

## АЛГОРИТМИ ТА МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОПЕРАЦІЙ У СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

О.О. Васильєва

Національний університет «Чернігівська політехніка»

95 Шевченка, вул., м. Чернігів, 14030, Україна

Email: olga.vasiljeva37@gmail.com

У статті проведено аналіз сучасних наукових експериментів, що присвячені темі моделювання інформаційних операцій в соціальних мережах кіберпростору, який поглиблює розуміння актуальності підходів та їх інтеграцію з сучасними технологіями. Проведено загальну оцінку проаналізованих підходів та акцентовано увагу на зростаючій ролі штучного інтелекту, мовних моделей та адаптивної динаміки мереж зумовлює необхідність створення нових агентно-орієнтованих архітектур. Наведено поняття інформаційних операцій, здійснено порівняння із сумісними поняттями. Орієнтуючись на основні властивості соціальних мереж – мультимедійності, інтерактивності, можливості зворотного зв'язку, горизонтальності зв'язків, відсутності посередників, позагеографічності або позапросторовості – запропоновано архітектуру та логіку функціонування інформаційної операції в соціальній мережі. Графічно представлено загальний алгоритм інформаційної операції в соціальних мережах кіберпростору, що включає ідентифікацію ключових агентів, прийняття рішень цими агентами, виявлення спільнот та кластерів агентів. Розглянуто класи методів та алгоритмів, що застосовуються для моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах. Запропоновано комбінації методів з точки зору агентного моделювання, що поєднують Алгоритми поширення впливу + Алгоритми ухвалення рішень; Еволюційні алгоритми + Методи мережевого аналізу; Методи кластеризації + Методи динамічного моделювання; Методи обробки великих даних + Агентне моделювання. Для побудови агентної моделі, спрямованої на моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах, запропоновано поєднання одразу п'яти методів у визначеній послідовності з урахуванням їхньої інтеграції в загальну агентну модель, та наведено приклад сценарію комплексного моделювання інформаційних операцій в соціальних мережах кіберпростору.

**Ключові слова:** інформаційні операції, соціальні мережі, агентне моделювання, еволюційні алгоритми, теорія ігор, машинне навчання, MCMC, Louvain, Influence Maximization.

**Вступ.** У сучасних умовах гібридної війни, інформаційні операції у соціальних мережах стали одним із ключових інструментів впливу на громадську думку, маніпуляції поведінкою мас та послаблення інформаційної безпеки держав. У відповідь на зростання масштабів і складності інформаційних операцій з'являється необхідність у створенні точних і гнучких моделей, які дозволяють виявляти, прогнозувати та протидіяти цим загрозам. Агентне моделювання як метод дослідження складних соціально-інформаційних систем демонструє високу ефективність у відтворенні динаміки поширення інформації та стратегічної взаємодії між учасниками соціальних мереж.

Розробка відповідних алгоритмічних інструментів для моделювання інформаційних операцій вимагає залучення міждисциплінарних підходів: від теорії ігор і еволюційної оптимізації до глибокого навчання та мережевого аналізу. Особливу актуальність набуває можливість комбінування методів у межах агентно-орієнтованих моделей, що дозволяє не лише аналізувати поведінку окремих агентів, але й оцінювати макроефекти у межах всієї інформаційної екосистеми.

**Мета дослідження.** Метою цієї статті є узагальнення та класифікація методів і алгоритмів, що використовуються для моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах на основі агентного підходу, а також побудова ефективної

