



Г.А. Саитова, Э.Р. Габдуллина, Е.К. Гайнетдинова

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ АНАЛИЗЕ И КОНТРОЛЕ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛИ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Главной целью сельскохозяйственной отрасли является обеспечение продовольствием населения страны. Однако настораживает тот факт, что в области земледелия в последние годы посевные площади в силу климатических, экологических, социально-экономических и других причин не только претерпевают значительные сокращения, но и меняют свою структуру.

Для повышения эффективности принимаемых решений по повышению урожайности посевов сельскохозяйственным предприятиям требуется оперативная объективная информация о состоянии посевов, которая может быть получена с помощью лабораторных исследований, например, путем агрохимических исследований почвы, листовой диагностики.

Существуют технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ), которые основаны на регистрации, измерении, обработке, анализе и представлении цифровых данных о почве, растительности и внешней среде, полученных средствами бесконтактной съемки со спутников, авиационной техники, беспилотных летательных аппаратов и наземными сенсорными датчиками. ДЗЗ можно назвать методической основой в создании и реализации систем земледелия нового поколения.

Основой технологии ДЗЗ является метод, основанный на интерпретации измерения электромагнитного излучения в широком диапазоне электромагнитного спектра, которое отражается либо излучается объектом. Характерным признаком растительности и её состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями при разных длинах волн.

На основе этих данных можно рассчитывать различные вегетационные и почвенные индексы, которые обеспечивают широкие возможности определения качественных и количественных показателей, характеризующих агроэкосистемы.

Вегетационный индекс – показатель, рассчитываемый в результате математических операций с разными спектральными диапазонами (каналами) данных ДЗЗ и имеющий отношение к параметрам растительности в рассматриваемом пикселе снимка.

Наиболее известны следующие вегетационные индексы:

– нормализованный разностный вегетационный индекс *NDVI* – относительный показатель количества фотосинтетически активной биомассы:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$



где *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – отражение в красной области спектра.

– нормализованный дифференцированный водный индекс *NDWI* разработан для исследования водных поверхностей Земли. Для получения данных используются ближний инфракрасный диапазон *NIR* и зеленая область *GREEN* спектра:

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

В области дистанционного мониторинга активно развиваются информационные технологии. В настоящее время существует ряд программных приложений для ДЗЗ, которые предоставляют возможности в не только визуализации спутниковых снимков заданных сельскохозяйственных территорий, но и результаты их анализа.

Например, известны приложения *LandViewer* от *EOS Crop Monitoring* и *Sentinel Hub EO Browser* – современные источники спутниковых данных и аналитики, предоставляющие возможность анализа состояния посевов на основе 20 вегетационных и почвенных индексов. Примеры использования *LandViewer* представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Использование *LandViewer* в режиме комбинации каналов (*NDVI*);

Бесплатной информационной и аналитической платформой для точного земледелия является онлайн-платформа для «точного» земледелия *OneSoil*, которая использует спутниковые снимки, алгоритмы компьютерного зрения и машинного обучения, распознает с 92%-ной точностью 19 культур, рассчитывает индексы растительности.

Данное приложение использовалось для ретроспективного анализа состояния полей одного из крестьянских фермерских хозяйств Республики Башкортостан (с 2019 по 2021 г.). Основным видом деятельности хозяйства является выращивание зерновых культур – кукуруза, рожь, озимая и яровая пшеница.



На рисунке 2 представлена модель процесса применения информационных технологий при анализе и контроле состояния посевов на примере одного из полей данного хозяйства.

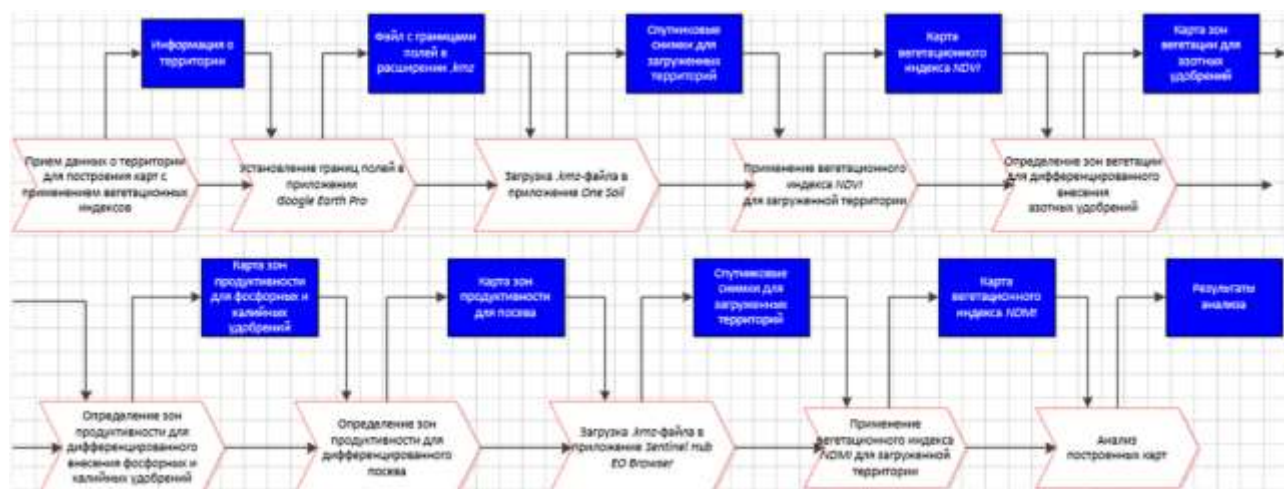


Рис. 2. Модель процесса в нотации ARIS VAD

На первом этапе осуществляется интерактивное задание границ поля в приложении *Google Earth Pro* и формирование файла с расширением \*.kmz, который хранит координаты местоположения поля и информацию о площади поля. Далее этот файл загружается в приложение *OneSoil*, в котором рассчитываются вегетационные индексы *NDVI* поля: низкие значения индекса отображаются красным цветом, высокие – зеленым, а средние значения – желто-зеленым цветом (рис. 3а). Программное приложение *OneSoil* позволяет построить такие карты за прошлые годы, начиная с 2019 г. Анализ карт позволяет увидеть на картах неоднородности вегетации – наличие участков высокой, средней и высокой вегетации, обусловленных плодородиями почвы, рельефа, влаги, питательных веществ. Единая норма удобрений во всех участках может быть не только нецелесообразна, но и неэффективной для сельхозпредпринимателя.

В связи с этим, в соответствии со значениями вегетационных индексов строятся специальные карты для дифференцированного внесения удобрений: поле разбивается на 3 участка с высокой, средней и высокой вегетацией, и для каждого участка определяются задания для внесения определенной дозы удобрений. Необходимо отметить, что нормы для дифференцированного внесения азота (рис. 3б) определяются агрономами в соответствии с принятой стратегией внесения удобрений – либо больше азота в зонах низкой вегетации; либо больше азота в зонах высокой вегетации; либо больше азота в зонах средней вегетации. В отличие от азотных удобрений, фосфор и калий (рис. 3в) вносят по зонам продуктивности (рис. 3г): в зонах высокой продуктивности вынос питательных элементов всегда больше, а в зонах низкой продуктивности — меньше.

Такое дифференцированное внесение удобрений реализует подход точного земледелия, которое обеспечивает на поле баланс питательных веществ, увеличение урожая, а также экономию ресурсов.





Использование современных информационных технологий ДЗЗ, а также рассмотренных методов и моделей дает возможность предприятиям сельскохозяйственной отрасли проводить анализ и контроль состояния посевов земель, что может повысить эффективность управленческих решений по повышению урожайности объектов земледелия.

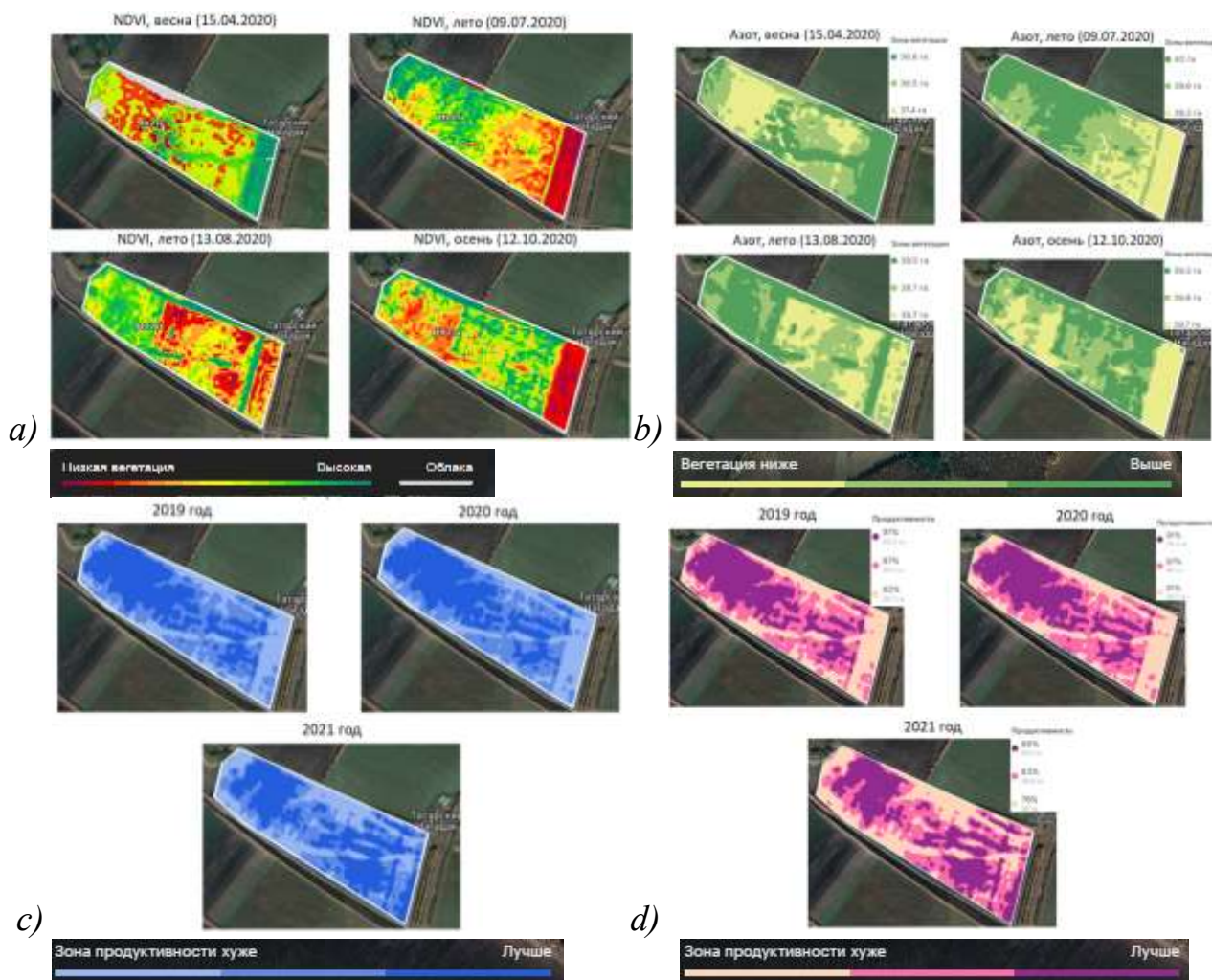


Рисунок 3 – Результаты анализа в программе *OneSoil*

a) индекс *NDVI*; b) карта заданий для внесения азотных удобрений; c) карта заданий для внесения калийно-фосфорных удобрений; d) зоны продуктивности

### Литература

1. Точное сельское хозяйство: учебник для вузов / Е. В. Труфляк, Н. Ю. Курченко, А. А. Тенекон, В. В. Якушев [и др.]; под редакцией Е. В. Труфляка. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 512 с.

3. Воронина П.В., Мамаш Е.А. Классификация тематических задач мониторинга сельского хозяйства с использованием данных дистанционного зондирования MODIS // Вычислительные технологии. 2014. Т. 19, № 3. С. 76–102.