

11-15 ноября 2024



Исследование возможности дистанционного распознавания орошаемых земель Республики Крым

Ёлкина Е.С.¹, Плотников Д.Е.¹, Дунаева Е.А.²

¹ Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

² ФГБУН Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма,
Москва, Россия

Актуальность

- Республика Крым - зона рискованного земледелия = необходимость орошения
- В период 2014-2020 гг. резко меняется структура посевных площадей полуострова вследствие прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу, возникает дефицит водных ресурсов. Следствие - резкое снижение площадей орошения (в 8-20 раз, по разным оценкам)
- Начиная с 2021 года с увеличением господдержки агропроизводства в Республике, по данным статистики, растёт и количество орошаемых земель. В настоящее время поливается лишь порядка 5% от общего количества мелиорированных земель, при этом объективной и независимой оценки площадей, а также динамики изменений площадей орошаемых земель пока получено не было.
- Возможно увеличение риска возможности проявления деградационных процессов при использовании для орошения подземных вод ограниченной пригодности.

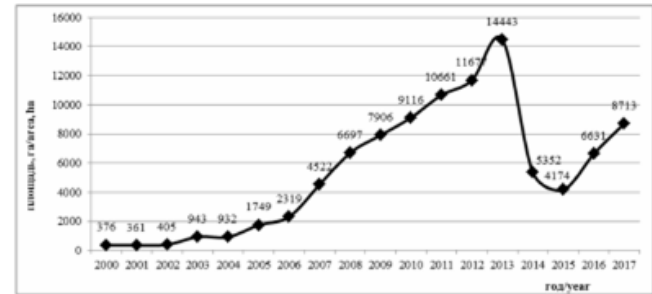


Рисунок 2 – Динамика площади орошаемых земель при капельном поливе за 18 лет использования в Республике Крым

Источник: <https://cyberleninka.ru/article/n/etapy-razvitiya-kapelnogo-orosheniya-v-krymu/viewer>

Точное картографирование орошаемых земель – это вопрос как продовольственной безопасности, так и устойчивости развития сельского хозяйства.

Цели и задачи

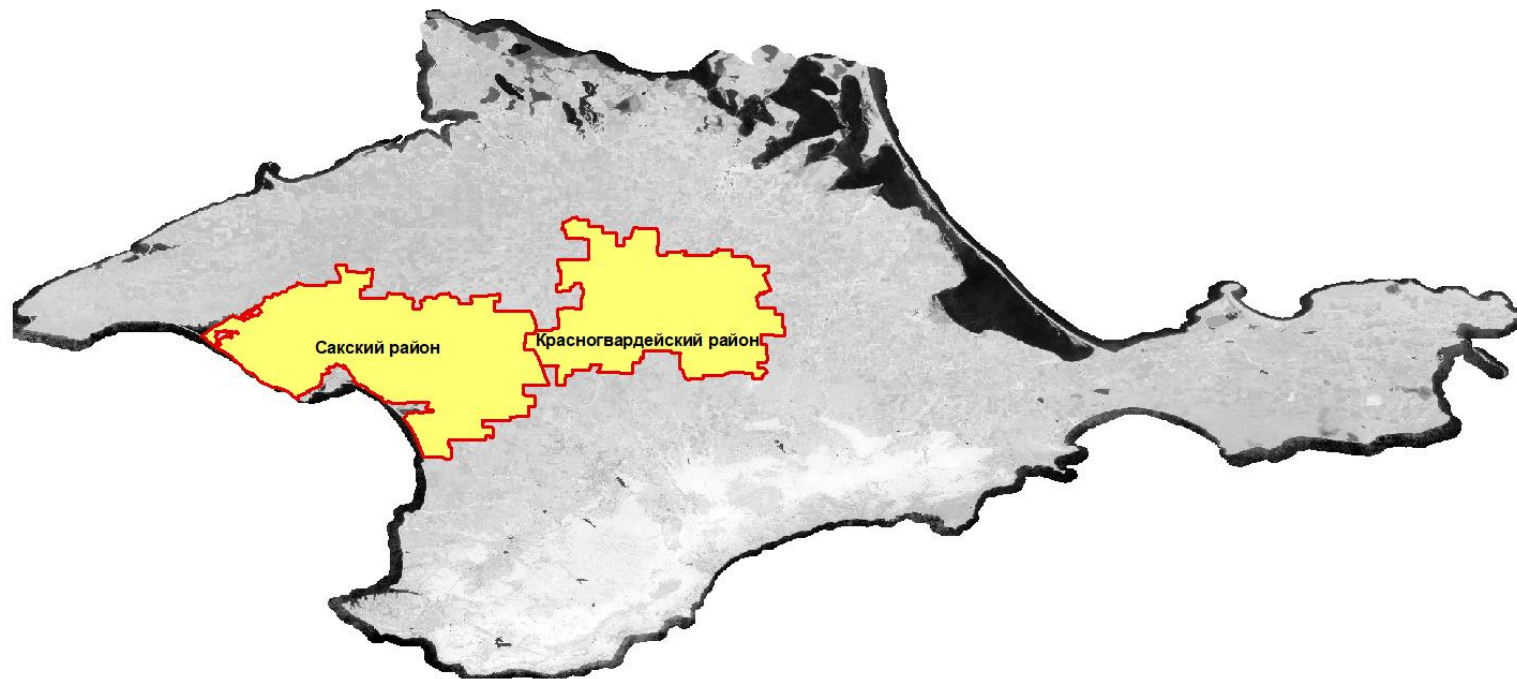
Цель: получение исторической и актуальной картографической информации о расположении орошаемых земель.

Задачи: поиск и тестирование подходов к распознаванию орошаемых земель на основе данных ДЗЗ и методов машинного обучения

Этапы работы:

1. Анализ существующих подходов
2. Поиск информативных признаков
3. Разработка и тестирование алгоритмов распознавания орошаемых земель

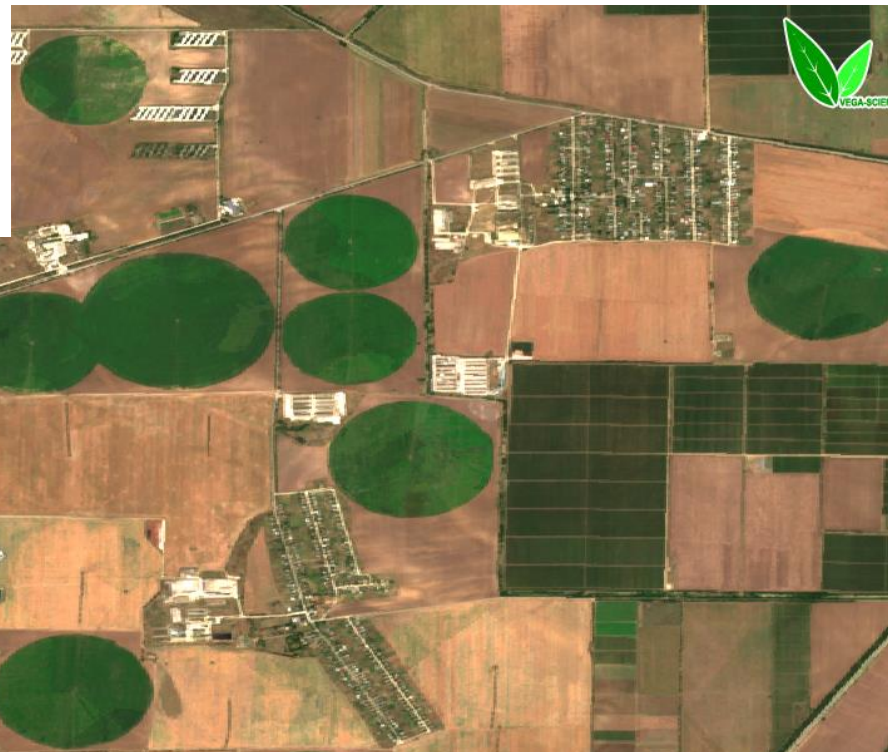
Район исследования



Сакский и Красногвардейский районы Крыма

Объект исследования

Орошаемые (любым способом) земли:
сады (45%), виноградники (30%), (овощи,
цветы, ягодники и прочее - 25%)



круговая дождевальная система

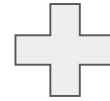
капельный полив

90-дневный композит Sentinel-2 за период 2023-06-01 - 2023-08-30,
Красногвардейский район, респ.Крым

Объект исследования



Сады: стабильно высокое количество биомассы, относительно низкие значения температуры поверхности листьев, отсутствие распашки



Поливные поля: высокое количество биомассы в засушливый период (период полива), относительно низкие значения температуры в тот же период, в первой половине лета могут быть заняты другими культурами, в т.ч. озимыми

Существующие подходы

- Региональные исследования в области сельского хозяйства преимущественно сосредоточены в странах, где преобладает засушливый климат и широко распространено орошаемое земледелие. К таким странам относятся Китай, США, Индия и государства Африки;
- Большое количество исследований использует возможность разделения поливных полей от богарных в засушливый период, определяя «засушливые периоды» с помощью дополнительных метеорологических данных;
- С точки зрения методов распознавания, в исследованиях используют различные методы автоматической классификации, такие как простой пороговый метод (как правило, сочетание среднего NDVI выше определенных значений и условие температуры поверхности ниже определенных значений), методы классификации без обучения, с обучением: алгоритм решающих деревьев, случайных лесов, нейронные сети, а также комбинации различных алгоритмов;
- Методы традиционного машинного обучения используют предварительно подобранные признаки, основанные на оптических и тепловых каналах. В настоящее время получили развитие нейросетевые подходы, которые не требуют предварительной генерации признаков, и используют текстурную и семантическую информацию спутниковых изображений – примеры их использования приведены в работах. Мы исследовали два подхода: Random Forest и NN Unet

Данные и признаки

Спутниковые данные: сезонные спутниковые данные Landsat и Sentinel-2

Наземные данные: выборка

Необходимы признаки, характеризующие:

- 1) количество и состояние зелёной биомассы,
- 2) количество продуктивной влаги,
- 3) температуру растительного покрова.

Предположение: орошаемые земли за определенный интервал времени в среднем показывают уменьшение температуры одновременно с приростом биомассы в условиях малого количества или отсутствия осадков. За счёт испарения на полях, которые получают больше влаги, температура поверхности земли будет ниже, чем на неорошаемых полях; в условиях дефицита воды растительность на неорошаемых полях растет хуже, что снижает транспирацию и общее испарение.

Признаки: спектрально-временные и текстурные

Признаки

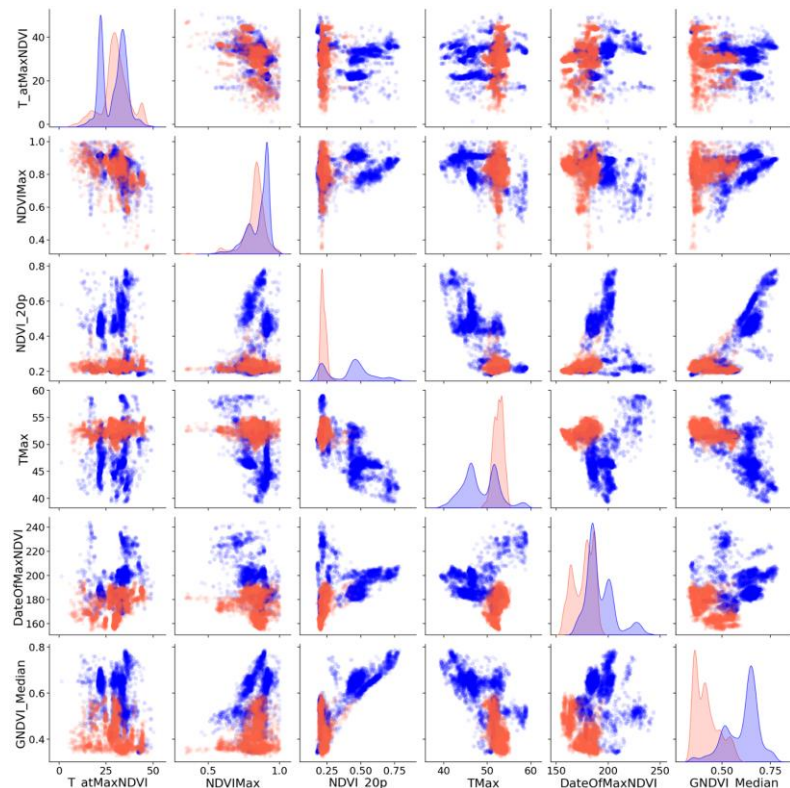
1. **NDVIMax** – максимальное значение NDVI в пикселе за сезон;
2. **T_atMaxNDVI** – значение радиояростной температуры поверхности в момент достижения максимального значения NDVI. Температура поверхности была рассчитана в градусах Цельсия на основе теплового канала (LST);
3. **TMax** – значение максимальной температуры поверхности земли за сезон;
4. **DOYMaxNDVI** – средневзвешенная дата максимума NDVI

$$\text{День максимального NDVI} = \frac{\sum(\text{NDVI} \times \text{DOY})}{\sum(\text{NDVI})}$$

5. **NDVI_20p** – 20-й перцентиль сезонных значений NDVI;
6. **GNDVI** – медианное значение индекса GNDVI $((\text{NIR} - \text{GREEN})/(\text{NIR} + \text{GREEN}))$
7. **NDTI** – медианное значение индекса NDTI $((\text{RED} - \text{GREEN})/(\text{RED} + \text{GREEN}))$
8. **RED**
9. **NIR**
10. **GREEN**

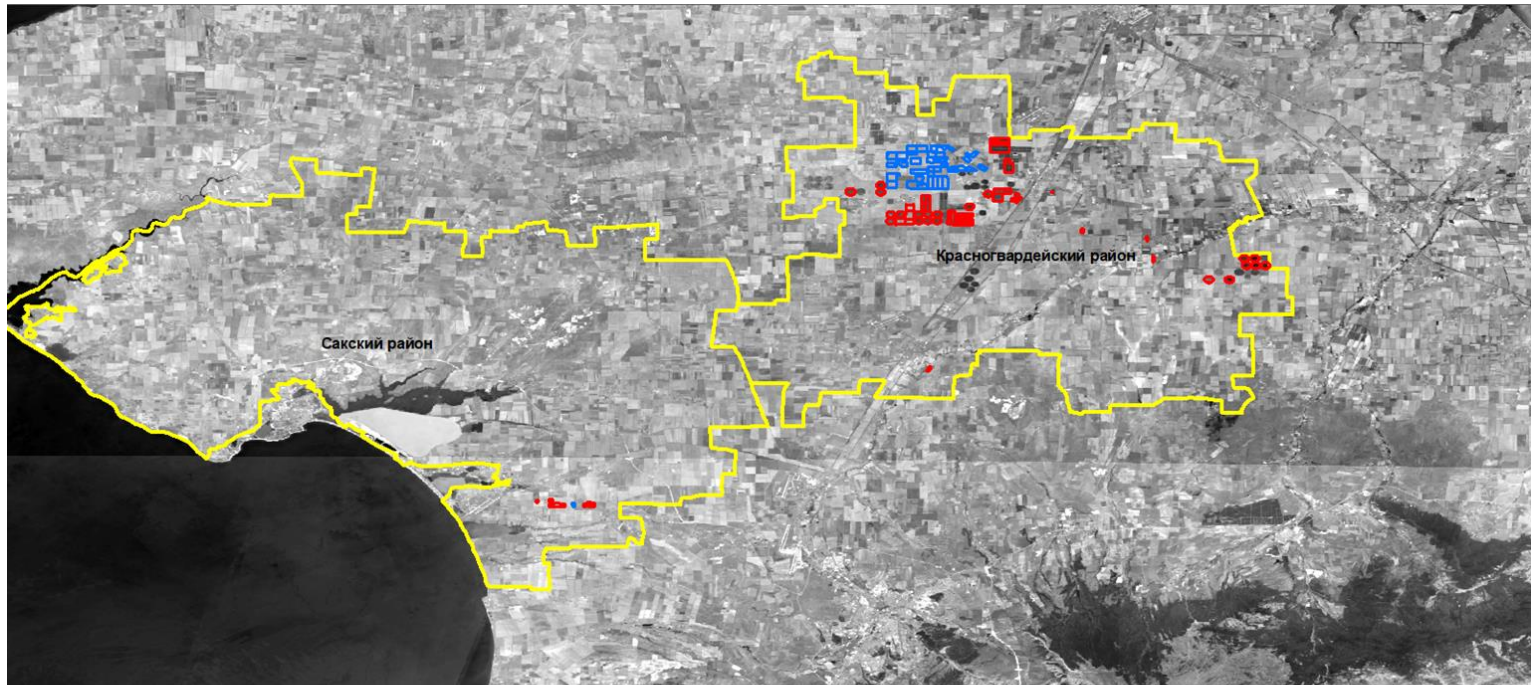
Оценка разделимости

- Орошаемые
- Неорошаемые



- Были построены диаграммы рассеяния для пар признаков двух классов земель: орошаемых (синий цвет) и неорошаемых (красный цвет)
- Полученные диаграммы рассеяния указали на заметно большую вариабельность и многомодальность дистанционных характеристик орошаемых земель, в то время как неорошаемые земли формировали, как правило, более компактные области в пространстве признаков.
- Это может указывать на разнообразие орошаемых культур, а также на имеющиеся различия в системах и сроках полива.

Подготовка данных



Исходная выборка: 60 орошаемых, 40 неорошаемых

Подготовка данных



Точки распределены случайным образом равномерно по территории региона исследования

Подготовка данных

Анализ состояния полей

Сезон: 2024

Выбор полей:

Культура на поле: **неизвестно**

Тип угодий: **неизвестно**

Выборочные помощники:

- vnialni_tubalov (1)
- vniasnshb (2)
- water (4540)
- water1990_irrigated (1129)
- water2018 (3981)
- water2018_nonarable (1968)
- water2019_user1 (8)
- water2021_arable (3573)
- water2023_irrigated (13)
- water_cs_user1 (110)

Контуры полей

Состояние

Неделя: 43 (21.10.2024 - 27.10.2024)

- Не отображать
- Среднее значение NDVI (MODIS) на поле
- Среднее значение NDVI (Landsat) на поле
- Разница среднего значения NDVI на поле с прошлой неделей
- Количество недель роста NDVI
- Неодорожность полей
- Состояние полей по отклонению от нормы
- Динамика развития растительности

Легенда

В крайнюю

Характеристики

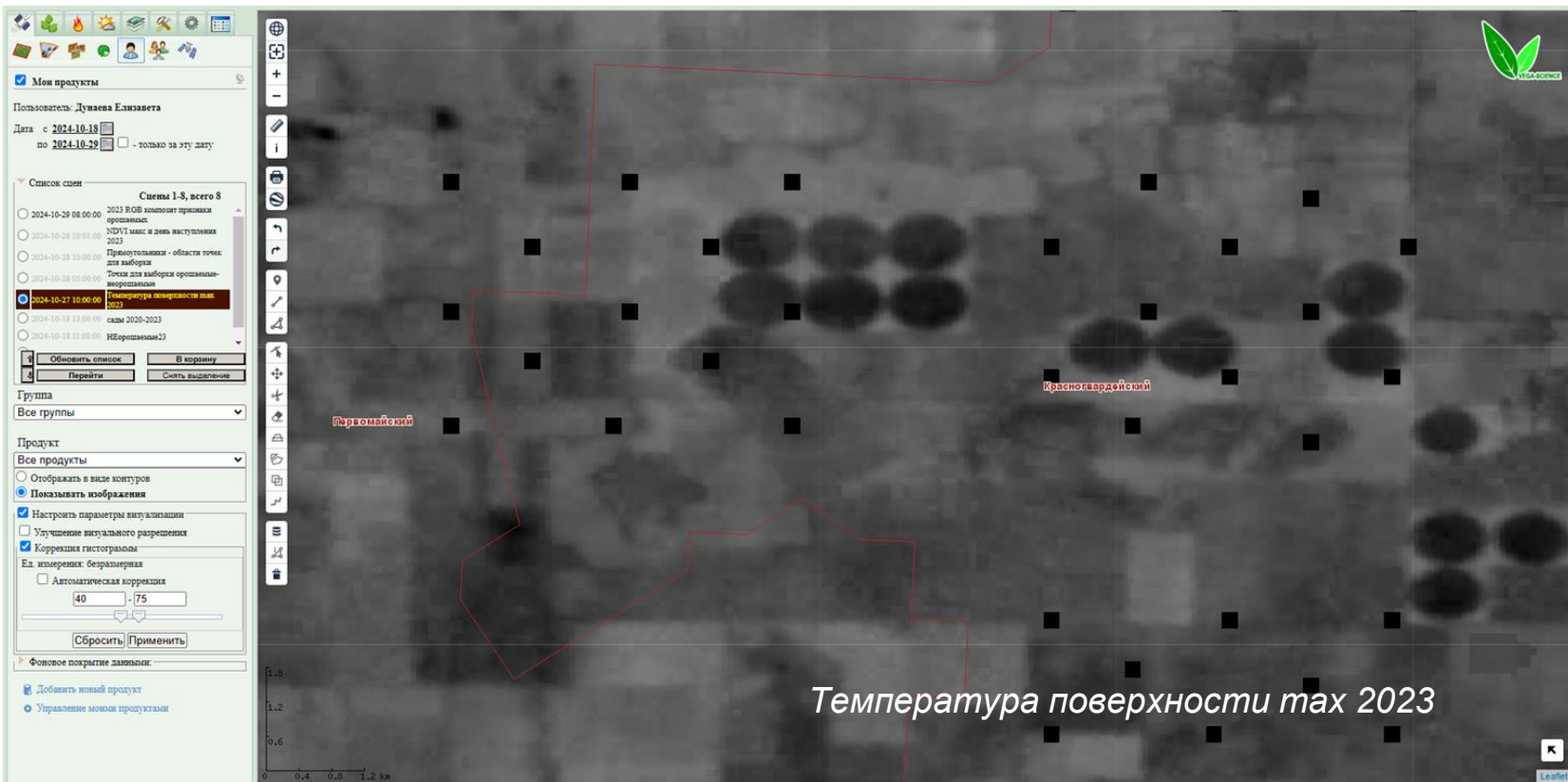
- Не отображать
- Культура
- Тип угодий

Аннотация полей

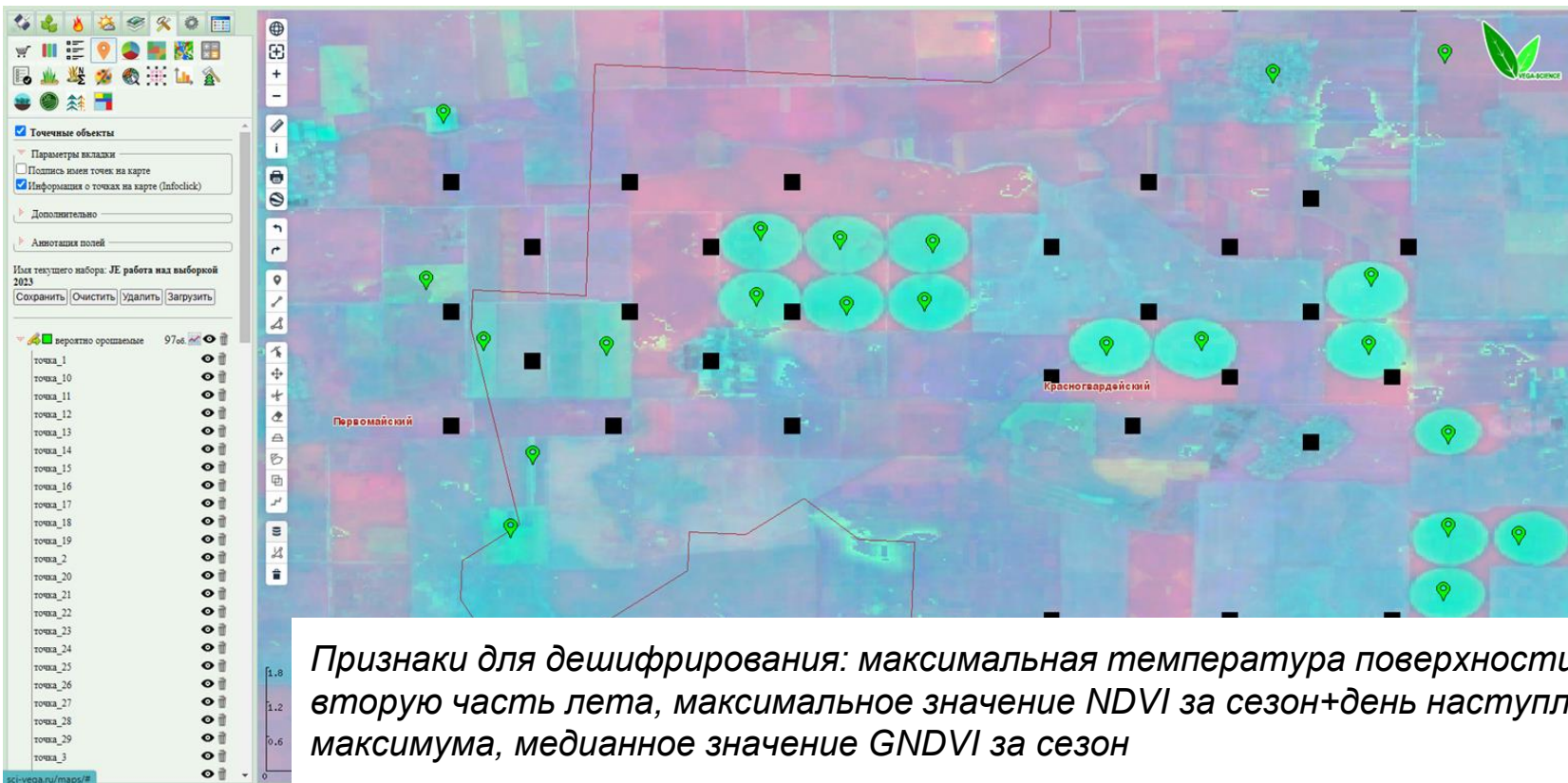
Режимы модификации: Выключен

Дешифрирование орошаемых и неорошаемых земель в сервисе Vega

Подготовка данных



Подготовка данных



Подготовка данных



Финальная выборка (2023): всего более 2000 полей с сохранением баланса классов

Модели

1. Random Forest

- данные Landsat 8 (конец марта 2023 – начало сентября 2023)
- медианные значения индексов, сгенерированные признаки
- оценка значимости сгенерированных признаков

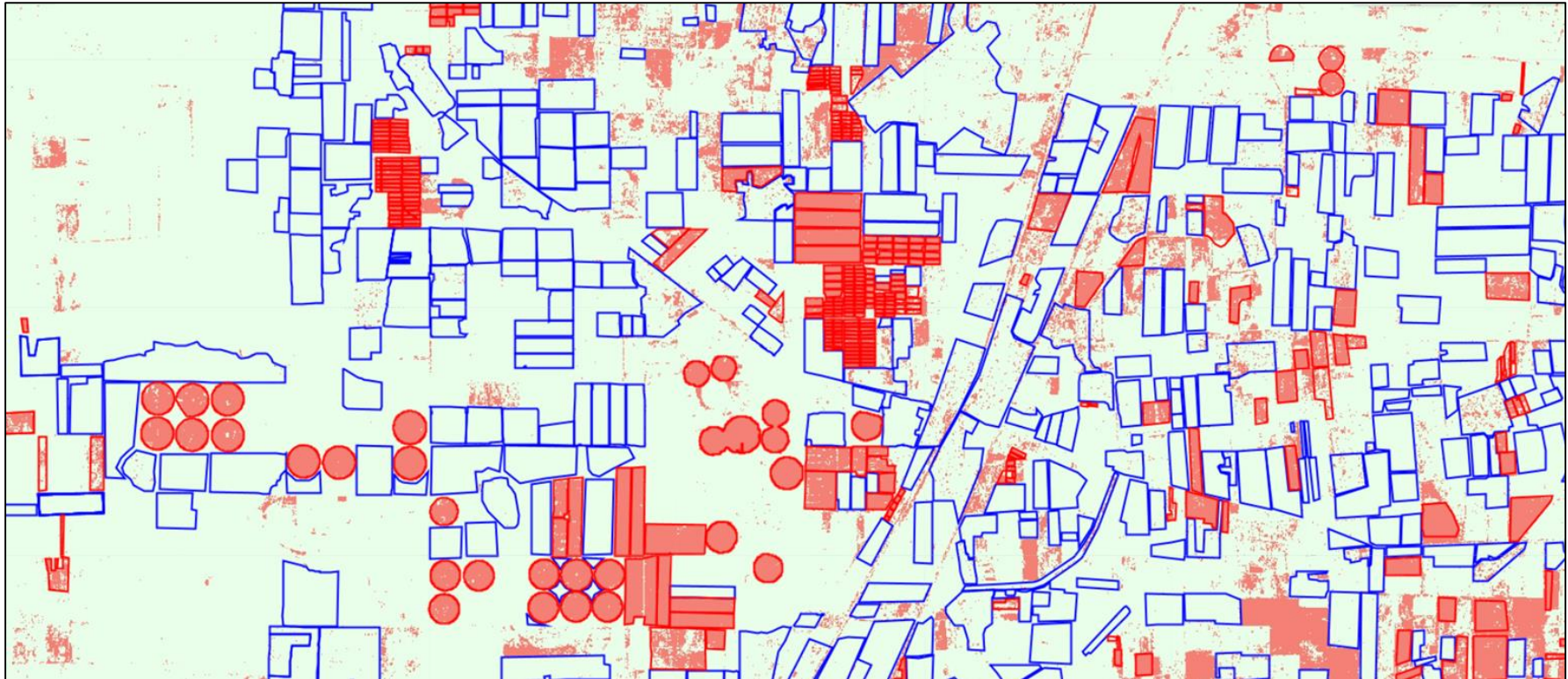
2. Unet

- данные Sentinel-2 (10 число каждого месяца с апреля по август)
- 5 каналов
- текстурные и контекстные признаки

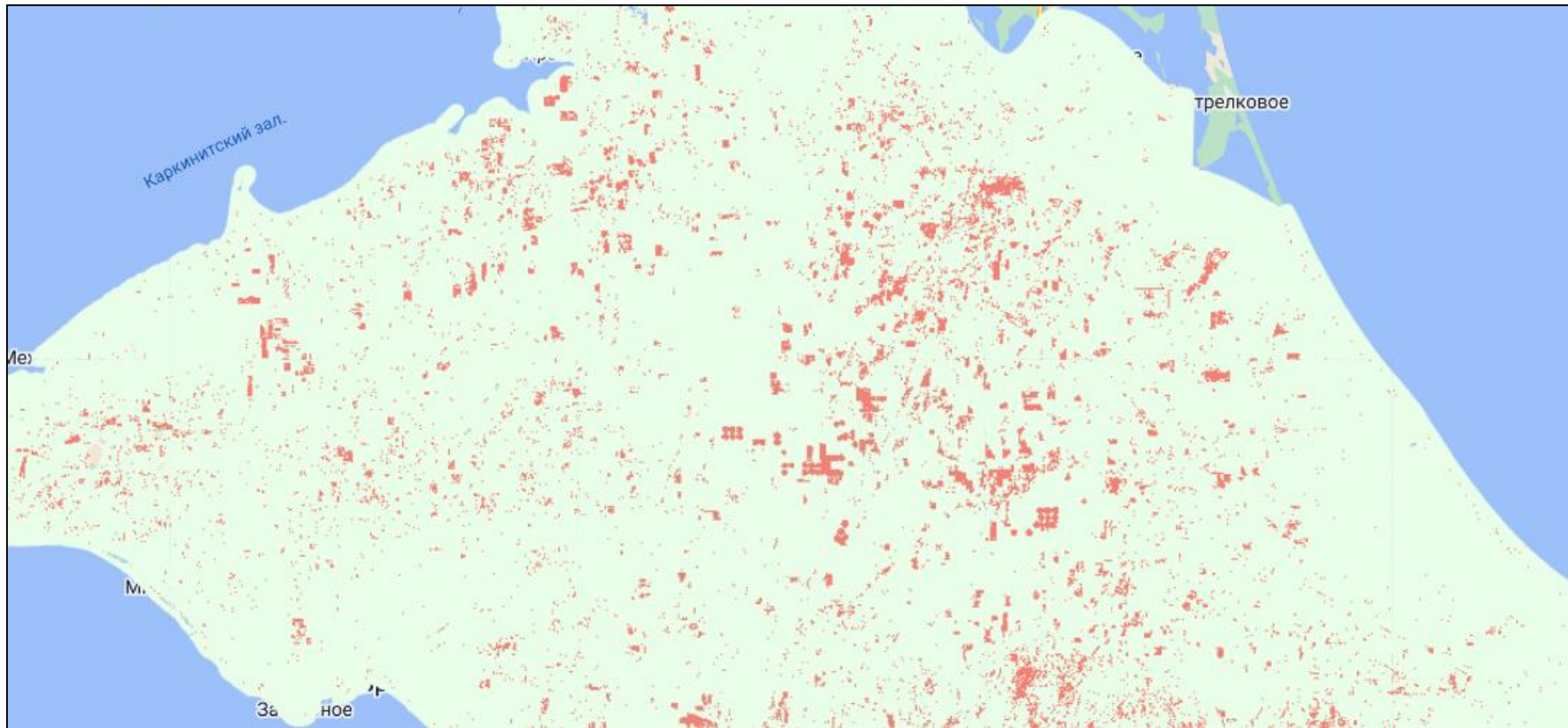
Проблемы: мало опорных данных, сильный дисбаланс классов

Random Forest: результаты

Общая точность: 0.98, F1-score по классу “орошаемые”: 0.86

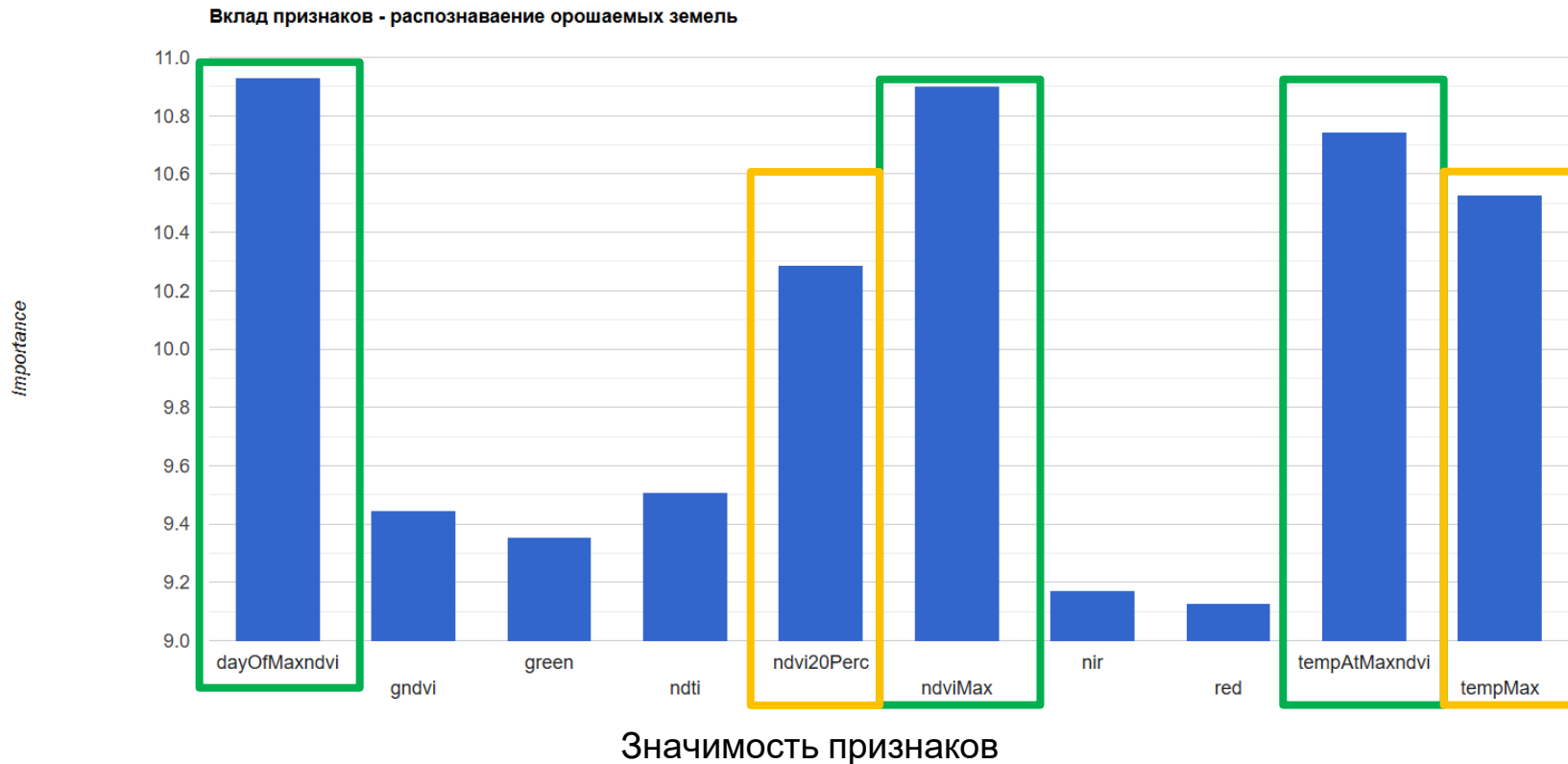


Random Forest: результаты



Маска орошаемых земель на всю территорию Крыма за 2023 год

Random Forest: результаты



Unet: результаты

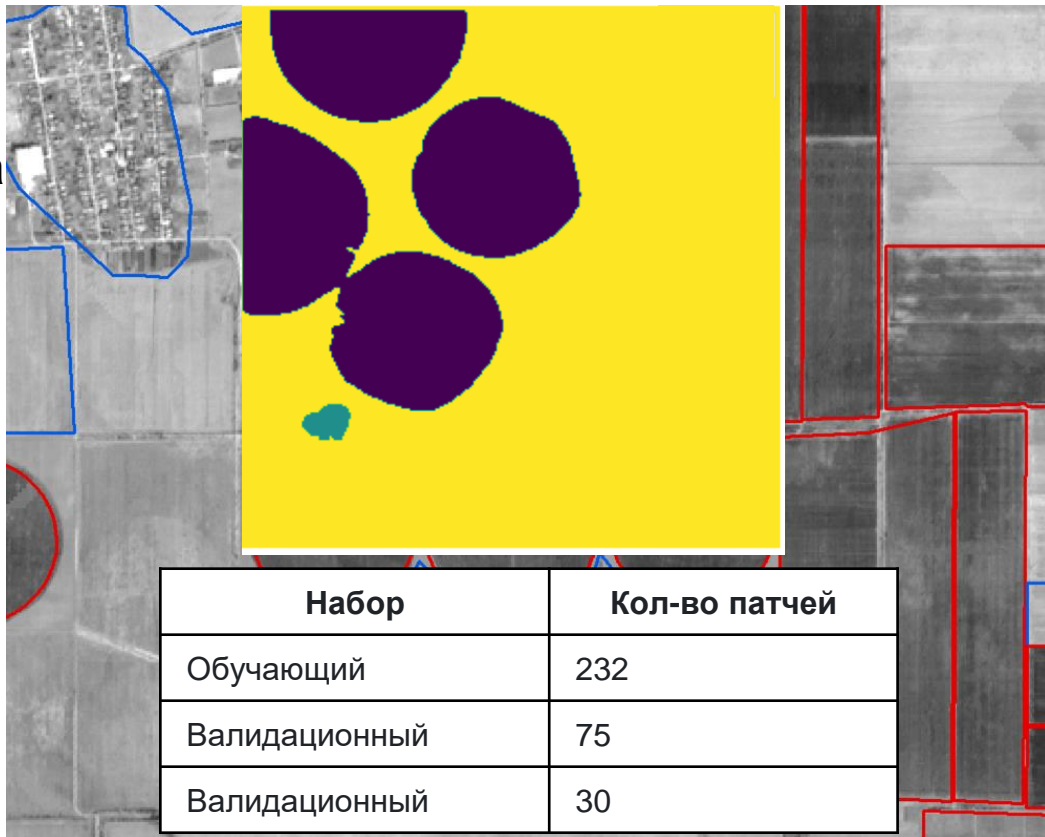
Нейросеть архитектуры Unet

Входные данные Sentinel-2: 5 каналов (10 число каждого месяца с апреля по август) – патчи 256x256 пикселей

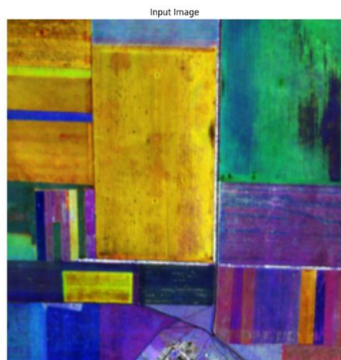
Для повышения точности распознавания целевого класса:

- Взвешенная Sparse Cross Entropy Loss

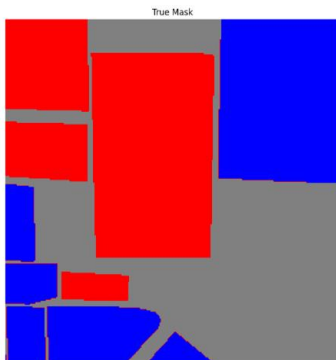
- Увеличение датасета с помощью аугментаций (flip_up_down, flip_left_right)



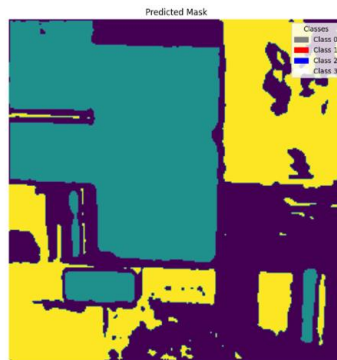
Unet: результаты



Input Image



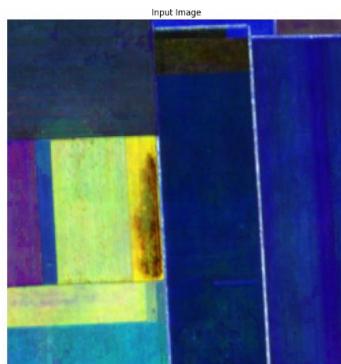
True Mask



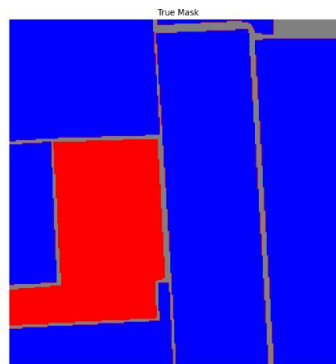
Predicted Mask

500 эпох
Adam optimizer

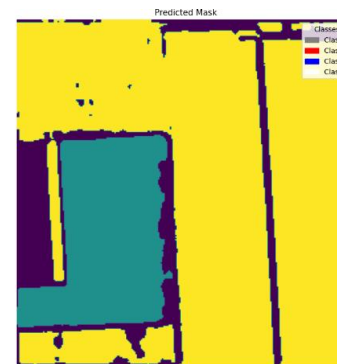
Dice coeff for class 1: 0.77



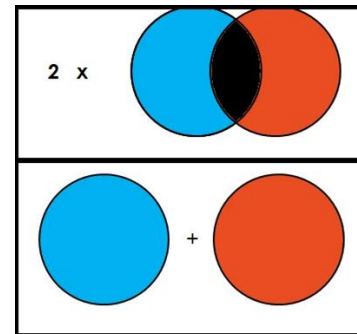
Input Image



True Mask



Predicted Mask



Примеры предсказаний на тестовом датасете

Выводы

- Исследованы и определены информативные признаки распознавания орошаемых земель по данным ДЗЗ без привлечения метеорологических данных.
- Информативными оказались признаки, основанные на фенологических особенностях орошаемых культур, сезонных максимальных температурах, а также медианных значениях индекса: **средневзвешенный день наступления максимума NDVI, maxNDVI, maxTemp, TempAtMaxNDVI, NDVIp20.**
- Показано, что применение непараметрического классификатора RF позволяет идентифицировать орошаемые земли с приемлемой точностью (**OA = 0.98, F-1 класс “орошаемые” = 0.86**). Учтена внутриклассовая неоднородность, учтен дисбаланс классов.
- Вега-science может служить удобным инструментом для разметки.
- Нейросети могут быть привлечены к решению задачи для учета текстурных характеристик орошаемых земель
- Возможность получения масок орошаемых земель республики Крым определяет возможность проведения запланированного этапа работ по оценке биопродуктивности земель на основе данных ДЗЗ в условиях различной водообеспеченности

22 международная конференция "СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

11-15 ноября 2024



Спасибо за внимание!

Ёлкина Евгения, отдел 56
Технологий спутникового мониторинга ИКИ РАН

elkina@d902.iki.rssi.ru

Работа выполняется в рамках проекта РНФ № 24-27-00251 «Разработка алгоритма оценки потенциала биопродуктивности земель на основе данных ДЗЗ в условиях различной водообеспеченности».

При выполнении работ использовались возможности BEGA-Science, входящей в Центр коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг»