

ВІДГУК

офіційного опонента, члена разової спеціалізованої вченої ради,
доктора технічних наук, професора

Досина Дмитра Григоровича

на дисертаційну роботу Ведмедева Станіслава Руслановича **«Підтримка прийняття рішень при вирощуванні соняшнику на основі цифрової технології фенотипування»**, подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 124 Системний аналіз

Актуальність дослідження

Актуальність дисертаційного дослідження С.Р. Ведмедева зумовлена необхідністю розв'язання комплексної науково-практичної проблеми системного аналізу та інтелектуального керування складними біотехнічними об'єктами в умовах глобального переходу агропромислового комплексу до концепції Agriculture 4.0. Сучасний етап цифровізації аграрної галузі характеризується стрімким накопиченням значних масивів різномірних, слабкоструктурованих даних, що охоплюють як морфометричні параметри рослинного матеріалу, так і супровідні агроекологічні та технологічні фактори, обробка яких у межах класичних реляційних моделей втрачає обчислювальну гнучкість та системну ефективність. У цьому контексті важливого теоретичного та прикладного значення набуває обраний автором перехід до постреляційного онтологічного моделювання як основи для побудови інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, покликаних подолати наявний семантичний розрив інформаційних ресурсів.

Побудова логічно цілісної, несуперечливої бази знань на основі розробленої предметної онтології агрокультури соняшника є місткою науковою задачею інженерії знань, вирішення якої формує гнучке динамічне розширення і структуризацію простору фактів без змін загальної ІТ-архітектури. Запропонований у дисертації підхід забезпечує наскрізну трансформацію первинних даних комп'ютерного зору, отриманих у результаті цифрового фенотипування, у стандартизовані семантичні дескриптори для автоматизованого логічного виведення за допомогою інтегрованих правил SWRL.

Сформовані концептуальні засади побудови чотирирівневої архітектури Digital Phenotyping System мають загальносистемний характер, завдяки чому створений математико-алгоритмічний інструментарій може бути

масштабований на інші галузі рослинництва, що підтверджує наукову доцільність, своєчасність та вагомість отриманих здобувачем результатів для розвитку методології спеціальності 124 «Системний аналіз».

Наукова гіпотеза даного дисертаційного дослідження ґрунтується на вирішенні таких завдань:

1. Проведення системного аналізу процесів цифрової трансформації аграрної галузі для формування вимог до інформаційно-аналітичного середовища вирощування соняшнику, що забезпечує інтеграцію різнорідних даних, їх семантичне представлення та використання у системах підтримки прийняття рішень.

2. Удосконалення цифрової моделі соняшнику, яка ґрунтується на моделі взаємодії «генотип – середовище».

3. На основі розробленої цифрової моделі соняшнику вдосконалити онтологічну модель, яка інтегрує параметри генотипу, селекції та агротехнологій вирощування соняшнику з урахуванням кліматичних показників та екологічних аспектів.

4. Розроблення методу цифрового фенотипування рослинних об'єктів на основі методів комп'ютерного зору для автоматизованого виділення та кількісної оцінки морфологічних і фізіологічних ознак соняшнику.

5. Удосконалити цифрову технологію фенотипування із формуванням інтегрованих наборів даних (datasets), яка забезпечує автоматизований збір, стандартизацію та збереження фенотипових ознак на основі онтологічної моделі.

Таким чином, дисертаційна робота Ведмедєва С. Р., що присвячена розробці цифрової технології для підтримки прийняття рішень при вирощуванні соняшнику, є актуальною, такою, що має теоретичний та практичний інтерес, і повністю відповідає спеціальності 124 «Системний аналіз».

Структура роботи

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків.

Вступ до дисертаційної роботи містить обґрунтування актуальності дослідження, визначає зв'язок роботи з науково-дослідними темами Національного університету «Запорізька політехніка», де виконувалася дисертація, містить мету та завдання дослідження, визначає об'єкт, предмет та методи дослідження, а також описує наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Крім того, у вступі наведено інформацію

про практичне використання результатів роботи, визначається особистий внесок здобувача, містяться дані про апробацію результатів дослідження та їх висвітлення у наукових публікаціях.

