

УДК 528.88:502.37

А. Б. АЧАСОВ, д-р с.-г. наук, доц.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022

Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва
Харківська область, Харківський район, п/в «Комуніст-1», 62483
e-mail: remsensing@yandex.ua

А. О. СЕДОВ, А. О. АЧАСОВА, канд. біол. наук, доц.

Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва

ОЦІНКА ЗАБУР'ЯНЕНOSTІ ПОСІВІВ СОНЯШНИКА ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Ціль. Оцінка можливості використання квадрокоптерів для оцінки забур'яненості посівів соняшника. **Методи.** Аерозйомка за допомогою безпілотних літальних апаратів, об'єктно-орієнтований аналіз зображення. **Результати.** Наведені результати оцінки забур'яненості посівів соняшнику за результатами дешифрування знімків, зроблених за допомогою БПЛА у видимому діапазоні. Показано, що найкращі результати дешифрування знімків отримані при використанні контрольованої класифікації за методом максимальної правдоподібності. **Висновки.** Для покращення розпізнавання бур'янів та відокремлення їх зображення від зображень культурних рослин доцільно використовувати об'єктно-орієнтований аналіз.

Ключові слова: БПЛА, дрон, моніторинг посівів, бур'яни, соняшник, амброзія полинолиста, врожай, дешифрування, контрольована класифікація

Achasov A. B.

V. N. Karazin Kharkiv National University

V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University

Sedov A. O., Achasova A. O.

V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University

ASSESSMENT OF A CONTAMINATION OF CROPS OF SUNFLOWER BY MEANS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Purpose. Evaluate the use of quadcopters for evaluation of weed-infested crops of sunflower. **Methods.** Aerial survey using drones, object-oriented image analysis. **Results.** In the article are given the results of assessment of a contamination of crops of sunflower by results of decryption of the pictures made by means of the UAV in the visible range. It is shown that the best results of decoding of photo-images are received when using supervised classification by a method of the maximum plausibility. **Conclusions.** For improving of recognition of weeds and separation of their image from images of cultural plants it is expedient to use the object-oriented analysis.

Keywords: UAV, drone, monitoring of crops, weeds, sunflower, ragweed polynolity, harvest, decryption, supervised classification

Ачасов А. Б.

Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева

Седов А. О., Ачасова А. О.

Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева

ОЦЕНКА ЗАСОРЕННОСТИ ПОСЕВОВ ПОДСОЛНЕЧНИКА С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Цель. Оценка возможности использования квадрокоптеров для оценки засоренности посевов подсолнечника. **Методы.** Аэро съемка с помощью беспилотных летательных аппаратов, объектно-ориентированный анализ изображения. **Результаты.** Приведены результаты оценки засоренности посевов подсолнечника по результатам дешифрирования снимков, сделанных с помощью БПЛА в видимом диапазоне. Показано, что наилучшие результаты дешифрирования снимков получены при

использовании контролируемой классификации по методу максимальной правдоподобности. **Выводы.** Для улучшения распознавания сорняков и отделения их изображения от изображений культурных растений целесообразно использовать объектно-ориентированный анализ.

Ключевые слова: БПЛА, дрон, мониторинг посевов, сорняки, подсолнечник, амброзия полыннолистая, урожай, дешифрирования, контролируемая классификация

Вступ

Постановка проблеми: В останні роки аерознімання за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) є мабуть найбільш активним у своєму розвитку елементом ГІС-технологій. Світовий ринок дронів і пов'язаних з ними послуг на даний час приблизно оцінюється в 2 мільярди доларів США. Втім за прогнозами експертів консалтингової групи Pricewaterhouse Coopers LLP до 2020 року прогнозується його зріст до 127 мільярдів, серед яких 32,4 мільярди буде припадати на застосування БПЛА-технологій у сільському господарстві [1].

Одним з перспективних напрямків використання дронів у аграрному виробництві є оцінка та моніторинг ступеня забур'яненості посівів. Бур'яни є прямими конкурентами сільськогосподарських рослин через їх високу пристосованість до умов середовища. Їх присутність у культурних агрофітоценозах призводить до переходу ресурсів вологи та живлення що, відповідно, викликає зниження врожайності сільгоспкультур. Так, середньосвітові втрати врожаю спричинені забур'яненістю полів тільки для зернових культур сягають 167,4 млн т, або 34,8% потенційного врожаю. Зокрема втрати зерна пшениці становлять 34,5 млн т, або 23,9% світового потенційного врожаю [2].

За даними Міжнародної організації з продовольства і сільського господарства ФАО, втрати сільськогосподарської продукції від бур'янів та інших шкідливих організмів в усьому світі оцінюються в 75 млрд дол. за рік, що становить третю частину потенційно можливого збору врожаю [2].

Зокрема для України встановлено, що лише 10% обстежених площ мають незначну забур'яненість, 60% площ – середню (10-50 шт/м²) і 30% ріллі – сильну забур'яненість (понад 50 шт/м²) [2]. Викладені факти переконливо доводять важливість питання боротьби з забур'яненістю, основою якої є оперативна оцінка стану посівів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Методики врахування фактичної забур'яненості посівів сільськогосподарських культур залишаються незмінними на протязі трьох останніх десятиліть [3].

Існують різні способи визначення кількості бур'янів, серед яких найбільш відомим є візуально-кількісний метод А. Г. Мальцева. В його основі лежить співвідношення кількості бур'янів і культурних рослин на одиницю площі. Поле проходять по двох діагоналях і через кожні 50-100 м роблять зупинки. На кожній зупинці посіви обстежують візуально в радіусі 2 м навколо себе, визначають якісний і кількісний склад бур'янів і заносять результати у відповідну відомість обліку. Ступінь засміченості поля оцінюється за чотирибальною шкалою. Зрозуміло, що такий окомірний облік забур'яненості неможна вважати повністю об'єктивним, але він широко застосовується й зараз на великих земельних масивах у виробничих умовах. Головною причиною тому є експресність методу, яка дозволяє швидко оцінити ситуацію та відповідно відреагувати на неї.

Для прикладу наведемо удосконалений спосіб оцінки засміченості полів. Обстеження проводиться також по двох діагоналях з періодичним накладанням рамки та підрахуванням всередині її кількості культурних рослин і бур'янів за видами. Можлива кількісно-вагова варіація методу, згідно якої крім чисельності визначається також і маса бур'янів. Такий кількісний підхід є безперечно більш точним, але займає значно більше часу та зусиль.

Фахівці вважають [3], що візуально-кількісний метод може бути ефективним й зараз, особливо за умов його модернізації та об'єктивізації за допомогою сучасних технологій отримання інформації. Якщо раніше такі альтернативні методи обліку як дистанційне зондування були набагато витратнішими за звичайні методи обстеження, то при сучасному рівні розвитку техніки і технології ситуація кардинально змінилася.

Існує достатньо прикладів оцінки забур'яненості агрофітоценозів як за допомогою космічних знімків [4; 5] так і знімків, зроблених за допомогою БПЛА [6; 7; 8]. При цьому останні є значно привабливішими в першу чергу через надвисоку роздільну здатність знімків, що підтверджується кількістю публікацій на цю тему.

Існуюче велике різноманіття дронів, зондуючої апаратури та режимів зйомки часто викликає ситуацію методичної невизначеності. Так, вага сучасних комерційних

дронів може коливатись від сотень грамів до сотень кілограмів. Відповідно буде варіювати набір апаратури, яка може встановлюватись на них, а це в свою чергу обумовить спектральну, радіометричну та просторову роздільну здатність знімків. Додамо, що зйомка може проводитись на різних висотах, й отримаємо дійсно складне завдання оптимізації процесу.

Метою статті є оцінка можливості використання квадрокоптерів для оцінки забур'яненості посівів соняшника.

Результати дослідження

Дослідження проводились на дослідному полі Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва 17 травня 2016 року. На полі проводиться багатофакторний дослід по оптимізації технології вирощування соняшника. Зйомку да-

ного поля було виконано за допомогою квадрокоптера DJI Phantom Vision 2+. Зйомка проводилась у видимому діапазоні за допомогою цифрової 14 мегапіксельної камери з чотирьох висот: 5 м, 25 м, 50 м, 100 м (рис. 1).



Рис. 1 — Загальний вигляд досліджуваного поля (фрагмент знімка з дрона)

Полеве обстеження поля показало, що воно уражене переважно амброзією полинолістою (*Ambrosia artemisiifolia*), бур'яном, який відноситься до категорії карантинних і завдає великої шкоди сільському господарству. Визначення кількості

бур'янів ваговим методом показало, що питома вага амброзії полинолістої у загальній масі агрофітоценозу становить 89%, що згідно прийнятої класифікації [9] характеризує рівень забур'яненості як «дуже сильний».

Відпрацювання методики дистанційної оцінки забур'яненості поля проводилось в межах облікової рамки розміром 0,7*0,7 м. Дешифрування БПЛА-знімку проводилось в програмі TNTmips з використанням як неконтрольованої так і контрольованої класифікації. Класифікаційними ознаками слугували яскравості зображень в червоному, синьому та зеленому діапазонах, на які було розкладено кольоровий знімок.

В ідеалі на знімку треба було виділити всі основні наявні інформаційні класи об'єктів, а саме: 1) ґрунт, 2) рослинні рештки, 3) соняшник, 4) амброзія полинолиста (рис.2).

Застосування методів неконтрольованої класифікації довели їх низьку придатність щодо визначення ступеня за-

бур'яненості. Наприклад, перший з чотирьох спектральних кластерів, які були виділені на знімку в результаті застосування методу нечіткої кластеризації К-середніх, характеризував такі об'єкти: соняшник, рослинні рештки, амброзія полинолиста. До другого спектрального кластеру увійшли пікселі, які характеризують амброзію, рослинні рештки та ґрунт. До третього – ґрунт та рослинні рештки. І лише четвертий відповідав переважно одному інформаційному класу об'єктів – ґрунту, причому переважно затіненому. Нажаль сіра графіка журналу не дозволяє в повній мірі проілюструвати одержані результати.

Покращити загальну картину можна шляхом збільшення первинного числа



Рис. 2 – Знімок облікової ділянки

кластерів та подальшого їх об'єднання дешифрувальником в ручному режимі. Проведення такої процедури показало, що витрати зусиль та часу не відповідають одержаним результатам, адже фактично класифікація перетворилась на контрольовану.

Як відомо, для останньої потрібно обрати спектральні еталони для інформаційних класів, після чого решту пікселів буде віднесено до одного з них. Форму-

вання спектральних еталонів проводилось на одній п'ятій частині облікової рамки, після чого була проведена контрольована класифікація з використанням різних методичних підходів.

Найбільш достовірні результати були одержані при використанні методу максимальної правдоподібності, який дозволив чітко відлити 4 класи об'єктів: 1) ґрунт, 2)

пожнивні рештки, 3) соняшник, 4) амброзію полинолисту. Результати дешифрування наведені в таблиці та проілюстровані на рис. 3.

Аналіз одержаних результатів доводить, що останні третій і четвертий класи мають нечітку межу. Головним поясненням цього факту є ефект надвисокої детальності [10]. Він полягає у тому, що при високій

Таблиця

Результати дешифрування за методом максимальної правдоподібності

Інформаційний клас	Кількість пікселів	Відсоток
Соняшник	28041	11.81
Амброзія полинолиста	67085	28.26
Рослинні рештки	14209	5.99
Ґрунт	128031	53.94

роздільній здатності знімка збільшується внутрікласова спектральна варіабельність, що відповідно погіршує вірогідність розділення окремих класів [11]. Тобто на знімках з надвисокою детальністю можуть утворюватись специфічні оптичні ефекти. Наприклад, окремі ділянки листа соняшника завдяки природній вигнутості будуть мати більш темне забарвлення, через що пікселі, які їх репрезентують, потраплять до класу бур'янів.

Покращення розпізнавання може досягатись за допомогою використання

об'єктно-орієнтованого аналізу (object-based image analysis), який враховує не лише спектральні характеристики, але й структуру зображення, зокрема лінійне розташування рослин соняшника на полі [11]. Зокрема, ця методика була успішно використана при виявленні бур'янів в посівах пшениці [5] та кукурудзи [12]. Дослідження в цьому напрямку будуть нами продовжені.

Оцінка забур'яненості шляхом врахування співвідношення проективного покриття амброзії полинолистої та соняшника показала, що питома вага бур'яну становить

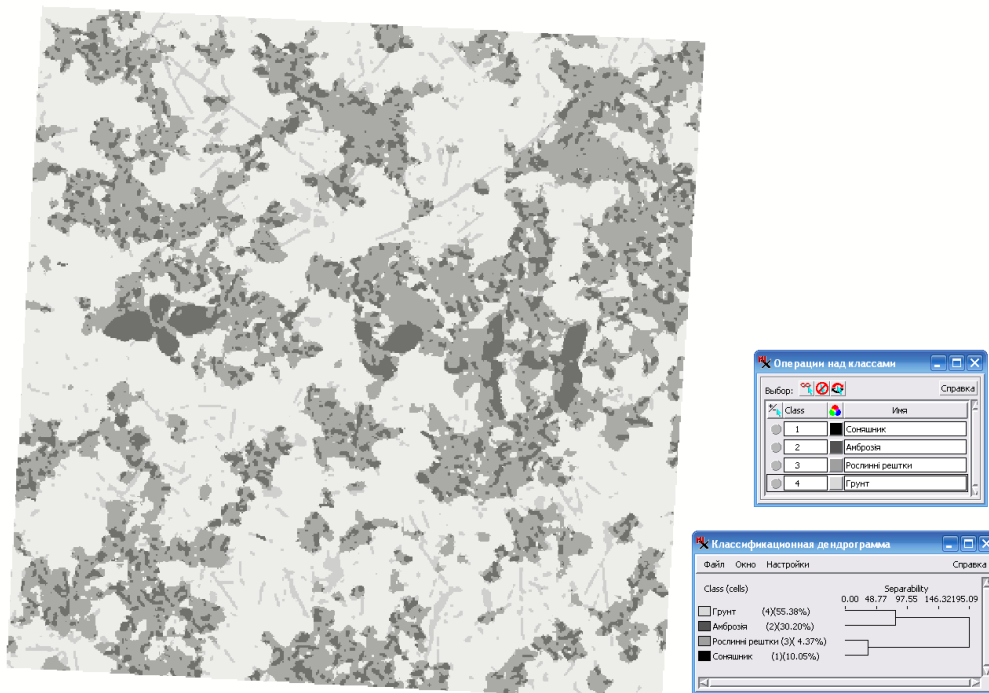


Рис. 3 – Результати контрольованої класифікації зображення.

70,5%. Спираючись на класифікацію В. С. Зузи [9] цей рівень забур'яненості можна охарактеризувати як «дуже сильний». Необхідно враховувати, що на сьогодні немає однієї точки зору щодо градацій забур'яненості що, свідчить, як про суб'єктивність в оцінці рівня забур'яненості, так і про певну невизначеність самого поняття рівня забур'яненості. Хоча результат оцінки засміченості поля методом «БПЛА-індикації» відрізняється від польового ме-

тоду, він заслуговує на увагу через свою оперативність та оглядовість.

Дійсно, використання БПЛА дозволяє: 1) отримати майже миттєву просторову картину з заданою детальністю; 2) по результатах об'єктивного кількісного дешифрування надати інформацію про проективне покриття бур'янів; 3) оперативно провести повторний моніторинг посів з метою контролю ситуації.

Висновки

Дослідження показали можливість кількісної оцінки рівня забур'яненості посівів соняшника шляхом дешифрування даних БПЛА-зйомки у видимому діапазоні. Контрольована класифікація знімків за індивідуальними спектральними характеристиками природних об'єктів дозволила встановити

проективне покриття амброзії полинолистої - 70,5%.

Удосконалення методики дешифрування полягає у застосуванні методу об'єктно-орієнтованого аналізу зображення, який враховує не лише спектральні характеристики об'єктів, а й структуру знімка.

Література

1. Global Market for Commercial Applications of Drone Technology Valued at over \$127 bn. <http://press.pwc.com/News-releases/global-market-for-commercial-applications-of-drone-technology-valued-at-over--127-bn/s/AC04349E-C40D-4767-9F92-A4D219860CD2>
2. Гудзь В.П., Примак І.Д., Будьонний Ю.В., Танчик С.П. Землеробство Підручник. 2-ге вид. перероб. та доп. / За ред. В.П. Гудзя. - К.: Центр учбової літератури, 2010. - 464 с.
3. Шпанев А. М. Новые подходы к методике учета сорных растений / А. М. Шпанев, П. В. Леконцев // Защита и карантин растений: ежемесячный журнал для специалистов, ученых и практиков. - 2012. - № 8. - С. 38-41
4. Архипова О.Е., Качалина Н.А., Тютюнов Ю.В, Ковалев О.В. Оценка засоренности антропогенных фитоценозов на основе данных дистанционного зондирования Земли (на примере амброзии полыннолистной). Исследования Земли из космоса, 2014. № 6. С. 15-26.
5. De Castro, A.I.; Lopez Granados, F.; Jurado-Exposito, M. Broad-scale cruciferous weed patch classification in winter wheat using QuickBird imagery for in-season site-specific control—Springer. *Precis. Agric.* 2013, 14, 392–413.
6. Hunt, E.R., Jr.; Hively, W.D.; Fujikawa, S.J.; Linden, D.S.; Daughtry, C.S. T.; McCarty, G.W. Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring. *Remote Sens.* 2010, 2, 290–305.

7. López-Granados, F. Weed detection for site-specific weed management: Mapping and real-time approaches. *Weed Res.* 2011, 51, 1–11
8. Peña J.M., J. Torres-Sánchez, A. Serrano, A.I. de Castro, F. López-Granados. 2015. Quantifying efficacy and limits of unmanned aerial vehicle (UAV) technology for weed seedling detection as affected by sensor resolution. *Sensors*, 15(3), 5609-5626
9. Зуза В. С. Нова концепція рівня забур'яненості посівів сільськогосподарських культур при гербологічному моніторингу / В. С. Зуза // Вісн. ХНАУ. Сер. «Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство»: зб. наук. пр. – Х.: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2011. – № 1. – С. 169–173.
10. Yu, Q.; Gong, P.; Clinton, N.; Biging, G.; Kelly, M.; Schirokauer, D. Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 2006, 72, 799–811.
11. Blaschke, T. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 2010, 65, 2–16.
12. Pena, J.M.; Torres-Sanchez, J.; de Castro, A.I.; Kelly, M.; Lopez-Granados, F. Weed Mapping in Early-Season Maize Fields Using Object-Based Analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images. *PLoS One* 2013, 8, e77151.

Надійшла до редколегії 17.10.2016

