

УДК 004.832

DOI: 10.46548/21vek-2021-1054-0035

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

© 2021

Андреев Андрей Викторович, кандидат военных наук, директор Высшей школы техносферной безопасности
Доронин Александр Сергеевич, аспирант, ассистент Высшей школы техносферной безопасности

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
(195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29,
e-mails: adnreev_av@spbstu.ru, doronin_as@spbstu.ru)*

Аннотация. Системы пожарной сигнализации являются одним из важнейших технических элементов обеспечения пожарной безопасности. В свою очередь в мировой практике нормативно закреплено требование обеспечения пожарной безопасности не только как важнейшей задачи государства, но и обязанность каждого руководителя, отвечающего за конкретный объект. В Российской Федерации законодательно определено понятие «объект защиты», при этом нормативно установлены меры по обеспечению пожарной безопасности на каждом объекте защиты. Исходя из этих требований практически на всех объектах защиты должны быть оборудованы системами пожарной сигнализации. Как любая техническая система защиты, система пожарной сигнализации характеризуется понятиями «надежность» и «живучесть». Под надежностью понимают: достоверное обнаружение возгорания на начальной стадии развития пожара, а также отсутствие ложных срабатываний. Применительно к системам пожарной сигнализации количество ложных срабатываний в установленный период является весьма актуальным, поскольку снижает доверие к эксплуатации систем. Второй причиной является нанесение ущерба в результате срабатывания систем пожаротушения, в ряде случаев весьма существенного. Таким образом проблема снижения количества ложных срабатываний является актуальной. В настоящее время наибольшее распространение получили системы пожарной сигнализации, работа которой построена на логике нахождения датчиков сигнализации в двух состояниях: «норма» и «пожар». Пожарная сигнализация срабатывает если контролируемый параметр настроенного датчика превышает порог срабатывания. Таким образом возникает проблема установки корректного значения порога срабатывания. Одним из подходов решения данной проблемы, является создание дополнительного, верифицирующего, канала контроля. В данной статье рассматривается вариант использования видеокамер и сверточных нейронных сетей в качестве дополнительного канала получающего информацию о состоянии объекта.

Ключевые слова: пожарная безопасность, нейронные сети, системы пожарной сигнализации, пожар, сверточные нейронные сети (CNN), надежность.

PROSPECTS FOR USING NEURAL NETWORKS TO INCREASE THE RELIABILITY OF FIRE SAFETY SYSTEMS

© 2021

Andreev Andrey Viktorovich, candidate of military sciences,
director of the Higher School of Technosphere Security

Doronin Alexander Sergeevich, postgraduate student, assistant of the Higher School of Technosphere Safety
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

(195251, Russia, St. Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29, e-mails: adnreev_av@spbstu.ru, doronin_as@spbstu.ru)

Abstract. Fire alarm systems are one of the most important elements of technical support for fire safety. In turn, the world practice prescribes the fulfillment of the state fire safety requirements. In the Russian Federation, the concept of "object of protection" is legally defined. Based on these requirements, almost all objects of protection must have a fire alarm system. Like any technical protection system, the fire alarm system exhibits the concepts of "reliability" and "survivability. Reliability is understood as: reliable detection of a fire at the initial stage of fire development, as well as the absence of false alarms. With regard to fire alarm systems, the number of false alarms in a specified period is very relevant, since it reduces the confidence in the operation of the systems. The second reason is damage caused by fire extinguishing systems. Thus, the problem of reducing the number of false positives is urgent. Currently, the most widespread are fire alarm systems, the operation of which is based on the logic of finding alarm sensors in two states: "normal" and "fire". The fire alarm is triggered if the monitored parameter of the configured sensor exceeds the response threshold. Therefore, the problem arises of setting the correct threshold value. One of the approaches to solving this problem is to create an additional, verifying, control channel. This article discusses the use of video cameras and convolutional neural networks as an additional channel for receiving information about the state of an object.

Keywords: fire safety, neural networks, fire alarm systems, fire, convolutional neural networks (CNN), reliability.

