

УДК 332.36:528.8

**ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ  
ПОСІВІВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ЗНІМКАМИ  
SENTINEL**

**Булакевич С.В.**, *завідувач лабораторії інформаційних технологій в  
землепорядкуванні, ВСП «Рівненський фаховий коледж НУБіП України»*

Супутникові знімки Sentinel надають можливість отримувати достовірну інформацію про земельні ділянки з високою просторовою роздільною здатністю. Ці знімки широко використовуються для моніторингу рослинності та виявлення різноманітних агрокультур. Супутникові дані є найбільш актуальним та доступним джерелом інформації для визначення посівів озимої пшениці на великих площах [1].

Для опрацювання даних, одержаних від супутників, використовується штучний інтелект. Моделі машинного навчання, такі як нейронні мережі,

навчаються на великих масивах знімків для виділення характеристик, пов'язаних з посівами озимої пшениці. Це включає унікальні особливості її структури, форми та кольору на космічному знімку[2].

Для експериментальної реалізації алгоритмів машинного навчання ми пропонуємо використовувати космічні знімки супутників Sentinel-2: сцени з роздільною здатністю 10-20 метрів/піксель. Найкраще використовувати знімки рівня обробки 2A, кожен продукт якого складається з фрагментів площею 100 квадратних кілометрів у картографічній проекції UTM/WGS84. Продукт Level-2A надає зображення, у пікселях яких містяться значення відбивної здатності нижніх шарів атмосфери, що не потребують атмосферної корекції.

Виділено такі етапи процесу використання штучного інтелекту при опрацюванні супутникових знімків Sentinel-2 з метою визначення посівів озимої пшениці:

1. Збір даних: супутникові знімки Sentinel регулярно надходять із космосу. Ці дані є інформаційною основою ідентифікації площ посівів.
2. Попереднє опрацювання: знімки проходять через опрацювання, включаючи корекцію зображення, усунення шумів і виділення ділянок, що цікавлять.
3. Навчання моделі: нейронні мережі навчаються на розмічених даних, де кожен знімок забезпечується інформацією про наявність або відсутність посівів озимої пшениці.
4. Тестування та налаштування: модель перевіряється на нових даних і налаштовується для покращення точності.
5. Застосування у реальному часі: після успішного навчання модель застосовується для аналізу нових супутникових знімків у реальному часі, автоматично виявляючи посіви озимої пшениці.

Для синтезу каналів на основі супутникових знімків Sentinel-2 з метою визначення посівів озимої пшениці найчастіше використовується індекс рослинності NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Формула NDVI визначається за відомою формулою (1) [3]:

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Де: NIR - значення відбитого світла у ближньому інфрачервоному діапазоні; RED – значення відбитого світла у червоному діапазоні.

NDVI приймає значення в діапазоні від -1 до 1, де вищі значення зазвичай вказують на зеленішу та здоровішу рослинність. Таким чином, у контексті визначення посівів пшениці озимої, вищі значення NDVI можуть вказувати на наявність полів з озимою пшеницею. Однак лише цього індексу недостатньо

для надійного визначення посівів озимої пшениці. Тому додатково використовують синтез каналів для отримання інших індексів, наприклад індексу зеленої рослинності (GNDVI), залежно від конкретних цілей та особливостей місцевості (табл. 1).

Таблиця 1

Таблиця індексів та відповідного синтезу каналів, що використовуються для визначення посівів озимої пшениці з задіянням знімків Sentinel-2 [4]

Features	Band Number	Instructions	Reference
Vegetation indices	NDVI	$(\rho_8 - \rho_4)/(\rho_8 + \rho_4)$	Rouse et al., 1974
	NDVI <sub>5</sub>	$(\rho_8 - \rho_5)/(\rho_8 + \rho_5)$	Gitelson, 1997
	NDVI <sub>6</sub>	$(\rho_8 - \rho_6)/(\rho_8 + \rho_6)$	Gitelson, 1997
	NDVI <sub>7</sub>	$(\rho_8 - \rho_7)/(\rho_8 + \rho_7)$	Gitelson, 1997
	EVI	$2.5 \times ((\rho_8 - \rho_4)/(\rho_8 + 6\rho_4 - 7.5\rho_2))$	Huete et al., 2002
	SAVI	$1.5 \times ((\rho_8 - \rho_4)/(\rho_8 + \rho_4 + 1))$	Huete et al., 1988
	GNDVI	$(\rho_8 - \rho_3)/(\rho_8 + \rho_3)$	Gitelson, 1997
Water index	MNDWI	$(\rho_3 - \rho_{11})/(\rho_3 + \rho_{11})$	Xu, 2005
Building index	NDBI	$(\rho_{11} - \rho_8)/(\rho_{11} + \rho_8)$	Zha, 2003

Використання штучного інтелекту при опрацюванні супутникових знімків Sentinel-2 з метою визначення посівів озимої пшениці у сільському господарстві [5] володіє такими перевагами:

1. Точність та ефективність: використання штучного інтелекту забезпечує точніше та швидше визначення посівів у порівнянні з традиційними методами.

