелектронним перетворювачем, сигнал з якого підсилюється і подається на ПК для реєстрації та порівняння з часовими залежностями зміни об'єму рідини у колбі при дослідженні інших зразків та інших ПАР. Також через ПК вводяться команди про початок і кінець вимірювання та формування висновків про якість змочування розчинами ПАР досліджуваного керна. Більша швидкість натікання розчину ПАР у мірник відповідає більшому куту нахилу кривої зміни об'єму рідини у мірнику, що відповідає кращому змочуванню стінок пор породи, і тим інтенсивніше буде вимиватися флюїд із породи, збільшуючи при цьому нафтовіддачу пласта.

1. Becky L. and Abraham M. The exponential power law: partial wetting kinetics and dynamic contact angles. Colloid Surfaces A: Phys.chem. Eng. Aspects. 2014. Vol. 250. Pp. 409–414

UDC 532.6

A NOVEL METHOD FOR MEASURING DYNAMIC CONTACT ANGLE: ENHANCED ACCURACY AND CONTROL

© Olha Barna[1], Serhii Barna[2], Lidiia Vytvytska[3], 2024

[1]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), associate professor of the Department of Information and Measurement Technologies, Ph.D., olha.barna@nung.edu.ua
[2]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), postgraduate student of the 175 speciality, serhii.barna@nung.edu.ua
[1]Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas (Ivano-Frankivsk, Ukraine), associate professor of the Department of Information and Measurement Technologies, Ph.D., associate professor, lidiia.vytvytska@nung.edu.ua

Superhydrophobic coatings contribute to the environmental sustainability of solar energy by reducing the consumption of water and cleaning agents. Traditional cleaning methods often involve the use of water-intensive techniques and harsh chemicals that can have negative environmental impacts. By minimizing the need for these practices, superhydrophobic coatings help to reduce the carbon footprint of solar energy systems. Additionally, the increased efficiency and lifespan of solar panels, enabled by these coatings, further contribute to the overall environmental benefits of solar energy.

Contact angle analysis is commonly used to assess how water repellent a solid surface is. A high contact angle indicates that the surface is low wetting (i.e. that the water droplet will not spread very much onto the surface). A low contact angle indicates that the surface is high wetting (i.e. that a water droplet will spread out across the surface).

When a liquid droplet is placed on a solid surface, its behavior is influenced by the relative strengths of the adhesive forces between the liquid and solid molecules and the cohesive forces within the liquid itself. A lower contact angle indicates stronger adhesive forces, leading to greater wetting of the surface. Conversely, a higher contact angle signifies stronger cohesive forces, resulting in less wetting and droplet formation.

Complete Wetting: In the case of complete wetting, the contact angle approaches zero degrees, and the liquid spreads across the surface to form a thin film.

Partial Wetting: For partial wetting, the contact angle is between 0° and 90°, and the droplet maintains a distinct shape.

Superhydrophobic Surfaces: Superhydrophobic surfaces exhibit contact angles greater than 150°, repelling water droplets and minimizing contact. This property, often referred to as the "lotus effect," is inspired by the self-cleaning nature of lotus leaves.

The shape of a liquid droplet is primarily governed by surface tension, which arises from the cohesive forces between liquid molecules. Molecules at the surface experience an inward force due to the imbalance of intermolecular forces, creating a state of higher energy compared to molecules in the bulk. To minimize this energy, the liquid tends to minimize its surface area, resulting in a spherical shape, which is the configuration with the lowest surface area-to-volume ratio.

However, when a liquid droplet is in contact with a solid surface, the interplay between surface tension, adhesive forces, and gravity influences the final shape of the droplet. The contact angle provides a quantitative measure of this balance of forces and allows us to understand and predict the wetting behavior of liquids on solid surfaces.

In reality, droplets can exist in various metastable states, leading to a range of observed contact angles that deviate from the theoretically predicted value.

To account for the dynamic nature of wetting, the concepts of advancing and receding contact angles are introduced.

Advancing Contact Angle (θ_a): This angle is measured as a droplet expands on a solid surface. As the droplet grows, the three-phase contact line advances, and the contact angle increases until it reaches a maximum value.

Receding Contact Angle (θ_r): This angle is measured as a droplet retracts from a solid surface. As the droplet shrinks, the three-phase contact line recedes, and the contact angle decreases until it reaches a minimum value.

The difference between the advancing and receding contact angles, known as the contact angle hysteresis, is a measure of the energy barrier required to move the three-phase contact line. A larger hysteresis indicates a greater resistance to wetting or dewetting [1].

Several factors can influence the dynamic contact angle, including:

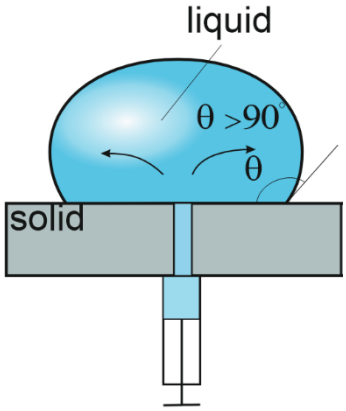
– The surface roughness, chemical composition, and surface energy of the solid substrate can significantly impact the wetting behavior of a liquid.

– The surface tension, viscosity, and interfacial tension of the liquid can affect the dynamics of droplet spreading and retraction.

– Factors such as temperature, humidity, and atmospheric pressure can also influence the wetting behavior.

By understanding the dynamic aspects of wetting, researchers and engineers can design surfaces with tailored wettability properties for specific applications, such as self-cleaning surfaces, anti-fogging coatings, and biomedical devices.

This thesis proposes a novel method for measuring the dynamic wetting angle of a surface. The method involves placing a liquid droplet (typically water) on the test surface. Unlike traditional methods, the liquid is dispensed onto the surface through a dedicated hole using a controlled dispenser (fig. 1).



An illustration of measuring dynamic contact angle method

This approach offers several key advantages:

- **Extended Measurement Time:** The controlled dispensing allows for continuous liquid addition, enabling measurement of the dynamic wetting angle over extended periods. This provides a more comprehensive picture of the surface's wetting behavior.
- **Accurate Volume Control:** The use of a dispenser facilitates accurate measurement of the droplet volume throughout the experiment. This precise volume data can be used to refine the accuracy of the calculated wetting angle.
- **Reduced Disturbance:** Compared to traditional methods that involve dropping a liquid onto the surface, this method minimizes disturbance during droplet formation. This minimizes the influence of extraneous factors on the measured wetting angle.

