

Анализ многолетних трендов вегетации озимых культур с целью выявления признаков деградации почв пахотных земель

Постановка задачи

Проблема

Абсолютные значения NDVI сельскохозяйственных полей зависят от почвенных условий, погодных факторов и особенностей землепользования. Поэтому снижение NDVI само по себе не позволяет однозначно судить об ухудшении состояния конкретного поля.

Предлагаемый подход

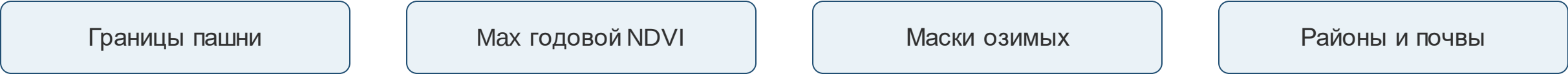
Сравнение многолетней динамики NDVI каждого поля с локальной нормой, рассчитываемой для соответствующего района, группы почв и года наблюдения.

Цель работы

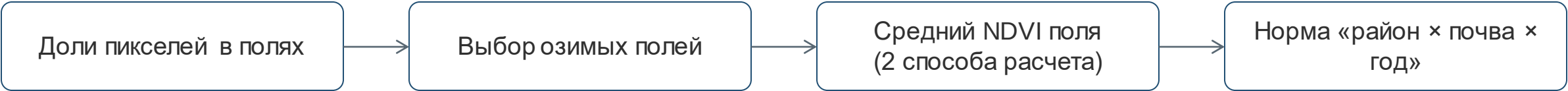
Разработать подход к выявлению озимых полей с устойчивыми отрицательными отклонениями NDVI от локальной нормы и оценить влияние способа расчёта полевого NDVI на результаты отбора.

Схема анализа состояния озимых полей по данным MODIS, 2003–2025

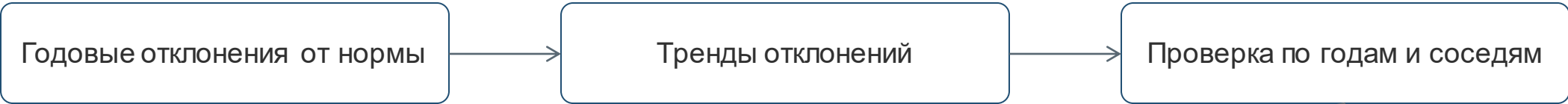
Исходные данные



Расчёт по полям



Отбор полей для проверки



Два итоговых списка полей для последующей проверки причин изменений

Исходные данные

Поля

143 661 контура пашни

Период

2003–2025

Озимые

Маски озимых

Территория

Волгоградская область,
Ставропольский край

В расчёт включены только полигоны с атрибутом «Пашня». Защитные лесные насаждения и другие типы объектов исключены.

Регион	Количество исходных полей
Ставропольский край	104 548
Волгоградская область	39 113

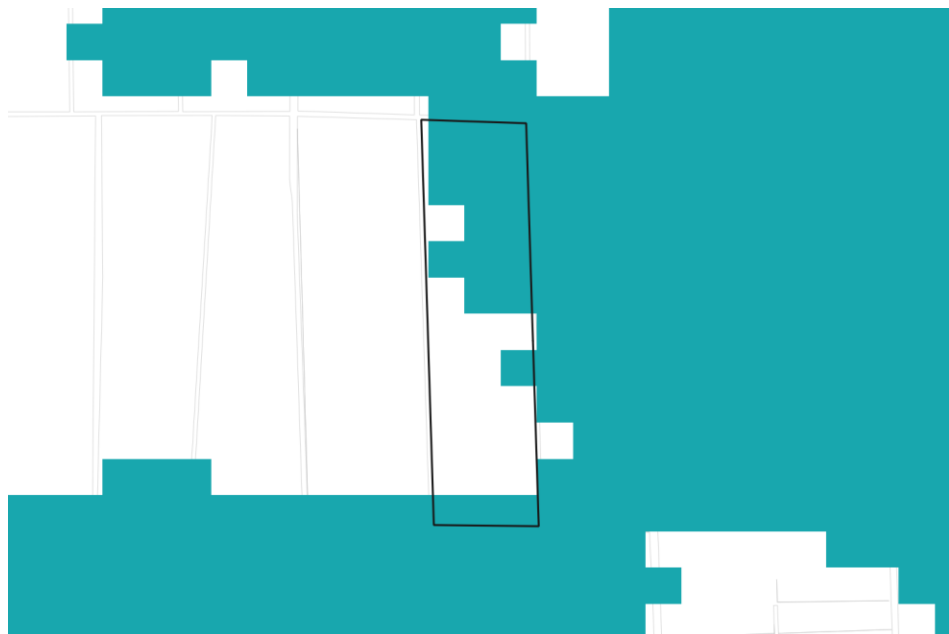
Доли пикселей и выбор озимых полей

Один пиксель может пересекать несколько полей. Для каждого пересечения хранится отдельная доля площади.

Поле относим к озимым в конкретном году, если маска озимых занимает не менее 50% его площади.

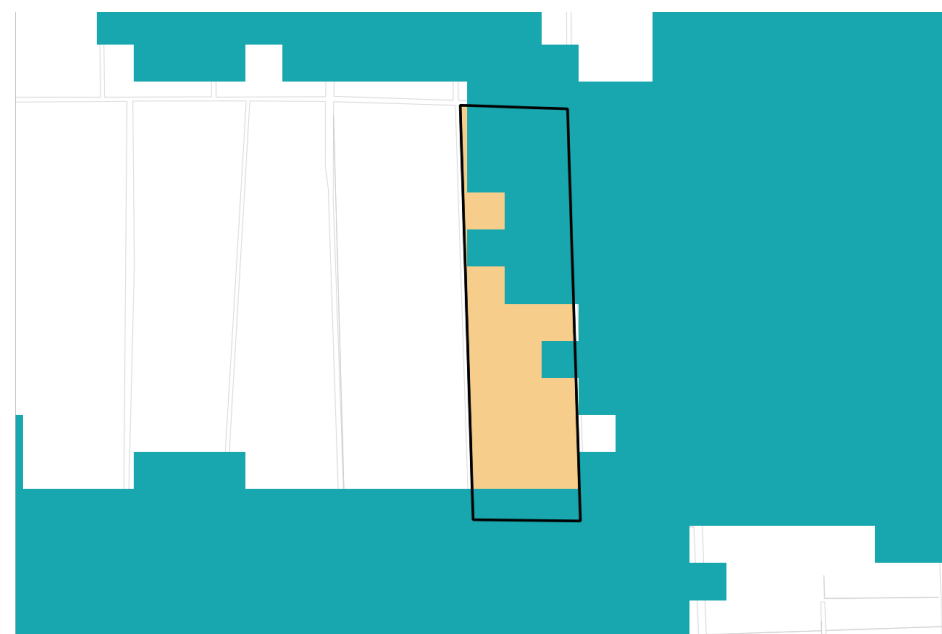


Два способа расчёта NDVI поля



Только озимые пиксели

Средний NDVI только по пикселям озимых.



Все валидные пиксели поля

Средний NDVI по всему контуру поля.



