



А. І. Пукач, В. М. Теслюк

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

МОДЕЛЬ ДЕКОМПОНОВАНОЇ ІЗОЛЯЦІЙНОЇ ДОМІНАЦІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧИННИКІВ ВПЛИВУ НА АВТОМАТИЗАЦІЮ ПІДТРИМКИ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Розроблено модель декомпонованої ізоляційної домінації чинників впливу на об'єкти підтримки – програмні комплекси чи процеси їх підтримки. Модель забезпечує можливість подальшого розрахунку ймовірностей належності нейронів прихованих шарів інкапсульованої мережі багатошарового перцептрона в моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки відповідними суб'єктами взаємодії з ним. Отже, модель сприяє вирішенню науково-прикладної задачі відновлення меж чинників впливу підтримки програмних комплексів з подальшою можливістю аналізу цих чинників, що входить до комплексу задач науково-прикладної проблеми автоматизації підтримки програмних комплексів. Розроблено відповідний алгоритм забезпечення реалізації механізму трикомпонентної зв'язки моделей декомпонованої ізоляційної домінації чинників впливу. Наведено візуалізацію структурного подання процесів декомпонованої ізоляційної домінації. Розроблено модель декомпонованої ізоляційної домінації чинників впливу на базі кольорових мереж Петрі, побудовано дерево досяжності станів розробленої моделі, що демонструє досяжність та наповненість кожного із станів розробленої моделі, а також дає змогу досліджувати динаміку відповідних процесів моделювання. За допомогою розробленої моделі розв'язано низку прикладних практичних задач, серед яких: відновлення чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів; пошуку та виявлення членів-антагоністів команди підтримки програмного комплексу; а також дослідження динаміки процесів моделювання з допомогою розроблених моделей декомпонованої ізоляційної домінації чинників впливу. Вирішено прикладне практичне завдання пошуку та виявлення членів-антагоністів команди підтримки програмного комплексу забезпечує виявлення членів однієї спільної команди підтримки, бачення яких на об'єкт підтримки (підтримуваний програмний комплекс, чи процеси його підтримки) максимально відмінні серед усіх членів команди. Встановлено, що отримані результати застосування розробленої моделі декомпонованої ізоляційної домінації є актуальними та вагомими під час розв'язання задач аналізу чинників впливу на суб'єктивізацію сприйняття об'єктів підтримки у дослідженнях в напрямі проблематики автоматизації підтримки програмних комплексів.

Ключові слова: програмний комплекс; підтримка; автоматизація; чинники впливу; моделювання.

Вступ / Introduction

Наразі автоматизація процесів є одним з найбільш популярних напрямів їх застосування, що стало можливим завдяки значним досягненням у царині штучного інтелекту. Проте, ще задовго до набуття технологіями штучного інтелекту популярності, багато процесів також не менш успішно автоматизувалися з використанням інших наявних технологій, методологій, ідей та засобів.

Одними із передових напрямів автоматизації залишаються інформаційні технології загалом та процеси підтримки програмних комплексів зокрема. Під підтримкою програмних комплексів розуміємо не тільки клієнтську підтримку, а й також будь-яку активність довкола підтримуваного програмного комплексу, спрямовану на його коректне функціонування, розв'язок, розроблення, тестування, запровадження, доставку та ін.

Одним з цих напрямів є автоматизація процесу тес-

тування, а як його основних дослідників хотілося б відзначити Dorothy Graham та Mark Fewster [4], вплив яких є значним та вагомим саме на початковому етапі становлення автоматизації тестування.

Наступним базовим напрямом автоматизації підтримки програмних комплексів є, безумовно, загальновідомий напрям автоматизації DevOps, а серед його дослідників відзначимо Sarthak Srivastava [14], а також Naveen Vemuri, Naresh Thaneeru та Venkata Manoj Tatikonda [15], це сучасні дослідження з використанням передових актуальних технологічних рішень.

Окрім цього, окремим напрямом автоматизації підтримки програмних комплексів є автоматизація з використанням чат-ботів, а також безпосередньо та тісно пов'язаних з ними методів та засобів автоматизації голосових та письмових форм комунікації та керування. Зокрема, в напрямі автоматизації чат-ботів відзначимо дослідників Giovanni Pilato, Agnese Augello та Salvatore Gaglio [10], а також Dragos Mariciuc [8]. У категорії автоматизації побудови реченнєвих форм – праці авторів

Інформація про авторів:

Пукач Андрій Ігорович, канд. техн. наук, асистент, кафедра автоматизовані системи управління. Email: andriipukach@gmail.com

Теслюк Василь Миколайович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизовані системи управління.

Email: vasyt.teslyuk@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5974-9310>

Цитування за ДСТУ: Пукач А. І., Теслюк В. М. Модель декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів. Науковий вісник НЛТУ України. 2024, т. 34, № 5. С. 170–179.

Citation APA: 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>

Bayu Setiaji та Ferry Wahyu Wibowo [12]. А в категорії автоматизації голосового керування – авторів Rishabh Shah, Siddhant Lahoti та K. Lavanya [13].

Усі ці прояви автоматизації підтримки програмних комплексів значною мірою висвітлено в світовій науковій літературі, проте досі залишається недостатньо розкритою проблематика певного спільного знаменника для усіх цих напрямів.

Отже, актуальність дослідження, поданого в цій роботі, полягає, насамперед, в забезпеченні можливостей виокремлення, аналізу та подальшого опрацювання саме чинників впливу, присутніх у кожному з напрямів автоматизації підтримки програмних комплексів як зокрема, так і загалом шляхом розроблення відповідної максимально універсальної та гнучкої моделі, яка дає змогу враховувати чинники суб'єктивного впливу на підтримку програмних комплексів без прив'язки безпосередньо до автоматизації цієї підтримки.

Сформульовано відповідні основні ключові елементи проведеного дослідження.

Об'єкт дослідження – розроблення моделі декомпонованої ізоляційної домінації для дослідження впливу чинників на суб'єктивне сприйняття об'єкта підтримки відповідними суб'єктами взаємодії з ним.

Предмет дослідження – методи та засоби розроблення моделі декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів, що дасть змогу розробити відповідну модель для дослідження впливу чинників на суб'єктивне сприйняття об'єкта підтримки відповідними суб'єктами взаємодії з ним.

Мета роботи – розробити модель декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів, що дасть змогу враховувати чинники впливу на суб'єктивне сприйняття об'єкта підтримки (самого підтримуваного програмного комплексу, або процесів його підтримки).

