

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента **Барабаша Григорія Івановича**

кандидата технічних наук, доцента,

дисертації **Ван Сінфа** (Wang Xinfu)

«Екологічне обґрунтування оптимальних параметрів роботи штучного освітлення теплиці на основі моделі росту рослин» (Environmental coupled multi-factor precise regulation and optimization for the artificial light plant factory based on a growth model),

що подана на здобуття ступеня доктора філософії,

з галузі знань **13** – «**Машинобудування**»,

за спеціальністю **133** – «**Галузеве машинобудування**».

1. Актуальність теми дисертації.

Теплиця зі штучним освітленням - це повністю закрита, ізольована і екологічно контрольована виробнича система рослин, яка може бути побудована практично в будь-якому місці і в будь-яких природних умовах. Вона також особливо підходить для будівництва великомасштабних продуктивних фабрик у міській забудові, забезпечуючи високоякісну рослинну продукцію, чисту та свіжу для міських жителів. Вона стала одним з перспективних напрямків розвитку сучасного сільського господарства.

Однак промисловий розвиток теплиць штучного освітлення стримується багатьма факторами, такими як високі початкові витрати на будівництво, високі експлуатаційні витрати та високі ціни на готову продукцію. Купівельна

спроможність середньостатистичного споживача невисока, а такі продукти ще не були масово вироблені і виведені на ринок. Як наслідок, зниження собівартості виробництва та цін реалізації стало ключовим фактором розвитку цього напрямку.

Точне екологічне регулювання є ключовою технологією для теплиць зі штучним освітленням, а вдосконалення їх механізації та автоматизації також є ключем до зниження виробничих витрат на фабриках. Заснована на моделі росту рослин, розумна ідентифікація видів рослин та їх різних стадій росту, точне регулювання температури, вологості, світла, води, живильного розчину, концентрації CO₂, швидкості повітряного потоку тощо, необхідних для росту рослин, може ефективно зменшити споживання електроенергії, водних ресурсів, витрати водорозчинних добрив та зменшити інтенсивність роботи персоналу. Це може ефективно знизити собівартість продукції, знизити ринкові ціни та сприяти розвитку індустріалізації та комерціалізації.

Дисертація присвячена вирішенню ключових і актуальних науково-технічних питань, що впливають на механізацію, автоматизацію та інтелектуальний розвиток заводів штучного освітлення в галузі сучасного сільського господарства. Вона пропонує провідні світові технологічні композиції та архітектури систем, проектує та розробляє повний набір основних програмних та критичних апаратних систем, проводить експериментальну валідацію та тестується у продуктах, що випускаються підприємствами. Вона вирішує багато практичних завдань і покращує економічну вигоду. Це дуже важливо не тільки для економічного та соціального розвитку України, а й для

Китаю та інших країн світу.

2. Зв'язок з науковою тематикою.

Наукові дослідження дисертації виконані на кафедрі Агроінжинірингу Сумського національного аграрного університету (СНАУ) відповідно до плану держбюджетної науково-дослідної роботи Міністерства освіти і науки України «Енергозберігаючі технології в аграрному секторі, системи точного землеробства; кліматична камера з адаптивним освітленням для вирощування сільськогосподарських культур», «Наукове забезпечення технологій вирощування технічних культур (кукурудза на зерно)» (No 0121U110453), «Наукове забезпечення технологій вирощування технічних культур (соняшник на зерно)» (No 0121U110454), а також Ключовий план спеціальних проєктів з досліджень і розробок провінції Хенань «Дослідження, розробка та застосування ключових технологій для заводів з виробництва рослин в теплицях інтелектуального будівництва» (No 212102110234), «Регулювання багатofакторного зв'язку навколишнього середовища та оптимізація міської інтелектуальної теплиці» (No 222102320080) та «Дослідження технології інтелектуального керування промисловою рослинною фабрикою на основі Інтернету речей та Великих даних» (No 232102111124), а також План ключових дослідницьких проєктів коледжів та університетів провінції Хенань «Розробка системи аеропоніки в теплицях зі штучним освітленням» (No 22A210013), де заявник був виконавцем кількох розділів. Тема дисертації тісно пов'язана з цими програмами і планами.