Overall, the proposed method offers a more controlled and accurate way to measure the dynamic wetting angle of a surface, providing valuable insights into the surface's interaction with liquids.

1. G. Bracco, B. Holst (eds.), Surface Science Techniques, Springer Series in Surface Sciences 51, DOI 10.1007/978-3-642-34243-1_1, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

УДК 62-8

ПРОБЛЕМИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ

© Андрій Гуляєв, Олег Вотяков, 2024

ДНДІ ВіС ОВТ старший науковий співробітник НДВ інноваційних проєктів

Постановка проблеми.

Метрологічне забезпечення озброєння та військової техніки організується та здійснюється відповідно до Закону України № 1314-VII від 15.06.14 “Про метрологію та метрологічну діяльність”. Цей Закон визначає правові основи забезпечення єдності вимірювань в Україні, регулює відносини у сфері метрологічної діяльності та спрямований на захист громадян і національної економіки від наслідків недостовірних результатів вимірювань, Постанови Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2015 р. № 1152 “Про особливості забезпечення єдності вимірювань у сфері оборони України”, яка визначає особливості метрологічного забезпечення діяльності у сфері оборони України, “Положення про метрологічну службу Міністерства оборони України та Збройних Сил України” затвердженого Наказом Міністерства оборони України від 24.05.2017 року № 288. Це положення визначає завдання, порядок організації і особливості метрологічної діяльності у сфері оборони, а також мету, завдання, порядок організації й здійснення метрологічного забезпечення в Міністерстві оборони України та Збройних Силах України, Державних стандартів України: ДСТУ 2568-94, ДСТУ 2681-94, ДСТУ 3231:2007, ДСТУ ISO 10012:2005, ДСТУ STANAG 4704:2018 та інших керівних документів.

Метрологічне забезпечення (МлЗ) – це комплекс заходів, спрямованих на досягнення єдності вимірювань та достовірності контролю параметрів об'єктів вимірювань військового призначення у ЗС України, інших військових формувань.

В широкому сенсі МлЗ розглядається як область, що охоплює теорію, методи, засоби та організаційні правила забезпечення єдності і точності вимірювань, контролю та випробувань з метою забезпечення високої ефективності виробництва, експлуатації технічних об'єктів та достовірності наукового експерименту. У вузькому сенсі під МлЗ розуміють роботу метрологічних служб, а іноді й роботи по проведенню високоточних вимірювань, створення спеціальних контрольно-вимірювальних та випробувальних пристроїв конкретного застосування.

На даний час не існує нормативного документа, що визначав би порядок функціонування, структуру та функції метрологічного забезпечення в особливий період.

Висока оперативність метрологічних робіт, необхідність їх виконання безпосередньо в місцях розташування військ, підвищенні вимоги до своєчасного виконання операцій по діагностуванню і контролю параметрів зразків озброєння і військової техніки, автономність і мобільність функціонування метрологічних частин і підрозділів, як в мирний так і в військовий час потребує спеціальних теоретичних знань та практичних навичок, а саме: вимог керівних документів з метрологічного забезпечення у сфері оборони, з експлуатації спеціальних військових засобів вимірювальної техніки за номенклатурою Озброєння Командування Сил логістики Збройних сил України.

Неточність юстировки (не горизонтальність) установки опорно-поворотних пристроїв радіолокаційних станцій (РЛС) виявлення й цілевказівки, а також оптичних засобів цілевказівки погіршує на 10-15 % точність цілевказівок, які видані через автоматизовану систему управління (АСУ) зенітним ракетним комплексом, і може істотно зрости, залишаючись схованою, якщо вчасно не проводити технічне обслуговування (ТО) таких пристроїв і засобів.

Також, відсутність синхронізації з необхідною точністю частотно-часової апаратури командних пунктів та АСУ ударними комплексами за сигналами глобальних навігаційних супутникових систем (навмисного придушення їх сигналів) добова розбіжність шкал часу у

споживачів може досягати значень, що неприйняті для роботи систем розпізнавання і надання цілевказівок. Зміна похибки вимірювання потужності електромагнітних коливань на 10 % при ТО бортових РЛС сучасних літаків призводить до зміни дальності виявлення повітряної цілі (ПЦ) (убік зменшення) на 6 %, зростанню навантаження на бортову мережу.

З метою вирішення питань мобільності своєчасного виконання операцій по діагностуванню і контролю параметрів, економії часту та ресурсів пропонуємо розглянути використання Інтернет-метрології.

Інтернет-метрологія – це сфера метрології, а точніше надання метрологічних послуг, яка набуває поширення в найбільш розвинених країнах світу. Найбільшого поширення системи інтернет-метрології набули в Японії, Великобританії, Нідерландах, Сполучених Штатах Америки. В цих країна такий вид послуг є легалізований і реалізується на рівні з традиційними метрологічними сервісами.

Метою інтернет-метрології, є зокрема, спрощення процедури калібрування за рахунок проведення цієї процедури на стороні де знаходиться зразок для калібрування.

Одним з можливих варіантів проведення калібрування є калібрування генераторів частоти. Оскільки частотний сигнал може бути переданий дистанційно: через радіосигнал, за допомогою кодування та передачі через інтернет або передавати по телефонним лініям зв'язку, то такий вид калібрування на відстані є таким що досить легко реалізується.

На рис. 1 представлена схема калібрування генератора частоти з використанням віддаленого доступу до сигналу еталонної частот .

