

## РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОПРАЦЮВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ МЕДИЧНИХ ДАНИХ

© Мельникова Н. І., Вовк О. Б., Дубінець Т. О., 2015

Розроблено інформаційну технологію обробки персоналізованої медичної інформації для прийняття рішень і як засіб її реалізації запропоновано систему підтримки прийняття лікарських рішень (СПЛР), розроблено її архітектуру, проаналізовано отримані результати. Окреслені основні етапи розробки та проектування СПЛР, що дають змогу здійснювати декомпозицію керуючих процесів і описують відношення між керуючими потоками та деталізують послідовність використання методів опрацювання та подання даних у системі.

**Ключові слова:** система підтримки прийняття рішень, лікувальна експертна система, архітектура інформаційної технології, проектування експертних систем.

**This article discusses the information technology for personalized medical information for decision making. The architecture of the system of medical support decision making (MSDM) has been developed as the means of its implementation. The analysis of the results has been conducted. The basic stages of the MSDM development and design have been outlined. It allows decomposition process control and describes the relationship between managers and streams sequence, detailing the methods and data processing system.**

**Key words:** support decision making system, treatment expert system, architecture of information technology, design expert systems.

### Вступ

Аналіз існуючих автоматизованих систем подання та опрацювання медичної інформації показує, що вони не повною мірою задовольняють і вимоги до мобільності цих систем, і вимоги до розв'язання задач, що вимагають складних логічних висновків з урахуванням неповноти та суперечливості вхідних даних. Вирішення вказаної проблеми можливе завдяки інтелектуалізації цих систем, за рахунок застосування баз даних, web-технологій, концепції сховищ даних як агрегованого інформаційного ресурсу, що містить консолідовану інформацію з усієї предметної області та використовується для підтримки прийняття рішень, аналізу та видобування даних.

### Постановка проблеми

Сучасні інформаційні технології здатні значно вдосконалити адміністративні процеси лікувальних установ і підвищити якість медичних послуг. Медикам потрібна повна, доступна й надійна інформація про пацієнтів та медичні засоби. На підставі цього, необхідно розробити інформаційну технологію, яка б допомагала практикуючим лікарям підвищити якість прийнятих рішень щодо вибору схеми лікування з урахуванням індивідуальних особливостей хворого. Ефективна інформаційна стратегія запобігає появі небажаних наслідків лікування (а саме алергічної реакції на фармакологічні засоби) та сприяє зменшенню собівартості послуг, та покращує їхню ефективність, завдяки чому лікувальні установи можуть значно покращити рівень своєї роботи. Інтегроване середовище, в яке входить ведення електронних листків хворіб пацієнта та листків призначення, допомагає медичному персоналу отримувати надійний та безпечний доступ до медичних даних та полегшує їх опрацювання. При цьому спосіб подання інформації не лише найкраще підходить для розуміння стану пацієнта, а й забезпечує можливість пацієнту зрозуміти медичні дані щодо його захворювання.

## **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Сьогодні розробляють нові підходи щодо впровадження в медицину складних технологій, точних методів діагностики та лікування, внаслідок цього змінився не тільки характер інформації, але і значно зріс її обсяг. Все це диктує закономірний перехід до нової якості медичної практики, підвищення її ефективності. При цьому враховуються і гуманістичні аспекти цього напрямку, і економічні, засновані на раціональному використанні національних ресурсів, спрямованих на збереження здоров'я. За подібного підходу важливий баланс між економікою, доцільністю і гуманістичним напрямом. Створення листків ведення хворих є методом впровадження наукових досліджень у практичну охорону здоров'я, а їхнє застосування дозволяє лікарю здійснювати вибір терапії не на підставі думок, а на підставі доказів та характеристик стану пацієнта.

## **Формулювання мети**

Для проведення наукових досліджень проводиться узагальнений і статистичний аналіз результатів збору та опрацювання інформації про стан хворого, що вимагає чіткого планування. На цьому етапі необхідно визначити пріоритетні вимоги щодо керування даними, які визначають практичну доцільність та ефективність СПЛР; визначити схему роботи системи, що відображає управління операціями та потоками даних у СПЛР; визначити режим та основні етапи функціонування системи прийняття лікарських рішень, що дозволяють деталізувати процес пошуку вичерпної інформації, яка достатня для визначення кінцевого висновку. Проаналізувати результати практичного впровадження методів прийняття рішень для визначення персоналізованих схем консервативного лікування пацієнтів з гнійною хірургічною патологією. Охарактеризувати принцип роботи системи, що оцінює рівень мобільності системи, захисту та оновлення інформаційної бази, що є визначальними характеристиками при підвищенні якості прийняття лікарських рішень.

## **Аналіз отриманих наукових результатів**

### **Представлення архітектури СПЛР**

Параметри системи, що характеризують стан пацієнта, є основними факторами, які впливають на прийняття рішень експертом та на послідовність побудови ланцюга логічних правил підбору схеми лікування. Дані, що формують базу онтологічних знань, є спостережуваними процесами – ознаками захворювання. Ознаки можуть змінюватися з плином часу і є підкласом класу спостережень [1]. Експертом виступає лікар-практик, що виконує ключову позицію при підборі остаточного рішення системи, тобто вихідного потоку даних та який оцінює відповідність ознак захворювання при розгляді системою певної патології. Робочу пам'ять характеризує сукупність процедур, що опрацьовують інформацію бази онтологічних знань. Пояснюючий компонент – це процедури, що оцінюють появу колізій СПЛР [2,11].

Архітектура пропонованої СПЛР складається з таких модулів (рис. 1):

МІС – модуль інтерфейсу системи;

БОЗ – база онтологічних знань;

МОБЗ – модуль оновлення бази знань;

БП – блок пояснень;

МЛВ – модуль логічного висновку;

МПР – модуль прийняття рішень;

МОР – модуль оцінки результатів

МА – MLS2 – модуль автомату MLS2.

У наведеній архітектурі СПЛР модуль МОБЗ слугує для оновлення даних фаховим спеціалістом у цій галузі, їх структуризації існуючої бази онтологічних знань. МІС призначений для комунікації користувача та системою. МЛВ застосовується для аналізу вхідної інформації та формування висновків. БП – для роз'яснення причин, на підставі яких рекомендується застосування альтернативних схем лікування з урахуванням стану хворого, згідно з чим користувач приймає остаточне рішення. Модуль МА-MLS2 слугує для формування стану пацієнта з урахуванням його вхідних параметрів у певний період часу. МПР застосовується для аналізу даних, що надходять з МА-MLS2, та визначення ваги наступного стану системи щодо вибору персоналізованої схеми лікування [4, 12].

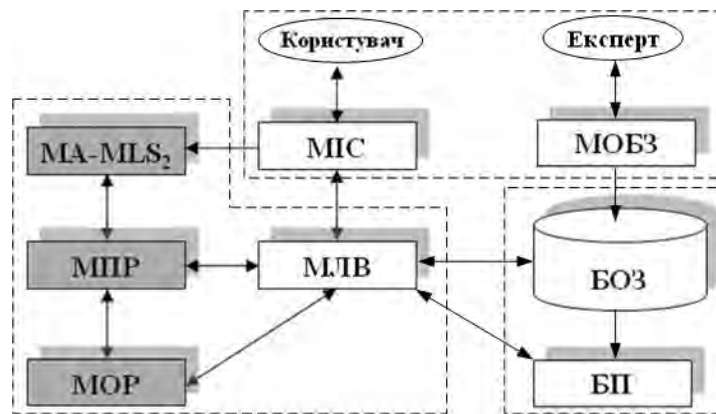


Рис. 1. Архітектура СПЛР

Слід зазначити, що в мінімальній конфігурації СПЛР може складатися з МЛВ, МПР, БОЗ і БП, що визначає мінімальні витрати на її реалізацію.

Проектована система підтримки прийняття лікарських рішень використовує базу онтологічних знань. Контекстна діаграма взаємозалежності об'єктів системи підтримки рішень стосовно призначення лікування подана на рис. 2.

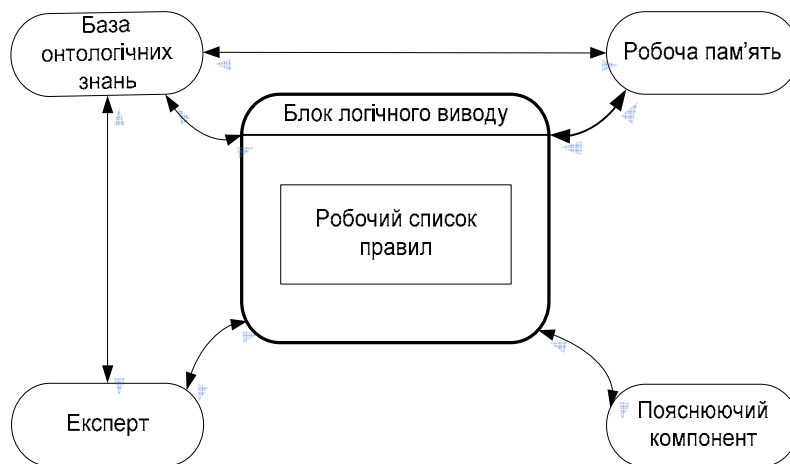


Рис. 2. Контекстна діаграма взаємозалежності об'єктів системи призначення лікування

У результаті роботи СПЛР отримуємо персоналізовану схему лікування, а саме: визначений лікарем, на підставі аналізу індивідуальних характеристик стану хворого, фармацевтичний препарат або перелік препаратів, в іншому випадку пропонується введення додаткових параметрів пацієнта згідно з результатами його обстеження.

