

УДК 629.735

## **ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В САДОВОДСТВЕ**

**Астапов Андрей Юрьевич**

доцент кафедры агроинженерии и электроэнергетики

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ,

e-mail: [Astapow\\_a@mail.ru](mailto:Astapow_a@mail.ru)

**Рязанова Юлия Анатольевна**

студент инженерного института

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ,

г. Мичуринск, РФ

e-mail: [Astapow\\_a@mail.ru](mailto:Astapow_a@mail.ru)

**Аннотация:** Статья посвящена применению беспилотных летательных аппаратов для анализа существующей территории сада по снимкам высокого разрешения в видимом и спектральном диапазонах.

**Ключевые слова:** Садоводство, БПЛА, вегетационный индекс NDVI, фотосъемка, электронные карты.

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве имеет огромный потенциал и с каждым годом интерес к их использованию растет. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве является инновацией для России, в первую очередь, при реализации задач точного земледелия. Беспилотники оснащаются мультиспектральными камерами, высокая четкость изображения которых позволяет точно определять проблемные участки, разнообразными датчиками, системами спутниковой навигации, малогабаритными бортовыми компьютерами и оборудованием для внесения химикатов.

По данным организации AUVSI, в отчете под названием «THE ECONOMIC IMPACT OF UNMANNED SYSTEMS INTEGRATION IN THE United STATES» (об этом говорится в официальном докладе Международной ассоциации беспилотных систем (Association for Unmanned Vehicle Systems International)) сообщается о том, что применения БПЛА в сельском хозяйстве будут преобладать над всеми остальными применениями («dwarfallothers») и к 2025 году около 80% рынка беспилотных машин (дронов) будет занято в сельском хозяйстве США.

Беспилотные летательные аппараты могут решать следующие задачи: создание электронных карт (построение 3D модели); инвентаризация земель; оценка объема работ и контроль их выполнения; оперативный мониторинг состояния растительности; оценить последствия воздействия экстремальных экологических факторов; охрана.

Инновационные технологии очень слабо затрагивают садоводство, поэтому на сегодняшний день оно остаётся наименее автоматизированной областью сельского хозяйства. Проблема заключается не только в отсталости отрасли, но и в ее специфичности. Однако новые технологии проникают и в эту сферу.

Садоводство остается одной из ведущих отраслей Тамбовской области. В настоящее время в области реализуется целевая программа от 9 декабря 2011 г. N 1723 «Развитие садоводства и питомниководства в Тамбовской области на

2012 - 2014 годы с продолжением мероприятий до 2020 года». По программе садоводства до 2020 года предусмотрено существенно изменить структуру производства: доля товарного яблока возрастёт до 70% (сегодня — чуть более 30%). Это позволит практически полностью обеспечить потребность тамбовчан в плодах собственного производства (норма потребления — 72 кг/чел. в год).

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0,62 0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,75 1,3 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Т. е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Как это хорошо известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов (рисунок 1).

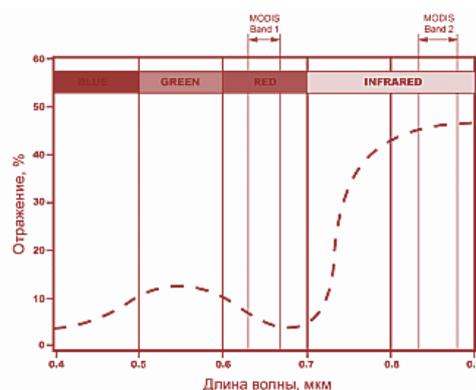


Рисунок 1 – Характер отражения солнечного света растениями.

Наиболее популярный и часто используемый вегетационный индекс - NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный

относительный индекс растительности, по которому можно судить о развитии биомассы растений во время вегетации. По сумме и разности отражений в красном и ближнем инфракрасном диапазонах вычисляется индекс NDVI:

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{RED}) / (\rho_{NIR} + \rho_{RED}),$$

где  $\rho_{NIR}$  – коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра,  $\rho_{RED}$  – коэффициент отражения в красной области спектра.

Согласно этой формуле, интенсивность и плотность растительного покрова в каждой конкретной точке снимка равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей.

Однако такой простой способ расчета скрывает в себе большие погрешности, на которые влияют различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощение радиации атмосферой, отражение от почвенного слоя и другие факторы. Для получения более точных данных применяется сложный метод нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений.

