

## РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри транспортного будівництва та управління майном, доктора  
технічних наук, професора Харченко Анни Миколаївни  
на дисертаційну роботу

**Козачук Олени Ігорівни**

на тему: **«Моделі та методи адаптивного управління контентом в  
інформаційно-освітніх системах підготовки фахівців з транспорту»**,  
яка представлена на здобуття ступеня доктора філософії в галузі  
12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

**Актуальність теми дисертаційної роботи та її зв'язок з науковими програмами, планами, темами**

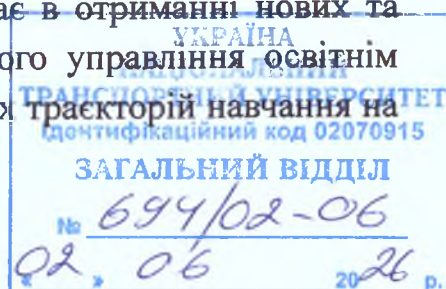
Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, поширення різних форм організації навчального процесу у дистанційному форматі та зростання потреби у персоналізації освітніх послуг зумовлюють необхідність створення адаптивних систем, здатних враховувати індивідуальні особливості, рівень підготовки та освітні потреби здобувачів освіти. Таким чином, дисертаційна робота Козачук Олени Ігорівни присвячена актуальній науково-прикладній проблемі – підвищенню ефективності освітнього процесу в умовах цифрової трансформації освіти.

Особливого ціннісного виміру дане дослідження набуває в умовах широкого впровадження цифрових освітніх платформ, де традиційні підходи до організації навчання часто не забезпечують необхідного рівня гнучкості та індивідуалізації. Запропоновані автором моделі та методи спрямовані на розв'язання цієї проблеми шляхом застосування сучасних підходів штучного інтелекту, графових моделей та інтелектуального аналізу даних для формування індивідуальних освітніх траєкторій.

Результати дисертаційного дослідження зорієнтовані на розробку новітнього інформаційно-технологічного забезпечення для супроводження освітнього процесу та підвищення кваліфікації фахівців, що безпосередньо корелює з пріоритетними напрямками розбудови цифрового простору та інтелектуальних систем в Україні. Таким чином, обрання теми роботи було обумовлене її високою науково-практичною значущістю для подальшого розвитку теорії та практики автоматизації адаптивного навчання.

**Наукова новизна і практичне значення отриманих результатів**

**Наукова новизна** дисертаційної роботи полягає в отриманні нових та удосконаленні існуючих моделей і методів адаптивного управління освітнім процесом, які забезпечують формування індивідуальних траєкторій навчання на



основі аналізу рівня знань, когнітивних характеристик та навчальної активності користувачів. Запропоновані рішення дозволяють підвищити ефективність функціонування сучасних Web-орієнтованих освітніх систем в умовах невизначеності та динамічної зміни параметрів навчання.

**Вперше:**

- розроблено комплексну математичну модель адаптивного керування процесом навчання, яка базується на інтеграції Баєсівських мереж для оцінювання когнітивного профілю здобувача та онтологічного підходу для структуризації контенту. Це дозволило формалізувати процес вибору навчальних об'єктів як багатокритеріальну задачу оптимізації, враховуючи складність матеріалу та поточний рівень компетентностей користувача.

**Удосконалено:**

- метод динамічної корекції індивідуального навчального плану, який базується на принципах комбінування колаборативної фільтрації та інтелектуального аналізу даних, що підвищує релевантність допоміжних навчальних ресурсів порівняно з традиційними методами ранжування;

- алгоритм динамічної побудови індивідуальної траєкторії навчання на основі графових моделей, який реалізує адаптивне управління контентом шляхом автоматизованої корекції складових освітніх компонентів індивідуального навчального плану в реальному часі.