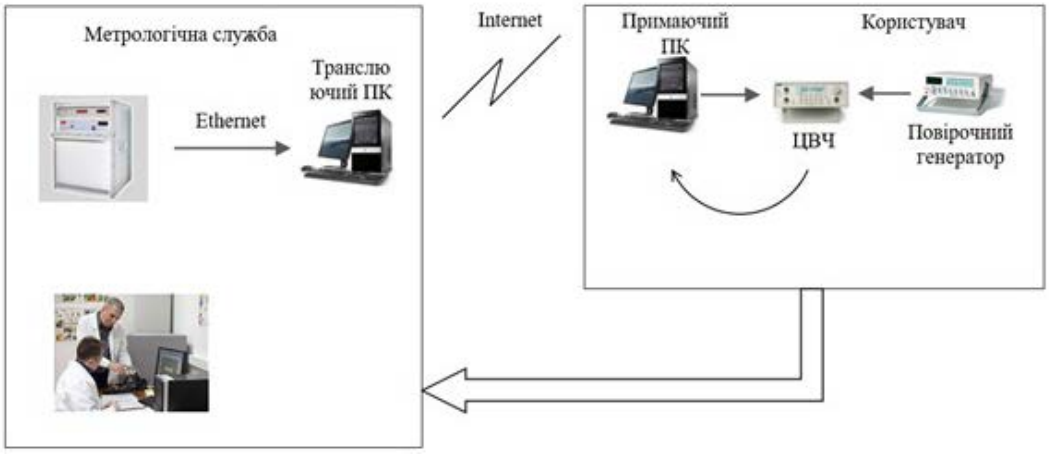


Рис. 1. Базова архітектура системи інтернет-калібрування генератора частоти

За цією схемою на стороні метрологічної служби формується еталонний сигнал заданої частоти (за допомогою еталонного генератора). Цей сигнал кодується відповідним чином і передається через мережу інтернет з забезпеченням потрібної точності передачі даних та використанням захисту цих даних. Приймаючий ПК на стороні клієнта забезпечує отримання сигналу еталонної частоти, який передає на цифровий вимірювач частоти (ЦВЧ). З іншого боку на цифровий вимірювач частоти передається встановлене значення сигналу частоти з генератора, що калібрується. Таким чином цифровий вимірювач частоти забезпечує вимірювання різниці еталонного значення частоти та частоти, що поступає від генератора, який калібрується. Вимогою до ЦВЧ є висока прецизійність, що дозволяє використовувати його в процедурі калібрування.

Метою калібрування є отримання:

- Реального значення частоті в точці калібрування генератора;
- Оцінювання невизначеності калібрування.

УДК 658.562

ВИМІРЮВАННЯ ТА МОНІТОРИНГ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОБАК ДЛЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ПІДБОРУ КОРМУ

© Тарас Карман, 2024

Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), студент групи ІВТВ-11 кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, taras.karman.mivtv.2024@lpnu.ua

В умовах сучасного розвитку галузі тваринництва в Україні та зростання культури відповідального догляду за домашніми тваринами питання індивідуального підбору корму для собак набуває особливої актуальності. Зважаючи на різноманітність порід, рівень активності та стан здоров'я кожної тварини, виникає потреба у впровадженні науково обґрунтованих підходів та вимірювальних методик, які дозволяють розробляти персоналізовані раціони. Ця стаття пропонує алгоритм підбору сухого корму з урахуванням розміру породи, ваги, віку та фізіологічних особливостей, доповнений технічними рекомендаціями для оптимального визначення потреб тварини. Сподіваємося, що цей підхід сприятиме розвитку стандартів харчування для собак в Україні та підвищенню якості догляду за ними.

Алгоритм підбору корму

1. Оцініть розмір породи та вагу собаки Породи розрізняються за розміром, і для кожної з них підходить різний баланс поживних речовин та калорійність корму.

– Маленькі породи (до 10 кг): Швидкий метаболізм і дрібна щелепа. Рекомендується корм із підвищеною калорійністю та дрібними гранулами, з акцентом на вуглеводи та жири для підтримки енергії.

– Середні породи (10-25 кг): Середня активність. Потрібен збалансований корм із оптимальним вмістом білків і жирів.

– Великі породи (понад 25 кг): Потребують підтримки суглобів, тому корм має містити більше білка для м’язів і добавки для здоров'я суглобів, як хондроїтин і глюкозамін.

2. Врахуйте вагу собаки

– Недостатня вага: Висококалорійний корм для набору ваги.

– Нормальна вага: Корм із помірною калорійністю.

– Зайва вага: Корм із зниженою калорійністю та низьким вмістом жирів, можливо з L-карнітином для спалювання жиру.

3. Вік собаки

– -Щенята: Підвищений вміст білків і кальцію для росту.

– Дорослі собаки: Корм з оптимальним вмістом білків, жирів та вуглеводів для підтримки активності.

– Старші собаки: Знижена калорійність, більше клітковини, добавки для суглобів.

4. Рівень активності собаки

– Високоактивні: Корм з високим вмістом калорій, білків і жирів.

– Малорухливі: Корм із зниженою калорійністю для запобігання набору ваги.

5. Стан здоров’я

– Алергії: Гіпоалергенний корм із рідкісними джерелами білка.

– Проблеми з травленням: Легко перетравлювані інгредієнти.

– -Суглобові проблеми: Добавки для здоров’я суглобів, як глюкозамін та Омега-3.

6. Вибір виробника та якість корму Обирайте корми з чітким маркуванням інгредієнтів і сертифікатами якості, бажано преміум-класу.

Технічний аналіз параметрів для підбору корму

Для точного підбору корму потрібні вимірювання та розрахунки, які допомагають індивідуалізувати раціон для собаки.

1. Енергетичні потреби собаки (ME)

Метаболічну енергію, необхідну для підтримки тіла собаки, можна обчислити за формулою:

ME = 70 × (маса тіла в кг)^0.75

Цей показник коригується залежно від рівня активності.

2. Коригування ME для активності

– -Малорухливі собаки: ME×1.2\text{ME} \times 1.2ME×1.2
– -Собаки із середньою активністю: ME×1.6\text{ME} \times 1.6ME×1.6
– -Високоактивні: ME×2.0\text{ME} \times 2.0ME×2.0

3. Потреба в білках, жирах та вуглеводах

Визначається відповідно до коригованої ME:

– -Білки: 20-30% для середньої активності.
– -Жири: 10-20%.
– -Вуглеводи: 40-60% від калорійності.

4. Оцінка стану здоров'я та фізіологічних потреб

Для собак з особливими потребами (алергія, проблеми з суглобами або зайва вага) також використовуються стандартизовані підходи до вибору корму:

– -Для контролю ваги: формули зі зниженою калорійністю.
– -Для здоров'я суглобів: включення глюкозаміну, хондроїтину, Омега-3.