3. Наукова новизна і теоретичне значення дисертації

1) Автором дисертації вперше запропоновано концепції розумної теплиці та розумної рослинної фабрики на міжнародному рівні та науково визначено їх, забезпечивши наукове підґрунтя для планового та великомасштабного будівництва теплиць з системою штучного освітлення.

2) Автором вперше представлено застосування фізіологічних механізмів та біологічних принципів світлорегуляції рослин до регулювання світлового середовища теплиць штучного освітлення з метою удосконалення технічних засобів регулювання світлового середовища, проведено широкі експериментальні дослідження.

3) Автор вперше наводить системну архітектуру для побудови Великих даних для теплиць штучного освітлення, а також процес і метод побудови моделей росту рослин шляхом використання інтернету речей, Великих даних та методів глибокого навчання, щоб забезпечити теоретичну основу для проектування платформ на базі Великих даних рослинних фабрик та хмарних систем обслуговування для моделей росту сільськогосподарських культур.

4) Автором вперше запропоновано архітектуру та структуру багатофакторної платформи екологічного регулювання для теплиць штучного освітлення рослин на основі моделей росту, а також спроектовано, розроблено та протестовано програмне забезпечення системи керування, яке може інтелектуально та точно регулювати середовище росту рослин відповідно до моделі їх росту, отримуючи високоякісну та високоврожайну рослинну продукцію з мінімальними витратами.

5) Автором запропоновано вдосконалену модель глибокого навчання

YOLOv3 та алгоритм для виявлення цілей гідропонних плодів томатів у теплицях штучного освітлення, що забезпечує теоретичне підґрунтя та технічну підтримку оцінки врожайності, роботизованого збирання та точного регулювання середовища вирощування.

6) Автором вперше запропоновано алгоритм CMRDF для сегментації екземплярів саджанців рослин, який інтегрує дані багатоканального зображення RGB D для підвищення точності сегментації екземплярів розсади. Він також використовується для аналізу даних про фенотип рослин у теплицях штучного освітлення та побудови моделей росту сільськогосподарських культур.

7) Автор вперше проводить дослідження світлового скринінгу та моделювання однорідності гідропонного салату в теплиці зі штучним освітленням, впливу якості світла на якість гідропонного салату та вибору формули поживного розчину для гідропонного зеленого листового салату, надаючи технічну довідку для точного регулювання екологічного багатофакторного зв'язку.

Теоретичне значення дисертації полягає в наступному:

1) Запропоновані концепції будівництва теплиць та розумного будівництва теплиць розширюють концепцію теплиць для вирощування рослин, які мають глибоку наукову цінність та теоретичне значення для розвитку об'єктного сільського господарства. Це заклало теоретичне і наукове підґрунтя для розвитку продуктивних систем землеробства в містах.

2) Запропонований теоретичний метод та системна основа побудови великих даних заводу рослин та моделей росту рослин забезпечують наукові

методи та теоретичні основи побудови точних моделей екологічного регулювання та оптимізаційних технологій для теплиць штучного освітлення.

3) Запропонована багатофакторна самонавчальна модель точного регулювання зв'язку для тепличного середовища зі штучним освітленням має певне теоретичне орієнтирне значення для програмного проектування та розробки комплексної системи управління рослинними фабриками.

4) Дослідження алгоритму виявлення плодів томатів та алгоритму сегментації екземплярів розсади рослин CMRDF у теплицях штучного освітлення має теоретичне значення для моделювання росту рослин та моделювання комплексного регулювання навколишнього середовища.

5) Комп'ютерне моделювання формули світла та однорідності світлодіодних ламп освітлення рослин, вплив якості світла на ріст гідропонних рослин та експериментальні дослідження щодо вибору формул поживних розчинів для гідропонних установок мають теоретичне значення для розумного регулювання світлового середовища та середовища поживних розчинів у теплицях зі штучним освітленням.

4. Практичне значення результатів дисертації.

Практичне значення результатів дисертації полягає в наданні комплексних технічних рекомендацій щодо розумного регулювання та оптимізації середовища теплиці штучного освітлення, забезпеченні цілісної архітектури програмної системи, розробці комплексу функціонально завершених програмно-апаратних комплексів. У той же час, він також надає повний набір рішень і рекомендацій для розвитку стійких систем виробництва екологічно

чистих фабрик у міських районах. Отримані теоретичні досягнення та технологічні інноваційні рішення захищені 4 китайськими патентами та 7 китайськими авторськими правами на комп'ютерні програми. Більшість досягнень були реалізовані компанією ZSP Electronic Technology Co., Ltd., високотехнологічним підприємством у провінції Хенань, Китай, і досягли значних економічних переваг та соціальної цінності. Якщо дозволяють умови, рекомендується тиражувати цей набір теорій і методик в Україні та займатися творчим розвитком для підвищення рівня життя.

