

ОТЗЫВ

официального оппонента, доцента, кандидата технических наук,
доцента кафедры картографии Государственного университета по землеустройству
Евстратовой Ларисы Геннадьевны

на кандидатскую диссертацию

Сафоновой Анастасии Николаевны на тему: «Методы машинного обучения при обработке изображений сверхвысокого пространственного разрешения на примере задач классификации растительности», по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики

Актуальность темы исследований. В настоящее время в области получения изображений сверхвысокого пространственного разрешения и сопутствующих данных во время съемки произошли качественные изменения. Это дало новый толчок к совершенствованию и разработке новых технологий обработки изображений сверхвысокого пространственного разрешения для решения широкого круга задач: оценки экологического состояния объектов и последствий чрезвычайных ситуаций, выявления фактов нарушения лесопользования, загрязнения территории нефтью и т.д.

Все более широкое применение находят методы машинного обучения. С использованием искусственных нейронных сетей (ИНС) разрабатываются решения в области классификации данных, сегментации изображений ДЗЗ, поддержки принятия решений, сопоставимые по качеству, а зачастую превышающие результаты, полученные на основе классических методов распознавания образов.

Одной из фундаментальных проблем машинного обучения является их зависимость от наличия расширенных наборов данных для обучения нейронной сети, процесс формирования которых требует привлечения значительных ресурсов, как вычислительных, так и временных. Рассмотренная в работе прикладная область связана с решением задач обнаружения растительности на изображениях сверхвысокого пространственного разрешения. При классификации и сегментации изображений указанного типа с использованием аппарата сверточных нейронных сетей (СНС) актуален поиск новых решений, направленных на сокращение вычислительных и временных ресурсов при формировании контрольной выборки. Другим направлением развития указанных методов является повышение точности сегментации и классификации анализируемых данных. В оппонируемой работе рассматриваются оба указанных вопроса.

В связи с этим диссертационная работа Сафоновой А.Н., посвященная разработке методов машинного обучения при обработке изображений сверхвысокого пространственного разрешения в условиях малых выборок по искусственно увеличенным данным на примере задач сегментации, классификации и категоризации характера повреждения растительности, актуальна и решает важную научную проблему.

Следует отметить сложность анализа данных, на примере обработки которых проиллюстрированы основные полученные в работе результаты: на сегодня задача автоматической обработки снимков для оценки состояния лесных насаждений не решена, т.к. осложняется большим разнообразием, как самих данных, так и объектов. С этой точки зрения диссертационная работа Сафоновой А.Н. вносит существенный вклад в решение проблемы экологического контроля и инвентаризации лесных насаждений.

Содержание и характеристика диссертационной работы по главам. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (111 источников) и

приложений. Основной текст работы изложен на 104 страницах. Работа содержит 35 рисунков и 10 таблиц (1 таблица в приложении Б).

Во введении показана актуальность темы, определены цели и задачи исследования, сформулирована научная новизна и практическая значимость полученных результатов, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе автором выполнен детальный анализ методов функционирования современных СНС, способов формирования структуры СНС, влияния настраиваемых параметров сети на каждый составляющий ее элемент. Подробно рассмотрены и проанализированы существующие в мире работы в области обработки изображений ДЗЗ с применением современных СНС. На основе проведенного анализа выделены преимущества, недостатки существующих СНС и сформулированы основные проблемы, решаемые в диссертационном исследовании.

Вторая глава посвящена разработке алгоритмов и архитектуры СНС при решении задач сегментации, классификации и категоризации характера повреждения растительности в условиях малых выборок по искусственно увеличенным данным изображений ДЗЗ со сверхвысоким пространственным разрешением. Данный раздел содержит описание разработки новой архитектуры СНС, адаптированной к задаче распознавания категорий повреждения растительности. Научная новизна архитектуры определяется разработанной структурой и составом слоев нейронной сети, их порядком. Предложена и описана новая авторская методика формирования контрольной выборки на трехканальных цветных изображениях сверхвысокого пространственного разрешения. Она позволяет повысить скорость процесса предварительной обработки изображений, а именно провести автоматическую подготовку тестируемого набора данных при формировании контрольной выборки.