комбінації цих методів для створення комплексної симуляційної моделі. Особлива увага приділяється інтеграції алгоритмів поширення впливу, машинного навчання, методів динамічного моделювання та оптимізації поведінки агентів. Результати мають стати основою для розробки прикладних рішень у сфері інформаційної безпеки, контрdezінформаційних стратегій та аналізу соціальної динаміки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз публікацій та наукових експериментів, проведений автором, вказує на значний інтерес наукової спільноти до теми та підтверджує її актуальність. Так Iamnitshi et al. (2023) [1] у межах ініціативи DARPA SocialSim представили модель моделювання інформаційних потоків у соціальних мережах, що враховує міжплатформну динаміку, поведінкову еволюцію користувачів та реактивну дезінформацію. Автори дійшли висновку щодо необхідності інтеграції поведінкових моделей та часових закономірностей у механізми симуляції впливу. Порівняльний огляд процесів дифузії інформації, класифікуючи підходи за типами моделей, джерелами даних та сферою застосування провели Islam et al. (2024) [2]. Автори підкреслюють ефективність поєднання мережових та когнітивних моделей для вивчення складних інформаційних процесів. Liao et al. (2024) [3] представили у журналі *Scientific Reports* моделі поширення дезінформації як епідемічний процес із врахуванням тональності контенту та часових інтервалів втручання. Вони доводять, що вчасна інтервенція є критичною для зменшення охоплення деструктивних меседжів. Gao et al. (2024) [4] демонструють можливість використання великих мовних моделей (LLM) для імітації соціальної поведінки агентів у багатоканальних цифрових середовищах. Дослідження виявило, що агенти на основі LLM здатні генерувати когерентні стратегії впливу в залежності від контексту. Ding et al. (2024) інтегрують генеративний ШІ у агентно-орієнтовані моделі, де агенти симулюють поведінку користувачів Twitter у контексті інформаційних операцій [5]. Моделі відображають як мовні патерни, так і структури мережової взаємодії. Kong et al. (2022) розробили гібридну модель Transformer-Hawkes для детектування інформаційних операцій шляхом аналізу реакцій соціальних мереж у часі [6]. Основний результат полягає в покращенні точності виявлення прихованої координації агентів. Luceri et al. (2023) запропонували архітектуру на основі графових нейронних мереж, що забезпечує високу ефективність у виявленні скоординованої неавтентичної активності у соціальних платформах [7]. Результати засвідчили точність вище 95% на реальних датасетах. Zeng et al. (2023) представили модель SIASM, яка поєднує структурну ентропію та моделювання соціальних ботів для вивчення прихованих тактик поширення дезінформації [8]. Дослідження акцентує на ролі складних топологій мереж у забезпеченні ефективності операцій. Pastor-Galindo et al. (2025) на платформі arXiv представили типологію інформаційних операцій (FIMI) з прикладами масових кампаній, що охоплюють понад 40 країн [9]. Автори акцентують на необхідності багаторівневих систем виявлення та розпізнавання складових впливу. Mepp (2025) описує кейс цілеспрямованого інфікування генеративних моделей фейковими твердженнями, що потрапляють до відповідей чат-ботів. Стаття ілюструє новий вектор атак – LLM-grooming – та обґрунтовує потребу у контролі достовірності тренувальних даних [10].

Цей аналіз поглиблює розуміння актуальних підходів до моделювання ІО, їх інтеграції з сучасними технологіями та підкріплює вибір методів, запропонованих у цій роботі (таб. 1.).

Таблиця 1.

Загальна оцінка проаналізованих підходів

| Напря́м   | Основні тренди                                            | Виклики                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| ABM + LLM | Автономна поведінка агентів з генеративними властивостями | Високе навантаження, етичні питання |

| Напрям                     | Основні тренди                           | Виклики                    |
|----------------------------|------------------------------------------|----------------------------|
| Еволюційні алгоритми       | Адаптація стратегій у динамічних мережах | Оптимізаційні витрати      |
| Графові ML-підходи         | Висока точність виявлення ІО             | Поведінкові зміни мереж    |
| Епідеміологічні моделі     | Адекватне врахування часу та втручання   | Ліміти щодо реалістичності |
| Алгоритмічна радикалізація | Виявлено ефект filter bubbles            | Прозорість систем          |

Аналіз сучасних досліджень засвідчує, що методи моделювання інформаційних операцій швидко еволюціонують у бік комплексних багаторівневих систем, які поєднують симуляційні, мережеві та машинно-навчальні підходи. Зростаюча роль штучного інтелекту, мовних моделей та адаптивної динаміки мереж зумовлює необхідність створення нових агентно-орієнтованих архітектур. Саме ці виклики та тенденції стали підґрунтям для розробки моделі, запропонованої у цій статті, яка інтегрує ключові алгоритмічні блоки для вивчення складної взаємодії в інформаційному середовищі соціальних мереж.

#### Викладення основного матеріалу.

За [11-13] під поняттям інформаційна операція слід розуміти комплекс цілеспрямованих дій, що здійснюються в інформаційному середовищі з метою впливу на інформаційні ресурси, інформаційні процеси, інфраструктуру або поведінку цільової аудиторії (суспільства, держави, організації) з метою досягнення політичних, військових або соціальних цілей.

У контексті інформаційної безпеки будь якої держави інформаційні операції розглядається як інструмент стратегічного впливу, що поєднує технічні, психологічні, соціальні та когнітивні механізми.

Інформаційні операції є багаторівневими, тобто мають тактичний, операційний, стратегічний рівні, при цьому на кожному із зазначених рівнів наявні певні цілі (вплив, дестабілізація, маніпуляція) та об'єкти/цільові аудиторії. Їм властива тривалість у часі та взаємодія з іншими кампаніями (військовими, політичними), а також використання інтегрованих засобів (соціальні мережі, ЗМІ, боти, вразливості ІТ-систем).

**Таблиця 2.**

#### Порівняння з близькими поняттями

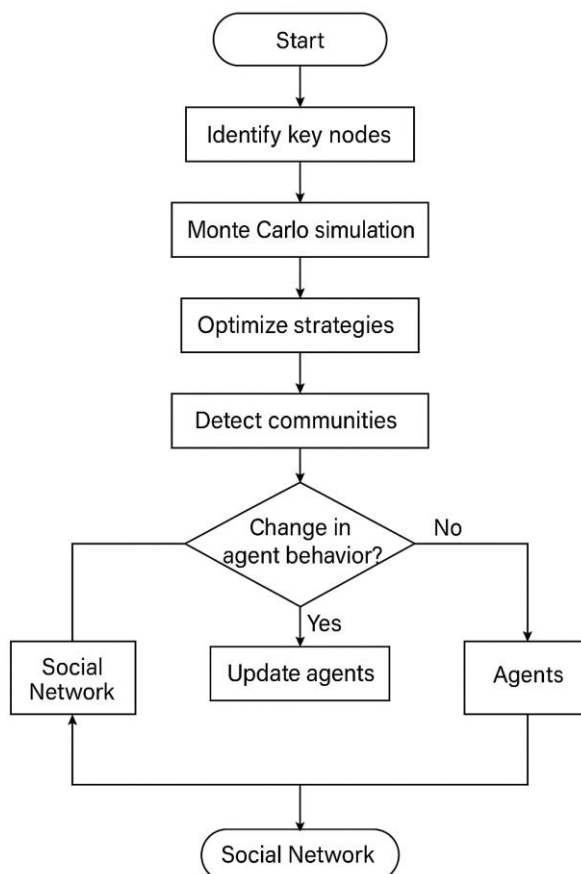
| Поняття                      | Коротке визначення                                                                                                                         | Основна відмінність від ІО                                                                                                                                                                      |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Інформаційна атака</b>    | Окрема цілеспрямована дія або серія дій, що має на меті завдати шкоди інформаційній інфраструктурі, даним або когнітивному стану аудиторії | Є <i>елементом</i> або <i>тактичним прийомом</i> у межах ширшої ІО. Має вузьку спрямованість, зазвичай разову.                                                                                  |
| <b>Інформаційна акція</b>    | Одноразовий захід, спрямований на передавання певного повідомлення чи вплив на публіку (наприклад, флешмоб, гасло, кампанія в Twitter)     | Обмежена у часі, не є багатокomпонентною. Виступає <i>одиницею тактики</i> у межах ІО або кампанії.                                                                                             |
| <b>Інформаційна кампанія</b> | Організований комплекс дій з поширення повідомлень, що триває певний період і спрямований на формування образу, ставлення, поведінки       | Орієнтована здебільшого на <b>легітимну публічну комунікацію</b> (наприклад, передвиборча кампанія, просвітницька діяльність). ІО може включати нелегітимні засоби, маніпуляцію, дезінформацію. |
| <b>Інформаційна операція</b> | Системна стратегія впливу на інформаційне середовище для досягнення політичних, військових або гібридних цілей                             | Є <b>інтегрованим стратегічним поняттям</b> , що включає атаки, акції, кампанії в єдину систему впливу.                                                                                         |

Як демонструє аналіз останніх досліджень основним середовищем для здійснення інформаційних операцій на сьогодні стали соціальні мережі кіберпростору завдяки мультимедійності, інтерактивності, можливості зворотного зв'язку, горизонтальності зв'язків, відсутності посередників, позагеографічності або позапросторовості.

Такі властивості дозволяють організувати процес за таким алгоритмом: ідентифікація ключових вузлів мережі (інфлюенсерів), які мають стратегічне значення для поширення контенту; застосування методу Монте-Карло як симуляції стохастичного прогнозування поведінки агентів у рамках заданої мережевої структури; оптимізація стратегій агентів, що може включати еволюційні алгоритми або генетичні моделі для адаптації до змін у середовищі; виявлення спільнот, що дозволяє визначити ключові групи взаємодії.

На основі змін у поведінці агентів система приймає рішення щодо оновлення параметрів або залишення моделей без змін. Таким чином формується циклічна адаптивна взаємодія між агентами, соціальною мережею та процесами впливу. На виході – оновлений інформаційний стан мережі, що включає реакції, впливи, поширення та адаптацію до зворотного зв'язку.

Графічно цей алгоритм можна представити як загальну архітектуру інформаційної операції, реалізованої в соціальній мережі.



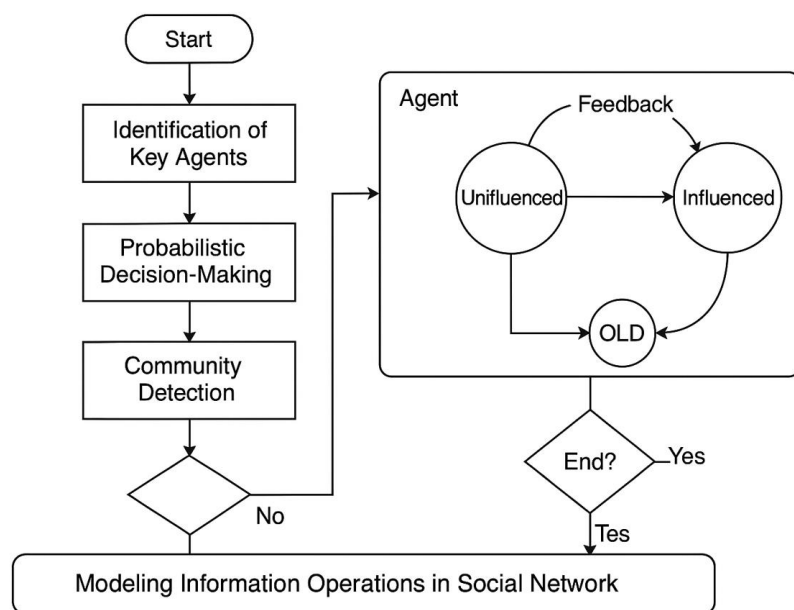
**Рис. 1.** Архітектура та логіка функціонування інформаційної операції в соціальній мережі.

Процес моделювання інформаційної операції в соціальній мережі розпочинається з етапу ідентифікації ключових агентів – так званих лідерів думок (інфлюенсерів), які є стратегічно важливими вузлами та мають високий потенціал впливу на мережу. Наступним кроком є ймовірнісне прийняття рішень цими агентами, що відбувається на основі оцінки стану середовища та інформаційного впливу.

Після цього виконується виявлення спільнот (community detection), що дозволяє визначити кластери агентів, між якими поширюється інформація. На кожному кроці існує можливість повернення до попереднього етапу, якщо мережа ще не стабілізувалась.

Паралельно процесу функціонує підпроцес на рівні окремого агента, поданий як скінченний автомат. Агент може перебувати в станах: uninfluenced (не зазнав впливу), influenced (під впливом), old (вийшов із зони актуального впливу). Перехід між станами моделюється з урахуванням зворотного зв'язку. Якщо агент підпадає під інформаційний вплив, він переходить у стан influenced, а згодом – у старий (old), або повертається до початкового стану залежно від мережевого контексту.

На завершальному етапі моделювання перевіряється, чи досягнуто кінцевої мети (наприклад, стабільності мережі або повного поширення інформації). Якщо ні, процес повертається до попередніх фаз для подальшого циклу моделювання.



**Рис. 2.** Схема моделювання інформаційної операції в соціальній мережі із зазначенням логіки агентів.

Під час використання агентного моделювання для моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах можна застосувати різноманітні методи та алгоритми, які забезпечують реалізацію цих моделей. Нижче проаналізовано основні з них.

#### Алгоритми на основі теорії ігор.

- Метод «Наївного байєсівського гравця» використовується для моделювання поведінки агентів в умовах невизначеності, коли вони ухвалюють рішення на основі ймовірнісних оцінок.

Так, агент  $A_i$  оцінює ймовірність стану середовища  $S$  як  $P(S|O_i)$ , де  $O_i$  — спостереження. Рішення приймається згідно з:  $\text{argmax}_a \sum_S P(S|O_i) \cdot U(a, S)$

- Метод динамічних ігор дає змогу моделювати стратегії агентів, які взаємодіють із плином часу, беручи до уваги як минулу, так і майбутню поведінку інших агентів.

Формалізуються як послідовність стратегічних взаємодій  $G = (N, A_i, T, U_i(t))$ , де агенти оптимізують стратегію з урахуванням змін у середовищі.

#### Методи поширення впливу.

- Алгоритм поширення (максимізації) впливу (Influence Maximization) застосовується для визначення ключових агентів, які можуть максимізувати поширення інформації в мережі.

Для заданої мережі  $G = (V, E)$  знаходять підмножину  $S \subseteq V$ , що максимізує охоплення:  $\max_{|S| \leq k} \sigma(S)$ , де  $\sigma(S)$  – очікувана кількість активованих вузлів.

- Алгоритм відсікання та обрізки (Cutoff and Pruning) використовується для скорочення розміру мережі, зберігаючи при цьому найбільш значущі зв'язки для поширення інформації. Видаляються вузли та ребра з низьким коефіцієнтом центральності, зберігаючи функціональне ядро мережі.

#### **Алгоритми машинного навчання.**

- Методи класифікації (наприклад, SVM, Decision Trees) застосовуються для класифікації агентів за групами залежно від їхньої поведінки або сприйняття інформації.

SVM або Decision Tree – модель  $f: X \rightarrow Y$ , де  $X$  – ознаки агента,  $Y$  – мітка класу (інфлюенсер, ретранслятор тощо).

- Методи кластеризації (наприклад, K-Means, DBSCAN) використовуються для виявлення спільнот або груп агентів зі схожими характеристиками.

K-Means або DBSCAN – розбиття простору на кластери  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$  на основі евклідових відстаней.

#### **Еволюційні алгоритми.**

- Генетичні алгоритми застосовуються для оптимізації стратегій агентів, даючи їм змогу «еволюціонувати» та адаптуватися до змін в інформаційному середовищі.

Стратегії кодуються як хромосоми, над якими виконуються відбір, кросовер, мутація. Оптимізація функції  $U_i = f(\text{strategy}_i, \text{network\_context})$ .

- Алгоритм диференціальної еволюції використовується для пошуку оптимальних параметрів моделі, враховуючи адаптивні здібності агентів.

Пошук оптимальних параметрів:  $x_{\{i\}}^{t+1} = x_r^t + F \cdot (x_{r^2}^t - x_{r^3}^t)$

#### **Методи мережевого аналізу.**

- Алгоритми пошуку шляхів (наприклад, Dijkstra (Дейкстра) Алгоритм): використовуються для визначення найкоротших шляхів поширення інформації через мережу.

Визначення найкоротших шляхів:  $d(u, v) = \min \sum_{e \in \text{path}(u,v)} w(e)$

- Алгоритми виявлення спільнот (наприклад, Girvan-Newman, Louvain) дають змогу ідентифікувати групи агентів, які активно взаємодіють один з одним, що важливо для моделювання кластерів інформації. Виділення спільнот шляхом максимізації модульності  $Q$ .

#### **Алгоритми прийняття рішень.**

- Метод Монте-Карло (МСМС) використовується для моделювання ухвалення рішень агентами, що ґрунтуються на ймовірнісних оцінках майбутніх станів.

- Алгоритми рендерингу рішень на основі корисності застосовуються для моделювання раціональних агентів, які приймають рішення, максимізуючи свою корисність.

#### **Методи обробки великих даних.**

- MapReduce застосовується для опрацювання та аналізу великих обсягів даних про соціальні мережі, даючи змогу масштабувати моделювання на великі мережі.

- Алгоритми розподіленого обчислення використовуються для паралельного опрацювання даних і виконання моделювання на кількох вузлах.

#### **Методи динамічного моделювання.**

- Алгоритми зворотного зв'язку (Feedback Loops) використовуються для моделювання динамічних процесів у соціальних мережах, таких як зворотні зв'язки в поширенні інформації.

Циклічні зміни в графі станів:  $s_{\{t+1\}} = f(s_t, I_t)$

- Метод скінченних автоматів: застосовується для моделювання станів агентів та їхніх переходів між цими станами.

Агенти переходять між станами згідно з правилами  $\delta(s, a) \rightarrow s'$

Кожен із цих методів і алгоритмів може бути адаптований і використаний залежно від специфіки завдань, пов'язаних із моделюванням інформаційних операцій у

соціальних мережах. Їх вибір і комбінація залежать від особливостей моделі та цілей дослідження.

Для агентного моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах можна створити комбінацію методів, яка дасть змогу моделювати складні соціальні процеси, розповсюдження інформації та взаємодію агентів. Автором запропоновано наступні комбінації методів, яка поєднують в собі різні аспекти агентної поведінки та динаміки соціальних мереж:

**1) Алгоритми поширення впливу + Алгоритми ухвалення рішень.**

- Алгоритм поширення впливу (Influence Maximization): цей метод застосовується для визначення ключових агентів (інфлюенсерів) у соціальній мережі, які здатні максимізувати поширення інформації. За допомогою цього алгоритму ідентифікуються вузли, які можуть ефективно впливати на більшу частину мережі.

- Метод Монте-Карло (MCMC). Після визначення інфлюенсерів раціонально застосовувати метод Монте-Карло для моделювання рішень агентів, ухвалених на основі ймовірнісних оцінок. Це дасть змогу оцінити, як інформація поширюватиметься через мережу з урахуванням непередбачуваності поведінки окремих агентів.

**2) Еволюційні алгоритми + Методи мережевого аналізу.**

- Генетичні алгоритми: застосування цього методу підходить для оптимізації стратегій агентів, які беруть участь в інформаційних операціях. Він дасть змогу агентам адаптуватися та покращувати свої стратегії з плином часу, що особливо важливо для динамічних соціальних мереж.

- Алгоритм виявлення спільнот (Louvain) для виявлення спільнот всередині соціальної мережі допоможе краще зрозуміти, як інформація поширюється в рамках кластерів і як ефективно націлюватися на ключові групи агентів.

**3) Методи кластеризації + Методи динамічного моделювання.**

- Кластеризація методом K-Means застосовується для сегментації агентів на групи зі схожими характеристиками або поведінкою. Цей метод корисний для розуміння того, як різні типи агентів можуть реагувати на інформаційні операції.

- Алгоритми зворотного зв'язку (Feedback Loops) слід використати для моделювання динамічних процесів у мережі, таких як зміна думок або адаптація агентів у відповідь на зміни в інформаційному середовищі. Цей метод дає змогу враховувати, як минула інформація впливає на майбутню поведінку агентів.

**4) Методи обробки великих даних + Агентне моделювання.**

- MapReduce: використання MapReduce для опрацювання великих обсягів даних про взаємодію агентів та їхню активність у соціальних мережах дасть змогу масштабувати моделювання на великі мережі та враховувати величезну кількість даних, що важливо для реалістичних симуляцій.

- Агентне моделювання. Всі перераховані вище методи будуть інтегровані в загальний агентний фреймворк, який дасть змогу моделювати поведінку агентів на мікрорівні та їхню взаємодію на макрорівні, що призведе до створення більш точних і достовірних симуляцій інформаційних операцій.

Ця комбінація методів забезпечує всебічний підхід до агентного моделювання, враховуючи як стратегічну поведінку агентів, так і динамічну взаємодію в соціальних мережах. Вона дає змогу моделювати складні сценарії, як-от поширення дезінформації, вплив лідерів думок, динаміка зміни думок у мережі та адаптація агентів у реальному часі.

Для побудови агентної моделі, спрямованої на моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах, можна запропонувати також поєднання одразу п'яти методів у визначеній послідовності з урахуванням їхньої інтеграції в загальну агентну модель. Кожен алгоритм відповідатиме за певний аспект моделювання, і разом вони забезпечать всебічний і комплексний аналіз інформаційних операцій у соціальних

мережах. Нижче запропоновано комбінацію із зазначенням мети та обґрунтування кожного методу, а також його ролі в моделюванні.

#### 1. Алгоритм поширення впливу (Influence Maximization)

Мета: визначення ключових агентів (інфлюенсерів) у соціальній мережі, здатних максимізувати поширення інформації.

Обґрунтування: Інформаційні операції часто залежать від ключових фігур, які можуть значно вплинути на всю мережу. Цей алгоритм дає змогу визначити, які агенти можуть максимально ефективно поширювати інформацію.

Роль: на першому етапі модель визначає ключові вузли в соціальній мережі, які мають найбільший потенціал для поширення інформації. Ці вузли будуть пріоритетними агентами, через яких розпочнеться інформаційна операція.

#### 2. Метод Монте-Карло (MCMC)

Мета: моделювання ухвалення рішень агентами, що ґрунтуються на ймовірнісних оцінках і впливі оточуючих.

Обґрунтування: у реальних соціальних мережах поведінка агентів часто невизначена і може залежати від безлічі факторів. Метод Монте-Карло дає змогу змодельовати цю невизначеність і оцінити, як інформація поширюватиметься за різних сценаріїв.

Роль: після того як ключові вузли визначено, метод Монте-Карло моделює ймовірнісні рішення агентів у мережі. Це дає змогу оцінити, як інформація поширюватиметься, враховуючи випадкові фактори та невизначеність у поведінці агентів.

#### 3. Генетичні алгоритми.

Мета: оптимізація стратегій агентів у процесі інформаційних операцій.

Обґрунтування: інформаційні операції динамічні, і агенти повинні адаптуватися до змін у мережі. Генетичні алгоритми дають змогу агентам «еволюціонувати», покращуючи свої стратегії та адаптуючись до нових умов.

Роль: на етапі оптимізації модель використовує генетичні алгоритми для поліпшення стратегій агентів. Це може включати адаптацію до змін у мережі або розробку нових методів поширення інформації на основі реакції агентів.

#### 4. Алгоритм виявлення спільнот (Louvain).

Мета: ідентифікація спільнот і кластерів усередині соціальної мережі для більш точного моделювання поширення інформації.

Обґрунтування: інформація в соціальних мережах часто поширюється через кластери або спільноти. Алгоритм Louvain допомагає виявити ці кластери, що дає змогу моделювати поширення інформації з урахуванням структури мережі.

#### 5. Алгоритми зворотного зв'язку (Feedback Loops).

Мета: моделювання динамічних змін у поведінці агентів і поширенні інформації.

Обґрунтування: інформаційні операції мають циклічний характер, де кожне нове повідомлення або дія може впливати на подальшу поведінку агентів. Зворотні зв'язки дають змогу враховувати ці зміни, роблячи модель реалістичнішою.

Роль: зворотний зв'язок дає змогу моделі враховувати динамічні зміни, як-от зміна думок агентів або адаптація їхньої поведінки у відповідь на отриману інформацію. Цей компонент робить модель реалістичнішою і дає змогу симулювати ефекти, які проявляються з плином часу.

Приклад сценарію:

*Початковий етап.* Модель визначає ключових агентів з використанням алгоритму поширення впливу. Це задає стартові умови для інформаційної операції.

*Поширення інформації.* Метод Монте-Карло моделює, як інформація поширюватиметься через мережу, враховуючи ймовірності та випадкові ефекти. Одночасно, алгоритм Louvain допомагає зрозуміти, як інформація поширюється всередині та між спільнотами.

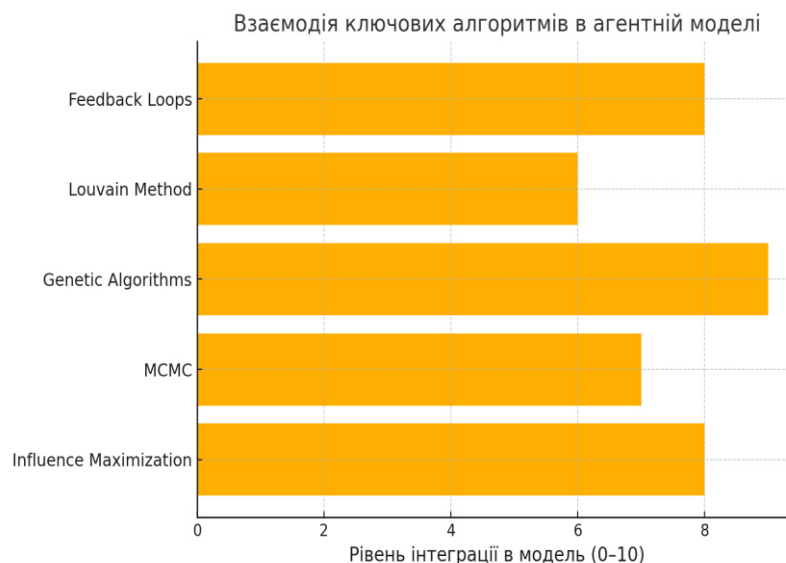
*Адаптація та оптимізація.* У процесі поширення інформації генетичні алгоритми оптимізують стратегії агентів, адаптуючи їх до нових умов. Наприклад, агенти можуть змінювати свої стратегії на основі реакції інших агентів.

*Зворотний зв'язок і динаміка.* Алгоритми зворотного зв'язку враховують зміни, що відбуваються в часі, як-от зміна громадської думки або вплив нових інформаційних подій.

Застосування всіх п'яти алгоритмів одночасно дає змогу створити гнучку, адаптивну та динамічну модель, яка здатна імітувати складні процеси інформаційних операцій у соціальних мережах. Ці алгоритми, працюючи разом, дають змогу враховувати різноманітні аспекти поведінки агентів, структуру мережі, імовірнісні ефекти та динамічні зміни, що робить модель реалістичнішою та потужнішою.

**Обґрунтування вибору.** Ця комбінація методів і алгоритмів дає змогу створити модель, яка враховує як мікродинаміку поведінки окремих агентів, так і макродинаміку мережі загалом. Алгоритми поширення впливу та виявлення спільнот допомагають зрозуміти, як інформація поширюється і через які вузли. Методи Монте-Карло і генетичні алгоритми забезпечують гнучкість і адаптивність моделі, даючи їй змогу ефективно моделювати невизначеність і зміни в стратегіях агентів. Алгоритми зворотного зв'язку додають важливий аспект динаміки, даючи змогу моделі враховувати циклічні зміни та адаптацію агентів у реальному часі.

Ця комбінація робить модель комплексною і придатною для аналізу широкого спектра сценаріїв інформаційних операцій, включно з поширенням дезінформації, впливом лідерів думок, а також динамічною зміною думок і взаємодій усередині соціальної мережі.



**Рис. 3.** Взаємодія алгоритмів в межах агентної моделі для моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах.

**Висновки.** У статті проведено систематизацію сучасних методів та алгоритмів, що використовуються для моделювання інформаційних операцій у соціальних мережах. Показано, що поєднання агентного моделювання з такими підходами, як алгоритми поширення впливу, еволюційна оптимізація, теорія ігор, методи кластеризації, машинне навчання та мережевий аналіз, дає змогу створити комплексні симуляційні моделі, здатні точно імітувати динаміку інформаційного простору.

Застосування цих комбінацій дозволяє моделювати не лише розповсюдження інформації, а й стратегічну взаємодію між агентами, зміну їхніх стратегій, вплив структури мережі на ефективність операцій та адаптацію системи до нових загроз. Підкреслено важливість включення зворотного зв'язку та використання алгоритмів

обробки великих даних для масштабованості моделей. Отримані результати мають практичне значення для розробки систем виявлення та протидії інформаційним загрозам, а також для стратегічного планування у сфері інформаційної безпеки.