**Отримали подальший розвиток:**

- методи адаптивного управління контентом в інформаційно-освітніх системах, що, на відміну від існуючих, враховують специфіку функціонування в умовах високого ступеня невизначеності вхідних характеристик користувача. Це дозволило уточнити вимоги до гнучкості архітектури сучасних систем навчання для підготовки фахівців з транспорту.

**Практична значущість отриманих результатів** полягає у створенні прикладного програмно-алгоритмічного забезпечення та архітектурних рішень для автоматизації персоналізованого навчання в цифровому середовищі.

На прикладному рівні реалізовано інструментарій інваріантного семантичного структурування дидактичних одиниць за допомогою онтологій та автономні модулі діагностики рівня знань на основі баєсівських мереж. Розроблений метод візуалізації графа знань дозволяє викладачам автоматизовано проектувати адаптивні курси, здійснювати предиктивний моніторинг навчальних досягнень та оперативно виявляти критичні елементи в освітніх компонентах.

Запропонований програмний прототип Web-орієнтованої системи, побудований на засадах мікросервісної архітектури, підтвердив високу ефективність та інваріантність запропонованих підходів, що дозволяє впроваджувати їх в освітній процес закладів освіти різних рівнів та

корпоративного сектору. Важливим результатом є розробка такої архітектури адаптивної освітньої системи на основі сучасного технологічного стеку, що забезпечує масштабованість, гнучкість та можливість інтеграції із наявними платформами дистанційного навчання. Запропоновані рішення можуть бути використані під час створення нових освітніх платформ, модернізації існуючих систем електронного навчання та організації програм професійного розвитку персоналу.

Практична значущість та цінність роботи підтверджується впровадженням результатів дослідження в освітній процес закладів вищої та фахової передвищої освіти, де використання розроблених моделей і методів сприяло підвищенню ефективності навчання, покращенню успішності здобувачів освіти та оптимізації процесу засвоєння навчального матеріалу. Зокрема, запропонований прототип адаптивної навчальної системи було апробовано на базі Навчально-наукового Київського інституту залізничного транспорту НТУ, Київського електромеханічного фахового коледжу, Київського фахового коледжу транспортної інфраструктури та Центральноукраїнського національного технічного університету, а також окремі результати дослідження були використані в діяльності КП «Київський метрополітен» і ПАТ «Київський електротехнічний завод «Транссигнал» під час навчання персоналу.

### **Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій та достовірність отриманих у роботі результатів**

Наукові положення, сформульовані у дисертації, а також її кінцеві висновки та рекомендації характеризуються високим ступенем обґрунтованості, що безпосередньо впливає із застосування комплексної методології системного аналізу. Достовірність результатів забезпечена коректним інтегруванням фундаментального апарату теорії ймовірностей, математичного моделювання, теорії графів, методів штучного інтелекту та сучасних Web-технологій, за допомогою яких автору вдалося формалізувати процедуру побудови індивідуальних освітніх траєкторій в умовах інформаційної невизначеності. Теоретичні моделі когнітивного профілю здобувача та онтологічної структури предметної області базуються на перевірених математичних засадах баєсівських мереж та інтелектуального аналізу даних.

Емпірична репрезентативність дослідження та адекватність розробленого математично-алгоритмічного забезпечення підтверджуються відповідним масивом даних, зібраних під час дослідно-експериментального навчання. Важливим свідченням достовірності є чітка збіжність теоретичних розрахунків із практичними результатами апробації. Зокрема, порівняльний аналіз функціонування створеної адаптивної системи відносно традиційних освітніх

підходів продемонстрував інтенсифікацію навчання. Зафіксовано зростання середнього показника успішності здобувачів на 17,1% за одночасного зменшення часових витрат на засвоєння дидактичного матеріалу на 25,8%.

Статистична спроможність та значущість отриманих авторами метрик доведена шляхом коректного застосування апарату математичної статистики, зокрема за допомогою критеріїв Стьюдента та Манна–Вітні, що нівелює фактор випадковості у позитивних зрушеннях експериментальних груп. Додатковим аргументом на користь достовірності винесених на захист положень є успішна програмна реалізація результатів у вигляді прототипу Web-системи, побудованого на базі сучасного технологічного стеку. Життєздатність та практична цінність запропонованих рішень верифікована їх безпосереднім впровадженням в освітній процес окремих закладів вищої освіти та фахових коледжів.

### **Повнота опублікування основних положень дисертаційної роботи**

Результати дисертаційної роботи достатньою мірою висвітлені в наукових публікаціях автора. За темою дослідження опубліковано 13 наукових праць, серед яких 6 статей у фахових наукових виданнях, а також тези доповідей у матеріалах міжнародних і всеукраїнських наукових конференцій.

Основні наукові положення, висновки та практичні результати роботи пройшли апробацію на наукових форумах різного рівня. Автором представлено результати дослідження на міжнародних конференціях, що відбувалися в Україні, Німеччині та Швейцарії, а також на всеукраїнських науково-практичних конференціях і щорічних наукових конференціях Національного транспортного університету. Представлені доповіді викликали науковий інтерес та отримали позитивну оцінку фахівців у галузі інформаційних технологій та цифрової освіти.

Аналіз опублікованих праць свідчить, що вони відображають ключові результати дисертаційного дослідження, включаючи теоретичні положення, а також розроблені моделі та методи. Таким чином, рівень апробації та повнота публікацій дають підстави вважати, що основні положення дисертаційної роботи достатньо висвітлені у відкритих наукових джерелах.

### **Відсутність порушення академічної доброчесності**

Дисертаційна робота Козачук Олени Ігорівни виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності та вимог щодо наукової етики. Текст дисертації пройшов перевірку за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення StrikePlagiarism.com в Національному транспортному університеті, результати якої не виявили неправомірних текстових запозичень. Використані в

роботі наукові джерела належним чином процитовані, а посилання оформлені відповідно до встановлених вимог. Підстав вважати, що автором допущено порушення академічної доброчесності, не встановлено.

### **Структура та зміст дисертаційного дослідження, рівень виконання поставленого наукового завдання**

Дисертаційна робота характеризується логічною побудовою та цілісністю викладення матеріалу. Структура дослідження є обґрунтованою та відповідає поставленій меті й завданням. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Загальний обсяг дисертації становить 160 сторінок, основний текст викладено на 116 сторінках. Робота містить 19 рисунків, 25 таблиць, список використаних джерел із 117 найменувань та 3 додатки.

У **першому розділі** автором досліджено сучасний стан розвитку адаптивних освітніх технологій та проведено аналіз існуючих Web-орієнтованих систем навчання. Значну увагу приділено проблемам персоналізації освітнього процесу та існуючим підходам до адаптації навчального контенту відповідно до потреб і можливостей здобувачів освіти.

**Другий розділ** присвячено розробленню математичного забезпечення адаптивної системи навчання. Автором запропоновано модель користувача, формальну модель представлення навчального контенту на основі онтологічного підходу та модель адаптивного керування процесом навчання. Важливим результатом є також розробка методу оцінювання складності навчальних об'єктів, що дозволяє підвищити рівень персоналізації навчання.

У **третьому розділі** сформовано методичне та алгоритмічне забезпечення адаптивного управління навчальним контентом. Розроблені алгоритми формування індивідуальної освітньої траєкторії, динамічної корекції навчального маршруту та рекомендаційна підсистема забезпечують реалізацію інтелектуальної підтримки процесу навчання в цифровому середовищі.

**Четвертий розділ** містить опис програмної реалізації запропонованих рішень та результати їх експериментальної перевірки. Наведено архітектуру розробленої системи, особливості її програмної реалізації та результати апробації. Проведені експериментальні дослідження підтвердили ефективність запропонованих моделей і методів, зокрема щодо підвищення успішності здобувачів освіти та оптимізації процесу засвоєння навчального матеріалу.

Загалом зміст дисертації свідчить про високий рівень виконання поставленого наукового завдання. Отримані результати є взаємопов'язаними, логічно завершеними та підтверджують досягнення поставленої мети дослідження.

### **Зауваження та побажання до дисертаційної роботи**

У цілому, дисертаційна робота Козачук Олени Ігорівни заслуговує позитивної оцінки, проте необхідно зазначити деякі зауваження, які мають дискусійний характер:

1. Автор обґрунтовує використання мікросервісної архітектури та стратегії Polyglot Persistence (Neo4j та PostgreSQL). Проте поза увагою залишилося питання потенційної затримки при синхронізації великих обсягів даних між графовою та реляційною БД у випадку критичного зростання кількості одночасних сесій користувачів.

2. У розділах, де описується комплексна математична модель, зокрема інтеграція баєсівських мереж та онтологій, бракує узагальнюючих структурно-логічних схем.

3. Експериментальна частина дослідження (розділ 4) базується на аналізі успішності двох груп по 25 осіб кожна. Попри те, що отримані результати є статистично значущими за критерієм Манна-Вітні, для повної валідації масштабованості системи «Експрес знань» було б доцільно провести апробацію на більшій кількості респондентів, що охоплювали б різні спеціальності (не лише залізничного профілю).

4. У практичних рекомендаціях автор стверджує, що розроблені моделі та методи є інваріантними (універсальними) до предметної області. Проте у науковій новизні (пункт 4) наголошується на врахуванні специфіки підготовки фахівців з транспорту. Виникає певна суперечність між задекларованою універсальністю інструментарію та його спеціалізацією для критичних об'єктів залізничної інфраструктури, яка потребувала глибшого теоретичного розмежування.

5. Дисертація містить ґрунтовні висновки щодо ефективності системи, проте автору варто було б окреслити шляхи інтеграції розробленого модуля з існуючими загальноуніверситетськими LMS (наприклад, Moodle), оскільки повна заміна наявних платформ новою системою може бути організаційно складною для великих закладів вищої освіти.

Висловлені зауваження та побажання не нівелюють загальної наукової цінності дисертаційного дослідження, мають переважно дискусійний або рекомендаційний характер і спрямовані на подальший розвиток обраного автором напрямку.

### **Загальні висновки**

Дисертаційна робота Козачук Олени Ігорівни, яка виконана на тему «Моделі та методи адаптивного управління контентом в інформаційно-освітніх системах підготовки фахівців з транспорту», присвячена розв'язанню

актуального науково-прикладного завдання у сфері інформаційних технологій та цифрової освіти. У роботі запропоновано нові підходи до побудови адаптивних освітніх систем, що базуються на використанні графових моделей, басівських мереж, методів інтелектуального аналізу даних та сучасних Web-технологій. Отримані результати характеризуються науковою новизною, достатнім рівнем обґрунтованості та підтверджені результатами експериментальних досліджень і практичного впровадження.

Дисертаційне дослідження виконано на високому науковому рівні, має завершений характер, логічну структуру та належне методичне забезпечення. Поставлені автором завдання вирішено в повному обсязі, а сформульовані висновки є аргументованими та відповідають отриманим результатам. Практична значущість роботи підтверджується впровадженням розроблених моделей і методів в освітній процес закладів вищої та фахової передвищої освіти, а також використання окремих результатів у діяльності підприємств транспортної галузі.

Зміст дисертації, рівень наукової новизни отриманих результатів, їх теоретичне та практичне значення, ступінь обґрунтованості висновків, повнота апробації та публікації результатів дослідження дають підстави стверджувати, що дисертаційна робота і оприлюднені за її результатами наукові праці повністю відповідають вимогам, визначеним пунктами 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 року № 44.

Вважаю, що Козачук Олена Ігорівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Рецензент:

професор кафедри транспортного будівництва  
та управління майном

Національного транспортного університету,  
доктор технічних наук, професор

Анна ХАРЧЕНКО