Діаграма, що подана на рис. 3, визначає процеси аналізу вхідних даних пацієнта щодо формування переліку терапевтичних схем з урахуванням інформації бази онтологічних знань.

Організація роботи системи підтримки прийняття рішень знаходиться на клієнтському рівні, відповідно до чого виникає потреба участі лікаря у введенні та коригуванні внесених даних, що сприяє контролю коректності вхідної інформації.

Створення СПЛР є ітераційним процесом, де на першому кроці необхідно використовувати лише значущіші вхідні величини. Такий підхід сприяє зменшенню надлишкової інформації в базі даних, що підвищує надійність функціонування експертної системи [13,14].

Природним методом пошуку відповідної терапевтичної схеми є перебір усіх можливих фармацевтичних препаратів певного класу, що відповідають вхідним параметрам хворого. Для кожної групи вхідних величин формується перелік варіантів розвитку причинно-наслідкових зв'язків з урахуванням інформації бази знань та значень фізіологічних особливостей пацієнта.

Результатом роботи системи є один або кілька взаємовиключних препаратів, кожен з яких являє собою розписану схему прийому, що персоналізовано підібрана пацієнту.

Розв'язання задачі персоналізації медичних даних залежить від можливостей доступу, обробки та аналізу вхідної інформації про визначені сутності. Аналітики часто спостерігають ситуацію щодо важкості формування чітких припущень людиною, яка приймає рішення, у відповідності до досліджуваної задачі. Внаслідок чого виникає потреба у вдосконаленні існуючих алгоритмів та методів аналізу даних.

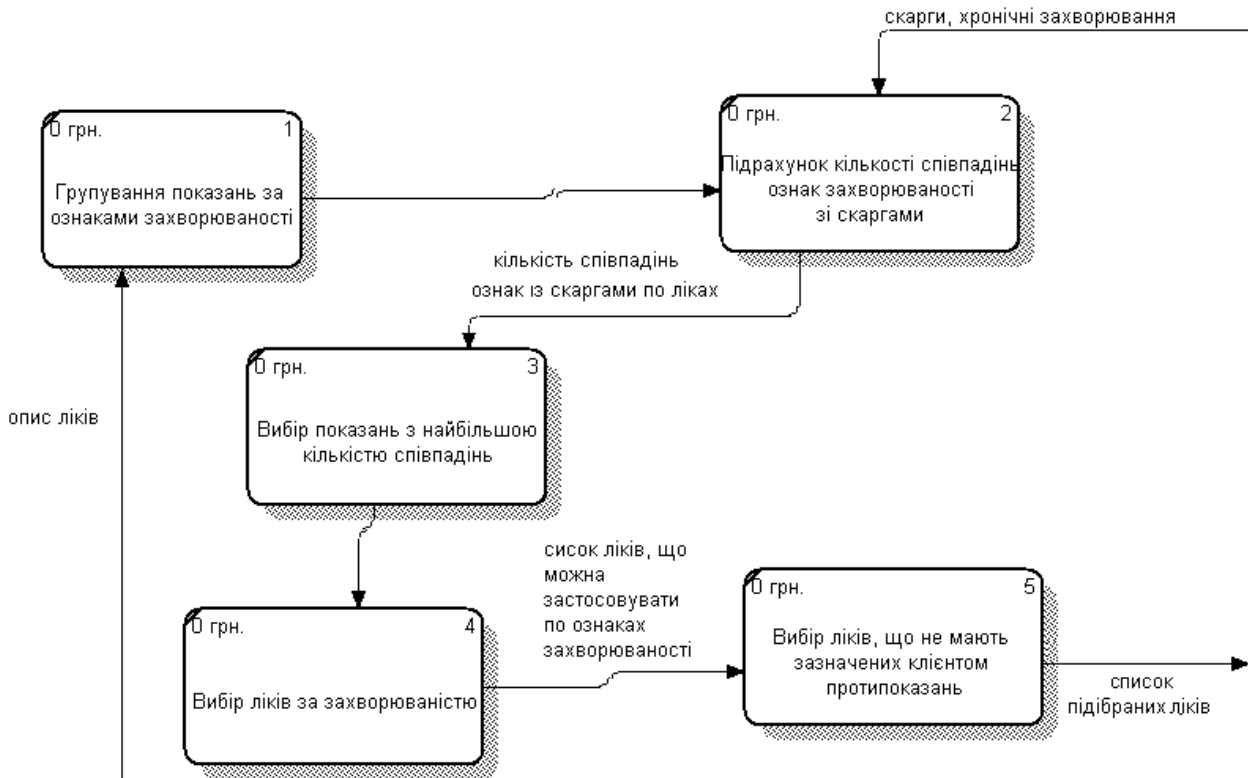


Рис. 3. Діаграма потоків даних процесу призначення лікування

### Механізм проектування та розробки СПЛР

У режимі спілкування з СПЛР користувач, який є фахівцем, і в цьому випадку він звертається до системи з метою прискорення одержання результату, покладаючи на СПЛР рутинну роботу, а саме: аналіз персоналізованих даних хворого, визначення переліку фармацевтичних препаратів на підставі результатів аналізу даних, оцінка результатів лікування хворих обраною схемою лікування [3, 4].

Основні задачі проектування СПЛР наведені на рис. 4.

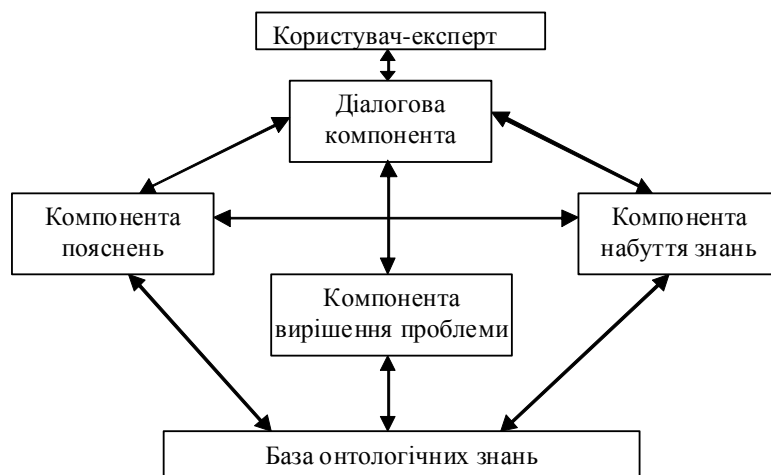


Рис. 4. Основні задачі проектування СПЛР

СПЛР забезпечує керування даними, які визначають її практичну доцільність та ефективність. Фактори впливу на СПЛР визначені на рис. 5.



Рис. 5. Фактори впливу на СПЛР

Для забезпечення валідності даних та знань необхідною вимогою є відповідність інформації до певних стандартів. Стандарти ідентифікації і документації даних важливі для спільного їхнього використання та розуміння.

Цілісність даних досягається збереженням правильності й точності даних у базі знань. Для врахування суперечливих вимог, необхідно структурувати базу знань так, щоб враховувати інформацію про діагностику та лікування захворювання, для цього застосовують відкриті медичні онтології [5].

Забезпечення загального доступу до даних сприяє доступу до існуючих додатків БД і розробки нових додатків для роботи з медичними даними. Тобто, нові додатки можуть отримати доступ до структурованих даних, згідно з чим відпадає потреба у структуруванні та створенні нових даних [6, 7].

Процес створення СПЛР зводиться до виконання послідовності етапів розробки та проектування СПЛР, які передбачають:

- ідентифікацію пацієнта, як об'єкта системи;
- концептуалізацію даних, тобто визначення часово-залежних та часово-незалежних параметрів об'єкта;
- формалізацію даних, перетворення даних у кількісні показники;
- виконання процесу опрацювання усієї множини даних;
- дослідну експлуатацію;
- процес тестування СПЛР.

Основні етапи розробки та проектування СПЛР представлені у вигляді діаграми переходів стану, що дозволяють здійснювати декомпозицію керуючих процесів і описують відношення між вхідними і вихідними керуючими потоками, рис. 6.

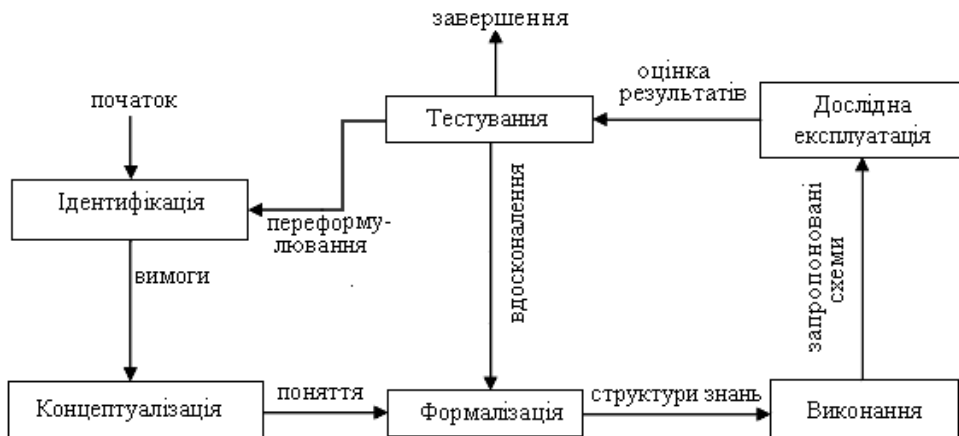


Рис. 6. Етапи розробки та проектування СПЛР

Під час розробки СПЛР неодноразово потрібно узгоджувати результати з попередніми етапами й оцінювати прийняті там рішення. Результатом етапів розроблення СППР є відповідь на питання, що треба зробити і які ресурси необхідно задіювати [4,8]:

- ідентифікація завдання (визначення задачі опрацювання даних),
- визначення учасників процесу проектування і їх ролі (визначення критеріїв аналізу даних),
- виявлення ресурсів і цілей (визначення наявності конкретних параметрів),
- визначення способів представлення всіх видів знань (визначення критеріїв оцінки стану хворого),
- формалізація основних понять (визначення стану пацієнта),
- визначення стратегії пошуку рішення (визначення появи наступного стану системи),
- моделювання роботи системи (вибір необхідних цільових схем лікування),
- оцінювання адекватності цілей системи вибраним методам, поняттям і засобам (персоналізація стандартних схем),
- наповнення експертами бази знань,
- перевірка валідності та компетентності СППР (оцінка результатів застосування обраної лікарем схеми лікування),
- формулювання вимог до СППР (приведення у відповідність до міжнародних стандартів методів опрацювання медичних даних).

Відомо, що основним джерелом знань для СППР є експерт, тобто його логіка подання ним залежностей та особливостей опрацювання даних у контексті поставленої задачі. Тому для створення медичних СППР велике значення має моделювання логічних міркувань лікаря. У першому наближенні логічні міркування лікаря можна розглядати як процес оперування з “медичною пам’яттю”, вхідними даними для якого є характеристики стану хворого. За такого підходу “медична пам’ять” є первинною, а логічні міркування – вторинними. Однак наведена класифікація є доволі умовною, оскільки “стиль” міркувань може мати значний вплив на структуру і характер “медичної пам’яті”. Внаслідок відсутності єдиних алгоритмів опису стану хворого, діагностичного і лікувального процесів слід розглянути традиційні методи опрацювання інформації та прийняття рішень. Необхідно відзначити, що до останнього часу найбільшого поширення набули так звані табличні алгоритми, які ґрунтуються на обчисленнях з використанням таблиць.

### **Особливості функціонування СПЛР**

Під час роботи СПЛР використовують фактичні знання, які повідомляє експерт під час комунікації, що впливають на інтерпретацію даних на момент роботи [9,10]. Процедурні знання тісно пов’язані з фактичним накопиченим досвідом, на основі якого відпрацьовувались правила, що регламентують поведінку системи.

ST-діаграма СПЛР зображає залежність у часі станів системи, а саме: виконання процесів введення, опрацювання та виведення даних у системі, рис. 7. За цією схемою роботи СПЛР: перший стан відповідає за реалізацію процесу введення інформації про пацієнта та особливості його захворювання; другий стан передбачає перевірку повноти введених даних; третій стан – опрацювання даних засобами підбору стандартної терапевтичної схеми лікування на основі концепції теорії автомата Мілі; четвертий стан – персоналізація стандартних схем засобами методу уніфікованого підбору терапевтичних схем лікування пацієнтів; п’ятий стан – оцінка стану пацієнта та формування висновків відповідно до його лікування; шостий стан – збереження отриманих результатів в базі даних системи; шостий стан роботи СПЛР характеризується процесом формування виведення документації висновків системи з можливістю внесення користувачем необхідних рекомендацій.

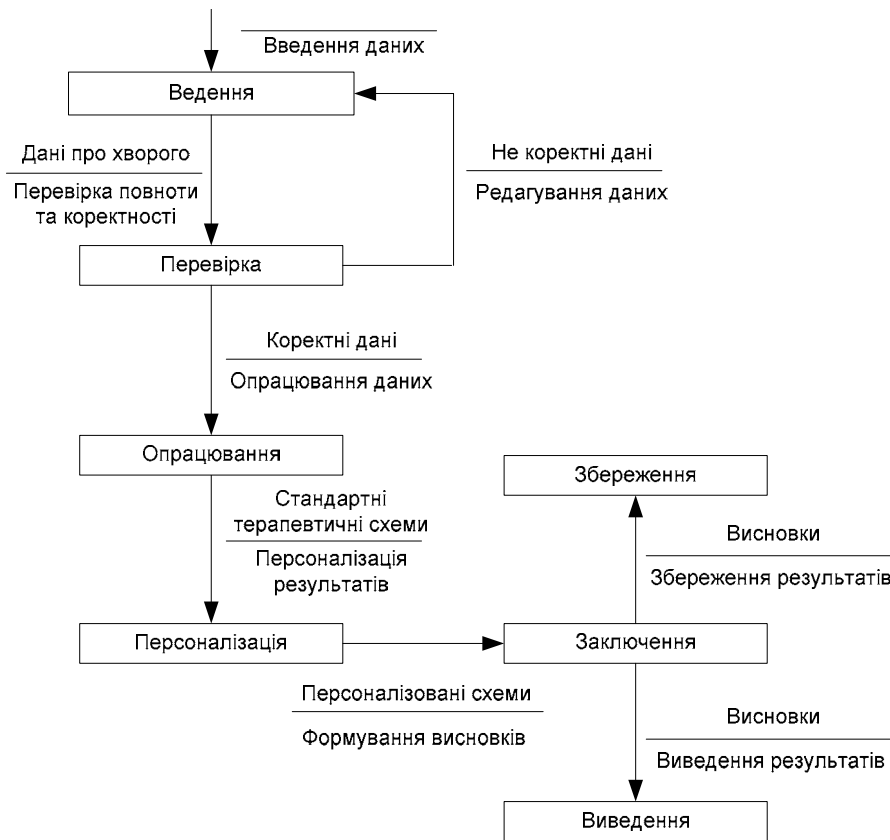


Рис. 7. Залежність у часі станів системи

Опис СПІР засобами діаграми класів забезпечує представлення системних взаємозв'язків структурними елементами. Внутрішня структура системи, що містить відомості про такі об'єкти, як Пацієнт (Patient), Препарати (Medication), Супутню патологію (Sup\_pat), Бактеріальну флору (Zbudnyk), Локалізацію (Localizacion). Аналітична частина СПІР побудована на виразах «якщо — то», логічних описах у відповідних класах, рис. 8.

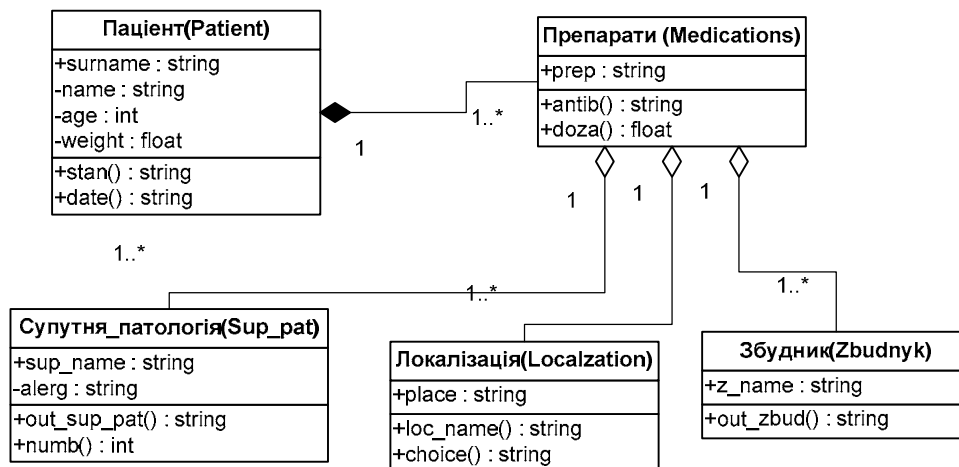


Рис. 8. Діаграма класів СПІР

Система функціонує в циклічному режимі: вибір вхідних даних, аналіз, оновлення та представлення результатів, застосування правил щодо формування тимчасових гіпотез. Процес визначення терапевтичних схем продовжується доти, поки не буде сформована вичерпна інформація, яка достатня для визначення кінцевого висновку. Основні етапи функціонування системи з визначенням прав користувачів відображені на рис. 9.

Нині необхідною вимогою сучасного світу є розробка мобільних систем, щоб сприяли прийняттю рішень у певний момент часу. Використовуючи пристрої, які забезпечують захищений паролем зв'язок, лікарі в будь-який час можуть здійснювати доступ до медичних даних певного хворого та інформації про ліки, що дозволить приймати рішення швидко, об'єктивно та якісно. У разі пошкодження або втрати такого пристрою дані можна негайно відновити завдяки системі автоматизованого резервного копіювання.

Ця СПЛР спроектована так, що користувач (лікар-початківець) може скористатись засобами системи у будь-якій клініці, де лише є доступ до інтернет-мережі. В якості базової мови для проектування СПЛР було обрано мову програмування PHP, що надало системі деякі переваги:

- скорочення витрат на впровадження проекту,
- зручність використання, мобільність,
- захист інформації від стороннього втручання,
- спрощення процесу оновлення інформаційної бази,
- підвищення якості надання своєчасної медичної допомоги.

Схема застосування СПЛР наведена на рис. 10.

Згідно з поданою схемою видно, що застосування СПЛР реалізується із використанням хмарних технологій, що реалізується з визначенням контролю доступу до системи, тобто персоналізацію користувача, внаслідок чого встановлюється режим опрацювання даних.

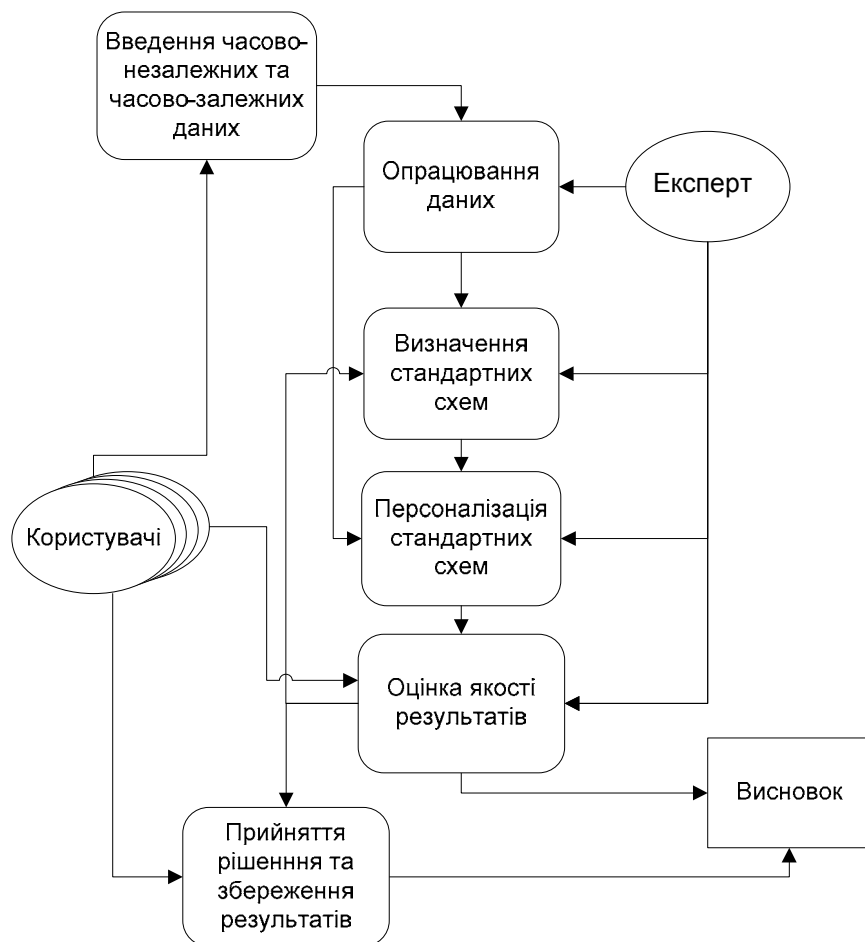


Рис. 9. Основні етапи функціонування СПЛР з визначенням прав користувачів

На підставі проведеного аналізу стану реалізації опрацювання даних та функціонування спроектована система для лікаря-фахівця є необхідним порадиником та засобом підвищення якості надання своєчасного та ефективного лікування хворим з різною патологією у будь-якій клініці світу.





Рис. 10. Схема застосування СПЛР

### Результати впровадження розробленої системи

Подання інформації у базі даних дало змогу отримувати легкий доступ та потужні засоби для фільтрування та обробки даних. У схему бази входять характеристика препаратів та дані, що характеризують загальний стан пацієнта.

На основі алгоритму функціонування СПЛР лікар вносить дані анамнезу, тобто часово-незалежні та часово-залежні параметри пацієнта за допомогою екранних форм, рис. 11.

Система після опрацювання та аналізу даних на підставі застосування алгоритму підбору персоналізованої схеми лікування формує перелік альтернативних препаратів з загальної кількості фармакологічної продукції тобто 23 класів антибіотиків та 287 торгових марок, внаслідок чого обирається антибіотик для лікування визначеної патології за стандартною схемою лікування. Наступним кроком виконується процес формування остаточного результату, що включає дані пацієнта, характеристики препарату, індивідуальну дозу, що враховує антропометричні дані об'єкта дослідження, спосіб та тривалість застосування при оцінці загального стану хворого. Розроблена система порівнювалася з системою WHONET 5. У кінцевому результаті система формує бланк призначення.

Рис. 11. Екранна форма СПЛР «Antibioticus» для введення початкових параметрів

Розроблена СПЛР «Antibioticus» є ефективним програмним продуктом, що забезпечує лікарю полегшення прийняття рішень стосовно вибору персоналізованої схеми лікування з великої множини препаратів-аналогів.

### **Висновки і перспективи подальших наукових розвідок**

Запропонована інформаційна технологія обробки персоналізованих медичних даних на прикладі системи підтримки прийняття лікарських рішень дозволяє деталізувати процес пошуку персоналізованої схеми лікування та визначати пріоритетні вимоги щодо керування даними, провести аналіз індивідуальних даних хворого, визначити перелік фармацевтичних препаратів, визначити оцінку результатів лікування хворих обраною схемою лікування. Наведений режим функціонування системи прийняття лікарських рішень та визначені основні етапи функціонування системи дозволяють пришвидшити обробку медичної інформації, результатом якої є отримання результатів прийняття рішень. Принцип роботи СПЛР, який передбачає використання он-лайн ресурсів, підвищує рівень мобільності системи, захисту та оновлення інформаційної бази, що є визначальними характеристиками для підвищення якості надання медичної допомоги.

1. Яковлева Е. М. Автоматизированное проектирование линейных систем / сост.: Е. М. Яковлева, С. В. Замятин; Томский политехн. ун-т. – Томск: Изд-во политехн. ун-та, 2010. – 106 с.

2. Частиков А. П. Разработка экспертных систем / Частиков А. П., Гаврилова Т. А., Белов Д. Л. – СПб.: CLIPS BVH-Санкт-Петербург, 2003. – 606 с.

3. Калиновский Д.К. Возможности создания системного программного продукта для работы с медицинскими базами данных / Д. К. Калиновский, И. Н. Матрос-Таранец, А. Г. Пономаренко, М. В. Пристром, О. В. Ченгарь // Збірник наукових статей Актуальні питання фармацевтичної та медичної науки та практики. – Вип. XVIII. – Запоріжжя: Вид-во ЗДМУ, 2007. – С. 127–135.

4. Куликов Г. Г. Автоматизированное проектирование информационно-управляющих систем. Проектирование экспертных систем на основе системного моделирования / Г. Г. Куликов, А. Н. Набатов, А. В. Речкалов и др. // Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа, 1999. – 223 с.

5. Литвин В. В. Проективання інтелектуальних агентів на основі адаптивних онтологій / В. В. Литвин, Н. Б. Шаховська, А. С. Мельник, О. Ю. Пишеничний, Ю. В. Ришковиць // Матеріали VI міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту», Євпаторія, 17–21 травня 2010. – Т. 2. – Херсон : ХНТУ, 2010. – С. 401–404.

6. Ахо А. В. Структуры данных и алгоритмы / Альфред В. Ахо, Джон Хопкрофт, Джеффри Д. Ульман; [пер. с англ.: уч. пос.]. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000. – 384 с.

7. Клещев А. С. Модель онтологии предметной области «медицинская диагностика». Часть 2. Формальное описание причинно-следственных связей, причин значений признаков и причин заболеваний / А. С. Клещев, Ф. М. Москаленко, М. Ю. Черняховская // НТИ. Сер. 2. – 2006. – № 2. – С. 19–30.

8. Попов Э. В. Статические и динамические экспертные системы: [учебное пособие] / Э. В. Попов, И. Б. Фоминых, Е. Б. Кисель, М. Д. Шапот. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.

9. Міненкова З. Є. Моделі та інформаційні технології побудови діагностичних експертних систем з великим об'ємом залежних вхідних даних: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / З. Є. Міненкова; Національний технічний ун-т «Харківський політехнічний ін-т». – Х., 2003.

10. Яковлев С. А. Экспертные системы / С. А. Яковлев. – СПб.: Издательство ГУАП, 2010. – С. 124.

11. Литвин В. В. Проблема автоматизованої розбудови базової онтології / В. В. Литвин, Т. М. Черна // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія : Інформаційні системи та мережі. – № 805. – 2014. – С. 306–315.

12. Литвин В. В. Підхід до автоматичної побудови функцій інтерпретації під час навчання онтологій / В. В. Литвин, С. Б. Хруц // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія : Інформаційні системи та мережі. – № 783. – 2014. – С. 361–368.

13. Шаховська Н. Б. Метод трансформації операцій алгебричної системи «простір даних» в операції моделей даних джерела / Н. Б. Шаховська // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2012. – № 743: Інформаційні системи та мережі. – С. 161–174.

14. Шаховська Н. Б. Розроблення архітектури простору даних та проектування класу керування його компонентами / Н.Б. Шаховська // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2013. – № 770: Інформаційні системи та мережі. – С. 72–82.