Качмарський Олекса Ігорович, аспірант  
НУБІП України, м. Київ

https://orcid.org/0009-0001-0241-5678

**ВИЗНАЧЕННЯ ФАЗИ РОСТУ ПШЕНИЦІ ЗА ШКАЛОЮ BBCH ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП’ЮТЕРНОГО ЗОРУ**

BBCH — це міжнародна шкала для визначення фенологічних фаз росту і розвитку рослин, яка забезпечує єдину систему класифікації для різних культур. Вона охоплює 100 фаз, де 0 відповідає насінині, а 99 — повністю дозрілій культурі. Для зернових, зокрема пшениці, точне визначення фаз росту є критично важливим, оскільки від цього залежать терміни агротехнічних заходів, зокрема внесення добрив, засобів захисту рослин та визначення оптимального часу збирання врожаю [1].

Традиційно фенологічні стадії визначаються агрономами шляхом візуального спостереження. Однак цей підхід має низку обмежень: він є трудомістким, залежить від рівня підготовки спеціаліста та може бути суб’єктивним [2]. Крім того, зміни клімату та нестабільність погодних умов спричиняють варіації у розвитку культур, що ускладнює прогнозування фаз росту. Тому виникає потреба у більш точних, стандартизованих та автоматизованих методах моніторингу посівів.

Використання штучного інтелекту (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 BBCH 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 BBCH. Тестування моделі на шести різних ділянках в Італії показало точність прогнозування 66%, особливо для критичних фаз, таких як вихід у трубку (BBCH 41) та цвітіння (BBCH 65), що є визначальними для внесення добрив та пестицидів [3].

Для класифікації фаз росту пшениці за шкалою BBCH за допомогою комп’ютерного зору пропонується наступний підхід:

1. **Збір даних**: Отримання великої кількості зображень пшениці на різних фазах росту. Важливо, щоб знімки охоплювали різні кути огляду та умови освітлення.
2. **Анотація даних**: Кожне зображення має бути підписане або позначене відповідно до конкретної фази BBCH.
3. **Розробка моделі**:
   * Використання методів виявлення об'єктів, таких як **Contour Detection** або **YOLO**, для ідентифікації окремих рослин.
   * Навчання глибокої нейронної мережі, зокрема згорткових нейронних мереж **(CNN)**, для розпізнавання фази розвитку.
4. **Валідація та тестування**: Оцінка точності моделі на тестових наборах, корекція помилок та оптимізація параметрів.
5. **Впровадження**: Інтеграція моделі у систему моніторингу, яка в реальному часі буде аналізувати зображення полів та визначатиме поточну фазу росту пшениці.

### **Висновок**

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.

Подальші розробки у цій сфері сприятимуть впровадженню інноваційних технологій в аграрний сектор, забезпечуючи стале виробництво та продовольчу безпеку.

### **Література**

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](https://superagronom.com/cards/fazi-rozvitku-zernovih-za-bbch-ta-optimalni-peri-id28835?utm_source=chatgpt.com)
2. Фази розвитку зернових і процес формування врожаю. *Agronom*.  
   URL: [https://www.agronom.com.ua/fazy-rozvytku-zernovyh-i-protses-formuvannya-vrozhayu](https://www.agronom.com.ua/fazy-rozvytku-zernovyh-i-protses-formuvannya-vrozhayu/?utm_source=chatgpt.com)
3. 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