

process. The resulting system of equations determine the possibility of construction of various technological and cultural practices required trajectory of nutrients and dressing agent solutions in the electric field, which allows effective process control application, provided with high-quality processing of vegetables, reduce losses of working solutions, pollution and increases the efficiency of the process.

Keywords: *electric charge, electric field, trajectory, nutrient and dressing agentsolution, input parameters of the application*

УДК 528.7:633

МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО РАДІОЧАСТОТНОЇ КОРЕКЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ПОСІВІВ, ОТРИМАНИХ ІЗ ДОПОМОГОЮ БПЛА

В. П. ЛИСЕНКО, доктор технічних наук, професор
E-mail: lysenko@nubip.edu.ua

О. О. ОПРИШКО, кандидат технічних наук, доцент
E-mail: ozon.kiev@gmail.com

Д.С. КОМАРЧУК, кандидат технічних наук, старший викладач
E-mail: dmitruy@mail.ru

А. І. МАРЦИФЕЙ, аспірант*
E-mail: tbomk@mail.ru

Н. А. ПАСІЧНИК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент
E-mail: n.pasichnyk@nubip.edu.ua

Анотація. *Стаття присвячена дослідженням щодо використання радіочастотної корекції результатів вимірювань інтенсивності складових кольору знімків у видимому спектрі рослинних насаджень, отриманих із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Стандартні способи калібрування адаптовані під супутникові платформи і не пристосовані для використання із БПЛ. Використання останніх надає принципово нові можливості для програмування врожаю, проте, потребує вирішення проблеми корекції результатів з огляду на нестабільність природнього освітлення.*

Розглянуті основні підходи щодо калібрування як із використанням оптичних шаблонів, так і з використанням службових даних. Приведені результати експериментальних вимірів інтенсивності складових в адитивній моделі кольороутворення на прикладі ярової пшениці, що була отримана в лабораторних умовах із використанням фітотрона – спеціалізованої камери-бокса, де фізично моделюються умови

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор В. П. Лисенко

© В. П. Лисенко, О. О. Опришко, Д.С. Комарчук,
А. І. Марцифей, Н. А. Пасічник, 2017

навколишнього середовища. Проведено порівняння результатів, отриманих із використанням оптичного шаблону та службових даних про параметри знімків, а саме приведеного терміну експозиції та LightValue (LV). Показано, що найвища точність калібрування щодо освітлення очікується за використання залежності інтенсивності складових кольору від LV. Проте калібрування слід проводити під конкретну марку сенсору фотокамери.

Ключові слова: *дистанційне зондування, радіочастотна корекція, безпілотні літальні апарати*

Актуальність. Революційні зміни в інформаційних технологіях та робототехніці впродовж останніх десятиліть призвели до появи серійних БПЛА, здатних вирішувати широкий спектр задач для потреб аграрного виробництва. Одним з найбільш перспективних напрямів використання БПЛА є дистанційне зондування рослинних насаджень для потреб раціонального використання добрив. У порівнянні із супутниковим та авіаційним моніторингом БПЛА мають принципові переваги не лише за точністю і вартістю моніторингу, а і можливості їх використання за низької хмарності, що є вкрай актуальним з огляду на потребу в оперативному моніторингу.

У рослинництві БПЛА використовують для ідентифікацій проблемних ділянок поля, контролю якості виконання польових робіт сільськогосподарською технікою тощо. Здійснюються спроби використання дронів для моніторингу стану мінерального живлення рослин на базі, так званих, вегетаційних індексів (VI), що обчислюються за кількісними характеристиками спектрів відбиття у певних частотних діапазонах. Складність вирішення цієї задачі пов'язана із потребою вимірів спектральних характеристик насаджень в умовах змінного освітлення, тобто здійснення радіочастотної (РЧ) корекції. На сьогодні існує кілька методичних підходів щодо радіочастотної корекції для БПЛА, їх оцінка та вибір оптимального рішення для обчислення VI і є метою нашої роботи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. VI використовуються із початку 70-х років після запуску в США програми супутникового моніторингу Landsat. Завдяки отриманому досвіду впровадження супутникових технологій моніторингу було продовжено і тому нині експлуатується кілька десятків супутникових платформ, котрі надають інформацію для більш ніж двохсот різних VegetationIndex (VI) [1]. Як правило, для РЧ корекції використовують оптичні еталони, в якості котрих виступають об'єкти на поверхні Землі із стабільними спектральними характеристиками: глибоководні водойми, дороги тощо. Проте для БПЛА із висотою польоту в кілька сотень метрів використання природних оптичних еталонів ускладнене, завдяки їх дефіциту на виробничих полях.

Апаратно вирішити проблему щодо змін освітлення пропонувалось із використанням додаткового спеціалізованого сенсора освітлення як доповнення до основного сенсора моніторингу. До таких відноситься датчик освітленості LightSensor від Micasense, котрий являє собою 5-ти

смуговий сенсор, що підключається безпосередньо до камери MicaSenseRedEdge (камера спеціалізована для використання з платформи БПЛА). Дані динамічного калібрування від додаткового сенсору записується в метаданих, одержуваних TIFF зображень основного сенсора. JianfengZhou (2016) в [2] за використання такого обладнання отримав добру відтворюваність результатів, проте, таке рішення може використовуватись за щільної хмарності, чи за ясного неба. Якщо ж в небі присутні окремі хмари, зазначений варіант не підходить, що обмежує його використання.

Штучні наземні шаблони для проведення РЧ корекції використовуються найбільш часто, оскільки можливо отримати високу точність вимірів за відносно малої вартості обладнання. Проте збільшення точності вимагає використання різних шаблонів для різних частотних каналів вимірів. Так Haitao Xiang (2011) [3] для отримання індексів NDVI, GNDVI, RVI, GRI використовував 3 оптичні шаблони (використовувались саме 3 канали виміру). А Monica Herrero-Huerta (2014) [4] для підвищення точності вимірів VI використовувала 6 сірих шаблонів із різними відтінками та 6 додаткових шаблонів різного кольору. Збільшення кількості шаблонів покращує точність отриманих даних, проте, використання цього підходу в промислових масштабах ускладнене з організаційних та фінансових причин. Слід відзначити, що для РЧ калібрування, зазвичай, використовують оптичні шаблони сірого кольору. При цьому градацію сірого підбирають емпірично під конкретну модель фотокамери. Сірий колір обирається тому, що його технологічно простіше отримати (барвники фарби є нестабільними). До того ж в суто білому та чорному шаблонах за певного освітлення поверхні сенсором фотокамери сприймаються відповідно як гляцеві та матові, що негативно впливає на точність радіочастотної корекції.

Досвід РЧ корекції освітлення для рухомого обладнання без використання оптичних шаблонів реалізовано в сенсорах GreenSeeker та CropCircle ACS-470 із використанням додаткового джерела опромінення [5]. До того ж за експлуатації GreenSeeker та CropCircle необхідно періодично здійснювати додаткове калібрування. У [6] для РЧ корекції також використовували додаткове джерело освітлення і для підвищення точності вимірів проводили серію знімків із різною тривалістю експозиції. Згідно запропонованої методики в розрахунках використовували мета дані із файлу exiff, що автоматично створюється за формування файлу зображення формату jpeg. Saberioona M. (2014) [7] висловив припущення про можливість використання службових даних фотокамери (файл exiff) для калібрування щодо змін освітленості. Проте досліди здійснювали впродовж одного дня 23.03.2013 о 9-30 ранку. При цьому параметри налагодження були встановлені камерою в автоматичному режимі. Цілком ймовірно, що впродовж дослідження зміни освітлення були не суттєвими, що дозволило отримати добру відтворюваність результатів. Тобто методика вимагає уточнення.

Виходячи з вищезазначеного можна зробити такі висновки:

1) для виготовлення оптичних еталонів доцільно використовувати однотонні сірі панелі або панелі, поверхня котрих складається з ділянок, де кольори відповідають граничним значенням в адитивній моделі кольореутворення;

2) за РЧ корекції доцільно використовувати серію знімків із різними значеннями тривалості експозиції;

3) доцільно розглянути зв'язок між значеннями параметрів налагодження фотокамери з файлу exiff та отриманими результатами щодо інтенсивності складових кольору.