Значение индекса NDVI рассчитывается в диапазоне от  $-1$  до  $+1$ , а для анализа растительности индекс обязательно принимает только положительные значения: чем больше зелёная масса растений в момент измерения, тем значение NDVI ближе к единице.

Однако показатель NDVI – весьма относительная величина, которая не показывает абсолютных значений биомассы зеленых листьев. Этот индекс позволяет лишь приблизительно оценить, насколько хорошо или плохо развиваются посевы. NDVI абсолютно неэффективен на снимках, полученных в сезон невегетирующей растительности.

Очевидно, что на значении индекса также сказывается уровень плодородности почвы, агрономические технологии и даже метеоусловия. Наиболее точные прогнозы урожайности посевов определяются по пиковым значениям NDVI. Применительно к злакам, пик NDVI обычно приходится на момент начала вегетации растений.

Безусловно, информация снимков NDVI отличный инструмент, который может дать важную информацию для агронома. Но массовое распространение они пока не получили из-за высокой стоимости, больших площадей и сложности анализа. На сегодняшний момент, как бы качественно ни проводилось обучение специалистов анализу снимков, быстрое и масштабное внедрение элементов точного земледелия не возможно. Не хватает компетенции агрономов, нет эффективных инструментов, которым можно доверить предварительный анализ растений.

Снимки констатируют уже свершившийся факт, на который повлияли погодные условия, питательность почвы, особенности культуры и другие факторы. Это такие факторы, влияние которых постфактум исправить нельзя, но можно принять превентивные меры по предотвращению болезней растений. Здесь важно чтобы снимки были максимально свежими, с максимальным разрешением. Большая польза от снимков будет, если агроном будет оценивать эффективность технологий на основе снимков NDVI, меняя агротехнологические мероприятия и последовательность действий агронома в зависимости от динамики изменения данных снимков. Вот именно для этого нужна статистика NDVI снимков в разрезе нескольких лет. Отклонения этих показателей на полях с одной культурой укажут точную стратегию действий.

Для обеспечения эффективного контроля за садом предлагается составить электронную карту местности по материалам фотосъемки с БПЛА в различных спектральных диапазонах. Аэрофотосъемка с БПЛА более детализована, нежели космический снимок. Разрешение снимков может достигать до 2,5 сантиметров на пиксель, за счет высот полета от 10 до 500 метров над поверхностью земли. Кроме того, квадрокоптеры позволяют вести съемку даже в условиях облачности, что недоступно спутникам и пилотируемой авиации. Также квадрокоптеры позволяют проводить непрерывный мониторинг, выполняя повторные снимки карты местности и проводя их сравнения.

Подводя итоги, отметим, что главным звеном в агротехнологических процессах был и остается агроном. Именно человек применяет конечные

решения, но для упрощения задач нужны современные информационные системы, которые бы учитывали текущий уровень компетентности пользователя.

### **Список литературы**

1. Астапов А.Ю., Пришутов К.А., Астапова С.С. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в садоводстве. В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. 2018. С. 159-162.

2. Никитин В.И., Астапов А.Ю. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В сборнике: Энергосбережение и эффективность в технических системах Материалы V Международной научно-технической конференции студентов, молодых учёных и специалистов. 2018. С. 170-172.

3. Пришутов К.А., Астапов А.Ю., Рязанова Ю.А. ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАСТИТЕЛЬНОСТИ В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Солопова. 2018. С. 212-217.

4. Астапов А.Ю., Гордеев А.С. Перспективы развития технологии точного земледелия в Мичуринском ГАУ, «Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК»: материалы Международной научно-практической конференции 25-27 октября 2017 года. – Мичуринск: ООО «БИС». 2017, с. 220-230.

5. Криволапов И.П., Щербаков С.Ю., Манаенков К.А. Актуальность подготовки инженерных кадров для обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства // В сборнике: Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии 4.0 Материалы Международной научной школы, организованной при финансовой

поддержке Администрации Тамбовской области. Под общей редакцией Е.С. Симбирских. 2017. С. 22-24.

## **APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN HORTICULTURE**

**Astapov Andrei Yurevich**

candidate of technical sciences, associate professor

Michurinsk State Agrarian University,

**Riazanova Yuliia Anatolevna**

student of engineering Institute

Michurinsk State Agrarian University,

Michurinsk, Russia

e-mail: Astapow\_a@mail.ru

**Abstract:** the Article is devoted to the use of unmanned aerial vehicles for the analysis of the existing territory of the garden from high-resolution images in the visible and spectral ranges.

**Keywords:** gardening, UAV, vegetation index NDVI, photography, electronic maps.