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- окреслити чинники впливу та суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки, що дасть змогу сформувати вичерпний повний перелік конкретних чинників впливу для кожного індивідуально досліджуваного програмного комплексу;
- ввести поняття декомпонованої домінантної ізоляції чинників впливу, що забезпечить можливість розмежування впливу кожного окремого чинника із сукупної множини чинників впливу;
- подати візуалізацію структурного зображення процесів декомпонованої ізоляційної домінації чинників впливу, що сприятиме базовому розумінню концепції декомпонованої домінантної ізоляції чинників впливу;
- розробити алгоритм забезпечення реалізації механізму трикомпонентної зв'язки моделей декомпонованої домінантної ізоляції, що забезпечить обов'язковий перелік кроків, необхідних до виконання, з метою побудови трикомпонентної зв'язки моделей декомпонованої домінантної ізоляції;
- розробити модель декомпонованої домінантної ізоляції на базі кольорових мереж Петрі, яка допоможе імплементувати додаткові можливості для дослідження динаміки функціонування розроблених моделей декомпонованої ізоляційної домінації чинників впливу;
- побудувати дерево досяжності станів розробленої моделі на базі кольорових мереж Петрі, що дасть змогу

продемонструвати наповненість та досяжність кожного із станів розробленої моделі;

- змодельовати та розв'язати прикладні практичні задачі шляхом застосування розробленої моделі, які уможливають апробацію розробленої моделі на прикладі розв'язання конкретних прикладних практичних задач;
- проаналізувати отримані результати та сформулювати відповідні висновки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Серед основних напрямів автоматизації, що активно розвиваються, в контексті програмних комплексів можна назвати такі: автоматизація тестування, автоматизація DevOps, автоматизація реєстрації звернень (як зовнішніх, так і внутрішніх), автоматизація чат-ботів, автоматизація роботи кол-центрів, автоматизація прийняття рішень тощо.

Однією з базових робіт у напрямі автоматизації процесу тестування є робота [4]. Водночас як у роботі [7], постають питання, пов'язані із впровадженням методологій штучного інтелекту та з'ясування імперативів, критичних для успішної інтеграції в сучасні системи тестування програмного забезпечення. Робота [2] також стосується автоматизації процесу тестування з використанням технологій машинного навчання, яка зокрема дає ствердну відповідь на запитання, чи може штучний інтелект гарантувати таку ж якість програмного забезпечення, як традиційні методи тестування. Тобто, фактично процедурою тестування поступово починаємо рухатися від автоматизації до повної автоматичності, проте усвідомлюючи також і той факт, що навіть за теперішніх технологій все ще залишаються деякі тонкощі, автоматизувати які доволі складно, а деякі навіть неможливо.

У роботі [15] описано саме підхід з використанням технологій штучного інтелекту в області DevOps в сучасній розробці програмного забезпечення, зокрема зосередившись безпосередньо на хмарних технологіях і конкретній платформі CI/CD (комбінована практика безперервної інтеграції та безперервної доставки, котра є наразі однією із найбільш істотних складових частин сучасної методології DevOps загалом). Водночас, робота [14] розкриває питання поєднання технологій штучного інтелекту з методологією розроблення програмного забезпечення MDE (англ. *Model-Driven Engineering*) на різних етапах життєвого циклу DevOps в області кібер-фізичних систем CPS (англ. *Cost-Per-Sale*).

У роботі [10] здійснено огляд агентів з модульною архітектурою, як безпосередньо до автоматизації чат-ботів. Водночас, у роботі [12] подано системи побудови реченнєвих форм, як безпосередню автоматизацію, а також в роботі [13] розглянуто автоматизовані системами голосового керування. У роботі [8] репрезентовано найбільш популярні чат-бот платформи, такі як: A.L.I.C.E.; Google Now; Cortana; Siri; Watson. А в роботі [1] подано основні методи навчання чат-ботів, такі як: BiLSTM, CNN, DNN, LSTM, RNN, випадковий ліс, дерево рішень, SVM.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Опис чинників впливу. На кожному з етапів автоматизації поданих вище процесів, дотичних до досліджуваних підтримуваних програмних комплексів, од-

нією із ключових особливостей є різноманітні чинники впливу, що так чи інакше впливають на результати сприйняття об'єкта підтримки (програмного комплексу чи процесів його підтримки) відповідними суб'єктами взаємодії, які безпосередньо чи опосередковано взаємодіють з цим об'єктом.

Для подання цього впливу було розроблено та запропоновано відповідну модель суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки програмних комплексів. Проте не будемо докладно зупинятися на описі цієї моделі, а натомість тільки в кількох словах подамо її основну суть, яка полягає в тому, щоб забезпечити можливість інкапсуляції в модель штучних нейронних мереж (довільного типу, проте в цьому конкретному випадку розглядатимемо конкретний тип нейронної мережі, а саме: багатошаровий перцептрон). При цьому чинники впливу подано нейронами прихованих шарів відповідної інкапсульованої мережі багатошарового перцептрона. Отже, внаслідок інкапсуляції штучних нейронних мереж типу багатошарового перцептрона в модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки беззаперечно отримуємо надзвичайно важливі та необхідні в контексті автоматизації переваги, можливості, перспективи та потенціал. Проте, понад це, отримуємо також і певні недоліки, найважливішим з яких у контексті чинників впливу є фактичне розмиття меж чинників впливу, що зумовлене особливістю самої концепції багатошарового перцептрона, згідно з якою, нейрони прихованих шарів не несуть будь-якого функціонально-смыслового навантаження, а натомість виконують тільки технічну функцію, забезпечуючи можливість навчання та нормального функціонування багатошарового перцептрона.

На рис. 1 наведено приклад інкапсульованої мережі багатошарового перцептрона, отриманий внаслідок проведення множини експериментальних досліджень безпосередньо.

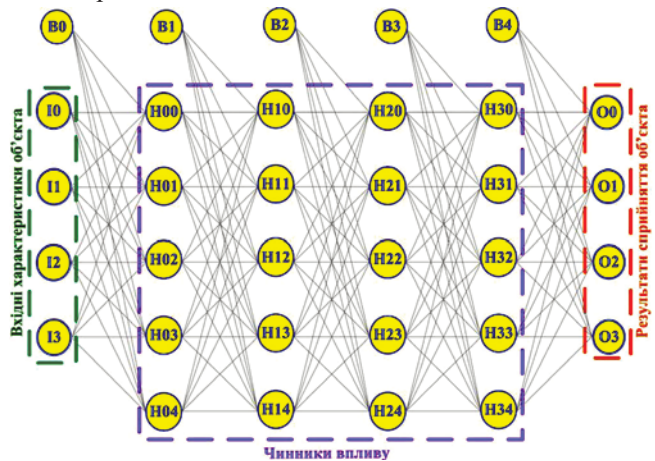


Рис. 1. Приклад інкапсульованої мережі багатошарового перцептрона в моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів / Example of multilayer perceptron network encapsulated into the model of subjective perception of the object of software complexes support

Як бачимо із наведеного подання, чинники впливу позначені як монолітна структура без будь-якої градації щодо належності прихованих шарів чи їх нейронів до конкретних чинників впливу, що є результатом інкапсуляції. І саме тому постає завдання відновлення втрачених (розмитих) меж чинників впливу в моделях суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки програм-

них комплексів з відповідними інкапсульованими мережами багатошарового перцептрона.

Саме тому для вирішення цього завдання було розроблено відповідну модель декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу.

