

## Особенности автоматизации процесса обнаружения пламени по видеопоследовательности в нефтегазовой отрасли

*С.Д. Маркин, Е.Н. Остроух, Н.Н. Венцов*

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** В работе предложен алгоритм распознавания пламени на видеопоследовательности. В качестве предметной области рассматривается нефтегазовая отрасль и её особенности в рамках решаемой задачи. Описаны применяющиеся в настоящее время технические средства для обнаружения пожара, охарактеризованы ограничения в их применении. Упомянуты различные подходы к распознаванию пламени на видеопоследовательности, а так же необходимость их совместного использования для создания надёжной модели обнаружения изображений возгорания в видеопотоке.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, пожарная безопасность, автоматизация, цветовая маска, каскад Хаара, морфологическая эрозия, нефтегазовая промышленность, распознавание пламени, пожарная автоматика, видеопоследовательность, покадровый анализ.

### Введение

Тенденции последних лет демонстрируют поражающие воображение возможности стремительное внедрение интеллектуальных систем, проявляющиеся не только в процессах хозяйствования, но и в возможности автоматизированного принятия решений. «Искусственный интеллект», пусть и «слабый», (что означает в соответствующей терминологии направленность на решение конкретной задачи [1]) уже позволяет решать многие задачи, среди которых: кластеризация, аппроксимация, распознавание образов, выявление аномалий и многие другие, без участия человека. Спектр применения этих технологий весьма широк и потенциально охватывает все отрасли промышленности, не только с точки зрения выполнения основных задач производства (планирование производства, предикативные меры по обслуживанию оборудования для предотвращения его выхода из строя в процессе производства и другие), но, в том числе, сопутствующих (работа с персоналом, решение задач логистики и прочее). Однако имеются и повсеместно распространённые задачи, требующие автоматизации, в частности – задача обеспечения пожарной безопасности. Одной из наиболее

остро нуждающихся в решении этой задачи сфер является нефтегазовая промышленность.

### **Предметная область**

В нефтегазовой отрасли используется и перерабатывается большое количество горючих и взрывоопасных материалов.

Анализ крупных аварий показывает, что при взрывах больших объёмов парогазовых выбросов разрушению подвергаются не только здания и сооружения самих производственных объектов, но и близлежащих объектов. Создаются значительные трудности локализации аварий, а традиционные технические средства по их предупреждению оказываются малоэффективными.

Особенностью предприятий по добыче и подготовке газа является то, что все основные здания и сооружения являются взрывоопасными, а технологические процессы контролируются малым количеством персонала (как правило, 3 - 5 человек). Более того, в последнее время разрабатываются технологии без участия людей. Например, в условиях Заполярья, где сейчас осваиваются наиболее перспективные месторождения, площадки по добыче и подготовке газа удалены от центра управления и аварийно-спасательных формирований на несколько десятков километров.

Постоянный мониторинг пожароопасных ситуаций – это возможный путь к обеспечению безопасности, который позволяет обосновать оптимальные решения, призванные эффективно реализовать решения в области обеспечения пожарной безопасности.

При определении расходов на обеспечение пожарной безопасности необходимо выдерживать ту, «золотую середину», когда затраты на обеспечение пожарной безопасности, гарантируют возврат дополнительных расходов благодаря уменьшению потерь от пожаров.

Для выработки решений по локализации чрезвычайных ситуаций требуются технические средства обнаружения.

### **Применяющиеся технические средства**

В настоящее время в сфере пожарной безопасности для обнаружения пожара с целью его дальнейшего устранения, а также оповещения о случившемся людей, которые могут пострадать в результате неконтролируемого горения и сопутствующих факторов используются соответствующие датчики [2].

Извещатели пожарной сигнализации – это технические средства, определяющие изменения параметров окружающей среды (химического состава воздуха, тепла, света, задымления) и реагирующие на них путем передачи электрического импульса [3].

В зависимости от того, какой именно параметр окружающей среды сканирует чувствительный сенсор извещателя, различают следующие задачи пожарной сигнализации:

1. Обнаружение задымления посредством использования соответствующих извещателей. Дымовые извещатели пожарной сигнализации не могут использоваться в производственных помещениях со значительным запылением.

2. Обнаружение пламени – осуществляется с помощью датчиков температуры (извещателей температуры) и извещателей пламени.

Извещатели пламени призваны обеспечить выявление пожара ещё до повышения в помещении температуры, а так же появления достаточного количества дыма для срабатывания соответствующего извещателя, что является основным преимуществом их применения. Обычно используются на различных производствах, где по техническим причинам нельзя установить дымовые и тепловые детекторы [4]. В зависимости от типа обнаруживаемого излучения извещатели пламени делятся на:

- инфракрасные – реагируют на лучистое тепло, а не на повышение температуры, как тепловые детекторы;
- ультрафиолетовые – являются довольно дорогостоящими приборами. Их использование оправдано, если в помещении эксплуатируется оборудование, генерирующее конвекционные тепловые волны;
- электромагнитные – применяются если использование первых двух разновидностей технически невозможно;
- комбинированные – используются довольно редко и только в помещениях, к которым предъявляются особые требования пожарной безопасности.

Как правило, объединяют температурный сенсор с детектором задымления. Они устанавливаются в качестве автоматического пуска для систем автоматизированного пожаротушения. Проверка по двум параметрам дает возможность предотвратить ложные срабатывания. Установка извещателей пламени рекомендуется в помещениях, где вероятно возникновение очага возгорания без первичного дымообразования.

### **Проблема исследования**

Казалось бы большое количество различных типов пожарных извещателей способно решать задачу оперативного обнаружения возгорания и задействовать средства для его локализации или ликвидации. Но проблема заключается в том, что действующие нормативные правовые акты предусматривают оборудование пожарной сигнализацией помещений и все автоматические извещатели рассчитаны на применение именно в закрытых помещениях. На территории предприятия могут быть установлены ручные пожарные извещатели, что предполагает постоянное наличие там людей.

Для решения описанной проблемы предлагается использовать видео, поступающее с камер видеонаблюдения. Раскладывая видеопоток на

---

последовательность кадров, рациональным представляется использование нескольких подходов к распознаванию пожара:

- посредством использования каскада Хаара – в таком случае распознавание осуществляется путём выделения контуров на каждом кадре и обнаружения определённых паттернов. В данном случае, для повышения надёжности модели целесообразным будет выделение двух задач распознавания для определения наличия пожара на кадрах видео. В частности: определение наличия дыма, а так же определение наличия пламени на соответствующем кадре. Таким образом, при создании соответствующей конфигурации модели станет возможным выявление пожара ещё до появления открытого возгорания [5]:

- посредством цветодетекции – определение наличия пламени на кадрах видео на основе цветовых масок с учётом пороговых значений [6], а так же особенностей нефтегазовой отрасли;

- посредством выявления «аномалий» для кадров определённой видеокамеры – трудоёмкий процесс обучения модели (на основе нейронной сети) предполагает получение возможности определения кадров, не типичных для определённой видеокамеры [7]. Процесс обучения модели в таком случае будет основываться на сборе некоторой статистики – видео с каждой видеокамеры при различных обстоятельствах – в разное время суток, время года, в условиях различных погодных условий, а так же при наличии и отсутствии на кадрах видео событий и участников, что будут определять типичные для данной видеокамеры кадры;

- посредством выделения и анализа динамической составляющей пламени.

На рис.1 представлена схема модели обнаружения пожара.

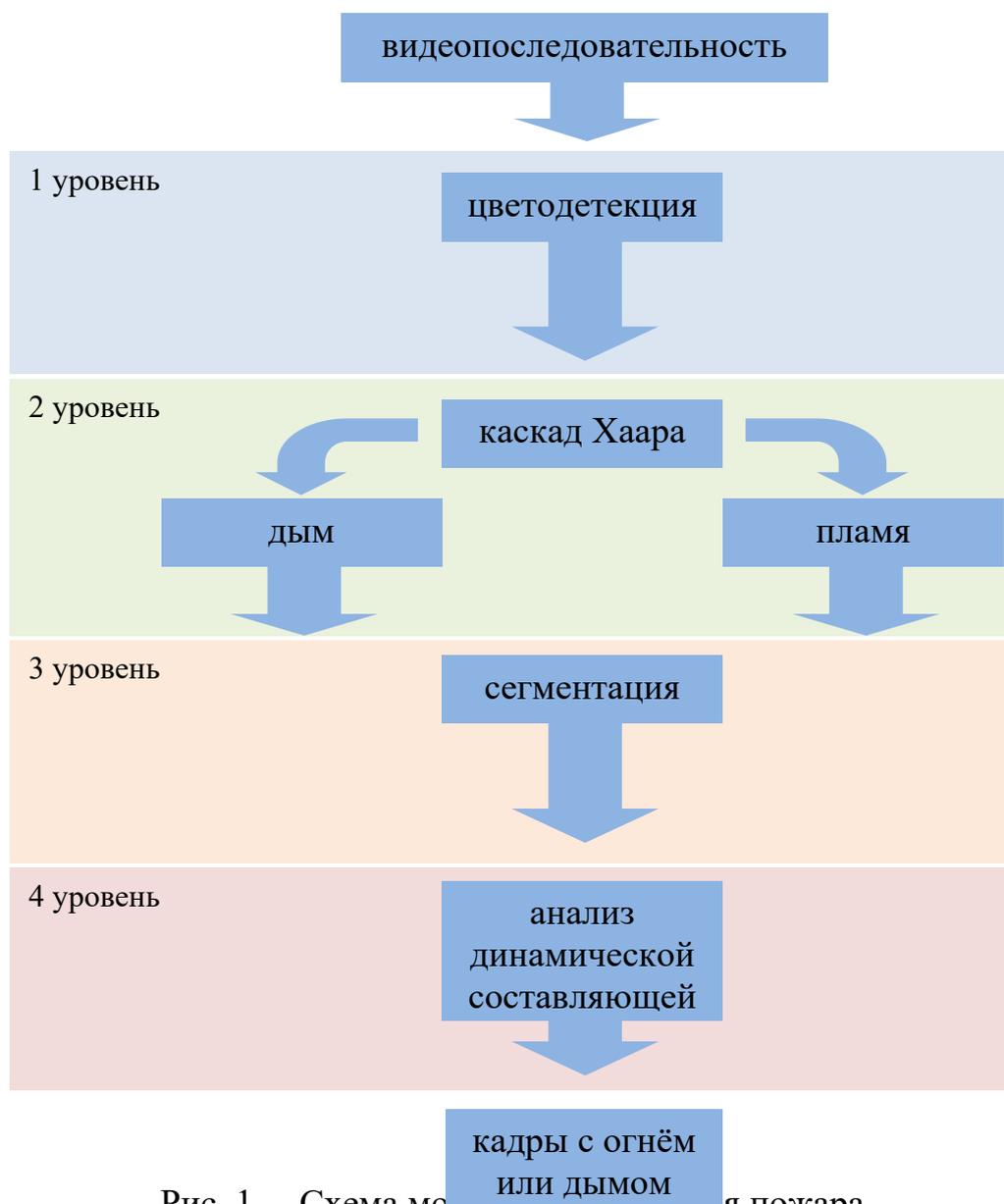


Рис. 1. – Схема модели обнаружения пожара

Существующие решения [8, 9, 10] осуществляют анализ динамической составляющей пламени на первом этапе своей работы, что приводит к избыточному потреблению вычислительной мощности поскольку вместо того чтобы осуществлять мониторинг лишь области пожара, анализу поддаётся весь кадр целиком. Кроме того, динамика большого количества движущихся объектов на фоне кадров видеопоследовательности приводит к минимальному отсеиванию изображений, которые не будут участвовать в

дальнейшем анализе. Далее осуществляется цветовой анализ кадров на основе их сопоставления с определёнными правилами, например:

$$R > G \geq B \quad (1)$$

$$R > RT \quad (2)$$

$$S \geq \frac{(255 - R) \times ST}{RT} \quad (3)$$

Здесь  $RT$  является пороговым значением канала  $R$ .  $S$  обозначает насыщенность пикселя.  $ST$  в правиле (3) соответствует насыщенности при условии, что  $R$  является  $RT$  для соответствующего пикселя. Первые два правила (1) и (2) гарантируют, что значение канала  $R$  является большим по сравнению с другими объектами. Однако, необходимо учитывать особенности пламени, возникающего в нефтегазовой отрасли.

