РЕЦЕНЗІЯ
доцента кафедри інформаційних технологій, доцента, кандидата технічних наук
КАШТАН Віти Юріївни
на дисертацію СЕМЕНОВА Сергія Юрійовича
«ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ДАНИХ АГРОМОНІТОРИНГУ НА ОСНОВІ ТУМАННОЇ АРХІТЕКТУРИ»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення»

Актуальність теми дослідження. Тема дисертаційної роботи здобувача Семенова С.Ю. є актуальною у зв'язку зі зростанням ролі комп'ютерних та інформаційно-аналітичних технологій у забезпеченні сталого сільськогосподарського виробництва за умов мінливих агрокліматичних і техніко-технологічних факторів, обмеженості ресурсів та підвищених вимог до ефективності агротехнологічних рішень. Продуктивність вирощування агрокультур визначається взаємодією ґрунтокліматичних процесів, біологічних особливостей рослин і технологій їх вирощування. Це зумовлює необхідність застосування інтелектуальних засобів аналізу та прогнозування даних агромоніторингу для підтримки прийняття рішень протягом усього вегетаційного циклу. Попри значний розвиток технологій агромоніторингу та прогнозування врожайності, наявні програмно-алгоритмічні рішення переважно не забезпечують комплексної інтелектуалізованої обробки часово-просторових даних з одночасним урахуванням динаміки агрокліматичних умов, типів агрокультур і технологій їх захисту в межах децентралізованої архітектури з автоматизованою підтримкою агротехнічних рішень. Водночас світовий досвід підтверджує ефективність цифровізованих інтелектуальних систем, що забезпечують збір, багаторівневу трансформацію та аналітику ґрунтокліматичних даних для підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва.

Виходячи з цього, важливою й своєчасною є науково-практична задача, яка полягає в подальшому розвитку інформаційних і комп'ютерних технологій агротехнічного призначення завдяки розробці та використанню програмно-алгоритмічного забезпечення комплексної інтелектуалізованої трансформації даних агромоніторингу на основі туманної архітектури під час прогнозування врожайності сільськогосподарських культур із урахуванням значної мінливості агрокліматичних умов, типів вирощуваних агрокультур та застосовуваних практик їх захисту в

конкретних агротехнологічних умовах, що визначає наукову та практичну значущість цього дисертаційного дослідження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема цієї дисертаційної роботи відповідає стратегічним напрямам розвитку України та ЄС, зокрема, визначеним у документі «Стратегія цифрового розвитку інноваційної діяльності України (WINWIN) до 2030 року», Законі України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», постанові Кабінету Міністрів України щодо пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень на період після припинення або скасування воєнного стану, а також секторальній стратегії ЄС «Common Agricultural Policy». Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи НТУ «Дніпровська політехніка» «Методи, моделі та технології обробки і аналізу даних в комп'ютеризованих системах» (№ 0124U004583).

Обґрунтованість і достовірність положень наукової новизни, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Всі положення наукової новизни, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є обґрунтованими, логічно сформульованими, послідовними та підтверджуються результатами теоретичних і експериментальних досліджень. Достовірність отриманих результатів забезпечено застосуванням сучасних технік інформаційного, структурного та комп'ютерного моделювання, алгоритмів повноциклової інтелектуальної обробки даних, а також серією комп'ютерних експериментів на реальних даних агромоніторингу.

Наукова новизна отриманих результатів досліджень. У результаті виконання дисертаційного дослідження здобувачем Семеновим С.Ю. розроблено нові, удосконалено та розвинуто наявні методи, моделі й програмно-алгоритмічні компоненти для повноциклової інтелектуалізованої трансформації часово-просторових даних агромоніторингу з метою прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. До найбільш вагомих положень наукової новизни, на мій погляд, відносяться:

1. Уперше синтезовано повноциклову туманну архітектуру програмно-алгоритмічного забезпечення прогнозування врожайності агрокультур, що, на відміну від відомих рішень, комплексно враховує вплив агрокліматичних умов, типів вирощуваних агрокультур та застосовуваних практик їх захисту, а також реалізує наскрізну логіку виконання процедур агрегування, інтелектуалізованого опрацювання даних та підтримки прийняття рішень, які об'єктивно розподілені за функціональними рівнями, що дозволяє підвищити ефективність і масштабованість процесу трансформації результатів агромоніторингу.

