

УДК 004.891.3

**Н.В. Лаптев, В.В. Лаптев**  
Томский национальный исследовательский  
политехнический университет, г. Томск

## **ОБНАРУЖЕНИЕ ПОЖАРООПАСНЫХ УЧАСТКОВ НА КАДРАХ ВИДЕОРЯДА ПОСРЕДСТВОМ КЛАССИФИКАЦИИ**

В данной статье рассмотрены аспекты обнаружения области возгорания на кадрах видеоряда путем разбиения изображения на блоки и их классификации. В качестве решения мы предлагаем использовать классификатор на основе сверточной нейронной сети с долговременной памятью(LSTM). В статье продемонстрированы архитектура нейронной сети и результаты апробация модели на реальных данных. Полученные результаты демонстрируют, что применение классификатора на основе сетей LSTM позволяет достигнуть высокой точности обнаружения дыма на кадре.

**Ключевые слова:** классификация; обнаружение; анализ видеоряда; нейронные сети; предварительно бученная модель, сети долгой краткосрочной памяти.

**N.V. Laptev, V.V. Laptev**  
Tomsk national research polytechnic university, Tomsk

## **ENGINE TEST AUTOMATION**

This article discusses the aspects of detecting a fire area on video footage by dividing the image into blocks and classifying them. As a solution, we propose to use a long short-term memory convolutional neural network (LSTM) classifier. The article demonstrates the architecture of a neural network and the results of testing the model on real data. The results obtained demonstrate that the use of a classifier based on LSTM networks allows achieving high accuracy of smoke detection in a frame.

**Keywords:** classification; detection; video analysis; neural networks; transfer learning; long short-term memory networks.

**Введение.** Пожары причиняют колоссальный ущерб для окружающей среды во всем мире. Они влекут за собой гибель людей, порчу имущества, становятся настоящими стихийными бедствиями. Для предотвращения таких последствий необходимо своевременное обнаружение возгорания и принятие соответствующих мер.

Мы повседневно сталкиваемся с системой обнаружения пожаров в виде датчиков огня и дыма. Они широко используются в помещениях и обычно требуют, чтобы огонь горел в течение некоторого времени, чтобы образовалось большое количество дыма, а затем сработала сигнализация. Кроме того, эти устройства не могут быть развернуты на открытом воздухе в больших масштабах, например, в лесу.

Для успешной борьбы с пожарами используют множество различных средств, таких как: снимки со спутника, использование беспилотных летательных аппаратов, использование стационарных камер видеонаблюдения.

Существует большое количество решений по детектированию пожароопасных объектов с использованием беспилотных летательных аппаратов, в том числе и с использованием алгоритмов машинного обучения [1-2]. Но у данного решения имеется ряд недостатков, таких как: постоянный контроль беспилотного летательного аппарата, дозаправка или подзарядка. В данной работе мы рассматриваем систему наземного видео мониторинга, с использованием стационарных камер, расположенных в лесном массиве.

Система обнаружения пожара на основе технического зрения анализирует изображения с камер и своевременно определяет возгорание, что делает их пригодными для раннего оповещения возникновения пожара. Данные системы наиболее экономически эффективны и могут непрерывно следить за огромными площадями лесных массивов, что делает их наиболее востребованными, чем прочие решения. В данной статье авторами предлагается метод обнаружения пожара на основе компьютерного зрения, который может работать со стационарными камерами.

Система видеонаблюдения на основе камеры может контролировать указанную территорию в реальном времени с помощью обработки видео. Когда система реагирует на пожароопасный объект, она отправляет изображение с вероятной областью возгорания администратору, а администратор, в свою очередь, принимает решение на основе полученного кадра.

Jareerat Seebamrungsat [3] вместе с командой в своей работе предлагают метод, основанный на комбинации HSV и YCbCr цветовых моделях. Система требует дополнительного преобразования цветового пространства, что действительно лучше, чем использование одного метода цветового пространства, но их работа использует только статические характеристики пламени, что может негативно сказаться на конечной точности обнаружения.

Chen and Huang [4] предложили использовать гауссовскую модель для моделирования HSV цветовой модели и анализировать временные и пространственные факторы возгорания, но модель гауссовой смеси требует большого времени расчета, а анализ является нечетким.

Нап и его команда [5] использовали обнаружение движения на основе многоцветовой и Гауссовой модели и получили хорошие экспериментальные результаты. Однако, поскольку гауссовские и цветовые модели требуют большого количества вычислительного времени, их нельзя применить к реальным данным.

Исследователи из Санкт-Петербурга Александров Д., Пертсева Е. и др. [6]. достигли высокого качества обнаружения на тестовых данных используя в основе методы машинного обучения, в частности технологию “object detection”, но данная технология также требует весомого количества расчетного времени.

При решении поставленной задачи мы опираемся на два критерия: точность обнаружения и время необходимое для обработки, так как областью решения задачи выступает лесной массив огромной площади, что предполагает большое количество параллельных вычислений. В данной статье будет рассмотрено решение на основе разбиения изображения на равные блоки и их классификации. Данный подход является более простым и менее ресурсоемким относительно, например, задачи регрессии.

Отличительной особенностью подхода, предлагаемого авторами относительно аналогов, использование подхода обнаружения на основе классификации участков кадра с учетом динамики.

**Подход.** Идея работы в следующем: исходный видеоряд разбивается на кадры последовательности. Из полученной последовательности выбираются кадры в количестве  $n$  единиц с равными временными интервалами, так чтобы охватить временной интервал всего полученного видеоряда. Кадр последовательности разбивается на части, для этого мы проходим по нему «окном» меньшего размера от левого верхнего угла к нижнему правому углу с шагом, в двое меньшим размера окна. Тем самым получаем на выходе набор участков кадра, пересекающихся друг с другом. После чего мы подаем участки одной позиции с  $n$  кадров последовательности на нейронную сеть. Результат работы сети имеет решение: если на изображении имеется одна или несколько областей класса «Пожар», то она направляется оператору. Если области одного класса пересекаются, то они объединяются в одну.

**Исследование.** В качестве модели выделения признаков дыма мы используем модель машинного обучения распознавания изображений InceptionV3 [7] при обучении на наборе данных, состоящем из изображений дыма от пожаров, а также кадров съемки лесного массива. Другие исследователи [8] также отметили, что сети на основе Inception лучше работают при обнаружении дыма. Модель принимает на вход 5 изображений размером  $64 \times 64 \times 3$  пикселя. Для обучения была использована предварительно обученная модель на изображениях ImageNet, что показывает результат лучше, чем обучение модели с нуля, а также занимает меньше времени. Авторами было собрано около 5000 уникальных изображений с дымом. Для предотвращения переобучения нейронной сети в следствии небольшого объема обучающей выборки был разработан алгоритм по увеличению данных, учитывающий последовательность кадров. Алгоритм приносит такие изменения, как: поворот изображения, отражение по горизонту, изменение фокусного расстояния, изменение цветовой насыщенности и яркости. В обучающей и тестовой выборке также находятся кадры без дыма, необходимо отметить, что в наборе данных имеются такие сложные случаи, как: туман, капли дождя, облака. С учетом разнообразия погодных условий и времени суток, первые несколько обученных моделей имели очень высокий процент ложных срабатываний. В последующих моделях авторами были выявлены и добавлены в обучающую выборку типичные объекты, не относящиеся к классу «Пожар».

После нескольких итераций авторами была получена модель с хорошей точностью.

**Анализ полученных результатов.** В ходе выполнения работы была разработана архитектура нейронной сети, представленная на рисунке 1. В процессе обучения модели мы экспериментировали с такими параметрами как: количество кадров, подаваемых на вход сети, размер входного тензора (см. таблицу 1–2). Расчет точности работы модели выполнялся согласно следующему правилу:

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

Где *TP (True Positive)* – в кадре обнаружен настоящий дым, *FP (False Positive)* – дыма нет, но есть обнаружение, *TN (True Negative)* – дыма нет, и не нет обнаружения, *FN (False Negative)* – настоящий дым, нет обнаружения. В расчете точности работы участвовало 300 изображений: из них 200 изображений содержат дым и 100 нет.

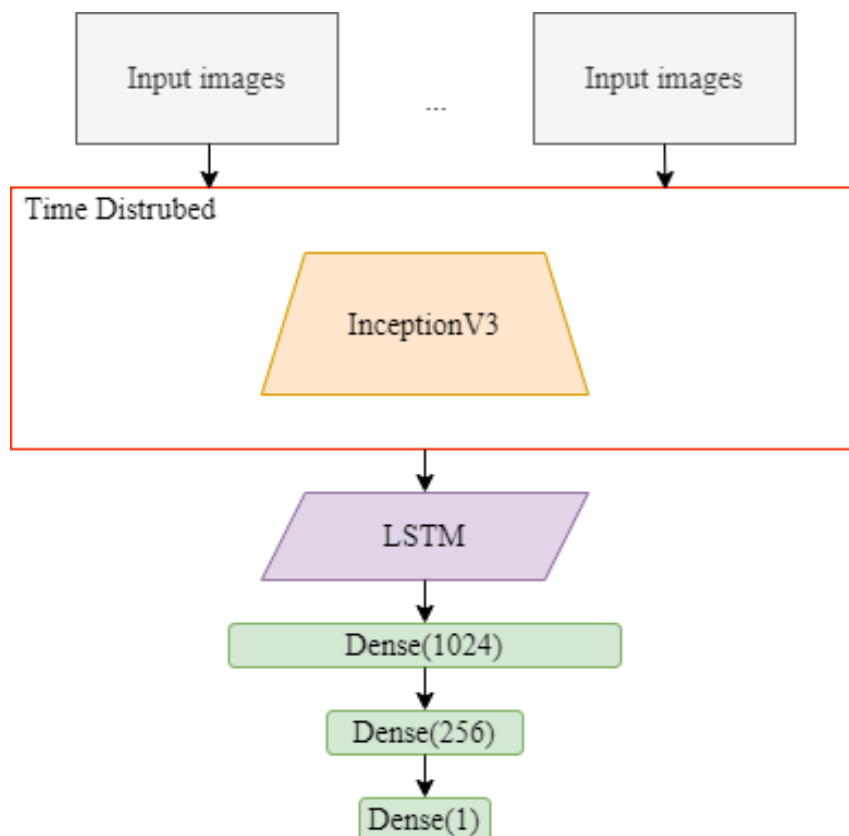


Рисунок 1 – Общая архитектура нейронной сети

Таблица 1 – Результаты экспериментов

Количество обрабатываемых кадров	Размер кадра	Accuracy, %	Time, s
3	28x28	68,98	0,04
	32x32	72,12	0,07
	64x64	75,05	0,11
	128x128	74,33	0,21
5	28x28	79,97	0,06
	32x32	83,21	0,08
	64x64	85,4	0,12
	128x128	85,7	0,25
7	28x28	73,74	0,18
	32x32	75,32	0,30
	64x64	78,5	0,41
	128x128	77,79	0,75
11	28x28	65,74	0,27
	32x32	68,54	0,49
	64x64	70,66	0,98
	128x128	71,03	1,12



Рисунок 2 – Результат работы сети на кадре

**Заключение.** В рамках выполненной работы разработан алгоритм обнаружения пожароопасных объектов: разработана собственная архитектура нейронной сети, базирующаяся на анализе временной составляющей по средствам нейронной сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM), подобраны оптимальные параметры обучения нейронной сети. Проведена апробация модели на тестовой выборке, в результате получена точность работы системы примерно 85,5% (выбран размер входного тензора 5x64x64 по соотношению точность обнаружения к времени обработки).

### Список литературы

1. С. Yuan, Z. Liu and Y. Zhang, " UAV-based forest fire detection and tracking using image processing tech-niques", Proceedings of 2015 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2015, pp. 639–643.

2. G. N. Rao, P. J. Rao and R. Duvvuru,” A drone re-mote sensing for virtual reality simulation system for forest fires: semantic neural network approach”, Proceedings of IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 149, no. 1, 2016, p. 12011.

3. J. Seebamrungsat, S. Praising, and P. Riyamongkol, “Fire detection in the buildings using image processing,” in Proceedings of the 2014 Aird ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC), pp. 95–98, IEEE, Bangkok, Thailand, March 2014.

4. L. Chen and W. Huang, “Fire detection using spa-tial-temporal analysis,” in Proceedings of the World Con-gress on Engineering, pp. 3–5, London, UK, July 2013.

5. X. F. Han, J. S. Jin, M. J. Wang, W. Jiang, L. Gao, and L. P. Xiao, “Video fire detection based on Gaussian mixture model and multi-color features,” Signal, Image and Video Processing, vol. 11, no. 8, pp. 1419–1425, 2017.

6. Alexandrov, D., Pertseva, E., Berman, I., Pantiukhin, I., & Kapitonov, A. (2019, April). Analysis of machine learning methods for wildfire security monitoring with an unmanned aerial vehicle. In 2019 24th Conference of Open Innovations Association (FRUCT) (pp. 3-9). IEEE.

7. Szegedy, C.; Vanhoucke, V.; Ioffe, S.; Shlens, J.; Wojna, Z. Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016.

8. Filonenko, A.; Kurnianggoro, L.; Jo, K. Comparative Study of Modern Convolutional Neural Networks for Smoke Detection on Image Data. In Proceedings of the International Conference on Human System Interactions, Ulsan, Korea, 17–19 July 2017.

### **Сведения об авторах**

**Лаптев Никита Витальевич** – Инженер-исследователь лаборатории дизайна медицинских изделий Томского национального исследовательского политехнического университета (ТПУ), Томск, email: nikitalaptev77@gmail.com

**Лаптев Владислав Витальевич** – магистрант Томского национального исследовательского политехнического университета, Томск, email: vvl39@tpu.ru

### **About the authors**

**Laptev Nikita Vitalievich** - Research Engineer of Medical Devices Design Laboratory, Tomsk National Research Polytechnic University (Tomsk, Russia), email: nikitalaptev77@gmail.com

**Laptev Vladislav Vitalievich** - Graduate student of Tomsk National Research Polytechnic University, Tomsk, email: vvl39@tpu.ru