

## МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ РОСЛИН НА ЗНІМКАХ ВИСОКОГО РОЗРІЗНЕННЯ ЗА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ЗА ДОПОМОГОЮ БПЛА

**Н. А. ПАСІЧНИК**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-2120-1552>,

**В. П. ЛИСЕНКО**, доктор технічних наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-5659-6806>,

**О.О. ОПРИШКО**, кандидат технічних наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0001-6433-3566>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: N.Pasichnyk@nubip.edu.ua

**Анотація.** Для реалізації управління урожаєм рослинники потребують доступної й ефективної інформації про стан посівів. Метою роботи є розробка методики ідентифікації рослин на мультиспектральних знімках високого розрізнення (розподільної здатності) для культур суцільної сівби, на прикладі пшениці озимої. Дослідження проводилися в зоні Лівобережного Лісостепу, на виробничих посівах пшениці озимої, сорт Мулан. На час дистанційного моніторингу за допомогою БПЛА (2019.03.17) рослини перебували в стадії кущіння. Моніторинг із висоти 100 метрів здійснювали за допомогою спектрального комплексу Slantrange 3p, встановленого на БПЛА DJI Matrice 600. Для вилучення еталонних графічних даних із програми SlantView робилася копія екрану в повноекранному режимі вікна знімків. Статистичну обробку графічних даних результатів спектрального моніторингу здійснювали в програмі MathCad. Відмічено, що достовірне встановлення спектрального портрету ґрунту для його попіксельної фільтрації з мультиспектральних знімків є складною задачею, оскільки його забарвлення істотно залежать від стану зволоження й може відрізнятися на відкритих і затінених рослинами ділянках. Принципово новим шляхом відсіву випадкових включень є використання спектрального портрету рослин на базі співвідношень інтенсивності його складових. Перспективним параметром для оцінки стану посівів є оцінка площі їх горизонтальної поверхні, яку можна визначити попіксельним аналізом зображення. Запропонований варіант фільтрації, що потребує налагодження. У подальших дослідженнях доцільно розглянути питання методичного забезпечення оцінки якості фільтрації даних спектрального моніторингу рослинних насаджень.

**Ключові слова:** Slantrange, ідентифікація посівів, фільтрація

## Вступ.

Актуальним критерієм оптимальності для рослинництва, в умовах ринкової економіки, є раціональні витрати засобів і енергії, що передбачає впровадження технологій точного землеробства. Управління врожаєм є одним із ключових трендів модернізації технологій у рослинництві. Для реалізації управління врожаєм рослинники потребують доступної й ефективної інформації про стан посівів. Технології моніторингу, що використовуються нині, потребують серйозних методичних напрацювань. Для наземного обладнання, такого як Yara N-Sensor, представленого (Матвеєнко и др., 2017) дані доступні, оскільки можуть бути отримані оперативно в потрібному місці в прийнятному для технічної реалізації форматі, але неефективні, оскільки не пристосовані до промислових масштабів. Налаштування такого наземного обладнання передбачає критерій оптимальності – максимальний урожай. Супутникові технології ефективні, оскільки дозволяють отримати інформацію для всього поля, але обмежені, так як залежать від погодних умов, мають високу вартість навіть за середнього розрізнення знімків. Безпілотні літальні апарати (БЛА, БПЛА) також мають свої обмеження, проте для моніторингу посівів це, безперечно, революційне рішення. На відміну від супутникових технологій, вони можуть працювати під хмарами й дають змогу отримувати знімки високого розрізнення за прийнятною ціною. Однією з причин, стримуючих упровадження цих технологій моніторингу, є складність використання спектрального сенсорного обладнання з вимірювальною метою, для прийняття рішення щодо використання наземного обладнання. На початкових стадіях вегетації, коли

