

УДК 535.65.083.6: 630.432.21

Возможности анализа нейронными сетями изображений мест возгорания: аспекты оптимизации

Кузьменко Александр Александрович

Кандидат технических наук,
Самарский государственный технический университет,
443100, Российская Федерация, Самара, ул. Молодогвардейская, 244 к 8;
e-mail: Alexandr291294@mail.ru

Мачихин Вячеслав Андреевич

Кандидат технических наук,
Самарский государственный технический университет,
443100, Российская Федерация, Самара, ул. Молодогвардейская, 244 к 8;
e-mail: vmachihin@mail.ru

Аннотация

В существующих условиях нейронные сети находят широкое применение в составе многих систем, позволяя значительно повысить эффективность обработки данных. Кроме этого, нейронные сети также позволяют добавлять в математический аппарат радиотехнических систем новые алгоритмы, которые заменяют классические, сложно реализуемые в данных системах или недоступные для них. В данной статье рассматривается применение нейронных сетей в системах обнаружения возгораний, что позволяет повысить их эффективность. Представлены существующие системы обнаружения возгораний, а также предложены алгоритмы применения нейронных сетей для анализа изображений, полученных с радиоэлектронных систем. Методика, предложенная авторами, позволяет снизить технические требования к вычислительным ресурсам за счет использования колориметрии в радиоэлектронных устройствах и принципов стандарта сжатия данных в видеопотоке MPEG. Особое внимание уделено фрактальному анализу полученных результатов, который позволяет повысить точность обнаружения возгораний и снизить количество ложных срабатываний. В статье также обсуждаются возможности применения нейронных сетей для поиска огня и дыма, что делает систему более универсальной и эффективной. Практическая значимость исследования заключается в разработке методики, которая может быть интегрирована в существующие системы обнаружения пожаров, повышая их точность и снижая затраты на вычислительные ресурсы.

Для цитирования в научных исследованиях

Кузьменко А.А., Мачихин В.А. Возможности анализа нейронными сетями изображений мест возгорания: аспекты оптимизации // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2024. Том 14. № 11А. С. 659-665. DOI: 10.34670/AR.2024.54.22.068

Ключевые слова

Применение колориметрии в радиоэлектронных устройствах, нейронные сети, поиск огня, поиск дыма, эффективность обнаружения возгорания, фрактальный анализ.

Введение

В современности, алгоритмы и математический аппарат нейронных сетей получают огромное применение в радиоэлектронных системах с целью увеличения функционального применения и эффективности. В наземных радиоэлектронных системах обнаружения возгорания можно выделить два главных технических направления этих систем: применение радиоэлектронных систем поиска с подвижными камерами наблюдения, включая их современную версию - аппараты поиска возгорания с использованием беспилотных летающих систем с управлением по радиоканалу, и радиоэлектронные системы обнаружения с использованием стационарных камер наблюдения, устанавливаемых на объектах.

Аналоги внедрения нейронных сетей в радиоэлектронных системах обнаружения открытого огня с использованием беспилотных систем, управляемых по радиоканалу, представлены в публикациях [Факундо, [www...](#)]. Основными особенностью данных радиоэлектронных систем является то, что они обнаруживают признаки возгорания находясь в мобильном состоянии, что в свою очередь ограничивает возможности конструкции и структуры системы. Так, в аналоге [Факундо, [www...](#)], радиоэлектронная система обнаружения возгорания содержит в совокупности три необходимых компонента:

- блок обнаружения пожаров с использованием алгоритмов глубокого обучения нейронных сетей для выявления признаков возгорания по изображению, полученному с радиоэлектронных беспилотных летательных систем;
- блок планирования полётов;
- блок, передающий предупреждения.

Радиоэлектронные системы обнаружения огня с использованием статических оптических камер в основном не применяются как одинарные системы, при этом они входят в совокупность других радиоэлектронных систем, применяемых для обнаружения возгорания не только по изображению, но по остальным данным, к примеру, с камер тепловизора. Такой состав радиоэлектронных систем также применяется в тех случаях, когда изображения с тепловизионных камер искажены и содержат ошибки, вызванные нагревом поверхности почвы и рефракцией, дифракцией света от поверхности воды. Применение дополнительных цветных оптических и радиоэлектронных камер наблюдения компенсирует недостатки данных систем поиска возгорания.