2. Дістав подальшого розвитку інформаційно-орієнтований підхід до прогнозування врожайності агрокультур завдяки комплексній програмній реалізації процедур попередньої обробки, розвідувального аналізу і прогнозної аналітики даних та інтерпретації предикативних моделей у межах децентралізованої архітектури, що дозволило підвищити точність та адекватність прогнозування врожайності агрокультур шляхом досягнення відносної похибки прогнозування ±7,8 % і коефіцієнта детермінації 0,9904 у широкому діапазоні варіювання типів агрокультур і просторово-часових умов їх вирощування.

3. Удосконалено теоретико-прикладні підходи до створення й застосування програмно-алгоритмічних рішень прогнозного агромоніторингу шляхом розробки та валідації вебзастосунку, який реалізує логіку на основі запитів під час трансформації часово-просторових даних у туманній архітектурі, що, на відміну від відомих рішень, одночасно поєднує децентралізовану предикативну аналітику й інтерпретацію, забезпечує сумісність із агроінформаційними системами та реалізує механізми оперативного сповіщення користувачів, що дозволяє підвищити практичну ефективність використання результатів прогнозування врожайності агрокультур під час управління агротехнологічними процесами.

Оцінка змісту роботи. Дисертаційна робота вирізняється логічно вибудуваною структурою і охоплює завершений цикл наукового дослідження. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку літератури та додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об’єкт і предмет дослідження, наведено методи, наукову новизну, практичне значення, відомості про апробацію, публікації, особистий внесок та впровадження результатів.

Перший розділ присвячено аналізу сучасних вітчизняних і світових підходів до цифровізації та інтелектуалізації рослинництва відкритого ґрунту, зокрема методів і засобів багатоетапного опрацювання даних агромоніторингу для прогнозування врожайності.

У другому розділі формалізовано процес інтелектуалізованої трансформації часово-просторових даних агромоніторингу для прогнозування врожайності в мінливих агрокліматичних умовах. Обґрунтовано доцільність використання туманної архітектури та розроблено структурно-функціональну й інформаційну моделі відповідного програмно-алгоритмічного забезпечення.

Третій розділ присвячено розробленню та дослідженню програмних компонент повноциклової трансформації даних агромоніторингу на етапах їх збору, обробки, аналізу та прогнозування. Застосовано методи статистичного й кореляційного аналізу, машинного навчання та пояснювального штучного інтелекту, на основі чого

сформовано потокову модель функціонування програмно-алгоритмічного забезпечення.

У четвертому розділі представлено результати створення, тестування та валідації комп'ютерної технології повноциклової інтелектуалізованої трансформації даних агромоніторингу на основі туманної архітектури. Розроблено вебзастосунок із засобами візуалізації, інтерпретації прогнозних моделей, інтеграції із зовнішніми агроінформаційними системами та сповіщення користувачів. Визначено обмеження розроблених рішень і перспективи їх подальшого розвитку.

У висновках узагальнено основні результати дослідження та сформульовано підсумкові положення щодо досягнення мети й виконання поставлених завдань.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях. За темою дисертації опубліковано 10 наукових праць, із яких: 1 стаття в журналі, індексованому в наукометричних базах Scopus і Web of Science (квартиль Q1); 3 статті в періодичних наукових виданнях України категорії Б; 6 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій, із яких 1 індексується в наукометричній базі Scopus.

Практичне значення роботи та впровадження отриманих результатів досліджень. Ця дисертація характеризується практичною орієнтованістю на підприємства рослинництва відкритого ґрунту. В роботі, зокрема, розроблено структурно-компонентне забезпечення та базові модельні діаграми програмно-алгоритмічного рішення прогнозування врожайності агрокультур; реалізовано та валідовано програмні компоненти багаторівневої агрегації, обробки й предикативної аналітики кліматичних і агротехнологічних даних; створено та протестовано вебзастосунок із користувацьким інтерактивним інтерфейсом, який забезпечує візуалізацію результатів агромоніторингу, інтерпретацію прогнозних моделей, сумісність із зовнішніми агроінформаційними системами; запропоновано децентралізовану архітектуру програмно-алгоритмічного забезпечення предикативного агромоніторингу. Практичну цінність результатів досліджень, отриманих у цій дисертації, підтверджено їх використанням у науково-дослідній і виробничій діяльності Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України. Також результати досліджень упроваджено в освітній процес НТУ «Дніпровська політехніка» під час підготовки здобувачів за освітньо-науковим рівнем вищої освіти за спеціальностями галузі інформаційні технології.

Відсутність/наявність ознак порушення академічної доброчесності. За результатами аналізу дисертації, наукових публікацій здобувача та матеріалів перевірки на академічну доброчесність порушень принципів академічної

доброчесності не виявлено. Результати, представлені до захисту, є оригінальними, отриманими здобувачем особисто та відповідають вимогам чинного законодавства України і нормативним документам НТУ «Дніпровська політехніка».

Зауваження до дисертації. Загалом дисертаційна робота аспіранта Семенова С.Ю. справляє позитивне враження, однак під час детального аналізу цієї дисертації виявлено та сформульовано певні зауваження:

1. У результаті розробки моделей інтелектуального аналізу агромоніторингових даних автором проведено достатньо об'єктивну їх оцінку за метриками MAE, MAPE, RMSE та R^2, а також використано 5-кратну крос-валідацію. Проте з огляду на часову динаміку аналізованих наборів даних, доцільно було б застосувати додаткову часову схему валідації.

2. У дисертації автором використано глобальні та локальні методи пояснювального штучного інтелекту. На мій погляд, у цій роботі доцільно було б додати ґрунтовніше обговорення відмінностей між результатами, що спостерігаються під час використання окремих методів пояснювального штучного інтелекту, а також впливу вибору конкретного методу інтерпретації на кінцеві рекомендації для користувача.

3. Автор достатньо чітко й аргументовано обґрунтовує доцільність застосування туманної архітектури під час побудови досліджуваного програмно-алгоритмічного забезпечення. Разом із тим, наукову обґрунтованість запропонованих рішень посилило б проведення кількісного порівняльного аналізу показників енергоспоживання та обчислювального навантаження туманної та хмароцентричної архітектур.

4. У тексті дисертації автор неодноразово використовує певні терміни, які не є загальновживаними в україномовній науковій літературі, зокрема «предикативний аналіз», «інтелектуалізована трансформація», «повноциклова трансформація». Такий підхід є достатньо виправданим для предметної області досліджень цієї дисертації, проте уніфікація та чітке обґрунтування таких термінів сприяли б однозначнішому сприйняттю її основних результатів.

5. Доцільно було б розширити графічний матеріал, що ілюструє тестування інтерфейсу користувача запропонованого вебзастосунку, наведений в підрозділі 4.3 дисертації. Це підвищило б інтерпретованість заявленого спектра функціональних можливостей розробленого вебзастосунку.

Зазначені зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи.

Висновок. Дисертація СЕМЕНОВА Сергія Юрійовича на тему «Програмно-алгоритмічне забезпечення інтелектуалізованої трансформації вимірювальних даних

агромоніторингу на основі туманної архітектури» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, виконаною на належному науковому та практичному рівні.

Враховуючи актуальність, рівень наукової новизни, теоретичну та практичну значущість отриманих автором результатів, ця дисертація відповідає вимогам чинного законодавства України щодо дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, які передбачені наказом МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та «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 12.01.2022 р. № 44.

Вважаю, що здобувач СЕМЕНОВ Сергій Юрійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Рецензент,
доцент кафедри інформаційних
технологій та комп’ютерної
інженерії НТУ «Дніпровська політехніка»,
кандидат технічних наук, доцент Віта КАШТАН