У Розділі 1 дисертації здійснено аналіз сучасних тенденцій цифровізації аграрної галузі та досліджено особливості застосування даноцентричних підходів у селекції соняшнику. Визначено основні обмеження існуючих інформаційних систем і моделей знань, проаналізовано нормативно-правову базу та обґрунтовано доцільність використання онтологічного моделювання як основи для інтеграції різнорідних агробіологічних даних. За результатами дослідження сформульовано науково-практичну проблему, пов'язану з недостатньою структурованістю та семантичною сумісністю цифрових даних, і визначено напрями її вирішення шляхом розроблення методів цифрового фенотипування, онтологічної моделі предметної області як основи для інформаційного забезпечення інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

У Розділі 2 дисертації розроблено теоретико-методологічні засади побудови цифрової моделі рослини соняшника на основі концепції взаємодії «генотип — середовище». Запропоновано архітектуру цифрової системи фенотипування, що забезпечує інтеграцію різнорідних даних, їх структуроване зберігання та інтелектуальну обробку. Обґрунтовано доцільність використання онтологічного підходу для формалізації знань, забезпечення семантичної сумісності даних, підтримки автоматизованого логічного виведення та створення інформаційної основи для прогнозування й підтримки прийняття рішень у цифровій селекції соняшнику.

У Розділі 3 представлено результати розроблення та оцінювання предметної онтології HELIANTUS, призначеної для семантичної інтеграції генетичних, фенотипових, агрокліматичних і технологічних даних у єдиному інформаційному просторі. Проведено аналіз архітектури онтології, оцінено її структурні та семантичні характеристики, підтверджено повноту, зв'язність і репрезентативність бази знань. Виконано верифікацію моделі із застосуванням метрик якості та логічного виведення, що засвідчило її придатність для автоматизованої обробки знань і підтримки прийняття рішень при вирощуванні соняшнику.

У Розділі 4 розроблено цифрову технологію фенотипування рослинних об'єктів, що забезпечує формування семантично узгоджених наборів даних відповідно до онтології HELIANTUS та їх інтеграцію до бази знань.

Запропоновано метод цифрового фенотипування на основі аналізу зображень і реалізовано спеціалізоване програмне забезпечення для автоматизованого визначення морфометричних та колірних характеристик насіння соняшнику. Проведена експериментальна перевірка підтвердила ефективність і точність розробленого підходу, його придатність до формування структурованих цифрових даних та інтеграції в інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень. Практичну цінність результатів підтверджено їх впровадженням у діяльність Інституту олійних культур НААН України.

У **загальних висновках** дисертації узагальнено результати проведеного дослідження та підтверджено досягнення поставленої мети. Автором обґрунтовано концептуальні засади створення інтелектуального інформаційного середовища цифрової селекції соняшнику, що поєднує цифрову модель рослини, предметну онтологію HELIANTUS, метод цифрового фенотипування на основі комп'ютерного зору та технологію формування семантично узгоджених наборів даних. Запропоновані моделі, методи й цифрова технологія забезпечують інтеграцію різномірних даних, їх формалізацію та використання в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень. Отримані результати мають наукову новизну, практичне значення та спрямовані на розв'язання проблеми структуризації й семантичної інтеграції цифрових агротехнологічних даних у процесах вирощування та селекції соняшнику.

Дисертація в цілому є структурно та змістовно збалансованою роботою, викладена науковою українською мовою, оформлена згідно до встановлених вимог. Зміст анотації повністю відповідає положенням, розглянутим в тексті дисертаційної роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційного дослідження не викликає сумнівів, оскільки вона забезпечується:

- застосуванням релевантних наукових літературних джерел як основи для дослідження;
- коректністю обраної методології системного аналізу;
- аналізом сучасного стану досліджень в заявленій предметній області, комплексним застосуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження;
- експериментальним доведенням ефективності запропонованих моделей та методів.

Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання

Робота виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт (НДР) Національного університету «Запорізька політехніка» у межах тем: НДР № 05014 «Прийняття ефективних рішень на основі інтелектуальних технологій та відкритих даних», ДБ05022 (РК 0121U113264) «Розвиток методів дослідження складних соціально-економічних систем на основі інтелектуальних технологій». Розроблені цифрові технології використовуються в лабораторії генетики та генетичних ресурсів Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України для фенотипування насіння соняшнику, а також для виконання фундаментальних завдань НААН у межах науково-дослідних робіт: ПНД 17 «Генетичні ресурси рослин» (РК 0120U105673) та ПНД 25 «Формування, використання і збереження генетичних ресурсів рослин» (РК 0126U001156В) з метою формування колекцій олійних культур, виділення та створення джерел і донорів цінних господарських ознак (акти впровадження № 448 від 20.12.2023 р, № 162 від 18.06.2026 р.).

Повнота викладу результатів дослідження в наукових публікаціях

Кількість та обсяг друкованих робіт відповідають вимогам до публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії. Основні положення дисертації відображені у 16 наукових працях, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у науковому виданні іншої держави, 9 тез наукових доповідей, 1 матеріал міжнародної конференції, що індексовані у *Scopus*. Наукові положення та практичні рекомендації, які становлять предмет захисту, повністю представлені в одноосібних і колективних публікаціях здобувача. Наведені матеріали базуються на достовірній науковій базі, а всі сформульовані висновки є результатом незалежної дослідницької роботи автора, що підтверджує його особистий внесок у розв'язання поставленої науково-практичної задачі.

Академічна доброчесність

Під час рецензування дисертаційної роботи Ведмедєва С. Р. не встановлено фактів або очевидних ознак порушення норм наукової етики та академічної доброчесності. Представлені матеріали є результатом особистої праці здобувача; випадків неправомірного привласнення чужих наукових результатів чи несанкціонованого відтворення фрагментів опублікованих текстів без зазначення справжнього авторства не виявлено. Робота демонструє високий рівень культури академічного цитування.

Відповідність дисертації вимогам присудження ступеня доктора філософії

Представлена до захисту дисертація є одноосібно виконаною кваліфікаційною науковою працею (на правах рукопису), що характеризується цілісністю змісту та логічною послідовністю викладу матеріалу. У роботі отримано нові, науково спроможні теоретичні підходи та експериментальні дані, практична і наукова цінність яких є вагомою для предметної області. Основні наукові здобутки автора пройшли належну апробацію та детально висвітлені в опублікованих працях, які в повному обсязі відображають ключові етапи дослідження. Робота демонструє високий рівень особистого внеску здобувача у розв'язання поставленої наукової задачі. Усе вищезазначене дозволяє зробити обґрунтований висновок про повну відповідність дисертаційної роботи вимогам пунктів 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 р. № 44 (зі змінами). Дисертацію оформлено у чіткій відповідності до вимог Міністерства освіти і науки України, зокрема Наказу МОН № 40 від 12.01.2017 р. (із змінами, внесеними згідно з Наказом МОН № 759 від 31.05.2019 р.).

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи

Результати цілісного аналізу структури й суті дисертації, її науково-прикладного потенціалу, а також повноти висвітлення основних положень у науковій пресі дозволяють сформулювати переконливий позитивний висновок щодо загального високого рівня виконаної роботи. Проте, не применшуючи вагомості отриманих результатів, вважаємо за необхідне виділити низку дискусійних питань:

1. Позитивної оцінки заслуговує запропонована здобувачем архітектура наповнення бази знань: поєднання ручного експертного моделювання логічної структури та програмної автоматизації імпорту даних є раціональним і сучасним рішенням. Проте, у тексті роботи додаткового висвітлення потребує архітектура гібридного наповнення бази знань, де концептуальний каркас проєктується в середовищі Protégé вручну, а масове формування екземплярів автоматизовано за допомогою авторських Python-скриптів.

2. Позитивно оцінюючи обсяг проаналізованого у роботі матеріалу щодо зарубіжних предметних онтологій, варто відзначити брак фінальної

систематизації. Матеріали дисертації виграли б від включення узагальненої таблиці порівняння світового досвіду з побудованою онтологією. Це дозволило б чітко розмежувати, що саме у структурах даних збігається із чинними міжнародними підходами, а які параметри та зв'язки інтегровано в онтологію додатково.

3. Висока інструментальна точність розробленого методу комп'ютерного зору є незаперечною перевагою роботи. Проте в тексті дисертації недостатньо розкрито теоретичне підґрунтя врахування природної біологічної мінливості ознак досліджуваних культур. Бажано було б навести чіткі математичні залежності або алгоритмічні процедури, які демонструють, яким чином межі цієї девіації трансформуються у граничні обмеження бази знань з метою недопущення помилок класифікації.

4. У назві дисертації чітко прописано орієнтацію на підтримку прийняття рішень. Проте безпосередньо в тексті роботи цільові сценарії такого прийняття рішень не отримали належного явного опису та класифікації. Робота суттєво виграла б, якби автор чітко специфікував контур застосування системи для кінцевих користувачів – агрономів чи фахівців із селекції соняшнику.

5. У тексті дисертації зустрічаються поодинокі стилістичні огріхи.

Загальний висновок

Сформульовані зауваження не є визначальними для суті отриманих результатів, не зменшують їхньої наукової новизни та практичного потенціалу, а тому не впливають на загальну позитивну оцінку представленого дисертаційного дослідження.

Вважаю, що дисертація Ведмедева С.Р. «Підтримка прийняття рішень при вирощуванні соняшнику на основі цифрової технології фенотипування» є завершеним самостійним науковим дослідженням, яке містить нові обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що мають істотне значення для цифровізації аграрних досліджень.

Дисертація за актуальністю, змістом, науковою новизною, обґрунтованістю висновків, достовірністю і значущістю відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними 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 № 44 від 12 січня 2022 р., а її автор Ведмедєв С.Р. заслуговує присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 124 «Системний аналіз».

Офіційний опонент:

Завідувач кафедри інформаційних систем та мереж
Інституту комп'ютерних наук
та інформаційних технологій

Національного університету «Львівська політехніка»,

доктор технічних наук, професор



Дмитро ДОСИН

Підпис засвідчую:

