

DOI: 10.35681/1560-9189.2025.27.1.335791

УДК 004. 89:004.9

А. Б. Качинський¹, Д. В. Ланде^{1,2}

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Берестейський проспект, 37, 03056 Київ, Україна

²Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Графова модель інформаційно-психологічної війни

Наведено опис методології створення теоретико-графової моделі «ментальних війн». Для модернізації базової ієрархічної моделі використано генеративний штучний інтелект. Запропоновано методологію розширення моделі новими поняттями, категоріями та зв'язками між ними, що сформовані за допомогою систем штучного інтелекту, великих мовних моделей. За допомогою кластеризації за класами модульності та ранжування вузлів мережі моделі «ментальних війн», авторами вдосконалено та розширено базову ієрархічну модель, виявлено нові аспекти та покращено розуміння змісту, мети та наслідків інформаційно-психологічних ментальних війн.

Ключові слова: ментальні війни, ієрархічна модель, генеративний штучний інтелект, великі мовні моделі, семантична мережа, кластеризація, модульність.

Вступ

Ментальні війни представляють собою складне, багатогранне явище, яке охоплює різні аспекти суспільного життя, зокрема політику, економіку, культуру тощо. В сучасному контексті багаторічної війни росії проти України стає все важливішим враховувати не лише традиційні методи легітимного впливу пропаганди, але й новітні технологічні засоби.

Метою даної роботи є розширення та деталізація моделі ментальних війн, враховуючи сучасний стан гібридних війн, за допомогою генеративного штучного інтелекту (ШІ), а саме великих мовних моделей (ВММ, англ. LLM).

Останніми роками генеративний штучний інтелект [1, 2] здійснив значний вплив на когнітивні та інформаційні теорії, відкриваючи нові можливості для аналізу та моделювання складних систем. Використання ШІ дозволяє не лише уточнити існуючі моделі, але й виявити нові аспекти, які раніше залишалися поза увагою дослідників [3].

© А. Б. Качинський, Д. В. Ланде

Категорію «ментальна війна» ми розглядаємо як складну систему, яка має ієрархічну структуру [4]. Дана модель є її математичною абстракцією: рівні і елементи визначають суть проблеми.

Нехай H — скінченна частково упорядкована множина, що має найбільший елемент b . H є ієрархією, якщо виконуються такі умови [5]:

- 1) існує розбиття H на підмножини L_k , $k = 1, 2, \dots, h$, де $L_1 = \{b\}$;
- 2) із $x \in L_k$ випливає, що $x^- \in L_{k+1}$, $k = 1, 2, \dots, h-1$;
- 3) із $x \in L_k$ випливає, що $x^+ \in L_{k-1}$, $k = 2, \dots, h$.

Тут x^- — елемент, який слідує за елементом x , а x^+ — елемент, що передує елементу x за рівнями ієрархії.

У такому разі дана проблема піддається декомпозиції на простіші складові з подальшим оцінюванням відносного ступеня взаємодії елементів даної ієрархічної структури [6]. У складній системі «ментальна війна» можна виділити п'ять рівнів L_i , де $i = 1, 2, \dots, 5$.

У нашому випадку, традиційному розгляді ментальної війни як ієрархічної структури, зміст рівнів має наступне призначення: на першому рівні (L_1 — Goals of the mental war) розглядають єдиний елемент — фокус, і розміщують його у вершині ієрархії (війна за зміну ідентичності); на другому рівні (L_2 — Forces and means of the mental war) відображають економічні, політичні та соціальні сили, що впливають на результат (фінанси, література, мистецтво загалом, ЗМІ, Інтернет тощо); третій рівень (L_3 — Actors of the mental war) утворюють актори, які маніпулюють цими силами (уряд, митці, меценати тощо); четвертий рівень (L_4 — Goals of actors) — це цілі кожного актору (зміна уявлень, цінностей, настанов, стереотипів, традицій, архетипів національної свідомості); п'ятий рівень (L_5 — Policies implemented by actors) описує можливі сценарії, або результати, яких прагне досягнути кожен з акторів, застосовуючи свої політики, в першу чергу, йдеться про перекодування як цивілізаційної ідентичності держави, так і перекодування культурних цінностей суспільства й індивіду.

Ієрархічна декомпозиція дозволяє структурувати систему на рівні підсистем, де кожна підсистема відповідає за конкретні цілі. Для кожного рівня визначаються концепти, які утворюють кластери, що взаємодіють між собою для досягнення загальної мети. Математична модель допомагає формалізувати взаємодії між підсистемами через графи, матриці зв'язків і цільові функції, що описують ефективність системи в цілому [7].

Рівні L_1 та L_4 ієрархії включають певну множину цілей і підцілей. Нехай на рівні i знаходиться множина цілей $T_i = \{T_{i_1}, T_{i_2}, \dots, T_{i_{m_i}}\}$, де $i = \{1, 4\}$, а m_i — кількість цілей на рівні i . У свою чергу, кожній цілі T_{i_j} відповідає множина підцілей $F_{ij} = \{F_{ij_1}, F_{ij_2}, \dots, F_{ij_n}\}$, де ij_n — кількість підцілей цілі T_{i_j} . Так глобальною ціллю першого рівня з боку росії T_1 є остаточне й безповоротне розчинення української ідентичності у «загальноросійській» і відмова українців, як політичної нації, від претензій на власну державність за відсутності усвідомлення власної самобутності. У той час цілі акторів T_4 , залишаючись підпорядкованими глобальній цілі «ментальної війни» росії проти України можуть видозмінюватися залежно від епохи

передовсім за формою та певними ознаками, залишаючись незмінними за своєю суттю.

Елементи підцілі на кожному рівні виконують певні функції (інформаційні, економічні, організаційні тощо) та можуть бути пов'язані з іншими елементами та підцілями F_{ij_k} на тому ж або інших рівнях, формуючи мережу взаємозв'язків. Вони описуються множиною функціональних зв'язків між елементами та підцілями:

$$\text{Зв'язки} = \{(F_{ij_k}, F_{i'j'_k}) \mid F_{ij_k} \text{ пов'язана з } F_{i'j'_k}\}.$$

Множина функціональних зв'язків між елементами, цілями та підцілями утворює орієнтований граф, де вершинами є елементи, підцілі та цілі F_{ij_k} , а ребрами — зв'язки між ними. Позначимо цей $G = (V, E_G)$, де V — множина вершин, а $E_G \subseteq V \times V$ — множина орієнтованих ребер, які описують функціональні залежності між елементами, підцілями та цілями [6].

Для кожного елемента системи F_{ij_k} визначається функція $f(F_{ij_k})$, яка описує її роль у системі. Функції можна представити як сукупність відношень або формул, які описують, як ці елементи взаємодіють між собою в межах мережі.

Взаємозв'язки між елементами, цілями та підцілями різних рівнів можуть бути представлені через матрицю зв'язків між рівнями. Нехай $A_{ii'}$ — це матриця розміру $n_i \times n_{i'}$, де кожен елемент a_{ij} , $a_{i'j'}$ описує наявність або відсутність зв'язку між цілями та підцілями T_{ij} і $T_{i'j'}$.

Для моделювання процесу досягнення основних цілей на кожному рівні, можна визначити цільову функцію системи «ментальна війна» Φ , яка залежить від виконання цілей і підцілей на різних рівнях:

$$\Phi = \alpha f(T_{ij}) + (1 - \alpha) f(F_{ij_k}),$$

де α — ваговий коефіцієнт у інтервалі зі значеннями $[0,1]$.

Перехід від ієрархічної до мережевої моделі

У контексті ієрархічної структури ментальної війни як підцілі, так і поняття відповідного рівня, можуть бути визначені експертами, зокрема віртуальними експертами, які допомагають створювати та вдосконалювати систему цілей і відповідних їм понять (концептів). Якщо окремі концепти можуть одночасно належати кільком різним рівням ієрархії, система зв'язків, що раніше утворювала ієрархію, перестає бути просто ієрархічною, а перетворюється у мережеву. Це дозволяє ефективніше переходити від початкового стану (цілі) до наслідків, використовуючи мережеву структуру зв'язків.

Формалізуємо цю думку для подальшого розширення моделі за допомогою LLM, як і раніше, нехай $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ — множина рівнів первинної ієрархії, а $F = \{f_1, f_2, \dots, f_k\}$ — множина концептів. Експерти, включаючи віртуальних, визначають ці концепти на основі аналізу рівнів первинної ієрархії моделі ментальної війни. Концепти можуть належати одразу кільком рівням (у тому числі цілям, визначеним вище), що робить зв'язки між рівнями моделі складнішими. Якщо кон-

цепт f_i належить кільком рівням одночасно, це вводить нові зв'язки між рівнями. Тепер структура системи переходить від чистої ієрархії до мережевої моделі.

Для формалізації цього перетворення використовуємо граф $G = (T, E)$, де T — це вершини, які представляють рівні, а E — це множина ребер, де кожне ребро між двома рівнями означає наявність спільного концептів між ними.

Якщо концепт f належить рівням T_a та T_b , тоді між ними є зв'язок:

$$E = \{(T_a, T_b) \mid f_i \in F, f_i \in T_a \cap T_b\}.$$

Вага кожного ребра (T_a, T_b) визначається кількістю спільних концептів між цими рівнями:

$$w(T_a, T_b) = |T_a \cap T_b|.$$

Таким чином, чим більше спільних концептів відповідають різним рівням, тим сильніший зв'язок між ними.

Використовуючи мережеву структуру, можна більш ефективно досягати кінцевих результатів. Найкоротші шляхи в мережі між рівнями (зокрема, між первинною цілю та наслідками) дозволяють скоротити час і ресурси для досягнення цих наслідків. Це можна виразити через функцію мінімізації шляху в графі

$$\tau(T_i) = \min_{P \subseteq G} \sum_{(T_a, T_b) \in P} w(T_a, T_b),$$

де P — це шлях від початкової цілі до необхідного результату через інші рівні/концепти.

Віртуальні експерти можуть допомагати не тільки у визначенні концептів, а й у динамічному оновленні мережі. Це означає, що експерти можуть додавати нові зв'язки (*new links*) або змінювати існуючі залежно від контексту ментальної війни. Формально це описується через динамічну зміну графа моделі:

$$G' = \{G \cup (T_i, T_j) \mid f_i \in F, f_i \in T_i \cap T_j, \text{new links}\}.$$

При цьому перетворення ієрархії на мережу дозволяє більш гнучко та швидко адаптуватися до змін, а також краще використовувати наявні ресурси для досягнення наслідків. Зв'язки між рівнями первинної ієрархії через спільні концепти стають основою для вибору найбільш ефективного шляху від цілі до наслідків. Цей підхід надає можливість використовувати спільні концепти кількох рівнів, оптимізувати процеси за допомогою віртуальних експертів і динамічно адаптуватися до нових умов.

Вищенаведений формалізації відповідає методика, яка передбачає можливість повторення процесу відповідно до концепції «рою віртуальних експертів» [3, 8] під наглядом експерта до досягнення остаточного розуміння стану предметної області. Реалізація методики передбачає послідовність наступних дій.

1. Представлення початкової схеми, що включає формування початкової схеми у форматі CSV, де відображено базові семантичні зв'язки між поняттями.

2. Формування промптів для LLM, тобто створення промптів для великих мовних моделей для генерації нових концептів і зв'язків.

3. Інтеграція нових зв'язків з початковою схемою, використання формули для посилення зв'язків.

4. Лінгвістична обробка даних для оцінки нових і існуючих зв'язків і ранжирування вузлів.

5. Аналіз і візуалізація даних, а саме, завантаження даних у систему аналізу графів (Gerphi), проведення кластеризації за класами модулярності.

6. Формування і уточнення кластерів, визначення їхніх назв за допомогою LLM, перевірка узгодженості та видалення непотрібних елементів.

7. Остаточна перевірка та верифікація розширеної моделі, забезпечення її узгодженості та коректності.

Таким чином, для розширення первинної ієрархічної моделі на основі застосування великих мовних моделей пропонуються наступні кроки.

1. Представлення початкової схеми у форматі CSV

Початкова схема «ментальних війн» подається у форматі CSV, де кожен рядок відображає семантичний зв'язок між первинними рівнями у форматі «Concept 1; Concept 2, наприклад:

Цілі ментальної війни; Сили і засоби ментальної війни
Сили і засоби ментальної війни; Актори ментальної війни
Актори ментальної війни; Цілі окремих акторів ментальної війни
Цілі окремих акторів ментальної війни; Політики реалізації цілей ментальної війни
Політики реалізації цілей ментальної війни; Результати ментальної війни

2. Формування промптів для генерації нових концептів

Створюються промпти для розширення всіх рівнів початкової моделі з урахуванням ментальних війн. Відповіді отримуються від систем ChatGPT, Gemini та Llama-3. Наведемо перелік промптів для 6 рівнів базової моделі.

Промпт 1:

Основна **ціль ментальної війни** проти України — зміна ідентичності народу. Які ще є цілі саме ментальної війни, що стосуються ментальності людей?

Промпт 2:

Основні **сили та засоби ментальної війни** проти України — це література, мистецтво, ЗМІ, соціальні медіа. Які ще є сили і засоби саме ментальної війни, впливу на ментальність українців?

Промпт 3:

Основні **дійові особи (актори) ментальної війни** проти України — це митці, уряд, художники. Які ще є актори саме ментальної війни, хто впливає на ментальність українців?

Промпт 4:

Цілями окремих акторів ментальної війни є зміна в українців уявлень, цінностей, установок, національної свідомості. Які ще є цілі у акторів ментальної війни проти ментальності українців?

Промпт 5:

Політиками реалізації цілей окремих акторів ментальної війни є мова, віра, культура, історична пам'ять. Які ще є політиками реалізації цілей ментальної війни у ворогів?

Промпт 6:

Результатами ментальної війни вороги бачать перекодування уявлень українців щодо держави, суспільства, особи. Які ще можуть бути результати ментальної війни за думкою ворогів?

У результаті опрацювання наведених промπτів системи генеративного ШІ надають відповіді. Нижче наведено приклад відповіді системи ChatGPT на Промпт 1.

Окрім зміни ідентичності народу, ментальна війна має й інші стратегічні цілі, що безпосередньо стосуються ментальності людей:

1. Делегітимізація державних інститутів

- Підрив довіри до влади, судової системи, армії, правоохоронних органів.
- Створення враження, що держава не здатна ефективно діяти.

2. Послаблення національної єдності

- Розпалювання регіональних, мовних, релігійних та історичних суперечностей.
- Просування наративів про «штучність» української державності.

3. Формування комплексу меншовартості

- Насадження думки, що українська культура, мова та історія менш значущі.
- Створення відчуття безсилля перед «великими імперіями» чи «цивілізаційними центрами».

4. Підміна історичної пам'яті

- Спотворення або затирання важливих історичних подій.
- Формування альтернативних версій історії, вигідних агресору.

5. Знищення довіри між людьми

- Посилення розколу в суспільстві через конспірологію, теорії змови, нав'язування ворожнечі між групами.
- Дискредитація волонтерського та громадського рухів.

6. Нав'язування фаталізму та апатії

- Створення відчуття безвиході («від нас нічого не залежить»).
- Просування наративу, що боротьба марна, а майбутнє визначене зовнішніми силами.

7. Мілітаризація свідомості або навпаки — пацифізм і капітуляція

- Формування думки, що війна неминуча та безкінечна.
- Або ж просування ідей «миру за будь-яку ціну», закликів до здачі без опору.

8. Підрив довіри до науки, освіти та критичного мислення

- Популяризація псевдонауки, теорій змови, антиінтелектуальних рухів.
- Дискредитація експертних спільнот і незалежних аналітичних центрів.

9. Фрагментація суспільства через цифрові технології

- Створення «інформаційних бульбашок» і радикалізація окремих груп через соціальні мережі.
- Використання алгоритмів для підсилення ворожих наративів.

10. Дегуманізація ворога або власного народу

- Створення образу «зайвих людей», які не заслуговують на повноцінне життя (військових, переселенців, волонтерів тощо).
- Формування образу «ворога серед своїх».

Відповідно до відповідей систем ГШІ формуються додаткові файли у форматі CSV, для наведеного прикладу він буде мати вигляд:

Цілі ментальної війни; Делегітимізація державних інститутів
Цілі ментальної війни; Послаблення національної єдності
Цілі ментальної війни; Формування комплексу меншовартості
Цілі ментальної війни; Підміна історичної пам'яті
тощо

3. Об'єднання отриманих відповідей з початковою схемою

Отримані нові зв'язки інтегруються з початковою схемою. Мережа складається з поріднених понять і не є каузальною. Перевірка узгодженості нових зв'язків може бути здійснена за допомогою вагового підходу: якщо нове поняття або зв'язок уже представлені в мережі, вага цього вузла або зв'язку збільшуються. На цьому етапі нові зв'язки, що отримані від LLM, інтегруються з початковою схемою. Для урахування значимості зв'язків використовується формула ітеративної корекції ваги відповідних зв'язків:

$$S_{new} = \alpha \cdot S_{old} + \beta \cdot S_{new},$$

де S_{new} — новий ваговий коефіцієнт зв'язку; S_{old} — вага існуючого зв'язку; α — ваговий коефіцієнт для старих зв'язків; β — ваговий коефіцієнт для наявних зв'язків.

Старий зв'язок S_{old} представляє вагу існуючого зв'язку між поняттями в семантичній мережі.

Новий зв'язок S_{new} — це ваговий коефіцієнт, що обчислюється для нових зв'язків, які додаються на основі нових даних від LLM.

Коефіцієнти α і β дозволяють контролювати вплив кожного типу зв'язку на загальну мережу, тобто наведена вище формула дозволяє обчислювати нові вагові коефіцієнти як комбінацію вагових значень старих і нових зв'язків, де коефіцієнти α і β допомагають налаштувати баланс між існуючими та новими даними.

Перевірка на конфлікти в рамках цього підходу реалізується шляхом залучення людини-експерта, який шляхом перевірки схожості або відмінностей у зв'язках між концептами перевіряє, чи нові зв'язки не вводять суперечностей у контексті вже існуючих.

4. Лінгвістична обробка даних

Лінгвістична обробка даних і ранжування вузлів дозволяє поєднувати концепти, які є синонімами, похідними одне від одного тощо. Для цього використовується спеціальне програмне забезпечення, вбудоване в сервіс аналізу і візуалізації графів CSV2Graph (<http://bigsearch.space/uli.html>). Ось приклад нових зв'язків, які отримано після лінгвістичної обробки:

Освіта;Освіта та навчання
 Культура;Культурне нав'язування
 Культура;Ослаблення української культури
 Культура;Знищення української культури
 Релігія;Релігійне нав'язування
 Релігія;Релігійні організації
 Релігія;Релігійні лідери
 тощо

5. Аналіз і візуалізація даних у Gephi

Ранжування вузлів, що відповідають різним рівням, у тому числі цільовим, а також концептами здійснюється за допомогою підходу до ранжування понять із текстів на основі алгоритмів PageRank-TextRank [9, 10]:

$$PR(A) = \frac{1-d}{N} + d \sum_{i \in M(A)} \frac{PR(i)}{L(i)},$$

де $PR(A)$ — PageRank вузла A ; d — коефіцієнт затухання; N — загальна кількість вузлів у графі; $M(A)$ — множина вузлів, що посиляються на A ; $L(i)$ — кількість виходів з вузла i .

Перший член формули $\frac{1-d}{N}$ забезпечує базовий рівень PageRank для всіх вузлів, де чисельник відповідає ймовірності того стану, коли користувач випадково вибирає вузол графа, а N — загальна кількість вузлів.

Другий член $d \sum_{i \in M(A)} \frac{PR(i)}{L(i)}$ — це частина формули, за якою обчислюється

PageRank вузла A на основі PageRank вузлів, які на нього посиляються. Для кожного вузла i у множині $M(A)$ його PageRank ділиться на кількість посилянь $L(i)$, що він має, і це значення додається для всіх вузлів, що посиляються на A .

Об'єднані дані завантажуються в середовище програми Gephi [11] для класифікації за класами модулярності. Існують різні види модулярності [12], які можна застосовувати в Gephi; автори застосовували модель Поттса [13], що враховує так звану розподільну здатність, на основі якої автоматично визначається необхідна кількість класів понять (кластерів).

Відповідно до цієї моделі функція якості $H(G, P)$, або коротко $H(P)$, розбиття P на модулі (кластери) графа G записується у вигляді:

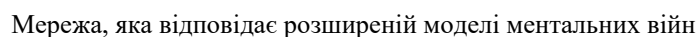
$$H(P) = -\sum_C e_C - \gamma n_C^2,$$

Процедура визначення класів модулярності здійснюється за алгоритмом, що визначає такі кроки як:

- ## 6. Визначення назв кластерів

Придумайте назву для кластера на основі включених до нього концептів: ...

На цьому етапі здійснюється верифікація розширеної моделі, перевіряється її узгодженість і коректність у контексті нових і старих понять. Видаляються незначні елементи, і остаточна модель відображається у вигляді графа. Остаточна модель відображає розширену мережу понять і їхніх зв'язків у контексті «ментальних війн» (див. рисунок).



Результати

Розширена модель ментальних війн демонструє комплексну мережу взаємозв'язків між основними та додатковими поняттями. Кластеризація та ранжування вузлів дозволяє виділити ключові зв'язки та концепти, що впливають на розуміння етичних аспектів у кібербезпеці.

Після аналізу та кластеризації було виявлено кілька додаткових концептів, які не було враховано в попередніх моделях. Наприклад, поняття «інформаційної асиметрії» і «когнітивних пасток» виявилися ключовими для розуміння ментальних війн у даній мережевій моделі.

Семантичну мережу було розбито на кілька кластерів, кожен з яких представляє окремий аспект ментальних війн. Алгоритм модульності дозволив виділити значущі зв'язки між вузлами та визначити ключові компоненти мережі.

Ранжування вузлів за допомогою алгоритму PageRank дозволило виявити найбільш впливові концепти в моделі. Це допомогло визначити, які елементи мають найбільше значення для подальшого вивчення (див. таблицю) та уточнення (крім заданих спочатку, які, природно, виявилися центроїдами кластерів).

Топ-10 основних понять

Поняття	PageRank
Дезінформація та маніпуляція	0.0114
ЗМІ	0.0100
Ворожій уряд	0.0100
Розпалювання ворожнечі та ненависті	0.0092
Ідентичність	0.0062
Економіка	0.0062
Втрата національної ідентичності	0.0061
Розпад політичної системи	0.0060
Релігія	0.0060
Культура	0.0059

Висновки

Нові концепти, що виявлені за допомогою генеративного ШІ, дозволили глибше зрозуміти категорію «ментальної війни». Поняття інформаційної асиметрії і когнітивних пасток відкрили нові перспективи для аналізу впливу інформаційних кампаній і маніпуляцій.

