



2025

**Всероссийский НИИ
сельскохозяйственной метеорологии**

Двадцать третья международная конференция

**"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"**



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОЖИДАЕМОЙ СРЕДНЕЙ РАЙОННОЙ УРОЖАЙНОСТИ

А. Д. Клещенко, О. В. Савицкая, Я. А. Вдовина



ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ



Спутниковые Индексы

NDVI, VCI, VCNI (MODIS, 250 м, ИКИ, сервис ВЕГА-PRO).

$$NDVI = \frac{ИК - K}{ИК + K} \quad VCI_j = \frac{NDVI_j - NDVI_{мин}}{NDVI_{макс} - NDVI_{мин}} \quad VCNI_i = \frac{NDVI_i - NDVI_{сред}}{NDVI_{сред}}$$



Метеорологическая Информация

Получена по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях Росгидромета. Включает: средняя температура воздуха за декаду и за 3 декады; сумма осадков за декаду и за 3 декады; средний дефицит влажности воздуха за декаду и за 3 декады; ГТК за месяц.



Статистическая Информация

Использованы данные о средней районной урожайности из официальной государственной статистики.



Предварительная обработка входных данных

Пространственная интерполяция, с помощью метода обратных взвешенных квадратов расстояний;

Использование агроклиматического районирования территории, разработанное Д. И. Шашко





МЕТОДЫ КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ И НАЗЕМНОЙ ИНФОРМАЦИИ

1

Метод регрессионного анализа

использовался для построения
регрессионных моделей
зависимости средней районной
урожайности озимой пшеницы от
спутниковых и метеорологических
параметров

2

Метод главных компонент

применялся совместно с
регрессионным анализом и
позволил решить проблему
мультиколлинеарности
(взаимозависимости)
используемых переменных



Загрузка и управление входными данными

Импорт спутниковых и
метеорологических данных в базу
данных
Пространственная интерполяция
данных

1

Построение прогностических моделей

Комплексирование спутниковой и
наземной информации

2

Оценка ожидаемой урожайности

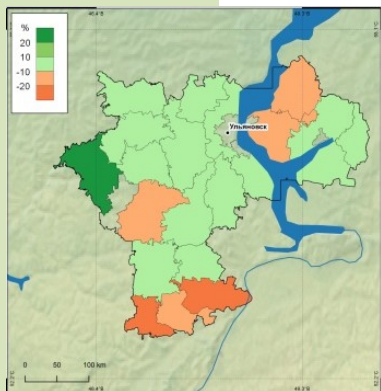

Комплексирование спутниковой и
наземной информации

3

Выходная продукция

Картографическая визуализация
Табличные формы с выводом
статистических показателей

4

[illegible]

Урожайность фактическая

Файл Загрузка

Краснодарский край

Темрюкский район

Пшеница озимая

Год	Урожайность, ц/га
2010	
2011	
2012	24,1
2013	26,9
2014	36,8
2015	44
2016	47,3
2017	47,7
2018	39
2019	44,3
2020	37,1
2021	45,3
2022	48,1
2023	45,6
2024	

Выбор культуры

- Пшеница озимая
- Рожь озимая
- Пшеница яровая
- Ячмень яровой

OK Отмена

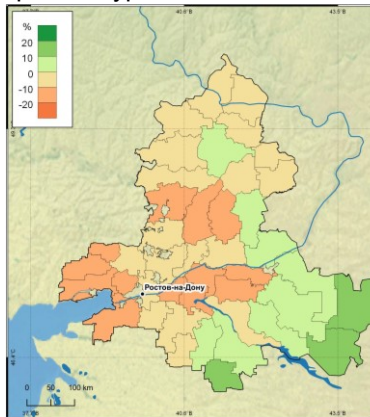
[illegible]

База данных содержит
данные с 2012 по 2024 гг.

