

**А. І. Пукач, В. М. Теслюк***Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна*

МОДЕЛЬ СУБ'ЕКТИВНОГО СПРИЙНЯТТЯ ОБ'ЄКТА ПІДТРИМКИ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ З МОЖЛИВІСТЮ ІНКАПСУЛЯЦІЇ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ, ЗОКРЕМА БАГАТОШАРОВОГО ПЕРЦЕПТРОНА

Об'єктом дослідження в цій роботі є процес суб'єктивного сприйняття підтримуваних програмних комплексів чи процесів їх підтримки відповідними суб'єктами, що прямо чи опосередковано взаємодіють із цими підтримуваними програмними комплексами. Розроблено модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів із можливістю інкапсуляції моделей штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона, що дає змогу здійснити моделювання процесів суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки (як самого підтримуваного програмного комплексу, так і процесів його підтримки) – як одного із важливих науково-прикладних завдань у напрямі науково-прикладної проблеми автоматизації підтримки програмних комплексів. Розроблена модель передбачає можливість інкапсуляції штучних нейронних мереж (усіх наявних типів). Зокрема, в цій статті як приклад розглянуто інкапсуляцію штучної нейронної мережі типу багатошарового перцептрона. В роботі також розглянуто основні вимоги та питання щодо відповідності, коректності та повноти інкапсульованої штучної нейронної мережі типу багатошарового перцептрона в проєктовану модель суб'єктивного сприйняття. Розроблена модель є універсальним інструментом, що дає змогу інтерпретувати суб'єктивні сприйняття будь-яких об'єктів дослідження (не лише програмних комплексів), а передбачена можливість інкапсуляції штучних нейронних мереж уможливорює використання усіх переваг штучного інтелекту, серед яких: підвищення рівня автоматизації та інтелектуалізації моделювання, а також забезпечення можливості навчання. Результатом розроблення моделі є чітко структурований і формалізований (в межах саме розробленої моделі, описаної в цій статті) процес та результат суб'єктивного сприйняття досліджуваного об'єкта – підтримуваного програмного комплексу чи процесів його підтримки. Розроблена модель суб'єктивного сприйняття дає змогу вирішувати значну кількість прикладних практичних завдань, серед яких, для прикладу, в цій роботі продемонстровано застосування розробленої моделі для вирішення практичного завдання формування усередненого портрета команди підтримки програмного комплексу.

Ключові слова: програмний комплекс, підтримка, фактор впливу, автоматизація, нейронні мережі, багатошаровий перцептрон.

Вступ / Introduction

Сьогодні однією із найактуальніших науково-прикладних проблем є проблема автоматизації складних комплексних процесів, зокрема процесів підтримки програмних комплексів. Ця проблема охоплює багато конкретних науково-прикладних задач, однією з яких є задача аналізу факторів впливу, що впливають на результати сприйняття об'єкта (підтримуваного програмного комплексу, чи процесів його підтримки) відповідними суб'єктами взаємодії з цим об'єктом. Фактично, основне науково-прикладне завдання, розглянуте в цій роботі, – забезпечення можливості розроблення достатньо простої, зрозумілої та

лаконічної, але водночас максимально уніфікованої та універсалізованої моделі подання та подальшого дослідження процесів і результатів суб'єктивізації сприйняття як будь-якого досліджуваного об'єкта чи процесу (в загальному випадку), так і досліджуваних програмних комплексів (у контексті згаданої вище науково-прикладної проблеми автоматизації підтримки програмних комплексів).

Об'єкт дослідження – процес суб'єктивного сприйняття підтримуваних програмних комплексів чи процесів їх підтримки відповідними суб'єктами, що прямо чи опосередковано взаємодіють з ними.

Предмет дослідження – моделі та засоби суб'єктивного сприйняття підтримки програмних комплексів.

Мета роботи – представлення розробленої моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів з можливістю інкапсуляції моделей штучних нейронних мереж (ШНМ), зокрема багатошарового перцептрона (БП).

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- здійснити аналіз предметної області автоматизації підтримки програмних комплексів;
- розробити узагальнену модель суб'єктивного сприйняття підтримки програмних комплексів;
- забезпечити можливість інкапсуляції штучних нейронних мереж у модель суб'єктивного сприйняття підтримки програмних комплексів;
- дослідити застосування розробленої моделі суб'єктивного сприйняття під час вирішення прикладних практичних завдань.

У статті висвітлено повний процес розроблення моделі, починаючи із узагальненої моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки, продовжуючи інкапсуляцією штучних нейронних мереж (зокрема, типу багатошарового перцептрона) та завершуючи забезпеченням подальшої можливості ідентифікації факторів впливу, а також прикладом розв'язання конкретної практичної прикладної задачі формування узагальненого портрета команди підтримки програмного комплексу на основі портретів її членів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розглянемо декілька науково-прикладних завдань, серед яких: автоматизація тестування програмного забезпечення, DevOps автоматизація, автоматизація реєстрації звернень (як зовнішніх – від клієнтів, так і внутрішніх у межах компанії-розробника), наявність відповідних супутніх задач автоматизації прийняття рішень та багато інших. Щодо багатьох із цих напрямів вже є достатньо велика кількість напрацювань.

Так, автоматизація тестування програмного забезпечення розроблюваних та підтримуваних програмних комплексів розвивається вже не один десяток років. Для прикладу, відповідно до даних, наведених у роботі [5] в 2010 р.: лише 26 % усіх тест-кейсів проєктів досліджуваних компаній були охоплені за допомогою автоматичного тестування. А вже згідно з даними роботи [3] в 2019 р. (тобто лише на дев'ять років пізніше 88 % досліджуваних компаній автоматизовують 50 % (або більше) своїх тестів, що забезпечило значні покращення, зокрема: на 71 % більше охоплення проєкту тестуванням і на 68 % краще виявлення проблем (англ. issue). Крім того, в тій самій роботі зазначено, що, за даними журналу для розробників програмного забезпечення (eng. "App Developer Magazine"), лише впродовж двох років (тобто 2017–2019 рр.) автоматизація тестування зросла на 85 %. Сьогодні, згідно з даними, наведеними в роботі [8]: лише 9 % усіх компаній стверджують що не використовують автоматизацію в тестуванні, що, своєю чергою, насправді свідчить про протилежне – тобто про часткову (а подекуди, можливо, і повну) автоматизацію тестування в решті 91 % компаній.

DevOps також забезпечує високий рівень автоматизації процесів. Зокрема, в роботі [4] коротко описано основні практики DevOps, відповідно до яких реалізуються автоматизація розгортання програмних комплексів та автоматизація інфраструктури програмних

комплексів. Як стверджують автори праці [11], дослідження в напрямку DevOps зосереджені насамперед якраз на: автоматизації процесів, безперервній доставці (англ. continuous delivery) та інтеграції. Відповідно до роботи [9], ключове усвідомлення DevOps полягає в тому, що деякі програмні комплекси потребують високого рівня автоматизації та співпраці, бездоганно узгоджені з принципами DevOps, тоді як інші можуть не вимагати таких складних процесів.

У роботі [2] розглянуто питання автоматизації прогнозування IT-інцидентів і вирішення їх за мінімальний час із використанням моделей штучного інтелекту. В роботах [1], [10] та [7] розглянуто автоматизацію реагування (відповіді) на інциденти та загрози як частину автоматизації безпеки (кібербезпеки), що робить реагування на інциденти ефективнішим, швидшим та точнішим, забезпечує складне та плавне виявлення загроз і реагування в галузі кібербезпеки області хмарних технологій. Мабуть, найкомплекснішою працею у цьому напрямі є робота [6], яка максимально повно описує цю тематику.

Проте кожен із випадків, розглянутих та наведених вище, репрезентує лише часткові випадки досліджуваних процесів, прямо чи опосередковано пов'язаних із взаємодією різноманітних суб'єктів з основним досліджуваним об'єктом – підтримуваним програмним комплексом. На жаль, в жодному з випадків (як представлених у цій статті, так і відомих за межами проаналізованих у цій статті) не розглянуто розроблення узагальненішої моделі, яка б, власне, забезпечувала можливість моделювання процесів та результатів суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки відповідними суб'єктами взаємодії із цими об'єктами.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Узагальнена модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів. Розпочнемо з узагальненої моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів.

Перед інкапсуляцією моделей штучного інтелекту необхідно розробити узагальнену модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів. Формат (або форма) представлення такої узагальненої моделі може бути абсолютно довільним. Проте вона обов'язково повинна містити та відображати такі ключові елементи:

- вхідні характеристики досліджуваного об'єкта – підтримуваного програмного комплексу, чи процесів його підтримки;
- перелік визначених факторів впливу, що впливають на результати сприйняття цього об'єкта відповідними суб'єктами взаємодії з ним;
* абсолютно усі фактори впливу, наявні в моделі, повинні бути: явними, чітко окресленими, послідовно структурованими, а їх вплив має бути визначеним;
- вихідні характеристики, що однозначно інтерпретують результат (-и) сприйняття об'єкта відповідним суб'єктом взаємодії;
- модель повинна відображати реальні процеси трансформації вхідних характеристик у вихідні через посередництво факторів впливу.

На рис. 1 наведено приклад узагальненої моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів. Подану модель отримано в ході проведення реальних експериментальних досліджень в області визначення та аналізу факторів впливу. Модель подано в зручній, простій та зрозумілій графічно-інтерпретаційній формі.

Математично цю модель можна подати в такому вигляді:

$$O_j = FINF_{ih}(I_i), j \in [1..m], h \in [1..fc], i \in [1..n], \quad (1)$$

де O_j – конкретна j -та вихідна результативна характеристика (з-поміж m визначених для конкретного досліджуваного об'єкта); I_i – конкретна i -та вхідна характеристика об'єкта (з-поміж n визначених для цього досліджуваного об'єкта);

$FINF_{ih}$ – набір (матриця) функцій, кожна із яких відповідає за перетворення кожної окремо взятої i -ї вхідної характеристики – кожним окремо взятим h -м фактором впливу з-поміж fc (factor count) визначених для досліджуваного об'єкта факторів впливу; $j \in [1..m]$ – j змінюється у діапазоні значень від 1 до m ; $h \in [1..fc]$ – h змінюється у діапазоні значень від 1 до fc ; $i \in [1..n]$ – i змінюється у діапазоні значень від 1 до n .

Отже, відповідно до вищевикладеного математичного представлення, кожна вхідна характеристика проходить через свій індивідуальний набір функцій кожного із факторів впливу, в результаті чого на виході ми отримуємо відповідний набір результативних характеристик, що репрезентують результати суб'єктивного сприйняття досліджуваного об'єкта відповідними суб'єктами взаємодії з ним.

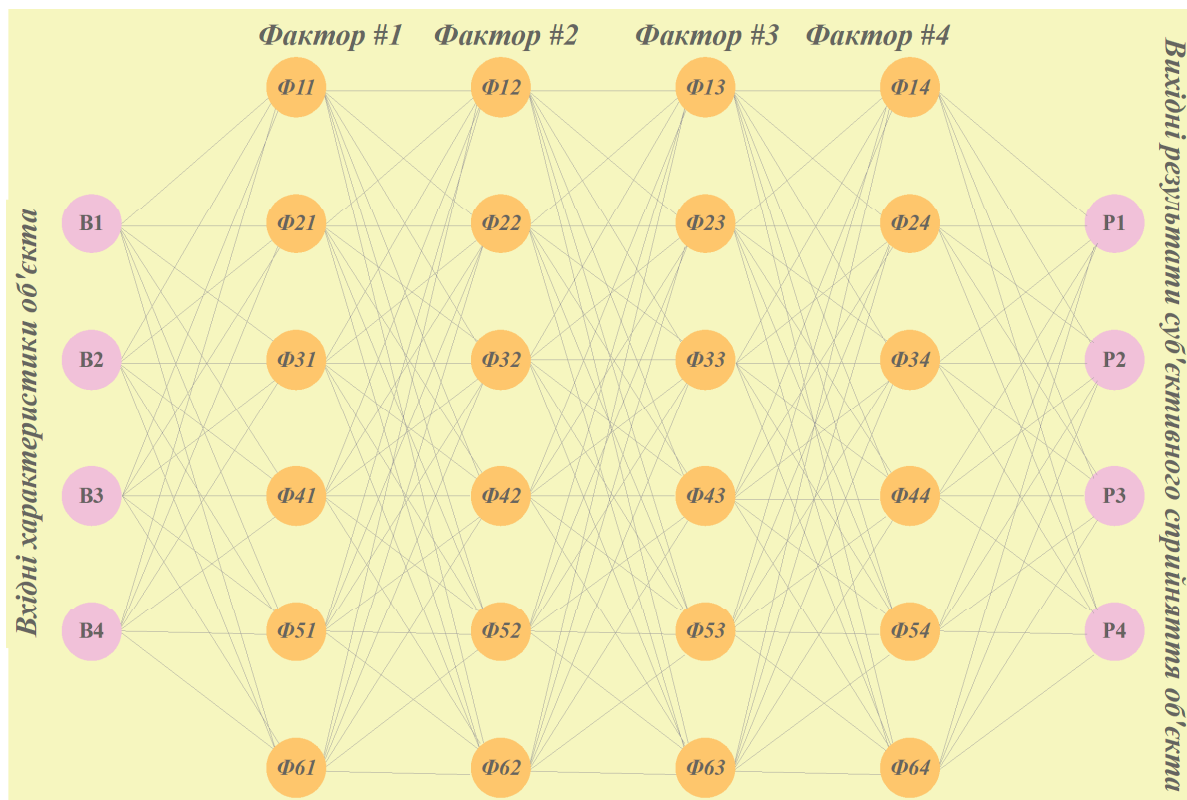


Рис. 1. Приклад представлення узагальненої моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів / An example of representation a generalized model of subjective perception of the software complexes support object

Функції перетворення можуть взаємодіяти як з оригінальними вхідними характеристиками об'єкта дослідження, так і з інтерпретаціями цих оригінальних вхідних характеристик попередніми функціями взаємодії з набору функцій.

Інкапсуляція штучних нейронних мереж у модель. Наступним етапом після розроблення узагальненої моделі суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки є, власне, сама інкапсуляція нейронної мережі (визначеного типу) в отриману узагальнену модель.

Як зазначено вище, запропонована концепція моделей суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки не передбачає жодних обмежень щодо вибору штучних нейронних мереж. Ідея полягає у тому, щоб кожен, хто використовуватиме ці моделі, сам вирішував та вибирав необхідний тип нейронної мережі, залежно від вподобань, поставлених вимог та завдань чи будь-яких інших критеріїв вибору.

Проте як приклад (що вже також зазначено вище) в цій статті продемонстровано використання саме штучних нейронних мереж типу багатошарового перцептрона, адже БП є доволі популярним типом ШНМ, що вже позитивно зарекомендував себе в області штучного інтелекту та досі продовжує утримувати впевнену позицію одного із провідних типів ШНМ в найрізноманітніших проявах застосувань штучного інтелекту. Крім того, не важко зауважити, що сама структура БП (тобто наявний вхідний шар нейронів, приховані шари нейронів та вихідний шар нейронів) доволі щільно корелюють із вищевикладеним узагальненим поданням суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки, що, безумовно, є беззаперечною перевагою саме БП на користь інших типів ШНМ. Проте розроблена концепція моделі суб'єк-

тивного сприйняття об'єктів підтримки передбачає можливість використання будь-яких типів ШНМ.

Основним завданням інкапсуляції штучної нейронної мережі в розроблювану модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки є дотримання одного-єдиного простого та зрозумілого однозначного критерію: інкапсульована модель штучної нейронної мережі повинна максимально коректно відображати процеси перетворення вхідних характеристик факторами впливу та отримання відповідних результативних характеристик (згідно із представленою узагальненою моделлю та відповідно з даними для подальшого навчання та тестування використовуваної штучної нейронної мережі).

Отже, у випадку використання багат шарового перцептрона як інкапсульованої штучної нейронної мережі в модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки, необхідно забезпечити такі кроки для коректного представлення процесів суб'єктивного сприйняття об'єкта, спричинених факторами впливу:

- 1) вхідний шар нейронів БП інтерпретуватиме вхідні характеристики об'єкта;
- 2) вихідний шар нейронів БП інтерпретуватиме результативні вихідні характеристики;
- 3) приховані шари нейронів БП інтерпретуватимуть фактори впливу.

Якщо щодо перших двох кроків жодних неоднозначностей виникнути не повинно, то стосовно третього кроку можуть виникнути неоднозначності, перелічені нижче у формі запитань із відповідями.

Якою повинна бути кількість прихованих шарів? Сформулюємо відповідь на це запитання. Кількість прихованих шарів БП повинна бути такою, щоб:

- забезпечити необхідні вимоги щодо параметрів навчання (точності, швидкості, чи, можливо, інших додаткових параметрів) та тестування БП;
- забезпечити подальшу можливість однозначної ідентифікації різних факторів впливу.

Тут одразу ж варто зазначити, що концепція багат шарового перцептрона не передбачає наявності будь-якого функціонально-сміслового навантаження для нейронів прихованих шарів. Тобто, якщо вхідний шар нейронів БП представляє реальні вхідні дані, а вихідний шар нейронів БП – реальні результати, то нейрони прихованих шарів необхідні лише для коректності функціонування та навчання БП. Тому на етапі інкапсуляції БП в модель суб'єктивного сприйняття ми ще не можемо однозначно ідентифікувати відповідність конкретного фактора впливу до конкретного прихованого шару БП чи до конкретних нейронів прихованих шарів БП. Це окрема науково-прикладна задача ідентифікації факторів впливу, яка потребує окремого розв'язання. Тому на цьому етапі йдеться, власне, про забезпечення подальшої можливості ідентифікації факторів впливу під час вибору конфігурації прихованих шарів інкапсульованої мережі БП.

Якою повинна бути кількість нейронів у кожному прихованому шарі? Як і у попередньому випадку, відповідь на це запитання подібна: забезпечення вимог щодо параметрів самої інкапсульованої БП, а також за-

безпечення подальшої можливості однозначної ідентифікації факторів впливу.

Якими повинні бути параметри інкапсульованої БП, зокрема: точність, швидкість навчання, функція активації, метод навчання, гіперпараметри тощо? Тут вже починають діяти закони штучних нейронних мереж та конкретно багат шарового перцептрона, а також набору вхідних даних для навчання БП, тобто, інакше кажучи, потрібно розглядати ці параметри БП без прив'язки до контексту суб'єктивного сприйняття, а тільки як у випадку “стандартного” підходу до роботи з БП.

Якими повинні бути вхідні дані для навчання та тестування інкапсульованої БП? Відповідь на це запитання, як і на попереднє, також потрібно давати в контексті загальної практики роботи з БП, відповідно до якої, вхідні дані для навчання та тестування БП повинні бути подані на вхід БП в нормалізованій формі представлення. Крім того, позитивною практикою під час роботи з даними є також їх попередня деперсоналізація. Тобто, окрім нормалізації, дані також потребують попередньої деперсоналізації.

Взагалі, якщо говорити про нормалізацію та деперсоналізацію даних – то сьогодні це загальноприйняті два базові принципи опрацювання більшості комерційних даних, адже саме ці два принципи дають змогу забезпечити конфіденційність чутливої інформації. Своєю чергою, перенесення цих принципів у сферу науково-прикладної діяльності гарантує забезпечення уніфікованості та універсальності розроблюваних моделей, алгоритмів, методів чи засобів. Тобто, в будь-якому випадку, застосування цих принципів дає тільки позитивний ефект.

Нижче на рис. 2 подано приклад інкапсульованої БП на основі узагальненої моделі суб'єктивного сприйняття, наведеної на рис. 1.

Крім того, на рис. 3 також наведено приклад тієї самої БП, тільки уже навченої на реальних вхідних даних.

Забезпечення можливості ідентифікації факторів впливу. Завершальним етапом є забезпечення можливості ідентифікації факторів впливу.

Як ми вже зазначали, забезпечення можливості ідентифікації факторів впливу в моделях суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки програмних комплексів після інкапсуляції нейронної мережі (зокрема типу багат шарового перцептрона) є однією із вимог коректної інкапсуляції нейронної мережі в модель.

Така задача є окремою науково-прикладною задачею, яка потребує окремих уваги та розгляду. Тому в межах цієї статті ми лише сформулювали основні вимоги щодо забезпечення такої можливості. На рис. 4 наведено приклад ідентифікації (відновлення) факторів впливу методом розрахунку ймовірностей приналежності нейронів прихованих шарів до факторів впливу моделі суб'єктивного сприйняття (тієї ж моделі, для якої як приклади були наведені також рис. 1–3).

Отже, забезпечивши всі вимоги щодо коректності інкапсуляції БП, на виході ми отримаємо модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки: підтримуваного програмного комплексу чи процесів його підтримки.

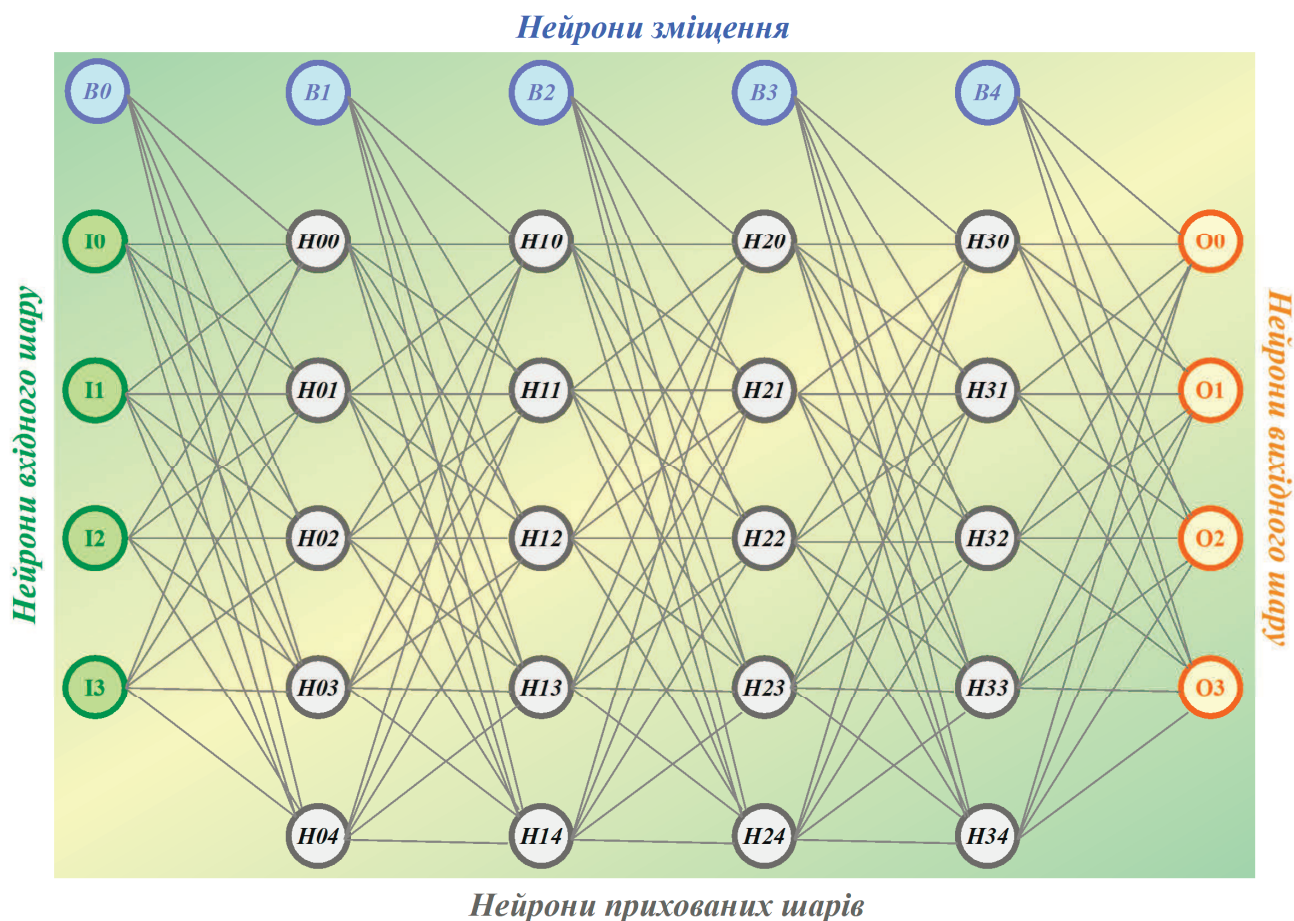


Рис. 2. Приклад структури інкапсульованої ШНМ БП /
An example of the structure of encapsulated multilayer perceptron artificial neural network

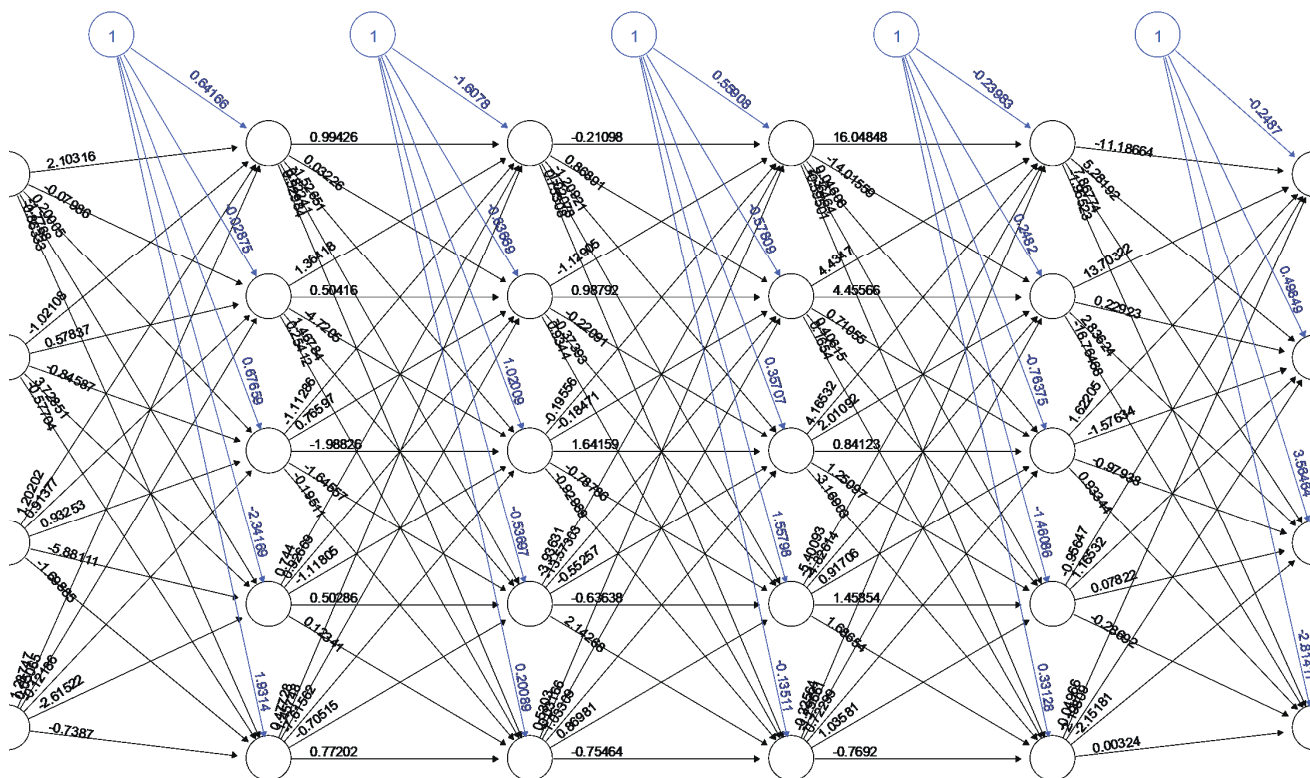


Рис. 3. Приклад інкапсульованої навченої ШНМ БП /
An example of encapsulated trained multilayer perceptron artificial neural network

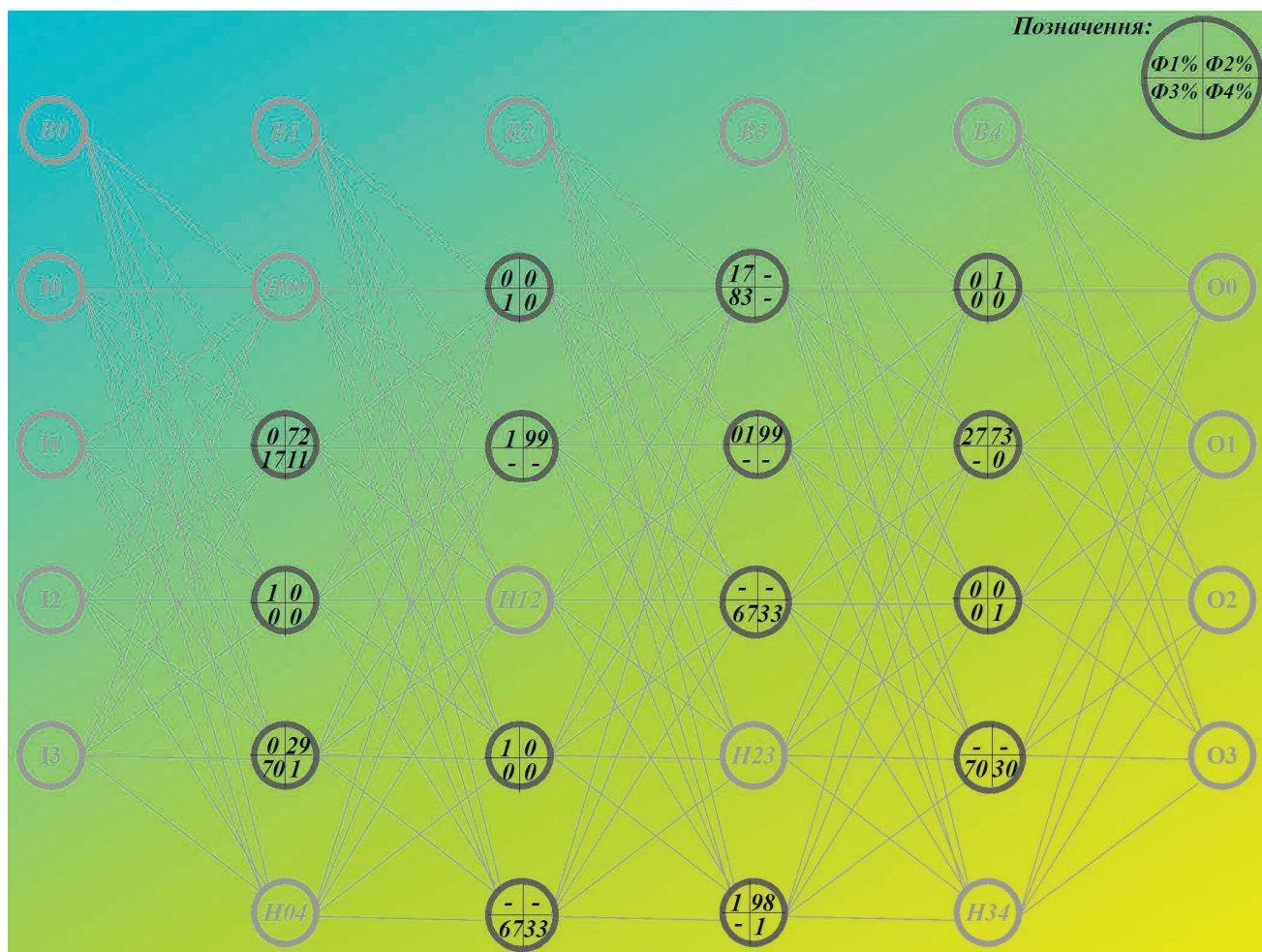


Рис. 4. Приклад результатів забезпечення ідентифікації факторів впливу моделі суб'єктивного сприйняття після інкапсуляції та навчання БП / Results of ensuring the identification of influencing factors of the subjective perception model with encapsulated training multilayer perceptron artificial neural network

Табл. 1. Значення індивідуальних портретів кожного із членів команди, а також розрахованого узагальненого портрета команди / The values of individual portraits of each support member, as well as a calculated generalized portrait of the team

	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3	Фактор 4
Чл. ком. 1	0,1655	0,38	0,3155	0,139
Чл. ком. 2	0,1249	0,2069	0,562	0,1062
Чл. ком. 3	0,1545	0,4954	0,2277	0,1224
Чл. ком. 4	0,2633	0,1752	0,4261	0,1354
Чл. ком. 5	0,3361	0,1981	0,2976	0,1682
Чл. ком. 6	0,1921	0,2649	0,3256	0,2174
Чл. ком. 7	0,1826	0,2891	0,2972	0,2311
Чл. ком. 8	0,1069	0,2684	0,4188	0,2059
Чл. ком. 9	0,2197	0,3582	0,1672	0,2549
Чл. ком. 10	0,1253	0,403	0,1978	0,2739
Чл. ком. 11	0,4167	0,2095	0,1774	0,1964
Чл. ком. 12	0,1338	0,3718	0,1415	0,3529
Чл. ком. 13	0,0913	0,3641	0,3152	0,2294
Чл. ком. 14	0,0506	0,4912	0,367	0,0912
Чл. ком. 15	0,3051	0,2912	0,1892	0,2145
Усередн. чл.ком.	0,191227	0,3178	0,295053	0,19592

Забезпечено також можливість ідентифікації факторів впливу, втрачених (або розмитих) у результаті інкапсуляції БП, що зумовлено самою концепцією БП, відповідно до якої нейрони прихованих шарів не мають ніякого функціонально-смыслового навантаження чи підрунтя.

Результати розв'язання прикладної практичної задачі формування усередненого портрета команди підтримки програмного комплексу.

Для кожного члена команди підтримки розроблено відповідну модель його суб'єктивного сприйняття на основі спільного визначеного для всіх членів команди ідентичного єдиного набору факторів впливу із чотирьох факторів Ф1 – Ф4.

Після цього виконано моделювання набору кейсів для кожного із членів команди та сформовано відповідні порівняльні портрети для кожного з них, у які входять усереднені суми показників для кожного із факторів впливу.

Отримані усереднені суми для кожного із факторів впливу для кожного із членів команди, а також розраховані значення узагальненого усередненого портрета члена команди подано у таблиці.

На рис. 5 графічно відображено результати розрахунку узагальненого портрета команди підтримки програмного комплексу на основі отриманих індивідуальних портретів кожного з її членів.

Результати моделювання, отримані за допомогою розробленої моделі суб'єктивного сприйняття, дають підстави для висновку, що в розглянутому прикладі домінує такий фактор впливу досліджуваної команди підтримки програмного комплексу, як “фактор 2” (~32 %), на другому місці – “фактор 3” (~30 %); на третьому та четвертому місцях практично з однаковим показником – відповідно “фактор 4” (~20 %) та “фактор 1” (~19 %).

Тобто у конкретному досліджуваному випадку ми можемо говорити про певну асиметрію команди з переважанням факторів № 2 та № 3 у півтора рази відносно факторів № 4 та № 1.

Проте, в загальному випадку, такі показники свідчать про доволі непогану збалансованість досліджуваної команди, оскільки в розглянутому випадку принаймні відсутній фактор “абсолютний фаворит” та фактор “абсолютний аутсайдер”, а різниця між максимально впливовим та мінімально впливовим факторами впливу становить лише ~12,7 %.

Обговорення результатів дослідження. У роботі [12] досліджено трансформаційну еволюцію систем управління взаємодією з клієнтами (eng. CRM – Client Relationship Management) як однієї зі складових підтримки програмних комплексів, за допомогою інтеграції прогностичного аналізу, штучного інтелекту та машинного навчання, адже традиційні системи CRM демонструють недоліки в таких сферах, як використання конфіденційності клієнтів і диференційованої взаємодії. Це потребує переоцінки їх основоположних принципів, тоді як інтеграція розширеної аналітики та алгоритмів машин-

ного навчання стає стратегічним напрямом модернізації CRM, що дає компаніям змогу передбачати потреби клієнтів, завчасно вирішувати проблеми та розвивати важливі відносини, що підтверджує як доцільність інкапсуляції штучного інтелекту в сфері клієнтської підтримки, так і необхідність врахування таких факторів впливу, як конфіденційність клієнтів і диференційованість взаємодії.

Автори [13] розробили прототип розмовного (спів)-агента на основі штучного інтелекту на етапі адаптації новачків у службі підтримки клієнтів – користувачів підтримуваних програмних комплексів, щоб скоротити час, витрачений на виконання завдань обслуговування, і забезпечити навчання на робочому місці, оскільки штучний інтелект здатний класифікувати запити на обслуговування та допомагати знаходити рішення. Доповнення на основі штучного інтелекту має великий потенціал для покращення етапу адаптації та пришвидшення виконання (розв'язання) запитів клієнтів.

Автори роботи [14] проаналізували вплив штучного інтелекту на підтримку клієнтів, враховуючи історичну еволюцію штучного інтелекту та останні досягнення у таких напрямках підтримки, як: обробка природної мови (eng. NLP – Natural Language Processing), машинне навчання, аналіз відчуттів (настроїв), роботизована автоматизація процесів (eng. RPA – Robotic Process Automation). Також додатково досліджено розпізнавання голосу, технологій перетворення мовлення на текст, виконано аналіз опитувань та відгуків клієнтів щодо підтримки на основі штучного інтелекту, етику штучного інтелекту, мовний переклад у режимі реального часу, поєднання штучного інтелекту із системами управління взаємодією з клієнтами (CRM), а також визначено ключові можливості, що охоплюють підвищення ефективності та продуктивності агентів, налаштування взаємодії з клієнтами, надання проактивної підтримки, покращення збирання даних і аналізу, а також потенціал для масштабованості з доступністю 24/7. У результаті здійснено систематичну оцінку низки відповідних додатків і фреймворків на основі штучного інтелекту, таких як чат-боти, віртуальні помічники, системи рекомендацій та прогностичної аналітики.

Водночас автор роботи [15] подав у своєму дослідженні огляд літератури як у напрямі теоретичних основ штучного інтелекту, так і його прикладного практичного застосування, а саме напряму клієнтської підтримки користувачів. Відповідно до висновків виконаного дослідження штучний інтелект доцільно та можна використовувати для кращого реагування на потреби клієнтів, використовуючи вже створені наповнені бази даних запитів підтримки від клієнтів.

Розроблені моделі суб'єктивного сприйняття, подані в цій роботі, дають змогу вирішувати значну кількість прикладних практичних завдань, серед яких, зокрема, і розглянуте як приклад формування усередненого портрета команди підтримки програмного комплексу, а їх особливістю є можливість врахування факторів впливу суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програм-

них комплексів, наприклад, за допомогою інкапсуляції моделей штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона.

Отже, отримані практичні результати є надзвичайно актуальними та достатньо повними, зокрема для різноманітних можливих подальших досліджень як супутніх завдань формування усередненого портрета команди підтримки програмного комплексу, так і для

багатьох інших прикладних практичних завдань як у сфері автоматизації підтримки програмних комплексів, так і далеко поза її межами.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше розроблено модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів із можливістю інкапсуляції моделей штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона.

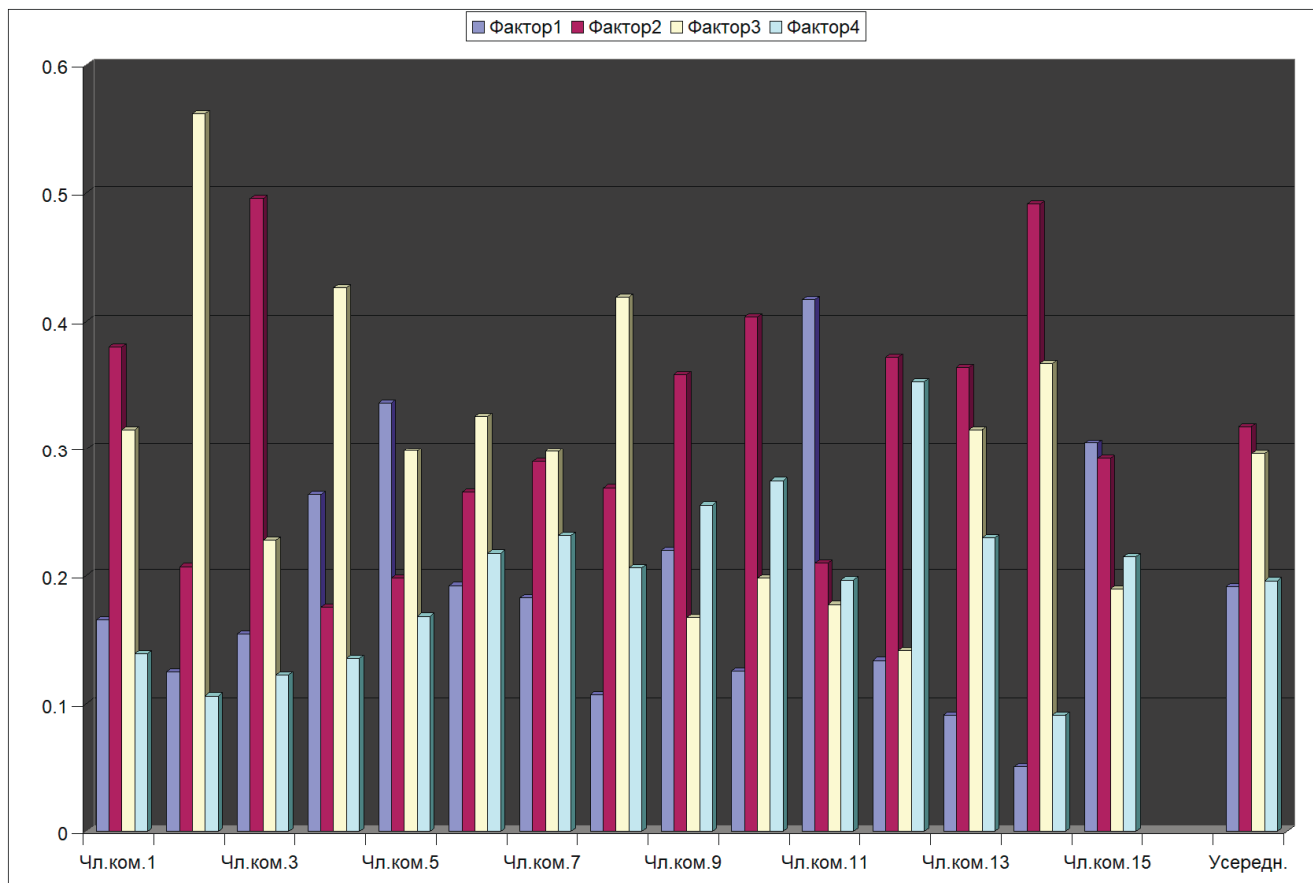


Рис. 5. Графічне подання результатів розрахунку узагальненого портрета команди підтримки програмного комплексу на основі отриманих індивідуальних портретів кожного з її членів / Graphic representation of the results of calculation the generalized portrait of software complex support team based on the individual portraits of each of its members

Практична значущість результатів дослідження – розроблено механізм інкапсуляції штучних нейронних мереж (зокрема типу багатошарового перцептрона) в модель суб'єктивного сприйняття об'єктів підтримки програмних комплексів, що дає змогу реалізувати наявний науковий та практичний інструментарій штучних нейронних мереж у моделюванні процесів суб'єктивного сприйняття підтримуваних програмних комплексів чи процесів їх підтримки.

Висновки / Conclusions

У статті подано розроблену модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів із можливістю інкапсуляції моделей штучних нейронних мереж, зокрема багатошарового перцептрона.

Розроблена модель дає змогу здійснити дослідження процесів суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки (самого підтримуваного програмного комплексу чи

процесів його підтримки), що є одним із важливих науково-прикладних завдань у напрямі комплексної автоматизації підтримки програмних комплексів.

Передбачено можливість інкапсуляції у модель моделей штучних нейронних мереж (усіх наявних типів). Як приклад наведено інкапсуляцію моделі штучної нейронної мережі типу багатошарового перцептрона.

Розглянуто питання побудови узагальнених моделей суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів.

Розроблено основні етапи коректної інкапсуляції БП у модель суб'єктивного сприйняття. Розглянуто основні проблемні аспекти інкапсуляції БП у модель. Забезпечено можливість ідентифікації факторів впливу, втрачених (або розмитих) у результаті інкапсуляції БП, що зумовлено самою концепцією БП, відповідно до якої нейрони прихованих шарів не мають ніякого функціонально-смыслового навантаження чи підґрунтя.

Наведено конкретні приклади моделей, отримані в ході реальних експериментальних досліджень. Крім того, розроблену модель успішно використано для вирішення практичного завдання формування усередненого портрета досліджуваної команди підтримки програмного комплексу, а отримані результати наведено в роботі.

Розроблена модель надалі буде використана для розв'язання суміжної науково-прикладної задачі відновлення границь факторів впливу підтримки програмних комплексів із подальшою можливістю аналізу цих факторів впливу, а також супутніх науково-прикладних задач комплекснішої науково-прикладної проблеми автоматизації підтримки програмних комплексів.

References

1. Reddy, Abhilash Reddy Pabbath (2021). The role of artificial intelligence in proactive cyber threat detection in cloud environments. *NeuroQuantology*, 19(12), 764–773. <https://doi.org/10.48047/nq.2021.19.12.NQ21280>
2. Ahmed, S., Singh, M., Doherty, B., Ramlan, E., Harkin, K., & Coyle, D. (2023). AI for Information Technology Operation (AIOps): A Review of IT Incident Risk Prediction. In 2022 9th International Conference on Soft Computing and Machine Intelligence (ISCMI 2022). *IEEE, Advance online publication*, 253–257. <https://doi.org/10.1109/ISCMI56532.2022.10068482>
3. Battina, D. S. (2019). Artificial intelligence in software test automation: A systematic literature review. *Int. J. Emerg. Technol. Innov. Res.*, 6, 2349–5162, 1329–1332. Retrieved from: <https://www.jetir.org/papers/JETIR1912176.pdf>
4. Ogala, Justin Onyarin (February 2022). A Complete Guide to DevOps Best Practices. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 20(2), 1–6. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6376787>
5. Kasurinen, J., Taipale, O., & Smolander, K. (2010). Software Test Automation in Practice: Empirical Observations. *Advances in Software Engineering*, 2010, 1–18, <https://doi.org/10.1155/2010/620836>
6. Kloeckner, K., Davis, J., Fuller, N. C., Lanfranchi, G., Pappe, S., Paradkar, A., Shwartz, L., Surendra, M., & Wiesmann, D. (2018). *Transforming the IT Services Lifecycle with AI Technologies*. Cham, Switzerland: Springer Briefs in Computer Science. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94048-9>
7. Krishna, Neupane (2023). Continuous Automation with DevOps practices for Threat Detection, 99 pages. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33472.92169>
8. Montvelisky, Joel, Bhamare, Lalitkumar. (2024). 11th edition of the State of Testing Report. PractiTest & Tea-time with Testers. Retrieved from: <https://www.practitest.com/assets/pdf/stot-2024.pdf>
9. Sumanth, Tatineni (2021). A Comprehensive Overview of DevOps and Its Operational Strategies. *International Journal of Information Technology & Management Information System (IJITMIS)*, 12(1), 15–32. Retrieved from: https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJITMIS/VOLUME_12_ISSUE_1/IJITMIS_12_01_002.pdf
10. Sumanth, Tatineni (2022). AI-Infused Threat Detection and Incident Response in Cloud Security. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 12(11), 998–1004. <https://dx.doi.org/10.21275/SR231113063646>
11. Usman, Hamza, Mashita, Syed-Mohamad, Sharifah, Nasuha, Lee, Abdullah (2023). DevOps Adoption Guidelines, Challenges, and Benefits: A Systematic Literature Review. *International Center for Research and Resources Development (ICRRD), ICRRD Journal* 2023, 4(1), 149–171. <https://doi.org/10.53272/icrrd>
12. Thomson, A. (2024). Proactive customer support: Re-architecting a customer support/relationship management software system leveraging predictive analysis/AI and machine learning. *Engineering: Open Access*, 2(1), pp. 39–50. <https://doi.org/10.33140/ea.02.01.04>
13. Reinhard, P., Wischer, D., Verlande, L., Neis, N., Li, M. M. (2023). Towards designing an AI-based conversational agent for on-the-job training of customer support novices. *International Conference on Design Science Research (DESRIST)*, Pretoria, South Africa, 31 May – 02 Jun 2023, 15 p. Retrieved from: <https://www.alexandria.unisg.ch/handle/20.500.14171/107617>
14. Inavolu, S. M. (2024). Exploring AI-Driven Customer Service: Evolution, Architectures, opportunities, challenges and future directions. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 6(3), 23 p. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i03.22283>
15. Salminen, T. (2024). Possibilities of AI in customer care in the software business. Master's Thesis, Turku University of Applied Sciences Mechanical and Marine Engineering, 2024, 76 p. Retrieved from: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202404298185>

A. I. Pukach, V. M. Teslyuk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

SUBJECTIVE PERCEPTION MODEL OF SOFTWARE COMPLEXES SUPPORT OBJECT WITH THE ENCAPSULATION OF A MULTILAYER PERCEPTRON ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

The object of research in this article – is the process of subjective perception of supported software complexes or their support processes by relevant human entities directly or indirectly interacting with these supported software complexes. Subjective perception model of the software complexes support object with the possibility of encapsulation of artificial neural networks, in particular – a multilayer perceptron, has been developed. Developed model provides possibility to perform modelling of the subjective perception processes of support objects (both the supported software complex itself and the processes of its support) – as one of the important scientific and applied tasks in the direction of scientific and applied problem of software complexes support automation. The developed model general concept provides possibility of artificial neural networks (of all existing types) encapsulation inside the model. In particular, this article considers the encapsulation of the multilayer perceptron type artificial neural network as an example. This paper also considers the main requirements and questions regarding the correspondence, correctness and completeness of the encapsulated multilayer perceptron artificial neural network into the developed model of subjective perception. The developed model is a universal tool that pro-

vides possibility to interpret the subjective perceptions of any researchable objects (not only software complexes), and the provided possibility of artificial neural networks encapsulation ensures the possibility of using all the advantages of artificial intelligence, including: increasing the level of automation and intellectualization of modelling process, as well as providing the opportunity for its learning. The result of model development – is a clearly structured and formalized (within the framework of the developed model, presented in this article) process (and the result of this process) of the subjective perception of researched object – the supported software complex, or its support processes. The developed model of subjective perception provides possibilities for resolving a lot of applied practical problems, among which, as an example, this work demonstrates usage of the developed model to solve the practical problem of creating the averaged (general) portrait of the software complex support team.

Keywords: software complex, support, influence factor, automation, neural networks, multilayer perceptron.

Інформація про авторів:

Пукач Андрій Ігорьович, канд. техн. наук, асистент, кафедра автоматизованих систем управління.

Email: andriipukach@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0001-8563-3311>

Теслюк Василь Миколайович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих систем управління.

Email: vasyli.m.teslyuk@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-5974-9310>

Цитування за ДСТУ: Пукач А. І., Теслюк В. М. Модель суб'єктивного сприйняття об'єкта підтримки програмних комплексів з можливістю інкапсуляції моделей штучних нейронних мереж, зокрема багатoshарового перцептрона. *Український журнал інформаційних технологій*. 2024, т. 6, № 2. С. 01–10.

Citation APA: Pukach, A. I., & Teslyuk, V. M. (2024). Subjective perception model of software complexes support object with the encapsulation of a multilayer perceptron artificial neural networks. *Ukrainian Journal of Information Tecnology*, 6(2), 01–10. <https://doi.org/10.23939/ujit2024.02.001>