

МЕТОД КЛАСИФІКАЦІЇ ФАЗ РОЗВИТКУ ПШЕНИЦІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

Качмарський О. І., Голуб Б. Л.

ВВСН — це міжнародна уніфікована шкала, яка описує фенологічні фази росту сільськогосподарських культур у діапазоні від 00 (проростання) до 99 (повна зрілість). Для зернових, зокрема пшениці, своєчасне та точне визначення поточної фази за шкалою ВВСН є критичним з погляду агротехніки — це стосується оптимізації моментів внесення добрив, обробки засобами захисту рослин та збирання врожаю [1].

Традиційні методи моніторингу базуються на візуальній оцінці фахівцями, яка є трудомісткою, суб'єктивною та схильною до похибок [2]. Натомість використання інструментів штучного інтелекту (ШІ), зокрема методів комп'ютерного зору, відкриває можливості для автоматизації цього процесу. Одним із перспективних напрямів є багатокласова класифікація фаз розвитку пшениці на основі візуальних зображень за допомогою згорткових нейронних мереж.

Використання ШІ та комп'ютерного зору для визначення фаз росту пшениці дозволяє значно підвищити ефективність агротехнологій. Завдяки аналізу великої кількості зображень нейромережі можуть автоматично класифікувати фазу розвитку рослини, що робить процес оцінки об'єктивним та масштабованим. Крім того, поєднання ШІ з метеорологічними та супутниковими даними може забезпечити більш точне прогнозування розвитку культури.

Попри високу перспективність автоматизованого визначення фаз росту, на сьогодні існує обмежена кількість досліджень, які стосуються класифікації фенологічних стадій пшениці за шкалою ВВСН із використанням штучного інтелекту. Одним із таких є дослідження, проведене Wikifarmer, у якому розглядається використання ШІ для прогнозування фаз росту пшениці з метою оптимізації агротехнічних заходів. Дослідження базується на моделюванні розвитку звичайної пшениці (*Triticum aestivum* L.) за допомогою систем підтримки прийняття рішень (DSS), що використовують агрометеорологічні показники. Зокрема, у роботі аналізуються накопичені теплові одиниці (Growing Degree Days, GDD) та фотоперіод для прогнозування стадій росту за шкалою ВВСН. Тестування моделі на шести різних ділянках в Італії показало точність прогнозування 66%, особливо для критичних фаз, таких як вихід у трубку (ВВСН 41) та цвітіння (ВВСН 65), що є визначальними для внесення добрив та пестицидів [3].

Для класифікації фаз росту пшениці за шкалою ВВСН за допомогою комп'ютерного зору пропонується наступний підхід:

1. **Збір і структурування даних.** Формується набір зображень пшениці у фазах ВВСН 10–30, з урахуванням різних кутів зйомки, часу доби, погодних умов. Зображення групуються в діапазони фаз (напр., ВВСН 10–12, 13–15), що зменшує похибки через нечіткість меж між стадіями.
2. **Анотація даних:** Для кожного зображення вручну або напівавтоматично призначається відповідна фазова мітка. Розмітка виконується з участю агрономів і базується на візуальних критеріях шкали ВВСН.
3. **Виділення зони інтересу.** Застосовується алгоритм об'єктної локалізації (наприклад, YOLOv8 або Contour-Based Filtering), який автоматично визначає область, що містить цільовий об'єкт — колосся, вузол кушіння, листову масу тощо. За потреби використовується кольорова сегментація у просторі HSV для відділення пшениці від фону.
4. **Попередня обробка.** Зона інтересу масштабується до стандартного розміру (наприклад, 224×224 пікселі), нормалізується за піксельними значеннями, піддається аугментації для підвищення генералізації моделі.

5. **Навчання моделі.** Для класифікації використовується згортова нейронна мережа з оптимізованою архітектурою (наприклад, MobileNet або EfficientNet). Навчання здійснюється на основі функції втрат крос-ентропії. На виході — softmax-розподіл по класах BBCH, що дозволяє не лише отримати клас з максимальною ймовірністю, а й оцінити ступінь невпевненості моделі.
6. **Валідація та інтеграція.** Тестування здійснюється на відкладеній вибірці. Основні метрики — точність, повнота, F1-міра. При задовільних результатах модель інтегрується у систему прийняття рішень або систему моніторингу полів з подальшим практичним використанням.

Отже, використання ШІ для визначення фаз росту пшениці за шкалою BBCH є перспективним напрямком, що може значно підвищити ефективність сільськогосподарських практик. Однак, існуючі дослідження демонструють недостатньо високу точність класифікації, що вказує на необхідність подальшого вдосконалення моделей.

Автоматизована система класифікації фаз розвитку пшениці за шкалою BBCH з використанням технологій комп'ютерного зору дозволяє знизити суб'єктивність оцінки, підвищити ефективність агрономічних практик і може бути застосована у польових умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Фази розвитку зернових за BBCH та оптимальні періоди догляду. *SuperAgronom*. URL: <https://superagronom.com/cards/fazi-rozvitku-zernovih-za-bbch-ta-optimalni-peri-id28835>
 2. Фази розвитку зернових і процес формування врожаю. *Agronom*. URL: <https://www.agronom.com.ua/fazy-rozvytku-zernovyh-i-protses-formuvannya-vrozhayu>
- Vignati A. AI-Powered Wheat Growth Prediction Using the BBCH Scale for Better Crop Management. *Wikifarmer*. 2025. URL: <https://wikifarmer.com/library/en/article/ai-powered-wheat-growth-prediction-using-the-bbch-scale-for-better-crop-management>

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ЗА МАТЕРІАЛАМИ
VII ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
СТУДЕНТІВ І АСПІРАНТІВ
*24 квітня 2025 року***

Київ 2025

УДК 004

Відповідальна за випуск: М.І. Лендел

Збірник наукових праць за матеріалами VII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і аспірантів «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ '2025», 24 квітня 2025 року, НУБіП України, Київ. – 452 с. (електронне видання)

Відповідальність за зміст публікацій несуть автори.

Передрук матеріалів, а також використання їх будь-якій формі допускається лише з дозволу авторів