

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора, професора кафедри систем штучного інтелекту, інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національного університету «Львівська політехніка»

ЯКОВИНИ Віталія Степановича на дисертаційну роботу СІМАКА Андрія

Юрійовича на тему: «Інтелектуалізована програмна система аналізу та рейтингування діяльності науково-педагогічних працівників», поданої до захисту на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення галузі знань 12 Інформаційні технології

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження.

У сучасному світі глобальної конкуренції у сфері вищої освіти та науки, позиції закладів вищої освіти (ЗВО) у національних та міжнародних рейтингах прямо залежать від сукупної результативності їхнього академічного персоналу. Ефективність діяльності кожного науково-педагогічного працівника (НПП) є ключовим фактором, що визначає якість освітнього процесу, науковий потенціал та міжнародну конкурентоспроможність університету. Це зумовлює гостру потребу у впровадженні дієвих інструментів для моніторингу, аналізу та, що найважливіше, стимулювання професійного розвитку працівників.

Дисертаційна робота Сімака А.Ю. присвячена вирішенню саме цієї актуальної науково-практичної задачі. Автор справедливо зазначає, що більшість існуючих систем оцінювання та рейтингування, особливо в українських ЗВО, функціонують за традиційними принципами, що характеризуються високою трудомісткістю, суб'єктивністю та обмеженими аналітичними можливостями. Такі системи фіксують минулі досягнення, але не надають інструментів для прогнозування та стимулювання професійного зростання.

У цьому контексті, розробка інтелектуалізованої програмної системи, яка зміщує акцент з простого контролю на формування персоналізованих рекомендацій, є надзвичайно своєчасним та інноваційним кроком. Запропонований підхід, що інтегрує сучасні методи штучного інтелекту, зокрема графові нейронні мережі та великі мовні моделі, для аналізу та прогнозування діяльності НПП, відкриває нові перспективи для управління людським капіталом в академічній сфері. Таким чином, дисертаційне дослідження є актуальним, має суттєву наукову та практичну цінність, пропонуючи інноваційні підходи до вирішення важливої задачі підвищення ефективності діяльності ЗВО.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи Сімака А.Ю. є повністю обґрунтованими. Це підтверджується коректним використанням комплексного підходу, що включає сучасні та визнані у науковому світі методи. Теоретико-методологічною базою дослідження слугували методи системного аналізу, теорії графів, машинного навчання, зокрема глибокого навчання на графах (графові нейронні мережі), та обробки природної мови (великі мовні моделі).

Обґрунтованість підтверджується такими наступними аспектами:

- Модель представлення знань на основі графової структури адекватно відображає складні та різноманітні зв'язки між НПП, їхніми науковими роботами, проєктами та іншими видами діяльності, що є значно ефективнішим за традиційні реляційні підходи для задач аналізу зв'язків.

- Комбінований метод ранжування НПП базується на комплексі перевірених метрик подібності (динамічне часове зміщення, косинусна подібність, індекс Жаккара), що дозволяє враховувати як динаміку показників у часі, так і семантичну близькість виконуваних робіт.

- Інтелектуалізований метод формування рекомендацій ґрунтується на сучасній архітектурі гетерогенних графових нейронних мереж з механізмами уваги, що є передовим підходом для прогнозування на графових даних. Використання великих мовних моделей для генерації текстових пояснень є логічним кроком для підвищення інтерпретованості та практичної цінності рекомендацій.

Представлені результати та рекомендації базуються на глибокому теоретичному підґрунті, логічній послідовності проведених досліджень та експериментальних підтвердженнях на реальних даних, що свідчить про їх високий рівень достовірності.

3. Наукова новизна результатів дослідження.