2. Масштабованість: автоматизований процес на основі штучного інтелекту дозволяє аналізувати великі території, що особливо важливо для швидкого прийняття рішень.

3. Оптимізація ресурсів: сільськогосподарські підприємства можуть оптимізувати використання ресурсів, таких як добрива і засоби захисту, завдяки використанню отриманої інформації в системах точного землеробства [6].

Концепція штучного інтелекту та машинного навчання AI/ML (Artificial Intelligence Markup Language) суттєво змінює технології опрацювання даних дистанційного зондування у геопросторовій індустрії в контексті розгляду великих масивів даних [7]. Проведені дослідження доводять, що після геоінформаційного аналізу даних дистанційного зондування за різні періоди вегетації рослин, можливо отримувати актуальну інформаційну модель і ефективно впроваджувати землевпорядні та агротехнічні заходи [8].

### Список використаних джерел

1. Meraj, G.; Kanga, S.; Ambadkar, A.; Kumar, P.; Singh, S.K.; Farooq, M.;

Johnson, B.A.; Rai, A.; Sahu, N. Assessing the Yield of Wheat Using Satellite Remote Sensing-Based Machine Learning Algorithms and Simulation Modeling. *Remote Sens.* 2022, 14, 3005. <https://doi.org/10.3390/rs14133005>

2. Lawless, C.; Semenov, M.A. Assessing lead-time for predicting wheat growth using a crop simulation model. *Agric. For. Meteorol.* 2005, 135, 302–313.

3. Roberts, M.J.; Braun, N.O.; Sinclair, T.R.; Lobell, D.B.; Schlenker, W. Comparing and combining process-based crop models and statistical models with some implications for climate change. *Environ. Res. Lett.* 2017, 12, 095010.

4. Zhang, D.; Fang, S.; She, B.; Zhang, H.; Jin, N.; Xia, H.; Yang, Y.; Ding, Y. Winter Wheat Mapping Based on Sentinel-2 Data in Heterogeneous Planting Conditions. *Remote Sens.* 2019, 11, <https://doi.org/10.3390/rs11222647>

5. Stehfest, E.; Heistermann, M.; Priess, J.A.; Ojima, D.S.; Alcamo, J. Simulation of global crop production with the ecosystem model DayCent. *Ecol. Model.* 2007, 209, p.203–219.

6. Lamichhane, J.R.; Debaeke, P.; Steinberg, C.; You, M.P.; Barbetti, M.J.; Aubertot, J.N. Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: A conceptual framework. *Plant Soil* 2018, 432, p.1–28.

7. Bulakevych, S. V. Using the Landsat Satellite System for Winter Wheat Monitoring in the Western Ukraine Territory. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*, 2019, 1. С. 60-70.

8. Булакевич С., Качановський О. Моніторинг стану сільськогосподарських угідь озимої пшениці з використанням даних супутників Sentinel та систем штучного інтелекту. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. Вип 1 (2018). С. 59-63.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ЗБІРКА НАУКОВИХ ПРАЦЬ  
МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ  
ВЧЕНИХ, СТУДЕНТІВ ТА АСПІРАНТІВ  
ЗЕМЛЕУСТРІЙ І ТОПОГРАФІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА  
ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІНИ КЛІМАТУ"**

**7 - 8 березня 2024 р.  
м. Київ, Україна**

УДК 332.3:528.4:551.583 «364» «366»

*Друкується за рішенням Вченої ради факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України, протокол № 8 від 19 квітня 2024 року*

**Рецензенти:**

**Євсюков Т.О.** – доктор економічних наук, професор;

**Кошель А.О.** – доктор економічних наук, доцент;

**Мединська Н.В.** – доктор економічних наук, доцент.

**Землеустрій і топографічна діяльність в умовах війни та післявоєнного відновлення і зміни клімату (GEOPOINT - 2024).** Збірка наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, студентів та аспірантів (м. Київ, 7-10 березня 2024 р.) / За науковою редакцією проф. Ковальчука І.П. К.: Вид. центр НУБІП, 2024. 223 с.

У збірці наукових праць подаються результати досліджень, присвячених ролі землевпорядкування і топографо-геодезичних та картографічних вишукувань у вирішенні проблем відбудови пошкоджених і зруйнованих російськими військами в період неоголошеної України війни поселень, об'єктів інфраструктури, сільськогосподарських і лісогосподарських угідь, гідротехнічних, енергетичних, водогосподарських та промислових споруд, природозаповідних, історико-культурних та інших складових навколишнього середовища України. Також висвітлюються питання, пов'язані з дослідженням впливу змін клімату на стан і використання земельних та водних ресурсів.

Для фахівців у сфері геодезії, картографії та землеустрою, екологів, географів, працівників аграрного сектору, природоохоронних установ, органів місцевого самоврядування.

За зміст публікацій, достовірність викладених наукових фактів відповідальність несуть автори.

Відповідальний за макетування і друк: доц. **Бутенко Є.В.**

I

S

B

N

©Колектив авторів

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2024