

РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри інформаційних систем та технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктора технічних наук, професора **СМОЛІЙ Вікторії Миколаївни** на дисертацію **ПОНЗЕЛЯ Ярослава Юрійовича** на тему: **«Рекомендаційна система для побудови індивідуального плану навчання здобувача вищої освіти»**, подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Обґрунтування вибору теми дослідження. Проблема забезпечення персоналізації освітнього процесу набуває стратегічного значення в умовах глобальних змін на ринку праці, цифровізації суспільства та зростання обсягів освітнього контенту. У роботі Ярослава Понзеля запропоновано науково обґрунтоване рішення актуального завдання створення рекомендаційної системи для побудови індивідуального плану навчання шляхом розроблення інтелектуальної інформаційної технології, що поєднує інструменти машинного навчання, методи колаборативної фільтрації та алгоритми оптимізації. Таке поєднання відповідає сучасним тенденціям розвитку освітньої аналітики, студентоцентрованого підходу та інтелектуальних технологій підтримки прийняття рішень у сфері вищої освіти.

Тема дослідження узгоджується з державними пріоритетами у галузі цифрової трансформації освіти, положеннями Закону України «Про вищу освіту», а також із науковими програмами Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Дисертація характеризується системністю, логічністю викладення і чітким обґрунтуванням усіх етапів дослідження – від аналізу предметної області та існуючих аналогів до розроблення математичних моделей та апробації результатів.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у тому, що:

- уперше розроблено та обґрунтовано модель рекомендаційної системи для побудови індивідуальних навчальних планів здобувачів вищої освіти, яка підвищує рівень персоналізації освітнього процесу та забезпечує оптимальний вибір дисциплін на основі аналізу академічних досягнень;
- запропоновано новий підхід до прогнозування вибору навчальних дисциплін на основі методів аналізу великих даних та машинного навчання, який дозволяє формувати індивідуальний навчальний план на основі персоналізованого підходу;
- отримали подальший розвиток математичні моделі збору й обробки даних, а також підходи до фільтрації та пошуку даних у межах рекомендаційної системи побудови індивідуального плану навчання здобувача; використання методів машинного навчання для автоматизації процесу вибору дисциплін здобувачами, що дозволило зменшити кількість помилок і прискорити реєстрацію на дисципліни; методи взаємодії між інформаційними

сервісами університету шляхом оптимізації API та розширення можливостей обміну даними, що покращило узгодженість та продуктивність системи.

Викладені положення підтверджуються експериментальними результатами, апробацією на міжнародних конференціях (ICTERI-2024, «Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта» тощо) та публікаціями у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, та у виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендацій щодо їх можливого використання. Розроблена інтелектуальна інформаційна технологія характеризується високою прикладною цінністю для діяльності деканатів, навчальних відділів університетів та інших установ, відповідальних за організацію навчального процесу. Запропонований підхід забезпечує можливість автоматизованого аналізу академічних уподобань, виявлення потенційних труднощів у навчанні, прогнозування успішності та формування обґрунтованих рекомендацій для здобувачів.

Розроблена система має відкриту та масштабовану архітектуру (реалізовану на базі ASP.NET Core та Angular), що дозволяє інтегрувати її до існуючих інформаційних екосистем ЗВО. Методологічні та програмні рішення, запропоновані в роботі, можуть бути адаптовані та використані у навчальному процесі під час викладання дисциплін з інтелектуального аналізу даних, проєктування інформаційних систем та технологій підтримки прийняття рішень, що підвищує освітню та науково-методичну цінність отриманих результатів.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення. Дисертація Ярослава Понзеля є цілісним, логічно побудованим і завершеним науковим дослідженням, виконаним на належному теоретичному та методологічному рівні. Робота характеризується чіткою внутрішньою структурою, послідовністю викладення матеріалу та обґрунтованістю отриманих наукових результатів. Усі розділи дисертації взаємопов'язані та підпорядковані досягненню поставленої мети дослідження.

У дисертації послідовно викладено теоретичні засади використання штучного інтелекту в освіті, розроблено математичні моделі збору та обробки даних, наведено опис програмної реалізації рекомендаційної системи та результати експериментальної перевірки ефективності запропонованих рішень.

Структура дисертації повністю відповідає меті, завданням, об'єкту та предмету дослідження.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету і завдання дослідження, окреслено об'єкт, предмет і методи, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Також

наведено відомості про апробацію результатів, публікаційну активність здобувача та структуру дисертації, яка складається з чотирьох розділів, висновків і додатків.

У **першому розділі** розглянуто теоретичні та методологічні основи побудови рекомендаційних систем в освіті, проаналізовано існуючі платформи та підходи, виявлено недоліки наявних рішень та обґрунтовано доцільність створення спеціалізованої системи формування індивідуальних планів.

У **другому розділі** викладено математичні моделі та алгоритми обробки даних, зокрема обґрунтовано вибір методу матричної факторизації, формалізовано задачу побудови плану як задачу оптимізації та запропоновано методи гібридизації даних для підвищення точності прогнозів.