5. Головні результати, отримані особисто автором.

Оцінюючи основні результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, необхідно підкреслити їх достатню теоретичну обґрунтованість, чітке формулювання методології досліджень. Основні положення дисертаційної роботи було розроблено автором самостійно, вони є науково обґрунтованими, що підтверджується їх широкою апробацією в наукових виданнях та отриманими патентами.

Був проведений аналіз звіту перевірки на плагіат на наявність текстових запозичень (програма Unicheck). Рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Wang Xinfu (Ван Сінфа) на тему «Environmental coupled multi-factor precise regulation and optimization for the artificial light plant factory based on a growth model» (Екологічне обґрунтування оптимальних параметрів роботи штучного освітлення теплиці на основі моделі росту рослин) є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень згідно постанови КМУ від 12.01.2022 № 44 п. 9. Використані ідеї, результати і

тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

6. Кількість наукових публікацій

Основний матеріал дисертації в повному обсязі представлений 30 наукових публікаціях, у тому числі 12, що індексуються у наукометричних базах Scopus або WoS, 1 стаття в українському фаховому виданні, 6 інших міжнародних журналів, 8 збірників матеріалів конференцій; 11 інших наукових досягнень, у тому числі 4 патенти (КНР) та 7 авторських прав (КНР) на комп'ютерне програмне забезпечення.

7. Ступінь обґрунтованості наукових положень.

Результати досліджень, представлені в дисертації, не тільки засновані на професійних наукових методах дослідження з систематичними теоретичними дослідженнями, але також пройшли широкі експериментальні дослідження та перевірку тестів, були застосовані в продуктах у співпраці з підприємствами та ретельно перевірені в реальних умовах. Ступінь обґрунтованості наукових положень повною мірою демонструється в опублікованих наукових публікаціях, отриманих патентах та авторських правах на комп'ютерні програми, а ефективність тестування застосування продукції підприємства також відображена в сертифікації тестування додатків підприємства.

8. Положення, що обговорюються, коментарі та побажання щодо змісту.

Поряд з позитивною оцінкою дисертаційної роботи, можна вказати питання, які потребують доопрацювання, а саме:

1. В розділі 1.2 проведено ґрунтовний аналіз сучасний стан та тенденції

розвитку інтелектуальних виробничих систем в Китаї. В той же час, дуже мало уваги приділено аналізу цього питання в інших країнах світу.

2. При проведенні досліджень для виявлення ступеню стиглості томатів як еталонну модель було обрано YOLOv5. Бажано було б провести порівняльний аналіз цієї моделі з іншими альтернативами.

3. Автором було використано декілька моделей машинного навчання для дослідження та моделювання росту рослин в контрольованому середовищі. Вважаю, що в роботі бажано було б провести порівняння отриманих різними методами результатів.

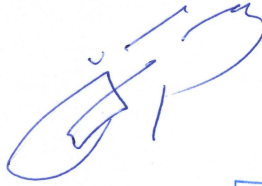
4. Здобувачем проведено дослідження впливу режиму освітлення та підживлення на продуктивність теплиці. В той же час з роботи не зрозуміло, чи є розроблені рекомендації щодо вдосконалення конструктивних параметрів тепличних комплексів.

9. Відповідність дисертації спеціальності та профілю ради:

Дисертаційна робота Wang Xinfu (Ван Сінфа) «Environmental coupled multi-factor precise regulation and optimization for the artificial light plant factory based on a growth model» («Екологічне обґрунтування оптимальних параметрів роботи штучного освітлення теплиці на основі моделі росту рослин»), яка подана до захисту у спеціалізовану вчену раду на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування за своїми актуальністю, науково-теоретичним рівнем, основними результатами обґрунтованості, основними положеннями і результатами опублікованими у фахових виданнях, новизна постановки та

практичним значення відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та Постанові Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 341 від 21.03.2022. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності.

Рецензент, к.т.н., доц.



Григорій БАРАБАШ

