УДК 004.94:658.01

ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ВРОЖАЙНОСТІ ПОЛІВ ПРИ ПЛАНУВАННІ ЗБИРАЛЬНИХ РОБІТ

С. А. Шворов, доктор технічних наук, професор

Н. А. Пасічник, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

О. О. Опришко, кандидат технічних наук, доцент

Д. С. Комарчук, кандидат технічних наук, доцент

К. В. Ковтун, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: sosdok@i.ua

Анотація. *Розглядаються підхід та методичні основи щодо визначення стану врожайності полів за даними від безпілотних літальних апаратів (БПЛА) при плануванні маршрутів та параметрів руху безпілотної збиральної техніки (БЗТ). Висвітлені результати експериментальної зйомки рослинних насаджень за допомогою БПЛА із подальшим обчисленням графічних даних у програмному середовищі MathCAD. Представлено експериментальні дані аналізу використання різних каналів зйомки, а також рішення щодо фільтрації отриманих зображень від сторонніх об'єктів, перш за все ґрунту. На основі отриманої інформації з БПЛА визначаються місця з врожаєм та ґрунтом (без врожаю), що необхідно для оптимізації планування траєкторії та швидкості руху БЗТ на кожній ділянці поля.*

Ключові слова*: БПЛА, дистанційний моніторинг, безпілотна збиральна техніка, рослинний покрив, спектральна зйомка, фільтрація зображення, оптимізація траєкторії та швидкості руху*

Актуальність. Стратегія використання технологій точного землеробства спрямована на максимально повне залучення і використання різної інформації для вироблення агротехнологічних рішень, їх оптимізації стосовно господарських умов сільськогосподарського підприємства і диференційованого здійснення основних технологічних операцій (у межах поля) для досягнення максимальних кількісних і якісних показників [1]. Порівняно із супутниковими

рішеннями використання безпілотних літальних апаратів для дистанційного моніторингу насаджень надає принципово нові можливості, оскільки дозволяє проводити зйомку оперативно та з високою розподільчою здатністю. Завдяки низькій вартості обладнання такі рішення є доступними навіть для малих господарств чи приватних підприємств, проте, спеціалізоване програмне забезпечення (далі ПЗ) для обробки даних на сьогодні є істотною проблемою, що обмежує широке впровадження цих технологій, особливо при оптимізації планування траєкторії та швидкості руху БЗТ на кожній ділянці поля. Тому дослідження щодо можливості використання стандартного математичного ПЗ для вирішення задач обробки даних дистанційного зондування, отриманих від БПЛА з метою оптимізації планування траєкторії та швидкості руху БЗТ, є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій показує, що на даний час для обробки спектральних даних та обчислення стресових індексів використовують різне ПЗ [2]: для обробки супутникових даних застосовують ПЗ ENVI 4.0, крім якого на ринку також представлені ERDAS, ER Mapper, PCI(EASI/PACE), TNTmips, інші. Специфікою супутникового моніторингу є використання NIR-діапазону. Його застосовують для визначення «ґрунтової лінії», яка потрібна щоб відрізнити з великої відстані ґрунт від рослинності. В ПЗ SlantView [3], що розроблялось спеціалізовано під БПЛА, передбачена можливість фільтрації даних, при цьому одночасно може використовуватись кілька фільтрів, зокрема для «відсіву» ґрунту. ПЗ SlantView розроблено під комплекс Slantrange, який у зйомці використовує 4 канали, проте не пристосований для фотознімків стандарту RGB, хоча оптичний діапазон також є інформативним щодо визначення стану рослин [4].

Мета дослідження – розробка методичних основ визначення стану врожайності полів на шляху руху безпілотної збиральної техніки за допомогою БПЛА.

Матеріали та методи дослідження. Як експериментальні дані для дослідження використовувалися фотознімки посівів пшениці в стадії вегетації (вихід у трубку), отримані 19 травня 2017 року на дослідному стаціонарі кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва НУБіП України (рис.1).

Рис. 1. Фотознімок дослідного стаціонарного поля пшениці озимої, де ділянки: G - ґрунтова дорога, 0 – ділянка без добрив (контроль):

1 – внесено рекомендовану норму добрив

Окрім дослідних ділянок стаціонарного поля (див. рис. 1), додатково розглядались затінені ділянки ґрунту на межах полів (рис. 2), оскільки можлива фіксація на фото ділянок, які перебувають в тіні від рослин.

Рис. 2. Фото ділянок, які перебувають в тіні від рослин

Для аналізу відповідні ділянки були вирізані та збережені окремими файлами засобами Microsoft Office. На основі створення спектральних стресових індексів на першому етапі визначалися параметри фільтрів, тобто значення спектрів, які відповідали ґрунту і затіненому ґрунту. На другому етапі обчислювалось середнє значення для кожного каналу після фільтрації. Таким чином готувалась інформація для планування робіт по збору врожаю на кожній ділянці поля безпілотними комбайнами [5].

Результати досліджень та їх обговорення. Обчислювання даних здійснювалися з використанням програмного середовища MathCAD (version 14.0.0.163). Таке програмне забезпечення є достатньо розповсюдженим в Україні й передбачає пробний термін використання і є доступним для фахівців. Текст програми для обчислення червоної складової для першої ділянки представлено на рис. 3.

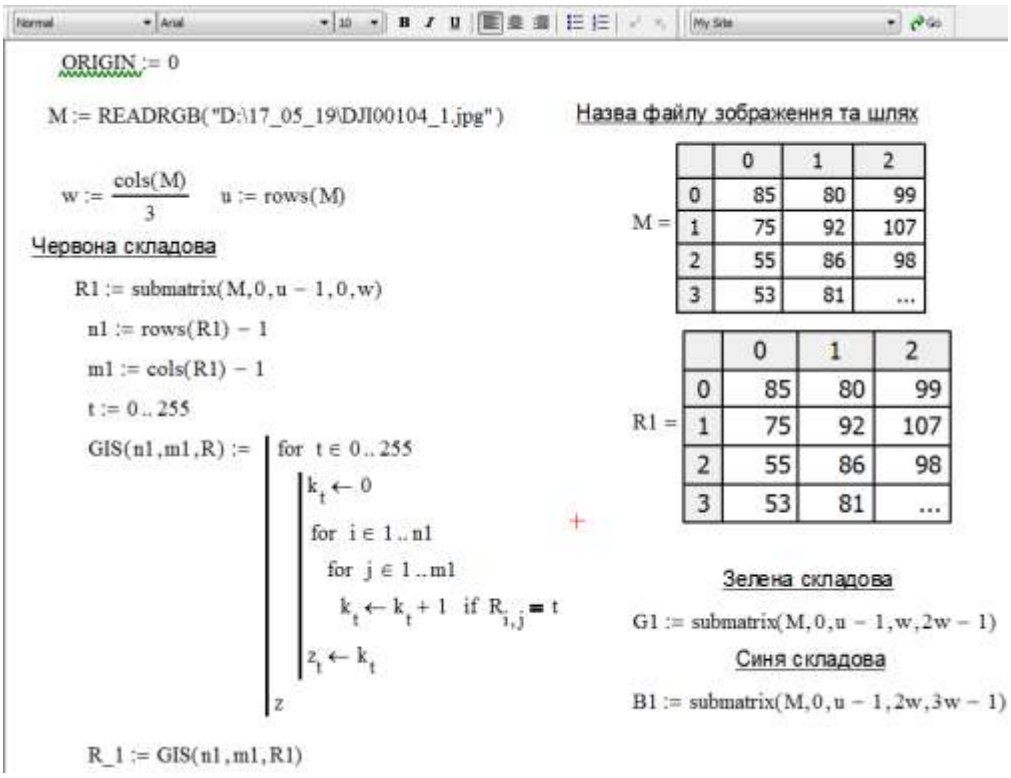

Рис. 3. Програма для обчислення розподілу складових кольору для файла зображення формату RGB

За допомогою команди READRGB (“назва файлу“) маткад створює матрицю, кількість строк якої відповідає кількості пікселів зображення по вертикалі, а кількість стовбців втричі більша, ніж кількість стовбців у зображенні. Перша третина стовбців відповідає значенням інтенсивності за червоною складовою, друга – за зеленою, а третя – за синьою. Інтенивність складових кольору у форматі RGB вимірюється цілими числами і змінюється в діапазоні 0…255.

Представлена програма перетворює субматрицю, яка відповідає певному кольору зображення, в таблицю, перший стовпчик якої відповідає інтенсивності складової кольору, а другий – кількості пікселів із відповідною інтенсивністю забарвлення в зображенні. Отримані результати представлені на рис. 4. Для решти кольорів та ділянок обчислення здійснюється аналогічно.

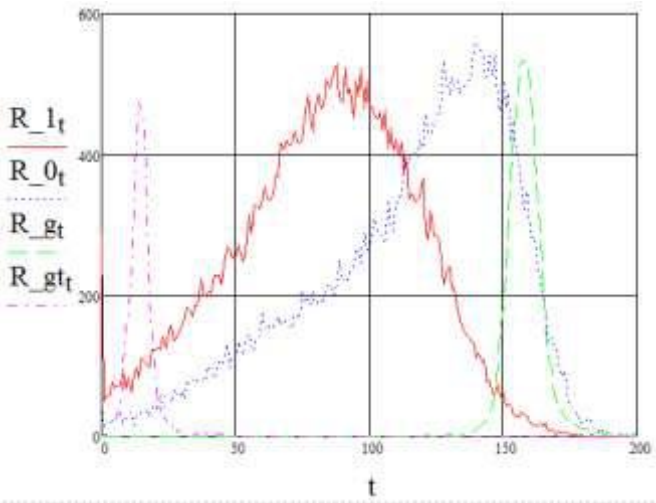

Рис. 4. Розподіл яскравості пікселів для ділянок зображення

Як видно з представлених даних, інтенсивності складових кольору для ґрунту відповідають діапазонну 150…175, а для ґрунту в тіні – 10…20.

Програма для обчислення інтенсивності каналу за середнім значенням представлена на рис. 5.

```
Rgt := 20    Ggt := 25    Bgt := 30    Значення R,G та B складових ґрунту в тіні
Rg := 150    Gg := 140    Bg := 150    Нижня межа значеннь R, G та B складових кольору ґрунту  (ґрунтова дорога із узбіччям)
Rg1 := 175   Gg1 := 160   Bg1 := 175   Верхня межа значеннь R, G та B складових кольору ґрунту  (ґрунтова дорога із узбіччям)

R1 := submatrix(M,1,u,1,w)        Обчислення червоної складової

R(M) := | s ← 0
        | n ← 0
        | for a ∈ 1..u
        |   for b ∈ 1..w
        |     if [(Rgt ≤ M_a,b ≤ Rg) ∨ (M_a,b ≤ Rg1)] ∧ [(Ggt ≤ M_a,b+w ≤ Gg) ∨ (M_a,b+w ≤ Gg1)] ∧ [(Bgt ≤ M_a,b+2·w ≤ Bg) ∨ (M_a,b+2·w ≤ Bg1)]
        |       | s ← s + M_a,b
        |       | n ← n + 1
        | q_1 ← s/n
        | q_2 ← n/z
        | q
```

Рис. 5. Програма для обчислення значення каналу з фільтрацією даних

Оскільки кожен піксель зображення має три складові кольору, в запропонованій схемі фільтрації, якщо за однією із складових кольору ділянку було розпізнано як таку, що не відповідає рослинам, у подальшому її не обчислювали. За отриманими результатами інтенсивність RGB для ділянок поля з внесенням рекомендованої норми мінеральних добрив (1) та без удобрення (0) складала {78:**109**:84} і {103:**120**:106} відповідно. При фільтрації виключно за даними власного каналу були отримані такі результати: {83:**109**:88} та {114:**120**:117} відповідно. Отже, фільтрацію ґрунту найбільш ефективно можна здійснити за зеленим каналом. Такий діапазон зміни значень складових кольору, обумовлений різним станом мінерального живлення, є цілком достатнім для використання при створенні спектральних індексів для БПЛА.

Висновки і перспективи.

1. Математичне програмне забезпечення MathCAD може ефективно використовуватись для аналізу графічних даних, отриманих при моніторингу насаджень з БПЛА для оптимізації планування траєкторії та швидкості руху БЗТ на кожній ділянці поля.

2. При організації фільтрації зображення від сторонніх елементів, перш за все ґрунту, доцільно використовувати дані за всіма вимірювальними каналами одночасно.

3. Зелений канал є достатньо інформативним для розпізнавання ділянок, що не відповідають рослинам.

Список літератури

1. Аніскевич Л. В. Технології точного землеробства /Л. В. Аніскевич, В. І. Адамчук // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2006. – Вип. 101. – С. 8–27.

2. Рулев А. С. Анализ сезонной динамики NDVI естественной растительности Заволжья Волгоградской области / А. С. Рулев, С. Н. Канищев, С. С. Шинкаренко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Т. 13. – № 4. – С.113–123.

3. Дистанційне зондування зернових культур для програмування врожаю / [Лисенко В. П., Комарчук Д. С., Пасічник Н. А., Опришко О. О.] – К.: ТОВ «ЦП Компринт», 2017. – 362 с.

4. Shadchina T. M. Elaboration of theoretical bases and methods of the remote sensing of winter wheat crops using the high resolution spectrometry // Manuscript. Thesis for Dr.Sci (Biol.) by speciality 03.00.12-Plant Physiology.-Institute of Plant Physiology and Genetics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 1999.

5. Шворов С. А. Метод планування робіт по збору врожаю безпілотними комбайнами / С. А. Шворов, Д. В. Чирченко // Енергетика і автоматика. – 2017. – № 1. – С.28-36. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2017_1_5

References

1. Aniskevich, L.V., Aniskevich, V.I (2006) Tekhnolohii tochnoho zemlerobstva [Precise farming is a prospect for increasing yields] Naukovyi visnyk Natsionalnoho ahrarnoho universytetu, 101, 8-27.

2. Rulev, A. S, Kanishchev, S. N., Shinkarenko S.S. (2016) Analiz sezonnoy dinamiki NDVI estestvennoy rastitel'nosti Zavolzh'ya Volgogradskoy oblasti [The analysis of seasonal dynamics of NDVI of natural vegetation is presented] Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 13 (4), 113-123.

3. Lisenko, V. P., Komarchuk, D. S., Pasichnik, N. A., Oprishko, O. O. (2017) Dystantsiine zonduvannia zernovykh kultur dlia prohramuvannia vrozhaiu [Remote sensing of grain crops for harvest programming] TOV "CP COMPRINT", 362.

4. Shadchina, T. M. (1999) Elaboration of theoretical bases and methods of the remote sensing of winter wheat crops using the high resolution spectrometry

[Manuscript. Thesis for Dr.Sci (Biol.) by speciality 03.00.12-Plant Physiology.- Institute of Plant Physiology and Genetics] National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv.

5. Shvorov, S. A., Chirchenko D. V. (2017) Metod planuvannia robit po zboru vrozhaiu bezpilotnymy kombainamy [A method for planning work for unmanned combines has been developed.] Enerhetyka i avtomatyka,1, 28-36.

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ПОЛЕЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ УБОРОЧНЫХ РАБОТ

С. А. Шворов, Н.А. Пасечник, А.А. Опрышко, Д. С. Комарчук, К.В. Ковтун

Аннотация. *Рассматриваются подход и методические основы по определению состояния урожайности полей по данным от беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при планировании маршрутов и параметров движения беспилотной уборочной техники (БУТ). Освещены результаты экспериментальной съемки с помощью БПЛА растительных насаждений с последующим вычислением графических данных в программной среде MathCAD. Представлены экспериментальные данные анализа использования различных каналов съемки, а также решение о фильтрации полученных изображений от посторонних объектов, прежде всего почвы. На основе полученной информации с БПЛА определяются места с урожаем и почвой (без урожая), что необходимо для оптимизации планирования траектории и скорости движения БУТ на каждом участке поля.*

Ключевые слова: БПЛА, дистанционный мониторинг, беспилотная уборочная техника, растительный покров, спектральная съемка, фильтрация изображения, оптимизация траектории и скорости движения

APPLICATION OF UAV FOR DETERMINING THE STATE OF YIELD OF FIELDS AT PLANNING OF CLEANING WORKS

S. Shvorov, N. Pasechnik, A. Opryshko, D. Komarchuk, K. Kovtun

Abstract. *The approach and methodological basis for determining the state of field yields from data from unmanned aerial vehicles (UAVs) when planning the routes for unmanned harvesting vehicles (UHV) are considered. The results of the experimental survey with the help of UAV of plantations with the subsequent calculation of graphic data in the MathCAD software environment are highlighted. The experimental data of the analysis of the use of different survey channels are presented, as well as the decision to filter the received images from extraneous objects, primarily the soil. Based on the information received from the UAV, the places with the crop and soil (without crop) are determined, which is necessary to optimize the planning of the trajectory and the speed of the UHV in each section of the field.*

Key words: ***UAV, remote monitoring, unmanned harvesting equipment, vegetative cover, spectral survey, image filtration, optimization of the trajectory and speed***