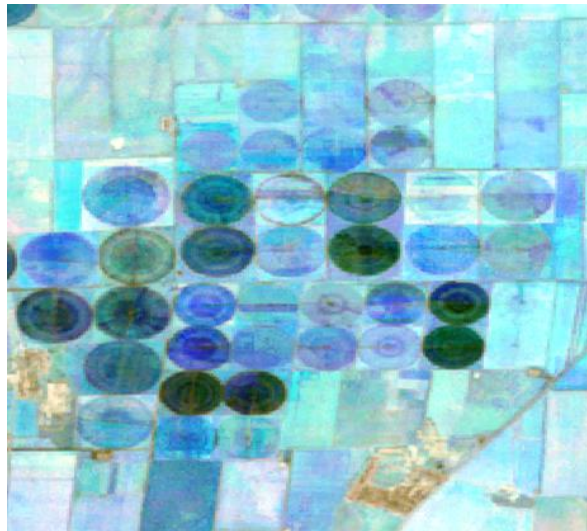


10-14 ноября 2025



Спутниковое картографирование 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

Цели и задачи

Цель: автоматическое распознавание орошаемых сельскохозяйственных земель на территории Республики Крым

Задачи: поиск и тестирование подходов к распознаванию орошаемых земель на основе данных ДЗЗ и методов машинного обучения, решение вопроса переноса выборки на другие годы

Актуальность: В Крыму 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). 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.

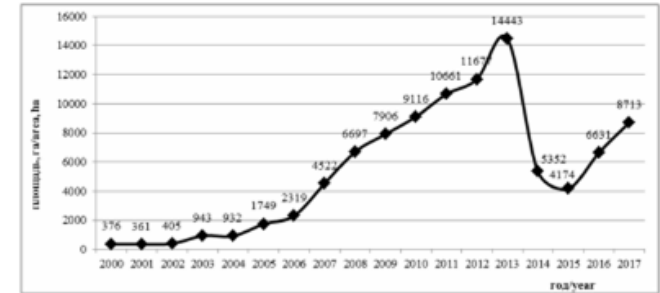
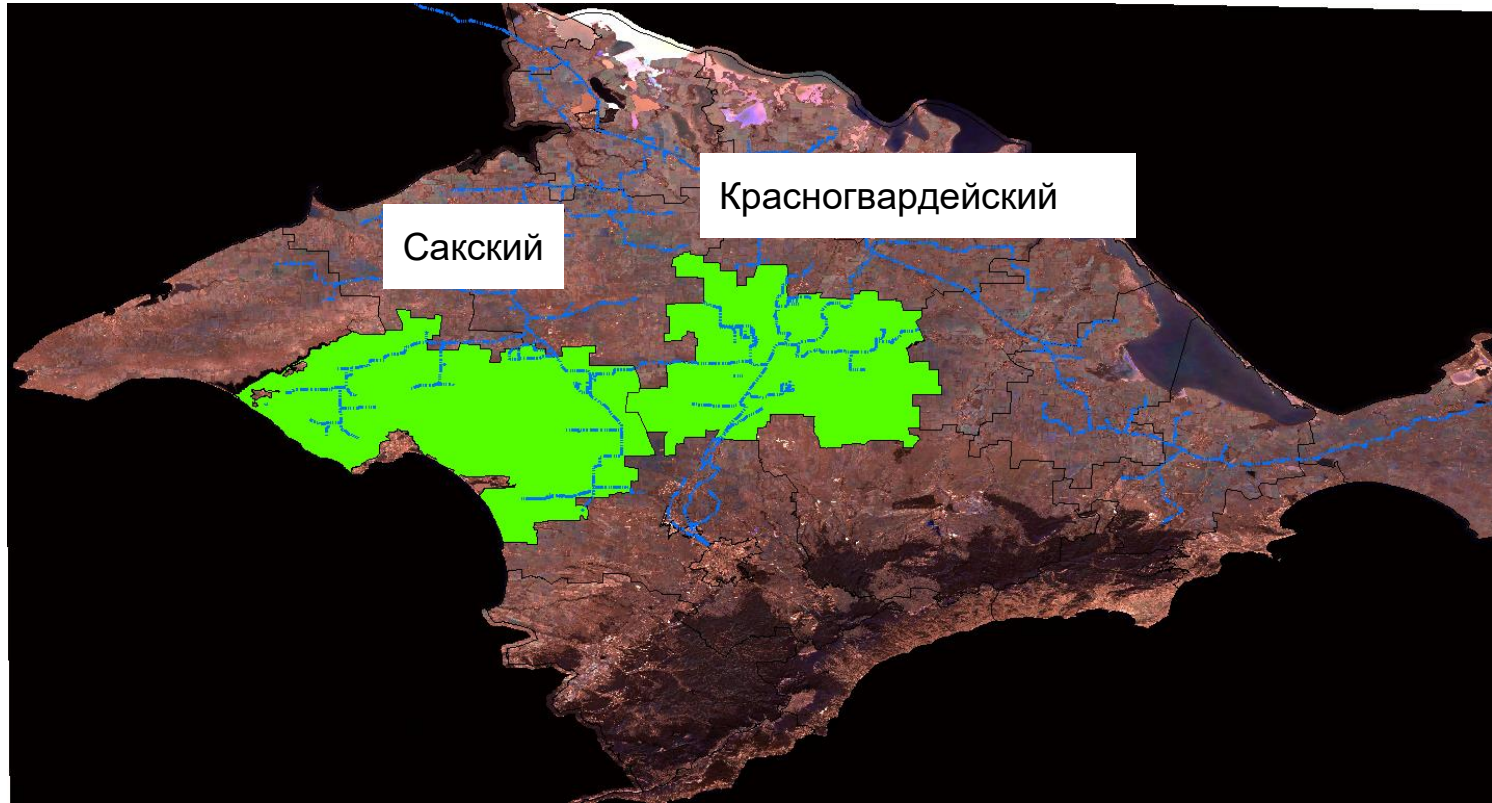


Рисунок 2 – Динамика площади орошаемых земель при капельном поливе за 18 лет использования в Республике Крым

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

Район исследования



Сакский и Красногвардейский районы Крыма

Объект исследования

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

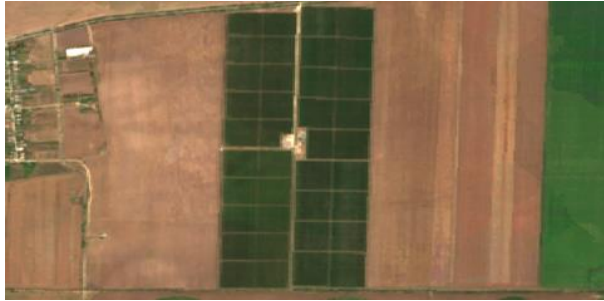


круговая дождевальная система

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

Данные

Landsat 4/5/7/8/9 за период с 1986 года по 2024 (38 лет)



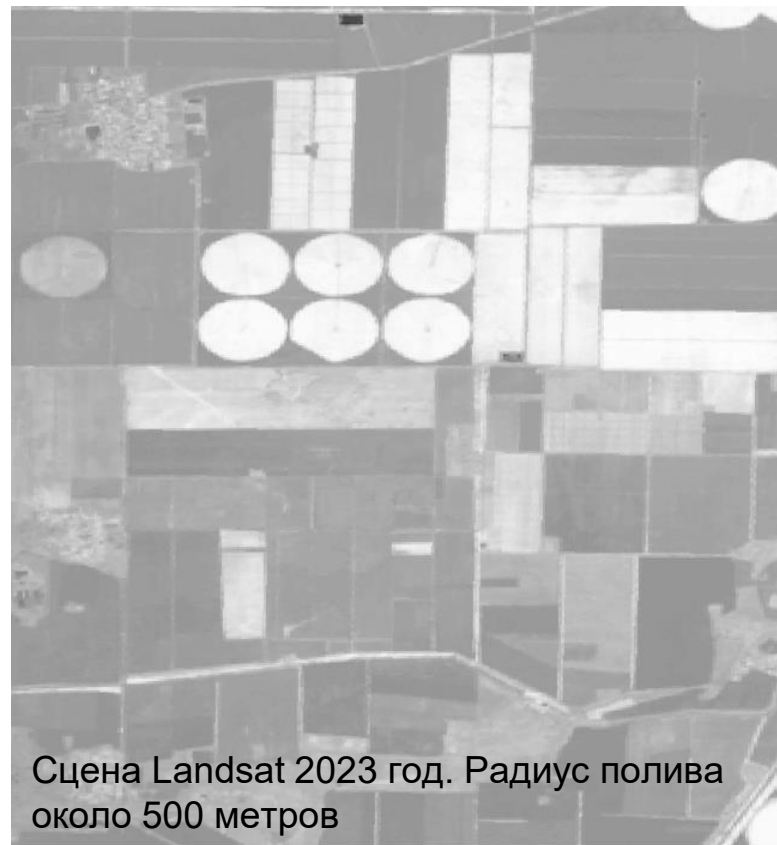
Год

4-5

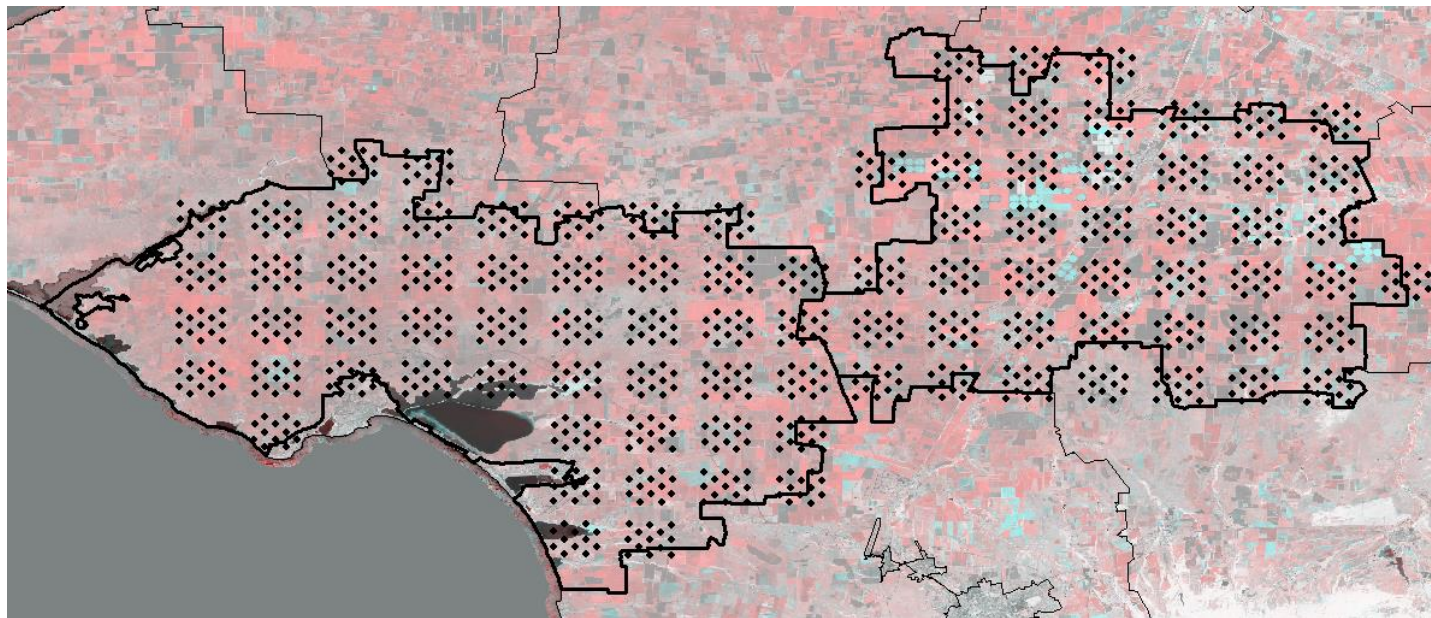
5-7

8-9

Landsat

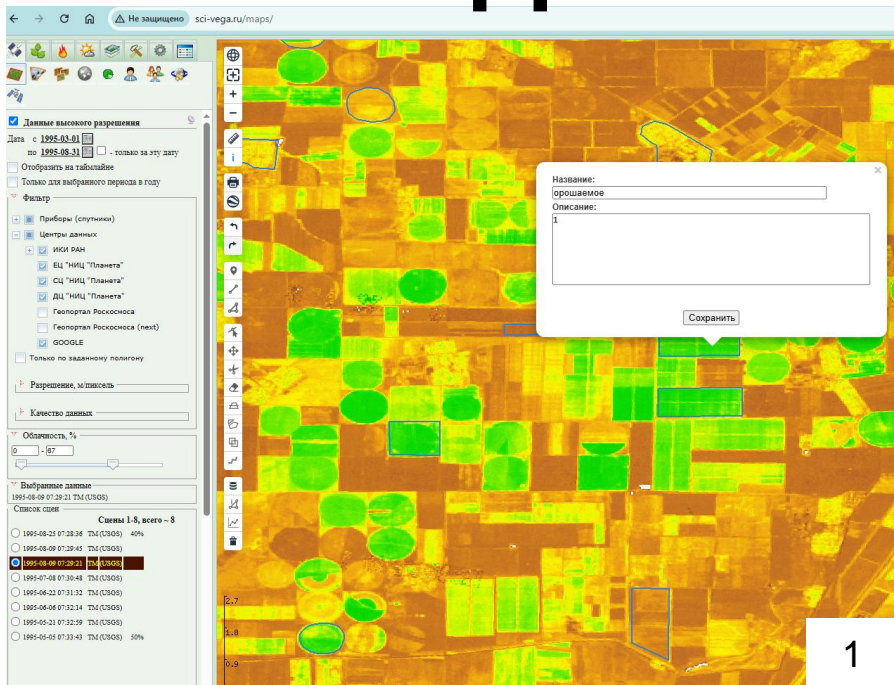


Подготовка выборки

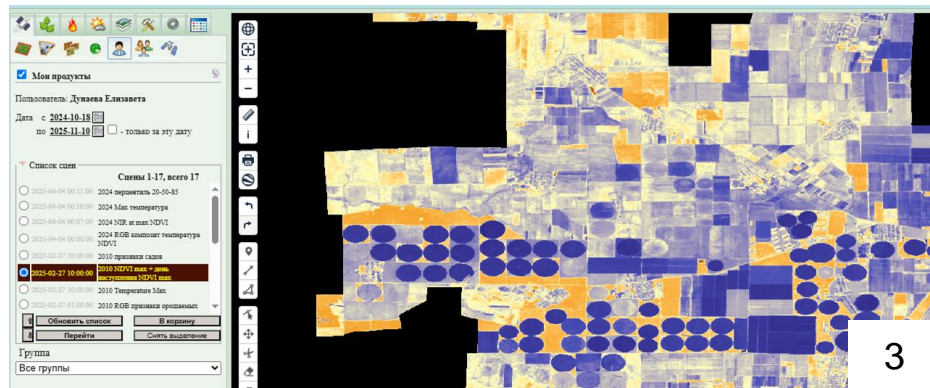
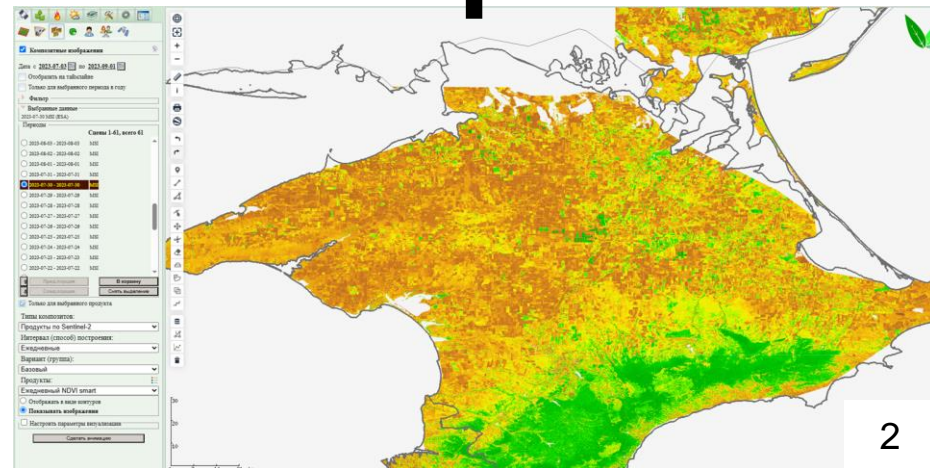


Прямоугольники - это области 5x5 км, в которых расположены точки для дешифрирования. В каждом квадрате 12 точек. Точки распределены равномерно по территории региона исследования (Сакский и Красногвардейский районы Крыма)

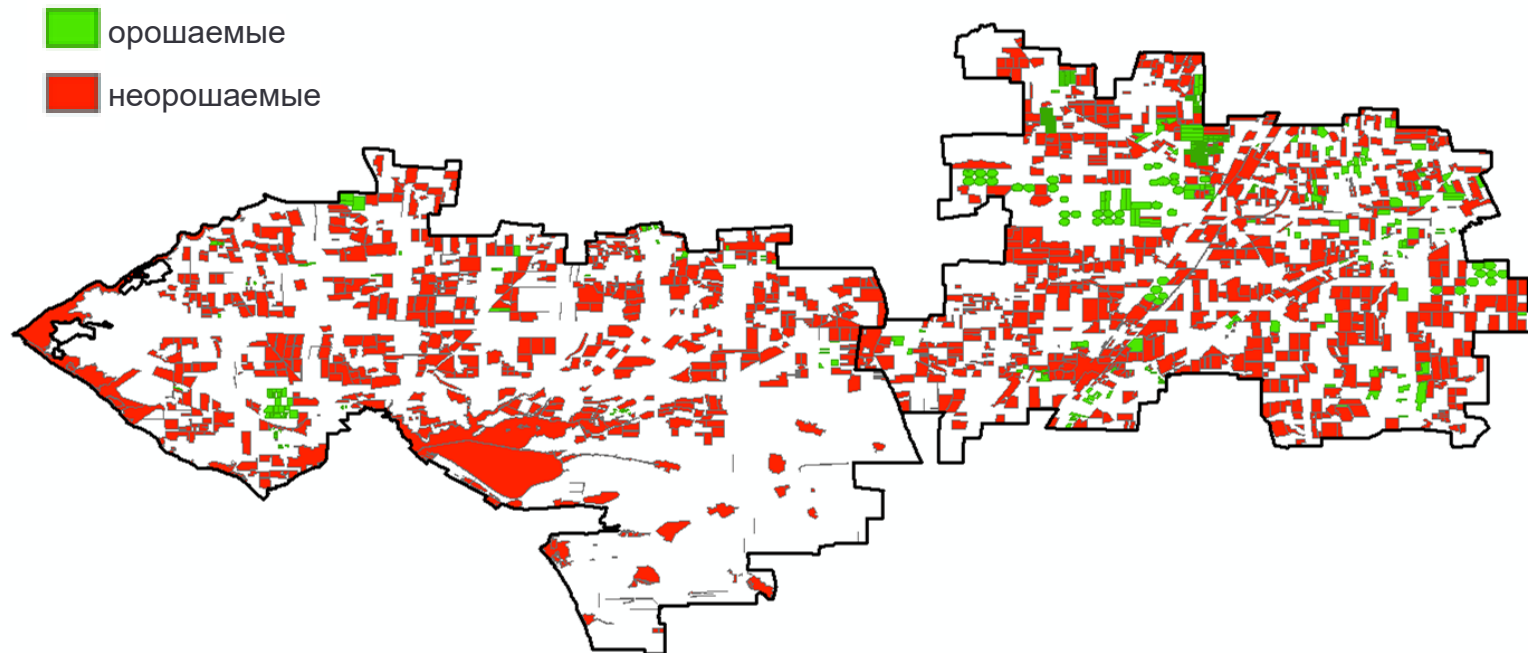
Подготовка выборки



Vega-science служила инструментом для разметки объектов: рисование полей, просмотр исходных данных Landsat (1), безоблачные композиты (2), загрузка своих продуктов (3)



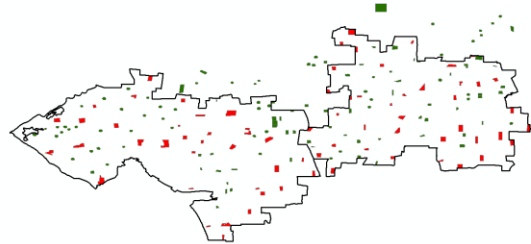
Выборки



“Орошаемые” малопредставленный класс (в 2023 доля пикселей класса 1 составила 6 % от выборки).
При этом наблюдаемый дисбаланс классов отражает баланс из реальной природы между объектами.

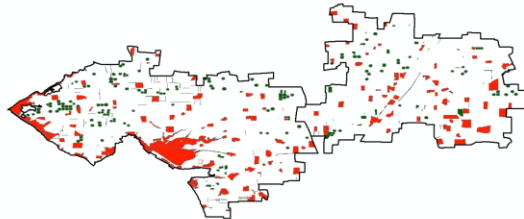
Классификация

Тест

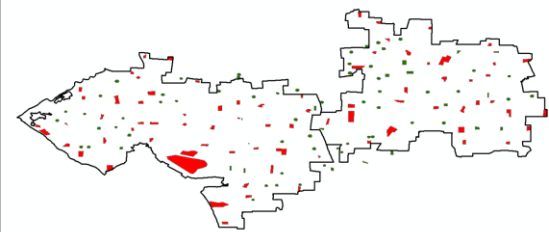


1986

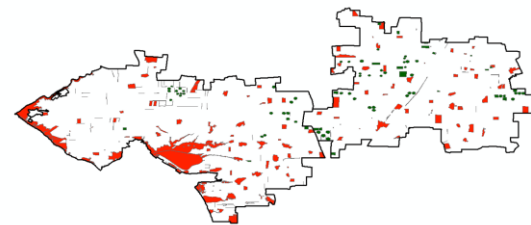
Валидация



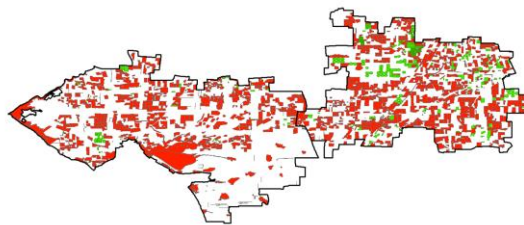
1990



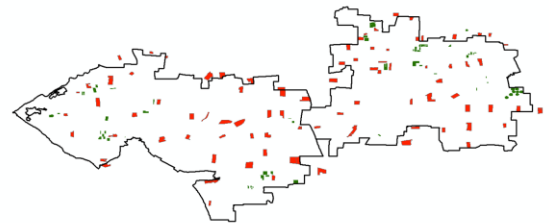
1995



2010



2023



2024

Обучение

Тест

Признаки

Признак	Описание
Сезонные	
ndvi_amp (85-20)	Амплитуда NDVI (85-й минус 20-й перцентиль)
ndvi_stability(20/85)	Стабильность NDVI (20-й / 85-й перцентиль)
doyOfMaxNDVI	День максимального NDVI (средневзвешенный)
gndvi	Green NDVI mean
ndvi20perc	20-й перцентиль NDVI за сезон (конец марта - конец сентября)
ndvi50perc	50-й перцентиль NDVI за сезон (конец марта - конец сентября)
ndvi95perc	95-й перцентиль NDVI за сезон (конец марта - конец сентября)
ndvi_012_mean	Средний NDVI за апр–июнь
ndvi_345_mean	Средний NDVI за июль–сент
NDVI_slope_max	Макс. прирост NDVI (среди месяцев)
NDVI_slope_std	Стандартное отклонение изменений NDVI
NDVI_slope_mean	Медианная скорость изменения NDVI
LST max	Максимальная температура за сезон (минус фон)

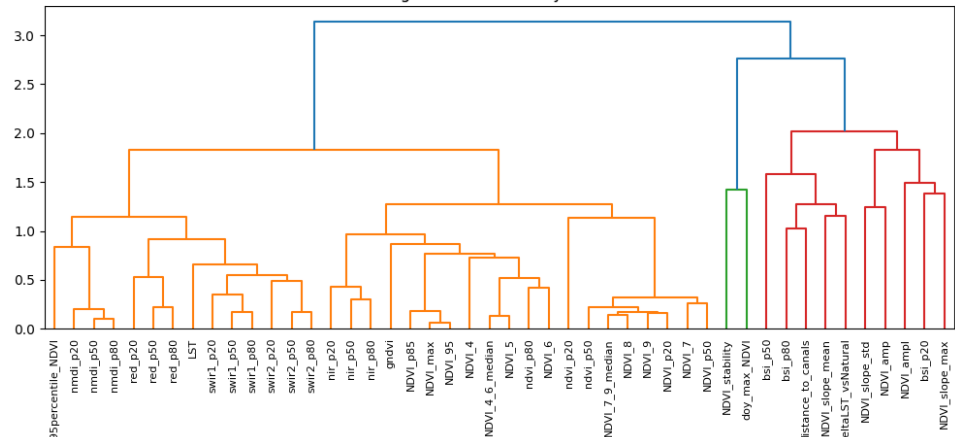
3-х летние	
p205080_NMDI	Normalized Multi-band Drought Index ($NMDI = (NIR + (SWIR1 - SWIR2)) / ((NIR - (SWIR1 - SWIR2)))$)
p205080_BSI	Bare Soil Index $BSI = ((SWIR + RED) + (NIR + BLUE)) / ((SWIR + RED) - (NIR + BLUE))$
p205080_NDVI	20, 50, 80 перцентиль NDVI
ndvi_amplitude	Трехлетняя амплитуда NDVI (85-й минус 20-й перцентиль)
p205080_RED	20, 50, 80 перцентиль RED
p205080_NIR	20, 50, 80 перцентиль NIR
p205080_SWIR1	20, 50, 80 перцентиль SWIR1
p205080_SWIR2	20, 50, 80 перцентиль SWIR2

Признаки: 35 шт, спектрально-временные и тепловые. Сезонные для внутрисезонной динамики и трехлетние для отделения стабильных объектов + расстояние до каналов

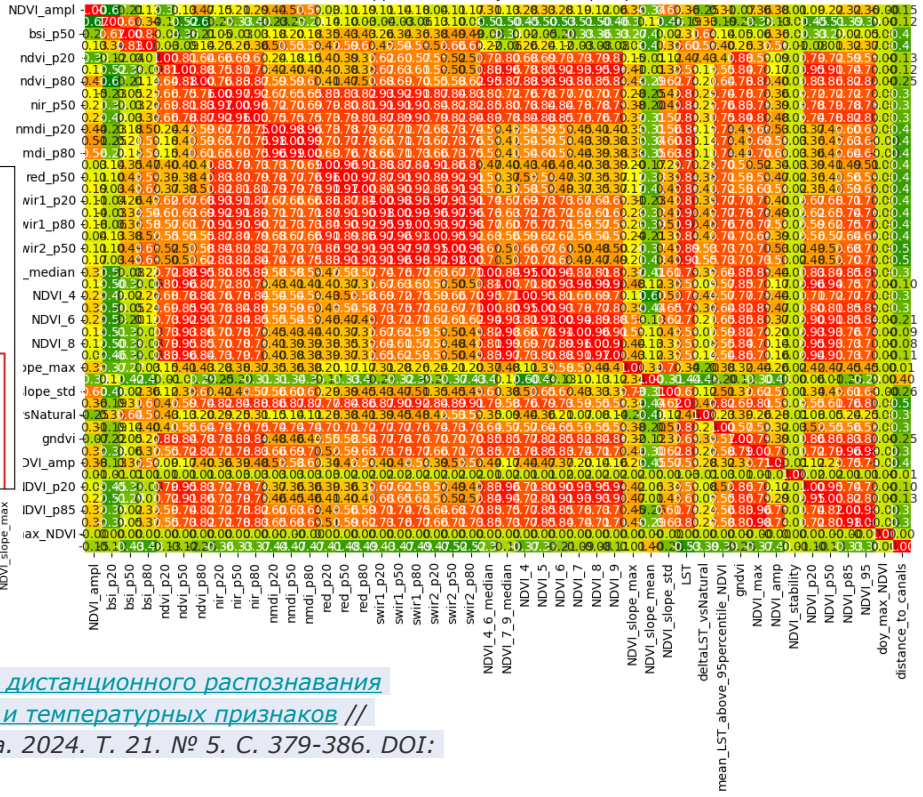
Признаки

Изучалась

- 1) Разделимость признаков*
- 2) Корреляция признаков: по матрице корреляции и дендрограмме



Корреляция между каналами раstra



* Ёлкина Е.С., Плотников Д.Е., Дунаева Е.А. [Обнаружение возможности дистанционного распознавания](#)

орошаемых земель Республики Крым на основе спектрально-временных и температурных признаков //

Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 5. С. 379-386. DOI:

10.21046/2070-7401-2024-21-5-379-386.

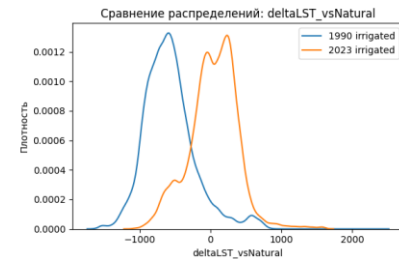
Методы

- Непараметрический классификатор CatBoost
- Обучение на данных разных лет и периодов: **1990 + 2010 + 2023**
- Проверка на других годах: 1986, 1995, 2024

```
cat = CatBoostClassifier(  
    random_state=42,  
    loss_function='Logloss',  
    eval_metric='F1',  
    iterations=3000,  
    learning_rate=0.02,  
    depth=4,  
    l2_leaf_reg=6,  
    subsample=0.6,  
    rsm=0.6,  
    class_weights=[1, 5],  
    random_strength=1,  
    bagging_temperature=1,  
    border_count=128,  
)
```

Оценка точности

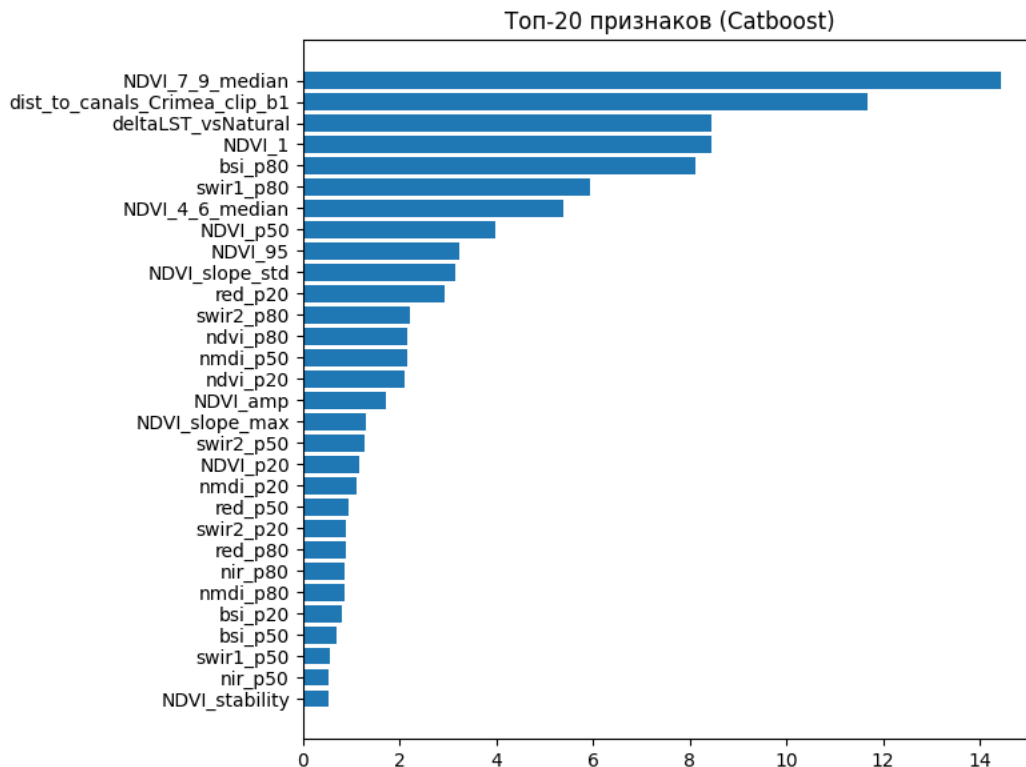
Год	F1-орошаемые	F1-не орошаемые
1986	0.91	0.96
1995	0.90	0.97
2024	0.87 (recall 0.75)	0.97



примеры гистограмм признаков за разные годы

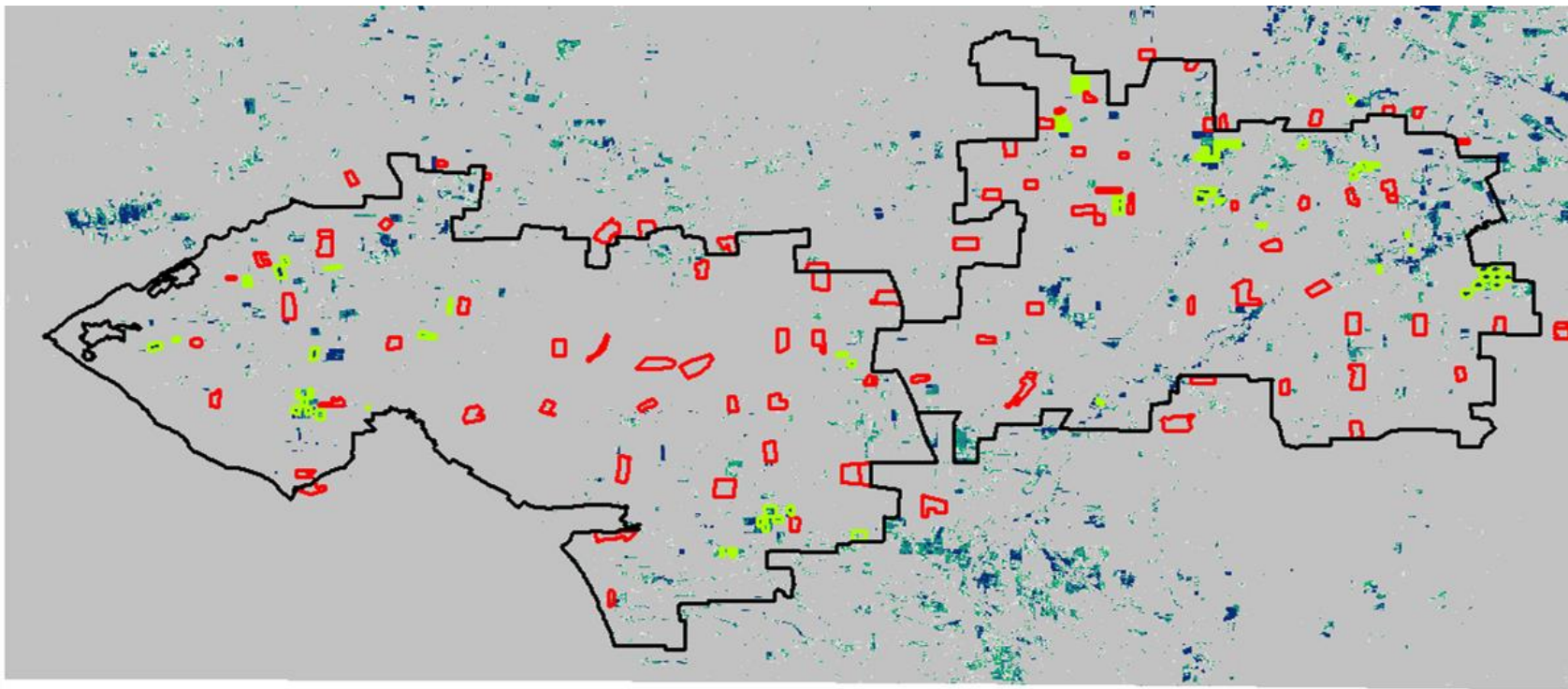
Результаты

1. NDVI медиана за вторую половину сезона
2. Расстояние для каналов
3. Разница температуры с фоном
4. День наступления максимума NDVI
5. p80 BSI
6. p80 SWIR1
7. NDVI медиана за первую половину сезона
8. p50 NDVI сезон
9. p95 NDVI сезон
10. Изменения NDVI внутри сезона



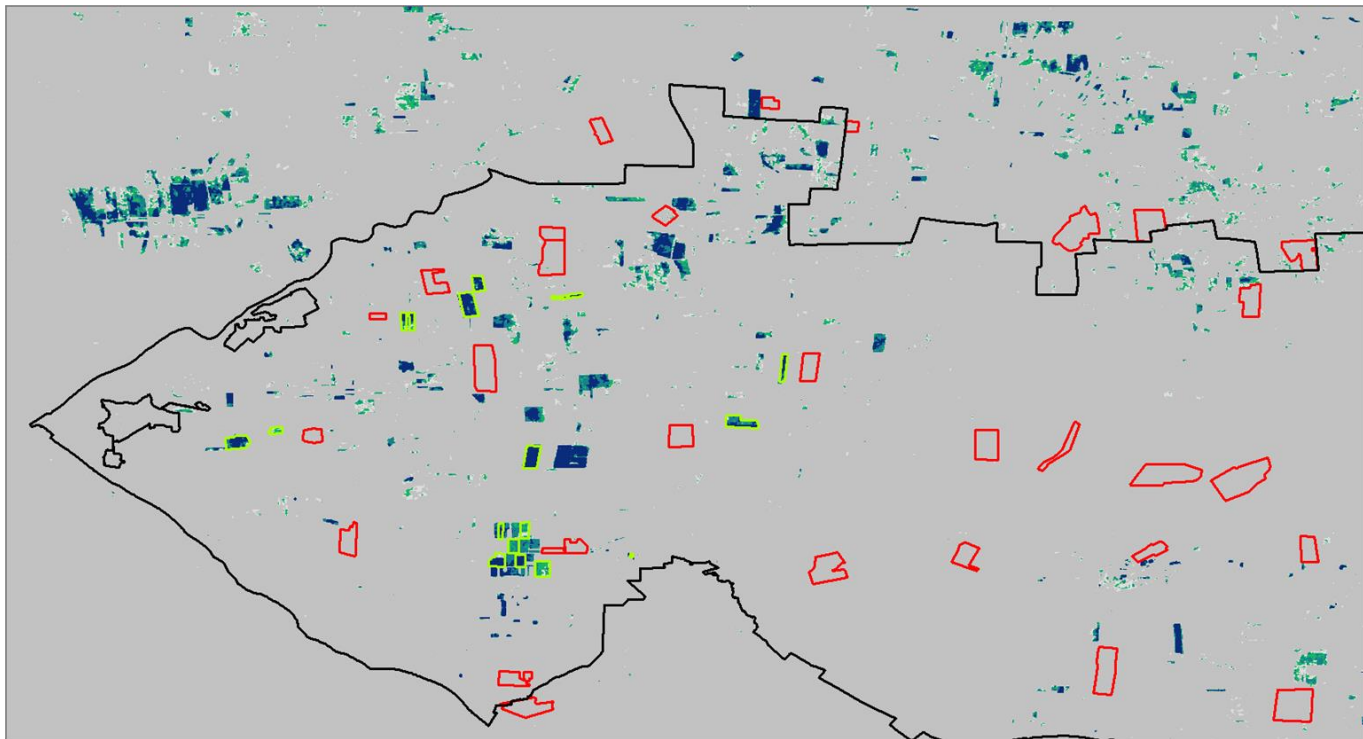
Результаты

2024



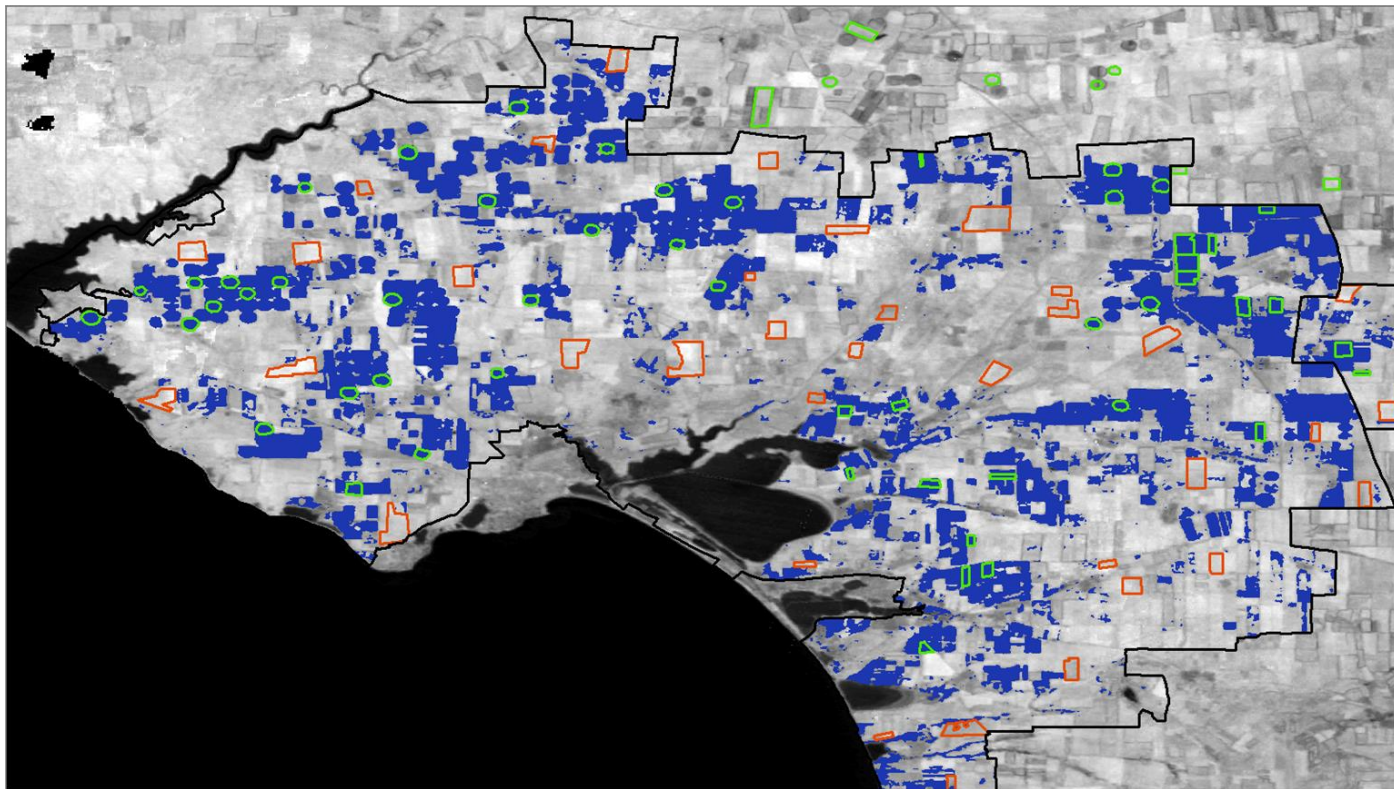
Результаты

2024



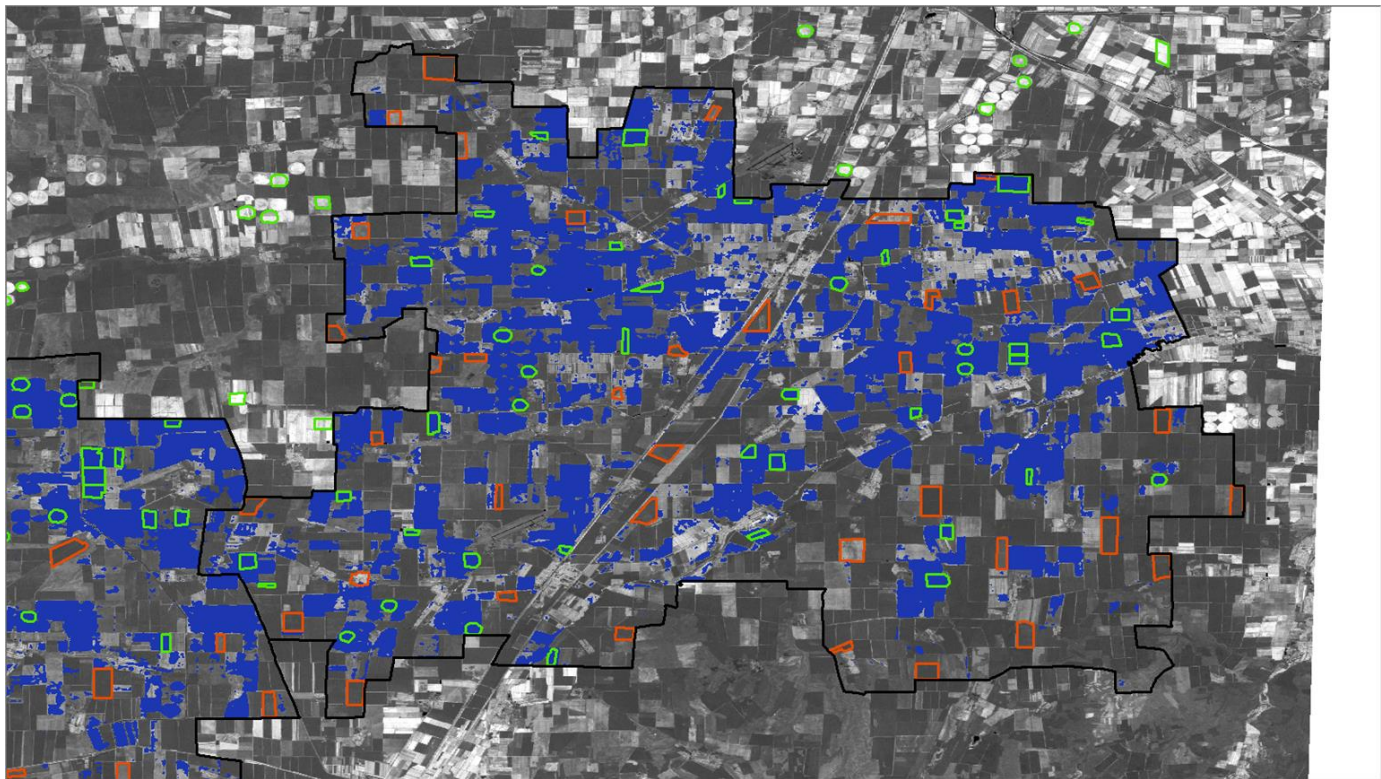
Результаты

1986



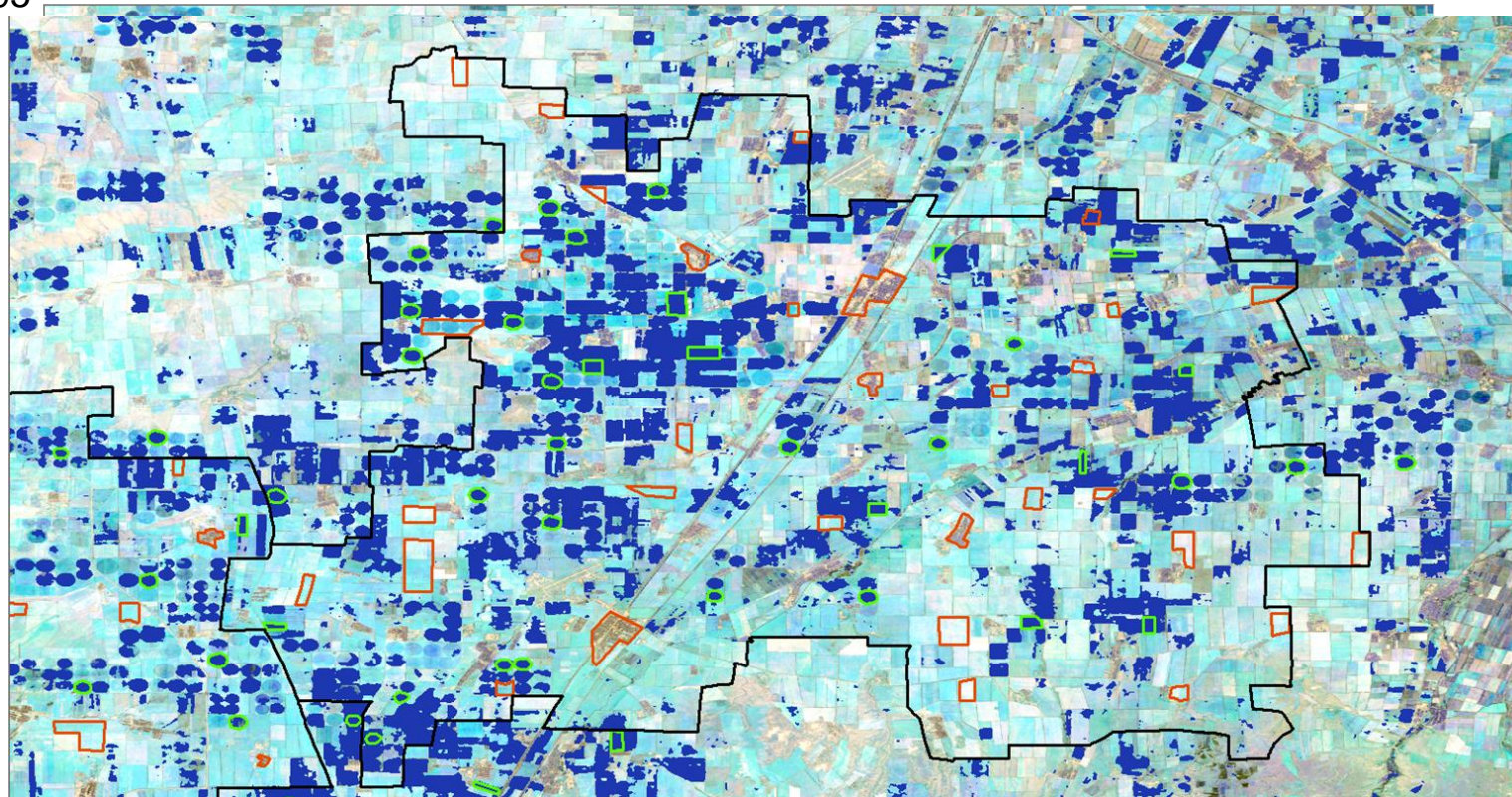
Результаты

1990



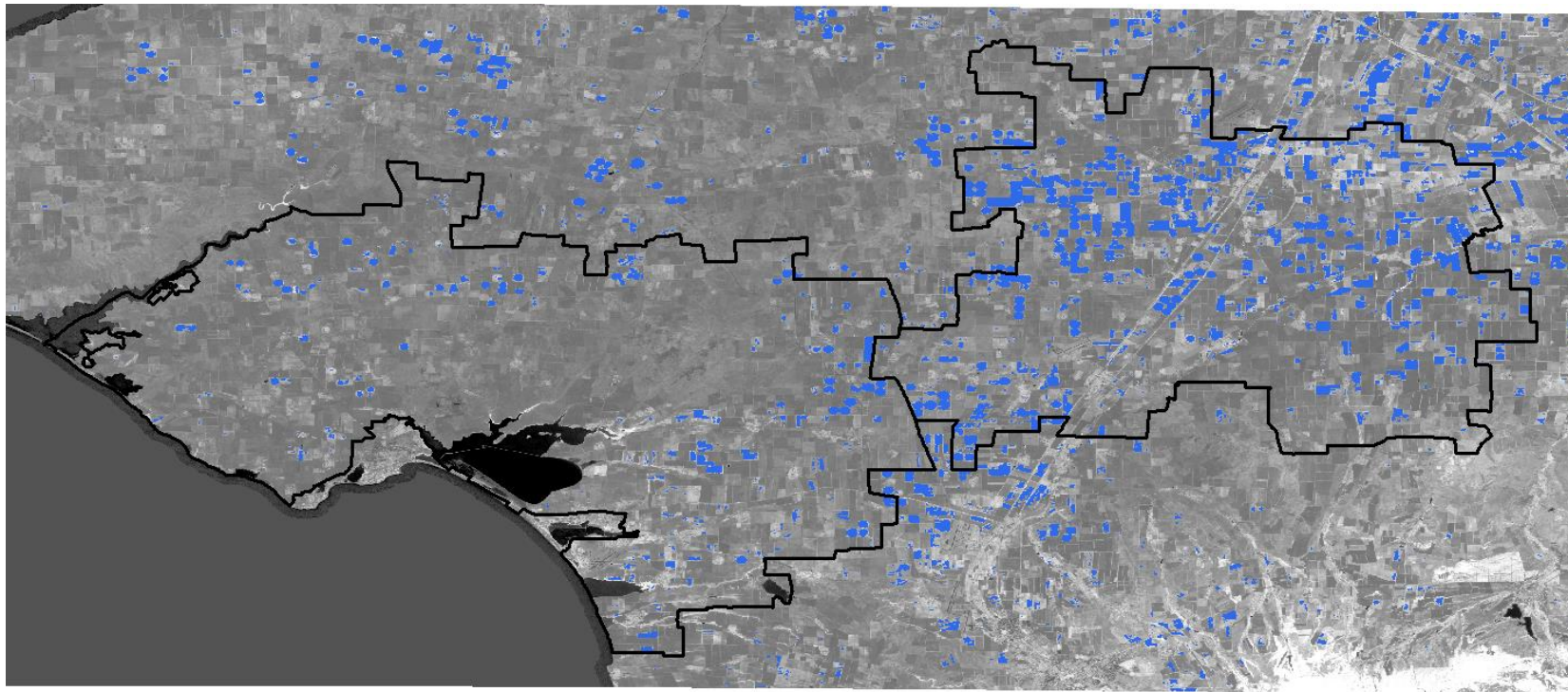
Результаты

1995



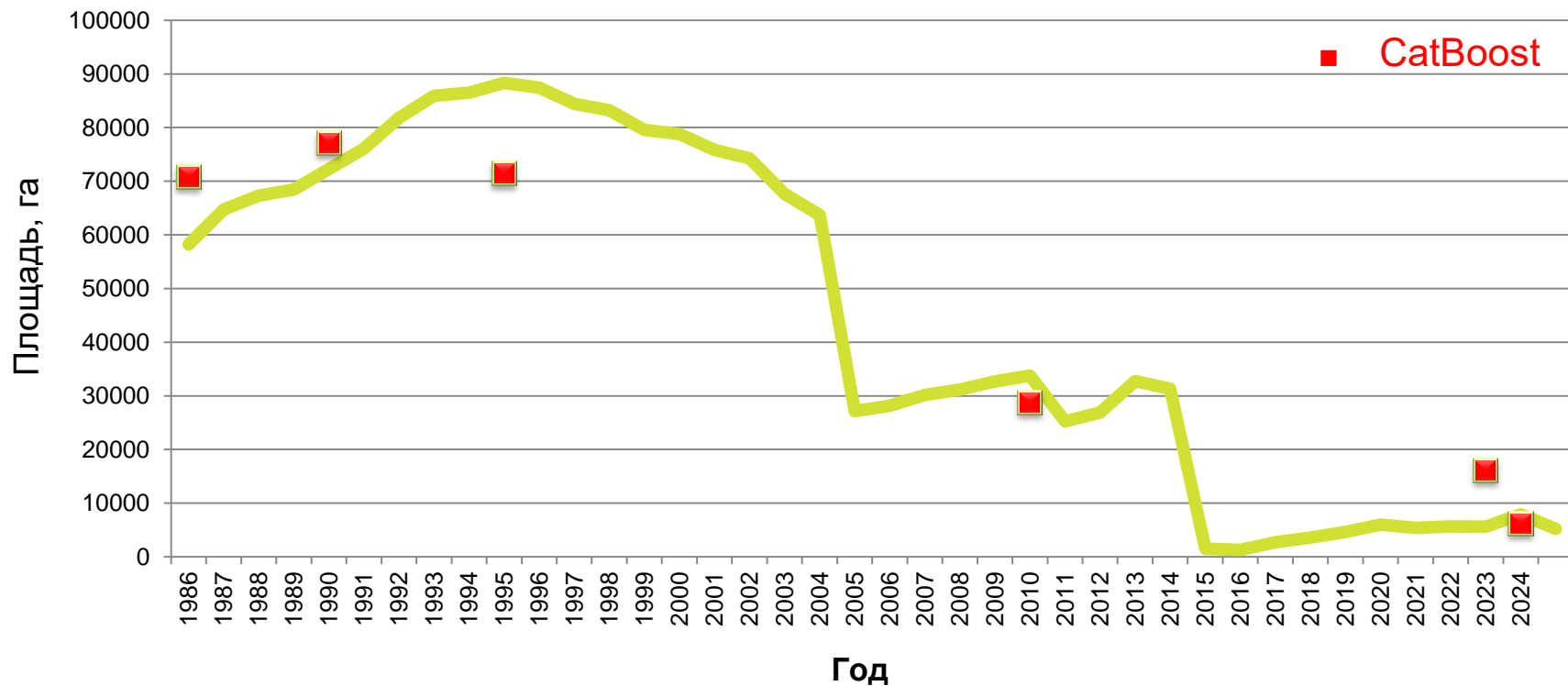
Результаты

2000



Результаты

Красногвардейский + Сакский политые площади



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: медианы значений NDVI за первую и вторую половину сезона, средневзвешенный день наступления максимума NDVI, разница максимальной температуры с “фоном”, трехлетние перцентили SWIR и индекса BSI.
- Показано, что применение непараметрического классификатора при учете дисбаланса классов позволяет идентифицировать орошаемые земли с приемлемой точностью (F-1 класс “орошаемые” не ниже 0.8).
- Получены карты на несколько ключевых лет с точностью не ниже 0.88.
- Для обеспечения переносимости модели на другие годы требуется учёт изменений землепользования (проблема переноса выборки), дополнение выборки и плавность переноса. Перенос на соседние годы даёт приемлемый результат.
- Vega-science может служить удобным инструментом для разметки.



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 ВЕГА-Science, входящей в Центр коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг»