

UDC 631:659.78:528(075)

Solokha M. A., Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher

*National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research
named after O. N. Sokolovsky"*

CLASSIFICATION OF AGRICULTURAL CROPS ON THE BASIS OF AERIAL PHOTOGRAPHY

A methodical approach is presented for classifying in the form of digital numbers (DN) responses of various varieties of agricultural crops. The research was conducted on the territory of the State Enterprise "Salivonkivske" of the Sugar Beet Institute, Vasylkivsky District, Kyiv region. Formed three-dimensional graphs of different varieties of cultures. The DN algorithm, which consists directly from the unmanned aerial imaging, is described in the ErdasImage 9.1 software and received by channels: red, green, and blue RGB models, is described.

Keywords: *aerial photography, unmanned aerial vehicle, digital numbers, agricultural crops, soil contours.*

УДК 631:659.78:528(075)

Солоха М. А., канд. геогр. наук, ст. науч. сотрудник

*Национальный научный центр
«Институт почвоведение и агрохимии имени А. Н. Соколовского»*

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Показан методический подход к классификации в виде цифровых чисел (DN) отклика различных сортов сельскохозяйственных культур. Исследование проведено на территории ГП ОХ «Саливонкивское» Института сахарной свеклы (Васильковский район, Киевской области). Сформирован трехмерные графики разных сортов по культурам. Описан алгоритм получением DN, состоящий непосредственно из аэрофотосъемки с беспилотника, обработки в программном обеспечении ErdasImage 9.1 и получения данных по каналам: красном, зеленом и синем модели RGB.

Ключевые слова: *аэрофотосъемка, беспилотник, цифровые числа, сорта сельскохозяйственных культур, почвенные контуры.*

УДК 631:659.78:528(075)

Солоха М. О., канд. геогр. наук, ст. наук. співробітник

Національний науковий центр

«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»

КЛАССИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Показаний методичний підхід до класифікації у вигляді цифрових чисел (DN) відгуку різних сортів сільськогосподарських культур. Дослідження проведено на території ДП ДГ «Салівонківське» Інституту цукрових буряків (Васильківський район, Київської області). Сформовано тривимірні графіки різних сортів по культурам. Описано алгоритм отриманням DN, що складається безпосередньо з аерофотозйомки з безпілотною, обробки в програмному забезпеченні ErdasImage 9.1 і отримання даних за каналами: червоному, зеленому і синьому моделі RGB.

Ключові слова: аерофотозйомка, безпілотною, цифрові числа, сорти сільськогосподарських культур, ґрунтові контури.

Вступ. Починаючи з 2000 років все більше наукових публікацій у галузі дистанційного зондування, а саме: оцінки стану с.-г. рослинності систематизують не тільки супутникові дані, а й дані, отримані з безпілотною.

Американці E. Raymond Hunt JR., Michel Cavigelli, S.T. Daughtry, James Mcmurtreya and Charles I Walthall ще у 2008 р. провели дослідження щодо використання ДКЛА при визначенні стану та врожайності с.-г. рослин у місцевості Beltsville (Raymond Hunt, E., 2008). Використавши серед інших приладів цифрову камеру Olympus D40, вони дійшли до висновків, що це дуже дешева та перспективна платформа для оперативного визначення стану с.-г. рослин (їх об'єкти дослідження були: кукурудза та соя). Методично вони розраховували цифрові значення (підхід повністю поділяє автор) та будували графіки залежності відбивної здатності від довжини хвилі (рис. 1).

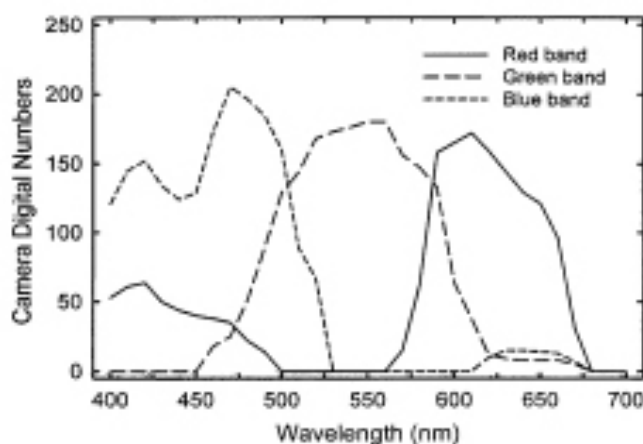


Рис. 1. Залежності відбивної здатності цифрових значень від довжини хвилі цифрової камери Olympus D40 (Raymond Hunt, E., 2008)

На жаль, у своїй роботі вони зупинилися у перетворенні цифрових значень камери у вегетаційний індекс NGRDI та не стали розвивати методичну складову. Це позначилося на висновках роботи, коли було показано, що не можливо розрізняти різні види рослин використовуючи вегетаційний індекс. Паралельно автори засвідчили, що канал червоний та зелений мають дуже низьку відбивну здатність для аналізу рослин.

Для визначення кількості азоту в рослинах застосовували двоякий підхід – аерофотозйомка та одночасно листову діагностику на основі приладу Minolta SPAD-502 chlorophyll meter (Spectrum Technologies, Inc., Plainfield, IL, USA) з одночасним закладанням польових дослідів на об'єкті дослідження (рис. 2 a,b,c).

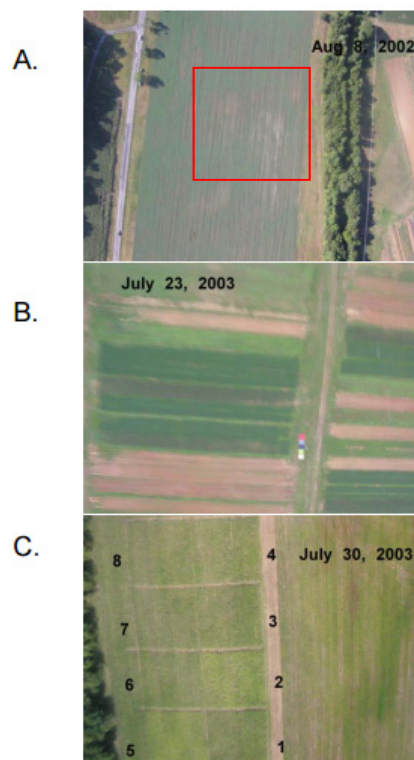


Рис. 2. Вегетаційний дослід, що використовували для досліджень (Raymond Hunt, E., 2008)

Аналіз рис. 2 дає чітку можливість оцінити вплив мікрорельєфу на стан рослинності (частина А – ареал рослинності в стані регресії в центрі поля сої в прямокутнику), мікропольові досліді (частина В) закладені з різним внесенням азотних добрив, що чітко відображується на рисунку більш інтенсивним зеленим кольором, теж відноситься й до частини С – де чітко розрізняється різне внесення добрив у кукурудзі, що проіндексовано цифрами досліді.

Camille C. D. Lelong, Philippe Burger, Guillaume Jubelin, Bruno Roux, Sylvain Labbé, Frédéric Baret у 2008 р. проводили свої тури зйомки неподалік містечка Аузвіль, поблизу Тулузи, Франція з закладенням досліді з різним внесенням азотних добрив, які потім перераховувалися через індекс LAI (рис. 3) (Camille C. D. Lelong, 2008).

