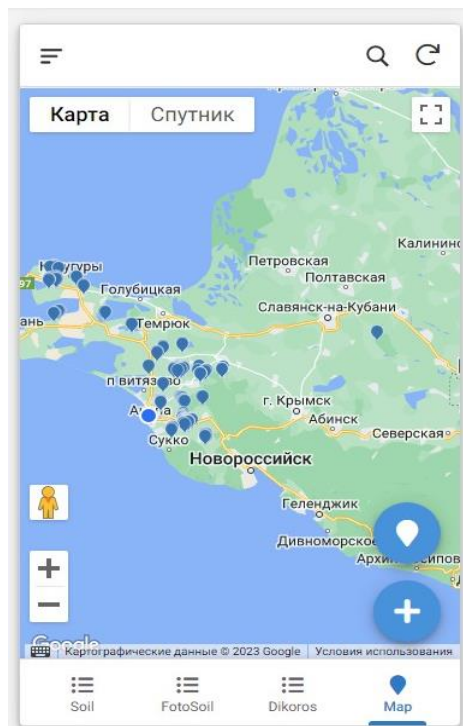
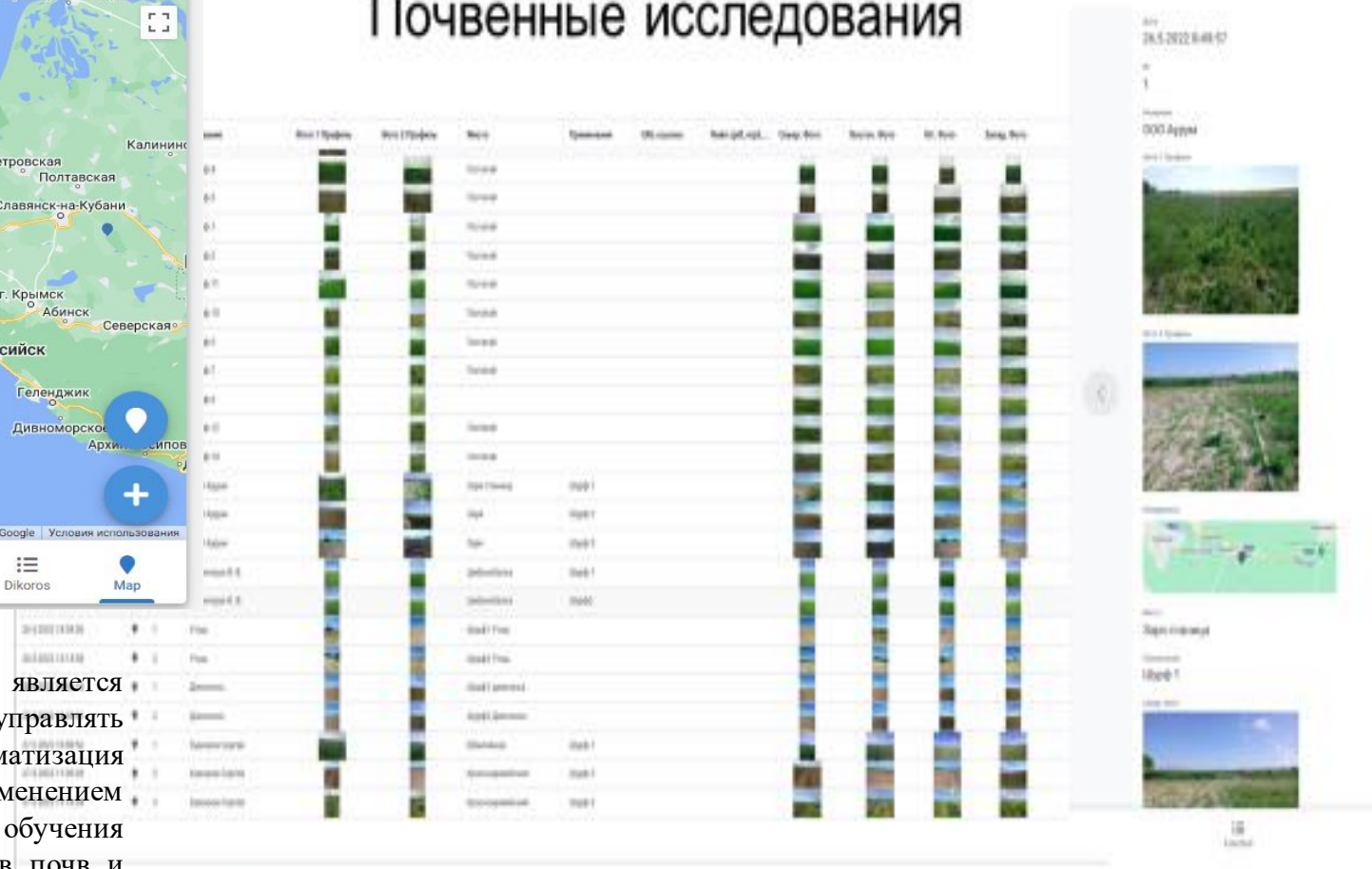


Определение мозаичности почв виноградных насаждений с использованием спутниковых спектральных данных и методов машинного обучения



Почвенные исследования



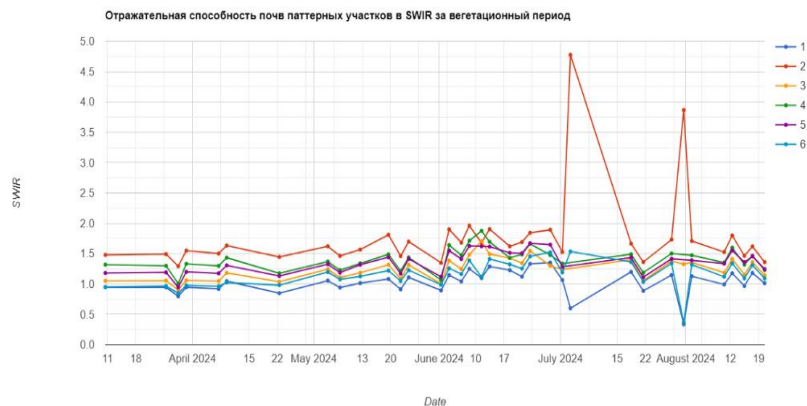
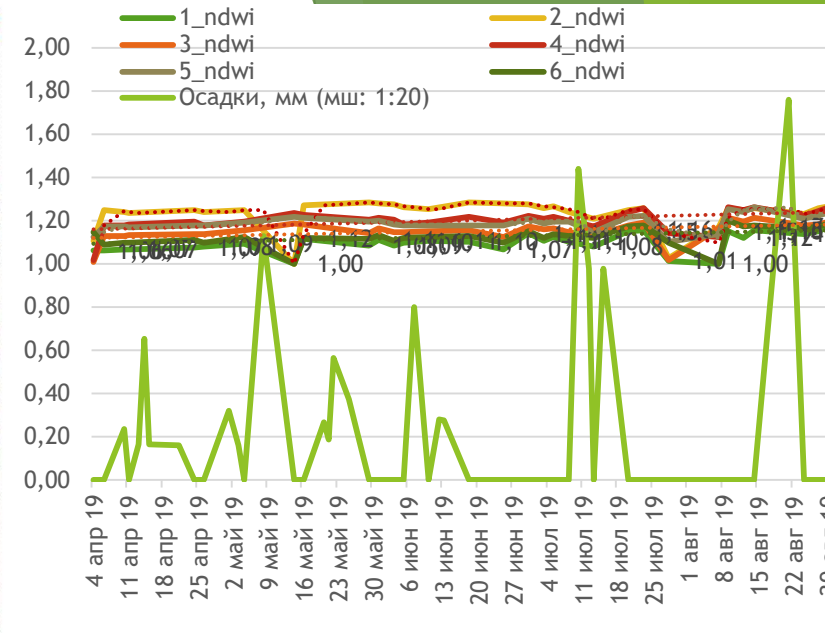
Введение

Определение мозаичности и структуры почв на виноградниках является важным аспектом точного земледелия, который позволяет управлять характеристиками терруара и повышать качество урожая. Автоматизация выделения контуров почв по их мозаичности и пятнистости с применением методов дистанционного зондирования (ДЗЗ) и машинного обучения позволяет более точно учитывать особенности различных типов почв и корректировать агротехнические мероприятия.

Первичные полевые данные: дата, координаты пробы, название, фото почвы и местности

Цель исследования: оценить возможность детектирования почвенной гетерогенности виноградного насаждения по спектральным спутниковым изображениям

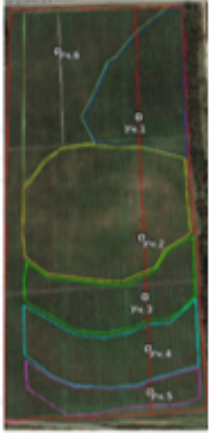
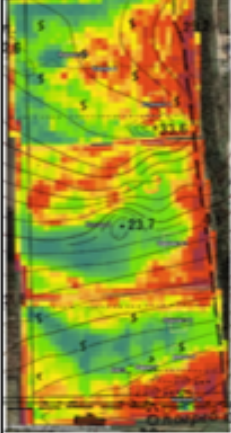
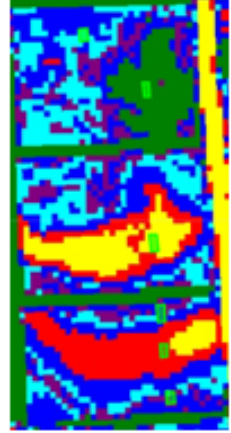
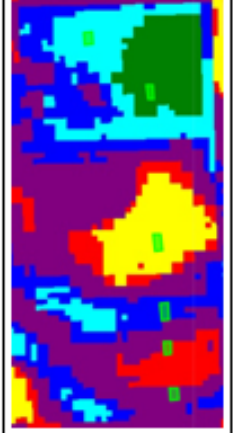
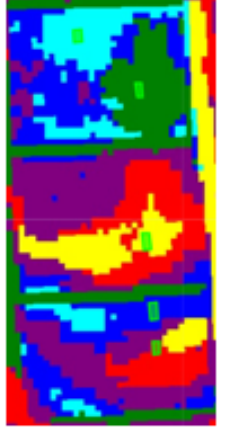
Методология: для классификации почвенной поверхности использовались спектральные индексы NDWI и SWIR, которые позволяют объективно выделять контуры почвенной мозаики. Исследование основывается на использовании полевых данных и алгоритма машинного обучения «случайного леса» по спектральным паттернам при классификации почвы по их влажности и минерализации.



Почвенная классификация с использованием индексов:

- NDWI (Normalized Difference Water Index): позволяет отслеживать изменения влажности почвенного слоя участков.
 - SWIR (Short-Wave Infrared Reflectance): чувствителен к содержанию глины, органических веществ и минерализации почвы, что делает его оптимальным для оценки различий в структуре и составе почв.
- В период сезонных изменений (вегетационные периоды с апреля по август) эти индексы позволяют выявлять зоны почвенной мозаики, которые отличаются по своей реактивности на осадки и температурные колебания.

Сезонная вариация и спектральная классификация почв: В рамках исследования данные по почвенной влажности и температуре собирались ежедневно, что позволило учитывать сезонные изменения. В периоды дождей, значения NDWI повышаются на участках с более пористой структурой почвы, что указывает на её способность удерживать воду. Наоборот, в засушливые периоды NDWI резко снижается, особенно на участках с высоким содержанием песка и низким содержанием органических веществ. SWIR, в свою очередь, показывает стабильные значения на глинистых и органически насыщенных почвах, оставаясь менее изменчивым в ответ на краткосрочные погодные колебания, что позволяет выделить такие участки и характеризовать их как более устойчивые.

Изображение поля		Машинная классификация почвенной поверхности по спектральным паттернам почв		
RGB	NDVI	NDWI	SWIR	Композиция NDWI + SWIR
				

Легенда картограммы машинной классификации почвенной поверхности

- Легенда**
- Класс 1
 - Класс 2
 - Класс 3
 - Класс 4
 - Класс 5
 - Класс 6

Класс 1 - Чернозем обыкновенный, мощный, глубоко солонцеватый, тяжелосуглинистый. Гигроскопичность почвы = 7.5, гумус= 2.1 (NDWI\SWIR\NDWI+SWIR = 4.60 га\1.32 га\4.71 га)

Класс 2 - Чернозем южный, карбонатный, маломощный, гранулометрический состав - супесь. Гигроскопичность почвы = 6.0, гумус= 1.5 (NDWI\SWIR\NDWI+SWIR = 2.20 га\2.47 га \2.20 га)

Класс 3 - Чернозем обыкновенный, мощный, карбонатный, тяжелосуглинистый. Гигроскопичность почвы = 2.0, гумус= 1.8 (NDWI\SWIR\NDWI+SWIR = 7.85 га\5.60 га\5.80 га)

Класс 4 - Чернозем южный, выщелоченный, мощный, среднесуглинистый. Гигроскопичность почвы = 3.4, гумус= 1.8 (NDWI\SWIR\NDWI+SWIR = 3.52 га\2.49 га\3.51 га)

Класс 5 - Чернозем южный, карбонатный, мощный, среднесуглинистый, глубокосолонцеватый. Гигроскопичность почвы = 6.9, гумус= 1.8 (NDWI\SWIR\NDWI+SWIR = 3.01 га\9.27 га\6.82 га)

Класс 6 - Чернозем южный, переходный к чернозёму обыкновенному, сверхмощный, слабовыщелоченный, тяжелосуглинистый. Гигроскопичность почвы = 11.0, гумус= 2.1 (NDWI\SWIR\NDWI+SWIR = 4.78 га\6.82 га\4.32 га)

Классификация почв по типам и определение их характеристик: На основе композиций индексов и анализа сезонной вариации были выделены основные типы почв:

Чернозем обыкновенный, мощный, солонцеватый, тяжелосуглинистый: характеризуется высокой гигроскопичностью, что выражается в более высоких значениях NDWI в начале сезона.

Чернозем южный, карбонатный, супесчаный: меньшая плотность почвы, что проявляется в более низких значениях SWIR и более резком снижении NDWI в засушливые периоды.

Чернозем переходный, слабовыщелоченный, тяжелосуглинистый: проявляет стабильные значения SWIR и NDWI, отражая высокое содержание глины и органики.

Использование данных для корректировки агротехнических мероприятий:

Данные спектральной классификации позволяют определять участки, нуждающиеся в дополнительном поливе, удобрениях или других корректирующих мерах, на основе сезонных изменений характеристик почвы. Например, участки с резким снижением NDWI в засушливые месяцы могут нуждаться в дополнительном поливе. На основе этих данных создаются технологические карты, где отмечаются участки с разными типами почв и их сезонными особенностями. Это позволяет применять точечные методы для повышения урожайности.

Результаты: определение мозаичности почв виноградных насаждений на основе NDWI и SWIR позволил выделить основные типы почв и отразить их сезонные особенности. Составление детализированных карт почвенной поверхности является ключевым инструментом для оптимизации агротехнических мероприятий в зависимости от погодных условий и характеристик почвы. Применение методов дистанционного зондирования и анализа спектральных данных предоставляет виноградарям актуальную информацию для управления урожайностью и позволяет не только отслеживать изменения в силе роста виноградных растений, но и корректировать агротехнические мероприятия.