



Всероссийский НИИ  
сельскохозяйственной метеорологии

2025

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).

$$NDVI = \frac{ИК - К}{ИК + К}$$

$$VCI_j = \frac{NDVI_j - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}}$$

$$VCNI_i = \frac{NDVI_i - NDVI_{\text{сред}}}{NDVI_{\text{сред}}}$$



### 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

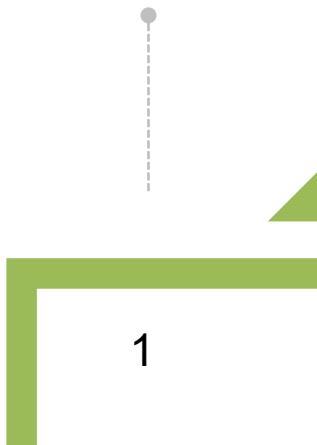


# ПРОЦЕДУРЫ ТЕХНОЛОГИИ

## Загрузка и управление входными данными

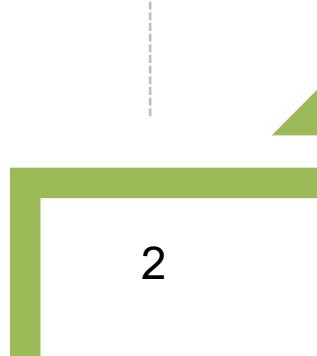
Импорт спутниковых и метеорологических данных в базу данных

Пространственная интерполяция данных



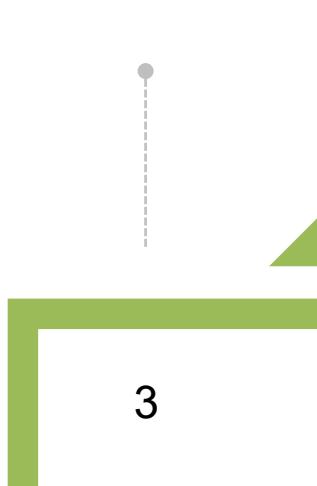
## Построение прогностических моделей

Комплексирование спутниковой и наземной информации



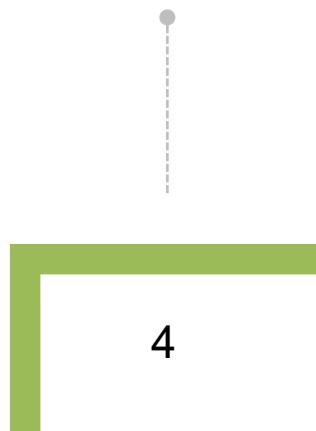
## Оценка ожидаемой урожайности

Комплексирование спутниковой и наземной информации



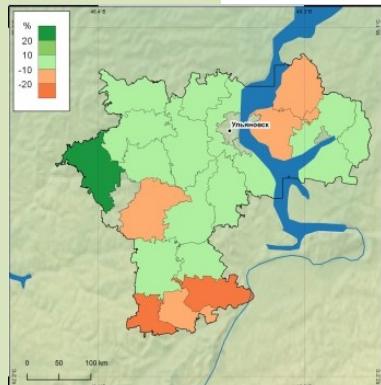
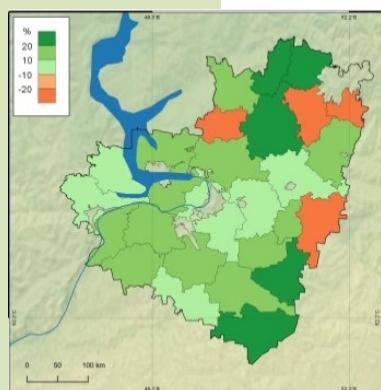
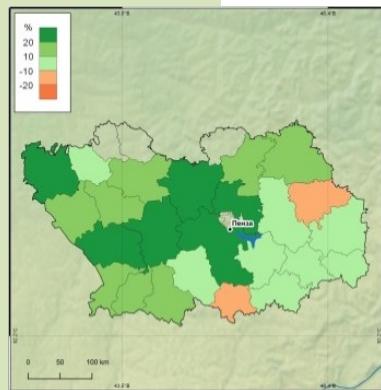
## Выходная продукция

Картографическая визуализация  
Табличные формы с выводом статистических показателей





# ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ



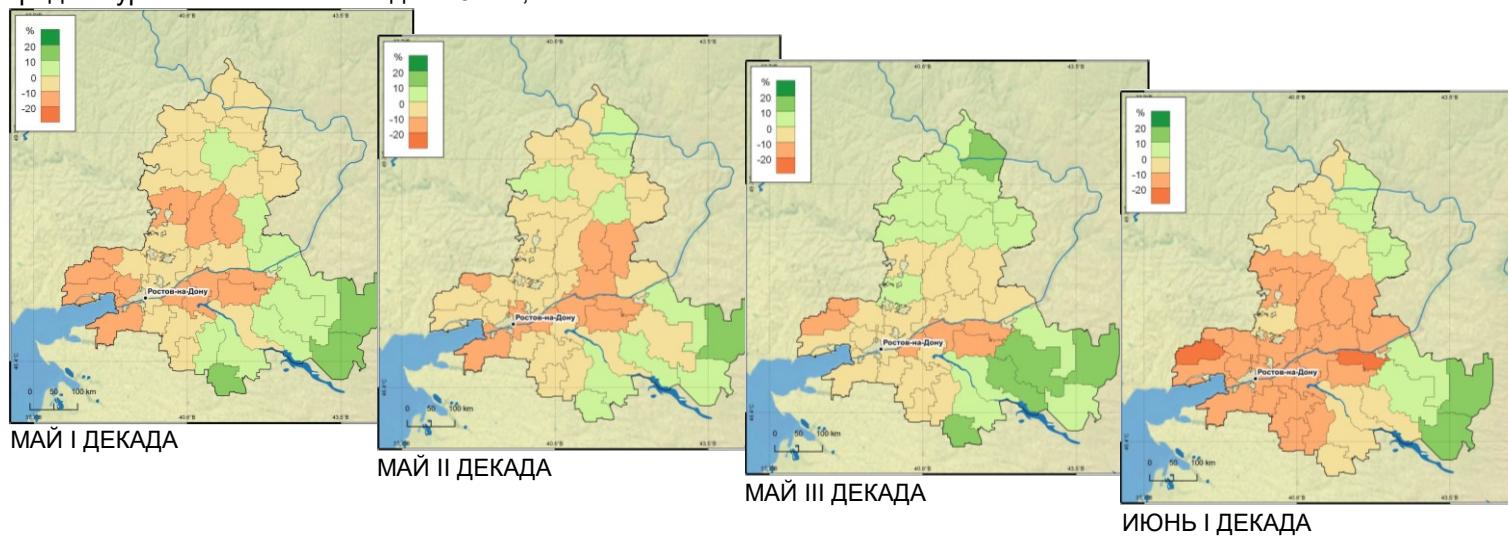
База данных содержит  
данные с 2012 по 2024 гг.

The screenshot shows a software interface for selecting a crop variety. A dropdown menu is open, listing several options under the heading 'Выбор культуры' (Crop Selection). The options are: Пшеница озимая (Winter Wheat), Ржь озимая (Winter Rye), Пшеница яровая (Summer Wheat), and Ячмень яровой (Summer Barley). The first option, 'Пшеница озимая' (Winter Wheat), is highlighted with a blue background. Below the dropdown menu, there is a table with columns for 'Год' (Year) and 'Урожайность, ц/га' (Yield, t/ha). The table contains data for years from 2010 to 2024, with yields ranging from 24,1 to 45,6. At the bottom right of the window, there are two buttons: 'OK' and 'Отмена' (Cancel).

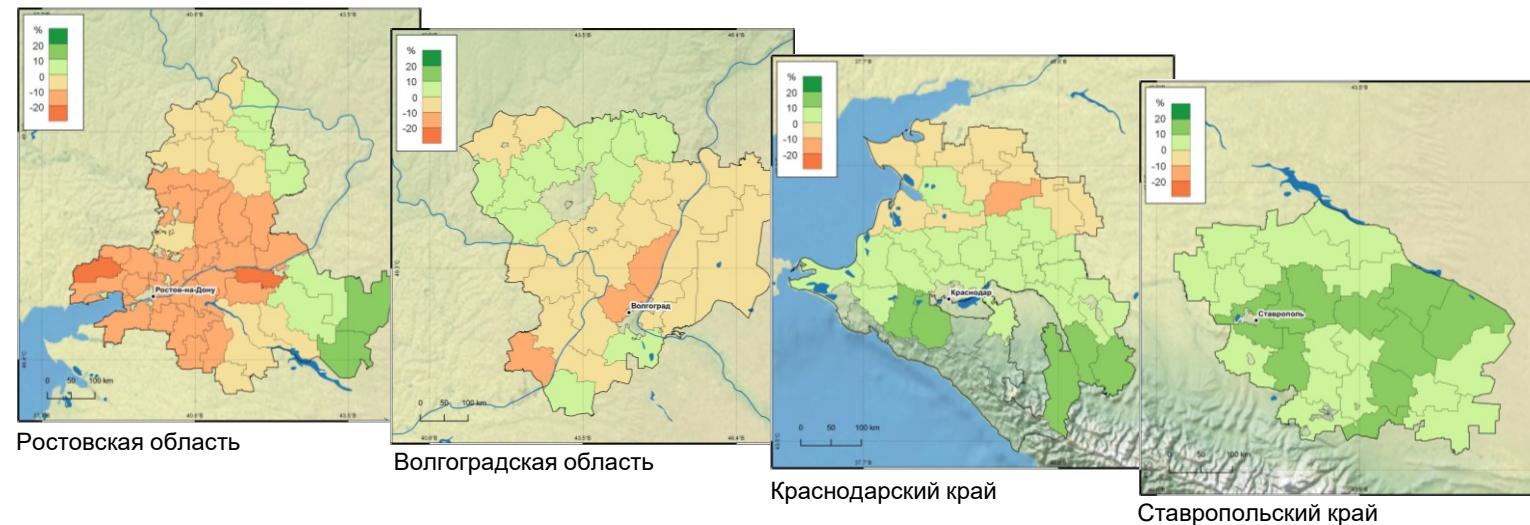


# ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ

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



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





# ОЦЕНКА ОЖИДАЕМОЙ УРОЖАЙНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ



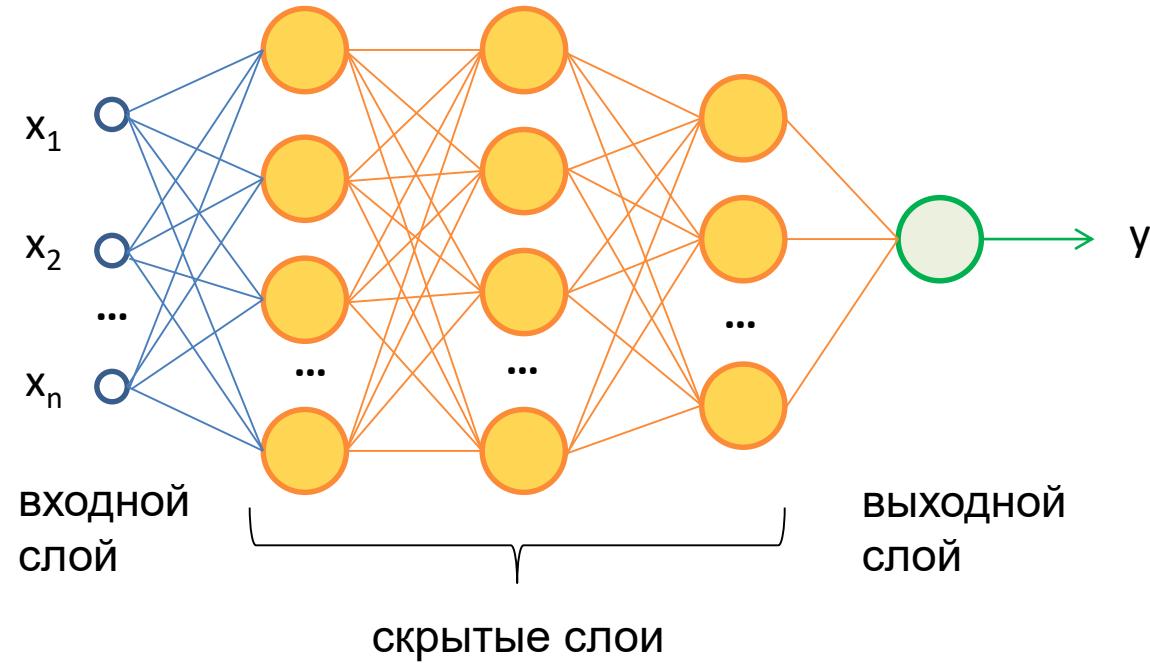
## Подбор предикторов и подготовка выборки:

- 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 разделением выборки в соотношении 80 % для обучения и 20 % для тестирования.



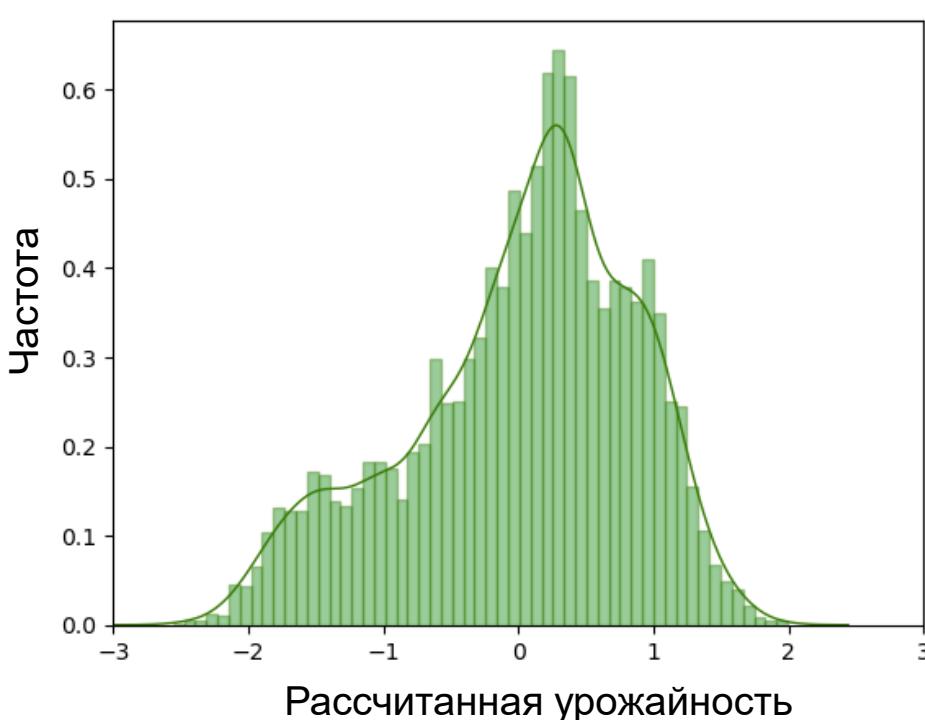
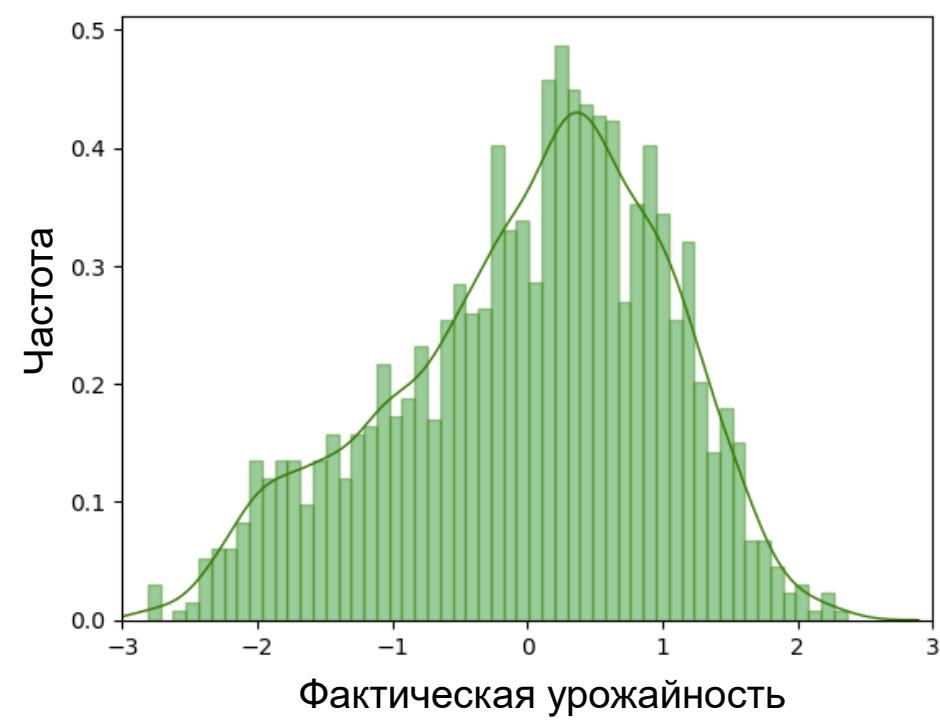
## ПОДБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ГИПЕРПАРАМЕТРОВ

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



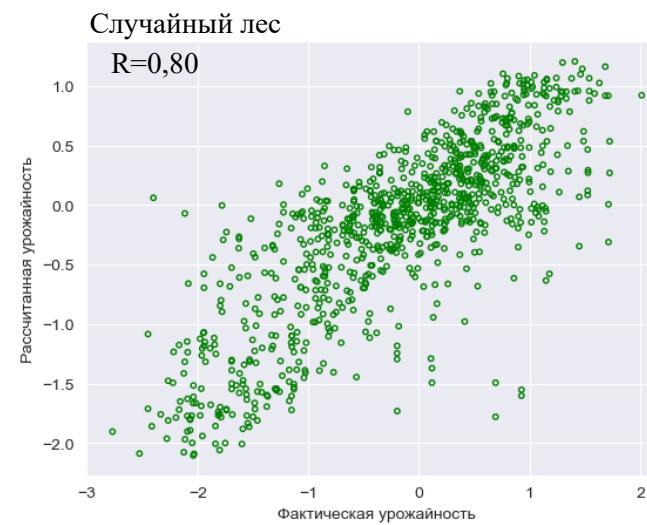
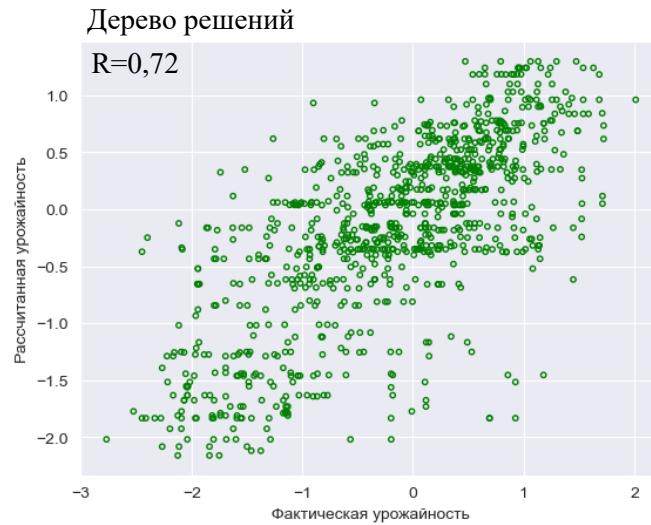
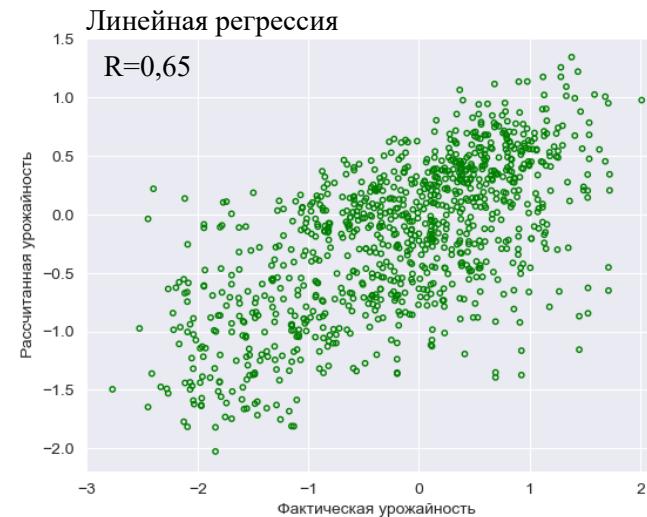
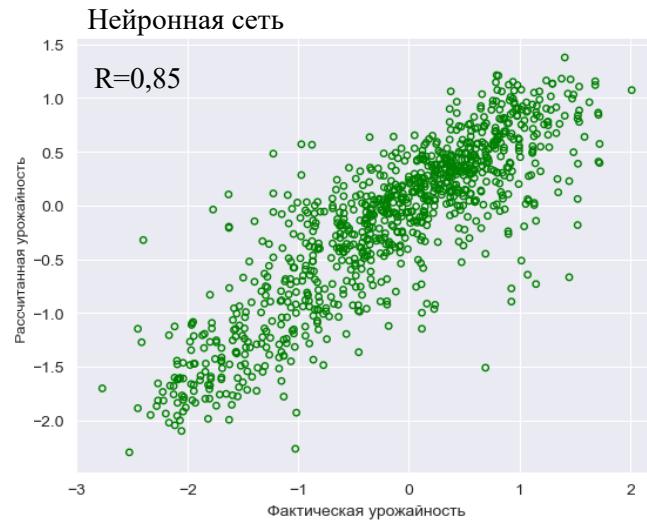


# ПЛОТНОСТЬ ВЕРОЯТНОСТИ ФАКТИЧЕСКОЙ И РАССЧИТАННОЙ УРОЖАЙНОСТИ





# 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
<i>Краснодарский край</i>												
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
<i>Волгоградская область</i>												
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