Для повышения точности сегментации изображений сверхвысокого пространственного разрешения предложен модифицированный алгоритм Mask R-CNN на основе СНС ResNet50 и ResNet101 для построения маски регионов объектов. Это позволило решить проблему с малыми объемами выборки и ограниченным количеством спектральных каналов. Автору удалось достоверно показать преимущества модифицированной модели СНС в сравнении с аналогами на основе использования подобранной группы метрик оценки эффективности.

В третьей главе исследованы новые методы машинного обучения, разработанные в рамках СНС, при обработке изображений сверхвысокого пространственного разрешения (полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)) на примере задач классификации растительности.

Для построения оригинальной СНС автором реализованы:

- новая методика формирования контрольной выборки, отличающаяся более высокой степенью автоматизации и позволяющая ускорение процесса подготовки тестируемого набора данных;

- модифицированный алгоритм сегментации изображений растительности на основе СНС ResNet50 и ResNet101, отличающаяся уникальным подбором параметров, включением искусственного увеличения размеченного набора данных, позволяющая строить маски регионов объектов на изображениях сверхвысокого пространственного разрешения в условиях малых выборок.

Таким образом, разработана новая архитектура СНС для задач точной классификации размеченного набора данных на трехканальных цветных изображениях сверхвысокого пространственного разрешения в условиях малых выборок состоит из шести сверточных блоков (каждый включает в себя один сверточный слой). Для контролирования переобучения сети, по

результатам проведенных экспериментов было предложено использовать метод регуляризации, что позволило достигнуть уменьшение сложности модели СНС, с сохранением количества ее параметров на низком уровне. Определена максимальная производительность новой архитектуры СНС на искусственно увеличенном наборе данных.

Проведенные экспериментальные исследования показали высокую эффективность алгоритма подготовки обучающего искусственно увеличенного (дополненного) набора данных, основанного на создании новых обучающих примеров путем применения искусственных геометрических преобразований к исходным объектам. Проведена подготовка тестового набора данных для проведения независимой проверки новой архитектуры СНС.

Приведено тестирование новой архитектуры СНС и ее сравнение с современными и известными в статистике моделями СНС на этом же наборе данных, которое показало более высокую точность классификации категорий повреждения деревьев по изображениям и преимущество в скорости работы.

Таким образом, **достоверность** теоретического обоснования предложенных методик и алгоритмов подтверждена экспериментально по реальным трехканальным снимкам сверхвысокого пространственного разрешения. Выводы логически обоснованы и подтверждены анализом результативности разработанных метода и алгоритмов.

В четвертой главе описаны экспериментальные исследования по применению модифицированного алгоритма на примере сегментации изображений оливковых деревьев на основе СНС ResNet50 и ResNet101 по данным изображений сверхвысокого пространственного разрешения для построения маски регионов объектов. Для этого использовались методы искусственного увеличения набора данных, что позволило повысить точность сегментации, по сравнению с моделью, обученной на наборе данных без дополнения. Модифицированный алгоритм позволил с высокой точностью автоматически выполнить сегментацию и построения пиксельных масок для каждого объекта на изображениях оливковых деревьев. Проведение дополнительного обучения алгоритма Mask R-CNN для сегментации класса «Тени оливковых деревьев» позволило рассчитать следующие показатели каждого оливкового дерева: попиксельно площадь объекта и приближенную высоту дерева, и приближенный объем кроны дерева. Представлены примеры результатов работы предложенных метода и алгоритмов на реальных трехканальных и многоспектральных изображениях, демонстрирующие его эффективность.

В заключении сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

Содержание и область исследований соответствует паспорту специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Научная новизна работы. Новизна результатов диссертационной работы Сафоновой А.Н. заключается в следующем.

1. Разработана новая архитектура СНС, обученная в условиях малых выборок на искусственно увеличенном наборе данных ДЗЗ, отличающаяся структурой и составом слоев нейронной сети, их порядком, позволяющая автоматически классифицировать размеченные категории повреждения растительности на трехканальных цветных изображениях сверхвысокого пространственного разрешения.

2. Разработана новая методика формирования контрольной выборки, отличающаяся более высокой степенью автоматизации, позволяющая локализовать категории повреждения растительности на трехканальных цветных изображениях сверхвысокого пространственного

разрешения в условиях малых выборок, с целью ускорения процесса подготовки тестируемого набора данных.

3. Получена модификация алгоритма сегментации растительности на основе СНС ResNet50 и ResNet101, отличающаяся уникальным подбором параметров, включением искусственного увеличения размеченного набора данных, позволяющая строить маски регионов объектов на изображениях сверхвысокого пространственного разрешения в условиях малых выборок.

Теоретическая и практическая значимость. Предложенные в работе методы машинного обучения при обработке изображений сверхвысокого пространственного разрешения, направленные на развитие методов построения и использования СНС в условиях малых выборок, позволяют повысить эффективность автоматизированной обработки изображений сверхвысокого пространственного разрешения. Кроме того, произведена модернизация архитектуры СНС и алгоритма сегментации изображений сверхвысокого пространственного разрешения на основе СНС ResNet50 и ResNet101, что позволяет повысить устойчивость получаемых результатов по сравнению со стандартными методами и расширить круг практических задач по тематической обработке изображений.

Практическая ценность диссертации заключается в том, что реализованные в работе методы и алгоритмы позволяют улучшить численные показатели при обработке изображений сверхвысокого пространственного разрешения на примере задач сегментации, классификации и категоризации характера повреждения растительности, а также могут быть использованы в системе мониторинга лесного и сельского хозяйства с применением БПЛА.

Представление и публикации результатов диссертации. Основные результаты, полученные в диссертационной работе, достаточно полно отражены в 13 публикациях, в числе которых 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК и 3 статьи в журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science.

Результаты диссертационной работы были использованы при реализации следующих научных программ и грантов:

- Грант РФФИ №16-11-00007 в 2016-2018 гг., «Автоматизация распознавания природно-антропогенных объектов на аэрокосмических изображениях высокого спектрального и пространственного разрешения» для проведения фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами;

- Грант Европейского союза Erasmus+ Student Credit Mobility в Университете Гранады, Гранада, Испания в 2016-2017 гг., «Методы детектирования категорий повреждения растительных сообществ на основе машинного обучения по данным съемки беспилотного летательного аппарата»;

- Грант Европейского союза Erasmus+ Student Credit Mobility в Университете Гранады, Гранада, Испания в 2017-2018 гг., «Методы детектирования категорий повреждения растительных сообществ на основе машинного обучения по данным съемки беспилотного летательного аппарата»;

- Грант по проекту 5-100 для проведения научно-исследовательской деятельности в Университете Гранады, Гранада, Испания в период с 19.10.2019 по 04.11.2019 г.

Результаты работы докладывались и обсуждались на шести всероссийских и международных конференциях.

Замечания по диссертационной работе:

1. В работе недостаточное внимание уделено вопросам точности функционирования алгоритмов трансформирования, использующихся при искусственном увеличении выборки.

2. Следовало бы подобрать выразительные средства для описания новой архитектуры СНС, обладающие большей степенью детализации.

3. На странице 63 диссертации имеется ошибочная ссылка на уравнение (5).

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы и не влияют на общую положительную оценку полученных результатов.

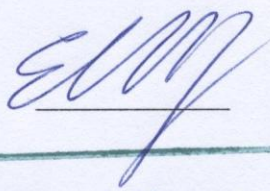
Общее заключение. Представленные в диссертационной работе основные научные и практические результаты соответствуют паспорту специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики» в части пункта 5 «Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечение, разработка и исследование методов и алгоритмов анализа текста, устной речи и изображений»; пункта 7 «Разработка методов распознавания образов, фильтрации, распознавания и синтеза изображений, решающих правил. Моделирование формирования эмпирического знания».

Диссертация Сафоновой С.Н. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научно-технической задачи: создание алгоритмов и моделей СНС, позволяющих повысить точность сегментации и классификации данных ДЗЗ в условиях малых выборок, имеющих существенное значение для развития теории распознавания образов, а также практическую ценность в решении прикладных задач, связанных с интерпретацией аэрокосмических снимков растительных сообществ.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных экспериментальных исследований и практической значимости, представленная работа отвечает п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Министерства образования и науки РФ, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сафонова Анастасия Николаевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Официальный оппонент,

доцент кафедры картографии
«Государственного университета
по землеустройству»
кандидат техн. наук, доцент



Евстратова Лариса Геннадьевна

«20» января 2020 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный университет по землеустройству» (ФГБОУ ВО «ГУЗ»)

Адрес: 105064, Москва, ул. Казакова, 15

Тел. +7 (499) 261-5386

E-mail: lge_21@mail.ru

Специальность: 25.00.34 – «Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия»