

## ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, професора Гавриленко Світлани Юріївни

на дисертаційну роботу Міхава Володимира Володимировича

**«Модель та методи збору і обробки даних для рекомендаційних систем у peer-to-peer комп'ютерних мережах»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія

галузі знань 12 – Інформаційні технології

**Ступінь актуальності теми дисертаційної роботи.** Зростаючий обсяг неструктурованого контенту у комп'ютерних мережах потребує удосконалення та розробки нових методів обробки даних. Використання рекомендаційних систем допомагає покращити пошук та фільтрацію даних і сприяє зручному отриманню інформації з великих масивів контенту. Децентралізовані однорангові комп'ютерні мережі, завдяки своїм перевагам, залишаються актуальними в умовах зростаючих кіберзагроз та високих навантажень на мережеве обладнання. Але проблеми індексації, пошуку та фільтрації даних стоять у них більш гостро, ніж у централізованих мережах. Тому дисертаційна робота Міхава Володимира Володимировича, що присвячена вирішенню науково-практичної задачі підвищення ефективності методів обробки даних в однорангових децентралізованих комп'ютерних мережах шляхом розробки і удосконалення моделей і методів роботи рекомендаційних систем для цієї архітектури мереж є актуальною.

У роботі показано, що для вирішення обраної науково-практичної задачі доцільно зменшити витрати часу та пам'яті при роботі рекомендаційної системи на етапах зберігання, пошуку та фільтрації даних однорангової децентралізованої комп'ютерної мережі. На основі цього було сформульовано мету роботи – зменшення витрат часу та пам'яті на роботу рекомендаційної системи в однорангових децентралізованих комп'ютерних мережах при достатній точності створення рекомендацій користувачам. Визначено задачі

дослідження, які повністю відповідають сформульованій науково-практичній задачі та поставленій меті роботи.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеності й оформлення.** Структура та оформлення дисертації відповідає прийнятим для наукового дослідження нормам. Усі положення, які винесені на захист, висвітлені в тексті дисертації. Зміст дисертаційної роботи відповідає її назві.

Дисертація складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків.

**У вступі** наведено та обґрунтовано актуальність дисертації, визначено мету, об'єкт та предмет дослідження. Сформульовано науково-практичну задачу дисертаційного дослідження, наукові завдання, наведено основні наукові та практичні результати. Відзначено особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертаційної роботи на конференціях та наведено відомості про публікації за темою роботи.

**У першому розділі** дисертації досліджено методи роботи однорангових комп'ютерних мереж. Виконано порівняльний аналіз методів пошуку даних у централізованих, децентралізованих неструктурованих та децентралізованих структурованих однорангових мережах. Отримано, що через особливості архітектури таких мереж, задача пошуку даних в них є складною та потребує удосконалення. Для вирішення цього завдання запропоновано застосування рекомендаційних систем. Розглянуто призначення, можливості та обмеження існуючих методів роботи децентралізованих рекомендаційних систем. Сформовано цілі та задачі дисертаційного дослідження.

**У другому розділі** розроблено математичну модель збору і обробки даних для рекомендаційної системи децентралізованої однорангової комп'ютерної мережі. Дана модель використовує підхід GERT-мережевого моделювання, який є альтернативним ймовірнісним методам мережевого планування та використовується за умови багатоваріантності реалізації проєкту. Розроблена модель відрізняється від відомих використанням мультитригерної системи, в якій кожен вузол представлений об'єктом-агентом. Основною метою такої структури є відстеження зміни станів об'єктів з наявної множини «дочірніх» об'єктів у межах своєї відповідальності з урахуванням показників достовірності



та безпеки. Враховано вимоги до достовірності і безпеки рекомендаційних повідомлень. Розроблена аналітична модель дозволяє проводити порівняльний аналіз різних методів роботи рекомендаційних систем та виконувати налаштування параметрів, при яких ступінь актуальності не падає нижче визначеного порогу. Проведено порівняльні дослідження розробленої GERT-моделі.

**У третьому розділі** проведено дослідження методів збереження різних структур даних у рекомендаційних системах та виконано порівняльний аналіз ефективності їх використання за затратами часу та пам'яті. Для цього розроблено програмну імітаційну модель інформаційних процесів рекомендаційної системи у комп'ютерній мережі та проведено серію експериментів. Досліджено такі структури даних як зв'язний список, розгорнутий зв'язний список, хеш-таблиця, В-дерево, В+-дерево та бінарна діаграма рішень. За результатами дослідження розроблено метод зберігання даних рекомендаційної системи для однорангових комп'ютерних мереж на основі хеш-таблиць та розгорнутих зв'язних списків. Виконано оцінку ефективності запропонованого методу зберігання даних рекомендаційної системи та порівняльний аналіз. У якості показників ефективності методів досліджено: час заповнення сховища тестовими даними; об'єм пам'яті, зайнятий сховищем після заповнення; час генерації рекомендації.

**У четвертому розділі** обґрунтовано необхідність адаптації класичних моделей рекомендаційних систем для використання їх в однорангових комп'ютерних мережах. Розроблено аналітичну модель рекомендаційної системи, яка дозволяє проводити порівняльний аналіз різних механізмів розсилки рекомендаційних даних та встановлювати допустимі параметри рекомендаційної системи, при яких ступінь актуальності не падає нижче визначеного порогу. Запропоновано спосіб формування рекомендацій користувачам з врахуванням кількості переходів до завантаження даних у P2P мережах. Розроблено метод пошуку та фільтрації даних рекомендаційною системою для формування рекомендацій користувачам однорангової децентралізованої комп'ютерної мережі, виконано оцінку його якості.

**Висновки,** сформульовані у роботі, відображають результати дослідження та є результатом висунутих у дисертації завдань.

**Список використаних джерел** містить достатню кількість джерел та широко охоплює область дослідження.

**До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:**

– Вперше розроблено математичну модель процесів збору і обробки даних для рекомендаційної системи в одноранговій децентралізованій комп'ютерній мережі, яка відрізняється від відомих можливістю оцінки ймовірно-часових характеристик процесів формування та зміни рекомендацій з врахуванням вимог достовірності та безпеки даних під час змін у структурі мережі, що дозволяє здійснювати раціональний вибір параметрів системи.

– Удосконалено метод зберігання даних рекомендаційної системи, який відрізняється від відомих адаптацією до архітектури однорангових децентралізованих комп'ютерних мереж та використанням хеш-таблиць для зберігання даних про користувачів і об'єкти контенту та зв'язних списків для зберігання даних про рекомендації, що дозволило зменшити витрати часу і пам'яті на процеси обробки даних системи.

– Удосконалено метод пошуку та фільтрації даних рекомендаційною системою для формування рекомендацій користувачам, який відрізняється від відомих використанням запропонованого методу зберігання даних для збереження проміжних та підсумкових результатів обчислень, що дозволило використовувати його в однорангових децентралізованих комп'ютерних мережах та зменшити витрати часу і пам'яті при забезпеченні високої точності прогнозування вподобань користувачів.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, та їх достовірність.** Основні положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Міхава Володимира Володимировича, є достатньо обґрунтованими та логічно сформульованими. Робота базується на використанні сучасних методів зберігання, пошуку та фільтрації даних рекомендаційних систем, що дозволило використовувати їх в



однорангових децентралізованих комп'ютерних мережах та зменшити витрати часу і пам'яті при забезпеченні високої точності прогнозування вподобань користувачів. Сформульовані пропозиції відзначаються науковою новизною та свідчать про вагомий внесок автора у розвиток теорії та практики функціонування децентралізованих рекомендаційних мереж. Достовірність отриманих наукових положень, висновків та рекомендацій забезпечується аргументованими результатами досліджень та співставленням з результатами імітаційного моделювання.

**Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.** Практичне значення отриманих результатів підтверджено відповідними актами впровадження. Результати дисертаційних досліджень впроваджені і використовуються у діяльності ІТ-компанії ТОВ "ОНІКС-СИСТЕМЗ", а також використані у навчальному процесі Центральноукраїнського національного технічного університету.

*Практична цінність* роботи полягає у такому:

– Розроблена імітаційна модель процесів збору та обробки даних для рекомендаційної системи, що дозволила оцінити ймовірісно-технічні характеристики рекомендаційної системи децентралізованої однорангової комп'ютерної мережі. Отримано аналітичний вираз, за допомогою якого можливо оцінити щільність розподілу ймовірностей часу ідентифікації стану вузлів децентралізованої рекомендаційної системи. Використання мультитригерного підходу та врахування вимог до достовірності та безпеки рекомендаційних повідомлень в порівнянні з відомими моделями дозволило підвищити точність результатів моделювання до 5%. Розроблено алгоритми моделювання рекомендаційної системи однорангової децентралізованої комп'ютерної мережі та процесів у ній, що дають можливість проводити тестування різних методів зберігання, пошуку та фільтрації даних у мережі.

– Розроблено алгоритми зберігання даних рекомендаційної системи однорангової децентралізованої комп'ютерної мережі, що дозволило зменшити витрати пам'яті і часу на процеси зберігання та читання даних системи. Зокрема, розроблена система на основі запропонованих алгоритмів при використанні у децентралізованій одноранговій мережі показує наступні

результати в порівнянні з найкращими результатами відомих систем – в 2,4 рази кращі результати по часу заповнення бази даних, в 1,7 разів кращі результати по використаному об'єму пам'яті та в 2,5 разів кращі результати по часу генерації рекомендацій.

– Розроблено алгоритм пошуку та фільтрації даних рекомендаційною системою для формування рекомендацій користувачам в однорангових децентралізованих комп'ютерних мережах, що зменшує витрати часу і пам'яті при забезпеченні високої точності прогнозування вподобань користувачів. Точність розробленого алгоритму сягає до 0,84 в залежності від обраних параметрів системи.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на таких наукових конференціях та семінарах: IV та VI Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології» (Україна, Кропивницький, 2021, 2023 рр.); Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції «Інновації та перспективні шляхи розвитку інформаційних технологій» (Україна, Черкаси, 2022 р.); 12-й Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Азербайджан–Україна–Словаччина, Баку–Харків–Жиліна, 2022 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві» (Україна, Кропивницький, 2022 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Цифрова трансформація суспільства» (Україна, Кропивницький, 2022 р.); XXIII Міжнародному науково-практичному семінарі «Комбінаторні конфігурації та їхні застосування» (Україна, Запоріжжя–Кропивницький, 2021 р.); 9-й Міжнародній науковій конференції «Інформація, комунікація, суспільство» (Україна, Львів, 2020 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційна безпека та інформаційні технології» (Україна, Кропивницький, 2020 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні напрямки інформаційних і комп'ютерних систем та мереж, комп'ютерно-інтегровані технології у промисловості, телекомунікаціях, енергетиці та транспорті»



(Україна, Кропивницький, 2019 р.); XVII Міжнародному науково-практичному семінарі «Комбінаторні конфігурації та їх застосування» (Україна, Кіровоград, 2015 р.).

**Публікації за результатами дисертаційних досліджень.** Основні положення дисертації опубліковано в 21 науковій праці, у тому числі: 10 наукових статей (з них 3 входять до наукометричної бази даних Scopus; 7 – оприлюднено у вітчизняних фахових наукових журналах, з яких 1 стаття одноосібна), а також 11 тез доповідей.

**Дискусійні питання та зауваження до дисертаційної роботи.** Поряд із позитивною оцінкою результатів роботи, щодо окремих її положень можна відзначити, що деякі твердження є дискусійними або потребують доопрацювання:

1. Для математичного моделювання процесів збору і обробки даних для рекомендаційної системи однорангової децентралізованої комп'ютерної мережі в роботі обрано підхід GERT-мережевого моделювання, але не обґрунтовано чому такий вибір є найкращим у порівнянні з іншими підходами.

2. На рис. 2.1, що містить приклад структури рекомендаційної системи однорангової комп'ютерної мережі, наявні змінні, значення яких у тексті під рисунком не пояснені.

3. У розділі 2.2.3. проведено порівняльне дослідження запропонованої GERT-схеми для математичної моделі процесів збору і обробки даних рекомендаційної системи з існуючими, але відсутній опис обмежень та параметрів налаштування моделі.

4. На рис. 2.3 наведено структуру GERT-схеми ідентифікації стану вузлів рекомендаційної системи в процесі формування та зміни рекомендацій, але в роботі не достатньо обґрунтовано вибір саме такої конфігурації схеми.

5. В розділі 4.1 відсутнє пояснення яким чином було отримано графіки для аналітичної моделі рекомендаційної системи децентралізованої однорангової комп'ютерної мережі (рис. 4.1.)

6. Для реалізації програмної імітаційної моделі рекомендаційної системи використано бінарні діаграми рішень, але не достатньо обґрунтовано доцільність такого рішення.

### Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні висновки

Зазначені недоліки до дисертаційної роботи не впливають на загальне позитивне враження від проведеного наукового дослідження, не зменшують якість та наукову цінність роботи.

Дисертаційна робота «Модель та методи збору і обробки даних для рекомендаційних систем у peer-to-peer комп'ютерних мережах» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують поставлену наукову задачу підвищення ефективності методів обробки даних в однорангових децентралізованих комп'ютерних мережах шляхом розробки і удосконалення моделей і методів роботи рекомендаційних систем для цієї архітектури мереж. Дисертація відповідає вимогам Постанови Кабінету Міністрів України № 44-2022-п від 22.03.2022 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор Міхав В.В. – заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професорка,  
професорка кафедри комп'ютерної  
інженерії та програмування

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»



Світлана ГАВРИЛЕНКО

7 листопада 2023 р

*Світлана Гавриленко С.Ю.*  
*засвідчує*

*Директор*



*Олександр ТРУШ*  
*07.11.2023*