Последний этап анализа учитывает эффект мерцания пламени и его форму [8-10].

В отличие от существующих решений, предложенная модель, постепенно отсеивая кадры, на которых отсутствуют элементы и особенности пожара, таким образом, повышает свою производительность. Так, один из наименее требовательных к вычислительной мощности относительно прочих алгоритм цветодетекции отфильтровывает кадры, на которых не обнаружено совпадений с цветовыми масками (1 уровень на рис. 1). Второй уровень анализа предполагает работу модели, построенной на основе каскадов Хаара. Здесь функциональность разделяется на задачи распознавания дыма и пламени (2 уровень на рис. 1). На данном этапе по каждому кадру видеопоследовательности перемещается окно определённого размера. Для каждого текущего окна рассчитывается признак Хаара (по формуле 4), на основе которого осуществляется поиск искомого объекта.

$$feature = \sum_{i \in I=1, \dots, N} w_i \cdot RectSum(r_i) \quad (4),$$

где для каждой подобласти определённый вес и значения признака можно вычислять как взвешенную сумму пикселей разнотипных областей.

На основе результата работы второго уровня модели осуществляется выделение блоков (зон) пожара – искомые объекты сегментируются на третьем уровне модели (3 уровень на рис. 1). Далее именно в рамках выделенных сегментов будет осуществляться дальнейший анализ без учёта фона, что повысит производительность модели, а так же минимизирует количество ложных срабатываний.

Последний этап обработки кадров видеопоследовательности (4 уровень на рис. 1) призван предотвратить ложные срабатывания модели в случае, если какой-либо объект фона будет похож по цвету и форме на искомый объект, путём анализа динамической составляющей сегментов, выделенных на предыдущем этапе.

Таким образом, предлагаемая модель обеспечит комплексный анализ видеопоследовательности на предмет наличия пожара.

### **Заключение**

В работе предложена модель распознавания пламени на видеопоследовательности. В основе модели лежит комбинация различных подходов к решению задачи распознавания пожара, направленных на различные аспекты при обнаружении пламени: алгоритма для выделения контуров и поиска соответствующих паттернов огня и дыма на основе каскада Хаара; алгоритма учитывающего динамическую составляющую пламени, а так же алгоритма цветодетекции.

*Работа выполнена при поддержке грантов: 19-01-00357, 18-01-00314.*

## Литература

1. Взлёт искусственного интеллекта: будущие перспективы и возникающие риски. // Allianz global corporate & specialty. URL: [allianz.ru/ru/stuff/Взлет%20искусственного%20интеллекта.pdf](http://allianz.ru/ru/stuff/Взлет%20искусственного%20интеллекта.pdf) (дата обращения 14.05.2019).
  2. Viegas Domingos X. Extreme fire behaviour. Forest Management: Technology, Practices and Impact, 2012. 56 p. URL: [adai.pt/docs/Papers\\_CEIF/2012\\_Extreme%20fire%20behaviour.pdf](http://adai.pt/docs/Papers_CEIF/2012_Extreme%20fire%20behaviour.pdf) (дата обращения 06.05.2019).
  3. Жилин О.И Автоматические установки пожарной сигнализации // Пожарная безопасность. 2007. №6 (18). С. 29-37.
  4. Благородова Н.В., Замятин А.А. Автоматизированная система моделирования и расчета противопожарных расстояний между зданиями // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 2). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1332](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1332).
  5. Белых Е.А. Обучение каскадов Хаара // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. 2017. №1 (22). С. 41-53.
  6. Явна Д.В. Компьютерное моделирование зрительных механизмов группирования, избирательных к пространственным модуляциям контраста // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2009](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2009).
  7. Chandola V., Banerjee A., and Kumar V. Anomaly detection: A Survey. ACM Comput. Surv, 2009. vol. 41, № 3, pp. 1-58.
  8. Минин И.В., Логачев В.Г. методика обнаружения возгорания с использованием цифровой обработки изображения // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 6-2. – С. 299-307. URL: [fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40414](http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40414).
-

9. Лукьяница А.А., Шишкин А.Г. Блочно-текстурный метод выделения дыма на видеоизображениях. // GraphiCon 2007 Proceedings, Научное общество GraphiCon, 2007. URL: [graphicon.ru/html/2007/proceedings/Papers/Paper\\_69.pdf](http://graphicon.ru/html/2007/proceedings/Papers/Paper_69.pdf) (дата обращения 17.05.2019).
10. Денисов М.С., Кожевин А.С., Чалый Е.С. Распознавание источников открытого огня на ранних стадиях пожара с помощью видеодетектора // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, 2014. №1(5). С.93-94. URL: [cyberleninka.ru/article/v/raspoznvanie-istochnikov-otkrytogo-ognya-na-rannih-stadiyah-pozhara-s-pomoschyu-videodetektora](http://cyberleninka.ru/article/v/raspoznvanie-istochnikov-otkrytogo-ognya-na-rannih-stadiyah-pozhara-s-pomoschyu-videodetektora) (дата обращения 17.05.2019).

### References

1. Vzlyot iskusstvennogo intellekta: budushchie perspektivy i vznikayushchie riski [Rise of artificial intelligence: future prospects and emerging risks]. URL: [allianz.ru/ru/stuff/Vzlet%20iskusstvennogo%20intellekta.pdf](http://allianz.ru/ru/stuff/Vzlet%20iskusstvennogo%20intellekta.pdf) (accessed 2019/05/04)
2. Extreme fire behaviour. URL: [adai.pt/docs/Papers\\_CEIF/2012\\_Extreme%20fire%20behaviour.pdf](http://adai.pt/docs/Papers_CEIF/2012_Extreme%20fire%20behaviour.pdf) (accessed 2019/05/06).
3. Zhilin O.I. Pozharnaya bezopasnost'. 2007. № 6 (18). pp. 29-37.
4. Blagorodova N.V., Zamyatin A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4 (p.2). URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1332](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1332).
5. Belyh E.A. Vestnik Syktyvkarskogo universiteta. 2017. №1 (22). pp. 41-53.
6. Yavna D.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2009](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2009).
7. Chandola V., Banerjee A., and Kumar V. Anomaly detection: A Survey. 2009. Vol. 3 No. 15, P. 58.



8. Minin I.V., Logachev V.G. Fundamental'nye issledovaniya, 2016, № 6-2. URL: [fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40414](http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=40414).
9. Luk'yanica A.A., Shishkin A.G. Blochno-teksturnyj metod vydeleniya dyma na videoizobrazheniyah. [Block-textural method for smoke emission in video images]. URL: [graphicon.ru/html/2007/proceedings/Papers/Paper\\_69.pdf](http://graphicon.ru/html/2007/proceedings/Papers/Paper_69.pdf) (accessed 2019/05/17).
10. Denisov M.S., Kozhevnikov A.S., Chalyj E.S. Raspoznavanie istochnikov otkrytogo ognya na rannih stadiyah pozhara s pomoshch'yu videodetektora [Recognition of open fire sources in the early stages of a fire using a video detector]. URL: [cyberleninka.ru/article/v/raspoznavanie-istochnikov-otkrytogo-ognya-na-rannih-stadiyah-pozhara-s-pomoschyu-videodetektora](http://cyberleninka.ru/article/v/raspoznavanie-istochnikov-otkrytogo-ognya-na-rannih-stadiyah-pozhara-s-pomoschyu-videodetektora) (accessed 2019/05/17).