

*С.Ф. ЧАЛИЙ, І.О. ЛЕЩИНСЬКА***ПОБУДОВА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕМПОРАЛЬНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ МЕНТАЛЬНОЇ МОДЕЛІ РІШЕННЯ В ЗАДАЧІ ФОРМУВАННЯ ПОЯСНЕНЬ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ**

Об'єктом дослідження є процес побудови ментальної моделі рішення для користувача інтелектуальної інформаційної системи. Метою є розробка підходу до побудови функціонально-темпорального представлення ментальної моделі рішення для користувача інтелектуальної інформаційної системи з тим, щоб забезпечити можливість формування й уточнення пояснень для користувача як з функціональними можливостями рішення такої системи, так і зі сценаріями його використання. Розроблено функціонально-темпоральне представлення ментальної моделі, яке інтегрує структуровану множину властивостей рішення у функціональному аспекті та сценарії використання рішення у темпоральному аспекті. Запропоновано метод побудови функціонально-темпорального представлення ментальної моделі, який містить етапи формування структурованого набору вхідних даних, відбору релевантних властивостей, інтеграції функціональних та темпоральних характеристик та формування доповненого представлення. Метод орієнтований на підвищення ефективності формування пояснень на основі врахування як поточних властивостей рішення, так і можливостей його подальшого використання.

1. Вступ

Сучасні інтелектуальні інформаційні системи (ІС) використовують моделі, методи та алгоритми машинного навчання для формування рішень, які забезпечують підтримку діяльності користувачів у банківській сфері, медицині, освіті тощо [1]. Однак, внаслідок використання складних непрозорих алгоритмів машинного навчання такі системи розглядаються користувачами як «чорні скриньки», що може призводити до зниження довіри до рішень ІС та обмежувати ефективність практичного застосування таких рішень [2]. Для того, щоб зробити прозорим процес і причини формування рішень в таких системах, використовуються методи пояснюваного штучного інтелекту (Explainable AI, XAI) [3]. Отримані пояснення мають бути зрозумілими користувачам, тобто мають узгоджуватись з ментальними моделями (ММ) рішень у цих користувачів. ММ в області когнітивної психології розглядаються як представлення зовнішньої реальності в свідомості людини [4]. ММ рішень ІС є представленням користувача щодо властивостей та сценаріїв використання цих рішень [5]. Властивості рішень становлять функціональний аспект ММ, а сценарії використання є відображенням її темпорального аспекту. Отже, ММ відображають переваги рішень ІС для користувача та обмеження щодо застосування цих рішень при вирішенні практичних задач користувача. Таким чином, проблема побудови ММ рішень ІС в задачі побудови пояснень з урахуванням її функціонального та темпорального аспектів є актуальною.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми дослідження

Дослідження щодо пояснювального штучного інтелекту були започатковані агентством DARPA із метою створення методів, які дають можливість розуміти причини рішень ІС [6]. Дослідження щодо XAI проводяться в двох основних напрямках: розробка методів побудови пояснень; розробка ММ рішень для користувачів [7].

Методи побудови пояснень ґрунтуються на визначенні впливу вхідних даних на рішення з використанням: локальної інтерпретованої моделі (метод LIME) [8]; теорії ігор для розподілу важливості кожної ознаки (метод SHAP) [9]; пошарового розподілу від виходу моделі до її вхідних даних через зворотне поширення релевантності (метод LRP) [10];

моделювання причинно-наслідкових зв'язків процесу формування рішення на основі темпоральних залежностей [11]; каузальних залежностей між вхідними та проміжними станами ІС, а також отриманим рішенням [12]; залежностей на локальному рівні представлення [13]. Проте результуючі пояснення в рамках вирішення другої задачі ХАІ мають бути узгоджені з ММ рішень у користувача.

Термін «ментальна модель» вперше було запропоновано в [14], з метою відобразити моделі реальності, які людина використовує для прогнозування наслідків своїх дій. Теорія ММ міркування розроблена в [15] на основі припущення, що міркування людини базується не на використанні логічних правил, а на маніпулюванні ММ можливих рішень, причому кожна модель зберігає структуру рішення. Важливу роль ММ у процесі взаємодії людини з інформаційними системами обґрунтовано в дослідженнях з проектування інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів [16]. Особливості представлення ММ в задачі побудови пояснень в інтелектуальних системах розглянуто в [5]. Запропонована концептуальна ММ забезпечує реалізацію комбінованого підходу до побудови пояснень. З урахуванням особливостей функціонування ІС, принципи побудови ММ були розширені принципом доповнення вхідних даних для врахування обмежень щодо використання рішень інтелектуальних систем [17]. Традиційні методи побудови ММ дають можливість відобразити структуру [17] або каузальні залежності у рішеннях ІС [18]. Метод [19] базується на моделюванні командної роботи людей і ІС з тим, щоб забезпечити спільне розуміння задач та рішень системи. Аналіз методів побудови ММ з позицій ХАІ дає можливість зробити висновок, що існуючі підходи орієнтовані або на відображення у ММ загальної структури рішення, або ж на формування залежностей, що відображають сценарій використання рішення. Зазначене свідчить про актуальність вирішення задачі побудови функціонально-темпорального представлення ММ рішення ІС з тим, щоб забезпечити можливість відображення у поясненні як властивостей рішення, так і можливостей його використання.

3. Мета і задачі дослідження

Метою даного дослідження є розробка підходу до побудови функціонально-темпорального представлення ММ рішення для користувача ІС з тим, щоб забезпечити можливість формування й уточнення пояснень для користувача згідно як з функціональними можливостями рішення такої системи, так і сценаріїв його використання, представлених у ММ.

Для досягнення поставленої мети під час дослідження вирішувалися такі задачі: розробка функціонально-темпорального представлення ММ користувача ІС; розробка моделі процесу побудови ММ користувача ІС з урахуванням функціональних особливостей рішення такої системи та сценаріїв використання цих рішень.

4. Функціонально-темпоральне представлення ментальної моделі рішення для користувача інтелектуальної інформаційної системи

Об'єктом дослідження є процес побудови ММ рішення для користувача ІС.

Предметом дослідження є принципи та методи побудови ММ користувача ІС.

Розроблене функціонально-темпоральне представлення базується на принципах побудови ММ: відповідності структури; множинності; неповноти вхідних даних; доповнення вхідних даних [12]-[14].

Принцип відповідності структури передбачає, що ММ та рішення ІС мають аналогічну структуру. Відповідність структур досягається за рахунок використання теоретико-множинного опису ММ. У функціональному аспекті ММ відображає підмножину значень властивостей рішення ІС, які обумовлюють контекст використання цього рішення. У темпоральному аспекті ММ відображає темпоральні відношення між

елементами рішення ПС, що дає можливість сформувати опис процесу формування рішення, а також процесу використання рішення. Такий опис, в залежності від заданих темпоральних відношень, може бути сформований на різних рівнях деталізації, відображаючи роботу ПС як «білої скриньки», «сірої скриньки» або «чорної скриньки». Наприклад, ММ модель телефону у рекомендаційній системі у функціональному аспекті відображає властивості товару (процесор, пам'ять, камера тощо). У темпоральному аспекті ММ відображає сценарії використання телефону (професійний, для фотомистецтва, ігровий, музичний тощо).

Згідно з даним принципом, кожне n -те рішення P_n із множини можливих рішень ПС P , $P_n \in P$, задається множиною $\{v_{i,j}^n\}$ j -их значень i -их атрибутів $a_i \in A$, причому кожен атрибут a_i має кінцеву множину значень $V_i = \{v_{i,j}\}$:

$$P_n = \left\{ \{v_{i,j}^n\}, R : (\forall i) \exists V_i, R \subset A \times A \right\}. \quad (1)$$

На кожній парі атрибутів $(a_i, a_m) \in R$ може бути визначено відношення між цими атрибутами. Ці відношення можуть відображати функціональність рішення, а також процес використання рішення.

Тоді функціональна компонента визначається набором значень властивостей $\{v_{i,j}^n\}$ та функціональними відношенням між цими властивостями:

$$P_n^{functional} = \left\{ \{v_{i,j}^n\}, R^{functional} : (\forall i, m) \exists (a_i, a_m, f_m^i) : a_i, a_m \in A, f_m^i \in R^{functional} \right\}. \quad (2)$$

Функціональні залежності $R^{functional}$ містять відношення з типом (роллю), з функціональною залежністю, а також обмеження.

Темпоральна компонента задає темпоральні відношення між властивостями рішення. Темпоральні відношення задаються темпоральними правилами типів «Next» та «Future». Перше правило задає безпосередню послідовність встановлення (використання) значень властивостей a_i та a_m у часі, а друге – об'єднує декілька послідовних пар (a_i, a_m) , (a_m, a_k) :

$$P_n^{Temporal} = \left\{ (a_i, a_m), t_m^i : (\forall i, m) t_m^i \in \{Next, Future\}, a_i, a_m \in A \right\}. \quad (3)$$

Сукупність темпоральних правил t_m^i визначає процес формування або використання рішення Π_n :

$$\Pi_n = \left\{ t_2^1, t_3^2, t_2^1, \dots, t_{\left| P_n^{Temporal} \right|}^{\left| P_n^{Temporal} \right| - 1} \right\}. \quad (4)$$

Тоді ММ у функціональному та темпоральному аспектах, згідно з принципом відповідності структури, набуває вигляду:

$$M_n = \left\{ P_n^{functional}, P_n^{Temporal} : (\forall n) \exists \Pi_n \right\}. \quad (5)$$

Принцип множинності ММ забезпечує формування набору ММ, що мають аналогічний набір властивостей але відмінні значення цих властивостей. Тобто вони мають забезпечити такі ж самі сценарії використання, але з урахуванням функціональних можливостей, що відрізняються. Таке множинне представлення дає можливість порівняти схожі рішення ІС шляхом порівняння відповідних ММ користувача. ММ в даному випадку враховують не лише документально зафіксовані властивості рішення, але й особливості використання рішення ІС іншими користувачами. Даний принцип, наприклад, забезпечує можливість порівняння двох смартфонів різних торгових марок зі схожими характеристиками. Тобто користувач може порівняти на рівні ММ цікаві йому сценарії використання конкуруючих смартфонів з урахуванням поточних значень роздільної здатності камери, частоти процесора, наявності стилуса тощо.

Згідно з даним принципом, множина ММ користувача щодо рішення ІС складається з k -их ММ $M_{n,k}$, що відображають альтернативні варіанти $P_{n,k}$ n -го рішення :

$$M = \{M_{n,k} \mid \exists P_{n,k}\}. \quad (6)$$

Принцип неповноти вхідних даних відображає особливість людської психіки, яка полягає в тому, що користувач, як правило, бажає враховувати лише цікаві йому властивості рішення ІС та ігнорувати можливі недоліки цього рішення. Тобто ММ містить лише підмножину властивостей рішення і якщо користувач не включає до цієї підмножини, зокрема, обмеження щодо використання рішення, то ММ стає упередженою. Наявність упередженості у ММ приводить до її нерелевантності та, як наслідок, помилок в оцінці та використанні рішень ІС. Наприклад, при виборі смартфона користувач може звертати увагу на потужний процесор та яскравий екран з високою роздільною здатністю, але не враховувати обмежену місткість акумулятора. Результатом є скорочення часу автономної роботи смартфона, що може нівелювати його технічні переваги.

Згідно з даним принципом, множина атрибутів рішення A розбивається на підмножини важливих для користувача A^+ та неважливих властивостей A^- відповідно:

$$A = A^+ \cup A^- \mid A^+ \cap A^- = \emptyset. \quad (7)$$

Модель M_n у відповідності до даного принципу набуває вигляду M_n^+ :

$$M_n^+ = \{P_n^{functional}, P^{Temporal} : (\forall i) a_i \in A^+\}. \quad (8)$$

Принцип доповнення вхідних даних полягає у доповненні ММ обмеженнями щодо процесу використання рішення ІС. Такі обмеження формуються на основі значень даних, які користувач вважає нерелевантними і які не були використані при первинній побудові ММ. Такі обмеження можуть бути отримані на основі даних щодо практики використання рішення.

Згідно з даним принципом, доповнення ММ M_n^- містить обмеження щодо властивостей рішення, які не були враховані у (8):

$$M_n^- = \{P_n^{functional}, P^{Temporal} \mid (\forall i) a_i \in A^-\}. \quad (9)$$

У підсумку множина ММ користувача ІС у функціонально-темпоральному представленні набуває вигляду:

$$M = \{M_{n,k} : (\forall k) M_{n,k}^+ \cup M_{n,k}^- \mid \exists P_{n,k}\}. \quad (10)$$

Таким чином, розроблене функціонально-темпоральне представлення ММ відповідає принципам побудови ММ та дає можливість відобразити як функціональність рішення, так і сценарії використання даного рішення.

5. Метод побудови функціонально-темпорального представлення ментальної моделі рішення для користувача інтелектуальної інформаційної системи

Процес формування ММ базується на взаємодії розглянутих в попередньому розділі принципах формування ММ. Зв'язок між цими принципами у контексті формування ММ наведено на рис. 1.

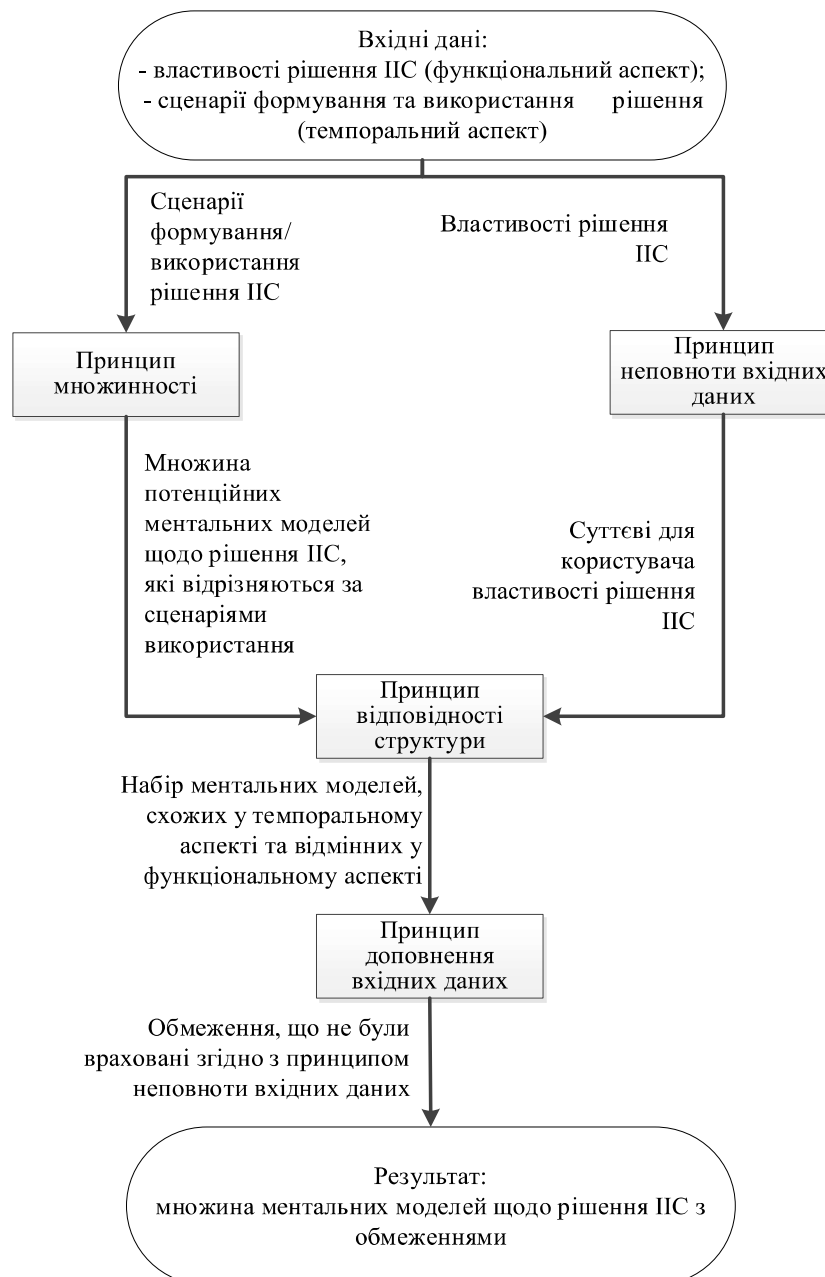


Рис. 1. Взаємодія принципів побудови ментальної моделі

Процес формування ММ використовує як вхідні дані властивості рішення і сценарії формування (використання) рішення ІС. Згідно з принципом множинності, формується набір потенційних ММ рішення для користувача. Тобто формується «пуста» множина ММ, які відображають різні варіанти використання рішення ІС. Згідно з принципом неповноти вхідних даних, формується набір суттєвих для користувача властивостей рішення.

За принципом відповідності структури рішення та ММ, потенційні ММ поєднуються із суттєвими властивостями рішення, що дає можливість сформувати набір альтернативних для користувача варіантів рішення. Альтернативність у даному контексті відображає різні можливості використання рішення на базі можливих варіантів властивості рішення (наприклад, якщо мова йде про схожі варіанти смартфонів з різними камерами, наявністю/відсутністю інтелектуальних можливостей тощо).

Згідно з принципом доповнення вхідних даних, кожна із ММ уточняється з використанням обмежень, які представлені окремими властивостями та їх значеннями. Наприклад, властивість «SIM-карта» може мати значення {«можливість підключення двох SIM-карт», «одна SIM-карта»}. Значення «одна SIM-карта» може виступати як обмеження, яке не було враховано користувачем згідно з принципом неповноти вхідних даних.

Метод побудови функціонально-темпорального представлення ММ рішення у задачі побудови пояснень в ІС базується на представлених принципах побудови пояснень і містить такі етапи.

Етап 1. Формування структурованого набору вхідних даних.

Крок 1.1. Структурування властивостей вхідного об'єкта.

Крок 1.2. Виділення та оцінка набору позитивних властивостей згідно з (7).

Етап 2. Формування переліку потенційних ММ (8) за процесом використання (4).

Етап 3. Відбір релевантних властивостей рішення, що належать до A^+ .

Крок 3.1. Вибір порогових значень для оцінки властивостей.

Крок 3.2. Оцінка та класифікація релевантності властивостей.

Етап 4. Побудова ММ (8) на основі інтеграції функціональних (2) та темпоральних (3) характеристик.

Етап 5. Агрегація властивостей ММ за сценарієм використання рішення (4).

Етап 6. Формування доповненого представлення ММ (10).

Результатом використання методу є ММ рішення у користувача, яка інтегрує властивості та сценарії використання рішення, що дає можливість оцінити релевантність пояснення. Наприклад, пояснення щодо характеристик смартфона, що був запропонований рекомендаційною системою, має відповідати сценаріям його використання (робота, розваги тощо). Тобто ММ формує обмеження для вибору релевантного пояснення щодо рішення ІС.

6. Експериментальна перевірка методу побудови функціонально-темпорального представлення ментальної моделі рішення

Експериментальну перевірку розробленого методу було орієнтовано на реалізацію наведених чотирьох принципів побудови ІС для функціонально-темпорального представлення предметної області. Як вхідні дані було використано інформацію щодо преміум-телефону на платформі електронної комерції:

– структуровану інформацію про характеристики телефону, представлену в текстовому вигляді;

– відгуки користувачів (135 відгуків), які підкреслюють позитивні та негативні властивості телефону за результатами його використання.

Фрагмент інформації про характеристики телефону наведено на рис. 2.

Приклад відгуку користувача з оцінкою характеристик телефону наведено на рис. 3. Ключові результати експерименту по етапах методу наведено в табл. 1.

Процесор

Назва процесора	Qualcomm Snapdragon 8 Elite for Galaxy
Тип ядра	Oryon
Відеоядро	Qualcomm Adreno 830

Рис. 2. Структурована інформація про характеристики вхідних даних

Штучний інтелект дуже файно відпрацьовує ,багато нововведень в прошивці цьогорічній , акумулятора вистачає на день спокійно,камера дійсно краще в стабільності та кольоропередачі по рівняння з минулорічним s24 ультра , дуже крутий процесор (на даний момент один з найпотужніших мобільних проців) ні разу не проскакувало ні одного фрізу в системі ,екран також при детальному порівнянні ще крутіше став порівняно з минулорічним флагманом .

Переваги: Дуже крута оптимізація, гарний 2к яскравий контрастний екран ,непогані камери ,штучний інтелект, зручний формфактор,виробник обіцяє 7 років підтримки

Недоліки: Складно їх найти ,але можливо під навантаженням через годину буде частота процесора дропатися ,але нагріву особливого немає

Рис. 3. Приклад відгуку з описом характеристик телефона

Таблиця 1

Покрокові результати використання методу

Етап	Результати етапу
1. Формування структурованого набору вхідних даних	Властивості: процесор, камера, дисплей, батарея, дизайн, наявність штучного інтелекту, ціна. Позитивні: швидкість (0,35 – 47 згадувань), камера (0,31 – 42), дисплей (0,29 – 39)
2. Формування переліку потенційних ментальних моделей	1.Професійне використання, робота (процесор, пам'ять, камера). 2. Звичайні користувачі, розваги (відношення ціна-якість, простота використання). 3. Ентузіасти нової техніки (наявність штучного інтелекту).
3. Відбір релевантних властивостей рішення	Високий рівень релевантності: процесор, камера, дисплей. Релевантні властивості: дизайн, наявність штучного інтелекту. Виключаються: колір, вага.
4. Побудова ментальних моделей	Функціональні властивості (контекст використання): робота (процесор, камера, батарея); розваги (камера, штучний інтелект). Темпоральні властивості (еволюція вимог до телефону на основі зміни сценарії використання).
5. Агрегація властивостей ментальних моделей	Інтегральна оцінка за сценарієм використання: робота – 0,89; розваги – 0,73. Розрахунок на основі нормованої оцінки за сумарною кількістю згадувань.
6. Формування доповненого представлення ментальних моделей	Негативні властивості: ціна (0,1 – 14 згадувань), батарея (0,08 – 11), нагрівання (0,09 – 9)

Оцінка властивостей є нормованою відносно кількості відгуків користувачів. Результуюча модель містить набори властивостей рішення, в тому числі обмеження, об'єднані за сценарієм використання.

7. Обговорення результатів

Розроблені функціональне-темпоральне представлення ММ рішення для користувача та метод його побудови забезпечують можливість сформувати множину таких ММ рішення для користувача, що у функціональному аспекті відображають властивості рішення, а у темпоральному – сценарії використання рішення.

Функціонально-темпоральне представлення ММ рішення відрізняється від існуючих інтеграцією можливостей рішення з контекстом його використання, що створює умови для побудови та відбору пояснень згідно як з поточними практичними потребами користувача, так і з еволюцією цих потреб.

Метод побудови функціонально-темпорального представлення ММ рішення для користувача ІС містить етапи відбору релевантних властивостей рішення, побудови ММ, які відображають функції рішення та спосіб його використання, а також формування доповненого представлення, яке містить обмеження на використання рішення, що дає можливість обґрунтувати вибір релевантного пояснення щодо такого рішення.

Експериментальна перевірка показала, що обмеження розробленого підходу пов'язані із характеристиками вхідних даних, оскільки інформація про позитивні та негативні властивості рішення зазвичай представлена у неструктурованому текстовому форматі, що потребує використання інтелектуальних обробників вхідного тексту.

Подальші дослідження щодо побудови ММ рекомендовано орієнтувати на розробку графової нейронної мережі з блоками структуризації вхідного тексту і механізмом уваги для побудови зваженої оцінки сценаріїв в ММ.

8. Висновки

За результатами дослідження запропоновано функціонально-темпоральне представлення ММ рішення для користувача ІС, яке містить структуровану множину властивостей рішення у функціональному аспекті, а також сценарії використання рішення у темпоральному аспекті, що дає можливість підвищити ефективність формування пояснень на основі врахування як поточних властивостей рішення, так і сценарію його подальшого використання.

Розроблено метод побудови функціонально-темпорального представлення ММ рішення для користувача ІС, який містить етапи формування структурованого набору вхідних даних, формування переліку потенційних ММ за процесом використання, відбору релевантних властивостей рішення, побудови ММ на основі інтеграції функціональних та темпоральних характеристик рішення, агрегації властивостей ММ за сценарієм використання рішення, формування доповненого представлення ММ. Метод враховує як позитивні для користувача властивості рішення, так і обмеження на сценарії його використання, що дає можливість обґрунтовано, у відповідності до ММ, відібрати для користувача релевантне пояснення щодо отриманого рішення.

Перелік посилань:

1. Kordon, A. (2016). Intelligent systems in industry. In V. Sgurev, R. Yager, J. Kacprzyk, & V. Jotsov (Eds.), *Innovative issues in intelligent systems* (pp. 1-31). Springer.
2. Miller, T. (2019). Explanation in artificial intelligence: Insights from the social sciences. *Artificial Intelligence*, 267, 1-38. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2018.07.007>
3. Gunning, D., & Aha, D. (2019). DARPA's explainable artificial intelligence (XAI) program. *AI Magazine*, 40(2), 44-58. <https://doi.org/10.1609/aimag.v40i2.2850>
4. Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Harvard University Press.
5. Чалий, С., & Лещинська, І. (2023). Концептуальна ментальна модель пояснення в системі штучного інтелекту. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології, 1(9), 70-75. <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2023.01>

6. Adadi, A., & Berrada, M. (2018). Peeking inside the black-box: A survey on Explainable Artificial Intelligence (XAI). *IEEE Access*, 6, 52138-52160. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2870052>.
7. Frasca, M., La Torre, D., Pravettoni, G., Manzoni, G. M., & Caputo, A. (2024). Explainable and interpretable artificial intelligence in medicine: A systematic bibliometric review. *Discovery Artificial Intelligence*, 4, 15. <https://doi.org/10.1007/s44163-024-00114-7>
8. Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 4765-4774.
9. Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 4765-4774.
10. Samek, W., Montavon, G., Lapuschkin, S., Anders, C. J., & Müller, K. R. (2022). Explaining deep neural networks and beyond: A review of methods and applications. *Proceedings of the IEEE*, 109(3), 247-278.
11. Чалий С. Ф., Лещинський В. О. (2024). Темпорально-каузальні методи побудови пояснень в системах штучного інтелекту. *АСУ та прилади автоматики*, 181, 91-99. <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2024.181.091>
12. Чалий, С., Лещинський, В., & Лещинська, І. (2022). Каузальна модель процесу побудови пояснень в інформаційній системі. Системи управління, навігації та зв'язку, 3(69), 99-103. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2022.3.099>
13. Чалий С. Ф., Лещинський В. О. (2024). Побудова пояснень на локальному рівні представлення процесу формування рішень для внутрішніх користувачів інтелектуальної системи. *Біоніка інтелекту*, 1 (100), 58-64. [https://doi.org/10.30837/bi.2024.1\(100\).08](https://doi.org/10.30837/bi.2024.1(100).08).
14. Craik, K. (1943). *The nature of explanation*. Cambridge University Press.
15. Johnson-Laird, P. N., & Byrne, R. M. J. (1991). *Deduction*. Lawrence Erlbaum Associates
16. Norman, D. A. (2014). Some Observations on Mental Models. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 7-14). Psychology Press.
17. Чалий, С. Ф., & Лещинська, І. О. (2024). Уточнення ментальної моделі рішення на основі доповнення вхідних даних в задачі формування пояснень в інтелектуальній системі. *АСУ та прилади автоматики*, 1(182), 66-72. <https://doi.org/10.30837/0135-1710.2024.182.066>
18. Gentner, D., & Stevens, A. L. (2014). *Mental models*. Psychology Press.
19. Spirtes, P., Glymour, C., & Scheines, R. (2000). *Causation, prediction, and search* (2nd ed.). MIT Press.
20. Andrews, R. W., Lilly, J., Srivastava, D., & Feigh, K. M. (2022). The role of shared mental models in human-AI teams: A theoretical review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 24(2), 129-175.

Надійшла до редколегії 25.05.2025 р.

Чалий Сергій Федорович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних управляючих систем ХНУРЕ, м. Харків, Україна, e-mail: serhii.chalyi@nure.ua; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9982-9091>

Лещинська Ірина Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмної інженерії ХНУРЕ, м. Харків, Україна, e-mail: iryna.leshchynska@nure.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8737-4595>