5. Визначення оптимальної маси тіла (ОМТ) для підбору корму

Для розрахунку оптимальної маси тіла собаки (ОМТ) часто використовують індекс кондиції тіла (Body Condition Score, BCS), який допомагає оцінити, чи має собака нормальну вагу, недостатню або зайву вагу. Відповідно до BCS, регулюється як порція корму, так і калорійність.

Висновок

Запропоновані тези підкреслюють важливість вимірювання фізіологічних показників собак для забезпечення часової залежності точного й персоналізованого підбору корму. Використання структурованого підходу дозволяє оптимально врахувати параметри породи, ваги, активності та здоров'я собаки, що сприяє підвищенню якості її життя. Такий алгоритм забезпечує собакам збалансоване та ефективне харчування, що враховує індивідуальні потреби, допомагає підтримувати оптимальну вагу та запобігати потенційним проблемам зі здоров'ям та гарантувати їх рівеньб вітальності.

УДК 658.562

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КЛІМАТУ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ І ТЕПЛИЦЬ З ФУНКЦІЄЮ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

© Олег Галас, 2024

Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
студент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, група МТ-41
oleh.halas.mt.2021@lpnu.ua

Метою проєкту є розробка системи контролю температури та вологості, здатної автоматично регулювати мікроклімат у приміщеннях або теплицях. Основним елементом системи є температурний сенсор, зібраний на платі, який контролює рівень прогріву простору. При досягненні заданої температурної межі система активує звуковий сигнал, сповіщаючи про необхідність провітрювання.

У випадку, коли рівень температури перевищує оптимальні значення, спеціалізований сервопривід відкриває вікно. Як тільки температура знижується до встановленого рівня, вікно автоматично закривається, забезпечуючи стабільність мікроклімату та мінімізацію енергозатрат на обігрів або охолодження. Така система особливо корисна в теплицях, де можна уникнути різких коливань температури, важливих для рослин.

Окрім цього, система обладнана додатковим сенсором, який керує пристроєм зволоження, підтримуючи оптимальний рівень вологості в середовищі. Цей сенсор аналізатор вологості визначає коли температура піднімається та подає сишгнал на сервопривід. Високоточний сервопривід також забезпечує автоматичне відключення зволоження, як тільки вологість досягає встановленого значення.

Для проєкту ми також передбачаємо додаткову функцію аерозольного розпилення, що допоможе ефективніше контролювати рівень вологості та запобігати перегріву приміщень у спекотний період.

Таким чином, система з поєднанням температурного, вологості та сервоприводів, дозволяє створити комфортний мікроклімат, адаптований до умов конкретного середовища та з мінімальним втручанням людини.

Для надійного функціонування системи контролю клімату проходять тестування на стійкість до різних умов, які можуть бути спричинені змінами навколишнього середовища, а також тестування на точність і надійність обладнання, такого як датчики температури та вологості, для чого можуть застосовуватися стандарти якості, які встановлюють вимоги до функціональності, надійності та безпеки, зокрема:

– ISO 16484-2:2014: Автоматизація будівель та системи керування, який охоплює вимоги до енергетичної ефективності та надійності системи.

– EN 50559:2014: Стандарти безпеки для автоматичних систем управління, що забезпечують захист від перегріву в системах для приміщень.

УДК 658.562

КОНТЕКСТНО-ЗМІННІ МАРКЕРИ ЕВАКУАЦІЙНИХ ДИРЕКТРИСС

© Мирослава Прохоренко[1], Сергій Прохоренко[2], Драгула Надія [3], 2024

[1] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), доцент кафедри кафедри картографії та геопросторового моделювання, к.ф-м.н., доцент. Myroslava.v.Prokhorenko@lpnu.ua
[2] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, Serhii.v.Prokhorenko@lpnu.ua
[3] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), студент Інститут Геодезії, група ГД-22 Nadiia.Drahula.hd.2023@lpnu.ua

В умовах значного скупчення людей, зокрема у великих закладах, таких як університети, торгові центри або інші громадські будівлі, важливим є впровадження адаптивних систем евакуації, які зможуть гнучко змінюватися залежно від умов. Зазвичай, евакуаційні шляхи позначаються статичними стрілками чи табличками, що вказують напрямок до виходів. Проте у разі непередбачуваних обставин, таких як обвал конструкцій, пожежі, вибухи чи терористичні акти, ці виходи можуть швидко стати недоступними, і статичні маркери втрачають свою ефективність.

Пропонується концепція контекстно-змінних маркерів евакуаційних директрис, які дозволяють змінювати напрямки на табличках вручну або автоматично в залежності від умов. Це забезпечує евакуйованих актуальними інструкціями для швидкого і безпечного виходу.

Крім того, розглядається можливість автоматичного зв'язування логічних частин системи евакуаційних табличок – умовно кажучи, “роботизованих” систем, де під роботизацією розуміється не інтелектуальна автономність кожної таблички, але наявність певного рівня здатності до прийняття рішень стосовно змін евакуаційних напрямків. Особливо це стосується ситуацій, коли директриси евакуації не обмежуються простими стрілками на кшталт “бігти туди”, а містять додаткові вказівки, як-от “рухатися цим напрямком і перейти до проходу такого-то”. При цьому таблички можуть взаємодіяти між собою, формуючи оптимальний маршрут евакуації на основі поточної інформації про доступні та блоковані шляхи, навіть за відсутності зв’язку з центральним вузлом системи. Це підвищує автономність і гнучкість системи в екстремальних умовах.

Також, як додатковий аварійний варіант, пропонується можливість втручання самих евакуйованих у роботу табличок, що дозволить евакуйованим, які останньо здійснювали рух попередньою частиною диретрисси евакуації, налаштовувати напрямки на табличках (тих що залишилися на тій ділянці евако-траси, що вони її вже минули) для своїх колег, що йдуть за ними, у процесі евакуації. Це означає, що група, яка вже пройшла певну ділянку евакуаційного шляху, може вносити корективи в маршрути для подальших евако-груп, адаптуючи систему (ту ділянку інтелектуалізованих евако-табличок, що ще зберегла зв'язність) до актуальної ситуації і забезпечуючи безпечне проходження евакуаційних шляхів в умовах непередбачуваних перешкод.

