

## Отзыв

члена диссертационного совета на диссертацию Молина Александра Евгеньевича на тему «Нейросетевые методы анализа азотного статуса зерновых культур по снимкам БПЛА в точном земледелии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

**Актуальность темы исследования.** Исследования, посвященные мониторингу азотного питания растений, в настоящее время приобретают особую значимость. С ростом численности населения и необходимостью увеличения производства продуктов питания крайне важно рационально использовать сельскохозяйственные ресурсы. Одним из современных методов обработки данных, полученных в результате мультиспектральной съемки, является семантическая сегментация, основанная на технологиях глубокого обучения. Этот подход позволяет автоматически разделять изображения на участки с различным уровнем азотного питания, что значительно упрощает процесс принятия решений о наиболее эффективном использовании удобрений.

В современном сельском хозяйстве нейронные сети стали незаменимыми благодаря своей высокой скорости работы и способности обрабатывать огромные объемы информации. Сочетание мультиспектральной съемки, семантической сегментации на основе нейронных сетей и автономных сельскохозяйственных машин открывает новые горизонты для развития аграрной науки и практики. Исследования в этой области имеют особое значение для сельского хозяйства, стремящегося к устойчивому развитию и рациональному использованию ресурсов.

**Научная новизна.** Цель диссертации заключается в разработке и апробации нейросетевых методов, которые помогут анализировать азотное питание зерновых культур по мультиспектральным снимкам. Научная новизна диссертации заключается в создании уникальных решений, позволяющих достичь поставленных задач, а также в разработке программного комплекса на основе предложенных методов. Среди основных научных результатов можно выделить следующие: создание специализированного набора данных для обучения, полученного на основе мультиспектральных снимков тестовых площадок с известным уровнем азота; разработку алгоритмов генерации синтетических данных, которые позволяют значительно расширить исходный набор для обучения; применение нейросетевых методов для анализа азотного статуса зерновых культур; определение наилучшей архитектуры нейросети, параметров ее обучения и комбинации каналов мультиспектральных снимков для решения конкретной задачи на основе результатов вычислительных экспериментов.

**Степень достоверности.** Основные результаты диссертации опубликованы в профильных научных журналах *Computers and Electronics in Agriculture*, «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» и «Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления».

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Диссертация имеет ярко выраженный прикладной характер и открывает широкие возможности для практического использования. Ее результаты и предложенные методы могут быть полезны не только для научных работников, но и для сельскохозяйственных производителей. Разработанные в диссертации методы позволяют оперативно получать подробные данные о состоянии азотного

питания растений. Это значительно отличается от традиционных подходов, которые часто требуют значительных временных и финансовых затрат. Теоретическая значимость работы подтверждена участием в научно-исследовательских проектах государственного задания Агрофизического научно-исследовательского института FGEG-2022-0006 и Российского научного фонда 24-21-00231.

Диссертация полностью соответствует одному из направлений «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации». Предложенные в диссертации решения соответствуют перечню критических технологий, утвержденному Указом Президента Российской Федерации «Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации».

**Содержание работы.** Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы.

Первая глава описывает методологию формирования обучающего набора данных, включая процесс сбора и предварительной обработки полученных снимков.

Во второй главе предлагаются алгоритмы для создания синтетических данных, которые позволяют увеличить объем информации для обучения нейронных сетей. В этой главе также представлены результаты тестирования точности работы нейронных сетей на различных наборах данных, созданных с помощью предложенных алгоритмов.

Третья глава посвящена практическому применению разработанных нейросетевых методов. В частности, подробно описывается процесс предварительной обработки мультиспектральных изображений, алгоритм обработки данных с использованием нейронных сетей и составление общей карты распределения уровней азота по всему полю. Также указаны ограничения предлагаемых методов.

В диссертации представлено множество примеров и наглядных иллюстраций, которые помогают лучше понять суть рассматриваемых вопросов. В конце каждой главы автор делает общие выводы и предлагает рекомендации, которые могут быть полезны для дальнейшего изучения.

В целом, работа производит положительное впечатление. Однако есть некоторые **замечания**, которые хотелось бы отметить.

1. В диссертации не указано, сколько времени потребуется для получения результатов с помощью предложенного метода и, как следствие то, насколько он будет эффективнее по сравнению с традиционными подходами.
2. Было бы полезно провести сравнительный анализ преимуществ и недостатков предложенного метода по сравнению с уже существующими.
3. В алгоритмах 2–3 приведено нечеткое описание построения парабол и пятен.
4. Можно ли найти причину резкого снижения точности (увеличения потерь) в процессе обучения (см. рисунки 3.16–3.18)?

Указанные замечания носят, скорее, редакционный характер и не снижают значимость и целостность полученных результатов.

Диссертация Молина Александра Евгеньевича на тему: «Нейросетевые методы анализа азотного статуса зерновых культур по снимкам БПЛА в точном земледелии» соответству-

ет основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Молин Александр Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,  
Доктор физико-математических наук, доцент,  
профессор Кафедры математической теории игр  
и статистических решений Санкт-Петербургского  
государственного университета



А. А. Седаков

06 февраля 2025 г.