Алгоритмы нейронных сетей, применяемые для определения возгорания

В анализе изображений широко используются свёрточные нейронные сети, их математические алгоритмы и производные от них. Этот тип нейронных сетей эффективно использует вычислительные ресурсы ЭВМ, показывает высокую точность выделения искомым объектов на изображении.

Работа свёрточной нейронной сети представляет собой переход от частей особенностей изображения к абстрактным деталям, и при увеличении количества слоев, все более к

абстрактным деталям. В данных условиях нейронная сеть самонастраивается, вырабатывает собственную иерархию абстрактных признаков (иногда целую последовательность признаков), фильтруя маловажные детали и выделяя существенное.

В литературе [Вычерова, [www...](#)] отображено использование таких нейронных сетей как YOLOv2, YOLOv3 и собственная R-CNN нейронная сеть.

Эффективность обнаружения искомых объектов на изображении для данных сетей составляет более 90%, при этом для нахождения события возгорания в видеопотоке в таких сетях требуется от 5ти до 20ти секунд, в случае радиоэлектронной системы с одной камерой видеонаблюдения [Проворов, [www...](#)]. Такой промежуток времени также отлично подходит при использовании дронов, управляемых по радиоканалу, при поиске признаков огня, но не применяется в радиоэлектронных системах, в составе которых есть большое количество камер. В большинстве случаев к таким радиоэлектронным системам относятся системы с использованием стационарных оптических и радиоэлектронных камер. В таких системах время определения признаков возгорания будет уменьшаться пропорционально увеличению количества камер, входящих в данную радиоэлектронную систему. Данное замечание действует в случае подачи неизменного изображения в нейронную сеть. Время обнаружения не будет изменяться, если снизить качество изображения. В данном случае уменьшается чувствительность обнаружения, т.к. у нейронных сетей существует размер минимального разрешения изображения при котором нейронная сеть способна различить признаки возгорания, что отмечено в источнике [Видеодетектор огня, [www...](#)].

Делая вывод к предыдущему абзацу, можно отметить, что необходимы методы и алгоритмы увеличения эффективности применения вычислительных ресурсов ЭВМ. Одним из путей решения существующей задачи может являться применение к обработке изображения принципа работы стандарта сжатия видеопотока MPEG, говорящего о том, что разница между двумя соседними кадрами, поступающими из камер радиоэлектронной системы, является минимальной. При применении данного стандарта к системам со стационарными камерами, можно сделать вывод, что между двумя кадрами разница в цветовом составе будет минимальной и при появлении возгорания на графиках состава изображения будет видно резкое изменение колориметрического состава изображения [Кузьменко, 2022].

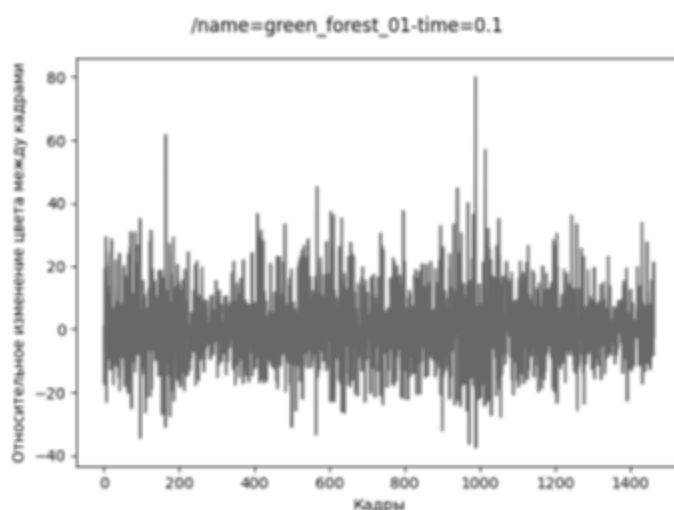


Рисунок 1 – Кривая изменения совокупности цветов в сравнении двух кадров, взятых с периодом 0,1 секунда

Алгоритмы анализа колориметрического состава получаемых изображений в видеопотоке

При проведении анализа получаемого видеопотока изображений на колориметрический состав брались 20 видеороликов длительностью по 5 минут. В каждом случае, при проведении анализа, длительность кадра составляла для разностных изображений (когда из следующего кадра вычитался предыдущий) 0,5 секунд. Разрешения взятых видео составило 480x360. Количество пикселей – 172 800.

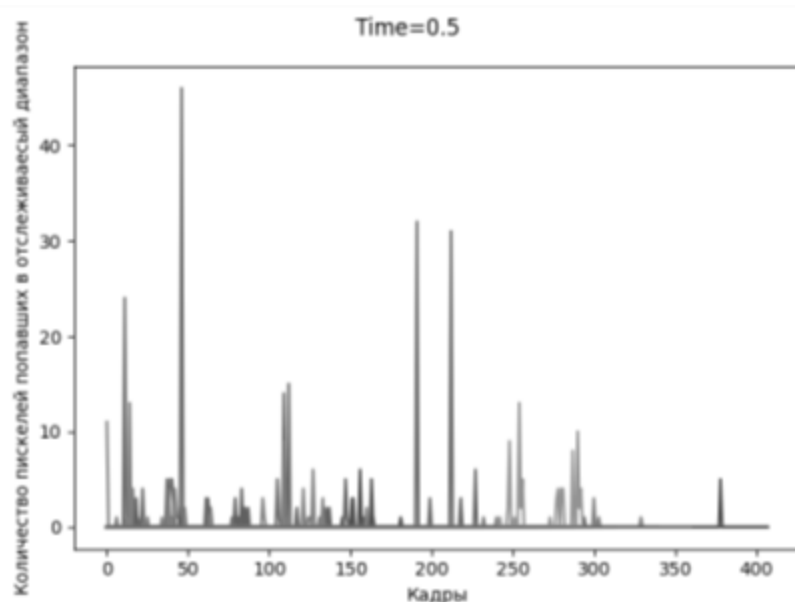


Рисунок 2 – Функциональное изменение совокупности отслеживаемых цветов в 20ти видеопотоках между кадрами, взятыми через каждые 0,5 секунд

В приведенной зависимости кадров отображается разница в колориметрическом составе между двумя кадрами. Она составляет не более 10 пикселей, при условии, что время анализа одного кадра с использованием алгоритмов отслеживания состава изображения составляет на языке Python в районе нескольких миллисекунд, то можно сделать вывод, что при применении такого алгоритма можно значительно повысить скорость обнаружения признаков возгорания и при этом снизить требования к вычислительной мощности вычислительного устройства.

По полученным данным был проведен фрактальный анализ результатов. На следующем рисунке показан пример изменения количества огненных цветов в зависимости от количества кадров.

На следующем рисунке приводится пример изменения показателя Херста для ряда полученных огненных цветов.

Как следует из примера, процесс изменения огненных цветов характеризуется антиперсистентностью — любая тенденция смены цвета стремится изменяться на противоположную.

Полученные результаты говорят о том, что число выполненных проверок за 10 секунд увеличилось на 25%, при 20ти секундах на 20%, соответственно нейронная сеть отзывалась нечасто. Серьезный разрыв в полученных результатах отображается в использовании более

мощных нейросетевых методов поиска возгорания, которые используют и рекуррентные нейронные сети (сети с памятью).

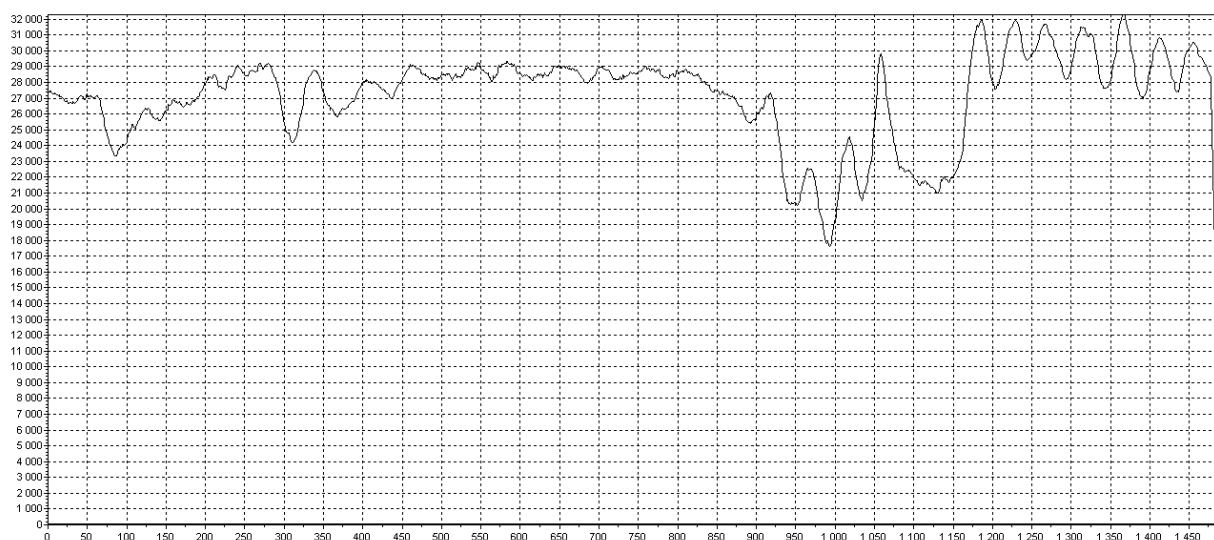


Рисунок 3 – Изменение количества огненных цветов в зависимости от количества кадров

