

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 631.1:004:502.131.1

Применение машинного обучения в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур: алгоритмы и перспективы развития точного земледелия

Н.С. Кудрявцев

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Точное прогнозирование урожайности — критически важная задача для обеспечения продовольственной безопасности и эффективного управления ресурсами в сельском хозяйстве. В статье рассматриваются современные подходы к применению алгоритмов машинного обучения для прогнозирования урожайности различных сельскохозяйственных культур. Проанализированы основные группы методов — нейронные сети, случайные леса, методы опорных векторов и градиентный бустинг. Приведены результаты сравнительного анализа эффективности подходов на примере прогнозирования урожайности зерновых культур в условиях Краснодарского края.

Ключевые слова: машинное обучение, прогнозирование урожайности, точное земледелие, нейронные сети, алгоритмы классификации, агрометеорология, спутниковые данные

Для цитирования. Кудрявцев Н.С. Применение машинного обучения в прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур: алгоритмы и перспективы развития точного земледелия. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(1):42–44.

Using Machine Learning for Crop Yield Forecasting: Algorithms and Prospects for Development of Precision Farming

Nikita S. Kudryavtsev

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

Accurate crop yield forecasting is a critically important objective fostering food security and ensuring efficient resource management in agriculture. The article studies the advanced approaches to using machine learning algorithms for forecasting the yield of various crops. The main methods, including neural networks, random forests, support vector machines and gradient boosting, have been analysed. The results of a comparative analysis on determining efficiency of these methods have been presented by the example of grain yield forecasting in conditions of the Krasnodar Territory.

Keywords: machine learning, crop yield forecasting, precision farming, neural networks, classification algorithms, agrometeorology, satellite data

For Citation. Kudryavtsev NS. Using Machine Learning for Crop Yield Forecasting: Algorithms and Prospects for Development of Precision Farming. *Young Researcher of Don*. 2026;11(1):42–44.

Введение. Сельское хозяйство сегодня вынуждено искать новые подходы к планированию — климат становится менее предсказуемым, а спрос на продовольствие продолжает расти. Раньше фермеры и агрономы опирались на статистику и практический опыт, но эти методы всё чаще не учитывают сложные взаимосвязи между погодой, состоянием почвы и иными факторами, от которых зависит урожай. Здесь на помощь приходит машинное обучение. Оно способно анализировать большие массивы данных — от спутниковых снимков до показателей влажности почвы — и выявлять закономерности, незаметные человеку. Главное преимущество таких алгоритмов в том, что они обучаются на новых данных и, соответственно, могут адаптироваться к резким изменениям погоды или почвенных условий. Это даёт возможность не просто предполагать будущую урожайность, а прогнозировать её с высокой точностью.

Несмотря на активное развитие исследований в области применения машинного обучения в сельском хозяйстве, остаётся недостаточно изученным вопрос оптимального подбора алгоритмов для конкретных культур и агроклиматических условий. Многие работы фокусируются на отдельных методах или ограниченных наборах данных, что усложняет формирование целостного представления о возможностях и ограничениях разных подходов. Кроме того, слабо разработаны методики интеграции разнородных источников данных и оценки надёжности получаемых прогнозов.

Цель данного исследования — провести сравнительный анализ эффективности различных алгоритмов машинного обучения при прогнозировании урожайности зерновых культур и разработать рекомендации по их практическому внедрению в системах точного земледелия.

Основная часть. Искусственные нейронные сети демонстрируют высокую эффективность в задачах прогнозирования урожайности благодаря способности моделировать сложные нелинейные зависимости. Многослойные перцептроны и сверточные сети позволяют обрабатывать как табличные показатели, так и спутниковые изображения.

Исследование, проведённое в Краснодарском крае, показало, что применение нейронных сетей для прогнозирования урожайности озимой пшеницы позволило достичь точности 92 % при использовании комплекса агрометеорологических данных и вегетационных индексов [1]. В таблице 1 приведены результаты сравнения различных архитектур нейронных сетей.

Таблица 1

Сравнение архитектур нейронных сетей для прогнозирования урожайности

Архитектура	Точность, %	Время обучения, мин	Интерпретируемость
Многослойный перцептрон	89,2	15	Низкая
Сверточная нейронная сеть	92,1	45	Очень низкая
Рекуррентная нейронная сеть	90,7	32	Низкая

Основным недостатком нейронных сетей является их низкая интерпретируемость — это затрудняет понимание факторов, влияющих на прогноз, и снижает доверие сельхозпроизводителей к получаемым результатам. Алгоритм случайного леса демонстрирует стабильную работу с разнородными данными и обладает встроенными инструментами оценки значимости признаков. Этот метод особенно эффективен при наличии пропусков в наборах данных и обычно не требует предварительной нормализации признаков. Применение случайного леса для прогнозирования урожайности кукурузы в хозяйствах Ростовской области позволило добиться точности 87 % и выявить ключевые факторы: количество осадков в период вегетации, температурный режим и содержание органического вещества в почве [2]. На рис. 1 представлено распределение важности признаков.