УДК 658.562

ЗАСАДИ КОНВЕКЦІЙНОЇ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЙНОЇ СТАБІЛІЗАЦІЇ В ПРИМІЩЕННІ

© Сергій Прохоренко[1], Панчишин Іван[2], 2024

[1] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор, serhii.v.prokhorenko@lpnu.ua

[2] Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна), студент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, студент, ivan.panchyshyn.mivtv.2024@lpnu.ua

Відомо, що терморегуляція потребує двостороннього і стабільного енергопотоку із забезпеченням постійного енергонадходження у контрольований об’єм.

Пропонований до розгляду проєкт терморегуляції для стабілізації температури в приміщенні можна поділити на чотири основні компоненти:

1. Інформаційно-обчислювальний блок: Цей модуль включає датчики температури та систему логіки (зокрема комп’ютер), що автоматично визначає необхідність обігріву чи охолодження приміщення. Коли температура вийде за межі комфортного діапазону, система запускає чин термостабілізовування.
2. Система обігріву: Вона складається з високоефективної котельної або сонячного колектора, який обігріває теплоносій розташований тепловому бустері. Така комбінація дозволяє економити паливо, використовуючи сонячну енергію (при її наявності).
3. Система охолодження: Охолодження забезпечується за допомогою або зворотної реакції радіаційного випромінювання реалізованого “сонячними колекторами” – тобто радіаційними теплообмінниками з середовищем, що у нічний сам може слугувати ерентозтоком з нагромадженого за день тепла, або підземного теплообмінника. Для охолодження рідини можна використовувати єдину систему терморегуляції приміщення. Де вода або інша рідина циркулює між цим теплообмінником і системою опалення/охолодження.
4. Енергетичний блок (опціонально): Може включати сонячні панелі, вітряки або елементи Пельтьє, двигун забезпечуючи енергонезалежність і навіть надлишок електроенергії для побутового використання.

Для поліпшення терморегуляції рекомендовано модифікувати змієвидний теплообмінник. Він передає тепло в приміщення шляхом конвекції: нагріта вода циркулює через трубчасту систему, передаючи тепло повітрю. Проте ефективність цього процесу може бути низькою через фізичне розташування теплообмінника.

Рішенням є встановлення відбиваючого екрану, щоб спрямовувати тепло в потрібному напрямку, а також додавання малопотужних вентиляторів на теплообміннику для прискорення теплообміну з повітрям. Така проста модифікація підвищить ефективність теплопередачі, покращуючи температурний комфорт у приміщенні.

UDC 618

WEBASSEMBLY AND MICRO-FRONTENDS: CHALLENGES AND OPTIMIZATION STRATEGIES

© *Oleksandr Stepanov[1], Halyna Klym[2],2024*

[1]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine) Postgraduate Student of the Department of Specialized Computer Systems oleksandr.v.stepanov@lpnu.ua
[2]Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine) Doctor of Science, Professor of the Department of Specialized Computer Systems, halyna.i.klym@lpnu.ua

The adoption of micro-frontends (MFEs) as a modular approach to replace monolithic frontends is gaining widespread popularity due to their ability to break down large applications into smaller, independently deployable units. This approach promotes greater flexibility, enabling development teams to work autonomously on different parts of the application. However, as frontend architectures continue to evolve, managing their growing complexity while ensuring scalability and performance remains a significant challenge. With the rise of more resource-intensive and dynamic web applications, developers are seeking ways to optimize performance without compromising modularity.

WebAssembly (Wasm) has emerged as a highly effective solution for optimizing modular web applications, particularly when combined with MFEs. Its inherent modularity and performance efficiency make it an ideal candidate for handling computationally intensive tasks. When integrated into MFE architectures, WebAssembly enhances performance by allowing parts of the application to run at near-native speeds, especially in resource-heavy scenarios like data processing, multimedia manipulation, or complex algorithm execution. This results in faster load times and improved user experiences, which are critical in modern web applications.

However, while WebAssembly provides these performance gains, its integration with MFEs is not without challenges. One of the primary obstacles is language interoperability. WebAssembly is typically written in low-level languages such as Rust or C++, whereas MFEs predominantly use JavaScript, HTML, and CSS. These languages differ significantly in terms of data structures, type systems, and runtime behavior, creating friction when trying to facilitate smooth interoperation between WebAssembly modules and JavaScript-based MFEs. To address this, tools like wasm-bindgen – a Rust library that simplifies communication between JavaScript and WebAssembly—can automatically generate glue code, bridging the gap between the two environments. Similarly, the WebAssembly System Interface (WASI) standardizes system-level interactions, enabling WebAssembly to perform common tasks such as file I/O or network requests without relying on JavaScript.

In addition to language interoperability, state management presents another critical challenge. WebAssembly operates in an isolated memory space, which enhances security but complicates direct state sharing with other parts of the application, particularly when multiple MFEs are in use. Each MFE may be responsible for managing its local state, but when WebAssembly modules need to share data or access global application state, synchronization issues arise. Tools like Redux or MobX can be employed to create a centralized state management system that spans across MFEs and WebAssembly modules. This ensures consistent state across the application while allowing each MFE to maintain its autonomy. Moreover, developers can optimize performance by minimizing the number of cross-environment function calls between JavaScript and WebAssembly, grouping data into larger, more efficient transfers using typed arrays such as Int32Array or Float64Array.

Beyond performance and state management, scalability is a key consideration in MFE and WebAssembly integration. Module Federation, a feature of Webpack 5, plays a crucial role in enabling independent teams to build and deploy features in parallel, without tightly coupling them to a monolithic release cycle. This approach allows different micro-frontends to dynamically load components from each other at runtime, facilitating seamless communication between modules and ensuring that state and logic can be shared across different parts of the application. The combination

of Module Federation with WebAssembly enhances the modularity and flexibility of the architecture, allowing developers to focus on specific application features while leveraging the high-performance capabilities of WebAssembly where necessary.

In conclusion, the integration of WebAssembly and MFEs offers a robust solution for building scalable, maintainable, and high-performance web applications. By addressing the challenges of language interoperability and state management through tools like wasm-bindgen, WASI, and Redux, developers can create architectures that optimize both performance and modularity. Moreover, leveraging strategies such as minimizing cross-environment interactions and employing Module Federation for seamless component sharing enables teams to build modern, dynamic applications that can adapt to the growing demands of the web. As frontend architectures continue to evolve, the combination of WebAssembly and MFEs represents a promising direction for the future of web development.

