

ОТЗЫВ

дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.15 **Глушкова Дмитрия Олеговича** на диссертационную работу **Лаптева Никиты Витальевича** «Обнаружение объектов видеоряда на основе технологии машинного обучения (на примере лесных пожаров)», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы диссертационной работы. В настоящее время системы видеорегистрации получили повсеместное распространение для контроля различного рода параметров и детектирования событий, в том числе аварийных ситуаций. Основой современных программно-аппаратных комплексов являются алгоритмы автоматической обработки видеозаписей в режиме реального времени. Среди наиболее актуальных стоит выделить задачи отслеживания динамических объектов, появление которых в области видеорегистрации носит недетерминированный характер, что обуславливает сложности анализа видеограмм и получения достоверных результатов. Как правило, при решении таких задач возникает необходимость идентификации объектов в условиях зашумления видеок кадров при относительно медленно изменяющемся фоне. Кроме этого, негативное влияние на достоверность автоматического анализа видеограмм оказывает группа факторов: изменение условий освещенности в процессе видеосъемки, относительно низкое качество видеозаписи, сложность отделения детектируемого объекта от фона и присутствие в видеокadre множества объектов, которые отрицательно влияют на распознавание искомым объектов. Среди практических приложений результатов диссертационной работы стоит выделить разработку систем раннего обнаружения лесных пожаров. Согласно статистическим данным ежегодно на территории Российской Федерации регистрируются десятки тысяч таких возгораний. Их своевременное детектирование играет важную роль для обеспечения пожарной безопасности лесных массивов и объектов различного назначения, в том числе населенных пунктов, граничащих с ними. На достоверность автоматического обнаружения возгораний и пожаров влияет множество факторов, включая освещенность, погодные условия, прозрачность окружающей среды, схожесть характерных признаков с облачностью и

туманностью, непостоянство формы, цвета и текстуры. Таким образом, лесной пожар является одним из наиболее сложных объектов для автоматического обнаружения программно-аппаратными средствами. Поэтому необходимость разработки специальных методов и алгоритмов, учитывающих мешающие факторы, которые влияют на точность и надежность обнаружения объектов в видеоряде характеризуют **актуальность** диссертации Лаптева Н.В. Кроме этого, подтверждением актуальности темы диссертации является выполнение исследований соискателем в рамках научных проектов: государственное задание «Наука», грант РФФИ, грант УМНИК.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Работа изложена на 163 страницах текста, включает 54 рисунка и 10 таблиц. Список литературы состоит из 133 наименований, приложение содержит документы, подтверждающие практическую значимость работы, среди которых акты внедрения результатов диссертационной работы, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, патент на изобретение и фрагмент кода основных модулей разработанного программного комплекса.

Содержание диссертации.

Во введении приведено обоснование актуальности и новизны темы, сформулированы цель и задачи исследования, отражена практическая значимость, перечислены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор известных методов обнаружения объектов на кадрах видеоряда, описаны современные нейросетевые методы обнаружения объектов. Приведен анализ алгоритмов объединения прогнозов нейросетевого анализа данных и обоснована необходимость разработки комплексной технологии раннего обнаружения пожаров. Сделаны выводы о недостатках использования алгоритмов детектирования объектов (применительно к лесным пожарам) на основе цвета и выделения динамических признаков, а также о потребностях в разработке методов и алгоритмов обнаружения объектов, обладающих динамическими признаками на изображениях видеоряда.

Во второй главе представлена технология анализа изображений в видеопоследовательности, алгоритм объединения разрозненных предсказаний нейросети и новая гибридная архитектура нейронной сети, позволяющая

осуществлять классификацию изображений в видеопотоке с высокой точностью.

В третьей главе представлено описание вычислительных экспериментов, их результаты, иллюстрирующие высокую достоверность обнаружения лесных пожаров при использовании разработанной технологии. Приведены примеры применения разработанных алгоритмов в других (отличных от обнаружения лесных пожаров) областях деятельности, что подтверждает их универсальность и возможность интеграции в системы контроля и детектирования в различных областях деятельности.

Заключение содержит формулировку основных результатов диссертационной работы.

В приложении приведены копии актов о внедрении результатов диссертационной работы, свидетельств о регистрации программ для ЭВМ и патента на изобретение.

Научную новизну диссертации характеризуют следующие основные результаты.

1. Предложена технология анализа изображений в видеопоследовательности, которая позволяет достичь высокой точности обнаружения объектов за счет локализации и классификации каждого объекта с учетом как статических, так и динамических признаков.

2. Предложен и обоснован алгоритм объединения прогнозов нейросети, который позволяет объединять плотные группы объектов в один объект на основе оценки отношения площадей пересечения соседних объектов. Для формирования кластеров, локализирующих распознаваемые объекты, используются статические признаки.