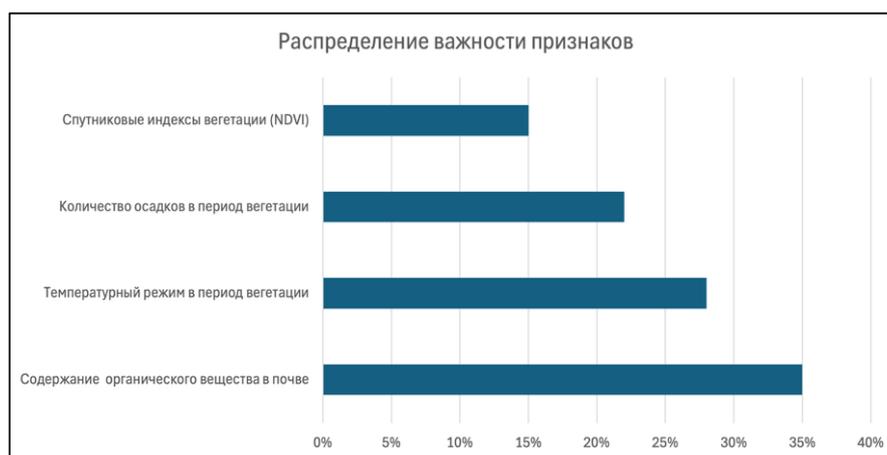


Рис. 1. Важность признаков при прогнозировании урожайности кукурузы методом случайного леса

Преимуществом случайного леса является высокая интерпретируемость результатов, что позволяет агрономам понимать, какие факторы наиболее критичны для формирования урожая. Методы опорных векторов (SVM) эффективны при работе с данными высокой размерности и показывают хорошие результаты при ограниченном объёме обучающей выборки. Особенно перспективно применение SVM с радиальными базисными функциями для обработки спутниковых данных. Использование SVM для прогнозирования урожайности подсолнечника на основе данных Sentinel-2 показало точность 84 % [3]. Алгоритм продемонстрировал устойчивость к выбросам и способность учитывать многомерные спектральные индексы.

Вместе с тем SVM требует тщательной настройки гиперпараметров и чувствителен к масштабированию признаков, что усложняет его практическое внедрение. Алгоритмы градиентного бустинга, включая XGBoost и LightGBM, сочетают высокую точность прогнозов с относительной простотой интерпретации. Эти методы эффективно работают с разнородными данными и автоматически обрабатывают пропуски.

Сравнительное исследование показало, что XGBoost превосходит другие алгоритмы при прогнозировании урожайности ячменя, достигая точности 91 % [4]. В таблице 2 представлено сравнение различных алгоритмов машинного обучения.

Таблица 2

Сравнение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования урожайности

Алгоритм	Точность, %	Время обучения	Интерпретируемость	Устойчивость к выбросам
Нейронная сеть	92,1	Высокое	Низкая	Средняя
Случайный лес	87,3	Среднее	Высокая	Высокая
SVM	84,2	Низкое	Средняя	Высокая
XGBoost	91,0	Среднее	Высокая	Высокая

Градиентный бустинг (XGBoost) обеспечивает оптимальный баланс между точностью прогнозирования и практичностью применения в реальных условиях сельскохозяйственного производства.

Заключение. Проведённый анализ подтвердил значительный потенциал методов машинного обучения для повышения точности прогнозов урожайности сельскохозяйственных культур. Алгоритмы градиентного бустинга — в частности XGBoost — показали точность, сопоставимую с нейросетевыми моделями, при сохранении возможностей интерпретации, что делает их перспективными для практического применения.

Список литературы

1. Шамсутдинова Т.М. Перспективы применения нейронных сетей в сельском хозяйстве. *Агрозоотехника*. 2024;7(2):1–10. <https://doi.org/10.15838/alt.2024.7.2.6>
2. Галкин А.И. Применение методов машинного обучения и анализа больших данных в точном земледелии. *Аграрная наука*. 2025;(5):171–174. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2025-394-05-171-174>
3. Неверов А.А., Абдрашитов Р.Р. Прогноз урожайности агрокультур и погодных условий в 2024 году для центральной зоны оренбургского Предуралья. *Известия НВ АУК*. 2024;(4(76)):160–167. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-04-17>
4. Дорофеева Т.С. Прогнозирование урожайности ярового ячменя на основе гис-технологий. В: *Труды 52-й международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 200-летию со дня рождения профессора Я.А. Линовского «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства»*. Москва, 24–25 октября 2018 года. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова; 2018. С. 62–63.

Об авторе:

Никита Сергеевич Кудрявцев, магистрант Института сквозных технологий Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) nik07112002@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Nikita S. Kudryavtsev, Master's Degree Student of the Institute of Ecosystem-to-End Technologies, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), nik07112002@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.