Введення поняття декомпонованої ізоляційної домінації (ДІД) чинників впливу. Із запропонованої назви розробленої моделі випливає, що її основою є три обов'язкові для всіх моделей базові складові компоненти, подані також на рис. 2: декомпозиція; ізоляція; домінація.

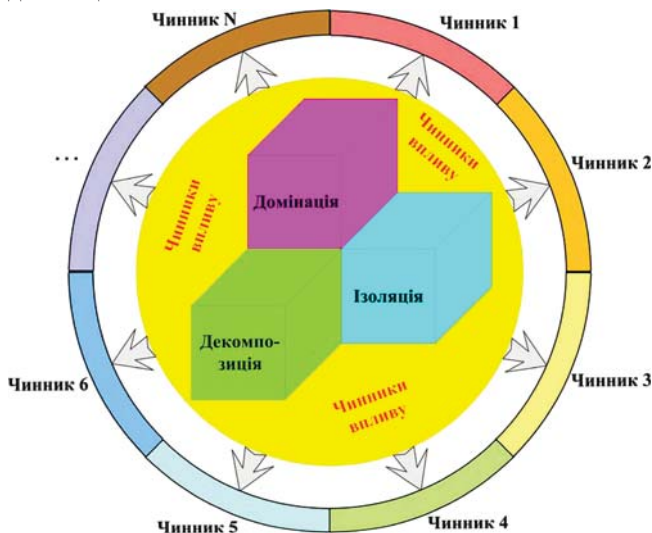


Рис. 2. Візуалізація структурного подання процесів декомпонованої ізоляційної домінації чинників впливу / Visualization for the structural representation of influencing factors decomposed into isolation dominance processes

Декомпозиція необхідна для розуміння та усвідомлення процесів коректного розподілу ("розбиття") отриманої комбінованої сукупності злиття чинників впливу на відповідні окремі індивідуалізовані чинники впливу.

Ізоляція необхідна для забезпечення додаткової сепарації кожного конкретного окремо взятого досліджуваного декомпонованого чинника впливу.

Домінація ж необхідна для зменшення ступеня завадостійкості впливу як суміжних, так і віддалених чинників впливу на кожен окремий досліджуваний декомпонований ізолюваний чинник впливу.

Розроблення алгоритму. Для забезпечення коректної роботи цієї трикомпонентної зв'язки "декомпозиція-ізоляція-домінація" було розроблено відповідний алгоритм механізму її реалізації, блок-схему якого наведено на рис. 3.

Отже, практична реалізація розробленого механізму трикомпонентної зв'язки ДІД (англ. *Decomposed Isolation Dominance, DID*), відповідно до розробленого та поданого алгоритму, полягає в підготовці/формуванні окремих ізолюваних вибірок даних для кожного декомпонованого чинника впливу, забезпечивши при цьому максимальний рівень домінації цього конкретного досліджуваного поточного чинника над усіма.

Після цього відбувається тестування інкапсульованої мережі БП (багатошарового перцептрона), вже попередньо навченої на загальній вибірці даних, на кожній із сформованих індивідуальних вибірок даних відповідних декомпонованих та ізолюваних домінантних чинників впливу (почергово, перебираючи та досліджуючи усі чинники впливу один за одним).

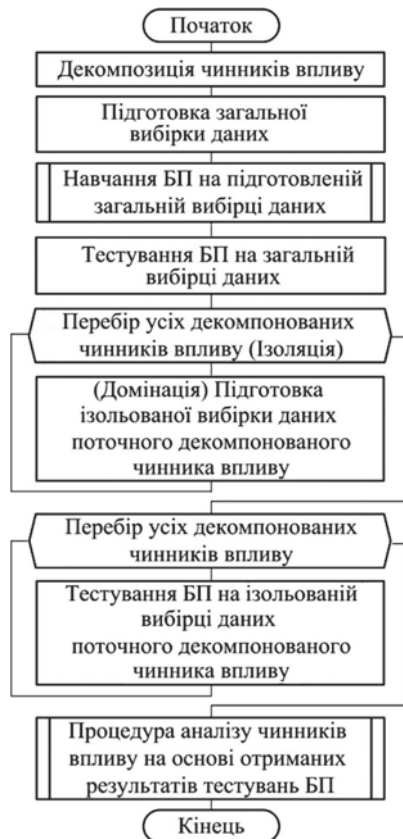


Рис. 3. Блок-схема алгоритму забезпечення реалізації механізму трикомпонентної зв'язки ДІД / Block diagram of the algorithm for ensuring the implementation of the DID three-component connection mechanism

Отже, в процесі тестування інкапсульованої мережі БП на ізолюваній вибірці даних конкретного окремого чинника впливу отримуємо необхідні результати тестування, над якими надалі буде здійснено відповідний аналіз окремою розробленою процедурою, поданою на завершальному етапі алгоритму.

Тонкощі функціонування відповідної процедури аналізу отриманих результатів тестувань (з огляду на об'ємність необхідного додатково викладеного матеріалу) виходять за межі цього дослідження, але, якщо коротко описати цю процедуру, то її основна ідея полягає у пошуку та ідентифікації "типових" зв'язок між активним нейроном вихідного шару БП – назад через нейрони усіх прихованих шарів БП (у зворотньому порядку: від останнього прихованого шару БП до першого) – аж до відповідного нейрона вхідного шару БП. Нейрони прихованих шарів БП цих "типових" зв'язок маркують відповідним чинником впливу, якому притаманні саме ці типові зв'язки. А для тих нейронів прихованих шарів БП, які виявилися промаркованими більше ніж одним чинником впливу, здійснюється відповідний розрахунок ймовірностей їх належності до кожного із цієї множини чинників, якими такі нейрони промарковані.

Тобто, успішність та коректність фінальної процедури аналізу чинників впливу на підставі результатів тестувань БП – критично залежить від якості відповідних моделей ДІД (декомпозиція – ізоляція – домінація). Адже неправильна або недостатня декомпозиція призводить до проблем з ізоляцією. Неправильна чи недостатня ізоляція, водночас, призводить до виникнення проблем з домінацією. А в сумі не-

правильна чи недостатня модель ДІД призводить до спотворених (таких, що не відповідають фактичному первинному розподілу чинників впливу – ще на момент до інкапсуляції БП чи штучної нейронної мережі іншого типу) результатів тестування БП, на підставі яких вже процедура аналізу видасть некоректні результати аналізу та відновленого розподілу чинників впливу.

Саме тому моделі ДІД такі важливі в усій цій зв'язці алгоритмів, моделей та методів, розроблених та використовуваних для розв'язання задач аналізу, дослідження, визначення чи відновлення чинників впливу суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки програмних комплексів відповідними суб'єктами взаємодії з цими об'єктами.

Ще одним додатковим важливим параметром під час роботи з моделями ДІД – є показник чинника впливу, який розраховують за формулою:

$$FI_i = \frac{\text{count}(F_i \in [\text{General}])}{\text{count}([\text{General}])}, i \in M, \quad (1)$$

де: FI_i – показник i -го чинника впливу; $\text{count}(F_i \in [\text{General}])$ – кількість проявів i -го чинника впливу в межах глобальної (загальної) вибірки даних; $\text{count}([\text{General}])$ – загальна чисельність усіх кейсів глобальної вибірки.

