

## РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора  
Палагіна Володимира Васильовича  
на дисертацію Міхава Володимира Володимировича  
за темою «Модель та методи збору і обробки даних  
для рекомендаційних систем у peer-to-peer комп'ютерних мережах»,  
яку подано на здобуття ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія  
галузь знань 12 Інформаційні технології

### 1. Актуальність теми дослідження.

Рекомендаційні системи дозволяють полегшити пошук при великій кількості контенту, доповнюючи або замінюючи класичну пошукову видачу рекомендаціями. В одноранговій комп'ютерній мережі вузли учасники мережі динамічно під'єднуються та від'єднуються, і з різних причин шукані файли можуть бути недоступні для користувача, навіть якщо вони були раніше додані до системи та проіндексовані. Тому в P2P мережах застосування рекомендаційних систем може мати додаткову користь. Якщо користувач шукає конкретний файл, що був доданий до мережі раніше і цей файл не доступний у даний момент часу, можна надати користувачу список рекомендацій з врахуванням його вподобань та пошукового запиту.

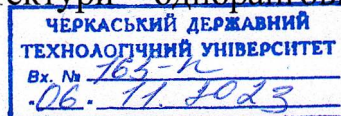
Тому важливою науково-практичною задачею, яка вирішується у цій роботі, є підвищення ефективності методів обробки даних в однорангових децентралізованих комп'ютерних мережах шляхом розробки і удосконалення моделей і методів роботи рекомендаційних систем для цієї архітектури мереж.

### 2. Наукова новизна одержаних результатів.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у наступному:

– 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 і зміни рекомендацій за допомогою мультитригерного GERT-моделювання та врахуванням вимог достовірності і 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.

### **3. Практичне значення одержаних результатів.**

Практична цінність роботи полягає у такому:

– Розроблена імітаційна модель процесів збору та обробки даних для рекомендаційної системи, що дозволила оцінити ймовірно-технічні характеристики рекомендаційної системи децентралізованої однорангової комп'ютерної мережі. Отримано аналітичний вираз, за допомогою якого є можливість 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 дозволяють 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.

#### **4. Структура роботи, оцінка змісту дисертації та її завершеність.**

Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаної літератури після кожного розділу та додатків і містить 167 основного тексту та 12 сторінок додатків, загальний обсяг роботи 179 сторінки.

Анотація до роботи містить актуальність дослідження, поставлену науково-практичну задачу та основні наукові і практичні результати, зазначено також які теоретичні дослідження та експерименти були проведені.

Вступ до дисертації містить обґрунтування актуальності та наукової новизни дисертаційного дослідження. У ньому сформульовано задачу та мету дослідження, часткові задачі, які треба вирішити для досягнення поставленої мети, об'єкт і предмет дослідження та наведені використані методи дослідження. Також проаналізовано існуючий стан досліджень у рамках обраної теми, внесок зарубіжних та вітчизняних вчених

У першому розділі дисертації проведено дослідження методів роботи однорангових комп'ютерних мереж, а саме, порівняльний аналіз методів пошуку даних у централізованих, децентралізованих неструктурованих та децентралізованих структурованих однорангових мережах. Виявлено, що існуючі методи пошуку даних в однорангових комп'ютерних мережах можна покращити застосуванням рекомендаційних систем. Проведено дослідження можливості розробки та застосування рекомендаційних систем у однорангових комп'ютерних мережах. Розглянуто призначення, можливості та обмеження існуючих методів роботи децентралізованих рекомендаційних систем. Також сформовано цілі та задачі дисертаційного дослідження.

У другому розділі запропоновано математичну модель збору і обробки даних для рекомендаційної системи децентралізованої однорангової комп'ютерної мережі. Математична модель розроблялася для вирішення актуальної задачі підвищення точності математичного моделювання процесів збору та обробки даних у рекомендаційних системах для однорангових децентралізованих комп'ютерних мереж. Розроблена математична модель збору і обробки даних для рекомендаційної системи, що заснована на GERT-схемі та відрізняється від відомих використанням мультитригерного підходу та врахуванням вимог до достовірності і безпеки даних під час змін у структурі децентралізованої P2P комп'ютерної мережі. Запропонована математична модель може бути використана для прототипування рекомендаційних систем у різних сферах діяльності.



У третьому розділі проведено дослідження методів збереження даних у рекомендаційних системах. Зокрема, проведено дослідження різних структур даних для зберігання інформації рекомендаційної системи та порівняльний аналіз ефективності їх використання за затратами часу та пам'яті. Для проведення експериментів з порівняння ефективності застосування різних структур даних за затратами часу та пам'яті було розроблено програмну імітаційну модель інформаційних процесів рекомендаційної системи у комп'ютерній мережі, в якій було окремо виділено три основні сутності – агент, сесія та об'єкт. Проведено серію експериментів на розробленій програмній моделі, зокрема, досліджено такі структури даних як зв'язний список, розгорнутий зв'язний список, хеш-таблиця, В-дерево, В+-дерево та бінарна діаграма рішень. Розроблено метод зберігання даних рекомендаційної системи для однорангових комп'ютерних мереж на основі хеш-таблиць та розгорнутих зв'язних списків, та проведено експерименти для визначення ефективності його роботи і порівняння з існуючими методами.

У четвертому розділі розроблено аналітичну модель рекомендаційної системи для децентралізованої однорангової комп'ютерної мережі та спосіб формування рекомендацій користувачам з врахуванням кількості переходів до завантаження даниху Р2Р мережах. Також розроблено метод пошуку та фільтрації даних рекомендаційною системою для формування рекомендацій користувачам однорангової децентралізованої комп'ютерної мережі. Проведено експерименти для визначення якості роботи запропонованого методу пошуку та фільтрації даних рекомендаційною системою.

Висновки містять основні наукові та практичні результати отримані у роботі та відповідають заявленій меті і науковій задачі дослідження.

Дисертаційна робота представляє собою завершену наукову працю, мета та поставлені задачі дослідження повністю виконані.

## **5. Відсутність (наявність) порушень принципів академічної доброчесності**

Ознак порушень принципів академічної доброчесності не встановлено.

## **6. Повнота викладення дисертації в опублікованих працях**

Результати, отримані в дисертаційній роботі, відображено у 21 науковій праці, представлених 7 науковими статтями, що опубліковані в фахових виданнях України, 3 науковими працями, які включені до наукометричної бази Scopus, 11 тезами міжнародних науково-технічних конференцій.



Вважаю, рівень та кількість наукових публікацій здобувача цілком достатнім.

## **7. Зауваження та недоліки дисертації щодо її оформлення і змісту.**

Варто відзначити деякі недоліки дисертаційної роботи:

1. У дисертації використовується термін «мультитригерний», але не надається його визначення у контексті даної роботи.

2. Відсутні детальні пояснення до рисунку 2.2., який містить приклад процесу взаємодії вузлів мультитригерної системи збору та обробки даних для рекомендаційної системи, що значно затрудняє його розуміння.

3. У практичній значимості роботи зазначено, що запропонована математична модель процесів збору і обробки даних для рекомендаційної системи однорангової децентралізованої комп'ютерної мережі дозволила підвищити точність результатів моделювання до 5%. Але не зазначено, що дозволяє досягти така підвищена точність моделювання у контексті розробки нових методів роботи рекомендаційних систем.

4. Розділ 4.1. що містить розробку аналітичної моделі рекомендаційної системи, доцільно було б розмістити у 2 розділі дисертації виходячи з його змісту.

5. Відсутні практичні рекомендації щодо впровадження запропонованих моделей та методів у децентралізовані комп'ютерні мережі, що використовують різні протоколи роботи.

На мою думку, незважаючи на вказані недоліки, дана дисертаційна робота є важливим науковим дослідженням та заслуговує на позитивну оцінку.

## **8. Висновок щодо відповідності дисертації вимогам, які висуваються до ступеня доктора філософії.**

Розглянуте дисертаційне дослідження здобувача Міхава В.В. на тему «Модель та методи збору і обробки даних для рекомендаційних систем у peer-to-peer комп'ютерних мережах» цілком відповідає вимогам до дисертаційного дослідження на здобуття ступеня доктора філософії, наведеним у Постанові Кабінету Міністрів України №44 від 12.01.22 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Дисертація може бути представлена для офіційного захисту в разовій



спеціалізованій вченій раді. Автор дисертації заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія галузі знань 12 Інформаційні технології.

**Рецензент**

д.т.н., професор,  
завідувач кафедри робототехнічних  
і телекомунікаційних систем та кібербезпеки  
Черкаського державного  
технологічного університету



Володимир ПАЛАГІН

*Генеральний секретар  
Черкаського державного  
технологічного університету*



*Ірина Шчербакова*