1. Zhou J., Yang L., Wu J., "Micro-frontend architecture base," in Sixth International Conference on Computing, Information Science and Application Technologies, 2023.

2. Auer F., Lenarduzzi V., Felderer M., Taibi D., "From Monolithic Systems to Microservices: An assessment framework," Information and Software Technology, 2021.

3. Stepanov O., Klym H., "Features of the implementation of micro-interfaces in information systems," Advances in Cyber-Physical Systems (ACPS), vol. 9, no. 1, pp. 54-60, 2024. doi: 10.23939/acps2024.01.054.

УДК 005

УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ КЛАСИФІКАЦІЇ ТОВАРІВ ЗА HTS-КОДАМИ

© Степан Крупа[1], Юрій Кривенчук[2], 2024

[1]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
аспірант кафедри систем штучного інтелекту, stepankrupa23@gmail.com
[2]Національний університет „Львівська політехніка” (Львів, Україна),
заступник директора ІКНІ з науково-педагогічної роботи, к.т.н., доцент yurkokryvenchuk@gmail.com

У сучасній глобальній економіці митні процедури відіграють вирішальну роль у забезпеченні належного регулювання міжнародної торгівлі. Одним із найважливіших елементів цього процесу є класифікація товарів за кодами Гармонізованої тарифної системи (HTS). HTS-коди дозволяють точно ідентифікувати товари, забезпечуючи належне нарахування мит, податків та зборів. Ефективне управління процесами класифікації за HTS-кодами є ключовим для оптимізації митних процедур, підвищення прозорості та зниження витрат для учасників торгівлі[1].

HTS-коди є основою митної класифікації товарів і використовуються практично в усіх країнах світу. Вони базуються на Гармонізованій системі опису та кодування товарів, розробленій Всесвітньою митною організацією (WCO). HTS-коди забезпечують однакове трактування товарів в різних країнах, що сприяє уніфікації митних процедур і спрощенню торговельних операцій.

Класифікація за HTS-кодами дозволяє митним органам точно визначати категорію товарів, нараховувати мита, проводити статистичний облік та забезпечувати контроль за імпортом і експортом товарів, що мають стратегічне чи обмежене значення[2]. Важливим аспектом використання HTS-кодів є забезпечення дотримання міжнародних торговельних угод та законодавчих норм країн-учасниць.

Процеси управління класифікацією товарів за HTS-кодами включають кілька важливих етапів[2]:

1. Ідентифікація товару: Перше завдання полягає у визначенні товару, який імпортується або експортується. Цей етап вимагає точного опису товару, його характеристик і використання.

2. Пошук відповідного HTS-коду: Наступним кроком є визначення правильного HTS-коду для товару. Цей процес може бути складним, оскільки один і той самий товар може потрапляти під різні коди залежно від його функцій, матеріалів чи способу використання.

3. Аналіз національних і міжнародних норм: Після вибору HTS-коду важливо врахувати національні та міжнародні правила і тарифи, які стосуються товарів цієї категорії. Різні країни можуть мати власні вимоги щодо імпорту та експорту певних товарів.

4. Актуалізація та перегляд кодів: Митні органи і компанії регулярно проводять ревізію HTS-кодів у зв'язку з оновленням законодавства або зміною характеристик товарів. Це дозволяє забезпечити правильну класифікацію і знизити ризик помилок при оформленні документів.

Однією з головних проблем управління класифікацією товарів за HTS-кодами є складність товарної номенклатури. Кожен товар має унікальні характеристики, і навіть незначні відмінності можуть призвести до зміни HTS-коду. Це ускладнює роботу митних органів і компаній, які повинні точно класифікувати товари для уникнення помилок.

Ще однією проблемою є часті зміни законодавства в галузі митної справи. У різних країнах можуть діяти різні правила і вимоги щодо імпорту та експорту товарів, що змушує учасників міжнародної торгівлі постійно відслідковувати нововведення.

З метою подолання викликів, пов'язаних із класифікацією товарів, дедалі частіше застосовуються інноваційні технології, зокрема методи машинного навчання та штучного інтелекту (ШІ)[4]. Автоматизація класифікаційних процесів дозволяє знизити ризик людської помилки, підвищити точність і швидкість обробки даних.

Використання спеціалізованого програмного забезпечення для класифікації товарів дозволяє аналізувати великі обсяги інформації, знаходити закономірності в даних і автоматично підбирати правильний HTS-код. Крім того, технології ШІ допомагають забезпечити оновлення баз даних з митними кодами в режимі реального часу, що дозволяє митним органам і компаніям завжди використовувати актуальну інформацію.

Впровадження автоматизованих систем для управління процесами класифікації товарів може мати низку переваг. По-перше, це дозволить значно скоротити час на проведення митних процедур і знизити витрати на оформлення документів. По-друге, підвищення точності класифікації допоможе уникнути штрафних санкцій за неправильне нарахування мит або податків. По-третє, автоматизація процесів дозволить компаніям більш ефективно керувати ризиками і забезпечити відповідність міжнародним стандартам[2].

Ефективне управління процесами класифікації товарів за HTS-кодами є критично важливим для забезпечення успішного функціонування міжнародної торгівлі. Використання інноваційних підходів, таких як машинне навчання та штучний інтелект, дозволяє значно спростити цей процес і підвищити його ефективність. У результаті автоматизація класифікаційних процесів допоможе не лише митним органам, а й учасникам міжнародної торгівлі оптимізувати свої операції, зменшити витрати та забезпечити відповідність нормам і правилам.

1. Крупа, С., Кривенчук, Ю. (2024). Огляд можливості покращення автоматизованого підбору HS коду з використанням методів машинного навчання для оптимізації митного класифікаційного процесу. с. 46–149. https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-23.

2. Пєвнєв В. Я. Моделі загроз і забезпечення цілісності інформації. Системи та технології. 2018. №2 (56/1). С. 79–94.

3. World Customs Organization (WCO). (n.d.). What is the Harmonized System (HS). Retrieved from http://www.wcoomd.org/en/topics/nomenclature/overview/what-is-the-harmonized-system.aspx.