Або ж, іншими словами, чинник певного деякого конкретного i -го чинника впливу визначають як частку тест-кейсів загальної вибірки даних для тестування навченої інкапсульованої мережі БП, які можемо з впевненістю віднести до їх належності цьому чиннику впливу, – до сумарної кількості усіх тест-кейсів загалом цієї ж тестової вибірки. При цьому надзвичайно важливу роль тут відіграє критерій (або критерії) ідентифікації належності конкретного тест-кейсу щодо відповідного конкретного чинника впливу. Проте, за правильного проектування ДІД така ідентифікація автоматично переходить до категорії тривіальних задач.

Розроблення відповідної моделі ДІД на базі кольорових мереж Петрі. На рис. 4 наведено також розроблену модель ДІД на базі кольорових мереж Петрі (КМП), що дає змогу дослідити як динаміку, так і надійність процесів розроблення та впровадження ДІД на ранніх етапах системного проектування. Модель функціонує відповідно до розробленого алгоритму, та розпочинає свою роботу із декомпозиції чинників впливу, внаслідок чого позиції P13 та P14 заповнюються відповідною кількістю різнокольорових маркерів, що представляють декомпоновані чинники впливу. Паралельно з цим основний маркер потрапляє в позицію P2 (що представляє стан підготовки до формування загальної вибірки даних), звідки активацією переходу t2 (що інтерпретує процес формування загальної вибірки даних) переходить у позицію P3 (відповідає за стан підготовки до навчання БП) та активує перехід t3 (описує процес запуску процедури навчання БП).

Далі в моделі відображено процес навчання БП з трьома основними циклами:

- цикл 1 – проходження усіх тест-кейсів в межах одного пакету (тобто в межах циклу 2);
- цикл 2 – проходження усіх пакетів в межах однієї епохи (тобто в межах циклу 3);
- цикл 3 – проходження усіх заданих епох навчання.

Тобто, навчання БП проходить у межах трьох циклів вбудованих послідовно (ієрархічно) один в одного: зов-

нішнього циклу епох навчання, всередині якого циркулює внутрішній цикл пакетів навчання, всередині якого, водночас, циркулює найбільш внутрішній цикл навчальних тест-кейсів.

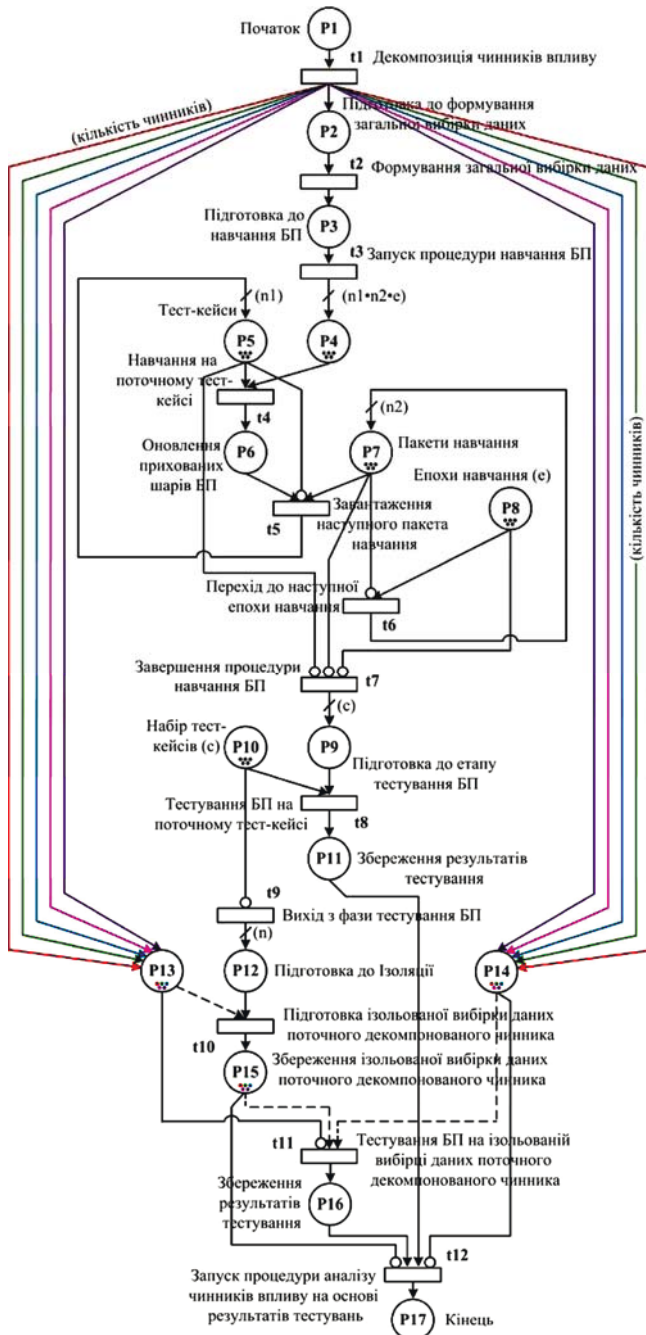


Рис. 4. Модель ДІД на базі кольорових мереж Петрі / DID model based on colored Petri nets

Умовою завершення процедури навчання БП є активація переходу t_7 , що можлива виключно при ситуації, коли були пройдені усі епохи навчання, усі пакети останньої епохи, та усі тест-кейси цього останнього пакету останньої епохи.

Після цього основний маркер потрапляє в позицію P9 (що відповідає за стан підготовки до тестування БП), звідки активацією переходу t_8 фактично розпочинається тестування БП набором тест-кейсів загальної вибірки даних з позиції P10. Результати тестування акумулюються в позиції P11. Умовою виходу з фази тестування БП на загальній вибірці даних є вичерпання усіх тест-кейсів у позиції P10 та, відповідно, спрацювання переходу t_9 , звідки основний маркер пот-

рапляє в позицію P12, що інтерпретує стан підготовки до ізоляції чинників впливу.

Спрацюванням переходу t_{10} виконується процес підготовки ізолюваної вибірки даних поточного декомпонованого чинника впливу із їх набору, що містяться в позиції P13. Отримані ізолювані вибірки даних для кожного декомпонованого чинника впливу зберігаються в позиції P15. Після того, як усі декомпоновані чинники впливу, що містилися в позиції P13, будуть вичерпані (опрацьовані), – стає можливим спрацювання переходу t_{11} що репрезентує процес тестування БП на ізолюваній вибірці даних (що містяться в позиції P15) для кожного декомпонованого чинника впливу (що містяться в позиції P14). Результати тестування БП на ізолюваних вибірках даних кожного з декомпонованих чинників впливу потрапляють в позиції P16, де вони акумулюються для подальшого використання.