Маска озимых



Добавленная часть контура



Граница поля

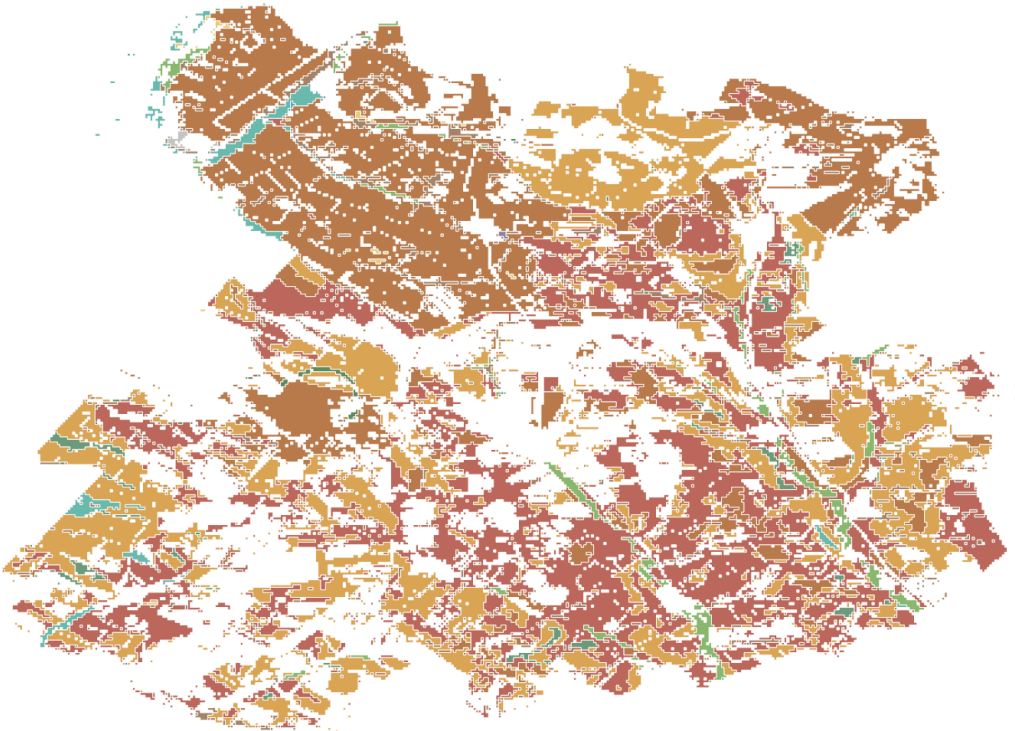
NDVI поля:

$$\Sigma (\text{NDVI} \times \text{доля}) / \Sigma \text{долей}$$

Сравнение с полями той же группы почв и того же района позволяет учитывать локальные особенности условий произрастания и общие межгодовые изменения.

Расчёт нормы для сочетания «район × почва × год»

В расчёт входят пиксели озимых полей, включая пограничные доли.



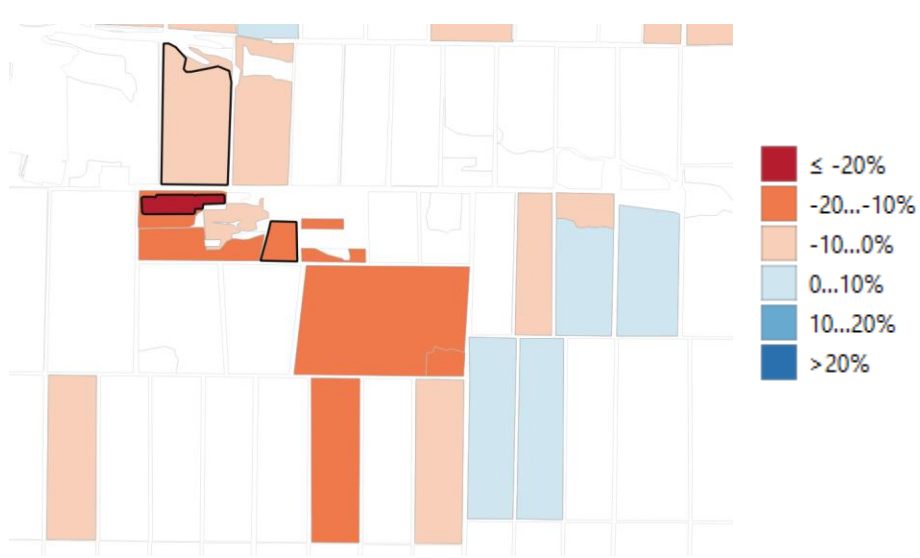
Пример разброса по почвам в Котовском МР Волгоградской области

- Темно-каштановые
- Каштановые
- Солонцово-солончаковые
- Аллювиальные
- Лугово-аридные
- Черноземные
- Песчаные
- Балочные и эрозионные
- Другие группы

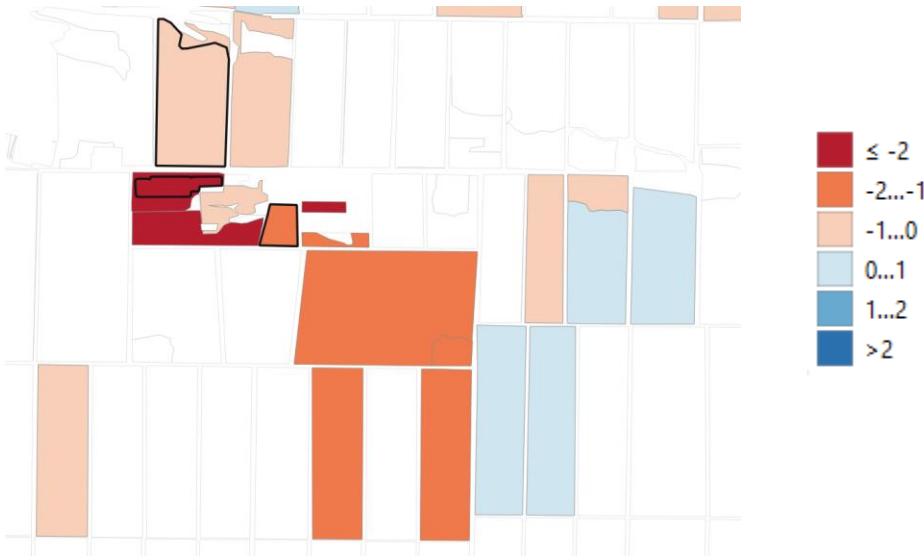
Для каждой группы «район × почва × год» рассчитаны:

- среднее
- медиана

Годовые отклонения поля от нормы + тренды отклонений



Отклонение от среднего (2021 г.), %



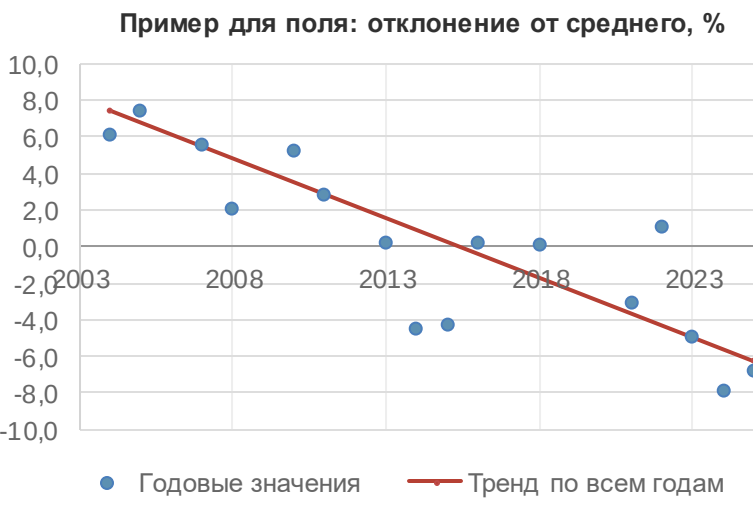
Отклонение в стандартных отклонениях (2021 г.)

Были рассчитаны отклонения за каждый год:

- 1. Отклонение NDVI от медианы, %
- 2. Отклонение NDVI от среднего, %
- 3. Отклонение от среднего в стандартных отклонениях

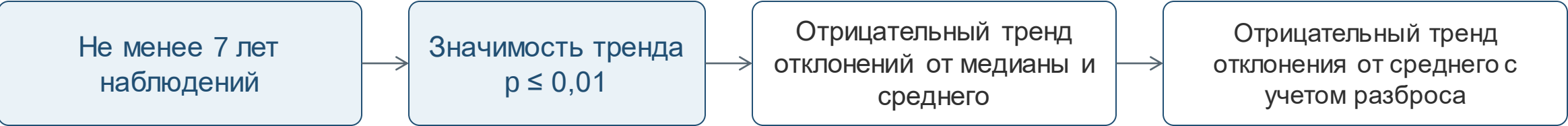
Тренды:

- 1. Тренд NDVI поля
- 2. Тренд отклонения от медианы, %
- 3. Тренд отклонения от среднего, %
- 4. Тренд отклонения от среднего в стандартных отклонениях.



Условия отбора полей

Первый отбор: Отрицательный тренд NDVI поля не входит в обязательные условия.

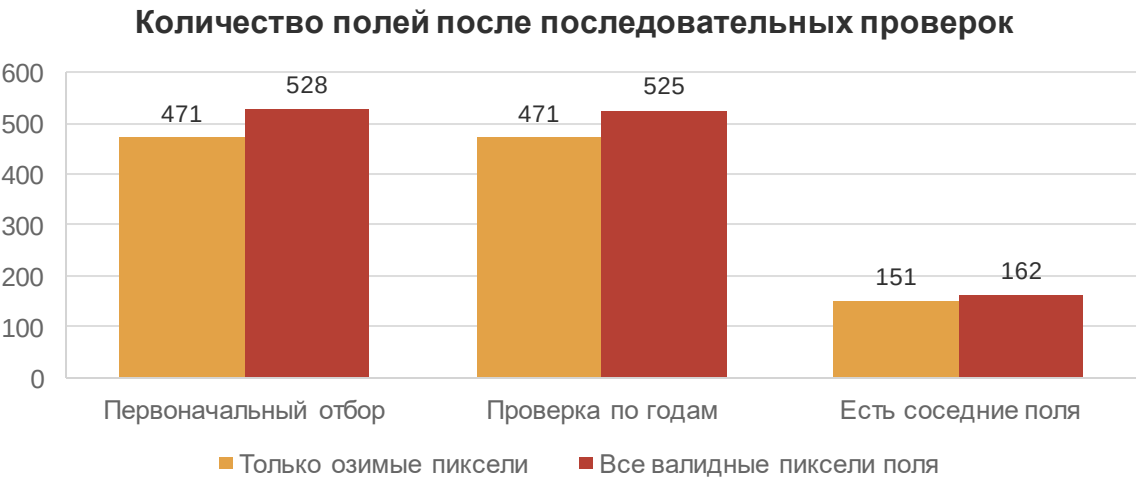


Второй отбор:

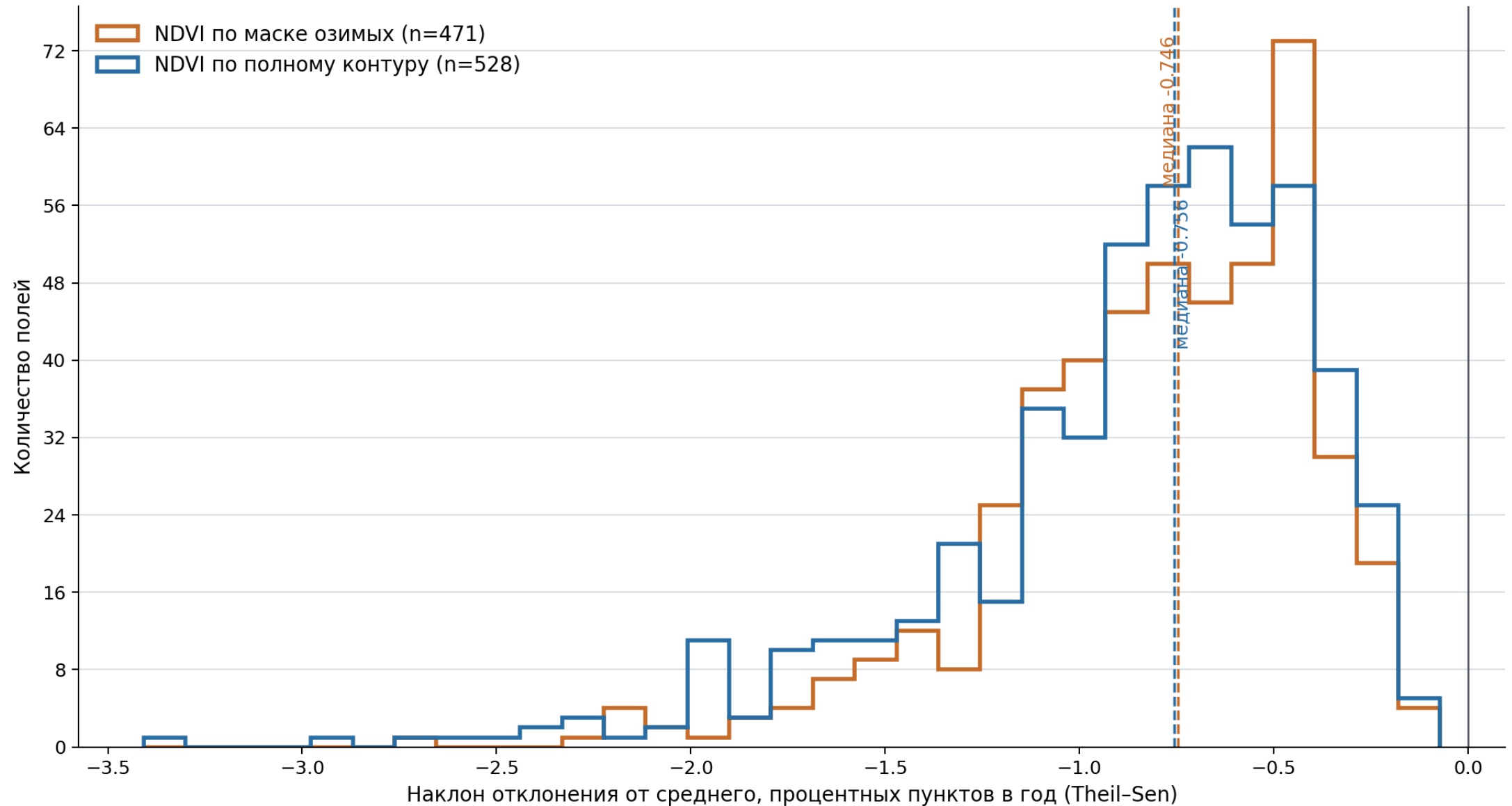
Зависимость от возможных выбросов: поочередное исключение каждого года из временного ряда и расчет трендов. Если направление тренда меняется на положительное – исключаем.

Третий отбор:

Поле является кандидатом, если в радиусе 5 км есть хотя бы одно поле, которое также являлось кандидатом в предыдущем отборе.



Распределение коэффициентов тренда после первого отбора

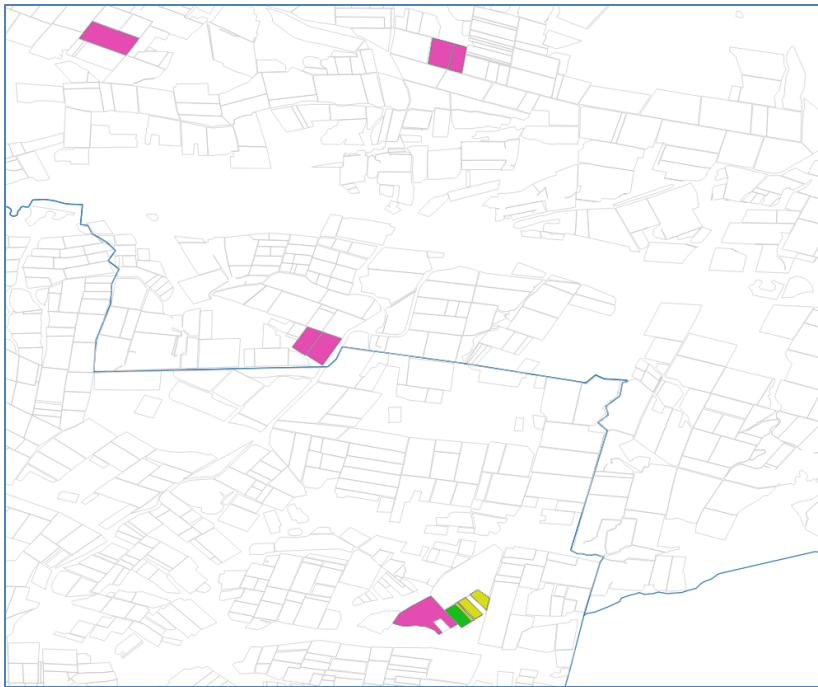


Первый отбор: ≥ 7 наблюдений, отрицательные наклоны трёх нормированных показателей и $p \leq 0,01$ для основного показателя.

Совпадение итоговых списков



Ставропольский край



Волгоградская область

- Найдены обоими способами
- Только по озимым пикселям
- Только по всем пикселям поля

Регион	Количество полей		
	Оба способа	Только озимые	Все пиксели
Ставропольский край	52	91	88
Волгоградская область	3	5	19

Выводы

1. Предложен подход к выявлению устойчивых аномалий NDVI озимых полей на основе сравнения с районно-почвенной нормой.
2. По двум вариантам расчёта NDVI выделено 1 313 уникальных полей-кандидатов, из которых 214 отнесены к высшему приоритету для последующей проверки.
3. Критерии отрицательного тренда и преобладания отрицательных годовых отклонений характеризуют разные особенности многолетней динамики поля.
4. Выявленные аномалии NDVI являются основанием для дополнительного исследования, но не позволяют без независимого подтверждения установить факт и причины деградации почв.