

Голові спеціалізованої вченої ради
ДФ 58.082.107
Західноукраїнського національного
університету
доктору технічних наук, професору
Диваку Миколі Петровичу

РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, доцента, професора кафедри комп'ютерних наук
Західноукраїнського національного університету

Манжули Володимира Івановича

на дисертаційну роботу Мачуляка Михайла Володимировича

на тему: «Математичні та програмні засоби моніторингу урожайності зернових
культур із використанням геоінформаційних технологій»

на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження.

Актуальність дисертаційної роботи Мачуляка Михайла Володимировича зумовлена сучасними тенденціями розвитку агропромислового комплексу, що характеризуються переходом до цифрових технологій управління сільськогосподарським виробництвом на основі ефективних систем моніторингу та прогнозування урожайності.

Традиційні підходи до оцінювання урожайності, базовані на емпіричних методах та візуальному обстеженні полів, не забезпечують необхідного рівня точності та оперативності для прийняття ефективних агротехнічних рішень. Це особливо критично в умовах збільшення площ сільськогосподарських угідь та необхідності оптимізації використання ресурсів. В той же час, застосування геоінформаційних технологій у поєднанні з методами дистанційного зондування та математичним моделюванням відкриває нові можливості для створення

високоточних систем моніторингу урожайності. Особливе значення має розробка інтегрованих підходів до обробки різнорідних просторово-часових даних: знімків із БПЛА, даних про ґрунтовий покрив та агротехнічні характеристики полів.

З огляду на зазначене, розробка математичних та програмних засобів моніторингу урожайності зернових культур із використанням геоінформаційних технологій є вкрай актуальною науково-практичною задачею, що відповідає пріоритетним напрямкам розвитку цифрових технологій в аграрному секторі.

2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота Мачуляка Михайла Володимировича є системним науковим дослідженням, що містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальна структура роботи логічно обґрунтована та повністю відповідає меті і завданням дослідження.

У вступі сформульовано актуальність теми, визначено мету і завдання дослідження, об'єкт і предмет наукового пошуку. Належно обґрунтовано зв'язок роботи з науковими програмами та державними пріоритетами розвитку агротехнологій. Представлено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ присвячено комплексному аналізу сучасного стану методів і технологій моніторингу урожайності сільськогосподарських культур. Здійснено ґрунтовний огляд існуючих підходів до оцінювання продуктивності посівів, включаючи класичні агрометеорологічні методи та сучасні технології дистанційного зондування Землі. Детально проаналізовано можливості застосування мультиспектральних та гіперспектральних супутникових знімків, радіолокаційних даних. Особливу увагу приділено аналізу вегетаційних індексів та їх кореляційних зв'язків з біофізичними параметрами рослин.

У другому розділі автором розроблено математичний апарат для моделювання динаміки вегетаційних індексів. Ключовою інновацією є адаптивна

дискретна модель, що базується на аналізі зважених історичних траєкторій розвитку зернових культур. Метод передбачає сегментацію періоду спостереження на часові вікна, що дозволяє порівнювати поточні показники з релевантними ретроспективними даними. Особливої уваги заслуговує застосування модифікованої моделі Моно, яка забезпечує коректний перехід від дискретного представлення даних до неперервної динаміки біологічних процесів. Відповідний метод ідентифікації включає побудову початкових наближень на основі наближених дискретних співвідношень із наступним уточненням градієнтними методами.

Третій розділ присвячено методам оцінки стану ґрунтів та прогнозування продуктивності посівів. Запропоновано оцінювати ступінь ущільнення ґрунту через залежність висоти рослин від показників опірності ґрунту відносно механічного втручання, використовуючи при цьому модифіковану модель Моно для процесів редукції. Сформована модель урожайності є адаптивною, оскільки вона оперативно реагує на зміни вегетаційних індексів протягом сезону, що створює підґрунтя для розробки та впровадження коригуючих агротехнічних рішень.

У четвертому розділі описано архітектуру спеціалізованої геоінформаційної системи. Автор деталізує структуру інформаційного забезпечення та пропонує сучасну мікросервісну компонентну модель. Процеси функціонування системи формалізовано за допомогою діаграм послідовностей. Важливим практичним результатом є розробка структури рекомендаційної підсистеми, спрямованої на оптимізацію агротехнічних заходів.

Висновки роботи є логічно обґрунтованими та повністю відповідають поставленим завданням. Матеріали додатків підтверджують практичне впровадження та використання результатів дослідження.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в розробці нових методологічних підходів до математичного моделювання процесів формування

урожайності зернових культур з використанням геоінформаційних технологій та створенні інноваційних програмних рішень для їх практичної реалізації.

