РЕЦЕНЗІЯ

професора кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
доктора технічних наук, професора **КРИВОРУЧКО Олени Володимирівни**
на дисертацію **БОГУТА Олега Михайловича** на тему:
«Інформаційна технологія управління багаторівневим навчанням та підбором web-програмістів в ІТ-компанії»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю F3 «Комп'ютерні науки»
галузі знань F «Інформаційні технології»

Обґрунтування вибору теми дослідження. Дисертацію присвячено актуальній науково-прикладній проблемі управління багаторівневим навчанням, оцінюванням та підбором web-програмістів в ІТ-компаніях, значущість якої суттєво зростає в умовах стрімкого оновлення технологій web-розробки, об'єктивної необхідності у відповідності традиційної фахової підготовки від запитів ІТ-індустрії та підвищення потреби в інструментах, здатних узгоджувати навчання, оцінювання й кадрове забезпечення ІТ-проєктів із реальними вимогами ринку. Обрана тематика відповідає напрямам розвитку спеціальності F3 «Комп'ютерні науки», зокрема у частині розроблення новітніх інформаційних технологій, систем підтримки прийняття рішень та застосування технологій штучного інтелекту для автоматизації HR-процесів.

В дисертації коректно визначено об'єкт і предмет дослідження, а також чітко й логічно сформульовано мету та основні завдання, що забезпечує концептуальну цілісність і внутрішню узгодженість подання матеріалу дисертації. Методичний підхід до розв'язання задачі багаторівневого навчання та порангового відбору web-програмістів ґрунтується на її інтерпретації як задачі багатокритеріального вибору та підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності. Такий підхід дозволяє формалізувати процеси оцінювання компетентностей, враховувати важливість критеріїв hard- та soft-скілів для різних рівнів професійної кар'єри й реалізовувати алгоритмічні процедури формування проєктних ІТ-команд. Запропоновані в роботі підходи узгоджуються із сучасними тенденціями розвитку інтелектуальних інформаційних систем, машинного навчання та генеративного й оркестрованого агентного штучного інтелекту, що підтверджує їх релевантність і перспективність для подальшого наукового та практичного застосування, особливо в частині формування й комплектування проєктних ІТ-команд.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Дисертація відзначається високим рівнем системності, логічною послідовністю викладу матеріалу та належним ступенем обґрунтованості всіх етапів дослідження: від ґрунтовного аналізу предметної області до апробації отриманих результатів. Це свідчить про цілісний характер проведеного дослідження та достатній рівень його наукової

аргументованості. Здобувач опрацював вагомий масив джерел (224 найменування, з яких 189 – іноземні), що охоплюють підготовку, оцінювання та відбір ІТ-фахівців, методології управління ІТ-проєктами й застосування штучного інтелекту в HR-процесах. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним поєднанням системного, функціонального та когнітивного підходів із методами аналізу даних, моделювання процесів підтримки прийняття рішень, математичного моделювання в умовах невизначеності та технологіями генеративного й оркестрованого агентного штучного інтелекту, а також узгодженістю теоретичних положень із результатами їх практичної перевірки. Заслуговує на схвалення те, що теоретичні побудови доведено до рівня працездатного програмного прототипу.

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає у тому, що:

вперше:

– розроблено інтелектуальну інформаційну систему із застосуванням технології агентного штучного інтелекту LangGraph для аналізу професійних компетенцій web-програмістів та автоматизованого формування персональних планів їхнього професійного розвитку, яка, на відміну від існуючих підходів, передбачає поєднання модуля навчання (LMS), модуля оцінювання та модуля рекрутингу і дає змогу формалізувати добір виконавців до складу проєктних ІТ-команд із урахуванням їхніх рангів і компетентностей;

– застосовано технологію агентного штучного інтелекту для розв’язання багатокритеріальної задачі оптимізації щодо формування проєктних команд, що, на відміну від відомих аналогів, забезпечує автоматизоване зіставлення кандидата з вимогами професійного тайтлу в розрізі ієрархії рівнів Trainee, Junior, Middle, Senior, Lead;

удосконалено:

– матрицю компетенцій ІТ-фахівця завдяки ранжуванню у розрізі «грейд/компетенція», що, на відміну від існуючих рішень, забезпечує диференційоване оцінювання відповідності кандидата професійному рівню;

– математичну модель прийняття рішень з підбору програмістів за рахунок використання матриці вагових коефіцієнтів, що сприяє більш точній адаптації алгоритмів оцінювання та відбору web-програмістів в ІТ-компанії;

набув подальшого розвитку метод оцінювання ІТ-персоналу, а саме метод 180°, модифікований для застосування з удосконаленою матрицею компетенцій, що, на відміну від існуючих підходів, орієнтований на узгодження результатів оцінювання з поранговою структурою компетентностей web-програмістів.

