

РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
доктора технічних наук, професора ЛАХНА Валерія Анатолійовича
на дисертацію **КЛИМЕНКА Євгенія Олеговича** на тему:

**«Інформаційна технологія освітньої аналітики
на основі методів інтелектуального аналізу даних»,**

подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»
галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Обґрунтування вибору теми дослідження. Сучасний розвиток системи вищої освіти відбувається в умовах активної цифровізації, що зумовлює істотне зростання обсягів освітніх даних, які накопичуються в електронних освітніх середовищах закладів вищої освіти. Дані про результати навчання здобувачів освіти, їхню цифрову активність, відвідуваність, взаємодію з навчальними ресурсами, а також адміністративні та організаційні показники формують складні й різноманітні масиви інформації, ефективне опрацювання яких неможливе без використання сучасних інформаційних технологій аналізу даних.

За цих умов освітня аналітика виступає важливим інструментом підтримки управлінських і педагогічних рішень, що ґрунтуються на даних. Водночас аналіз сучасних наукових досліджень і практичного досвіду впровадження цифрових освітніх сервісів свідчить, що інформаційні системи, які функціонують у більшості закладів вищої освіти, здебільшого орієнтовані на зберігання та візуалізацію даних і не забезпечують повноцінного використання методів інтелектуального аналізу даних та машинного навчання для глибокої аналітичної обробки.

У роботі Клименка Євгенія Олеговича викладено результати досліджень, які спрямовані на розроблення та впровадження інформаційної технології освітньої аналітики, що забезпечує підвищення обґрунтованості управлінських рішень на основі застосування методів інтелектуального аналізу освітніх даних. Тематика дисертаційного дослідження відповідає державним пріоритетам у сфері цифрової трансформації освіти та розвитку освітньої аналітики, зокрема положенням Цілей сталого розвитку у сфері освіти (SDG 4 – *Quality Education*), а також узгоджується з чинними вимогами державної політики щодо цифрової звітності та використання відкритих даних у системі вищої освіти. З огляду на зазначене, тема дисертаційного дослідження є беззаперечно актуальною.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Дисертація характеризується системністю, логічністю викладу і чітким обґрунтуванням усіх етапів дослідження – від теоретичного аналізу сучасного стану розвитку освітньої аналітики в Україні до апробації інформаційної технології освітньої аналітики та оцінки достовірності і практичної цінності. Виходячи з аналізу основної частини дисертації,

мета дисертації в ході виконання дослідження була досягнута, а дисертація є завершеною науковою кваліфікаційною працею.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у: розробленні інформаційної технології освітньої аналітики, яка інтегрує методи інтелектуального аналізу та прогнозні моделі для прийняття управлінських рішень у єдиному цифровому середовищі закладу вищої освіти; розробленні методів інтеграції даних з різних джерел для формування багатовимірного профілю здобувача освіти; вдосконаленні моделей оцінювання ключових характеристик успішності здобувача освіти; подальшому розвитку теоретичних засад освітньої аналітики, зокрема визначення структури, функцій та принципів побудови інформаційних аналітичних систем у сфері вищої освіти, що базуються на інтеграції методів інтелектуального аналізу даних із системами управління навчанням; подальшій аргументації практичних підходів до цифрової трансформації освітнього процесу через впровадження інструментів освітньої аналітики, які сприяють прийняттю обґрунтованих управлінських рішень, персоналізації навчання та підвищенню якості освіти в українських закладах вищої освіти.

Розроблені в роботі наукові і прикладні положення підтверджуються актами впровадження в освітній процес та в трансформаційні процеси цифровізації освітнього менеджменту НУБіП України. Достовірність отриманих результатів підтверджується експериментальною апробацією розробленої технології, а також публікаціями у фахових наукових виданнях і матеріалах міжнародних конференцій.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендації щодо їх можливого використання. У роботі набули подальшого розвитку теоретичні та методичні засади освітньої аналітики як міждисциплінарного напрямку, що поєднує методи Data Mining, машинного навчання та аналізу освітніх процесів у цифровому середовищі закладу вищої освіти.

Запропонована інформаційна технологія освітньої аналітики формалізує повний цикл аналітичної обробки освітніх даних – від збору та інтеграції різномірних джерел до побудови інтерпретованих прогностичних моделей і візуалізації результатів. Наукову цінність становить обґрунтування сценарійного підходу до прогнозування успішності здобувачів освіти, що дозволяє оцінювати динаміку точності прогнозів на різних етапах навчального процесу та порівнювати ефективність моделей машинного навчання в умовах різної повноти даних.

Реалізовані прогностичні моделі дозволяють здійснювати раннє виявлення студентів групи академічного ризику, прогнозувати результати навчання та підтримувати прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо організації освітнього процесу. Використання інтерпретованих моделей і інтерактивних дашбордів підвищує прозорість аналітичних результатів і доступність їх використання для адміністрації, викладачів та аналітичних підрозділів закладу вищої освіти.

Результати дослідження впроваджені в освітній процес та аналітичну діяльність Національного університету біоресурсів і природокористування України, що підтверджує їх практичну доцільність і прикладну значущість.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення. Дисертація Клименка Євгенія Олеговича є цілісним, логічно побудованим і завершеним науковим дослідженням, виконаним на належному теоретичному та методологічному рівнях, з чітко вибудованою логікою викладу та внутрішньою узгодженістю всіх структурних елементів. Структура дисертації відповідає вимогам, встановленим нормативними документами Міністерства освіти і науки України, а зміст розділів логічно пов'язаний між собою та спрямований на досягнення поставленої мети 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** дисертації здійснено теоретико-аналітичний огляд сучасного стану розвитку освітньої аналітики та інтелектуального аналізу освітніх даних, узагальнено основні підходи, задачі та тенденції розвитку галузі.

У **другому розділі** обґрунтовано методичні й алгоритмічні засади побудови інформаційної технології освітньої аналітики, визначено джерела даних та підходи до їх інтеграції й обробки.

У **третьому розділі** розроблено інформаційну технологію освітньої аналітики як цілісне програмно-алгоритмічне рішення та запропоновано архітектуру системи й моделі прогнозування успішності.

У **четвертому розділі** виконано практичну апробацію розробленої технології на реальних даних, підтверджено її ефективність, достовірність і практичну цінність для підтримки управлінських рішень.

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

Дисертація виконана державною мовою з дотриманням відповідних норм наукового викладу. Матеріал подано послідовно, логічно та структуровано, що забезпечує цілісне сприйняття змісту дослідження. Формулювання є чіткими й аргументованими, а виклад основного матеріалу характеризується узгодженням з метою та завданнями дисертації.

Автор коректно та доречно застосовує спеціалізовану термінологію у галузі комп'ютерних наук і освітньої аналітики, що сприяє точності подання наукових положень і результатів. Текст не містить неоднозначних тверджень, поданий у зрозумілій формі

та відповідає вимогам академічного письма. Аргументація базується на аналізі сучасних наукових джерел і результатах власних досліджень, що свідчить про належний рівень наукової культури здобувача та сформовані навички підготовки й оформлення кваліфікаційних наукових робіт відповідно до чинних нормативних вимог.

Дисертація оформлена відповідно до вимог МОН України та повністю відповідає принципам академічної доброчесності. У тексті відсутні ознаки плагіату чи недоброчесності. 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. Робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідницької роботи Національного університету біоресурсів і природокористування в рамках наукової тематики «Стратегія цифрової трансформації економіки України як інструменту забезпечення соціально-економічного розвитку та національної безпеки» (номер державної реєстрації 0121U110194).

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. Основні результати дисертаційного дослідження Клименка Євгенія Олеговича у повному обсязі відображені в наукових публікаціях здобувача, які охоплюють теоретичні, методичні та прикладні аспекти розробленої інформаційної технології. У фахових статтях і матеріалах міжнародних наукових конференцій автором послідовно висвітлено теоретичні засади розвитку освітньої аналітики, розкрито основні задачі та методи інтелектуального аналізу освітніх даних, визначено структурні компоненти інформаційної технології аналітики освітніх даних, а також обґрунтовано вибір моделей аналітичної обробки та наведено результати їх практичної апробації.

За тематикою дисертаційного дослідження опубліковано 12 наукових праць, з яких стаття у науковому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, 4 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових виданнях України, 7 тез наукових доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях, зокрема в Києві, Одесі, Вінниці, Польщі, США, що підтверджує достовірність отриманих результатів та їх практичну значущість.

Таке представлення результатів наукової роботи є цілком достатнім для здобувача, що претендує на отримання ступеня доктора філософії. Кількість публікацій, обсяг, якість, повнота висвітлення результатів та розкриття змісту дисертації відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України. Зазначені публікації повною мірою висвітлюють основні наукові положення дисертації.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація оформлена відповідно до чинних вимог МОН України та виконана з дотриманням принципів

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 Клименка Євгенія Олеговича відсутні порушення академічної доброчесності.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. Дисертація Клименка Євгенія Олеговича виконана на високому науково-технічному рівні, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», має завершений характер і містить практичну реалізацію інформаційної технології освітньої аналітики з використанням інтелектуального аналізу даних. Водночас у тексті роботи виявлено низку зауважень, що мають уточнювальний або дискусійний характер і не знижують її загальної наукової та практичної цінності.

До зауважень та незначних недоліків можна віднести:

1. У розділі 3 (підрозділ 3.3) подано математичні моделі оцінювання навчальної успішності (формули 3.1–3.5), у яких враховуються такі параметри, як технічна стабільність освітнього середовища, якість навчального контенту, професійність викладача, активність здобувача освіти тощо. Водночас у розділі 4 під час побудови моделей машинного навчання використано переважно характеристики здобувачів освіти та показники їх активності у системі LMS. У зв'язку з цим узгодженість теоретичної моделі та її експериментальної реалізації недостатньо пояснена.

2. У підрозділі 2.2 наведено порівняльний аналіз різних систем управління навчанням, що використовується для обґрунтування вибору LMS Moodle. Водночас з тексту роботи випливає, що ця платформа вже тривалий час використовується у НУБіП України, тому доцільність детального порівняння альтернативних LMS виглядає дещо дискусійною, з огляду на те, що предметом дослідження є насамперед освітня аналітика.

3. У розділі 4 при аналізі результатів експериментального моделювання в наборі даних спостерігається суттєвий дисбаланс класів (78,5 % успішних і 21,5 % неуспішних студентів), що потребує більш детальної інтерпретації отриманих метрик.

4. Апробація запропонованої інформаційної технології здійснювалася на даних студентів факультету інформаційних технологій. З огляду на специфіку цифрової навчальної поведінки студентів ІТ-спеціальностей доцільно було окреслити відповідні обмеження дослідження щодо можливості перенесення отриманих моделей на інші спеціальності.

5. Недостатня аргументація ролі візуалізації результатів інформаційної технології (підрозділ 4.4). Підрозділ, присвячений візуалізації даних переконливо демонструє роль візуалізації як етапу аналітичного процесу, однак доречним було б більш чітко пов'язати

окремі типи візуалізацій із конкретними управлінськими сценаріями або категоріями користувачів (адміністрація, викладачі, аналітики).

6. Технічні недоліки оформлення та форматування. Спостерігаються незначні розбіжності у масштабуванні шрифтів, вирівнюванні підписів та стилі оформлення таблиць, що варто було б узгодити з Вимогами до оформлення дисертацій.

Вважаю, що дисертація цілком відповідає вимогам до наукових досліджень рівня доктора філософії, а зазначені зауваження носять рекомендаційний характер і можуть бути враховані при подальшому розвитку теми в межах професійної спеціалізації за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Загальний висновок. Вважаю, що дисертація Клименка Євгенія Олеговича є завершеною, самостійно підготовленою кваліфікаційною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані та практично цінні результати, що вирішують важливе наукове завдання в галузі технічних наук. Актуальність обраної теми дисертації, ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, новизна та повнота викладення в опублікованих наукових працях повністю відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України.

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 Клименко Євгеній Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань «Інформаційні технології».

Рецензент професор кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор технічних наук, професор Валерій ЛАХНО