

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ МУЛЬТИФАКТОРНОГО ПОРТРЕТУ СУБ'ЄКТІВ ПІДТРИМКИ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

А. І. Пукач, В. М. Теслюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизованих систем управління
E-mail: andriipukach@gmail.com, vasyl.teslyuk@gmail.com

© Пукач А. І., Теслюк В. М., 2024

Розглянуто фактори впливу, що формують індивідуалістичне сприйняття об'єктів підтримки відповідними суб'єктами, які взаємодіють з ними, напряду або опосередковано. Досліджено та запропоновано форму представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси, що включає набір вхідних характеристик досліджуваного об'єкта підтримки, набір факторів впливу у вигляді матричної функції перетворення та набір вихідних характеристик результуючого сприйняття все того ж досліджуваного об'єкта підтримки, проте в індивідуалістичному сприйнятті кожного окремого суб'єкта взаємодії з ним. Досліджено можливості інкапсуляції штучних нейронних мереж у форму представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси та запропоновано використання саме багат шарового перцептрона для здійснення відповідних інкапсуляцій. Розроблено та представлено відповідну модель мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багат шарового перцептрона. Розв'язано прикладну практичну задачу визначення дефіцитних факторів впливу членів команди підтримки програмного комплексу.

Ключові слова: модель, штучні нейронні мережі, багат шаровий перцептрон, фактори впливу, мультифакторний портрет, програмні комплекси, підтримка, автоматизація.

Вступ

Ринок інформаційних технологій (ІТ) сьогодення переповнений найрізноманітнішим програмним забезпеченням, що включає як складні програмно-технічні комплекси для вузько-профільних висококваліфікованих спеціалістів з відповідним рівнем кваліфікацій і підготовки, так і більш прості застосунки для повсякденного користування більшої частини звичайних людей. Відповідно всі ці програмні комплекси та застосунки вимагають підтримки, як більш комплексного та широкого розуміння, що включає не лише клієнтську підтримку, а й увесь необхідний додатковий комплекс заходів, спрямований на їх коректне функціонування, розробку, тестування, відлагодження, впровадження, розширення, налаштування, аналіз, дослідження, вдосконалення та багато інших вкрай важливих та необхідних активностей, для того, щоб забезпечити підтримку життєдіяльності цих програмних комплексів, а також конкурентоспроможність їх компаній-розробників на сучасному ринку сфери ІТ, надзвичайно динамічному, вибагливому, продуктивному, висококонкурентному, нестабільному та непередбачуваному.

При цьому чим складнішим є підтримуваний програмний комплекс, тим вищими є вимоги до якості цієї підтримки, що охоплює такі показники, як швидкість процесів та прийняття рішень; чіткість та прозорість на всіх етапах; контроль якості та оцінка якості; рейтингова система відгуків; зворотний зв'язок; динамічність комунікацій; гнучкість систем і процесів та багато інших залежно від виставлених вимог або наявних індивідуальних угод чи домовленостей між компаніями-розробниками та клієнтською стороною.

Одним із дієвих способів забезпечення покращення цих показників є автоматизація процесів підтримки програмних комплексів, що є комплексною науково-прикладною проблемою та складається з множини відповідних науково-прикладних задач. Задача розроблення моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів є однією з них, адже дає змогу досліджувати вплив різноманітних факторів на суб'єктивне сприйняття об'єктів підтримки (в ролі яких можуть виступати як самі підтримувані програмні комплекси, так і процеси щодо їх підтримки) відповідними суб'єктами взаємодії з ними. В їх ролі виступають розробники, тестувальники, бізнес-аналітики, системні інженери, працівники служб підтримки та навіть самі клієнтські користувачі, які напряду або опосередковано, в своїй області активності, взаємодіють з підтримуваними програмними комплексами.

Огляд літературних джерел

Існує велика кількість досліджень та відповідних публікацій, що стосуються найрізноманітніших аспектів проблематики підтримки програмних комплексів та програмного забезпечення в цілому. Серед основних напрямків цих досліджень такі: автоматизація підтримки (клієнтської/технічної) програмних продуктів, автоматизація тестування, автоматизація життєвих циклів розробки програмного забезпечення, а також клієнтоорієнтованість програмних продуктів. Розглянемо деякі з них, в контексті взаємодії суб'єктів із підтримуваним програмним комплексом.

Зокрема, в контексті автоматизації клієнтської та/або технічної підтримки програмних комплексів розглянуто такі публікації. Antje Janssen та інші у своїй роботі [1] досліджують критичні фактори успіху (англ. Critical Success Factors – CSF) і причини невдач чат-ботів на практиці, орієнтуючись на наукові дослідження дизайну (англ. Design Science Research – DSR) та поступово вдосконалюючи знання чат-ботів про інформаційні системи (англ. Information Systems – IS) і взаємодію людини з комп'ютером (англ. Human Computer Interaction – HCI). Jessica He та інші у своєму дослідженні [2] вивчають вплив факторів, що впливають на рішення стосовно того, в яких випадках автоматизація підходить чи не підходить для клієнтської підтримки і як делегувати повноваження щодо опрацювання клієнтських звернень таким чином, щоб користувачі та працівники служб підтримки відчували достатній контроль над своїми завданнями/зверненнями. Carl Corea та інші у своїй праці [3] розглядають, зокрема, ключові фактори, які слід враховувати при розробці або впровадженні чат-ботів для автоматизації підтримки та обслуговування клієнтів.

У контексті автоматизації тестування програмних комплексів проаналізовано низку джерел. Rohit Khankhoje у своїй роботі [4] досліджує фактори, які впливають на вибір певного типу середовища автоматизації тестування, представляючи відповідну структуру для прийняття рішень, які відповідають вимогам конкретного проєкту, досвіду команди та цілям тестування. Chunhua Deming та інші у своєму дослідженні [5] порушують питання щодо можливостей технологій штучного інтелекту у вирішенні проблем тестування програмного забезпечення, починаючи від підвищення ефективності й результативності та закінчуючи стратегіями проактивного тестування та усуненням етичних і соціальних факторів впливу на тестування. Garousi і Mantyla у своїй праці [6] виділяють п'ять основних факторів, що, так чи інакше, впливають на те, що можна, а що не можна автоматизувати в тестуванні програмних продуктів, а саме: тестоване програмне забезпечення (англ. Software Under Test – SUT); фактори, пов'язані з тестовим випадком; фактори, пов'язані з тестовим інструментом; людські та організаційні фактори; наскрізні фактори.

Крім того, в контексті автоматизації життєвого циклу підтримуваних програмних комплексів та розроблюваного програмного забезпечення в цілому, як релевантні приклади, наведено такі

публікації. Saima Raf та інші у своїй праці [7] презентують результати проведеного дослідження, які відображають таксономію факторів успіху, що допомагає експертам розробляти нові стратегії, ефективні для вдосконалення процесів DevOps (Development and Operations – методологія автоматизації технологічних процесів збірки, налаштування та розгортання програмного забезпечення). Nasreen Azad у своїй роботі [8] застосовує обґрунтовану теорію (англ. Grounded theory) а також методологію Gioia (англ. Gioia methodology) для створення теорії та моделі, яка поєднує організаційні практики та інструменти DevOps для вдосконалення основних концепцій і цінностей DevOps, що враховують фактор успіху. Riingu-Kalliosaari та інші у своєму дослідженні [9], вивчаючи фактори успішного впровадження DevOp, презентували відповідне вебопитування щодо процесу впровадження DevOp, щоб охарактеризувати ці фактори. Michiel van Belzen та інші у своєму напрацюванні [10] досліджують, які CSF (Critical Success Factors – Критичні фактори успіху) визначають успіх процесів CI/CD (Continuous Integration / Continuous Delivery, або Безперервна інтеграція / Безперервна доставка, – комбінована практика безперервної інтеграції та безперервної доставки). Також Michiel van Belzen та інші у своїй роботі [11] досліджують сприяння факторів CSF вирішенню проблем співпраці між розробкою та доставкою в CI/CD, а також пропонують відповідну класифікацію CSF.

В той час, як в контексті досліджень клієнтоорієнтованості програмних комплексів та супутніх аспектів впливу людського та інших факторів впливу, як приклад, розглянуто такі дослідження. Aria YukFan Jim та інші в своїй роботі [12] вивчають людиноцентричні аспекти, що впливають на програмне забезпечення, зокрема, авторами розроблено розширення для каркасних конструкцій (англ. wireframe-based designs), щоб вони могли додатково опрацьовувати рішення щодо людиноцентричного аспекту віку користувачів в рамках розроблених фреймворків моделювання (англ. modelling frameworks), що відображають методи представлення того, як має бути визначена система програмного забезпечення в наперед заданих рамках моделювання. Junfeng Wang та інші в своєму дослідженні [13] вивчають суб'єктивний вплив дизайну взаємодії та оформлення інтерфейсу програмного забезпечення на зручність використання, у поєднанні з методами суб'єктивного експерименту, шкали балів, тестування користувача та ретроспективного інтерв'ю “думок вголос”, а також методу об'єктивного експерименту, та на основі отриманих результатів вносять відповідні пропозиції щодо оптимізації зручності використання та досвіду користувачів програмного забезпечення для проєктування інтерфейсу користувача з трьох точок зору: дизайну інтерфейсу, якості інформації та дизайну взаємодії. Bharvi Chhaya та інші в своїй праці [14] досліджують вплив суб'єктивного людського фактору на прикладі відповідного використання програмного забезпечення реалізації портативної технології моделювання навчання. John C. Grundy у своїй статті [15] наводить приклади фактору впливу різноманітних суб'єктивних персональних характеристик кінцевих користувачів з обґрунтуванням необхідності та доцільності включати їх у вимоги до розробки, проєктування, реалізації, тестування та звітування про дефекти, у програмній інженерії життєвого циклу розроблюваних та підтримуваних програмних комплексів та продуктів.

Постановка завдання

Робота присвячена дослідженню суб'єктів взаємодії з підтримуваними програмними комплексами. Мета полягає в розробленні моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багат шарового перцептрона.

Постановка задачі:

- дослідження форми представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси;
- дослідження можливості інкапсуляції штучних нейронних мереж у форму представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси;
- розроблення моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багат шарового перцептрона.

Дослідження форми представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси

Як одну з можливих форм представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси розглянемо варіант, в якому:

- існує набір вхідних (об'єктивних, первинних) характеристик об'єкта підтримки (підтримуваного програмного комплексу або процесів його підтримки);
- є набір вихідних (суб'єктивних, спотворених) характеристик сприйняття цього ж об'єкта підтримки відповідним суб'єктом, що напряму або опосередковано з ним взаємодіє;
- існують набори факторів впливу, що, власне, впливають на спотворення первинних оригінальних характеристик об'єкта підтримки і формують відповідний набір вихідних характеристик цього ж об'єкта в сприйнятті його кожним конкретним суб'єктом, що з ним взаємодіє (напряму або опосередковано).

Так отримаємо відповідне математичне представлення дії факторів впливу щодо перетворення вхідних характеристик об'єкта підтримки у відповідний набір вихідних характеристик його суб'єктивного сприйняття, подане такою формулою (1):

$$OutChar[j] = ImpFact[1..k](InChar[i]), \quad (1)$$

де $OutChar[j]$ – j -а вихідна характеристика суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки; $ImpFact[1..k]$ – матрична функція, що репрезентує набір з k факторів впливу; $InChar[i]$ – i -а вхідна характеристика об'єкта підтримки.

Тобто кожна вхідна характеристика об'єкта підтримки проходить через матричну функцію, що складається з абсолютно всіх наявних задекларованих факторів впливу, кожен з яких, тією чи іншою мірою, в свій спосіб, впливає на цю вхідну характеристику, а всі вони в сукупності на виході формують її відповідне результуюче суб'єктивне сприйняття.

Нижче, на рис. 1, подано також відповідну графічну інтерпретацію запропонованої форми представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси.

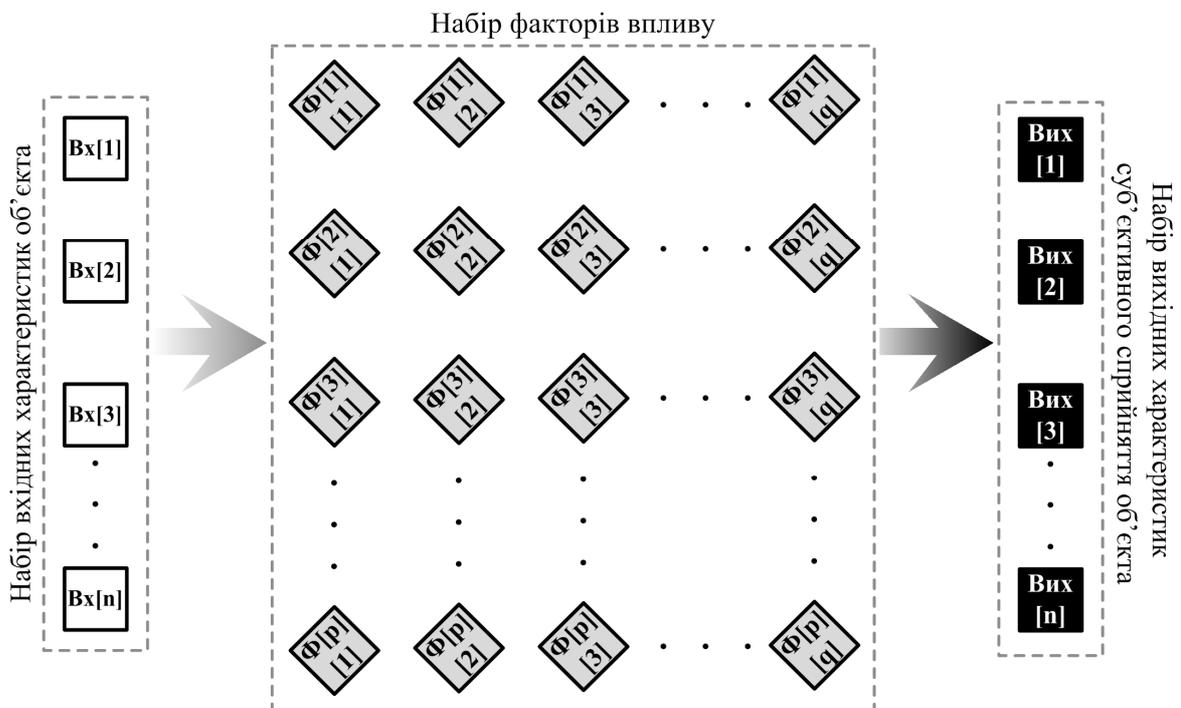


Рис. 1. Графічна інтерпретація запропонованої форми представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси

Враховуючи нетривіальність та багатопараметричність матричної функції, що представляє набір факторів впливу, необхідний пошук рішень щодо можливості опрацювання даних цією функцією. Одним із таких рішень є додаткова інкапсуляція штучних нейронних мереж (ШНМ), які можуть опрацьовувати дані саме в такому форматі. Одними з робіт, в яких ґрунтовно розкривається тематика штучних нейронних мереж, є праці [16–19].

Дослідження можливості інкапсуляції штучних нейронних мереж у форму представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси

Отже, з метою реалізації багатопараметричної матричної функції, що комплексно репрезентує фактори впливу в запропонованій формі представлення, здійснено відповідне дослідження щодо можливості інкапсуляції штучних нейронних мереж в якості інтерпретації функції факторів впливу. Перевагою штучних нейронних мереж є не лише їх здатність описувати складні нетривіальні комплексні закономірності, а й, додатково, забезпечення додаткової можливості навчання (самонавчання) на підготовлених вибірках даних.

В результаті здійсненого дослідження підтверджено можливість інкапсуляції штучних нейронних мереж у форму представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси. Як конкретний варіант застосування ШНМ – детально розглянуто приклад використання багат шарового перцептрона (БП). Багат шаровий перцептрон є одним із різновидів ШНМ, який доволі активно та ефективно використовують на практиці для вирішення надзвичайно великої кількості різноманітних практичних задач. Як приклад публікацій з описом застосувань багат шарового перцептрона наведено роботи [20–22].

Основною перевагою використання саме БП в якості інкапсульованої ШНМ у попередньо описану форму представлення факторів впливу є насамперед зручність процесу такої інкапсуляції, зумовлена як структурою самого БП, так і поданою формою представлення, адже:

- набір вхідних характеристик об'єкта може бути адаптований в якості вхідного шару нейронів інкапсульованого БП;
- набір факторів впливу може бути адаптований в якості нейронів прихованих шарів інкапсульованого БП;
- а набір вихідних характеристик результуючого суб'єктивного сприйняття об'єкта – відповідно, може бути адаптований в якості вихідного шару нейронів інкапсульованого БП.