У дисертаційній роботі Сімака А.Ю. розв'язано важливе науково-практичне завдання розробки інтелектуалізованої програмної системи, що забезпечує комплексний аналіз, прогнозування та формування персоналізованих рекомендацій для підвищення результативності діяльності НПП. При цьому отримано такі наукові результати, що відзначаються новизною:

1. Вперше розроблено модель представлення знань про діяльність НПП на основі знання-орієнтованого підходу з використанням графової моделі, що, на відміну від існуючих реляційних підходів, дозволило ефективно моделювати складні взаємозв'язки між різними аспектами академічної діяльності та реалізувати процедури генерації персоналізованих рекомендацій.

2. Вперше запропоновано комбінований метод ранжування НПП на основі комплексу метрик подібності (динамічного часового зміщення, косинусної подібності, модифікованого індексу Жаккара), який, на відміну від існуючих, комплексно враховує динаміку активності, семантичну подібність та кількісні характеристики, що уможливило автоматизоване визначення працівників із максимально наближеними кращими показниками діяльності в умовах розрідженості даних.

3. Вперше запропоновано інтелектуалізований метод формування персоналізованих рекомендацій, який, на відміну від відомих, ґрунтується на архітектурі гетерогенних графових нейронних мереж з механізмами просторової та часової уваги для прогнозування показників, та інтегрує великі мовні моделі для генерації текстових рекомендацій з динамічним уточненням структури промптів, що забезпечило їхню аргументованість та скорочення часу формування.

4. Набули подальшого розвитку архітектури інтелектуалізованих систем шляхом розширення механізмів взаємодії з розподіленими джерелами даних, інтеграції з великими мовними моделями, розробки знання-орієнтованого підходу та вбудованих механізмів зворотного зв'язку, що забезпечило підвищення ефективності формування персоналізованих рекомендацій.

4. Практичне значення результатів дисертаційної роботи

Розроблені моделі та методи лягли в основу інтелектуалізованої програмної системи для формування персоналізованих рекомендацій діяльності НПП щодо покращення їх результативності. Розроблена інтелектуальна програмна система дає змогу акумулювати дані, формувати модель представлення знань про діяльність НПП, виконувати обчислення показників, автоматизувати частину процесів та візуалізувати отримані результати. Результати дисертаційного дослідження було використано в у Західноукраїнському національному університеті для удосконалення системи рейтингування ЗУНУ, формування персоналізованих рекомендацій для покращення результативності діяльності НПП, українському представництві ІТ компанії "WorldERP, LLC" (м. Тернопіль) в процесі реалізації програмно-технічних комплексів, які включають інтеграцію програмно-реалізованих засобів штучного інтелекту, в НДЧ ЗУНУ при виконанні молодіжного науково-дослідного проєкту на тему «Математичне та програмне забезпечення прототипу біогазової установки з підвищеною ефективністю функціонування» для розробки архітектури програмного

забезпечення та в освітньому процесі Західноукраїнського національного університету на кафедрі комп'ютерних наук при викладанні дисциплін: "Інтелектуальні інформаційні системи", "Інтелектуальні інформаційні системи", "Основи інформаційних технологій", що підтверджується відповідними актами впровадження.

5. Оцінка структури, мови та стилю викладення матеріалу.

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Зміст дисертації повністю відповідає поставленим меті та завданням дослідження, характеризується повнотою викладення, структурною логічністю та завершеністю.

У вступі автором здійснено обґрунтування актуальності вибору теми дослідження, зазначено зв'язок з науковими програмами та планами. Сформульовано мету та завдання дослідження, описано наукову новизну одержаних результатів та їхнє практичне значення. Наведено особистий внесок здобувача у працях, які опубліковано у співавторстві, а також інформацію про апробацію результатів досліджень та структуру роботи.

Перший розділ містить глибокий аналітичний огляд проблеми оцінювання, рейтингування та підвищення результативності діяльності НПП. Систематизовано теоретичні основи та критерії оцінювання, проаналізовано існуючі традиційні та інтелектуалізовані підходи до рейтингування. Розглянуто сучасні методи підвищення результативності, зокрема різні типи рекомендаційних систем. На основі аналізу виявлено обмеження існуючих систем, що обґрунтовує науковий контекст та актуальність дослідження. Розділ завершується постановкою задачі та деталізацією її завдань.

У другому розділі розроблено математичне забезпечення для побудови інтелектуалізованої системи. Запропоновано модель представлення знань про

діяльність НПП на основі графової моделі, що дозволяє ефективно структурувати різнорідні дані. Розроблено комбінований метод ранжування НПП на основі комплексу метрик подібності для підвищення релевантності рекомендацій. Створено інтелектуалізований метод формування персоналізованих рекомендацій на основі архітектури гетерогенних графових нейронних мереж та великих мовних моделей. Завершується розділ порівняльним аналізом, що підтверджує кращу точність запропонованого підходу, у виборі вектору персоналізованих рекомендованих критеріїв які відповідають діяльності працівника, порівняно з аналогами.

Третій розділ присвячено опису спроектованої архітектури програмної системи. Представлено загальну архітектуру, що поєднує елементи модульної та сервіс-орієнтованої архітектур. Розглянуто структуру ключових компонентів: системи рейтингування, модуля персоналізованих рекомендацій та модуля збору даних. Особливу увагу приділено проектуванню комбінованої системи зберігання даних (MySQL та Neo4j) та механізмам взаємодії між модулями. Архітектурні рішення візуалізовано за допомогою UML-діаграм.

У четвертому розділі розглянуто особливості програмної реалізації та апробації розробленої системи. Описано використаний стек технологій (Laravel, PHP, Python, PyTorch, Node.js). Продемонстровано реалізацію ключових класів та контролерів, що відповідають за інтелектуалізований функціонал. Представлено результати апробації системи на реальних даних Західноукраїнського національного університету, що підтверджено кількісними показниками: скороченням часу на заповнення звітів та реальним зростанням річних показників тестової групи. Проілюстровано графічний інтерфейс системи та приклади згенерованих рекомендацій і звітів.

Висновки, сформульовані у роботі, повною мірою представляють отримані у дисертаційному дослідженні результати, мають належний науковий рівень та відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертації.

6. Повнота викладу основних результатів дисертаційної роботи в опублікованих працях.

За результатами дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць загальним обсягом 64 сторінки, що свідчить про повне та системне висвітлення основних наукових положень. Серед них 6 статей у періодичних фахових виданнях, зокрема 3 статті у виданнях України категорії «Б» та 3 статті у виданнях, що індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus. Також опубліковано 6 матеріалів у збірниках конференцій, одна з яких індексується у Scopus. Тематика публікацій повністю відповідає ключовим напрямам дисертації, охоплюючи розробку методу формування прогнозованих показників, проектування модуля збору даних, опис архітектури системи та методів інтелектуального аналізу. Результати роботи доповідались на авторитетних міжнародних наукових конференціях (АСІТ, СІТ та CSIT) та наукових семінарах кафедри. Аналіз публікацій здобувача засвідчує їх відповідність змісту дисертаційної роботи та узгодженість із сформульованими у ній науковими положеннями та висновками. Загальна кількість та зміст публікацій є достатніми для підтвердження апробації результатів дослідження.

7. Зауваження та дискусійні питання.

Не заперечуючи високий науковий рівень та практичну цінність виконаної роботи, необхідно зазначити декілька дискусійних питань, що можуть слугувати орієнтиром для подальших наукових досліджень:

1. Ефективність моделей глибокого навчання, зокрема гетерогених графових нейронних мереж, суттєво залежить від налаштування гіперпараметрів (кількість шарів, розмірність ембедингів, швидкість навчання тощо). У роботі наведено результати навчання, але недостатньо деталізовано сам процес налаштування гіперпараметрів. Було б варто вказати чи використовувалися

систематичні підходи для їх підбору, такі як Grid Search, Random Search або Bayesian Optimization тощо, для забезпечення оптимальної конфігурації моделі.

2. У розділі 2 дисертації запропоновано використання гетерогенних графових трансформерів з механізмами просторової та часової уваги. Проте, з тексту роботи не зрозуміло чим обґрунтований вибір саме цієї архітектури порівняно з іншими моделями динамічних графових нейронних мереж (напр., EvolveGCN, T-GAT)?

3. Запропонований комбінований метод ранжування НПП (п. 2.3) інтегрує декілька метрик подібності, вагові коефіцієнти ($\lambda_1, \dots, \lambda_6$ у формулі 2.37) для яких були підібрані емпірично. Було б доцільно провестим аналіз чутливості моделі до зміни цих коефіцієнтів, та зазначити чи зміна вагових пріоритетів (наприклад, надання переваги динаміці розвитку над семантичною подібністю) впливає на кінцевий список рекомендованих працівників і, як наслідок, на якість рекомендацій.

4. Для оцінки якості рекомендацій у роботі використано метрики Precision@k, Recall@k, Hit Rate@k та Coverage@k (рисунки 2.11, 2.12, та таблиці 2.3, 2.4). Ці метрики є стандартними для оцінювання систем ранжування. Проте, враховуючи, що однією з підзадач моделі є бінарна класифікація (виконає/не виконає критерій), виникає питання: чому для оцінки класифікаційної здатності моделі не використовувалася метрика Ассурасу? Доцільно проаналізувати її значення, особливо в контексті можливого дисбалансу класів (кількість виконаних критеріїв зазвичай значно менша за кількість невиконаних).

5. У роботі, для формування тексту рекомендацій, використовуються великі мовні моделі (LLM) з динамічним уточненням структури промптів (п. 2.4), проте недостатньо розкрито поняття «динамічного уточнення». Варто чіткіше описати, чи структура промпу адаптується залежно від профілю конкретного працівника, його попередніх дій, чи результатів прогнозування графової нейронної мережі та як

система мінімізує ризик «галюцинацій» LLM, особливо при наданні посилань на зовнішні ресурси.

6. У роботі зазначається, що використання великих мовних моделей (LLM) допомагає вирішити проблему «холодного старту» для нових працівників. Це важливе твердження, проте, було б доцільним навести більш детальне пояснення цього механізму. Яким чином LLM генерує початкові рекомендації для НПП, про діяльність якого в системі ще немає даних, та чи базується це на аналізі текстових даних з профілю (спеціальність, наукові інтереси), чи використовуються інші стратегії?

Наведені зауваження мають дискусійний характер і не зменшують загальної позитивної оцінки дисертаційного дослідження, а лише вказують на складність досліджуваної проблематики.

8. Відсутність порушення академічної доброчесності.

Аналіз тексту дисертаційної роботи та опублікованих праць Сімака А.Ю. свідчить про відсутність порушень академічної доброчесності. Усі використані ідеї, результати та текстові запозичення з робіт інших авторів містять коректні посилання на відповідні джерела. Робота є самостійним науковим дослідженням.

Висновок про відповідність роботи встановленим вимогам МОН України

Дисертаційна робота Сімака Андрія Юрійовича на тему: «Інтелектуалізована програмна система аналізу та рейтингування діяльності науково-педагогічних працівників» є завершеним, самостійно виконаним науковим дослідженням. У роботі вирішено актуальну науково-практичну задачу, що має вагоме теоретичне та практичне значення для розвитку інформаційних технологій в освітній сфері. Отримані теоретичні результати є новими, науково обґрунтованими та раніше не захищалися.

Враховуючи актуальність обраної теми, наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, рівень їх апробації та повноту висвітлення в опублікованих працях, можна зробити висновок, що дисертація відповідає вимогам «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 №44 від 12 січня 2022 року. Автор дисертації, Сімак Андрій Юрійович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри систем штучного інтелекту
Національного університету
«Львівська політехніка»

Віталій ЯКОВИНА

Підпис Віталія ЯКОВИНИ засвідчую

Вчений секретар

Національного університету
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