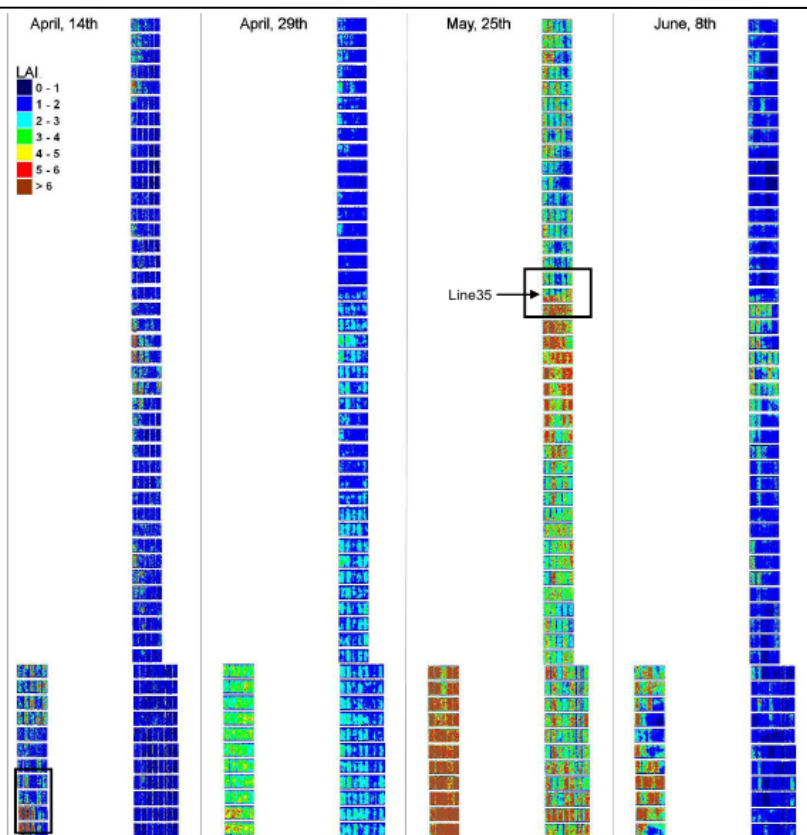


Рис. 3. Розрахунок індексу LAI для мікроділянок (Camille C. D. Lelong, 2008)

Як сенсори використано дві камери з CCD- матрицями Canon EOS-350D, Sony DSC-F828. Вимірювання цифрових чисел з отриманих аерофотознімків проводили після перевірки в лабораторії на збіг довжин хвиль та збіг каналів (рис. 4).

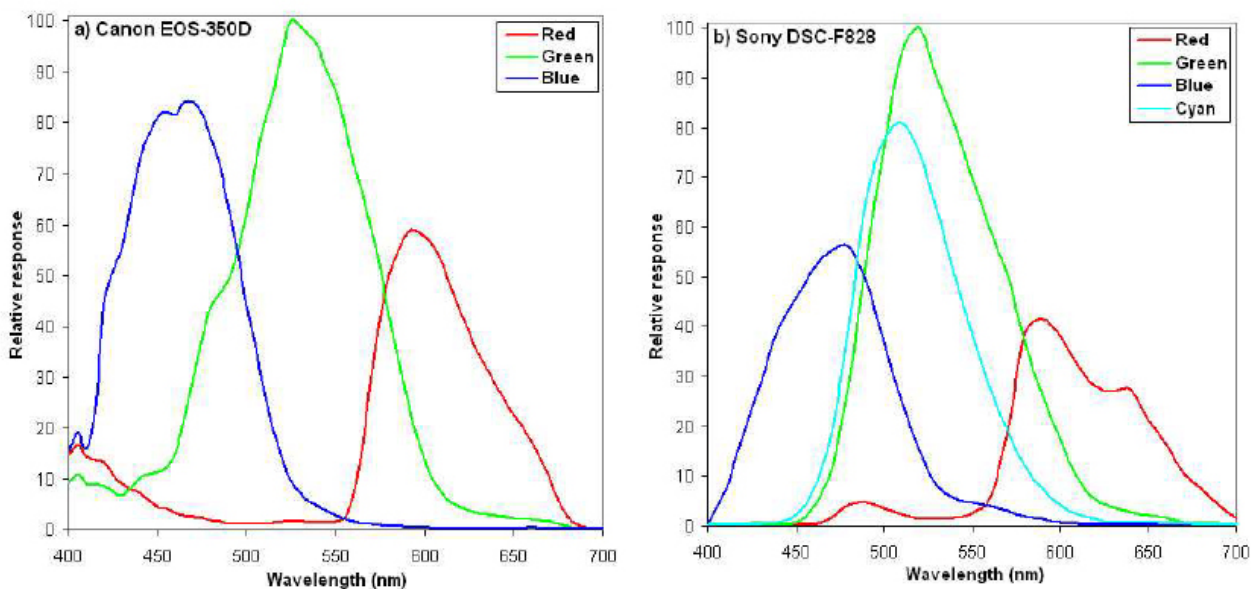


Рис. 4. Результати зіставлення каналів двох камер Canon, Sony (Camille C. D. Lelong, 2008)

Особливістю цих дослідів було одночасне закладення різних сортів пшениці на 332 мікроділянках (з чотирма повтореннями) з метою встановлення залежностей між відбивною здатністю образів пшениці та сортами. Автори отримали залежності між двома вегетаційними індексами LAI (коефіцієнт кореляції 82 %), GNDVI (92 %) та результатами біофізичних показників рослин. Вони зауважують, що побутові камери доцільно використовувати в рамках дистанційного зондування на легких БЛА для оцінки стану с.-г. культур.

Взагалі практично всі дослідники у своїх роботах, у методичній частині для оцінки стану рослинності використовують різні вегетаційні індекси, що були розроблені для супутникової зйомки. Інші методичні підходи (наприклад прямі вимірювання значень RGB) спостерігаються дуже рідко. Предтеча та аналог цього вимірювання RGB, що запропоновано Дейвисом Ш.М., Ландгребе Д.М., Филлипсом Т.Л. (Дейвис Ш. М., 1983р.), практично не застосовуються, хоча й розроблено саме для аерофотозйомки. Спостерігається стагнація методичної думки щодо оцінки стану с.-г. рослин. Інколи в роботах (особливо вітчизняних) проводять розрахунок вегетаційних індексів на основі тільки червоного каналу моделі RGB без ближнього інфрачервоного.

Таким чином, виникла потреба в розвитку нових методичних підходів щодо оцінки стану с.-г. культур і ґрунтового покриву та вирішення близьких до цієї проблеми наукових екологічних і таксаційних задач.

Підводячи підсумок щодо аерофотозйомки для встановлення стану с.-г. рослинності, треба сказати, що спеціально закладені польові та модельні досліді використовували як базу для накопичення даних про стан с.-г. рослин, що надає дистанційним даним більш надійний рівень верифікації.

Методи и об'єкти. Аналіз стану с.-г. культур та польових культур за допомогою ДКЛА проводили на двох об'єктах. ДП ДГ «Саливонківське» НААН смт.Гребінки, вул. Білоцерківська 24, Київської області. Географічні координати: північна широта $50^{\circ}01'37,75''$, східна довгота $30^{\circ}10'15,10''$. Територія кластеру полігону де здійснювали обльоти знаходиться поблизу с. Ксаверівка друга. Загалом полігон використовують для демонстрації кращих вітчизняних сортів і гібридів сільськогосподарських культур, сучасних технологій їх вирощування. Полігон з року в рік проводить польові сівозміни, що відображається на аерофотознімках території у відповідний рік. Обльоти території всього полігону ДКЛА здійснювали в період 2010-2018 рр. для вирішення завдань класифікації с.-г. культур.

Обробку аерофотознімків проводили у програмному забезпеченні Erdas Image 9.1. Для отримання цифрових чисел (DN) зі знімку, обирали в меню Profile Tabular Data меню Statistics, де наведено всі статистичні параметри вибірки за аналізованим каналом. Аналіз гнучкий та дозволяє статистично обробляти або один канал знімку на вибір, або сукупність, або варіанти сукупностей. У результаті отримували вибірку для проведення статистичних обчислювань (рис. 5): отримання статистичної помилки, загальної величини

вибірки, загальну кількість значень із розрахунку, мінімальне/максимальне та середнє значення, що дозволило перейти до математичної складової аналізу або кількісного аналізу аерофотозйомки та створити нову модель аналізу об'єктів дослідження, побудовану на використанні тернарних або тривимірних графіків.

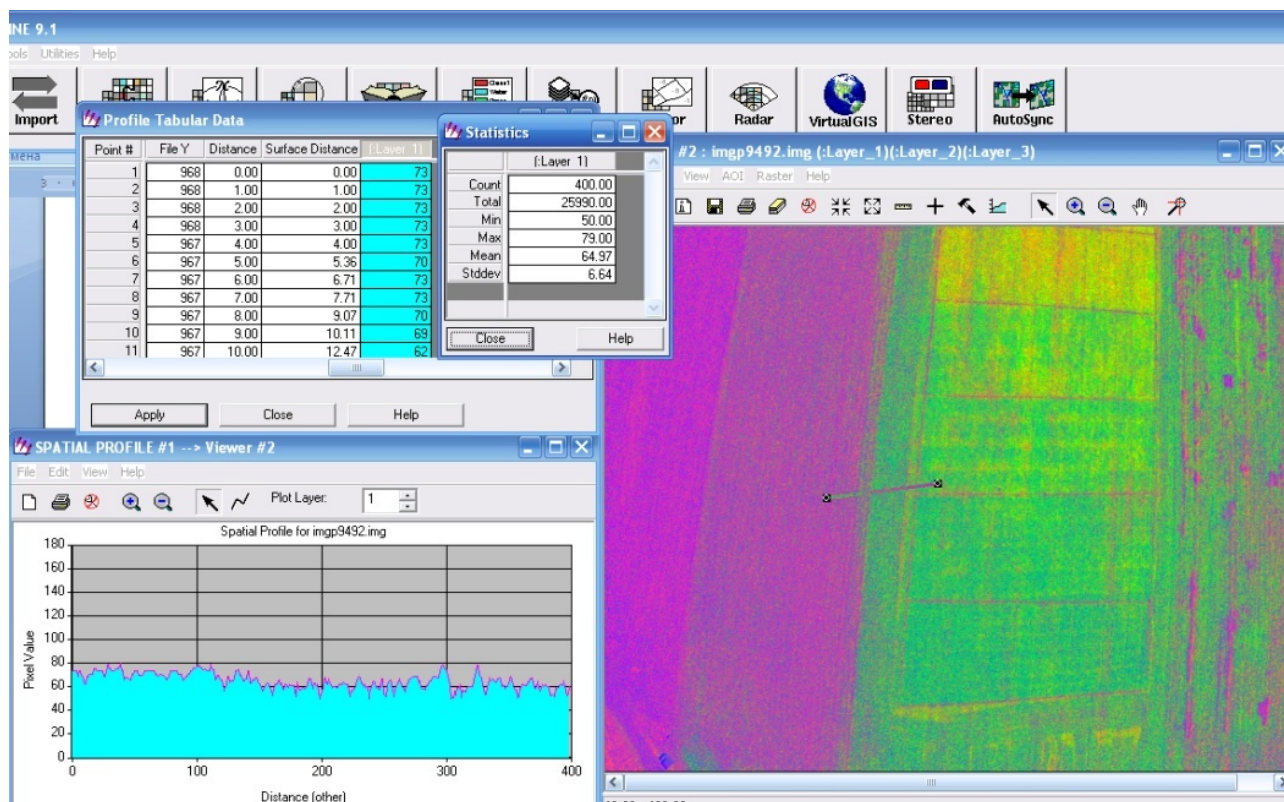


Рис. 5. Розрахунок статистичних даних каналу R на знімку

Методичний підхід, який розробили Ш.М. Дейвіс, Д.М. Ландгребе, Т.Л. Филлипс (Дейвіс Ш. М., 1983р.), засновано на спектральних відкликах вимірювань природних об'єктів, використано за базис. За їх підходом було створено власний методичний підхід з використанням усіх трьох каналів моделі RGB, графічний вид якого представлено у вигляді тривимірних (тернарних) з графіків.

Результати та їх обговорення. За результатами зйомки на полігоні ДП ДГ «Салівонки» проведено систематизацію каналів моделі RGB для кожної культури, що представлена на полігоні з метою визначення особливостей зміни характеристик природних об'єктів (сільськогосподарських культур) впродовж вегетаційного періоду на основі моделі RGB. Характеристики м'якої і твердої пшениці по туру зйомки загалом схожі, рис. 6.

Під час досліджень проаналізовано чотири сорти твердої пшениці та дванадцять м'якої. Канал R коливається від 84 до 92 од., G – з 109 до 111, B – з 50 до 72. У модельних дослідах різні сорти не відокремлюються один від одного, та мають візуально одне й те саме кольорове забарвлення. Однак усі сорти і м'якої, і твердої пшениці залежать від впливу мікрорельєфу на полі, що

відображається й візуально й після аналізу моделі, як стрімкий та різко відокремлений перехід від темного зеленого кольору на освітлений та салатовий, значення каналів моделі при цьому стрімко збільшуються до 130-150 од. У результаті аналізу зйомок та емпіричного пошуку встановлено, що значення каналів пшениці (твердої, м'якої) залежать від погодних умов. Стрімко збільшується похибка каналу В до ($\pm 19-20$) од. На тривимірному графіку пшениця не чітко відокремлюється від інших культур, особливо від ячменю, але якщо аналізувати тільки використовуючи модель RGB.

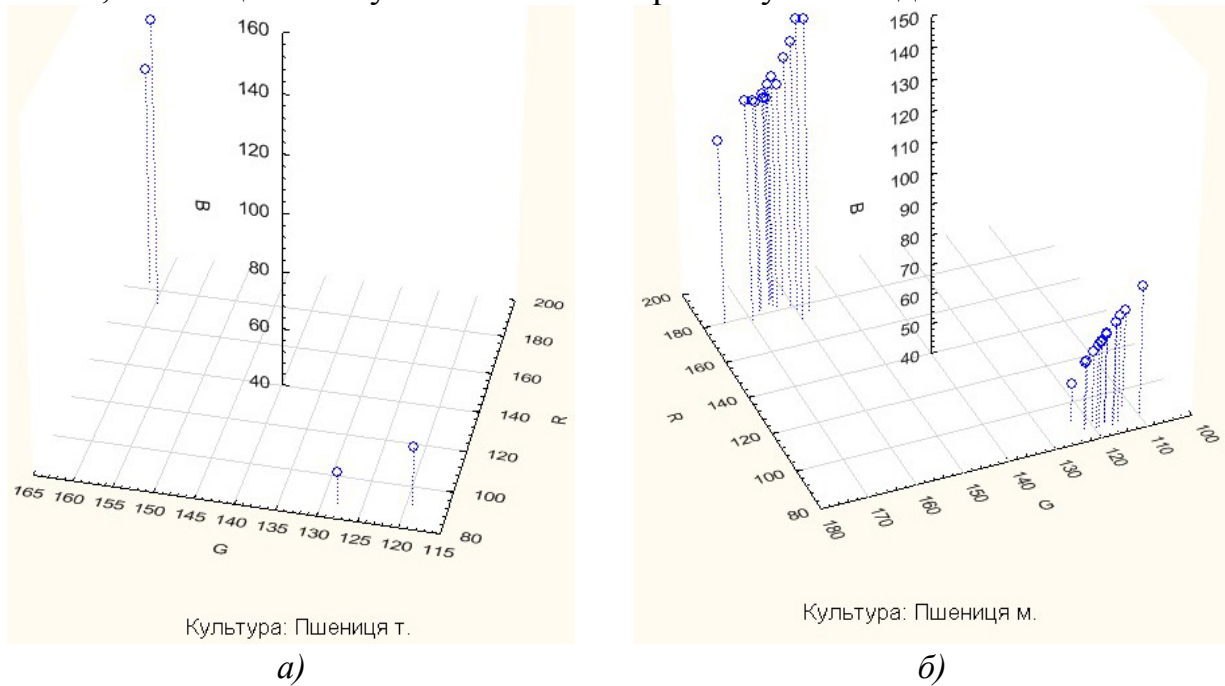


Рис. 6. Характеристики каналів моделі RGB твердої та м'якої пшениці

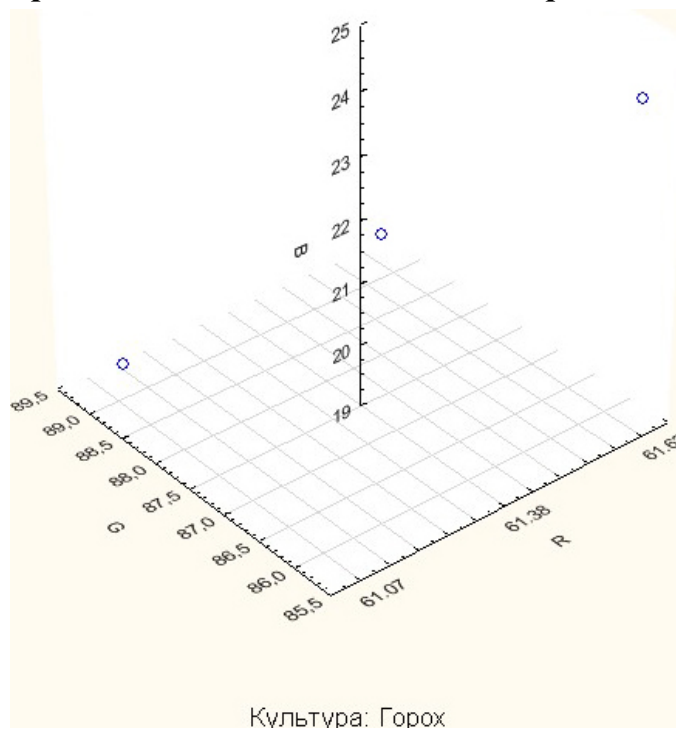


Рис. 7. Характеристики каналів моделі RGB гороху

Візуально на знімках сорти відрізняються колосовою частиною за будь-яких погодних умов і турів зйомки. Пшениця дуже чітко відокремлює ґрунтові контури, що залежать від мікрорельєфу на полі. У мікропониженні у разі нестачі вологи різко переважає салативий колір, у межах цього ареалу втрати врожайності дорівнюють до 50% за будь-якого удобрення цієї культури. Те ж саме справедливо й для підвищень на полі.

Проведено зйомки сортів гороху на ДП ДГ «Салівонки» (рис. 7). У результаті аналізу трьох сортів гороху встановлено, що канали моделі RGB мають дуже низькі значення R – 61, G – з 85 до 88, B – з 19 до 24 порівняно з іншими культурами, що дає певні можливості для його ідентифікації на полі.

У період цвітіння горох має певний салативий, жовтий кольори, що відрізняє його і від соняшника, і від інших культур (рис. 8).



Рис. 8. Поле гороху на ДП ДГ «Салівонки»

Культура має потенціал для ідентифікації мікропонижень та ґрунтових контурів на полі, що відображається у зміні її кольору на зелений під час аналізу мікропонижень навіть на 1° (рис. 8). Це дає цій культурі 1 клас ідентифікації.

Аналіз 12 сортів вики ярої встановив, що показники моделі RGB мають значення R – від 58 до 61, G – з 57 до 86, B – з 26 до 70. Це значне коливання показників відображено на рисунку різними сортами з різними агрономічними характеристиками, що відображається на вегетаційній частині рослин (рис. 9).

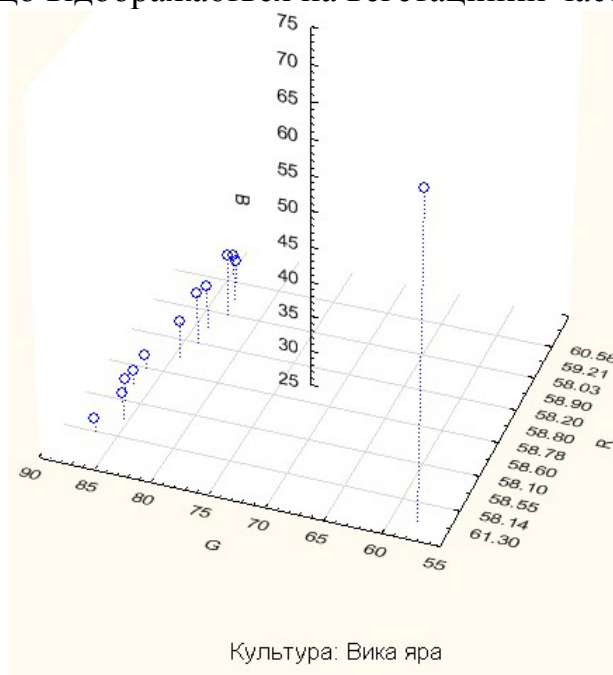


Рис. 9. Характеристики каналів моделі RGB вики ярій

Культура дещо відрізняється від інших культур по класу зернобобових та круп'яних, але не має певних унікальних візуальних характеристик.

Висновки. 1. Модель RGB достовірно відтворює залежність значень цифрових чисел (DN) від умісту азоту (азотних добрив), які внесено на різних модельних ділянках одного ж того модельного дослідження навіть у різні роки.

2. Дані аерофотозйомки (модель RGB) озимої пшениці, пшениці ярій, ячменю ярого мають тісні кореляційні зв'язки з урожайністю на всіх трьох каналах моделі RGB. Канали R, B мають обернений кореляційний зв'язок, а канал G навпаки.

3. За результатами прямих вимірювань значень цифрових чисел (DN) можна прогнозувати врожайність культури, кількість внесених добрив і стан цієї культури на полі, шляхом порівняння отриманих даних з відповідним графіком цієї культури, побудованим у відповідний період вегетації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Raymond Hunt, E., Cavigelli, M., Daughtry, T., et al. (2008). Evaluation of Digital Photography from Model Aircraft for Remote Sensing of Crop Biomass and Nitrogen Status. URL:<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-005-2324-5>

Camille C. D. Lelong, Philippe Burger, Guillaume Jubelin, etc. (2008). Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots, 8(5), 3557-3585.

Дейвис Ш. М., Ландгребе Д. М., Филлипс Т. Л. Дистанционное зондирование: количественный подход; под. ред. Свейна Ф., Дейвис Ш. Москва: Недра, 1983. 396 с.

REFERENCES

Raymond Hunt, E., Cavigelli, M., Daughtry, T., et al. Evaluation of Digital Photography from Model Aircraft for Remote Sensing of Crop Biomass and Nitrogen Status. URL:<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-005-2324-5>.

Camille C. D. Lelong, Philippe Burger, Guillaume Jubelin, etc. (2008). Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots, 8(5), 3557-3585.

Davis, Sh.M., Landgrebe, D.M., Phillips, T.L., Svein, F. (ed.), Davis, S. (ed.). (1983). Distantionnoye zondirovaniye: kolichestvennyy podkhod [Remote sensing: a quantitative approach]. Moscow: Nedra. (in Russian).