Відповідно до описаної схеми інкапсуляції результатом інкапсуляції буде фактично модель БП, в якій нейрони прихованих шарів, окрім виключно математичного та функціонального первинного навантаження, додатково отримують функціонально-сміслові навантаження, репрезентуючи дію факторів впливу по перетворенню вхідних характеристик досліджуваних об'єктів підтримки – у відповідні вихідні характеристики результатів їх індивідуалістичного сприйняття суб'єктами взаємодії з ними.

На рис. 2 подано приклад реальної інкапсульованої ШНМ БП репрезентації дії факторів впливу на досліджуваний об'єкт.

Додатковою перевагою запропонованого способу інкапсуляції ШНМ БП є те, що, сама по собі, інкапсульована мережа БП, по суті, нічим не відрізняється від будь-якої стандартної класичної ШНМ типу БП. Тобто абсолютно весь процес навчання та тестування інкапсульованих ШНМ БП нічим не відрізняється від стандартних відомих та перевірених способів, що використовуються для всіх без винятку ШНМ цього типу. Саме тому мережа, представлена на рис. 2, вже є навченою (натренованою) на відповідній попередньо підготовленій вибірці даних, що репрезентує залежність значень вихідних нейронів від вхідних. Числові значення, подані на рис. 2 праворуч кожного нейрона, – вказують на ваги вихідних зв'язків цього нейрона.

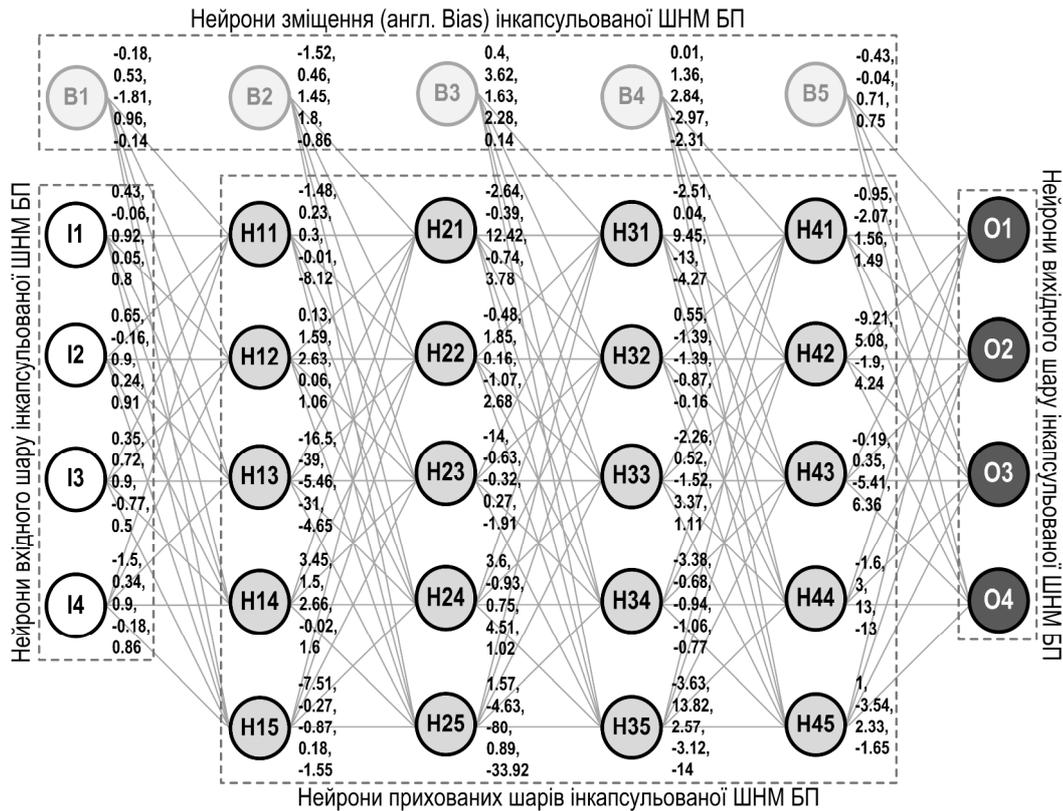


Рис. 2. Приклад інкапсульованої ШНМ БП репрезентації дії факторів впливу на досліджуваний об'єкт

Розроблення моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона

Отримавши готову ШНМ БП, інкапсульовану в форму представлення факторів впливу на досліджуваний об'єкт, можна навчати (тренувати) її на різноманітних вибірках даних таким чином, щоб на виході отримувати моделі, максимально натреновані під кожен окремо взятий ізольований домінуючий фактор впливу. Детально цей процес описаний в роботі [23]. В результаті такого підходу нейрони прихованих шарів інкапсульованої ШНМ БП отримають конкретні числові значення приналежності до кожного із факторів впливу.

На рис. 3 зображено графічну інтерпретацію розподілу ймовірностей приналежності нейронів прихованих шарів інкапсульованої ШНМ БП до відповідних факторів впливу. Справа від кожного нейрона знаходяться числові значення ймовірності (від 0 до 1) його приналежності до кожного із факторів впливу F1–F4.

Отримавши необхідні маркування для всіх нейронів прихованих шарів інкапсульованої ШНМ БП, задіяних у всіх можливих зворотних ланцюжках, побудованих на основі даних навчального та тестувального наборів даних, щодо ймовірностей їх (нейронів) приналежності до відповідних задекларованих факторів впливу, інкапсульована ШНМ БП, таким чином, стає повністю готовою та придатною для подальшого формування необхідних індивідуальних портретів суб'єктів взаємодії з досліджуваним об'єктом.