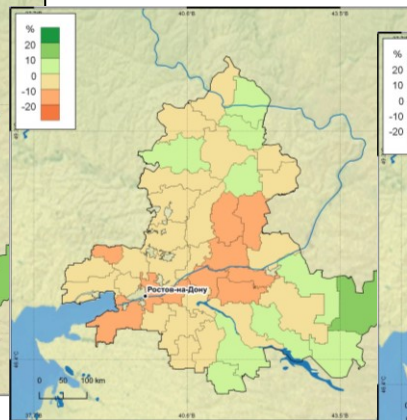


ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ

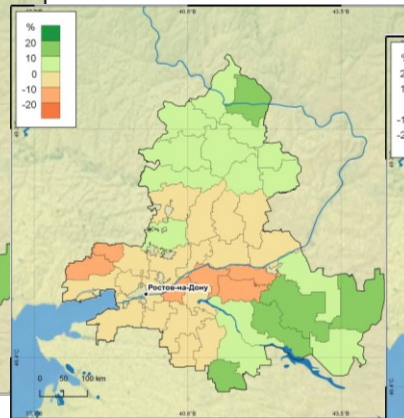
2025, Ожидаемая урожайность пшеницы озимой(%) по декадам относительно средней урожайности за последние 5 лет, Ростовская область



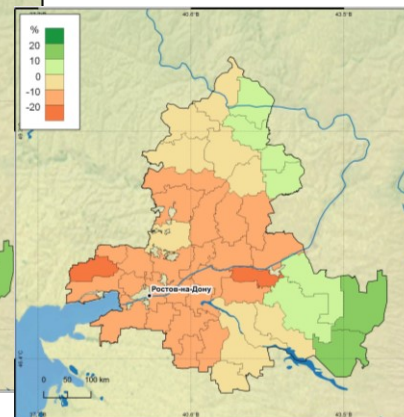
МАЙ I ДЕКАДА



МАЙ II ДЕКАДА

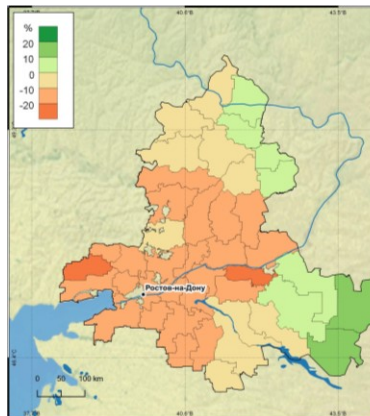


МАЙ III ДЕКАДА

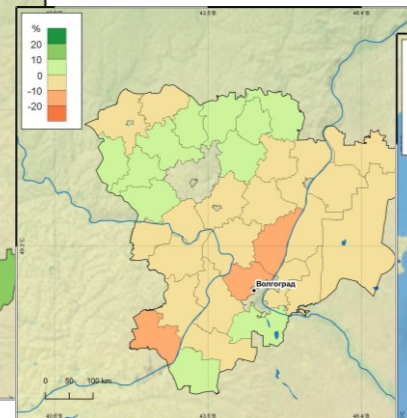


ИЮНЬ I ДЕКАДА

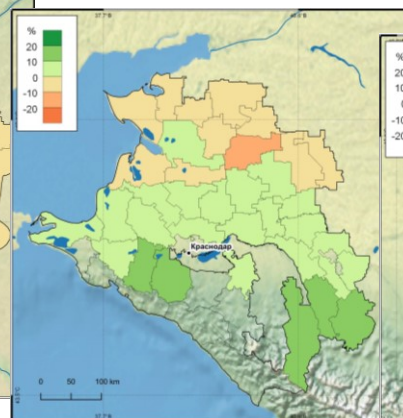
2025, Ожидаемая урожайность озимой пшеницы (%) относительно средней урожайности за последние 5 лет по состоянию посевов на конец 1 декады июня



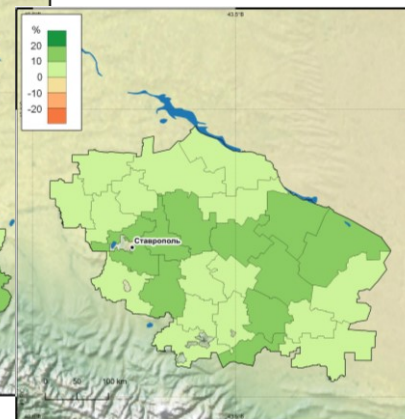
Ростовская область



Волгоградская область



Краснодарский край



Ставропольский край



ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ



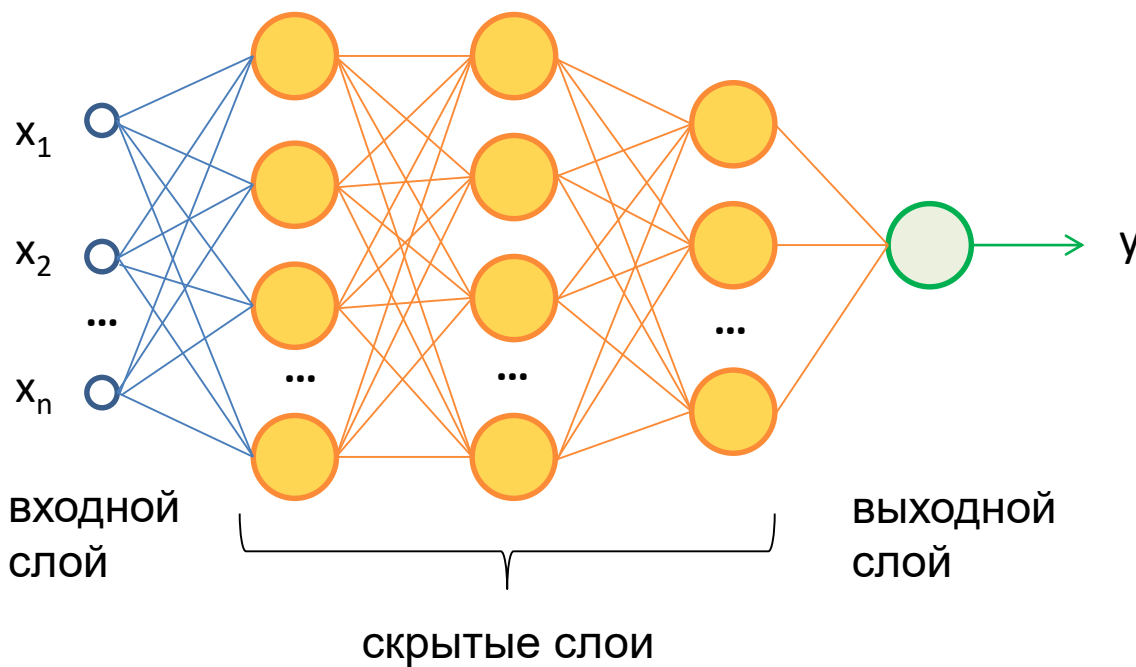
Подбор предикторов и подготовка выборки:

- Формировании массива метеорологических и спутниковых параметров, влияющих на моделируемую переменную (урожайность).
- Для глубокого обучения нейронной сети требуются весьма длинные ряды данных (тысячи наблюдений). Объем выборки составил более 5 тыс. наблюдений.
- Разнообразие обучающей выборки.
- Нормирование и центрирование данных.
- Разделение выборки на обучающую и тестовую. По итогам экспериментального поиска выявлено оптимальное разделение выборки в соотношении 80 % для обучения и 20 % для тестирования.