3. Разработан алгоритм классификации обнаруженных объектов на основе сверточной и рекуррентной нейросетей гибридной архитектуры. Это обеспечивает неявное представление хронологии изменения объектов при повышении достоверности классификации изображений в видеопотоке.

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в разработке нового подхода к обнаружению объектов видеоряда, обладающих динамическими признаками, на основе технологии машинного обучения, отличающегося от известных более высоким качеством и достоверностью распознавания.

Материал, изложенный в диссертации, понятен, логичен, хорошо структурирован. Проведенные исследования являются завершенными. Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Тема диссертации Лаптева Н.В. «Технология обнаружения объектов в видеоряде на основе машинного обучения (на примере лесных пожаров)» **соответствует следующим направлениям исследований из паспорта специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:**

П. 2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизация, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 12. Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации.

Имеются следующие замечания по диссертационной работе:

1. В главе 1 приведен раздел с описанием используемых метрик оценки качества детектирования объектов. Отсутствие каких-либо ссылок на литературные источники создает впечатление, что критерии оценки разработаны соискателем самостоятельно. Кроме этого, отсутствуют какие-либо пороговые численные значения показателей, используемых для оценки достоверности и эффективности разрабатываемых технологий и алгоритмов обнаружения объектов.

2. В главе 2 приведено описание достаточно большой совокупности разработанных алгоритмов детектирования, фильтрации, кластеризации, представляющих основу технологии обнаружения лесных пожаров. Большинство из этих алгоритмов основано на обработке изображений облака дыма (по умолчанию), формирующегося в результате возгорания лесного массива, но соискателем не уделено должное внимание детальному описанию именно алгоритму достоверной идентификации основного контролируемого объекта – облака дыма.

3. В главе 3 представлены результаты тестирования разработанных алгоритмов обработки видеозаписей, а также оценки эффективности

разработанной технологии обнаружения объектов. Большинство результатов приведено в виде используемых в литературных источниках метрик оценки качества детектирования объектов, которые были представлены соискателем в главе 1. Применительно к проблематике диссертационной работы (обнаружение лесных пожаров) важным показателем является инерционность определения программно-аппаратным комплексом аварийной ситуации, но соответствующие временные характеристики не были представлены.

4. Технические характеристики аппаратной части (в первую очередь видеокамеры) могут оказывать определяющее значение на эффективность функционирования всего программно-аппаратного комплекса при прочих равных условиях, о чем автором не было упомянуто в тексте рукописи.

5. Согласно данным, приведенным в главе 3, для анализа видеозаписей применялось относительно малое число кадров, как правило, не более 6. На большинстве примеров, иллюстрирующих алгоритмы обработки, приведены кадры, соответствующие длительности относительно медленно протекающего процесса распространения дыма в результате возгорания лесного массива в несколько десятков секунд или даже несколько минут. В связи с этим не совсем понятно, какие именно кадры (с каким интервалом) используются при реализации разработанной технологии обнаружения лесного пожара.

Изложенные выше замечания, а также некоторые опечатки и погрешности в оформлении, не снижают положительной оценки полученных соискателем результатов и значимости диссертационной работы в целом.

В качестве **рекомендации** соискателю стоит отметить следующее. Современные подходы и возможности нейросетей позволяют не только детектировать по кадрам видеозаписей какие-либо события, но и анализировать причины их возникновения, а также координаты места расположения этих событий. Решение таких задач является перспективным направлением развития тематики диссертационной работы.

Заключение по диссертационной работе.

Диссертационная работа Лаптева Н.В. «Обнаружение объектов видеоряда на основе технологии машинного обучения (на примере лесных пожаров)» соответствует требованиям пп. 2.1, 2.2 «Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете», утвержденного приказом ректора № 362-1/од от 28.12.2021 г., и является научно-квалификационной работой, в которой

содержится решение научной задачи, имеющей значение для развития соответствующей отрасли знаний, а её автор, **Лаптев Никита Витальевич**, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Директор Исследовательской школы
физики высокоэнергетических процессов
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
Доктор технических наук (специальность 05.26.03 –
Пожарная и промышленная безопасность (отрасль химическая)
(специальность согласно
новой номенклатуре 2.6.18 – Охрана труда, пожарная и
промышленная безопасность)), доцент
Глушков Дмитрий Олегович

Я, Глушков Дмитрий Олегович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в настоящем документе.

22.08.23

Подпись Глушкова Д.О. заверяю
Ученый секретарь Ученого совета
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
Кулинич Екатерина Александровна

22.08.2023 г.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»
634050, г. Томск, проспект Ленина, 30
Тел. (3822) 70-17-77 (доп. 1953)
E-mail: dmitriyog@tpu.ru