#### Список літератури

1. Adriana Iamnitchi, Lawrence O. Hall, Sameera Horawalavithana, Frederick Mubang, Kin Wai Ng, John Skvoretz Modeling information diffusion in social media: data-driven observations, *Frontiers in Big Data*, Cambridge Review (2024) May 2023, DOI:10.3389/fdata.2023.1135191
2. Islam, M. S., et al. (2024). Information diffusion: analysis, process, model, deployment and application. *Knowledge Engineering Review*.  
<https://www.cambridge.org/core/journals/knowledge-engineering-review/article/information-diffusion-analysis-process-model-deployment-and-application/1B4FB3A4C369592177CB4678B739E208>
3. Liao, Y., et al. (2024). Epidemic-like modeling of misinformation spread with sentiment and intervention timing. *Scientific Reports*. <https://www.nature.com/articles/s41598-024-69657-0>
4. Chen Gao, Xiaochong Lan, Nian Li, Yuan Yuan, Jingtao Ding, Zhilun Zhou, Fengli Xu & Yong Li Large language models empowered agent-based modeling and simulation: a survey and perspectives, *Humanities and Social Sciences Communications* volume 11, Article number: 1259 (2024) [https://www.nature.com/articles/s41599-024-03611-3?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.nature.com/articles/s41599-024-03611-3?utm_source=chatgpt.com)
5. Ding, Y., et al. (2024). Agent-based modeling meets generative AI in social network simulations. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/386112826>
6. Quyu Kong, Pio Calderon, Rohit Ram, Olga Boichak Interval-censored Transformer Hawkes: Detecting Information Operations using the Reaction of Social Systems DOI:10.48550/arXiv.2211.14114  
[https://www.researchgate.net/publication/365784012\\_Interval-censored\\_Transformer\\_Hawkes\\_Detecting\\_Information\\_Operations\\_using\\_the\\_Reaction\\_of\\_Social\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/365784012_Interval-censored_Transformer_Hawkes_Detecting_Information_Operations_using_the_Reaction_of_Social_Systems)
7. Luca Luceri, Valeria Pantè, Keith Burghardt, Emilio Ferrara Unmasking the Web of Deceit: Uncovering Coordinated Activity to Expose Information Operations on Twitter, *The Web Conference 2024*
8. Zeng, J., et al. (2023). SIASM: Structural entropy-driven model for social bot infiltration. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2312.08098>
9. Pastor-Galindo, J., et al. (2025). Influence operations in social networks: FIMI taxonomy and detection. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2502.11827>
10. Menn, J. (2025). Russia seeds chatbots with lies. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/technology/2025/04/17/llm-poisoning-grooming-chatbots-russia/>
11. Rid, T. (2020). *Active Measures: The Secret History of Disinformation and Political Warfare*. Farrar, Straus and Giroux.
12. NATO (2017). *NATO Terminology Database – Information Operations*.
13. Бєлєсков, М. (2021). *Інформаційна війна у гібридному конфлікті: підходи та методи*. Центр Разумкова.

О.О. Васи́льева

## ALGORITHMS AND METHODS FOR MODELING INFORMATION OPERATIONS IN SOCIAL NETWORKS

O.O. Vasylieva

Chernihiv Polytechnic National University  
95, Shevchenko street, Chernihiv, 14030, Ukraine  
Email: [olga.vasiljeva37@gmail.com](mailto:olga.vasiljeva37@gmail.com)

The article analyzes latest scientific experiments on modeling information operations in social networks in cyberspace, which deepens the understanding of the relevance of approaches and their integration with modern technologies. A general assessment of the analyzed approaches is provided, and attention is focused on the growing role of artificial intelligence, language models, and adaptive network dynamics, which necessitates the creation of new agent-oriented architectures. The term “information operations” is presented and compared with related concepts. Focusing on the main characteristics of social networks – multimedia, interactivity, feedback capabilities, horizontal connections, absence of intermediaries, and non-geographical or non-spatial nature – the architecture and logic of information operations in social networks are proposed. A general algorithm for information operations in social networks of cyberspace is presented graphically, including the identification of key agents, decision-making by these agents, and the identification of communities and clusters of agents. Classes of methods and algorithms used to model information operations in social networks are considered. Combinations of methods are proposed from the point of view of agent-based modeling, combining Influence propagation algorithms + Decision-making algorithms; Evolutionary algorithms + Network analysis methods; Clustering methods + Dynamic modeling methods; Big data processing methods + Agent-based modeling. To build an agent model aimed at modeling information operations in social networks, a combination of five methods in a specific sequence is proposed, taking into account their integration into the general agent model, and an example of a scenario for comprehensive modeling of information operations in social networks in cyberspace is given.

**Keywords:** information operations, social networks, agent-based modeling, evolutionary algorithms, game theory, machine learning, MCMC, Louvain, Influence Maximization.