Як тільки всі ізолювані вибірки даних та всі декомпоновані чинники впливу будуть опрацьовані (про що свідчитиме відсутність маркерів у відповідних позиціях P13 та P14); стає можливим спрацювання переходу t_{12} , що репрезентує процедуру аналізу чинників впливу на підставі отриманих результатів тестувань, а саме: результатів тестувань БП на загальній вибірці даних (ці результати вже були попередньо акумульовані в позиції P11); а також результатів тестувань на ізолюваних вибірках даних кожного з декомпонованих чинників впливу (ці результати вже також є попередньо акумульовані у відповідній позиції P16). І основний маркер досягає позиції завершення роботи моделі – P17.

На рис. 5 подано також дерево досяжності станів розробленої моделі ДІД на базі кольорових мереж Петрі, що демонструє наповненість та досяжність кожного із станів розробленої моделі, а також дає змогу досліджувати динаміку відповідних процесів.

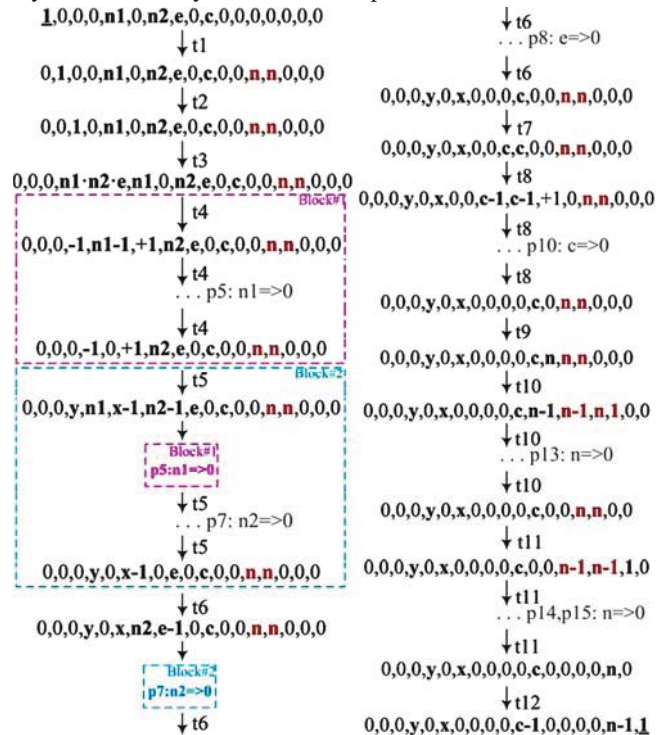


Рис. 5. Дерево досяжності станів розробленої моделі ДІД на базі КМП / States reachability tree of the developed Coloured Petri Nets-based DID model

Розроблена та подана в даній роботі модель декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів має своє практичне застосування у вирішенні науково-прикладної задачі аналізу чинників впливу та відновлення меж чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів.

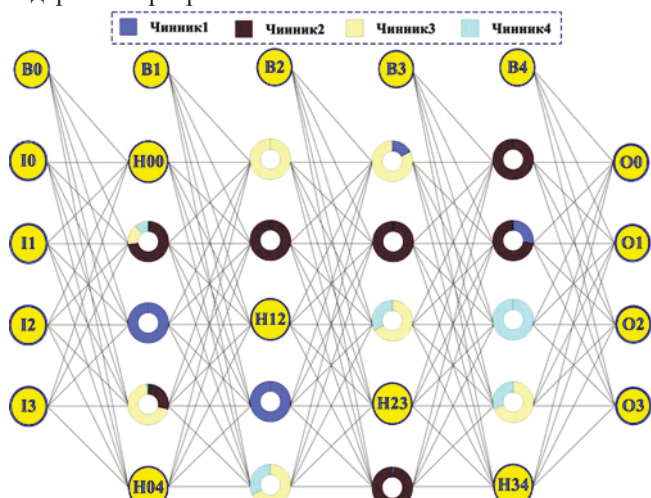


Рис. 6. Приклад отриманих експериментальних результатів застосування моделі декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів / Example of experimentally obtained results gained by means of the developed model of decomposed insulating dominance for the analysis of influencing factors of the software complexes support automation

На рис. 6 наведено практичні результати отримані в ході експериментальних досліджень саме завдяки використанню розробленої моделі та концепції і механізму трикомпонентної зв'язки ДІД, поданих у даній роботі.

Наведений приклад демонструє результат відновлення чинників впливу для моделі суб'єктивного

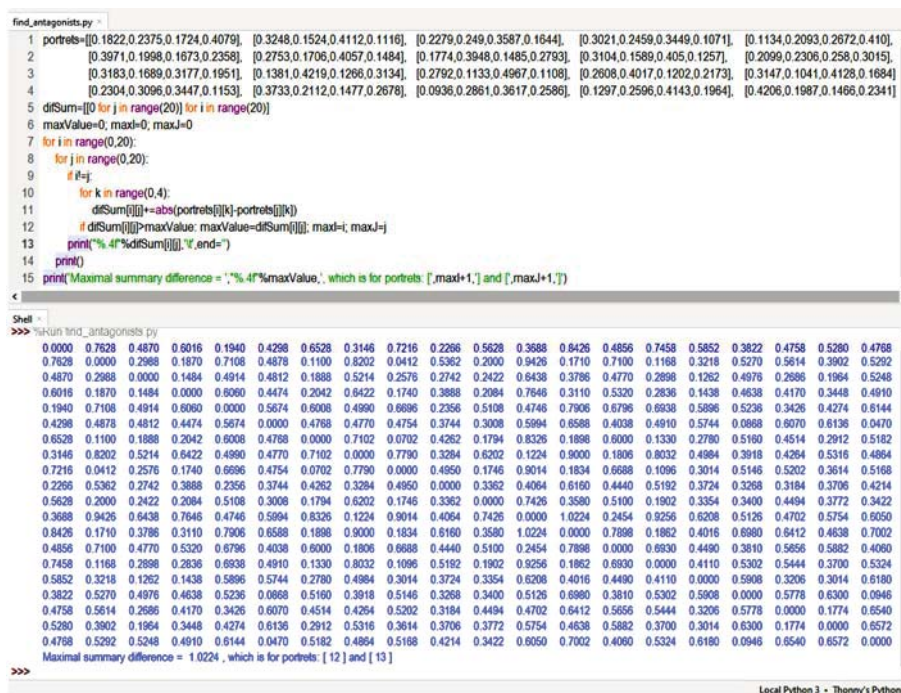
сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів з інкапсульованими БП.

Отже, завдяки використанню розробленої моделі, а також запропонованої концепції та механізму ДІД, було досягнуто бажаного ефекту щодо можливості розв'язання задачі відновлення меж чинників впливу, втрачених внаслідок інкапсуляції відповідної штучної нейронної мережі типу багатошарового перцептрона в модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів.

Як конкретний приклад використання відновлених з допомогою моделей ДІД меж чинників впливу розглянемо прикладне практичне завдання пошуку членів-антагоністів команди підтримки програмного комплексу, тобто тих членів однієї спільної команди, бачення яких на досліджуваній об'єкт (підтримуваний програмний комплекс, чи процеси його підтримки) максимально різняться між собою. Про таку максимальну відмінність суб'єктивного бачення на об'єкт підтримки цих двох представників команди підтримки свідчить якраз максимальна сумарна різниця між значеннями відповідних чинників впливу індивідуальних портретів кожного з членів команди.

Для цього за допомогою розробленої моделі ДІД здійснене моделювання для кожного з членів досліджуваної команди підтримки програмного комплексу, на підставі чого отримані дані відновлених меж чинників впливу, на базі яких сформовані індивідуальні портрети кожного з членів команди як усереднене значення показників сумарних значень кожного з чинників впливу кожного проведеного експерименту.

Після цього здійснюються перехресні порівняння кожного із сформованих індивідуальних портретів членів команди між собою з метою виявлення портретів двох членів команди з максимальними показниками сумарної різниці величин чинників впливу. Приклад реалізації такого порівняння подано на рис. 7.



На рис. 8 наведено отримані результати розв'язання поставленої прикладної практичної задачі пошуку членів-антагоністів команди підтримки програмного комплексу.

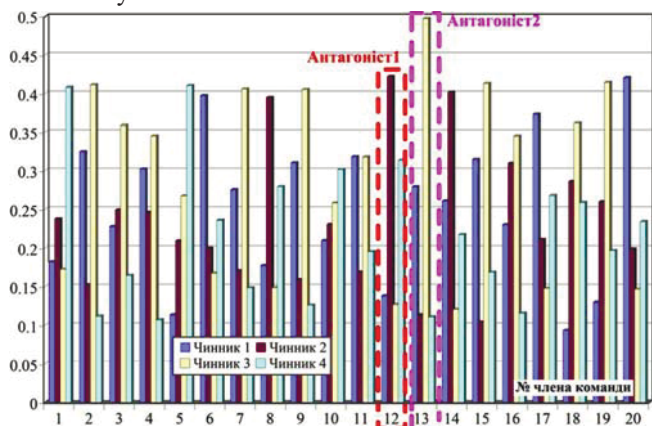


Рис. 8. Результати розв'язання поставленої прикладної практичної задачі пошуку членів-антагоністів команди підтримки програмного комплексу / Results of solving the applied practical task of finding antagonistic members of the software complex support team

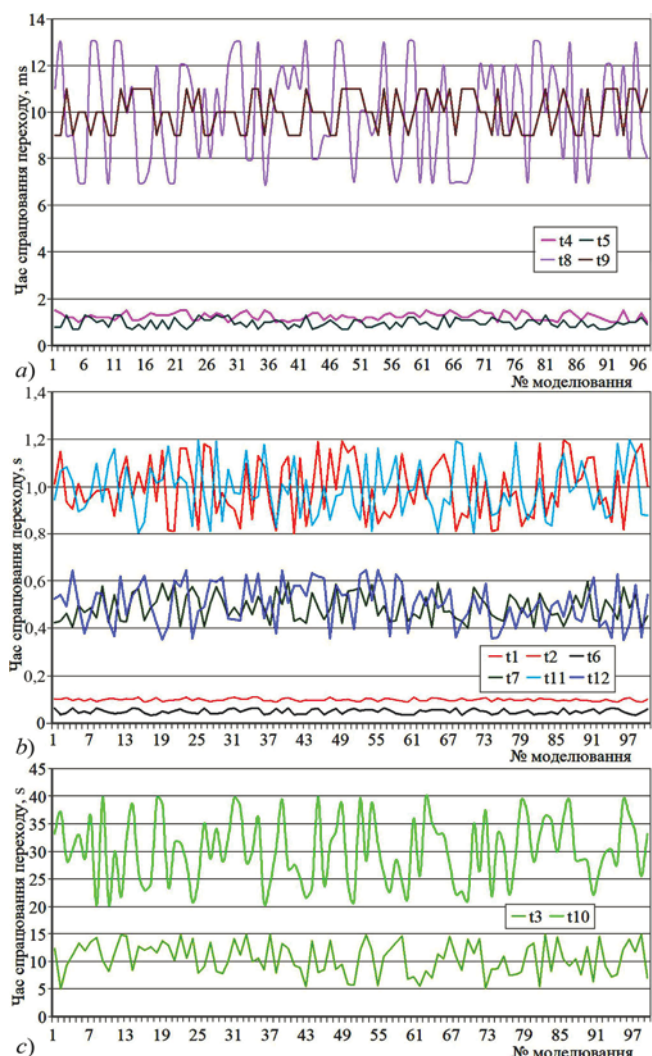


Рис. 9. Приклад динаміки спрацювання переходів розробленої моделі ДІД на базі КМП / Example of the transitions dynamics of the developed Colored Petri Net-based DID model

Отже, за допомогою моделі ДІД вирішено прикладне практичне завдання пошуку членів-антагоністів команди підтримки програмного комплексу.

Окрім цього, завдяки розробленій моделі ДІД на базі КМП та побудованому дереві рішень стає можливим дослідження динаміки цих процесів.

Зокрема, на рисунку наведено приклади отриманих результатів проведеного дослідження динаміки розробленої моделі ДІД на базі КМП.

Оскільки динаміка деяких процесів є в декілька порядків більшою, ніж динаміка інших процесів, усі процеси були згруповані в три окремі графіки з діапазонами значень одних порядків (рис. 9).

Передусім динаміка моделювання залежить від технічних характеристик обладнання, на якому здійснюють моделювання. Окрім цього, динаміка значною мірою залежить від конкретних даних, на підставі яких проводять моделювання їх складності, наявності або відсутності попередньої підготовки, нормалізації, оптимізації, а також від гіперпараметрів вбудованої штучної нейронної мережі ШНМ (англ. *Artificial Neural Network*), від складності виставлених бізнес-цілей та задач моделювання, вимог до точності отриманих результатів моделювання, та багатьох інших чинників. Проте наявність самої такої можливості дослідження цих процесів динаміки є безперечно надзвичайно вагомим додатковим інструментом щодо подальшого застосування розроблених моделей ДІД на базі КМП.

Обговорення результатів дослідження. На погляд авторів роботи [5], задоволення клієнтів стало вирішальним чинником, що здатний забезпечувати конкурентоспроможність компаній постачальників ІТ-послуг на сучасному ринку ІТ, що надзвичайно швидко змінюється. Отже, надання якісної підтримки клієнтам вважається ключовим чинником успіху. Завдяки цьому системи запитів підтримки є звичайним каналом для отримання та вирішення запитів клієнтів. Проте пересилання запитів вручну відповідальним агентам служби підтримки або повторювані запити клієнтів уповільнюють тривалість вирішення та, відповідно, призводять до значного збільшення тривалості опрацювання цих запитів, і, отже, як наслідок, знижують загальну задоволеність клієнтів. Саме тому, автоматизація процесу підтримки клієнтів за допомогою сучасних підходів та технологій, зокрема технологій машинного навчання, вважають найбільш перспективною концепцією для необхідного вдосконалення системи опрацювання запитів. Тож автори підсумовують декілька технічних проектів, які сприяють автоматизації ІТ-сервісу служби підтримки, а також здійснюють проектування цих технічних проектів в бізнес-перспективу, враховуючи сприйняття як клієнтів, так і самих співробітників служби підтримки. Зрештою, подано концепцію автоматизованої служби підтримки відповідно до бізнес-потреб конкретного випадку використання (кейсу), а також сформульовано певні загальні висновки, які надаватимуть можливість рекомендацій щодо автоматизації системи опрацювання запитів на підставі шаблонів щодо сфери підтримки клієнтів.

У роботі [11] автори подали модель LAVA, яка забезпечує контекстно залежну підтримку користувача програмного продукту з урахуванням взаємодії з користувачем, і базується на машинному навчанні та пошуку в дворівневому розподіленому сховищі знань. Модель зосереджена на наданні користувачеві вмісту, що від-

повідляє поточному контексту, та використовує контекст, переданий із підтримуваного продукту для миттєвого відображення списку поширених запитань щодо використаних елементів, що позитивно оцінені іншими користувачами в тому ж контексті. Основні ідеї дизайну моделі враховують розрахунок діапазонів і створення діапазонних контекстно залежних поширених запитів, паралельно з налаштування повнотекстового пошуку, організацію ієрархії тем та інтеграцію зі службою обслуговування та підтримки. Автори також розкривають основні міркування щодо того, як модель повинна розгортатися в межах готових успішних рішень, а також опис методу для оцінювання продуктивності моделі.

Автори роботи [9] вважають, що автоматизація за допомогою чат-ботів може бути використана також додатково для оптимізації бізнес-процесів, тож автори сформулювали відповідні теоретичні основи та практичні інструменти для підвищення ефективності використання чат-ботів у бізнес-процесах, результатом яких є формування системного профілю чат-бота, який би дав змогу підвищити ефективність його використання саме в бізнес-процесах, а фінальним результатом було б скорочення часу виконання бізнес-процесів, а також витрати на персонал та ресурси, пов'язані з їх реалізацією, що повністю відповідає, зокрема й бізнес-процесам щодо підтримки програмних комплексів.

Робота [6] репрезентує бачення авторів щодо автоматизованих чат-ботів як інтелектуальних цифрових помічників – тобто програмних агентів, здатних виконувати завдання або послуги для підтримуваних команд або запитів, та, як приклад, розглядають чат-бот NOVA як один з інноваційних цифрових помічників зі штучним інтелектом, що пропонує широкий спектр функцій, які допомагають користувачам автоматизувати та оптимізувати свою діяльність, основними з яких є, насамперед, часто повторювані, тобто рутинні, активності, а технології розуміння природної мови та машинного навчання NOVA дають змогу навчатися на підставі взаємодії користувачів і з часом ставати розумнішими та персоналізованішими. Тобто, фактично, такі помічники можуть частково або повністю замінити ряд активностей клієнтів програмних комплексів щодо реєстрації та подальшого відстежування (трекінгу) звернень у служби підтримки цих програмних комплексів.

Автор роботи [3] констатує, на підставі зібраної та опрацьованої інформації, значний зв'язок між увагою до підтримки клієнтів і задоволеністю клієнтів, а також значний зв'язок між розглядом скарг клієнтів і задоволеністю клієнтів, що додатково наголошує на необхідності врахування такого важливого чинника підтримки як задоволеність клієнтів (користувачів), що стосується як загалом абсолютно усіх бізнес-процесів, так і процесів підтримки програмних комплексів зокрема.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше розроблено модель декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів, яка

дасть змогу досліджувати чинники впливу на суб'єктивне сприйняття об'єктів підтримки, якими можуть бути як самі підтримувані програмні комплекси, так і процеси їх підтримки під час її автоматизації.

Практична значущість результатів дослідження – розроблено алгоритм забезпечення реалізації механізму трикомпонентної зв'язки моделей декомпонованої доміантної ізоляції, що містить обов'язковий перелік етапів, необхідних до виконання, можна використати для побудови трикомпонентної зв'язки моделей декомпонованої доміантної ізоляції, яка дасть змогу аналізувати чинники впливу під час автоматизації підтримки програмних комплексів.

Висновки / Conclusions

Під час проведеного дослідження проаналізовано всі складники, необхідні для розроблення відповідної моделі, що дає змогу враховувати чинники впливу на суб'єктивне сприйняття об'єкта підтримки (самого підтримуваного програмного комплексу, або процесів його підтримки). За результатами дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. Введено поняття декомпонованої доміантної ізоляції чинників впливу, що забезпечує можливість розмежування впливу кожного окремого чинника із сукупної множини чинників впливу на об'єкти підтримки – як самі підтримувані програмні комплекси, так і процеси щодо їх підтримки.
2. Розроблено модель декомпонованої ізоляційної домінації для аналізу чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів, на базі відповідної запропонованої концепції ДІД (декомпозиція – ізоляція – домінація), що дає змогу вирішити науково-прикладне завдання аналізу чинників впливу та відновлення їхніх в моделях суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів з інкапсульованими штучними нейронними мережами типу багатошарового перцептрона.
3. Наведено візуалізацію структурного подання процесів ДІД, що забезпечує краще розуміння цих процесів, а також специфіки використання концепції ДІД для дослідження чинників впливу на автоматизацію підтримки програмних комплексів.
4. Розроблено відповідний алгоритм реалізації механізму трикомпонентної зв'язки ДІД, що забезпечує обов'язковий перелік етапів, необхідних для виконання, з метою побудови трикомпонентної зв'язки моделей ДІД.
5. Розроблено модель ДІД на базі кольорових мереж Петрі, яка забезпечує додаткові можливості для дослідження динаміки функціонування розроблених моделей ДІД чинників впливу.
6. Подано приклад реальних результатів застосування розробленої моделі щодо вирішення науково-прикладної задачі аналізу та відновлення меж чинників впливу як частини більш комплексної науково-прикладної проблеми автоматизації підтримки програмних комплексів.
7. Розв'язано прикладне практичне завдання пошуку членів-антагоністів команди підтримки програмного комплексу як прикладу застосування розробленої моделі ДІД для відновлення чинників впливу суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки – підтримуваних програмних комплексів чи процесів їх підтримки.
8. Встановлено, що отримані результати застосування розробленої моделі декомпонованої ізоляційної домінації є актуальними та вагомими під час розв'язування

задач аналізу чинників впливу, що спричиняють суб'єктивізацію сприйняття підтримуваних об'єктів під час досліджень у галузі проблем автоматизації підтримки програмних комплексів. У перспективі також буде реалізовано подальші дослідження щодо розгляду додаткових потенційних можливостей використання розробленої моделі для вирішення інших практичних задач в напрямі автоматизації підтримки програмних комплексів.

References

1. Alazzam, B. A., Alkhatib, M., & Shaalan, K. (2023). Artificial Intelligence Chatbots: A survey of classical versus Deep Machine Learning Techniques. *Information Sciences Letters*, 12(4), 1217–1233. <https://doi.org/10.18576/isl/120437>
2. Arti, P., & Prasadu, P. (2023). Implementation of Software Testing Using Machine Learning: A Systematic Mapping Study. *Jagdishprasad Jhabarmal Tibrewala University Journal of Renewable Energy Exchange*, 11(7), 58–64. URL: https://www.researchgate.net/profile/Arti-Panwar/publication/377416231_Implementation_of_Software_Testing_Using_Machine_Learning_A_Systematic_Mapping_Study/links/65a64b4dcc780a4b19bbdcca/Implementation-of-Software-Testing-Using-Machine-Learning-A-Systematic-Mapping-Study.pdf
3. Enyinda, I. E. (2023). Customer Care Considerations and business performance of small and medium scale enterprises in Rivers State. *World Journal Of Finance And Investment Research*, 6(1), 102–136. <https://doi.org/10.56201/wjfir.v6.no1.2022.pg102.136>
4. Fewster, M., & Graham, D. (1999). Software test automation: Effective use of test execution tools. *Published by Addison-Wesley*, Harlow, Essex, U.K. 574. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Software_Test_Automation.html?id=in7gTCu5SE8C&redir_esc=y (Accessed: 08 May 2024).
5. Fuchs, S., Böllhoff, J., Andraichuk, V., & Wittges, H., (2023). Towards an automated SAP service desk -Alignment of technical projects with a business perspective. *SAP Academic Community Conference 2023 (D-A-CH)*, 2023 München, Deutschland, 1–19. URL: https://www.researchgate.net/profile/Simon-Fuchs-5/publication/374068859_Towards_an_automated_SAP_service_desk_-_Alignment_of_technical_projects_with_a_business_perspective/links/650c4f39c05e6d1b1c21414f/Towards-an-automated-SAP-service-desk-Alignment-of-technical-projects-with-a-business-perspective.pdf
6. Hiray, S., Kalsi, S., Kumar, S., Zanwar, P., & Pandey, H. (2023). Ai Digital assistant – nova. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(2), 1795–1800. <https://doi.org/10.56726/irjmets33815>
7. Khankhoje, R. (2024). AI in test automation: Overcoming challenges, embracing imperatives. *International Journal on Soft Computing, Artificial Intelligence and Applications*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.5121/ijscai.2024.13101>
8. Mariciuc, D. F. (2022). A bibliometric review of Chatbots in the context of customer support. *Journal of Public Administration, Finance and Law*, 26, 206–217. <https://doi.org/10.47743/jopaf-2022-26-18>
9. Melnyk, L., Kalinichenko, L., Rozghon, Y., Derykolenko, O., Kovtun, O., & Tulyakov, O. (2024). Prospects of Business Process Management based on Chatbots. *Problems and Perspectives in Management*, 22(2), 197–212. [https://doi.org/10.21511/ppm.22\(2\).2024.16](https://doi.org/10.21511/ppm.22(2).2024.16)
10. Pilato, G., Augello, A., & Gaglio, S. (2011). A modular architecture for Adaptive Chatbots. 2011 *Fifth International Conference on Semantic Computing*, 177–180. <https://doi.org/10.1109/icsc.2011.68>
11. Rāts, J., & Pedē, I. (2021). Structuring and controlling the knowledge for the software user support. *Baltic Journal of Modern Computing*, 9(2), 195–209. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2021.9.2.04>
12. Setiaji, B., & Wibowo, F. W. (2016). Chatbot using a knowledge in database: Human-to-machine conversation modeling. 2016 7th *International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS)*, 72–77. <https://doi.org/10.1109/isms.2016.53>
13. Shah, R., Lahoti, S., & Lavanya, K. (2017). An intelligent chatbot using natural language processing. *International Journal of Engineering Research*, 6(5), 281. <https://doi.org/10.5958/2319-6890.2017.00019.8>
14. Srivastava, S. (2024). AI-Enhanced Automation for devops: Employing a model-driven strategy to facilitate continuous advancement in cyber-physical systems. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 13(3), 12–15. <https://doi.org/10.21275/sr24226073411>
15. Vemuri, N., Thaneeru, N., & Tatikonda, V. M. (2024). AI-Optimized DevOps for Streamlined Cloud CI/CD. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 9(2), 504–510. URL: https://www.researchgate.net/profile/Naveen-Vemuri/publication/378267974_AI-Optimized_DevOps_for_Streamlined_Cloud_CICD/links/65d0532201325d46520f68fc/AI-Optimized-DevOps-for-Streamlined-Cloud-CI-CD.pdf

A. I. Pukach, V. M. Teslyuk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

MODEL OF DECOMPOSED INSULATING DOMINANCE FOR THE ANALYSIS OF INFLUENCING FACTORS OF SOFTWARE COMPLEXES SUPPORT AUTOMATION

The paper is devoted to the study of the factors influencing the subjective perception of support objects by the respective subjects of interaction with them. The object of the study is the process of influence of factors on the subjective perception of the support object by the relevant subjects of interaction with it. Hence, an appropriate model of the decomposed insulating dominance of factors of influence was developed, that allows performing analysis of their impact on the support objects: supported software complexes, or processes of their support. In particular, the developed model provides the possibility of further calculation of the probabilities of belonging the hidden layer neurons of the multilayer perceptron artificial neural network which is encapsulated inside the model of supported object subjective perception by the relevant subjects of interaction with it. Thus, the developed model contributes to the solution of the scientific and applied task of restoring the boundaries of the software complexes support influence factors, with further possibility of analyzing these influencing factors, as this task is also included into the set of issues of the scientific and applied problem of software complexes support automation. The appropriate algorithm for ensuring the implementation of the three-component-connection mechanism of models of decomposed insulating dominance of influence factors has been developed and represented in this research, as well as a visualization of the structural representation of the decomposed insulating dominance processes. A model of the decomposed insulating dominance of influencing factors based on coloured Petri nets has been developed in this research, as well as appropriate states reachability tree, which demonstrates the reachability and finiteness of each of the states of the developed colored Petri net model, and also provides additional possibilities for studying the modeling processes dynamics. With the help of the developed model, a number of applied practical problems were solved, including: the problem of restoring the influencing factors of software complexes support automation; the task of finding and identifying antagonistic members of the software complex support team; as well as the task of researching the modeling processes dynamics. The resolved practical applied task of finding and

identifying antagonistic members of the software complex support team ensures the identification of members of one common support team, whose views on the supported object (the supported software complex, or its support processes) are the most different among all team members. It was established that the obtained results of application of the developed decomposed insulating dominance model are relevant and significant in solving the problems of analyzing the influencing factors causing the subjectivization of the supported objects perception during research in the field of the problems of software complexes support automation. In the future, another researches will be performed considering additional possibilities of using the developed model to solve different practical problems in this filed.

Keywords: software complex; support; automation; influencing factors; modeling.