Мета дослідження – використання радіочастотної корекції результатів вимірювань інтенсивності складових кольору знімків у видимому спектрі рослинних насаджень, отриманих із використанням безпілотних літальних апаратів.

Матеріали та методи дослідження. Зразки. Для дослідів було використано зразки пшениці ярової сорту Елегія, що були вирощені впродовж 12.2016-02.2017 в умовах фітотрону, де були фізично змодельовані температуро-вологісний режим та освітлення, характерні для періоду «березень – травень» для Київської області. У період проведення досліджень зразки знаходились у стадії вегетації – вихід в трубку. Для проведення фотозйомки зразки були зрізані на 5-10 мм вище кореня. При цьому на рослинах були відсутні краплі води чи залишки ґрунту. Для експерименту брали зразки виключно з однієї посудини для запобігання похибок, пов'язаних із відмінністю кольорів зразків за рахунок різних умов їх живлення. За розміщення зразків на поверхні шаблону зберігали орієнтацію рослин, а дослідну ділянку вибирали саме із середньої частини рослин.

Відбивну панель (шаблон) для фотозйомки в умовах змінного освітлення виготовили з паперу, щільністю 80г/м². У процесі зйомки шаблон із зразками розміщували на пластиковій плиті білого кольору (для запобігання похибок, пов'язаних із впливом забарвлення підкладки за просвічування шаблону і використання сполоху). Для універсальності шаблону щодо природного освітлення було обрано схему з квадратів чорного та білого кольорів, розміри котрих становили 0,02×0,02 м. Габарити робочої частини шаблону становили 0,34×0,26 м і були достатніми для розміщення рослинного зразка повністю.

Спектральні сенсори оптичного діапазону. Для дослідів було використано стандартну цифрову камеру для БПЛА PHANTOM VISION FC200, а також фотокамери від смартфонів LenovoS660 та A1000. Використання смартфонів було обумовлено досвідом використання цього обладнання як дешевої альтернативи професійному обладнанню для розміщення їх на безпілотних літаючих платформах. Налаштування оптичних сенсорів полягало в коригуванні кількості випромінювання, що потрапляє на світлочутливу матрицю шляхом встановлення (зміни) терміну експозиції. Дані про стан діафрагми та тривалість експозиції, а також інші параметри налагодження отримували з файлу exiff, що утворювався автоматично при кожному вимірі. Експериментальні дослідження проводили в примі-

щені із комбінованим природнім та штучним освітленням (газорозрядні лампи). При зйомці параметр «баланс білого» у ручному режимі встановлювали значення – «ясна погода». Для камер S660 та A1000 використовували штатний сполох.

Обробка результатів. Для отримання значень інтенсивності складових кольорів зразків використовували програмне забезпечення LandDamageExpert(LDE) [8,9]. Програмне забезпечення LDE дозволяє визначати значення інтенсивності складових кольору пікселів зображення для адитивної 8-бітної колірної моделі RGB, в якій зображення отримують із комбінації трьох складових (червоної, зеленої та синьої). Кожна із складових RGB може змінюватись в діапазоні 0-255 умовних одиниць, що є фізичним обмеженням методики.

Результати досліджень та їх обговорення. Оптичний шаблон. На рис. 1 представлено залежності між відповідними складовими кольору дослідного зразка (пшениця) та білої частини оптичного шаблону. Як видно з представленої інформації, для FC200 та S660 за всіма трьома складовими кольору є добра відтворюваність. Експериментально отримані результати добре апроксимувались експоненціальними залежностями за винятком граничних ділянок, де інтенсивності складової кольору шаблону становить 255. Значення коефіцієнтів детермінації для цих результатів досліджень приведені в таблиці. Їх аналіз дозволяє зробити висновок про те, що використання шаблонів не позбавляє від необхідності калібрування конкретних зразків обладнання.

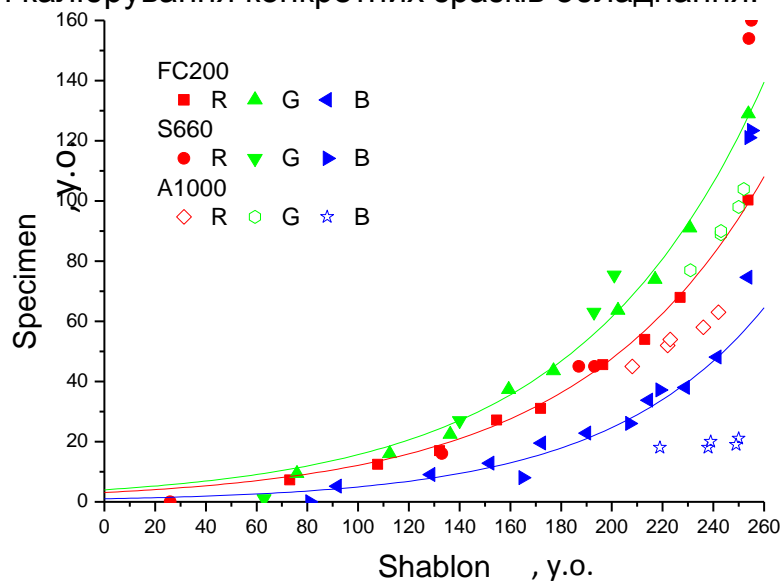


Рис. 1. Залежності інтенсивності складових кольору зразка (specimen) від відповідної інтенсивності шаблону (shablon)

Можливим поясненням різниці в результатах є використання різних алгоритмів перерахунку первісних даних за створення файлу зображення формату jpeg. Слід відзначити, що за корекції тривалості експозиції шляхом збільшення її тривалості за межами моделі виявилось до 40% результатів, що негативно впливає на точність вимірів.

Калібрування на основі тривалості приведеної експозиції. Калібрування базується на використанні службових даних про параметри налагодження фотоапарату, що отримують із службового файлу exif [10]. Величину приведеної експозиції обчислюють із залежності:

$$t_{priv} = t \times 2^{ev}, \quad (1)$$

де t – тривалість експозиції, сек;

ev – значення корекції експозиції.

На рис. 2 представлено отримані залежності між тривалістю приведеної експозиції та інтенсивністю складових кольору. На відміну від першого випадку, коли модель обмежена кольоровим простором шаблону, приведена тривалість експозиції має значно ширші межі, що дає можливість враховувати найбільш цінні дані за максимальних величин інтенсивності складових кольору.

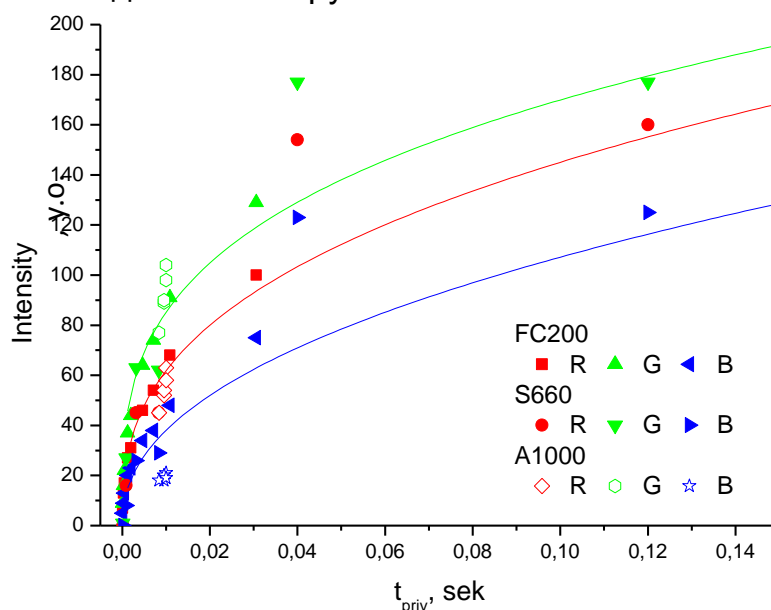


Рис. 2. Залежності інтенсивності складових кольору від величини приведеної експозиції

Отримані результати були апроксимовані простим ступневим рівнянням. Значення коефіцієнтів детермінації приведені в таблиці. За результатами аналізу матеріалів цього дослідження можна стверджувати, що таке калібрування у порівнянні із попереднім (за шаблонами) дає не гіршу збіжність результатів та більш широкі межі для застосування.

Калібрування за величиною LightValue. Кількість світла, що потрапляє до світлочутливого елементу фотокамери можна коригувати, змінюючи величину діафрагми. На цьому принципі авторами пропонується здійснювати калібрування, використовуючи при цьому значення LightValue (LV), що розраховується за виразом:

$$LV = \log_2 \frac{n^2}{t}, \quad (2)$$

де n – значення діафрагми фотокамери;

t – тривалість експозиції, с.

На рис. 3 представлено результати досліджень залежності інтенсивності червоної складової від величини LV для різних фотокамер. Фотокамера FC200 для БЛА використовувалась виключно за природнього освітлення, а інші – за наявності сполоху.

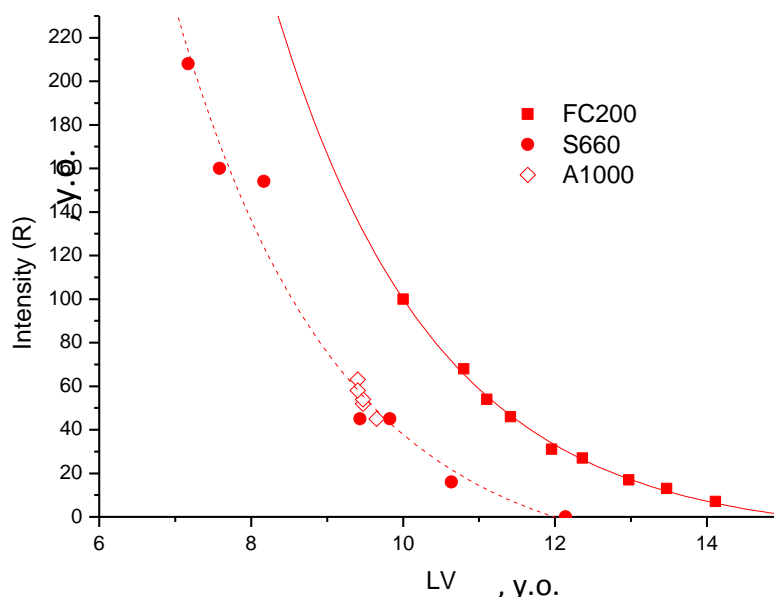


Рис. 3. Залежність інтенсивності червоної складової кольору пшениці від величини LV

Аналогічні залежності були виявлені і для зеленої та синьої складових кольору зразків. Отримані результати представлено в таблиці.

Величина коефіцієнта детермінації за апроксимації експериментальних даних щодо методу корекції

Комбінація обладнання для отримання зображення	Відбивна панель R,G,B∈[0,252]			Приведена експозиція t_{priv}			LightValue LV		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
FC200+S660+A1000	0.92	0.94	0.41	0.93	0.92	0.87	-	-	-
FC200+S660	0.98	0.98	0.96	0.94	0.93	0.93	-	-	-
FC200+S660 + A1000 R,G,B ∈[0,252]	-	-	-	0.95	0.94	0.63	-	-	-
FC200+S660 R,G,B ∈[0,252]	-	-	-	0.95	0.95	0.94	-	-	-
FC200	-	-	-	-	-	-	0.99	0.99	0.99
S660+A1000	-	-	-	-	-	-	0.97	0.95	0.93

Відзначимо, що на відміну від попереднього способу, можна легко оцінювати дані, отримані і за меншої тривалості експозиції (максимальні значення LV). Ця особливість є важливою, виходячи з потреби у великій кількості знімків під час моніторингу полів з платформи БПЛА, враховуючи обмежений термін його польоту.

Висновки та пропозиції подальших досліджень. За використання оптичних шаблонів для моніторингу рослинних насаджень щодо стану їх мінерального живлення найбільш придатні R- та G-

складові. В-складова характеризується невеликим діапазоном вимірів і найгіршою збіжністю результатів ($R^2 = 0,41$).

Калібрування на базі приведеної тривалості експозиції дає добру збіжність результатів за всіма складовими ($R^2 \geq 0,94$), проте, за недостатньої витримки можливі істотні похибки ($EV \pm 1$).

Найвищу точність для всього діапазону корекції експозиції забезпечує отримана в результаті калібрування за величиною LightValue, за максимальної збіжності результатів ($R^2 \geq 0,99$), проте, калібрувальні залежності мають створюватись під конкретну марку обладнання (сенсору).

Список використаних джерел

1. Ahamed T., Tian L., Zhang Y., Ting K.C., "A review of remote sensing methods for biomass feedstock production". Biomass & Bioenergy. vol. 35, №7, pp.2455-2469. July 2011
2. Jianfeng Zhou (2016) Evaluation of ground, proximal and aerial remote sensing technologies for crop stress monitoring // Jianfeng Zhou , Lav R. Khot, Haitham Y. Bahlol, Rick Boydston, Phillip N. Miklas. IFAC-PapersOnLine. Vol. 49, № 16, P. 22–26
3. Haitao Xiang (2011) An automated stand-alone in-field remote sensing system (SIRSS) for in-season crop monitoring // Haitao Xiang, Lei Tian. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 78, № 1, P.1-8
4. Monica Herrero-Huerta (2014) Vicarious radiometric calibration of a multispectral sensor from an aerial trike applied to precision agriculture // MónicaHerrero-Huerta, David Hernández-López, Pablo Rodriguez-Gonzalvez, Diego González-Aguilera, José González-Piqueras. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 108, P. 28-38
5. Qiang Caoa (2015) Active canopy sensing of winter wheat nitrogen status: An evaluation of two sensor systems // Qiang Caoa, Yuxin Miaoa, Guohui Fengc, Xiaowei Gaoa, Fei Lid, Bin Liua, Shanchao Yuea, Shanshan Chenga, Susan L. Ustine, R. Khoslaf. Computers and Electronics in Agriculture Vol. 112, P. 64-57
6. Методичні підходи для керування вибіркоким внесенням добрив. / О. О. Опришко, І. М. Болбот, М. В. Андріїшина, Н. А. Пасічник // Аграрна наука і освіта. - 2008. - Т.9, № 3-4. - С. 100-104
7. Saberioona M. M. (2014) Assessment of rice leaf chlorophyll content using visible bands at different growth stages at both the leaf and canopy scale // M.M. Saberioona, M.S.M. Amina, A.R. Anuarb, A. Gholizadehc, A. Wayayokd, S. Khairunniza-BejodaSmart. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation Vol.32 P.35–45
8. Визначення умісту гумусу в ґрунті неконтактними методами / С. Ю. Булигін, О. О. Опришко, Н. А. Гайбура, Д. І. Бідолах // Вісник аграрної науки. - 2005. - № 4. - С. 34-37
9. Опришко, О. О. Робототехнічний комплекс для культивування троянд / О. О. Опришко, Н. А. Пасічник, О. І. Бандурка // Науковий вісник НУБіП – 2012. – Вип. 170. Ч. 1. – С. 262-267
10. Оперативное дистанционное зондирование посевов как инструмент для программирования урожая. / В. Ф. Лысенко., А. А. Опрышко, Д. С. Комарчук, Н. А. Пасичник // Вестник БГТУ, 2016. – №2. – С.144-148.

References

1. Ahamed, T., Tian, L., Zhang, Y., Ting, K. (2011). A review of remote sensing methods for biomass feedstock production". Biomass & Bioenergy, 35(7), 2455-2469.
2. Zhou, J., Khot, L., Bahlol, H.,, Boydston, R., Miklas, P. (2016) Evaluation of ground, proximal and aerial remote sensing technologies for crop stress monitoring, IFAC-PapersOnLine, 49(16), 22–26.
3. Xiang, H., Tian, L. (2011) An automated stand-alone in-field remote sensing system (SIRSS) for in-season crop monitoring. Computers and Electronics in Agriculture, 78(1), 1-8.
4. Herrero-Huerta, M., Rodriguez-Gonzalvez, P., González-Aguilera, D., González-Piqueras, J., (2014) Vicarious radiometric calibration of a multispectral sensor from an aerial trike applied to precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 108, 28-38.
5. QiangCaoa, YuxinMiaoa, GuohuiFengc, XiaoweiGaoa, (2015) Active canopy sensing of winter wheat nitrogen status: An evaluation of two sensor systems. Computers and Electronics in Agriculture, 112, 64-57.
6. Opryshko, O., Bolbot, I., Andriishyna, M., Pasichnyk, N., (2008) Metodychni pidkhody dlia keruvannia vybirkovym vnesenniam dobryv [Methodological approaches to control selective fertilization]. Ahrarna nauka i osvita, 9(3-4), 100-104.
7. Saberioona, M., Amina, M., Anuarb, A., Gholizadehc, A., (2014) Assessment of rice leaf chlorophyll content using visible bands at different growth stages at both the leaf and canopy scale. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 32, 35–45.
8. Bulyhin, S., Opryshko, O., Haibura, N., Bidolakh, D., (2005) Vyznachennia umistu humusu v grunti nekontaktnymy metodamy [Determination of the contents of humus in the soil non-contact methods]. Visnyk ahrarnoi nauky, 4, 34-37.
9. Opryshko, O., Pasichnyk, N., Bandurka, O., (2012) Robototekhnichniy kompleks dlia kulyvatsii troiand [Robotic systems for the cultivation of roses]. Naukovyi visnyk NUBIP, 170(1), 262-267.
10. Lysenko, V., Opryshko O., Komarchuk D., Pasychnyk, N., (2016) Operativnoe dystantsyonnoe zondirovanye posevov kak ynstrument dlia prohrammyrovanyia urozhaia [Operative remote sensing of crops as a tool for harvest programming]. Vestnyk BHTU, 2, 144-148.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ РАДИОЧАСТОТНОЙ КОРРЕКЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОСЕВОВ ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ БПЛА

**В. П. Лысенко, А. А. Опрышко, Д. С. Комарчук,
А. И. Марцифей, Н. А. Пасечник**

Аннотация. *Статья посвящена исследованию использования радиочастотной коррекции результатов измерений интенсивности составляющих цвета снимков в видимом спектре растительных насаждений, полученных с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Стандартные способы калибровки адаптированы под спутниковые платформы и не приспособлены для использования с*

БПЛА. Использование последних предоставляет принципиально новые возможности для программирования урожая, однако требует решения проблемы коррекции результатов с учетом нестабильности естественного освещения.

Рассмотрены основные подходы к калибровке как с использованием оптических шаблонов, так и по использованию служебных данных. Приведены результаты экспериментальных измерений интенсивности составляющих в аддитивной модели цветообразования на примере яровой пшеницы, которая была получена в лабораторных условиях с использованием фитотрона – специализированной камеры-бокса, где физически моделируются условия окружающей среды.

Проведено сравнение результатов, полученных с использованием оптического шаблона и служебных данных о параметрах снимков, а именно приведенного срока экспозиции и LightValue (LV). Показано, что высокая точность калибровки по освещению ожидается при использовании зависимости интенсивности составляющих цвета от LV. Однако калибровки следует проводить под конкретную марку сенсора фотокамеры.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, радиочастотная коррекция, беспилотные летательные аппараты

METHODOLOGICAL APPROACHES TO CORRECTION RESULTS OF SCANNING IN REMOTE SENSING PLANTS USING UAV

V. Lysenko, O. Opryshko, D. Komarchuk, A. Martsyfey, N. Pasechnik

Abstract. *The article is devoted to the investigation of the use of radiofrequency correction of the results of measurements of the intensity of the color components of the images in the visible spectrum of plantations obtained using unmanned aerial vehicles (UAVs). Standard calibration methods are adapted to. Satellite platforms and are not adapted for use with UAVs. The use of the latter provides fundamentally new opportunities for harvest programming, but it requires solving the problem of correction of results taking into account the instability of natural light. The main approaches to calibration are considered with the use of optical templates and the use of service data. The results of experimental measurements of the intensity of constituents in the additive model of color formation on the example of spring wheat, which was obtained under laboratory conditions using a phytotron-a specialized chamber-box, where the environmental conditions are physically modeled. Comparison of the results obtained with the use of an optical template and service data on the parameters of the images, namely the present exposure time and LightValue (LV), is compared. It is shown that a high accuracy of illumination calibration is expected when using the intensity of the constituent colors from LV. However, calibration should be carried out with a specific brand of the sensor of the camera.*

Keywords: *remote sensing, radio frequency correction, unmanned aerial vehicles*