Формування індивідуального портрету кожного окремо взятого досліджуваного суб'єкта взаємодії з об'єктом підтримки розпочинається із підготовки відповідного набору даних для його тестування на навченій інкапсульованій ШНМ БП. Кожен кейс цього набору даних репрезентує частковий результат суб'єктивного сприйняття досліджуваним суб'єктом – об'єкта підтримки. При цьому кожен кейс забезпечує повний цикл моделювання роботи навченої інкапсульованої ШНМ БП, з послідовною активацією всіх її шарів: від вхідного шару нейронів, через приховані шари, і аж до вихідного шару.

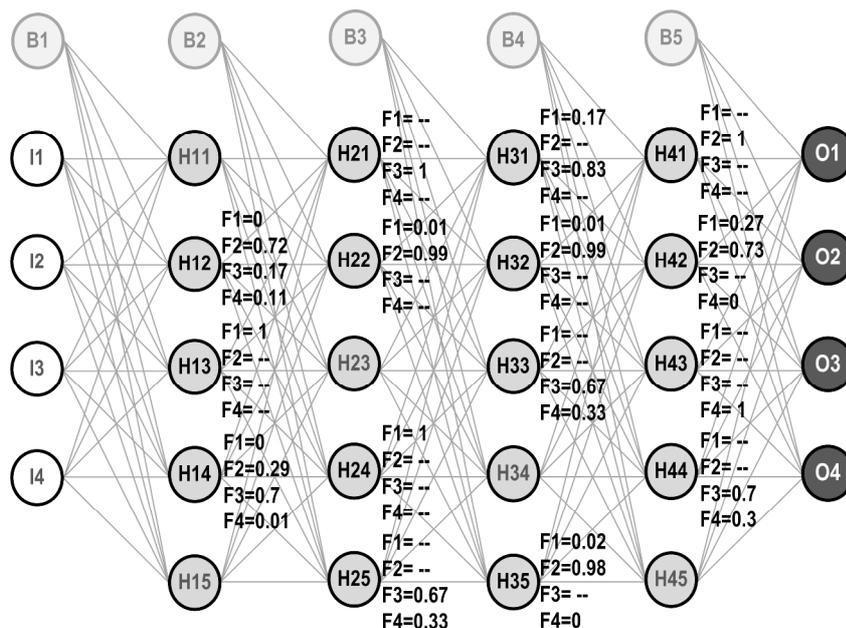


Рис. 3. Графічна інтерпретація розподілу ймовірностей приналежності нейронів прихованих шарів інкапсульованої ШНМ БП до відповідних факторів впливу

В результаті кожного такого циклу моделювання отримуємо відповідний ланцюжок активованих нейронів на кожному із шарів. Як наочний приклад одного з таких ланцюжків наведемо представлений відповідним виразом (2) нижче:

$$I[2] \rightarrow H[1][4] \rightarrow H[2][2] \rightarrow H[3][5] \rightarrow H[4][2] \rightarrow O[2], \quad (2)$$

де $I[2]$ – активований нейрон (під номером 2) вхідного шару; $H[1][4]$ – активований нейрон (під номером 4) першого прихованого шару; $H[2][2]$ – активований нейрон (під номером 2) другого прихованого шару; $H[3][5]$ – активований нейрон (під номером 5) третього прихованого шару; $H[4][2]$ – активований нейрон (під номером 2) четвертого (останнього) прихованого шару; $O[2]$ – активований нейрон (під номером 2) вхідного шару.

Знаючи ймовірність приналежності кожного з активованих нейронів прихованих шарів до кожного із задекларованих факторів впливу, підсумовуємо ці ймовірності по кожному з факторів, і таким чином отримуємо конкретні числові значення впливу кожного із факторів на це конкретне суб'єктивне сприйняття об'єкта підтримки досліджуваним суб'єктом взаємодії, репрезентоване даним конкретним кейсом набору даних.

Фактично отримані вже на цьому етапі результати є нічим іншим, як миттєвим зрізом мультифакторного портрету досліджуваного суб'єкта. Його також можна описати таким виразом (3), поданим нижче:

$$MFPS[j]INST[i]=[SCASE[i](F1), SCASE[i](F2), SCASE[i](F3), SCASE[i](F4)], \quad (3)$$

де $MFPS[j]INST[i]$ – миттєвий зріз мультифакторного портрету досліджуваного суб'єкта "j", отриманий на онові моделювання кейсу "CASE[i]" набору даних; $SCASE[i](F1)$ – сума ймовірностей приналежності всіх задіяних нейронів прихованих шарів, активованих в ході моделювання кейсу "CASE[i]" набору даних, до фактору впливу $F1$; $SCASE[i](F2)$ – сума ймовірностей приналежності всіх задіяних нейронів прихованих шарів, активованих в ході моделювання кейсу "CASE[i]" набору даних, до фактору впливу $F2$; $SCASE[i](F3)$ – сума ймовірностей приналежності всіх задіяних нейронів прихованих шарів, активованих в ході моделювання кейсу "CASE[i]" набору даних, до фактору впливу $F3$; $SCASE[i](F4)$ – сума ймовірностей приналежності всіх задіяних нейронів прихованих шарів, активованих в ході моделювання кейсу "CASE[i]" набору даних, до фактору впливу $F4$.

Для отримання ж повного мультифакторного портрету досліджуваного суб'єкта необхідно знайти усереднене значення його миттєвих зрізів, отриманих в результаті моделювання абсолютно всіх наявних кейсів набору даних.

Отже, модель мультифакторного портрету суб'єктів підтримки можна представити виразом (4) нижче:

$$MFPS[j]=[SCASE[1..n](F1)/n, SCASE[1..n](F2)/n, SCASE[1..n](F3)/n, SCASE[1..n](F4)/n], \quad (4)$$

де $MFPS[j]$ – мультифакторний портрет досліджуваного суб'єкта “ j ”, на основі усіх кейсів поточного набору даних; $SCASE[1..n](F1)$ – сума по фактору впливу $F1$ для всіх n кейсів моделювання поточного набору даних; $SCASE[1..n](F2)$ – сума по фактору впливу $F2$ для всіх n кейсів моделювання поточного набору даних; $SCASE[1..n](F3)$ – сума по фактору впливу $F3$ для всіх n кейсів моделювання поточного набору даних; $SCASE[1..n](F4)$ – сума по фактору впливу $F4$ для всіх n кейсів моделювання поточного набору даних; n – кількість кейсів у поточному наборі даних.

Отже, вираз (4) репрезентує один із варіантів можливої інтерпретації розробленої моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багатозарового перцептрона.

Приклад практичного застосування

Розроблену модель можна використовувати для дослідження та розв'язання багатьох різноманітних прикладних чи практичних задач, що мають стосунок до факторів впливу, або суб'єктів взаємодії з об'єктами підтримки.

В якості одного із таких прикладів практичного застосування розробленої моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багатозарового перцептрона, розглянуто задачу визначення дефіцитних факторів впливу членів команди підтримки деякого програмного комплексу.

Розв'язання цієї задачі складається із двох етапів. На першому етапі необхідно визначити мультифакторні портрети кожного із членів досліджуваної команди підтримки. А на другому етапі – відповідно, для кожного із членів досліджуваної команди знайти фактор впливу з найменшим значенням сумарної ймовірності.

На рис. 4, зображено графічну інтерпретація мультифакторних портретів досліджуваних суб'єктів, тобто отриманих в результаті моделювання навченої інкапсульованої ШНМ БП, представленої на рис. 2 і 3, сумарних значень по кожному із факторів впливу всіх наявних кейсів відповідного набору даних, що репрезентує дані з різноманітними прикладами сприйняття суб'єктами (членами команди підтримки) досліджуваного об'єкта підтримки (програмного комплексу).

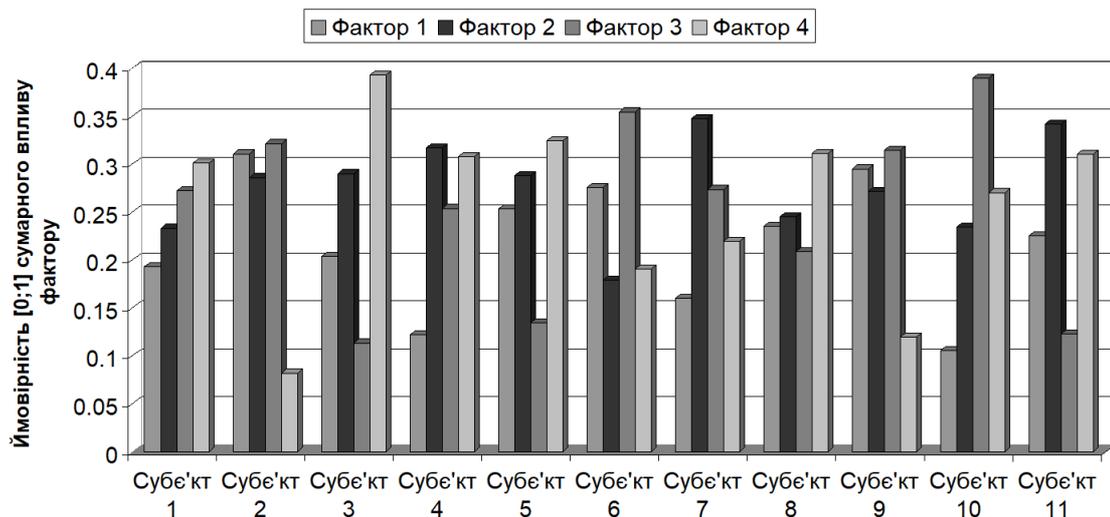


Рис. 4. Графічна інтерпретація мультифакторних портретів досліджуваних суб'єктів

Наступним етапом є визначення для кожного із членів команди того фактору, вплив якого є мінімальним, тобто дефіцитного фактору.

На рис. 5 зображено відповідну графічну інтерпретацію визначених дефіцитних факторів впливу для кожного члена досліджуваної команди підтримки.

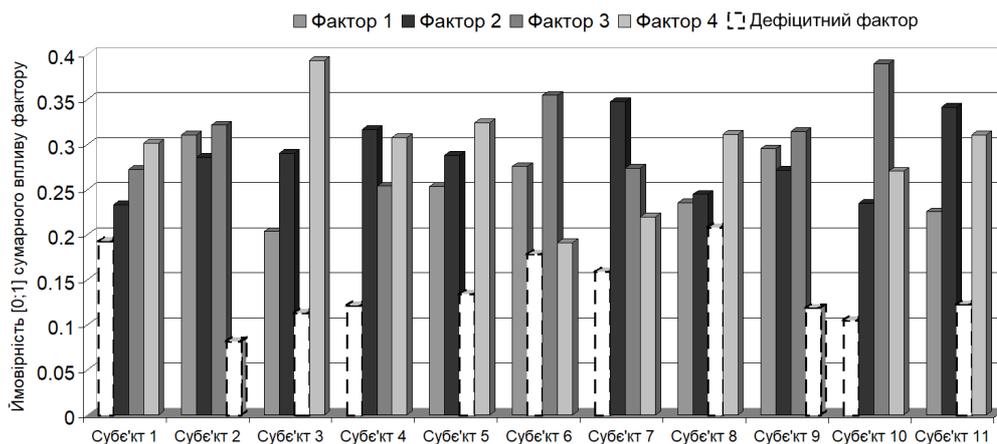


Рис. 5. Графічну інтерпретація визначених дефіцитних факторів впливу для кожного члена досліджуваної команди підтримки

Таким чином, за допомогою розробленої моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона, розглянуто задачу визначення дефіцитних факторів впливу членів команди підтримки деякого програмного комплексу.

Результати дослідження

В ході дослідження вивчено проблематику дії факторів впливу, що призводить до суб'єктивізації сприйняття об'єктивних характеристик досліджуваного об'єкта підтримки відповідними суб'єктами взаємодії з ним. Подальший аналіз цієї науково-прикладної задачі привів до необхідності вибору відповідної форми представлення факторів впливу на досліджуваний об'єкт підтримки, а також дослідження можливості інкапсуляції штучних нейронних мереж в цю форму представлення, з метою врахування нетривіальності та багатопараметричності матричної функції, що представляє набір факторів впливу та їх дію з перетворення вхідних характеристик досліджуваних об'єктів у відповідні вихідні результуючі характеристики їх індивідуалістичного сприйняття суб'єктами взаємодії з досліджуваним об'єктом. В результаті інкапсуляції ШНМ типу багатошарового перцептрона стало можливим визначення конкретних числових значень (показників) ймовірностей впливу кожного із задекларованих факторів впливу на процес суб'єктивізації в кожному конкретному окремо взятому кейсі, для кожного окремого досліджуваного суб'єкта.

Отже, результати дослідження підтверджують можливість розроблення моделі мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона. А також можливість її ефективного застосування для дослідження як суб'єктів взаємодії з об'єктами підтримки, так і відповідних факторів впливу, що безпосередньо діють в напрямку суб'єктивізації сприйняття досліджуваних об'єктів підтримки відповідними суб'єктами взаємодії з ними.

Висновки

В роботі досліджено науково-прикладну галузь наявності та активної дії відповідних факторів, що впливають на суб'єктивізацію сприйняття одного і того ж об'єкта підтримки (підтримуваного програмного комплексу, або процесів його підтримки) різними суб'єктами взаємодії з ним (в ролі яких можуть виступати розробники, тестувальники, бізнес-аналітики, системні інженери, працівники служб підтримки, клієнтські користувачів, та інші суб'єкти, що напряду чи опосередковано взаємодіють з об'єктом підтримки). Досліджено та обрано форму представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси, що дає змогу чітко формалізувати подання відповідних факторів впливу. Досліджено можливості інкапсуляції штучних нейронних мереж у форму представлення факторів впливу на підтримувані програмні комплекси та обґрунтовано

використання багат шарового перцептрона в якості найбільш оптимального варіанта для інкапсуляції, що, в сукупності, надає можливість використання абсолютно усіх наявних переваг ШНМ типу БП, а також забезпечує додаткове функціонально-сміслові призначення для нейронів прихованих шарів інкапсульованих ШНМ БП. Розроблено модель мультифакторного портрету суб'єктів підтримки програмних комплексів із застосуванням штучних нейронних мереж, зокрема багат шарового перцептрона, що дає змогу досліджувати суб'єктів взаємодії з об'єктами підтримки саме з точки зору їх індивідуальних наборів характеристик, сформованих під дією відповідних факторів впливу. Як приклад практичного застосування розв'язано задачу визначення дефіцитних факторів впливу членів команди підтримки деякого програмного комплексу та наведено відповідні результати.

Список літератури

1. Janssen A., Grützner L. & Breitner M. H. (2021). *Why do Chatbots fail? A Critical Success Factors Analysis*. In *Proceedings of the 42nd International Conference on Information Systems, ICIS 2021, Austin, TX, USA*, p. 12–15. https://www.researchgate.net/profile/Antje-Janssen/publication/354811221_Why_do_Chatbots_fail_A_Critical_Success_Factors_Analysis/links/614dbb5a154b3227a8a62ecc/Why-do-Chatbots-fail-A-Critical-Success-Factors-Analysis.pdf
2. He J., Piorkowski D., Muller M. J., Brimijoin K., Houde S. & Weisz J. D. (2023b). *Understanding how task dimensions impact automation preferences with a conversational task assistant*. *AutomationXP23: Intervening, Teaming, Delegating - Creating Engaging Automation Experiences*, April 23rd, Hamburg, Germany, 6 pages. https://matthiasbaldauf.com/automationxp23/papers/AutomationXP23_paper11.pdf
3. Corea C., Delfmann P. & Nagel S. (2020). *Towards Intelligent Chatbots for Customer Care - Practice-Based Requirements for a Research Agenda*. In: *Proceedings of the 53rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences HICSS 2020: Grand Wailea, Maui, Hawaii, January 7–10*, p. 5819–5828. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2020.713>
4. Khankhoje R. (2023). *An In-Depth Review of Test Automation Frameworks: Types and Trade-offs*. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, Vol. 3, Issue 1, p. 55–64. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-13108>
5. Chunhua Deming C., Khair M. A., Mallipeddi S. R. & Varghese A. (2021). *Software Testing in the Era of AI: Leveraging Machine Learning and Automation for Efficient Quality Assurance*. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, Vol. 10, Issue 1, p. 66–76. <https://doi.org/10.18034/ajase.v10i1.88>
6. Garousi V. & Mantyla M. V. (2016). *When and what to automate in software testing? A multi-vocal literature review*. *Information and Software Technology*, vol. 76, p. 92–117. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.04.015>
7. Rafi S., Akbar M. A., AlSanad A. A., AlSuwaidan L., Abdulaziz AL-ALShaikh H. & AlSagri H. S. (2022). *Decision-Making Taxonomy of DevOps Success Factors Using Preference Ranking Organization Method of Enrichment Evaluation*. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 2600160, 15 p. <https://doi.org/10.1155/2022/2600160>
8. Azad N. (2023). *The impact of DevOps critical success factors and organizational practices*. *14th International Conference on Software Business*, November 27–29, 2023, Lahti, Finland, 11 pages. <https://ceur-ws.org/Vol-3621/phd-paper5.pdf>
9. Riungu-Kalliosaari L., Mäkinen S., Lwakatatare L. E., Tiihonen J. & Männistö T. (2016). *DevOps adoption benefits and challenges in practice: A case study*. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 10027 LNCS, p. 590–597. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49094-6_44
10. Van Belzen M., Trienekens J. & Kusters R. (2024). *Validation and Clarification of Critical Success Factors of DevOps Processes*. In *Proceedings of the 26th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2024)*. – Vol. 2, p. 222–231. <https://doi.org/10.5220/0012685800003690>
11. Van Belzen M., Trienekens J. & Kusters R. (2023). *What Do Critical Success Factors of Collaboration Really Mean in the Context of DevOps? The Eighteenth International Conference on Software Engineering Advances (IARIA 2023)*, p. 7–13. https://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/icsea/icsea_2023/icsea_2023_1_20_10017.pdf
12. Jim A., Shim H., Wang J., Wijaya L., Xu R., Khalajzadeh H., Grundy J. & Kanij T. (2021). *Improving the Modelling of Human-centric Aspects of Software Systems: A Case Study of Modelling End User Age in Wireframe Designs*. In *Proceedings of the 16th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering. ENASE; ISBN 978-989-758-508-1; ISSN 2184-4895, SciTePress*, p. 68–79. <https://doi.org/10.5220/0010403000680079>
13. Wang J., Xu Z., Wang X. & Lu J. (2022). *A Comparative Research on Usability and User Experience of User Interface Design Software*. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications(IJACSA)*, 13(8), p.21–29. <https://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130804>

14. Chhaya B., Jafer S. & Rice S. (2020). Human Factors Assessment of Scenario-driven Training in Web-based Simulation. In *Proceedings of the 10th International Conference on Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH 2020)*, p. 189–196. <https://doi.org/10.5220/0009820301890196>
15. Grundy J. (2021). Impact of End User Human Aspects on Software Engineering. In *Proceedings of the 16th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering (ENASE 2021)*, p. 9–20. <https://doi.org/10.5220/0010531800090020>
16. Chakraverty S. & Mall S. (2017). *Artificial Neural Networks for Engineers and Scientists: Solving Ordinary Differential Equations (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315155265>
17. Jain L. C. (2000). *Recent Advances in Artificial Neural Networks (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351076210>
18. Zhang B., Xu S., Lin M., Wang T. & Doermann D. (2023). *Binary Neural Networks: Algorithms, Architectures, and Applications (1st ed.)*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003376132>
19. Zhang Y., Chen D. & Ye C. (2019). *Toward Deep Neural Networks: WASD Neuronet Models, Algorithms, and Applications (1st ed.)*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9780429426445>
20. Karacan C. Ö. (2021). Multilayer Perceptrons. In: Daya Sagar B., Cheng Q., McKinley J., Agterberg F. (eds) *Encyclopedia of Mathematical Geosciences. Encyclopedia of Earth Sciences Series*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26050-7_455-1
21. Reifman J. & Feldman E. E. (2002). Multilayer perceptron for nonlinear programming. *Computers & Operations Research*, Vol. 29, Issue 9, p. 1237–1250. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(01\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(01)00027-2)
22. Shirvany Y., Hayati M. & Moradian R. (2009). Multilayer perceptron neural networks with novel unsupervised training method for numerical solution of the partial differential equations. *Applied Soft Computing*, Vol. 9, Issue 1, p. 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.02.003>
23. Pukach A. I. & Teslyuk V. M. (2024). Model of decomposed insulating dominance for the analysis of influencing factors of software complexes support automation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 34(5), 170–179. <https://doi.org/10.36930/40340521>

DEVELOPMENT A MULTIFACTORIAL PORTRAIT MODEL OF SOFTWARE COMPLEXES' SUPPORTING SUBJECTS, USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

A. Pukach, V. Teslyuk

Lviv Polytechnic National University,
Department of Automated Control Systems
E-mail: andriipukach@gmail.com, vasyl.teslyuk@gmail.com

© Pukach A., Teslyuk V., 2024

Impact factors, that are shaping the individualistic perception of the supported objects by the relevant subjects, who interact with them, directly or indirectly, are considered in this research. A form of impact factors' (performing impact on the supported software complexes) representation has been studied and proposed. Aforementioned form includes: a set of input characteristics of the researched supported object; a set of impact factors in the form of a transformation matrix function; and a set of output characteristics of the resulting perception of the same researched supported object (however in the individualistic perception of each individual subject of interaction with it). The possibility of encapsulation of artificial neural networks inside the aforementioned proposed form (of the supported software complexes' impact factors representation) was investigated. And the use of multilayer perceptron was proposed and substantiated for the implementation of the appropriate encapsulations. An appropriate multifactorial portrait model of software complexes' supporting subjects, using artificial neural networks, particularly a multilayer perceptron, has been developed and presented. Also, the applied practical problem of determining the deficient impact factors for each of the software complex' support team members has been solved.

Keywords: model, artificial neural networks, multilayer perceptron, impact factors, multifactor portrait, software complexes, support, automation.