Застосування алгоритмів кластеризації і ранжування дозволило створити структуровану ієрархію концептів і зв'язків у моделі ментальних війн. Це полегшує аналіз та інтерпретацію даних, роблячи модель більш зрозумілою та функціональною.

Використання «рою віртуальних експертів» показало свою ефективність у генеруванні нових концептів і зв'язків. Кожен агент вносить унікальний внесок, що дозволяє отримати багатогранну картину ментальних війн. Використання ШІ для уточнення і удосконалення моделей ментальних війн є перспективним напрямком досліджень. Наведена методологія дозволила виявити додаткові концепти,

кластеризувати семантичну мережу та ранжувати вузли за їхньою значущістю. Це покращило розуміння змісту, мети та наслідків ментальних війн.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на інтеграцію більшої кількості агентів штучного інтелекту, застосування додаткових методів кластеризації та ранжування для більш глибокого розуміння інформаційно-психологічних війн.

1. Dmytro Lande, Leonard Strashnoy. GPT Semantic Networking: A Dream of the Semantic Web — The Time is Now. Kyiv: Engineering, 2023. ISBN 978-966-2344-94-3.
2. Srinivasan Ramanujam. The LLM Revolution: Transforming Industries with Large Language Models. Kindle Edition, 2024. <https://www.amazon.com/LLM-Revolution-Transforming-Industries-Language-ebook/dp/B0D7VS5BNK>
3. Ланде Д.В. OSINT у кібербезпеці: навч. посіб. Київ: ТОВ «Інжиніринг», 2024. 522 с. ISBN 978-966-2344-97-4.
4. Качинський А.Б. Структурно-функціональна модель системи забезпечення інформаційної та інформаційно-психологічної безпеки. *Допов. Нац. акад. наук України*. 2023. № 1. С. 16–23.
5. Saaty T. L. Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks. – RWS Publications, 2005. – 367 p. ISBN 1-888603-06-2
6. Singh A., Rose Anish P., Verma A. et al. A data decomposition-based hierarchical classification method for multi-label classification of contractual obligations for the purpose of their governance. *Sci. Rep.* 2024. **14**. 12755. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-63648-x>.
7. Zgurovsky M.Z., Pankratova N.D. System analysis: Theory and applications. Springer Science & Business Media, 2007. 447 p. ISBN 3540488804, 9783540488804.
8. Ланде Д.В., Страшной Л.Л. Семантичний нетворкінг на основі великих мовних моделей: монографія. Київ: ТОВ «Інжиніринг», 2025. 274 с. ISBN 978-617-8180-01-0.
9. Page L., Brin S., Motwani R., & Winograd T. The PageRank Citation Ranking: Bringing Order to the Web. Stanford InfoLab, 1999.
10. Mallick C., Das A.K., Dutta M., Das A.K., Sarkar A. Graph-Based Text Summarization Using Modified TextRank. In: Nayak J., Abraham A., Krishna B., Chandra Sekhar G., Das A. (eds). *Soft Computing in Data Analytics. Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019. Vol. 758. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0514-6_14.
11. Bruns A., Snee H. How to Visually Analyse Networks Using Gephi. SAGE Publications, Limited, London, 2022.
12. Traag V.A., Waltman L., N. j. van Eck. From Louvain to Leiden: guaranteeing well-connected communities. *Sci. Rep.* 2019. **9**. 5233. DOI: 10.1038/s41598-019-41695-z.
13. Wu F.Y. The Potts model. *Rev. Mod. Phys.* 1 January 1982. **54**. 235.

Надійшла до редакції 01.03.2025