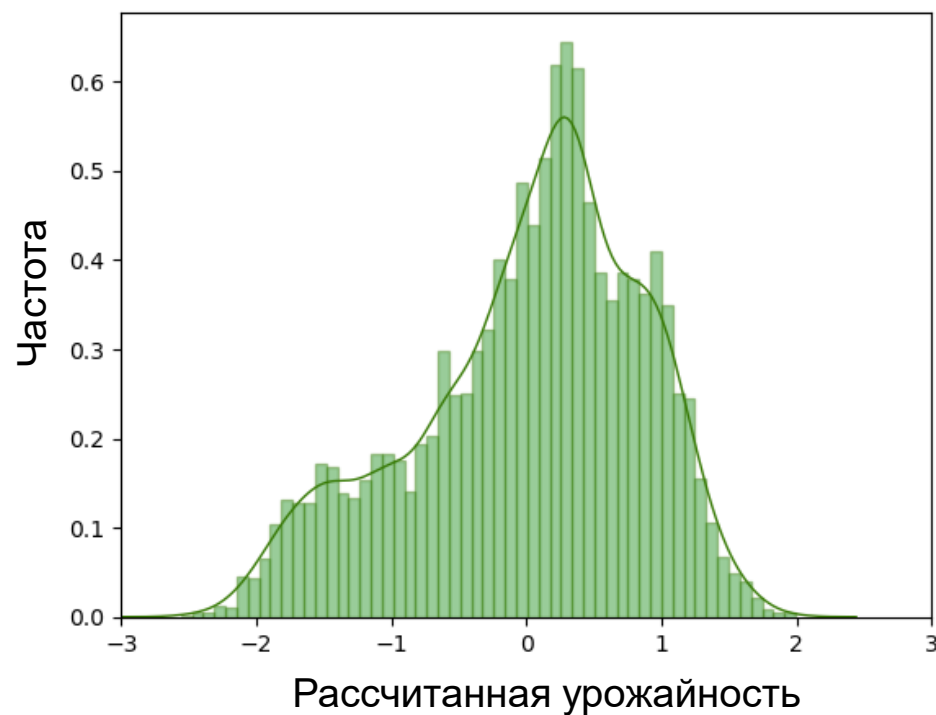
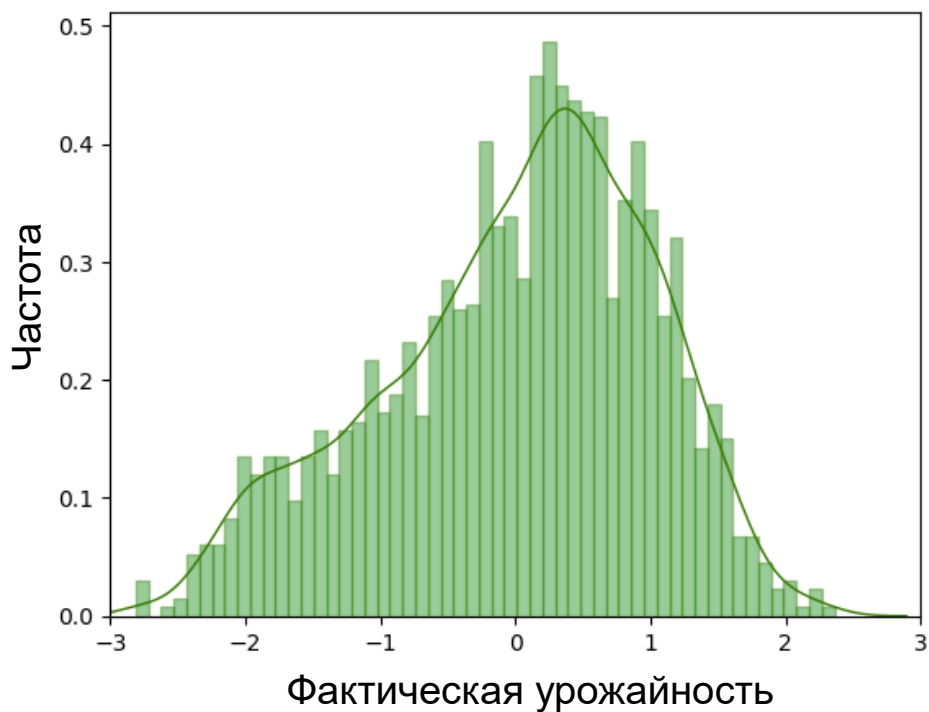
ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ

- Количество скрытых слоев (3).
- Количество нейронов в каждом слое (145, 145, 109).
- Функция активации (ReLu, ReLu, ReLu).
- Скорость обучения (0,0034).
- Количество эпох (950).



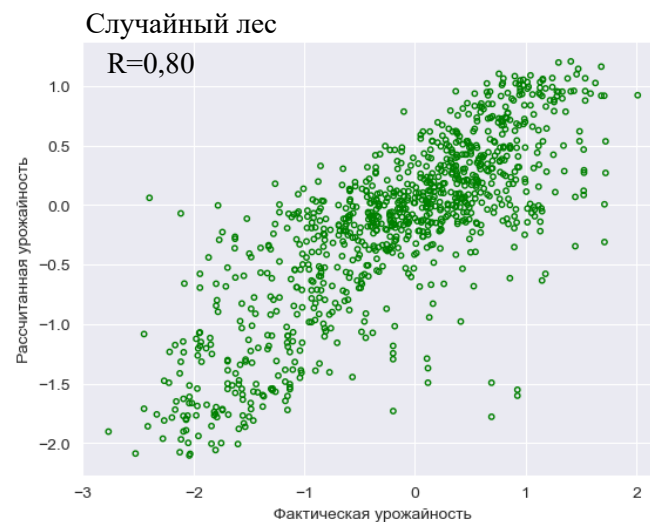
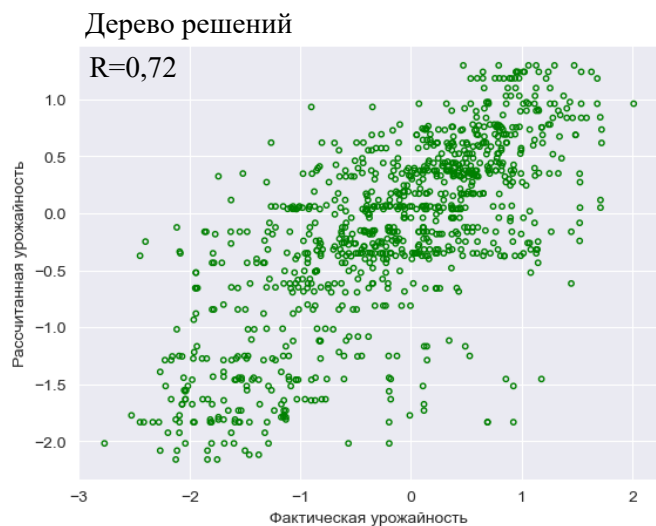
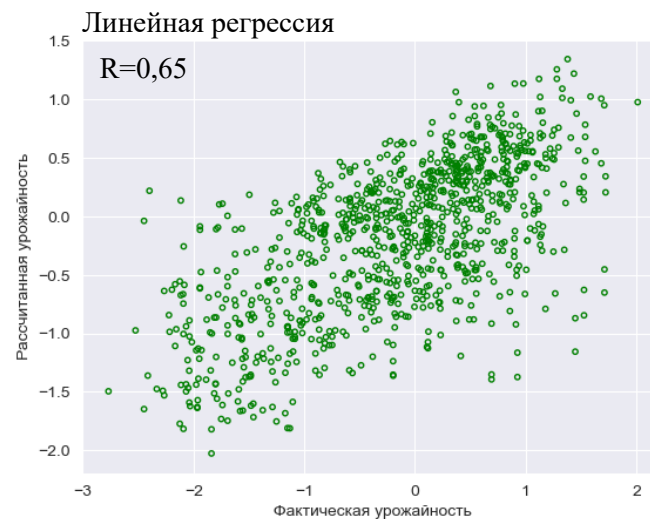
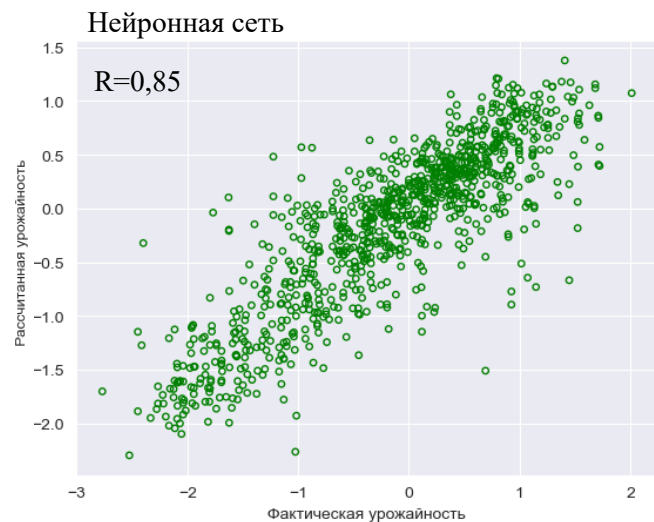


ПЛОТНОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ ФАКТИЧЕСКОЙ И РАССЧИТАННОЙ УРОЖАЙНОСТИ





ДИАГРАММЫ РАССЕЯНИЯ ДЛЯ РАЙОНОВ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО УГМС ДЛЯ ИССЛЕДУЕМЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ





СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЁТОВ ОЖИДАЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Метод	1 декада мая			2 декада мая			3 декада мая			1 декада июня		
	2023	2022	2021	2023	2022	2021	2023	2022	2021	2023	2022	2021
Краснодарский край												
Регрессия	12,0	8,0	4,7	8,2	7,3	4,5	8,7	6,5	6,1	7,1	11,0	5,7
Метод главных компонент	10,5	7,7	3,2	8,8	6,9	4,2	8,1	7,1	5,5	3,5	11,5	4,1
Нейронная сеть	5,7	5,4	3,7	3,8	4,7	3,6	4,2	3,4	3,3	3,8	2,6	3,5
Волгоградская область												
Регрессия	11,3	8,1	16,8	13,5	7,8	12,9	14,8	9,8	12,3	19,2	15,5	18,3
Метод главных компонент	11,2	8,4	16,7	13,1	8,6	13,0	14,7	6,8	13,6	19,5	16,4	20,6
Нейронная сеть	7,0	6,5	10,9	6,5	7,9	8,8	7,3	7,1	9,2	6,6	7,8	13,9