4. Reznikova, N., Zvarych, R., Zvarych, I., Shnyrkov, O.Global circular e-chain and Management, 2019, 6(4), pp. 641-647.

5. https://www.trade.gov/harmonized-system-hs-codes.

УДК 681.518.5

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТИСКУ В ТРУБОПРОВОДАХ

© Ростислав Маркович[1], Тарас Бойко[2], 2024

[1] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна), студент
кафедри інтелектуальної мехатроніки та роботики, rostyslav.markovych.mivit.2023@lpnu.ua
[2] Національний університет «Львівська політехніка» (Львів, Україна),
професор кафедри інтелектуальної мехатроніки та роботики, tgbo@ukr.net

Актуальність теми. Моніторинг тиску в трубопроводах є важливим елементом для забезпечення безпеки їх експлуатації. Некоректний контроль тиску може призводити до аварій, що мають серйозні наслідки, зокрема витоки нафти, газу чи інших рідин [1]. Від аварій на трубопроводах страждає як економіка, так і навколишнє середовище. Наприклад, в 2020 році в США було зареєстровано понад 200 аварій на трубопроводах, частина з яких могла бути попереджена через вчасний і достовірний моніторинг [2].

Оскільки системи дистанційного контролю тиску, використовуючи сучасні технології, можуть вчасно виявляти проблеми і реагувати на них ще до того, як станеться серйозний інцидент, а також дають змогу значно знизити кількість аварій, то вказана тема є актуальною.

Мета і завдання. Основною метою дослідження є розробити ефективну систему дистанційного моніторингу тиску в трубопроводах, яка забезпечить точне і швидке виявлення аномалій та змін тиску. Для досягнення вказаної мети поставлено такі завдання:

– виконати огляд сучасних методів вимірювання тиску;

– проаналізувати можливість інтеграції новітніх технологій в існуючі системи;

– розробити і протестувати прототип системи моніторингу;

– оцінити ефективність запропонованої системи.

Результатом досягнення всіх завдань і кінцевої мети роботи є підвищення безпеки трубопровідних систем і зниження витрат на їх обслуговування.

Огляд складових системи моніторингу. Ключовим питанням технології є вибір сенсорів для контролю тиску. Розглянуто кілька типів сенсорів, зокрема: п'єзоелектричні – забезпечують високу точність і чутливість, але мають високу вартість; тензометричні – прості у використанні, доступні за ціною, але менш чутливі в екстремальних умовах; волоконно-оптичні – здатні працювати на великих відстанях, що є важливою перевагою для великих трубопровідних систем. Кожний тип сенсорів має свої переваги і недоліки. Наприклад, п'єзоелектричні сенсори підходять для високоточних вимірювань, але коштують дорожче, тоді як волоконно-оптичні сенсори забезпечують надійну роботу на великих відстанях.

Не менш важливим питанням є вибір технології бездротового моніторингу. Зокрема проаналізовано такі: Long Range (LoRa) дає змогу передавати дані на відстань до 15 км за мінімального енергоспоживання, це зручно для систем, де не потрібно багато даних, але важлива стабільна передача на далекі відстані; Narrowband IoT (NB-IoT) забезпечує передачу даних з великою кількістю підключень пристроїв, ідеально підходить для великих мереж; Zigbee дає змогу створювати локальні мережі з низьким енергоспоживанням, однак має обмежений діапазон дії [3]. Зроблено висновок, що такі бездротові технології як LoRa і NB-IoT дозволяють ефективно вирішувати питання передачі даних у системах моніторингу трубопроводів, забезпечуючи стабільну і надійну роботу на великих відстанях.

Сенсори разом з технологією бездротового зв’язку об’єднуються промисловими системами моніторингу. Зокрема це: SCADA-системи, в яких централізоване управління і моніторинг трубопроводів у реальному часі, системи можуть збирати і обробляти дані з різних сенсорів, забезпечуючи повний контроль над усіма параметрами; IoT-інтеграція, що дає змогу приєднувати велику кількість пристроїв і сенсорів до мережі для збору даних в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на зміни; платформа GE Digital, що використовує штучний інтелект для аналізу даних і прогнозування можливих проблем на трубопроводах [4]. Серед названих систем саме SCADA і IoT допомагають інтегрувати дані з різних сенсорів, забезпечуючи повну картину роботи системи і дозволяючи швидко реагувати на будь-які зміни або аномалії.

Опис прототипу системи. Вибрано такі компоненти системи: мікроконтролер ESP32 для збору та передачі даних; сенсори BMP180 для вимірювання тиску; GSM-модуль для передачі даних до сервера; акумуляторна батарея та сонячна панель для забезпечення тривалої автономної роботи; програмне забезпечення для збору і опрацювання даних. Прототип виготовлено на базі доступних компонентів, які забезпечують збір і передачу даних про тиск для контролю стану трубопроводу в реальному часі.

Для забезпечення автономної роботи системи виконано розрахунок енергоспоживання. ESP32 споживає 200 мА в активному режимі і лише 10 мкА в режимі сну. GSM-модуль може споживати до 2 А під час передачі даних. В результаті розрахунків встановлено, що автономність системи може сягати до 184 днів завдяки акумулятору ємністю 10,0 мА год без підзаряду. Водночас запроваджено такі заходи для енергозбереження: використання режимів сну мікроконтролера ESP32, застосування сенсорів з низьким енергоспоживанням, використання сонячної панелі для підтримки заряду.

Тестування та результати. Прототип був протестований на реальному трубопроводі, щоб оцінити його точність і стабільність роботи. Система стабільно працювала в умовах реального навантаження. Вона виявляла аномалії, такі як раптові зміни тиску, і вчасно надсилала сповіщення. Прототип довів свою ефективність у виявленні потенційних проблем і аварій. Тестування показало, що система здатна точно вимірювати тиск, своєчасно виявляти відхилення від норми і надсилати необхідні сповіщення для швидкої реакції.

Економічне обґрунтування. Впровадження системи дозволяє знизити витрати на обслуговування до 30%, оскільки система виявляє проблеми ще до того, як вони призведуть до серйозних аварій. Період окупності становить приблизно 1.9 року завдяки економії на ремонтах та обслуговуванні. Впровадження системи дистанційного моніторингу дозволяє значно зекономити кошти підприємствам завдяки уникнути великих витрат на аварійні ремонти. Вчасне виявлення потенційних проблем дає змогу мінімізувати ризики і запобігти тривалим простоям у роботі трубопроводів. Це робить систему не тільки ефективною з точки зору безпеки, але й економічно вигідною.

Висновки та рекомендації. Система дистанційного моніторингу тиску в трубопроводах є ефективним засобом для покращення безпеки та зниження ризиків аварій. Використання сучасних технологій, таких як бездротові сенсори і IoT, забезпечує точний контроль та своєчасну реакцію на зміну тиску. Економічне обґрунтування підтверджує вигідність впровадження таких систем для підприємств, знижуючи витрати на обслуговування та ремонт. Є можливість розширення функціональності системи за рахунок інтеграції додаткових сенсорів, наприклад, для вимірювання витрат, температури чи стану трубопроводу, а також використання штучного інтелекту для прогнозування можливих аварій або відхилень у роботі системи.

Плануються подальші дослідження щодо можливості оптимізації передачі даних та зниження енергоспоживання бездротових сенсорів.

Отже система не тільки ефективна в плані технічних рішень, але й забезпечує економічні переваги. Рекомендації стосуються подальшого розвитку системи та інтеграції нових технологій для покращення її ефективності.

1. Петров С. Ю. Аналіз сучасних технологій моніторингу тиску у нафтогазовій промисловості. У: Журнал нафтогазової промисловості, 29 (1), 2023, с. 12-25.

2. Гнатюк О. М. Ефективність використання систем моніторингу для попередження аварій на трубопроводах. У: Науковий вісник НТУ, 18(3), 2021, с. 67-73.

3. Шевченко А. В. Технології дистанційного моніторингу в енергетичному секторі: переваги та недоліки. У: Економіка та інновації, 12(1), 2020, с. 45-55.

4. Іванова Т. А. Впровадження інтелектуальних систем моніторингу в трубопроводах: можливості та перспективи. У: Технології майбутнього, 10(2), 2022, с. 78-84.

УДК 005.6

ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ IT-СЕРВІСІВ ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ ІЗ ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

© Євген Заболотний[1], Інна Мощенко[2], 2024

[1] Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків Україна),
студент кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, yevhen.zabolotnyi@nure.ua
[2] Харківський національний університет радіоелектроніки (Харків Україна),
к.т.н., доц. кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, inna.moshchenko@nure.ua

В умовах постійної цифрової трансформації, зростаючих очікувань користувачів та посилення конкуренції на глобальному ринку, вимоги до якості IT-сервісів значно підвищились. Системи, що забезпечують надання IT-послуг, повинні відповідати вимогам не лише щодо продуктивності та зручності використання, але й безпеки даних, стабільності та відповідності міжнародним нормативним актам. Це спонукає звертати особливу увагу на підходи, що допомагають у визначенні ключових показників ефективності (key performance indicator, KPI), та дозволяють оцінювати функціонування IT-сервісів на основі вимірюваних метрик.

Для формування системи ключових показників ефективності можна застосувати низку міжнародних стандартів, що регулюють якість програмних продуктів та процесів управління. ISO 9001:2015 визначає загальні вимоги до систем управління якістю, з акцентом на постійне вдосконалення та задоволення потреб клієнтів, що є основою для розробки ефективних KPI. ISO/IEC 25010:2011 пропонує моделі оцінки якості програмного забезпечення, включаючи такі характеристики, як функціональна придатність, продуктивність, надійність, зручність використання та безпека, що можуть бути адаптовані для вимірювання ефективності IT-сервісів. ISO/IEC 20000-1:2018, як стандарт для управління IT-послугами, допомагає організаціям формувати системи контролю показників ефективності IT-сервісів. ISO/IEC 27001:2022 дозволяє інтегрувати вимоги щодо інформаційної безпеки у KPI IT-сервісів, забезпечуючи захист даних.

Метою дослідження є розробка комплексного підходу до формування ключових показників ефективності для IT-сервісів, а саме, для програмних комплексів, що забезпечують доступність програмних продуктів для користувачів із обмеженими можливостями. Користувачами цих сервісів є розробники програмного забезпечення, для яких одним із ключових завдань є інтеграція вимог доступності на різних етапах розробки. Для цього вони потребують ефективних інструментів як для систематичної оцінки доступності своїх систем, так і для виправлення знайдених недоліків.

В рамках даного дослідження було визначено оптимальні KPI для наведеного вище IT-сервісу, а також розроблено рекомендації щодо їх впровадження для забезпечення відповідності нормативним вимогам і підвищення задоволеності користувачів. Специфічними саме для IT-сервісів забезпечення доступності є такі показники, як відсоток відповідності стандартам доступності, час до усунення помилок доступності, рівень задоволеності користувачів з обмеженими можливостями та час відгуку на їхні запити. Ці показники дозволяють не тільки оцінити функціонування сервісів, але й швидко реагувати на проблеми та вдосконалювати системи відповідно до реальних потреб користувачів.

Для забезпечення ефективного збору даних і аналізу KPI використовуються автоматизовані інструменти перевірки доступності які дозволяють перевіряти відповідність сервісів вимогам WCAG (Web Content Accessibility Guidelines) та збирати дані про проблеми доступності. Це допомагає організаціям оцінювати свої сервіси не тільки з точки зору відповідності стандартам, але й з точки зору реальної взаємодії з користувачами, що покладаються на допоміжні технології.

НАУКОВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ

II МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІВТ-2024

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

13–14 листопада 2024 року

II INTERNATIONAL
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

INFORMATION AND MEASURING TECHNOLOGIES IVT-2024

PROCEEDINGS

November 13–14, 2024

Відповідальний за випуск ***В.О. Яцук***

Комп'ютерне верстання *Галини Сукмановської*
Художник-дизайнер *Мирослава Пасєка*

Режим доступу:
https://science.lpnu.ua/ivt-2024/proceedings

Видавець і виготівник: Видавництво Львівської політехніки
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК г 4459 від 27.12.2012 р.

вул. Ф. Колесси, 4, Львів, 79013
тел. +380 32 2584103, факс +380 32 2584101
vlp.com.ua, ел. пошта: vmr@vlp.com.ua