є можливість ефективного управління врожаєм, вегетаційні індекси залежать від стану ґрунту й наявності рослинних решток, що фіксуються на знімках, (Pasichnyk et al., 2020), що впливає на відтворюваність результатів. Існують серійні мультиспектральні системи, такі як Sланrange, де розробники у фірмовому програмному забезпеченні (ПЗ) пропонують систему фільтрації ґрунту і сторонніх об'єктів, але її налаштування базується на візуальній оцінці знімка, між тим сам реалізований розробником алгоритм фільтрації закритий. Загалом, існуючі технології дистанційного повітряного й супутникового моніторингу мають істотні проблеми, насамперед методичного характеру. Так, за результатами досліджень (Duan et al., 2017) за поєднання даних від наземного обладнання GreenSeeker та встановленої на БПЛА RedEdge камери, для індексу NDVI було зафіксовано істотну різницю, що мала як статичну, так і динамічну складову, що фіксувалось на різних етапах вегетації. Для підвищення кореляції автори вносили корективи для врахування старих листків, проте на початкових етапах вегетації, коли купол рослини не щільний і фіксується значний відсоток ґрунту, відтворюваність зменшуватиметься. Ця явище зумовлене тим, що спектральні показники ґрунту, як у видимому, так і в інфрачервоному діапазонах залежать від стану його зволоження, який може змінюватися впродовж кількох годин. Результати були підтверджені в дослідках (Железова и др., 2016), де було встановлено, що в період осіннього та весняного кушення результати вимірів від наземного сенсору GreenSeeker® RT200 та встановленої на БПЛА камери Canon S110 NIR, за ширини міжряддя 12 см були близькими, а за 18 см мали істотну різницю. У стадії вегетації ви-

хід у трубку стабільна різниця показників фіксувалась незалежно від ширини міжряддя, що автори пояснюють різними умовами освітлення. На нашу думку, таке пояснення є дискусійним, оскільки висота моніторингу не залежала від етапу вегетації, і характерна різниця в показниках сенсорів була зафіксована за більшої ширини міжрядь. Можливим поясненням цього є фіксація ґрунту за повітряного моніторингу. Ґрунт можна ідентифікувати попільським аналізом, що показано в роботах (Komarchuk et al., 2019; Xiuliang Jin et al., 2017). Прикладом таких індексів для ідентифікації пшениці є представлені в роботі ExG, EGVI та ERVI, що використовувались розробниками за здатності розрізнення знімків 0,2 мм/піксель. Проте для промислових систем моніторингу придатне саме нижче розрізнення знімків, коли точність знижується, як показано в роботі (Linyuan et al., 2018. Інфрачервоний діапазон використовується в межах концепції «ґрунтової лінії» для ідентифікації рослин за супутникової зйомки, відповідно, він може бути ефективним і для БПЛА, що необхідно перевірити. Виходячи з цього, метою роботи є розробка методики ідентифікації рослин на мультиспектральних знімках високої здатності розрізнення для культур суцільної сівби, на прикладі пшениці озимої.

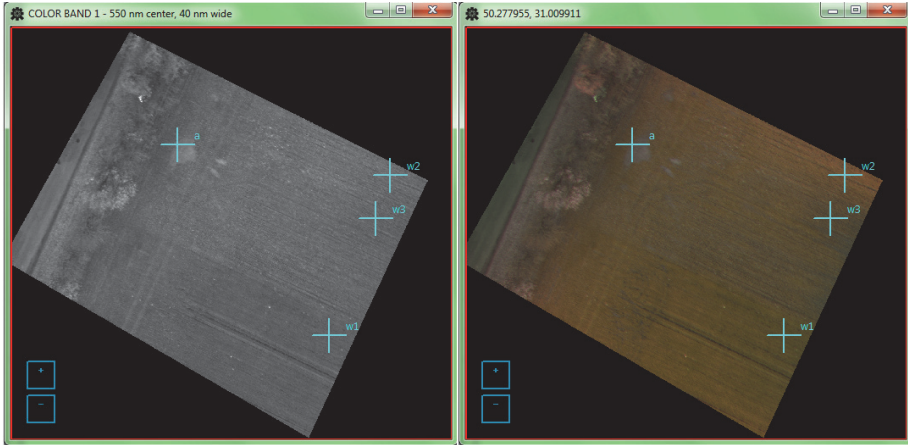
### **Матеріали та методика досліджень.**

Наведену зйомку проводили 2019.03.17 на виробничих посівах пшениці озимої, сорт Мулан, територіально в зоні Лівобережного Лісостепу (50°16 'N, 30°58'E). Рослини перебували в стадії кущення. Відкриті ділянки ґрунту були в повітряно-сухомо стані. Для проведення досліджень

щодо впливу на спектральні показники вологого ґрунту були обрані дві ділянки без рослинності (висохле пониження – «блюдце»), одна з яких була попередньо рясно зволожена так, щоб за 15 хвилин до польоту калюж з поверхні землі візуально не фіксувалося.

Повітряний моніторинг здійснювався за допомогою спектрального комплексу Slantrange 3p, встановленого на БПЛА DJI Matrice 600. Висота польоту 100 метрів, що забезпечило просторову роздільну здатність в 14 мм/піксель за кожним із каналів. Система Slantrange 3p має 4 вимірювальних монохромних канали (Green, Red, RedEdge, iRed) і штатну систему корекції за освітленням на базі зенітного датчика. Спеціалізоване програмне забезпечення SlantView дає змогу калібрувати результати зйомки за освітленням і позиціонуванням та створювати карти розподілу вегетаційних індексів (VI). Оскільки програма не надає доступу до карти розподілу за вихідними каналами, використовували додатковий інтерфейс вікна знімків. На рисунку 1 показано вікна знімків програми SlantView за зеленим каналом (зліва) і у псевдокольорах (справа), з виділеними безпосередньо в програмі досліджуваними ділянками.

Для вилучення еталонних графічних даних із програми Slantview робилася копія екрану в повноекранному режимі вікна знімків, яка зберігалася в графічному редакторі Paint Windows 7 pro у форматі bmp (24 біта). Обрізку зображення із позиціонуванням на опорні точки робили в програмі MS Office Picture manager. Статистичну обробку графічних даних результатів спектрального моніторингу здійснювали в програмі MathCad (ver.14) за методикою, представленою в роботі (Pasichnyk et al.,



**Рисунок 1. Інтерфейси вікон знімків програми SlantView:**  
зліва – монохромне зображення за зеленим каналом (530-570 нм),  
справа – зображення у псевдокольорах (відсутній синій канал)

Позначення на встановлених оператором мітках:

- a – відкритий ґрунт у повітряно-сухому стані,
- w1 – без пролонгованої дії гербіцидів, w2 – маловражені ділянки,
- w3 – ділянки з максимальним ураженням рослин

2019) в [8]. У програмі спочатку вихідне зображення формату bmp або jpeg конвертували в матрицю, що давало змогу однозначно ідентифікувати кожен піксель зображення, після чого здійснювали підрахунок кількості пікселів для кожної з 256 градацій інтенсивності кольору.

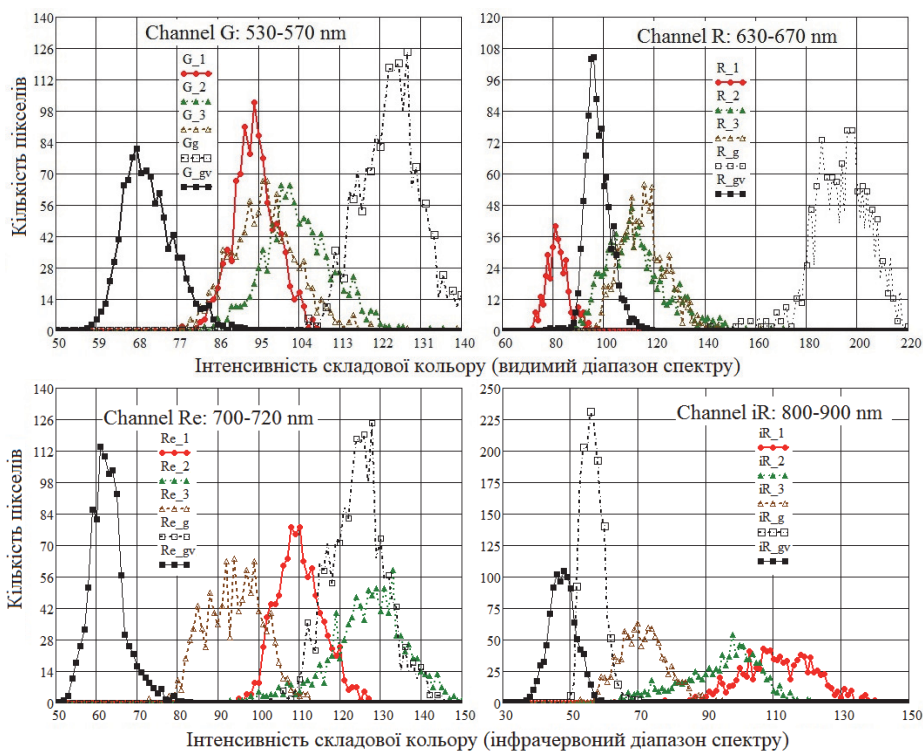
### **Результати досліджень.**

Для налаштування фільтрації ґрунту під час аналізу було написано програму, що підраховувала кількість пікселів за інтенсивністю складових кольору для вибраної ділянки. Отримані результати наведені на рисунку 2.

Зважаючи на отримані результати, достовірно визначити параметри ґрунту для фільтрації виключно за окремим каналом проблематично. Якщо для ділянки з розрідженою рослинністю для каналу iR із сухим

ґрунтом збіги є, а з вологим немає, то за червоним відбувається навпаки. Можливою причиною цього є різний рельєф ґрунту в ріллі й у пониженні. Крім того, ґрунт у тіні від рослин міг мати і проміжний стан висихання. Розглядаючи перспективи промислового застосування даної технології варто враховувати складності у визначенні фільтрації ґрунту.

З урахуванням можливих варіацій типів і підтипів ґрунтів, велику універсальність методики ідентифікації можна отримати, фільтруючи із загальної маси не ґрунт, а безпосередньо рослини за їхніми спектральними портретами. Для розглянутих рослин величина G складової нижча або близька до iR, на відміну від сухого чи вологого ґрунту. Згідно зі зробленим припущенням, для ідентифікації рослин пропонується «відсівати» пікселі, для яких не виконується умова



**Рисунок 2. Розподіл кількості пікселів залежно від інтенсивності складової кольору, де: 1 - 3 пшениця, g - сухий і gv - вологий ґрунт**

iR-G ≥ F. Величина F налаштовується, може визначитися особливостями сорту (культури). Отримані результати наведено в таблиці 1.

Оцінкою впливу фільтрації на спектральні показники було встановлено, що найбільше коригування від-

булося за R і iR каналами, що вплине на вегетаційні індекси на їхній основі. Цікавими є результати обчисленої горизонтальної площі рослин, що кратно змінювалася, що можна використовувати за оцінки стану рослин як додатковий параметр.

**Таблиця 1. Залежність спектральних параметрів ділянок і розрахункової площі рослин (S) на ділянці від параметрів фільтрації**

| F   | 1  |    |     |     |     | 2   |     |     |     |     | 3  |     |     |    |     |
|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|
|     | G  | R  | Re  | iR  | S,% | G   | R   | Re  | iR  | S,% | G  | R   | Re  | iR | S,% |
| -20 | 94 | 81 | 110 | 111 | 100 | 103 | 111 | 128 | 97  | 83  | 93 | 110 | 98  | 77 | 18  |
| -15 | 94 | 81 | 110 | 111 | 100 | 103 | 110 | 129 | 100 | 67  | 94 | 109 | 102 | 82 | 4   |
| -10 | 94 | 81 | 110 | 112 | 99  | 102 | 109 | 129 | 102 | 50  | 93 | 108 | 104 | 86 | 0,5 |
| -5  | 94 | 81 | 110 | 112 | 98  | 101 | 108 | 129 | 104 | 33  | 93 | 108 | 104 | 86 |     |
| -0  | 94 | 80 | 110 | 112 | 95  | 101 | 107 | 129 | 107 | 20  | 93 | 108 | 104 | 86 |     |

## Напря́м подальших досліджень.

Авторами запропоновано варіант фільтрації, що так саме як у рішеннях, реалізованих у ПЗ Slantview, потребує налагодження. Налагодження здійснюється в експертному режимі, що зумовлює суб'єктивність, об'єктивні критерії оцінки якості фільтрації відсутні. Тому в подальших дослідженнях доцільно розглянути питання методичного забезпечення оцінки якості фільтрації даних спектрального моніторингу рослинних насаджень.

## Висновки.

Достовірне встановлення спектрального портрету ґрунту для його попіксельної фільтрації з мультиспектральних знімків є складною задачею, оскільки його забарвлення істотно залежать від стану зволоження, що може різнитися на відкритих і затінених рослинами ділянках.

Більш перспективним способом відсіву випадкових включень є використання спектрального портрету рослин, а саме співвідношень інтенсивності його складових.

Перспективним параметром для оцінки стану посівів є оцінка площі їхньої горизонтальної поверхні, що можна визначити попіксельним аналізом зображення.

Підтвердження та подяка. Попередні результати дослідження було викладено в матеріалах «Ідентифікації рослин на снимках при використанні беспилотных летательных аппаратов» міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 125-річчю з дня народження Т. С. Мальцева, 5.11.2020, м. Курган, Білорусь [9].

## References

1. Matveenko, D.A., Yakushev, V.V., Kanash, E.V., Petrushin, A.F. (2017) Metodicheskie podkhody` k provedeniyu differencirovanny`kh azotny`kh podkormok s ispol`zovaniem testovy`kh ploshhadok [Methodological approaches to carrying out differentiated nitrogen fertilization using test sites], *Agrokhimicheskij vestnik*, 1, 19-24.
2. Pasichnyk, N.A., Lysenko, V.P., Opryshko, O.O. (2020) Methodical approaches for the identification of plants in the optical range by monitoring crops using Unmanned aerial vehicles (UAVs), *Agrochemistry and Soil Science. Collected papers*. 89, Kharkiv: NSC ISSAR, 90-97, (Ukr.). DOI: 10.31073/acss89-10.
3. Zhelezova, S.V., Anan`ev, A.A., V`yunov, M.V., Berezovskij, E.V. (2016) Monitoring posevov ozimoy psheniczy` s primeneniem bespilotoj ae`rofotos`emki i opticheskogo datchika Greenseeker® RT200 [Monitoring of winter wheat crops using unmanned aerial photography and Greenseeker® RT200 optical sensor], *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 6 (194), 56-61;
4. Duan, T., Chapman, S., Guo, Y., Zheng, B., (2017) Dynamic monitoring of NDVI in wheat agronomy and breeding trials using an unmanned aerial vehicle, *Field Crops Research*, 210, 71-80, DOI: 10.1016/j.fcr.2017.05.025;
5. Komarchuk, D.S., Lysenko, V.P., Opryshko, O.O., Pasichnyk, N.A. (2019) Monitoring the condition of mineral nutrition of crops using UAV for rational use of fertilizers, *Advanced agro engineering technologies for rural business development*. IGI Global, 293-319, DOI: 10.4018 / 978-1-5225-7573-3.ch011;
6. Xiuliang Jin, Shouyang Liu, Frédéric Baret, Matthieu Hemerlé, Alexis Comar (2017) Estimates of plant density of wheat crops at emergence from very low altitude UAV imagery, *Remote Sensing of Environment*. 198, 105-114, DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.007;

7. Linyuan Li, Xihan Mu, Craig Macfarlane, Wanjuan Song, Jun Chen, Kai Yan, Guangjian Yan (2018) A half-Gaussian fitting method for estimating fractional vegetation cover of corn crops using unmanned aerial vehicle images, *Agricultural and Forest Meteorology*, 262, 379-390, DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.07.028;
8. Pasichnyk, N.A., Opryshko, O.O., Komarchuk, D.S., Miroshnyk, V.O. (2019) Experience in using MathCad to analyze data from UAVS for remote sensing of crops, *Crop and soil science*, 286, 244-250. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/view/10867>
9. Pasichnik, N.A., Ly'senko, V.F., Opry'shko, A.A., Shtepa, V.N. (2020). Identifikacziy rasteniy na snimkakh pri ispol'zovanii bespilotny'kh letatel'ny'kh apparatov [Identification of plants in images using unmanned aerial vehicles], *Sb. stat. po mater. mezhdunar. nauchn.-prakt. konf. Kurgan: Izd-vo Kurganskoj GSKhA, Belarus*, 256-261. <https://rep.polessu.by/handle/123456789/20366>

---

**Pasichnyk N.A., Lysenko V.P., Opryshko O.O. (2021). METHODOICAL APPROACHES TO PLANT IDENTIFICATION IN HIGH-RESOLUTION IMAGES IN MULTISPECTRAL MONITORING USING UAVS. PLANT AND SOIL SCIENCE, 12(2): 47–53. <https://doi.org/10.31548/agr2021.02.047>**

**Abstract.** *Crop management used in these technologies is one of the main trends in the modernization of agricultural technologies. To implement crop management, growers need accessible and effective information about the state of crops. The aim of the work is to develop a method of plant identification on multispectral images of high resolution for crops of continuous sowing on the example of winter wheat. The research was conducted on 03/17/2019 on winter wheat crops in the tillering vegetation phase, Mukan variety in production fields near the village of Horodyshche, Kyiv region. Aerial monitoring from a height of 100 meters was carried out using a spectral complex Slantrange 3p, mounted on a UAV UAV DJI Matrice 600. To extract the reference graphics data from Slantview made a copy of the screen in full screen mode of the image window. Statistical processing of graphical data of spectral monitoring results was performed in MathCad. It was found that the reliable establishment of the spectral portrait of the soil for its pixel-by-pixel filtering from multispectral images is a difficult task because its color significantly depends on the state of moisture, which may differ in open and shaded by plants. A more promising way to eliminate random inclusions is to use a spectral portrait of plants based on the intensity ratios of its spectral components. A promising parameter for assessing the condition of crops is to assess their area of heir horizontal surface, which can be determined by pixel analysis of the image. A filtering option is proposed, which, as in the solutions implemented in Slantview software, needs to be debugged. In further researches it is expedient to consider questions of methodical maintenance of an estimation of quality of a filtration of data of spectral monitoring of vegetation.*

**Keywords:** *Slantrange, crop identification, filtration*