

## **ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI КАК ОСНОВНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

*Семенова Кристина Сергеевна, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, [semenova@rgau-msha.ru](mailto:semenova@rgau-msha.ru)*

**Аннотация:** в статье проанализировано качество спутниковых снимков и аэрофотосъемки БПЛА. Рассмотрены методы расчета и оценивания данных получаемых с помощью дистанционного зондирования. Доказано использование вегетационного индекса NDVI, как основного показателя мониторинга состояния и развития сельскохозяйственных культур и земель.

**Ключевые слова:** вегетационного индекса NDVI, мониторинг, дистанционное зондирование.

В последнее время широкое распространение в Российской Федерации получают цифровые, информационные и телекоммуникационные ресурсы, происходит активная цифровизация всех сфер жизни общества. Министерством сельского хозяйства Российской Федерации предлагается ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство», в рамках которого предусмотрен комплекс мероприятий по внедрению цифровых технологий и платформенных решений в агропромышленный комплекс (АПК) [1].

Цель проекта: цифровая трансформация сельского хозяйства посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности труда на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях в 2 раза к 2024 году согласно указу Президента РФ №204 от 7 мая 2018 года «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденная Указом Президента РФ №120 от 30 января 2010 года [1].

Обеспечить увеличение урожайности культур сельскохозяйственных предприятий возможно посредством постоянного мониторинга за состоянием фактически используемых земельного участков, сельскохозяйственной растительности в реальном времени с использованием современных цифровых технологий. В настоящее время используются различные методы мониторинга сельскохозяйственных земель, среди них активное развитие получают дистанционное зондирование земли. Результатом дистанционного зондирования являются спутниковой съемки и аэрофотосъемки беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Снимки со спутников имеют низкое пространственное разрешение от 1 до 30 м (платные), бесплатные от 10 до 30 м,

охватывают значительные площади обзора, но ограничены облачностью. БПЛА самолетного типа могут использоваться в облачную погоду, пространственное разрешение более высокое от 3 до 20 см (RGB), мультиспектральные - от 8 до 50 см. БПЛА самолетного типа осуществляют съемку 700 г/ч, а при мультиспектральной съемке - 350 га /ч и чаще используют для определения высокоточных координат поверхности земли и пригодны для создания цифровой модели рельефа местности. БПЛА мультироторного типа (квадрокоптер, гексакоптер, дроны) используются в облачную погоду. Снимки достаточно детализированы - менее 3 см для RGB и менее 8 см - мультиспектр. Основная проблема съемки - короткое время полета (около 1 часа), незначительные площади съемки, требуется дополнительная подзарядка. Коптеры и дроны не устойчивы к сильному ветру, а именно со скоростью выше 10 - 15 м/с. [4,5]

Возросшее качество снимков дистанционного зондирования (сотни спектральных каналов в видимой и ближней инфракрасной области, высокое пространственное разрешение) позволяет активно использовать их для обследования и инвентаризации земель, оценки всхожести посевов, анализа состояния сельскохозяйственных культур по интенсивности вегетации сельскохозяйственных растений, необходимый для мониторинга состояния культур и прогнозирования урожайности, детализации карт рельефа местности, на основе которых проводят мониторинг эрозионных процессов и планирование мероприятий по борьбе с ними.

В настоящее время разработаны и апробированы ряд методов расчета и анализа данных получаемых современных цифровых технологий. К основным, ранее разработанным методам расчета, анализа и оценивания данных получаемых современными цифровыми технологиями относятся:

1. Оверлей слоев. Метод является стандартной операцией в большинстве современных ГИС-пакетов, основанный на поиске уникальных сочетаний атрибутивной информации из разных слоев. Используется для индивидуальной классификации.

2. Разработка и расчет интегральных индексов. Считается самым простым и распространённым методом оценивания территории по интегральным индексам. Интегральные индексы - числовые показатели, являющиеся результатом линейного объединения многомерной информации об объекте. Данный метод позволяет проводить расчеты важных для мониторинга показателей и в автоматическом режиме составлять карты с привязкой к местности, обеспечивая оперативность принятия решений.

3. Корреляционный анализ. Его сущность заключается в выявлении взаимосвязи между изучаемыми явлениями. Сфера его применения достаточно широкая: оценивание исходных данных, обоснование применения расчетных индексов, анализ взаимосвязей промежуточных результатов исследования

4. Кластерный анализ. Предназначен для классификации и упорядочивания объектов в многомерном пространстве. Достаточно сложный. Основан на процессе синтеза промежуточных результатов моделирования

содержательных характеристик при значительном генетическом различии исходных факторов.

Для оценки и анализа снимков БПЛА важна простота математического аппарата, а также точность получаемых данных. Конечно простота математического аппарата несет опасность применение формального математического подхода, повышает вероятность получения недостоверных результатов исследования, но усложнение вычисления - повышает риск появления смысловых ошибок в расчетах. Повышение точности результатов обеспечивается в первую очередь качеством снимков и изучение сущности вычисляемых показателей. Повысить точность возможно с помощью корреляционного анализа связи рассчитанных показателей и фактических данных, полученных на основе полевых измерений изучаемых показателей.

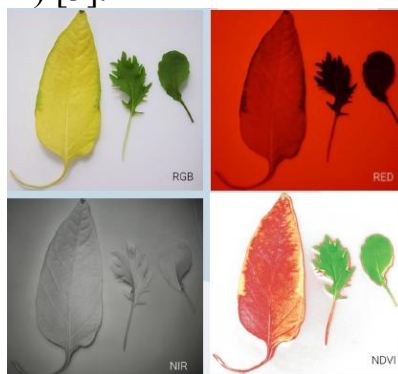
Современное мониторинг сельскохозяйственных земель предполагает использование разнообразных индексов. Одни из самых распространенных - NDVI. Он позволяет оценить состояния растения в разных точках поля. По физическому смыслу - это комбинированная характеристика плотности растительного покрова по содержанию хлорофилла.

Высокое содержание хлорофилла в растении интенсивно поглощает красный и синий диапазон спектра, за счёт которого происходит фотосинтез. А клеточная структура растения отражает ближние инфракрасные волны. Значит здоровое растение с хорошей клеточной структурой, активно поглощает красный свет и отражает ближний инфракрасный диапазон спектра. Больное растение - с точностью до наоборот [2].

В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются эмпирическим путем, исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Основная апробированная многими исследователями формула определения вегетационного индекса:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (1)$$

где RED - красный диапазон спектра (0,64-0,72 мкм), NIR - инфракрасный диапазон спектра (0,77-0,88 мкм) [3].



**Рис. Визуализация отражения и поглощения разных диапазонов электромагнитного спектра на примере листа:**

RGB – сочетание красного, синий, зеленого диапазонов спектра, RED - красный диапазон спектра, NIR - ИК диапазон спектра, NDVI - рассчитанный вегетационный индекс.

На рисунке листья в красном и ИК диапазонах спектра недостаточны для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур, нет детализации, выявить заболевания или незначительные высыхания достаточно сложно. В видимом спектре излучения трудно определить площадь участков засыхания здоровых растений. С помощью вегетационного индекса можно на структурном уровне определить здоровые зеленые растения, а также участки с разной степенью развития фотосинтеза, а также разную степень угнетения листа растения.

Образование зеленой массы растения зависит от количества влаги в почве и воздухе, наличие питательных веществ в почве, освещенности, температуры почвы и воздуха, а также от распространения вредителей и развитие болезней в конкретном хозяйстве. Для мониторинга и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с помощью БПЛА достаточно рассчитывать вегетационный индекс, который позволяет оценить состояние не только выращиваемых сельскохозяйственных культур, но и водный, тепловой питательный режим корнеобитаемого слоя почвы, но и приземного слоя атмосфер в течение всего вегетационного периода.

Но использование данного метода недостаточно. Карта рассчитанного вегетационного индекса состоит из участков с характерным цветом и значением данного индекса. Показания изменяются от -1 до 1. По данной карте можно обнаруживать зоны с высокой, средней и низкой потенциальной урожайностью. Потенциально максимальный урожай предполагается, если значение NDVI достигает 0,8-1. Такой показатель формируется в фазе колошения. В середине вегетации, индекс NDVI может составлять 0,5-0,8. Высокие показатели вегетационного индекса не всегда означают интенсивное развитие зеленой массы растений, а наоборот развитие сорняков. Оценить показания вегетационного индекса, проанализировать взаимосвязей промежуточных результатов расчета возможно с использованием корреляционного метода и эмпирически, т.е. с постоянным выездом агронома на поле и изучения участков с очень низким и высокими значениями NDVI после. Оптимальная частота съемок определяется экспериментальным путем

Расчет вегетационного индекса NDVI является быстрым и подробным методом мониторинга состояния посевов сельскохозяйственных земель и планирования урожая будущих лет. В результате анализа снимков растений в красном и ИК диапазонах спектра с помощью вегетационного индекса NDVI возможно точно определить зеленую массу растений и проблемные участки нездоровых растений. Уточнить значения NDVI возможно корреляционным методом и эмпирически. Причины относительно высоких и низких показаний на карте вегетационного индекса опрашивают обслуживающий персонал хозяйства.

### **Библиографический список**

1. Ведомственный проект "Цифровое сельское хозяйство" [Текст]: [официальное издание] / А. В. Гордеев, Д. Н. Патрушев, И. В. Лебедев и др.;

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. - Москва: Росинформагротех, 2019. - 46 с.

2. Чечулин, В. Л. Статьи разных лет: Сборник / В. Л. Чечулин. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2016. - 106 с.

3. Ничипорович З. А., Радевич Е. А. Опыт использования NDVI-индекса для мониторинга сельскохозяйственных земель полесья по данным спектрально-космической съемки IKONOS // Журнал прикладной спектроскопии. 2012. -Т. 79. - №4. - С. 681- 684

4. Семенова, К. С. Обоснование использования спутниковых снимков Landsat для мониторинга мелиорируемых земель / К. С. Семенова, С. А. Киселев // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина, Москва, 06-07 июня 2018 года. - Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. - С. 689-692.

5. Семенова, К. С. Дистанционное зондирование как метод мониторинга сельскохозяйственных земель / К. С. Семенова, О. В. Каблуков, О. М. Кузина // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: Материалы международной научно-практической конференции, Красноярск, 20-22 апреля 2021 года. - Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2021. - С. 453-455.

УДК 631.674.6

## **РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С АЭРОЗОЛЬНЫМ ОРОШЕНИЕМ ДЛЯ ЧЕРЕШНЕВОГО ОСАДА И ЕГО ВОДНЫЙ РЕЖИМ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ НЕЧЕРНОЗЁМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ**

*Гжибовский Сергей Александрович, аспирант кафедры Сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, gsa@vniiraduga.ru*

*Научный руководитель: Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, д. с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой Сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства. ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ndubenok@rgau-msha.ru*

**Аннотация:** Исследование для полевого опыта выбрано как двухфакторное: оно включает изучение влияния различных объёмов увлажнений и способов полива на формирование деревьев черешни сорта «Черешня Гостинец» и «Жуковская», опыт заложен на территории ООО «Коломенская ягода».

**Ключевые слова:** полив, капельница, аэрозоль, черешня, капля, орошение, методика.