

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Купріна Олексія Миколайовича  
на тему «Інформаційна технологія рекомендаційної підтримки  
прийняття рішень»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань  
Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

### **Актуальність теми дисертації**

Дисертаційна робота присвячена розробці моделей та методів рекомендаційної підтримки прийняття рішень для збору і обробки інформації із різнорідних джерел з метою створення рекомендації на основі вивчення уподобань споживача.

Визначальним фактором до вдосконалення рекомендації є розуміння еволюції вподобань користувачів. Більшість існуючих моделей послідовних рекомендацій мають у якості вхідних даних лише виконані натискання, яким присвоюється статус ключових ознак, або маркерів користувача, що визначають його дії. Проте зазначені моделі приділяють мало уваги деталізації впливу окремих маркерів користувача на підсумковий результат, хоча вибір може відбуватися за сукупністю деяких малозалежних ознак. Але ж подібне може доповнювати дані про зацікавлення користувача, створюючи більш точну модель рекомендацій.

Зазначений напрям дослідження – дуже динамічний. Потреба у більш досконалих системах рекомендацій та підтримки прийняття рішень зростає з активізацією цифровізації життя. Тому зазначене питання щодо врахування при розробці рекомендаційних систем та систем прийняття рішень вибраних але не активізованих користувачем маркерів, особливо у сфері, яка стосується фінансового вибору та прийняття рішення, визначає в сукупності актуальність завдань дисертаційних досліджень.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Уперше запропонована модель з математичним обґрунтуванням за допомогою методу Рунге-Кутти для системи зі стаціонарним станом та застосуванням закону розподілу ймовірності при наданні рекомендації користувачу, як випадкової події при Інтернет-серфінгу, яка базується на аналізі

поведінки користувача в мережі Інтернет, коли користувач переглядає деяку позицію і не обирає її, з проведенням аналогії, коли наслідком перегляду є вибір;

2. Дістала подальшого розвитку методологія розробки рекомендаційного алгоритму, яка відрізняється тим, що вхідними параметрами до створення рекомендації виступають маркери користувача, які можуть бути як позитивними, так і негативними, мати свою вагу, а у випадку, коли користувач переглядає занадто великі обсяги інформації і важко визначити пріоритетність маркерів з аналізом впливу альтернатив, своєчасно виявляти помилки, які можуть призвести до невірної рекомендації;

3. Уперше представлена модель надання рекомендацій з використанням правил комп'ютерної логіки, в якій опрацьовано механізм переходів користувача з метою відбору параметрів для надання рекомендацій за кроками у дискретному середовищі, коли за діями користувача рішення може приймати лише два значення – «так» чи «ні»;

4. Уперше запропонована програмна реалізація рекомендаційної підтримки прийняття рішень у вигляді вебдодатку, з реалізацією моделі переходів в рекомендаціях в залежності від зміни уподобань за допомогою створення графів переходів за різними вхідними параметрами, що характеризують дії користувача та використання еквівалентних станів при формуванні матриць переходів рекомендацій за зміни окремих ознак.

Результати роботи є достовірними, оскільки вони отримані та перевірені за допомогою математичного аналізу та обробки статистичних даних, частина результатів отримана в процесі комп'ютерних експериментів та під час практичної апробації створених алгоритмів та розробленого програмного продукту.

Достовірність основних положень та результатів дисертації доведено завдяки використанню апробованих методів математичного аналізу та обробки статистичних даних, відповідністю експериментальних досліджень статистичним результатам, отриманим з перевірених джерел, а також використанням сертифікованих комп'ютерних програм та інтегрованих середовищ розробки.

Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані, тому що базуються на науково-обґрунтованих теоремах, законах та апробованих раніше фундаментальних працях. Розроблені алгоритми були протестовані як на статистичних даних, так і в процесі проведення комп'ютерних експериментів.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Купріна Олексія Миколайовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Інформаційні технології.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям інформаційні технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Купріна Олексія Миколайовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота представлена українською мовою з дотриманням вимог наукового стилю. Всі терміни мають відповідні пояснення, скорочення коректно розшифровуються, позначення визначені та прописані після їх першого згадування.

Дисертаційна робота містить вступ, чотири розділи, висновки, додатки, список використаних джерел. Загальний обсяг дисертації – 213 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, розглянуто зв'язок роботи з науковими темами та актуальним напрямком наукових досліджень, сформульовані мета та задачі дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність.

У першому розділі проведено огляд моделей методів та підходів, що використовуються при розробці інформаційних технологій рекомендаційної підтримки рішень. Поставлені у роботі задачі теоретично обґрунтовані та підкреслена їх актуальність з посиланнями на останні публікації в сфері дослідження.

У другому розділі проведено дослідження особливостей структурування процесів рекомендаційної підтримки, що базуються на маркерах користувача. проведено структурування процесів рекомендаційної системи при різних інтересах користувачів з використанням n-мірних матриць з метою подальшої реалізації алгоритмів за допомогою омпенсорної бібліотеки TensorFlow. Зазначено, що алгоритми повинні передбачати реалізацію ситуації за певними маркерами користувача, тобто, ключових ознаках для користувача за якими він приймає рішення, з врахуванням різноманітних змін, обмежень та персональних дій користувача на визначений момент часу. Також розроблена лінійна модель рекомендацій за декількома маркерами користувача, при якій створено перехід від вирішення задачі за допомогою теорії ігор до алгоритмізації процесів за

допомогою оціночної моделі. Проведений розрахунок довів адекватність моделі, побудованої за двома визначеними маркерами користувача.

Розроблена модель та реалізовані алгоритми для побудови переходів при формуванні вибору за маркерами користувача для систем, що знаходяться у стаціонарному стані та таких систем, де рекомендація виступає випадковою подією. В розробці застосований метод Рунге-Кутти для системи зі стаціонарним станом, а також застосовано закон розподілу ймовірності при наданні рекомендації користувачу, як випадкової події при Інтернет-серфінгу.

Представлена методологія розробки алгоритму формування рекомендацій за маркерами користувача, у випадку, коли користувач переглядає занадто великі обсяги інформації і важко визначити пріоритетність маркерів. У такому випадку виникає велика кількість альтернатив, що у підсумку може призвести до помилки.

У третьому розділі представлена модель надання рекомендацій з використанням правил комп'ютерної логіки. Розроблено механізм представлення переходів користувача з метою відбору параметрів для надання рекомендацій. Прийнято, що розглядаються кроки у дискретному середовищі, коли за діями користувача рішення може приймати лише два значення – одиничне та нульове. Наведено моделі переходів в рекомендаціях в залежності від зміни уподобань за допомогою створення графів переходів за різними вхідними параметрами, що характеризують дії користувача та використання еквівалентних станів уподобань при формуванні матриць переходів рекомендацій за зміни окремих ознак.

Обґрунтовано підхід, за яким рекомендаційна система, що пропонується до реалізації, має в основі синтез цифрових автоматів. На цій основі представлено механізм рекомендацій за ознакою структурної повноти. Розроблено механізм формування тригерів для створення рекомендацій за зміни маркерів користувача. Під тригером у даній роботі прийнято стійкий стан рекомендації до зміни ключових ознак на вході системи – маркерів користувача. За наведеним математичним базисом, за допомогою мови Python розроблено рекомендаційну систему.

У четвертому розділі реалізовано механізм рекомендації через тригер за булевим базисом «І-Або-Ні» та «Або-Ні», який дозволяє виокремлювати та аналізувати маркери споживача навіть у тих випадках, коли користувач переглядав якусь позицію продукту але не вибрав остаточно. Наведені приклади реалізації, функціональні схеми та математичне обґрунтування.

Представлене вирішення логічної еквівалентності в процесі розробки інформаційної технології рекомендаційної підтримки за допомогою підходів, використовуваних в комп'ютерній логіці. Запропонований підхід до мінімізації числа станів. Таке рішення допомагає більш спрощено представити дискретну

систему за окремими перевіреними кроками, з контролем щодо виявлення можливих помилок на кожному кроці реалізації у якості веб-сервісу.

Реалізована інформаційна технологія рекомендаційної підтримки прийняття рішень у вигляді веб-додатку. Наведений лістинг кодів програмної реалізації. Отримані результати тестування розробленої технології рекомендаційної підтримки дозволяють зробити висновок відносно наявних переваг отриманої технології з існуючими базовими системами на 0,6 – 5,8%.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 8 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, з них – 1 стаття у журналі категорії А переліку наукових фахових видань України та 1 стаття опубліковані у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у Scopus та віднесених до першого – третього квартилів (Q1– Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Результати дисертації були апробовані на 4-х наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача з дотриманням принципів академічної доброчесності.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1) По тексту роботи зустрічаються поодинокі помилки та повторення сполучників. Деякі формули мають додаткові пробіли між знаками.

2) Список джерел до роботи оформлений за різними стилями цитування бібліографічних джерел.

3) В першому розділі рисунки представлені з позначеннями англійською мовою, хоча вся робота представлена українською мовою. Ймовірно, це виникло через використання при написанні роботи через використання для огляду англійських джерел. Проте, варто було б представити англійські аналоги.

4) Слабке обґрунтування вибору комп'ютерної логіки для вирішення задач, поставлених у роботі. Без сумніву, запропоноване є інноваційним підходом для рішення задач подібного класу, однак вибір такого прийому не знайшов необхідного опису при огляді першоджерел.

5) На погляд опонента, не повною мірою представлені матеріали щодо випробувань розробленої рекомендаційної системи.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.


## Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Купріна Олексія Миколайовича на тему «Інформаційна технологія рекомендаційної підтримки прийняття рішень» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для інформаційних технологій. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Купрін Олексій Миколайович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

### Офіційний опонент:

к.т.н., доцент, завідувач кафедри  
комп'ютерних наук Тернопільського  
національного технічного університету  
імені Івана Пулюя, МОН

 / Бондарчук І.О.