У **третьому розділі** розглянуто методи пошуку та фільтрації даних, описано архітектуру системи, структуру бази даних та алгоритми взаємодії між модулями, а також програмну реалізацію механізмів вирішення проблеми «холодного старту».

У **четвертому розділі** наведено результати експериментального дослідження та практичної апробації розробленої інформаційної технології. Здійснено оцінювання ефективності системи за метрикою RMSE (отримано значення 13,37), проаналізовано точність влучання рекомендацій та проведено опитування користувачів, що підтверджує практичну значущість отриманих результатів.

У **висновках** узагальнено основні наукові результати, сформульовано теоретичні та практичні положення, що відповідають поставленій меті та завданням дослідження.

Дисертація написана грамотною, чіткою та науково вираженою українською мовою. Виклад матеріалу відзначається логічною послідовністю, структурною узгодженістю та коректним використанням спеціалізованої термінології у сфері комп'ютерних наук та машинного навчання. Текст роботи легко сприймається, а аргументація побудована на достовірних наукових фактах і результатах експериментів.

Дисертація оформлена відповідно до вимог МОН України та повністю відповідає принципам академічної доброчесності. У тексті відсутні ознаки плагіату, компіляції чи недобросовісного запозичення; усі використані джерела коректно процитовано. Отже, робота характеризується завершеністю, високою культурою наукового викладу й відповідає критеріям кваліфікаційної праці на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано відповідно до планів науково-дослідницької роботи Національного університету біоресурсів і природокористування України та кафедри інформаційних систем і технологій.

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено у 6 наукових працях, з яких стаття у науковому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних Scopus/Web of Science, 2 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 3 тези наукових доповідей. Також отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму. Вказані публікації чітко та цілком відображають основні наукові положення та досягнення проведеного дисертаційного дослідження.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково обґрунтованими висновками та рекомендаціями, які подано автором для публічного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів супроводжується посиланнями на відповідні джерела. У роботі відсутнє привласнення чужих ідей, результатів або слів без оформлення належного цитування. Таким чином, у дисертаційному дослідженні Ярослава Понзеля відсутні порушення академічної доброчесності.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. Дисертація Ярослава Понзеля виконана на високому науково-технічному рівні, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», має завершений характер і містить практичну реалізацію рекомендаційної системи. Водночас у роботі наявні окремі зауваження та дискусійні положення, які мають рекомендаційний характер і не знижують загальної наукової та практичної цінності дослідження:

1. У роботі як базовий метод використано класичну матричну факторизацію. Відомо, що класичні методи матричної факторизації не здатні ефективно працювати в умовах «холодного старту», оскільки вони навчаються виключно на історії взаємодій користувачів з об'єктами; за відсутності таких даних неможливо коректно оцінити латентні фактори нових користувачів. Хотілося б почути на захисті детальніше, яким чином у розробленій системі компенсується цей недолік і чи розглядалася можливість переходу до гібридних моделей.

2. У другому розділі автором запропоновано математичну модель збору і опрацювання даних. Виникає питання: яким чином проводилася перевірка адекватності розробленої моделі? Чи використовувалися стандартні процедури розбиття вибірки та порівняння з базовими алгоритмами, і чи можна вважати отримане значення похибки RMSE (13.37) достатнім підтвердженням того, що модель коректно відтворює реальний розподіл оцінок?

3. При виборі цільової функції оптимізації автор спирається на прогнозування академічної оцінки. Такий підхід є дискусійним, адже оцінка не завжди відображає реальні компетентності. Чому було обрано саме оцінку як проксі-метрику, а не, наприклад, дані

про здобуті навички, і чи не призведе орієнтація на високі бали до того, що система рекомендуватиме студентам лише прості дисципліни, мінімізуючи ризики, але знижуючи якість освіти?

4. Щодо ризику «інформаційної бульбашки». Алгоритми колаборативної фільтрації мають схильність пропонувати користувачеві об'єкти, схожі на ті, що він обирав раніше. У контексті освіти це може призвести до звуження кругозору студента. Хотілося б дізнатися, чи передбачені в системі механізми, що забезпечують різноманітність рекомендацій та змушують студента виходити за межі звичних інтересів.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний і дискусійний характер та можуть бути враховані при подальшому розвитку теми дослідження. Вони не знижують наукової новизни, практичної значущості та загального позитивного враження від дисертації. Наукова робота Ярослава Понзеля відповідає вимогам, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Загальний висновок. Вважаю, що дисертація здобувача ступеня доктора філософії Понзеля Ярослава Юрійовича на тему: «Рекомендаційна система для побудови індивідуального плану навчання здобувача вищої освіти» 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 галузі інформаційних технологій. Ураховуючи актуальність, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, можна стверджувати, що дисертація повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), 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 (зі змінами), а її автор Понзель Ярослав Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань «Інформаційні технології».

Рецензент професор кафедри інформаційних систем та технологій Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор технічних наук, професор Вікторія СМОЛІЙ