До основних наукових результатів, що мають новизну, належать:

1. запропоновано та обґрунтовано двокомпонентну адаптивну модель динаміки вегетаційних індексів, яка на відміну від відомих містить дискретну адаптивну компоненту, що будується на основі комбінації поточних та історичних даних, а також апроксимаційної неперервної компоненти на основі моделі Моно, що у сукупності забезпечило побудову нелінійної неперервної моделі вегетаційних індексів;

2. запропоновано відкриту сервісно-орієнтовану архітектуру програмного забезпечення для побудови рекомендацій щодо агротехнічних заходів на базі динаміки вегетаційних індексів, яка на відміну від відомих інтегрує програмні компоненти: рекомендованих періодів оцінки динаміки розвитку рослин, моделей динаміки вегетаційних індексів, моделей ущільнень ґрунтів, аналізатор ефективності агротехнічних заходів, що у сукупності уможливило розробку програмних систем для підвищення урожайності сільськогосподарських культур;

3. набув подальшого розвитку метод ідентифікації моделі Моно процесів насичення та редукції, який на відміну від існуючих при побудові початкових наближень коефіцієнтів моделі враховує монотонний характер модельованих процесів, що забезпечило апроксимаційні властивості моделей, погоджені з точністю вхідної інформації;

4. набув подальшого розвитку метод ідентифікації дворівневої адаптивної моделі урожайності, який на відміну від існуючих використовує пояснюючі змінні у вигляді моделей вегетаційних індексів, що забезпечило адаптивні та прогностичні властивості моделі.

Отримані результати мають методологічну цінність та розширюють теоретичну базу для створення інтелектуальних систем управління в точному землеробстві.

4. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях

Дисертаційна робота має обсяг, який відповідає встановленим вимогам, та складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Структурно робота побудована логічно, матеріал викладено послідовно і зрозуміло. Робота містить достатню кількість ілюстративного матеріалу (рисунок, таблиці, схеми), який належно підтверджує теоретичні положення та експериментальні результати.

Список використаних джерел містить сучасну вітчизняну та зарубіжну літературу, що свідчить про ґрунтовне опрацювання наукових матеріалів за тематикою дослідження. Додатки містять документи, які підтверджують практичне застосування та впровадження результатів роботи.

Дисертацію викладено українською мовою, з дотриманням норм наукового стилю. Термінологічний апарат використано коректно та послідовно. Оформлення роботи відповідає чинним вимогам до дисертаційних досліджень.

Перевірка дисертації на дотримання принципів академічної доброчесності не виявила порушень. Всі використані матеріали інших авторів належно оформлені посиланнями на першоджерела. Власний внесок автора чітко окреслений та обґрунтований.

Основні результати дисертації знайшли належне відображення в публікаціях автора, включаючи статті у фахових наукових виданнях та матеріали міжнародних наукових конференцій. Зміст публікацій повністю відповідає тематиці дисертаційного дослідження та підтверджує особистий внесок здобувача.

5. Практичне значення результатів дисертації

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у створенні комплексу математичних методів і програмних засобів, які можуть бути безпосередньо використані в системах управління сільськогосподарським виробництвом. Розроблені рішення мають широкі можливості застосування в агрохолдингах та

фермерських господарствах для оперативного планування польових робіт та оптимізації витрат ресурсів, в страхових компаніях для оцінки ризиків сільськогосподарського виробництва та розрахунку страхових премій, в органах державного управління для формування прогнозів валових зборів зерна та розробки аграрної політики, в науково-дослідних установах для проведення агроекологічного моніторингу та оцінки впливу кліматичних змін на сільське господарство, в навчальному процесі закладів вищої освіти аграрного та технічного профілю.

Впровадження розроблених засобів сприяє підвищенню ефективності використання земельних ресурсів, зменшенню екологічного навантаження на агроєкосистеми та забезпеченню сталого розвитку сільських територій.

6. Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації

Загалом дисертаційна робота виконана на високому науковому рівні, проте є деякі питання рекомендаційного характеру:

1. Доцільним було б більш детально розглянути питання адаптації запропонованих математичних моделей для різних типів ґрунтів та агрокліматичних зон, оскільки це має принципове значення для масштабування системи.

2. Бажаним є поглиблений аналіз обчислювальної складності запропонованих алгоритмів та їх оптимізації для роботи з великими масивами даних у режимі реального часу.

3. Потребує додаткового обґрунтування методика вибору оптимальних комбінацій вегетаційних індексів для різних стадій розвитку культур та погодних умов.

Зазначені зауваження носять рекомендаційний характер і не применшують загальної високої оцінки дисертаційного дослідження.

7. Висновки

Дисертаційна робота Мачуляка Михайла Володимировича на тему «Математичні та програмні засоби моніторингу урожайності зернових культур із використанням геоінформаційних технологій» є завершеним науковим дослідженням, що має обґрунтовану актуальність та містить нові науково-практичні результати, які відповідають сучасному рівню розвитку інформаційних технологій та геоінформатики. У дисертації успішно вирішено важливу науково-практичну задачу створення математичних моделей та програмних засобів для автоматизованого моніторингу урожайності зернових культур на основі геоінформаційних технологій. Отримані результати характеризуються науковою новизною, належним рівнем теоретичного обґрунтування та практичною значущістю.

Враховуючи актуальність теми дослідження, ступінь наукової новизни отриманих результатів, їх теоретичну обґрунтованість, практичну значущість, повноту викладу в опублікованих працях та дотримання вимог академічної доброчесності, дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та Порядку присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Мачуляк Михайло Володимирович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

професор кафедри комп'ютерних наук
Західноукраїнського національного
університету,
доктор технічних наук, доцент

Володимир МАНЖУЛА