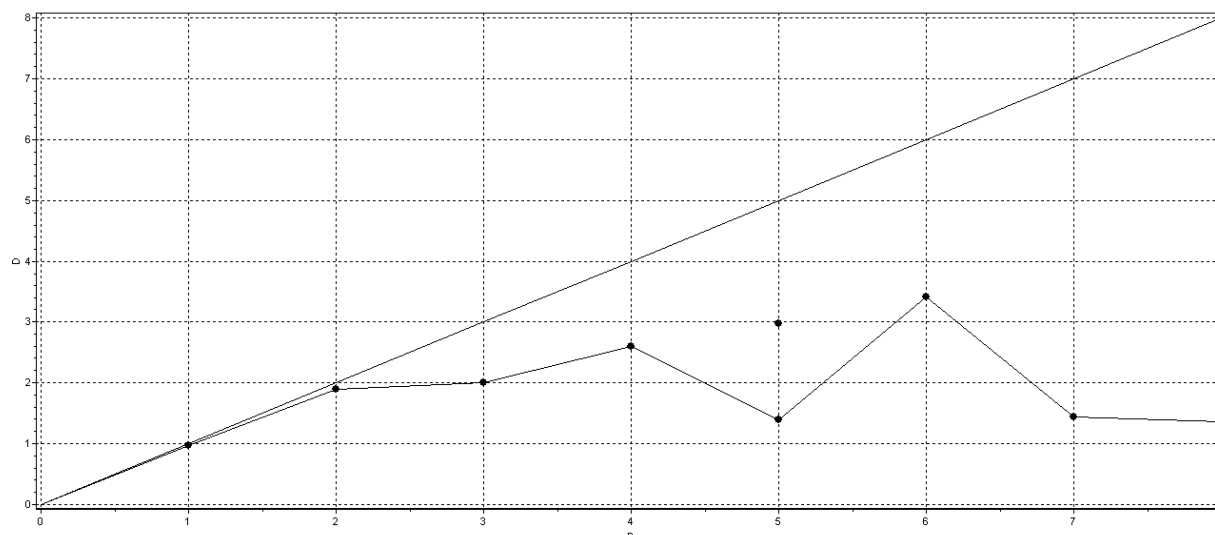


Рисунок 4 – Пример изменения показателя Херста для ряда полученных огненных цветов

Таблица 1 - Результаты сравнения работы программы с использованием чистой свёрточной нейронной сети и с использованием колориметрического модуля и свёрточной нейронной сети

Тип опыта	По прошествии 10 секунд	По прошествии 20 секунд
Без колориметрического модуля	8	15
С колориметрическим модулем (увеличение «огненных цветов 5%)	10	18

Заключение

В заключении рассмотрим следующие итоги. В стационарных радиоэлектронных системах поиска возгорания существует возможности использования предварительной подготовки изображений к анализу, что применяется для увеличения результативности в поиске событий возгорания и экономии ресурсов ЭВМ. Апробация алгоритмов, применяемых в системах сжатия видеопотока изображений в стандарте MPEG относительно радиоэлектронных систем поиска возгорания является возможностью увеличения результативности работы систем поиска возгорания. Различие в колориметрических составах двух соседних изображений, отобранных с необходимым периодом (в конкретике - 0,5 секунд) является 0,006%, что можно использовать в системах поиска возгорания с целью повышения эффективности. Процесс изменения огненных цветов характеризуется антиперсистентностью.

Библиография

1. Факундо, С. Проект «Прометей»: поиск пожаров с помощью ИИ [Электронный ресурс] / С. Факундо // Хабр – URL: <https://habr.com/ru/company/nix/blog/441620/>
2. Вычерова, Н. Р. Разработка системы раннего обнаружения лесных пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта [Электронный ресурс] / Н. Р. Вычерова, Е. А. Будевич, А. Э. Беляев // Resources and Technology. – 2022. – №19 (4). – С.85-101. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-rannego-obnaruzheniya-lesnyh-pozharov-s-ispolzovaniem-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-i-iskusstvennogo/viewer>
3. Проворов, Е. Определение возгораний на ранней стадии по видеосъемке с помощью нейросетей [Электронный ресурс] / Е. Проворов – URL: https://neural-university.ru/projects/evgeniy_provorov
4. Видеодетектор огня [Электронный ресурс] / Хабр – URL: https://habr.com/ru/company/etmc_exponenta/blog/590671/
5. Дамдынчап, Ч.А. Применение нейронных сетей для распознавания дыма и пожара на изображениях [Текст] / Ч.А. Дамдынчап, А.А. Шарапов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т7, №2. – С.38-43
6. Кузьменко, А.А. Применение колориметрии в нейросетевых методах определения возгорания в лесных массивах / А.А. Кузьменко // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2022. – Т.25, №3. – С.82-85.

Opportunities for Neural Network Analysis of Fire Scene Images: Optimization Aspects

Aleksandr A. Kuz'menko

PhD in Technical Sciences,
Samara State Technical University,
443100, 244 Build. 8, Molodogvardeyskaya str., Samara, Russian Federation;
e-mail: Alexandr291294@mail.ru

Vyacheslav A. Machikhin

PhD in Technical Sciences,
Samara State Technical University,
443100, 244 Build. 8, Molodogvardeyskaya str., Samara, Russian Federation;
e-mail: vmachihin@mail.ru

Abstract

In current conditions, neural networks are widely used in many systems, significantly improving data processing efficiency. Additionally, neural networks allow the introduction of new algorithms into the mathematical apparatus of radio engineering systems, replacing classical ones that are difficult to implement or unavailable in these systems. This article discusses the application of neural networks in fire detection systems, which enhances their effectiveness. Existing fire detection systems are presented, and algorithms for using neural networks to analyze images obtained from radio-electronic systems are proposed. The methodology proposed by the authors reduces technical requirements for computational resources by utilizing colorimetry in radio-electronic devices and the principles of the MPEG video stream compression standard. Special attention is paid to fractal analysis of the obtained results, which improves the accuracy of fire detection and reduces the number of false alarms. The article also discusses the possibilities of using neural networks for detecting fire and smoke, making the system more universal and efficient. The practical significance of the research lies in the development of a methodology that can be integrated into existing fire detection systems, increasing their accuracy and reducing computational resource costs.

For citation

Kuz'menko A.A., Machikhin V.A. (2024) Vozmozhnosti analiza neironnymi setiami izobrazhenii mest vozgoraniia: aspekty optimizatsii [Opportunities for Neural Network Analysis of Fire Scene Images: Optimization Aspects]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 14 (11A), pp. 659-665. DOI: 10.34670/AR.2024.54.22.068

Keywords

Application of colorimetry in radio-electronic devices, neural networks, fire detection, smoke detection, fire detection efficiency, fractal analysis.

References

1. Facundo, S. Prometheus project: search for fires using AI [Electronic resource] / S. Facundo // Habr – URL: <https://habr.com/ru/company/nix/blog/441620/>
2. Vycherova, N. R. Development of a forest fire early detection system using Unmanned aerial vehicles and artificial intelligence [Electronic resource] / N. R. Vycherova, E. A. Budevich, A. E. Belyaev // Resources and Technology. – 2022. – №19 (4). – C.85-101. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-sistemy-rannego-obnaruzheniya-lesnyh-pozharov-s-ispolzovaniem-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-i-iskusstvennogo/viewer>
3. Provorov, E. Determination of fires at an early stage by videography using neural networks [Electronic resource] / E. Provorov – URL: https://neural-university.ru/projects/evgeniy_provorov
4. Video fire detector [Electronic resource] / Habr – URL: https://habr.com/ru/company/etmc_exponenta/blog/590671/
5. Damdynchap, C.A. Application of neural networks to recognize smoke and fire in images [Text] / C.A. Damdynchap, A.A. Sharapov // *Interekspo Geo-Sibir'* – vol.7, №2. – p.38-43
6. Kuzmenko, A. A. Application of colorimetry in neural network methods of fire detection in woodlands [Text] / A. A. Kuzmenko // *Physics of Wave Processes and Radio Systems*. – 2022. – T.25, №3. – P.82-85