

## Опыт применения мультиспектральной съемки в области сельского хозяйства.

**Фахрутдинов Рустам Равильевич** главный инженер компании «ПромАэро»

Email: [rustamvolga@gmail.com](mailto:rustamvolga@gmail.com)

**Барышников Николай Автандилович** инженер компании «ПромАэро»

Email: [baryshnikov-nik@mail.ru](mailto:baryshnikov-nik@mail.ru)

**Гусева Светлана Андреевна** агроном-аналитик компании «ПромАэро»

Email: [svetkag93@rambler.ru](mailto:svetkag93@rambler.ru)

ул. Тихвинская, 24-а, оф. 501, Самара, Самарская обл., 443011

*Проведен обзор зарубежных и отечественных источников о применении мультиспектральной камеры при помощи БПЛА.*

**Ключевые слова:** мультиспектральная съемка, мониторинг растительности, вегетационный индекс.

В разных странах мира от вредителей и болезней теряется 12–15% урожая, а в некоторых случаях — до 60%. Для построения рациональной экологически безопасной системы защитных мероприятий и предотвращения недобора урожая большое значение имеет своевременная и качественная диагностика вредных организмов.

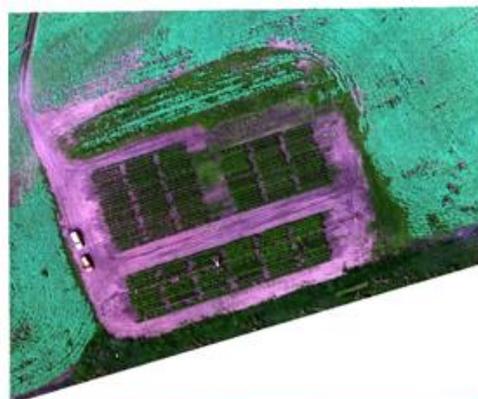
На ряду с общепринятыми методами, такими как визуальная диагностика, микроскопирование, культуральное исследование, биологический анализ, существуют инновационные методы диагностики – применение микрофлюидных чипов, анализ молекул-биомаркеров, метод фагового дисплея, дистанционное зондирование. Последний метод, в отличие от вышеперечисленных, отличается высокой оперативностью и производительностью.

В большинстве случаев в производственных условиях широко распространенным методом является визуальная

диагностика, которая базируется на всестороннем знании симптомов заболеваний на разных этапах патологического процесса. Аэрофотосъемка с применением мультиспектральной камеры может стать эффективным решением для визуальной диагностики, делая работу агронома более оперативной [5].

### Мультиспектральная съемка

Мультиспектральная съемка - осуществляется с помощью мультиспектральной камеры. При такой съемке формируются одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения. Различные комбинации этих изображений позволяют выявить процессы и явления, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом спектре.



*Рисунок 1: Изображение в видимой области спектра (сверху), и комбинация изображений ближнего инфракрасного, красного и зеленого каналов мультиспектральной камеры (снизу)*

Использование мультиспектральной съемки — это новый шаг в развитии сельского хозяйства, данная технология предоставляет фермерам почти мгновенную максимально детальную информацию о том, что происходит на поле. Мультиспектральные камеры широко применяются фермерскими хозяйствами по всему миру для мониторинга изменений показателей растительности с использованием видимого и ближнего инфракрасного спектра. Эти данные позволяют обнаруживать изменения растительности задолго до того, как они проявятся в видимом спектре. Помимо этого, мультиспектральные камеры находят широкое применение в таких областях, как биология, лесное хозяйство, исследования по охране окружающей среды и контроль над объектами инфраструктуры.

На сегодняшний день на БПЛА многомоторного и самолетного типов могут устанавливаться два типа камер: модифицированные или мультиспектральные. В модифицированной камере линза изменена таким образом, чтобы фиксировать отражение в ближней инфракрасной области спектра. Такие камеры дешевле и более доступны, но в данных может присутствовать «шум», который негативно скажется на качестве интерпретации.

В мультиспектральной камере каждая линза, количество которых может достигать до 12 (Tetracam Mini-MCA12), регистрирует излучение в узкой области спектра, исключая возможный «шум», что позволяет более качественно интерпретировать данные и проводить измерения. В отличие от модифицированных камер, мультиспектральные позволяют получать гораздо больше комбинированных изображений и рассчитывать большее количество индексов. Однако стоимость таких камер гораздо выше модифицированных, и для обработки снимков

нужно обладать необходимыми навыками и более продвинутым программным обеспечением для обработки мультиспектральных данных.

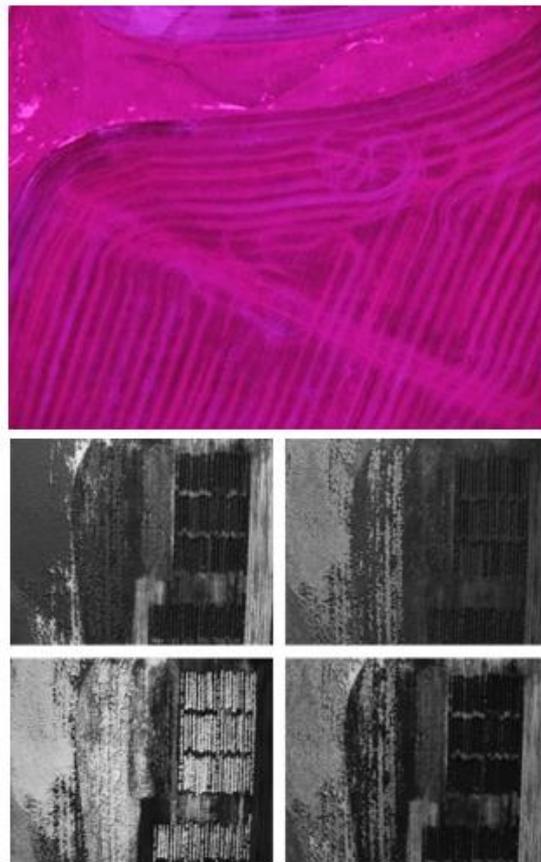


Рисунок 2: Примеры изображений, полученных с модифицированной (сверху) и мультиспектральной (снизу) камер

Дистанционная оценка состояния растительности в последние 3-5 лет активно стала применяться в практике сельского хозяйства. В сравнении с наземными датчиками, съемка с БПЛА предоставляет аналогичные данные о состоянии полей. Мониторинг посевов озимой пшеницы в разные фазы развития в МСХА имени К.А. Тимирязева показали, что с применением аэрофотосъемки достигается воспроизводимая картина пространственного распределения индекса NDVI, в высокой степени совпадающая с результатами наземного сканирования оптическим датчиком GreenSeeker® RT200. Это позволяет использовать беспилотную

съёмку в качестве альтернативы обследования оптическими наземными датчиками. По результатам аэрофотосъёмки за несколько минут может быть сформирован файл-предписание для внесения азотных подкормок по технологии off-line с учетом неоднородности посева.

Кроме этого, были получены аналогичные результаты в университете сельского хозяйства, продовольствия и окружающей среды, г. Пиза, где были проведены опыты по сравнению спектральной отражательной способности, полученные с БПЛА и наземного датчика. По результатам исследований, между показателями, полученных пассивным и активным датчиком, совпадает на 88-97% [1,4].

Преимуществами обследования полей с помощью беспилотной аэрофотосъёмки являются высокие оперативность и производительность, достоверность получаемой информации и возможность проводить оценку даже в таких условиях, когда выезд на поле затруднён, а использование совместно с мультиспектральной камерой помогает провести более подробный анализ о состоянии поля.

В зависимости от типа БПЛА, за один день можно обследовать от 500 до 5000 га, с высоты от 50 до 500 м.

### Анализ мультиспектральной съёмки

Использование мультиспектральных данных позволяет составлять карты качества почв для организации дифференцированного внесения удобрений.

Например, Gabriel Torrens пишет об использовании мультиспектральной камеры для создания NDVI карт для нескольких рисовых полей. По этим данным были произведены расчеты по внесению азота (рис.3).

Использование данной технологии повысило урожайность риса на 8%, и снизила количество внесенных азотных удобрений

на 14%, по сравнению с традиционными методами внесения.

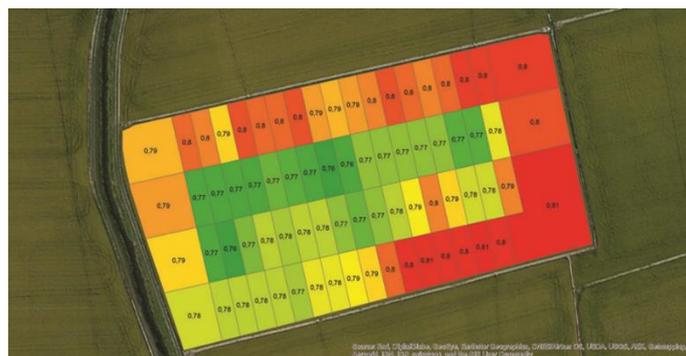


Рисунок 3: Зонирование и расчет доз внесения азотных удобрений на основе карт NDVI

Результаты опыта демонстрируют, как откалиброванные данные, полученные мультиспектральной камерой, могут существенно дополнять производственный процесс, снижая затраты и увеличивая урожайность [6].

Кроме этого данные мультиспектральной съёмки позволяют выявить сорную растительность на ранних этапах вегетации.

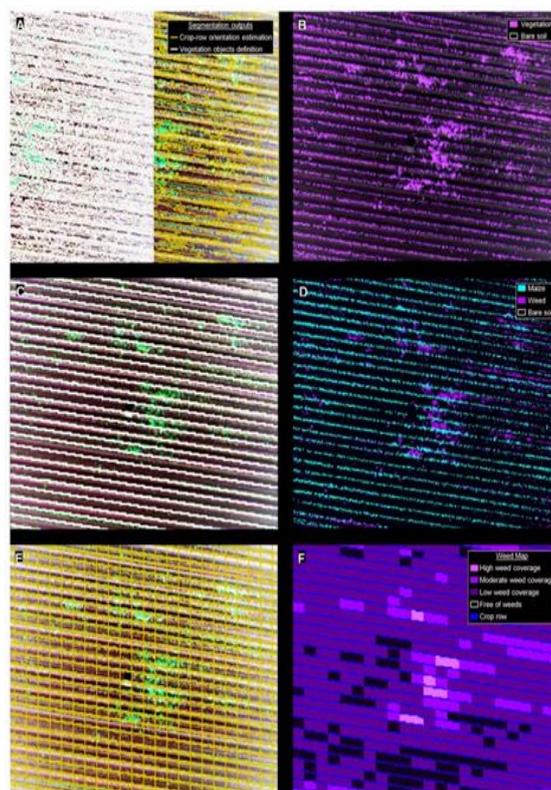


Рисунок 4: Последовательность дешифрования растительности

Исследования на полях кукурузы в Испании, г. Мадрид показали, что мультиспектральные снимки успешно применяются для идентификации сорняков и последующего их зонирования. Пример процедуры дешифрирования на каждом шаге представлен на рисунке 4 [7].

Мультиспектральная съемка позволяет провести анализ условий, которые влияют на рост растительности и последующее обследование выбранных участков в поле.

Например, Robert Parker пишет так о применении карт NDVI: «В одной части поля, карта NDVI отражает здоровый зеленый участок, окруженный клочками желтого цвета. Любой агроном, взглянув на данные, может разумно предположить, что эта область содержит здоровый картофель, окруженный менее здоровыми растениями. Однако, используя карту в мобильном приложении, (рис.5) специалист непосредственно исследовал этот участок и нашел там бурно растущие сорняки».

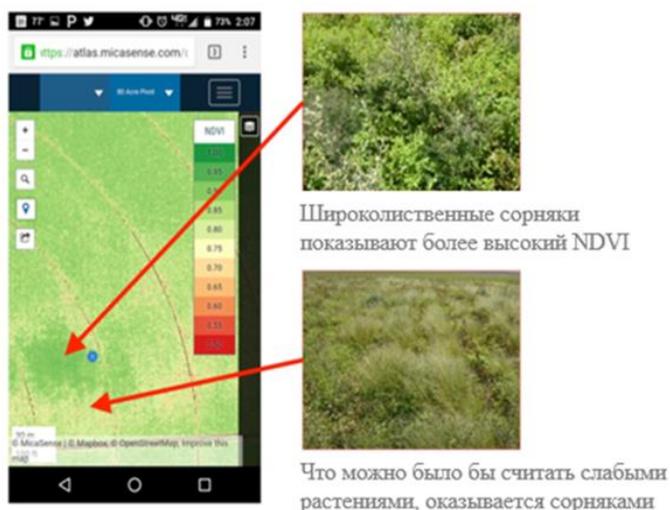


Рисунок 5: Загрузка карт NDVI в мобильное приложение и последующее изучение проблемных мест

Кроме индексов используют различные цветные композиты, которые помогают определить причину какой-либо проблемы (рис.6).



Рисунок 6: Композит NRG, в отличие от NDVI, отображает более ясно, что причиной гибели растений является чрезмерное обилие воды. Темно-фиолетовый цвет в NRG указывает области обводненности почвы

Анализ мультиспектральных данных помогает определить участки, зараженные болезнями или вредителями, и предотвратить их дальнейшее распространение. Множество исследований доказали успешность применения мультиспектральных камер в этой области. Например, в Канаде провели эксперимент по использованию БПЛА для мониторинга виноградников (рис.7).

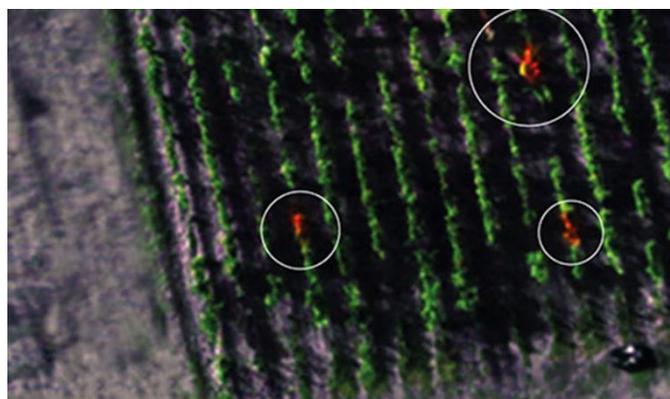


Рисунок 7: Выявление зараженных растений с помощью анализа мультиспектральных данных

Получив снимки с пространственным разрешением 0,25-0,50 м/пиксель, они провели анализ лоз. Точность определения зараженных растений составила более 90% [2].

В июле 2014 года на испытательных полях (Швейцария) проводились опыты с использованием аэрофотосъемки (рис.8).

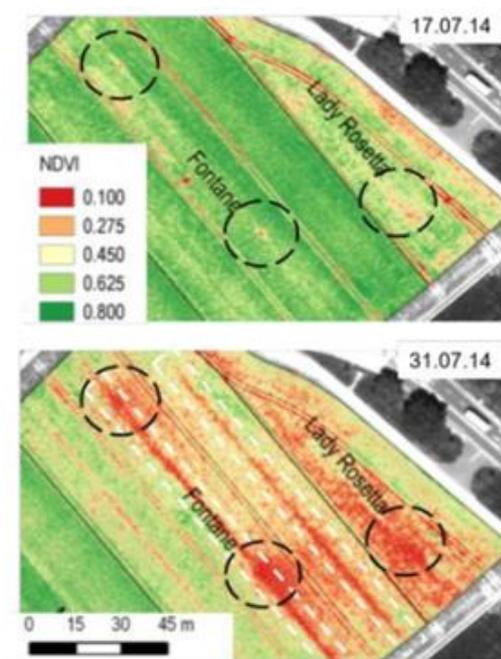


Рисунок 8: Карты NDVI первого полета (сверху) и второго (справа)

На карте NDVI первого полета (17.07.14) отчетливо видны пораженные участки. Выход агронома в поле подтвердил наличие болезни. Дальнейшее распространение можно наблюдать на результатах второго полета (31.07.16). Кроме этого хорошо заметны пробелы в обработке фунгицидами (отмечено белым пунктиром) [8].

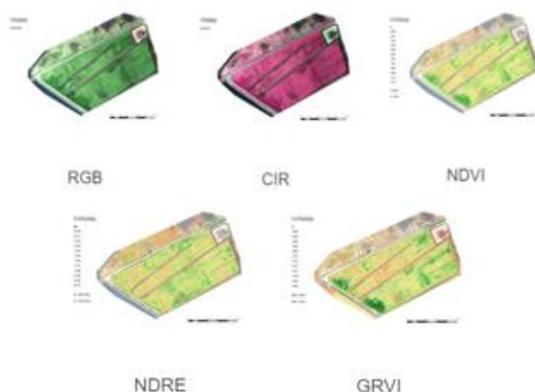


Рисунок 9: Vegetационные индексы

Кроме этого, данные аэрофотосъемки помогают оптимизировать внесение СЗР и работу техники на поле за счет комплексной оценки состояния растительности на основе композитов изображений и рассчитанных вегетационных индексов (рис.9).

С помощью мультиспектральной съемки можно определить степень зрелости и, в конечном счете, рассчитать урожайность. Уже давно практикуют применение космоснимков для расчета урожайности. Исследования показали, что разница между прогнозируемыми значениями урожайности и фактическими колеблется от 7,9 до 13,5% (изображения landsat-8, разрешение 30 м) и от 3,8 до 10,2% (изображения Sentinel-2, разрешение 10 м). Снимки с БПЛА, в отличие от спутниковых изображений, имеют более высокое разрешение, соответственно имеют более меньшую погрешность по расчетам урожайности [3].

### Заключение

На сегодняшний день применение БПЛА в сельском хозяйстве начинает бурно развиваться, и вопрос о внедрении в производство этих технологий становится актуальным. Современное техническое обеспечение, такое как мультиспектральные камеры, делают беспилотные технологии более информативными, и значительно расширяют их спектр применения.

Изучив положительный опыт применения мультиспектральных камер, можно уверенно заявить о том, что даже не смотря на опытно-экспериментальный характер использования, данные технологии будут только развиваться и в скором будущем найдут широкое применение.

### Список литературы:

1. Железова С.В., Ананьев А.А., Вьюнов М.В., Березовский Е.В. Мониторинг посевов озимой пшеницы с применением

беспилотной аэрофотосъемки и оптического датчика GreenSeeker RT200 // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 6. С. 56-61

2. Adam Beak Innovative approach to curb vineyard threat wins award // 2016 Режим доступа:

<https://blog.bankofthewest.com/blog/2016/02/04/innovative-approach-to-curb-vineyard-threat-wins-award/>

3. Al-Gaadi KA, Hassaballa AA, Tola E, Kayad AG, Madugundu R, Alblewi B, et al. (2016) Prediction of Potato Crop Yield Using Precision Agriculture Techniques. PLoS ONE 11(9): e0162219. doi:10.1371/journal.pone.0162219

4. Caturegli L, Corniglia M, Gaetani M, Grossi N, Magni S, Migliazzi M, et al. (2016) Unmanned Aerial Vehicle to Estimate Nitrogen Status of Turfgrasses. PLoS ONE 11(6): e0158268. doi:10.1371/journal.pone.0158268

5. Federico Martinelli, Riccardo Scalghe, Salvatore Davino, Stefano Panno, Giuseppe Scuderi, et al.. Advanced methods of plant disease detection. A review. Agronomy for Sustainable Development, Springer Verlag/EDP Sciences/INRA, 2015, 35 (1), pp.1-25. <10.1007/s13593-014-0246-1>. <hal-01284270>

6. Gabriel Torres, Nitrogen recommendations // 2016

7. Peña JM, Torres-Sánchez J, de Castro AI, Kelly M, López-Granados F (2013) Weed Mapping in Early-Season Maize Fields Using Object-Based Analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images. PLoS ONE 8(10): e77151. doi:10.1371/journal.pone.0077151

8. S. Nebiker, N. Lack, M. Abächerli, S. Läderach. Light-weight multispectral UAV sensors and their capabilities for predicting grain yield and detecting plant diseases // The International Archives of the Photo-

grammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B1, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.