5. Савченко А. В., Сидоров М. В. Моделювання прогину консольної балки мікроелектромеханічної системи з діелектричним шаром методом двобічних наближень. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка та міцність машин. 2026. № 1. С. 71–78. DOI: 10.20998/2078-9130.2026.1.359588.

6. Krasnosel'skii M. A. Positive solutions of operator equations. Groningen : P. Noordhoff, 1964. 381 p.

7. Опойцев В. И., Хуродзе Т. А. Нелинейные операторы в пространствах с конусом. Тбилиси: Издательство Тбилис. ун-та, 1984. 246 с.

8. Molina-Villegas J. C., Ballesteros Ortega J. E., Martínez Martínez G. Closed-form solution for non-uniform Euler–Bernoulli beams and frames. Engineering Structures. 2023. Vol. 292. Art. 116381. DOI: 10.1016/j.engstruct.2023.116381.

**УДК 631.559:633.111.1**

## ВПЛИВ РІЧНОЇ СУМИ ОПАДІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: ТРЕНДОВО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ ЗА 2014–2023 рр.

**Андрій Абдулін, Володимир Крайній**

*Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна*

Миколаївська область розташована в зоні недостатнього зволоження, а озима пшениця займає тут близько 476 тис. га посівів [2]. Урожайність цієї культури помітно коливається за роками, а її погодний коефіцієнт варіації становить 0,29, що відповідає помірно стійким врожаям [2]. Тому для планування виробництва важливо кількісно оцінити, яку частку цих коливань пояснюють опади, і чи покращує їх урахування прогноз порівняно з простим трендом.

Мета дослідження – оцінити зв’язок між річною сумою опадів і урожайністю озимої пшениці Миколаївської області за 2014–2023 рр. та перевірити, чи підвищує врахування опадів точність прогнозу відносно чисто трендової моделі.

Використано ряди з [1], складені за даними Головного управління статистики в Миколаївській області: середня врожайність озимої пшениці на всіх землях Y (ц/га, у масі після доробки) та середньорічна кількість опадів P (мм) за 2014–2023 рр. (табл. 1). Ряд для політих земель не застосовано через відсутнє значення за 2020 р. Згідно з підходом, який розглядає ряд урожайності як суму тренду та випадкової погодної складової [2, 3], побудовано дві моделі: лінійний тренд (1) та регресію на час і опади (2):

$$Y_t = a + b \cdot t + \varepsilon_t \qquad (1)$$

$$Y_t = a_0 + a_1 \cdot t + a_2 \cdot P_t + \varepsilon_t \qquad (2)$$

де $t$ – порядковий номер року (2014 р. – 1); $\varepsilon_t$ – випадкова складова; $a$, $b$, $a_0$, $a_1$, $a_2$ – параметри, оцінені методом найменших квадратів. Якість моделей оцінювали за коефіцієнтом детермінації $R^2$, скоригованим $R^2$ та середньоквадратичною помилкою (3) перехресної перевірки з виключенням по одному року (LOO), де $\hat{Y}_{-i}$ – прогноз для року і за моделлю, побудованою без нього, $n = 10$:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_{-i})^2} \qquad (3)$$

Розрахунки виконано в Python (NumPy, SciPy). Для контролю правильності розрахунків перевірено збіг із [1]: проста регресія Y на P має вигляд Y = 27,00 + 0,0291·P за $R^2$ = 0,338, що збігається з наведеним у [1].

За 2014–2023 рр. середня врожайність становила 35,9 ц/га (σ = 4,7 ц/га; коефіцієнт варіації 13,1 %), середня річна сума опадів – 304,3 мм (σ = 94,1 мм). Лінійний тренд (1) має вигляд $\hat{Y}$ = 33,84 + 0,369·t: приріст 0,37 ц/га на рік статистично незначущий ($R^2$ = 0,056; p = 0,51). Коефіцієнт кореляції Пірсона між P і Y дорівнює 0,58 (p = 0,078), рангова кореляція Спірмена – 0,44 (p = 0,20); кореляція відхилень від тренду з опадами – 0,45 (p = 0,19) (рис. 1). Модель (2) отримала вигляд $\hat{Y}$ = 26,92 − 0,263·t + 0,0342·P ($R^2$ = 0,357; скоригований $R^2$ = 0,173; F-критерій: p

= 0,21; рис. 2). Коефіцієнт за опадами (p = 0,114) і за часом (p = 0,67) на рівні 0,05 не значущі. За цією моделлю на кожні 100 мм опадів припадає орієнтовно 3,4 ц/га урожайності.

*Таблиця 1. Вихідні дані (за [1]) та відхилення урожайності від лінійного тренду*

| Рік | Опади P, мм | Урожайність Y, ц/га | Тренд $\hat{Y}(t)$, ц/га | Відхилення $Y - \hat{Y}(t)$, ц/га |
|---|---|---|---|---|
| 2014 | 256,0 | 35,0 | 34,2 | 0,8 |
| 2015 | 283,3 | 35,5 | 34,6 | 0,9 |
| 2016 | 304,3 | 36,8 | 34,9 | 1,9 |
| 2017 | 158,4 | 35,2 | 35,3 | −0,1 |
| 2018 | 216,9 | 32,5 | 35,7 | −3,2 |
| 2019 | 283,6 | 37,6 | 36,1 | 1,5 |
| 2020 | 322,2 | 27,4 | 36,4 | −9,0 |
| 2021 | 502,9 | 44,0 | 36,8 | 7,2 |
| 2022 | 325,3 | 32,8 | 37,2 | −4,4 |
| 2023 | 390,2 | 41,9 | 37,5 | 4,4 |

*Таблиця 2. Порівняння моделей*

| Модель | $R^2$ | $R^2$скор. | RMSE (LOO), ц/га |
|---|---|---|---|
| Середнє значення (без моделі) | 0,000 | 0,000 | 4,97 |
| Лінійний тренд (1) | 0,056 | −0,062 | 5,34 |
| Тренд + опади (2) | 0,357 | 0,173 | 4,90 |

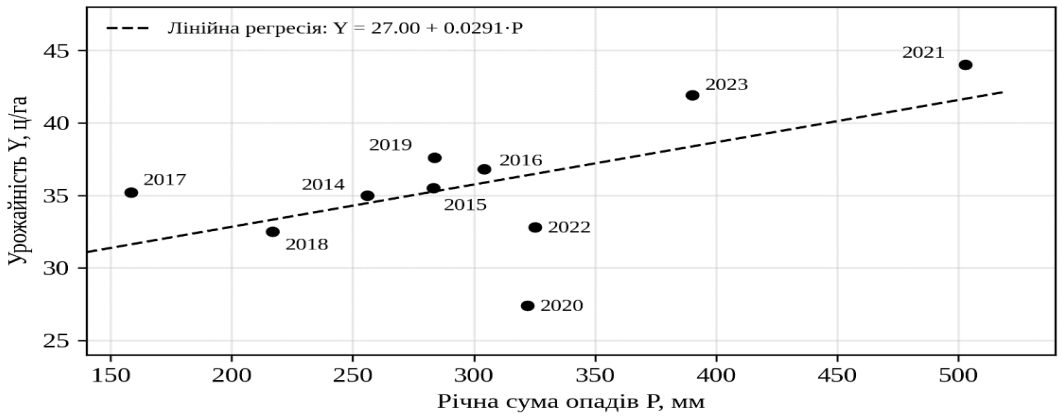



*Рис. 1. Залежність урожайності озимої пшениці від річної суми опадів у Миколаївській області, 2014–2023 рр. (за даними [1])*

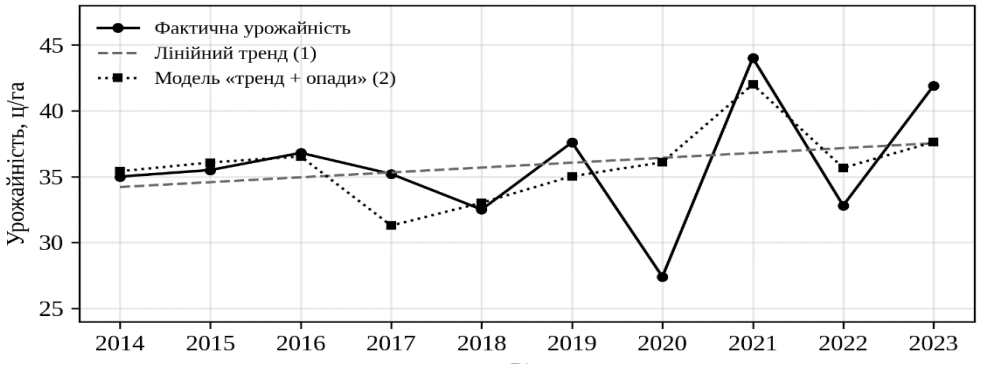



*Рис. 2. Фактична урожайність озимої пшениці та значення за моделями (1) і (2), 2014–2023 рр.*

Додавання опадів до тренду зменшує LOO-помилку з 5,34 до 4,90 ц/га (на 8 %), але вона лише на 1,5 % менша за помилку прогнозу за середнім значенням (4,97 ц/га) (табл. 2). Зв'язок значною мірою зумовлений 2021 р.: за опадів 502,9 мм (найвище значення ряду) врожайність становила 44,0 ц/га (рис. 1); без цього року кореляція відхилень від тренду з опадами знижується до 0,08 ($p = 0,84$). Крім того, 2017 р. мав найменшу суму опадів (158,4 мм), проте врожайність (35,2 ц/га) була близькою до середньої, а у 2020 р. за опадів 322,2 мм, вищих за середні, отримано мінімальні 27,4 ц/га (відхилення −9,0 ц/га). Імовірне пояснення – річна сума не враховує розподіл опадів за фазами розвитку пшениці; це припущення потребує перевірки на даних за вегетаційний період.

Побудована модель може бути базовим (еталонним) варіантом, з яким доцільно порівнювати складніші прогностичні моделі. Умовний сценарій для 2024 р. за моделлю (2): за опадів 250, 300 і 400 мм очікувана врожайність становить 32,6; 34,3 і 37,7 ц/га відповідно, проте з огляду на незначущість коефіцієнтів ці значення слід розглядати лише як ілюстрацію.

Обмеження. Ряд складається з 10 спостережень по одній області; використано лише річні суми опадів, а температуру повітря в кількісну модель не включено, оскільки для області не вдалося знайти відкритий перевірюваний ряд річних значень за ці роки. Також значення опадів у [1] (середнє 304,3 мм) нижчі за кліматичні норми для області, тому їх слід перевірити за первинними даними гідрометеорологічної служби.

Висновки. 1. За даними 2014–2023 рр. зв'язок врожайності озимої пшениці Миколаївщини з річною сумою опадів позитивний, але статистично незначущий ($r = 0,58$; $p = 0,078$) і залежить від одного року (2021). 2. Модель «тренд + опади» лише незначно перевершує прогноз за середнім за LOO-помилкою (4,90 проти 4,97 ц/га), тому річні суми опадів самі по собі недостатні для надійного прогнозу. 3. Для практичного прогнозування необхідні опади й температури за вегетаційний період (чи за міжфазні періоди), запаси ґрунтової вологи та довші ряди спостережень.

**Список використаних джерел**

1. Бабич О. А. Вплив зрошення на урожайність сільськогосподарських культур Миколаївської області 2014–2023 років. Таврійський науковий вісник. 2025. № 143, ч. 1. С. 285–290. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.35.

2. Оцінка мінливості врожаїв основних зернових культур і оптимізація їх посівних площ на території Миколаївської області / А. О. Ільїна та ін. Український журнал природничих наук. 2023. № 5. С. 101–108. DOI: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.5.2023.11.

3. Маркова Н. В., Хоненко Л. Г. Програмування врожаїв: робочий зошит для виконання практичних робіт. Миколаїв: МНАУ, 2022. С. 9–14. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11558/1/markova-program-vrozh-rob-zosh-2022.pdf (дата звернення: 12.10.2026).

**УДК 004.85:632.9**

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ШКІДНИКІВ НА РОСЛИНАХ: ПОРІВНЯННЯ ВЛАСНОЇ CNN ТА TRANSFER LEARNING

**Олег Перепьолкін**

*Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна*

*Науковий керівник: Т. С. Кучмійова,*
*кандидат економічних наук, доцент,*
*Миколаївський національний аграрний університет*

Втрати врожаю від шкідників залишаються однією з найсерйозніших проблем аграрного виробництва, а своєчасність і точність їх діагностики безпосередньо впливають на ефективність та екологічність захисту рослин. Традиційна діагностика ґрунтується на візуальному огляді, який