Викладені положення підтверджуються експериментальними результатами, апробацією на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях та публікацією у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Web

of Science Core Collection та/або Scopus та виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України.

Значення одержаних результатів для науки і практики та рекомендації щодо їх можливого використання. Практичне значення дисертаційного дослідження полягає у створенні інформаційної технології управління багаторівневим навчанням і підбором web-програмістів, що має безпосереднє значення для закладів вищої освіти та ІТ-компаній. Автором підготовлено підручник «WEB-програмування» та однойменний електронний курс; виконано декомпозицію бізнес-процесів рекрутингу й управління розвитком ІТ-персоналу; формалізовано гібридну модель управління ІТ-проєктами на основі гнучких методологій; здійснено проєктування архітектури та програмну реалізацію системи засобами мови Python, CMF Drupal і технології LangGraph з інтеграцією в корпоративну інформаційну систему на базі екосистеми Amazon AWS. Вагомим прикладним результатом є матриця hard-скілів для профілю Drupal-розробників рівнів trainee-lead та матриця вагових коефіцієнтів як цифровий інструмент диференційованого оцінювання відповідності кандидата професійному тайтлу. Результати дослідження можуть стати методичною основою для розроблення спеціалізованого програмного забезпечення та інтелектуальних систем навчання, оцінювання й відбору ІТ-фахівців, можуть бути використані як у дослідженнях, так і в практичних розробках у сфері кадрового забезпечення ІТ-проєктів. Результати використовуються в освітньому процесі Приватного вищого навчального закладу «Міжнародний економіко-гуманітарний університет імені академіка Степана Дем'янчука» (дисципліни «Основи веб-програмування», «Веб-програмування», «Проєктування та підтримка веб-застосувань») і впроваджені у виробничі процеси ІТ-компаній SIA AnyforSoft (Латвія) та ТОВ «Смарт-Кінг» (Україна), що засвідчено відповідними довідками.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення. Дисертація Олега Богута є завершеним науковим дослідженням, що відзначається цілісністю, логічною структурою та високим рівнем теоретичного й методологічного опрацювання. Робота має наступні складові: анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг роботи становить 217 сторінок. Матеріал унаочнено таблицями, рисунками та додатками. До дисертації включено 8 додатків. Бібліографічний список містить 224 джерела, з яких 189 – іншомовні.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено 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.

У **першому розділі** дисертаційного дослідження проведено аналіз сучасних інтелектуальних інформаційних систем та обґрунтовано необхідність їх застосування

при відборі на посади web-програмістів в ІТ-компанії; виконано аналіз основних напрямів застосування інтелектуальних інформаційних систем у цифровому суспільстві та досліджено методологію створення інформаційної системи. Окреслено проблеми та перспективи підготовки і відбору web-програмістів в ІТ-компаніях, на основі чого здійснено постановку задачі автоматизації процесів ІТ-рекрутингу. Доведено доцільність застосування інтелектуальних інформаційних систем для порангового відбору web-програмістів.

Другий розділ присвячено теоретичним основам створення інтелектуальної інформаційної системи з основ web-розробки. Розкрито зміст навчання програмістів та загальні принципи web-розробки, побудовано структурну схему компетентностей бекенд-, фронтенд- і фуллстек-розробників, виконано порівняльний аналіз методологій управління ІТ-проєктами (Scrum, Kanban, Waterfall) та узагальнено характеристики професійних рівнів Trainee, Junior, Middle, Senior. Викладено методику побудови інтелектуальної інформаційної системи для підготовки та відбору web-програмістів, реалізовано багаторівневу перевірку знань і розроблено проєкт відповідної інформаційної системи, а також модель і алгоритм порангового оцінювання компетенцій.

Третій розділ присвячено розробленню програмного забезпечення для управління багаторівневим навчанням та підбором web-програмістів в ІТ-компанії. Подано електронний навчальний курс «WEB-програмування», описано інтелектуальну систему порангового оцінювання знань web-програмістів та структуру інтелектуальної інформаційної системи з підготовки та підбору web-програмістів. Удосконалено матрицю компетенцій ІТ-фахівця за рахунок ранжування у розрізі «грейд/компетенція» та математичну модель прийняття рішень із застосуванням матриці вагових коефіцієнтів.

Четвертий розділ присвячено реалізації інтелектуальної інформаційної системи для багаторівневого навчання web-програмістів в ІТ-компанії та її експериментальній перевірці. Викладено методику проведення навчання й відбору програмістів за допомогою інтелектуальної інформаційної системи, здійснено постановку дослідних задач та подано методику й результати експерименту з оцінювання знань здобувачів. Експериментальну перевірку розроблених модулів навчання та відбору web-програмістів підтверджено результатами, що засвідчують дидактичну ефективність створеної інформаційної технології.

У **висновках** узагальнено основні наукові результати, сформульовано теоретичні та практичні положення, що відповідають поставленій меті та завданням дослідження, а також окреслено напрями подальших наукових досліджень.

Робота відзначається послідовністю викладу матеріалу, чіткою внутрішньою організацією та обґрунтованістю отриманих наукових результатів. Усі розділи дисертації логічно взаємопов’язані і спрямовані на досягнення сформульованої мети дослідження, що забезпечує її цілісність. Дисертація оформлена відповідно до вимог МОН України

та характеризується завершеністю, високою культурою наукового викладу й відповідає критеріям кваліфікаційної праці на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності F3 «Комп'ютерні науки».

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. Положення дисертації висвітлено у 33 наукових працях, з яких стаття у науковому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 4 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 10 статей у колективних монографіях, 2 статті в інших наукових виданнях, 16 тез наукових доповідей. Опубліковані праці достатньо повно розкривають основні наукові результати дисертації. Основний внесок за обсягом у матеріалах публікацій належить здобувачу.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійно виконаною кваліфікаційною науковою працею, у якій викладено обґрунтовані наукові положення, висновки та рекомендації, запропоновані автором для публічного захисту. Використання результатів, ідей та текстів інших авторів супроводжується посиланнями на відповідні джерела, бібліографію оформлено згідно з вимогами, дотримано принципів наукової етики та норм авторського права. Ознак привласнення чужих наукових результатів, ідей чи текстів без належного цитування не виявлено, що свідчить про дотримання принципів академічної доброчесності.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. Дисертація Олега Богута виконана на високому науково-технічному рівні, відповідає спеціальності F3 «Комп'ютерні науки», має завершений характер. Водночас дисертація містить окремі дискусійні положення та зауваження, що не знижують її загальної наукової цінності, однак можуть бути враховані для подальшого вдосконалення дослідження.

1. У роботі застосовано фреймворк оркестрації LangGraph (с. 72), проте потребує обґрунтування його вибір у порівнянні до інших засобів побудови мультиагентних систем із зазначенням відповідних критеріїв порівняння.

2. Запропоновану модель формування проєктних команд доцільно більш повно співвіднести з усталеними практиками проєктного менеджменту (зокрема з підходами до управління ресурсами та ролями у PMBOK чи Agile-методологіях), а також розкрити, як модель ураховує командну сумісність і завантаженість виконавців, а не лише індивідуальні компетентності.

3. Експериментальну перевірку виконано методом контрольних груп із застосуванням t-критерію Стьюдента, тому доцільно узгодити фактичні середні значення успішності з округленими даними, використаними в розрахунку t-статистики.

4. Оскільки систему побудовано на генеративних моделях (OpenAI GPT) з імовірнісним характером відповідей, потребує уточнення рівень відтворюваності рекомендацій під час формування команд та відбору кандидатів.

5. Прикладну реалізацію орієнтовано переважно на профіль Drupal-розробників (backend), тому питання масштабованості запропонованих матриць і моделей на інші напрями web-розробки (frontend, full-stack) потребує додаткового обґрунтування або окреслення як перспективи подальших досліджень.

Наведені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертації та мають переважно рекомендаційний характер, спрямовані на підвищення рівня формалізації, відтворюваності результатів, їх експериментальної валідації та практичної цінності в контексті сучасних задач комп'ютерних наук.

Загальний висновок. Загалом дисертація на тему: «Інформаційна технологія управління багаторівневим навчанням та підбором web-програмістів в IT-компанії» є завершеним науковим дослідженням, у якому отримано нові науково обґрунтовані результати, що мають важливе значення для розвитку методів управління навчанням, оцінюванням та відбором IT-фахівців. Зміст дисертації відповідає обраній темі, поставленій меті та сформульованим завданням. Отримані результати характеризуються науковою новизною, теоретичною обґрунтованістю та практичною цінністю, а також мають потенціал для подальшого розвитку і впровадження у сфері комп'ютерних наук та інформаційних технологій. За рівнем наукової новизни, обґрунтованості отриманих результатів, їх достовірності та практичної значущості дисертація відповідає вимогам, що висуваються до дисертацій за спеціальністю F3 «Комп'ютерні науки».

Вважаю, що дисертація на тему: «Інформаційна технологія управління багаторівневим навчанням та підбором web-програмістів в IT-компанії» 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 Богут Олег Михайлович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю F3 «Комп'ютерні науки» галузі знань F «Інформаційні технології».

Рецензент професор кафедри комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки Національного університету біоресурсів і природокористування України, доктор технічних наук, професор Олена КРИВОРУЧКО