Введение. В настоящее время одной из актуальных задач является обеспечение пожарной безопасности, по данным МЧС количество пожаров с начала 2021

года увеличилось на 13% [12]. Эффективное решение данной задачи невозможно без оснащения объектов современными системами пожарной защиты. Нормы

тивно требованиями пожарной безопасности установлено, что система пожарной сигнализации при пожаре должна включаться автоматически, от управляющего сигнала [11]. Современные системы пожарной сигнализации являются достаточно сложными техническими устройствами, для которых неизбежны различные сбои в работе. Исследование проблем корректной работы данных технических устройств, позволяет определять пути проектирования новых, конструктивного улучшения существующих, совершенствования их логики и алгоритмов работы.

Целью работы является поиск технических решений, позволяющих повысить надежность работы систем пожарной сигнализации (СПС), а именно уменьшить количество ложных срабатываний. Актуальность исследования объясняется тревожной тенденцией в области пожарной безопасности, подтверждаемой статистическими данными за 2019 - 2020 годы.

В статье исследуются возможные состояния СПС «норма – пожар» применительно к состоянию объекта защиты «нет пожара – есть пожар», рассматривается переход системы из одного состояния в другое как случайное событие. Исходя из стохастического характера работы системы предлагается для решения задачи снижения количества ложных срабатываний, использовать дополнительный верифицированный канал.

Материалы и результаты исследования. В практике описания структуры систем пожарной сигнализации (СПС) используют термины «надежность» и «живучесть». Под надежностью понимают: обнаружение возгорания СПС с вероятностью, не ниже заданной при возникновении пожара, а также отсутствие ложных срабатываний СПС, т.е. выработкой системой управляющего сигнала при отсутствии пожара. Под живучестью понимают способность СПС функционировать с заданными параметрами, в течение промежутка времени, который необходим для обеспечения безопасности, находящихся на объекте защиты людей, проведения требуемых мероприятий для сохранности материальных средств. Надежность СПС определяется комплексом различных факторов, при этом если современные технологии позволяют реализовать требуемую вероятность обнаружения возгорания на начальном этапе, то снижение вероятности ложных тревог до заданного уровня не всегда реализуемо. Это обусловлено комплексом причин, прежде всего высокой чувствительностью приемного тракта на воздействия различного характера. Актуальность проблемы подтверждается следующими данными по Челябинской области, в 2019 году пожарно-спасательные подразделения более 8 тысяч раз выезжали на ложные срабатывания СПС, установленной в социальных учреждениях и зданиях общественного назначения.

Анализ, сделанный на основании данных, из открытых источников показывает, что причины ложных срабатываний СПС могут быть сведены в четыре условные группы:

– первая группа связана с причинами человеческого фактора (ошибки обслуживающего персонала – 4%, непреднамеренное нарушение изоляции кабельных магистралей – 3%);

– вторая группа связана с влиянием помех природного и искусственного характера, (нахождение посторонних предметов – 4%, потоки воздуха, вызванные работой вентиляции – 4%, электромагнитные наводки в кабельных линиях – 1%, превышение установленных температурных значений – 2%, «паразитные» наводки в контурах заземления – 1%, накопление пыли на электрических платах, наэлектризованность и движение пыли – 12%);

– третья группа связана с влиянием внешней среды (окисление контактов электрических соединений – 5%, выпадение конденсата на электрических платах в условиях высокой влажности – 22%);

– четвертая группа связана долей элементов СПС подверженных техническим отказам (отказ пожарных извещателей – 37%, отказ контрольных приборов – 5%, отказы блоков питания – 1%) [1].

В настоящее время наибольшее распространение получила СПС, работа которой построена на логике нахождения извещателей сигнализации в одном из двух состояний: «норма» и «пожар». Пожарная сигнализация вырабатывает управляющий сигнал если контролируемый параметр (параметры) настроенного извещателя (извещателей) превышают порог срабатывания Y . Большинство современных СПС используют для выработки оконечного управляющего сигнала данные с извещателей, принцип срабатывания которых основан на различных технологиях, тепловые, газовые и другие. Как правило логика работы СПС построена по схеме «И», т.е. оконечный управляющий сигнал вырабатывается при срабатывании определенного количества извещателей различных типов. Например, применительно к газовому пожарному извещателю порог срабатывания определяют по относительному изменению тока контрольной ионизационной камеры (относительная единица), рассчитываемому по формуле:

$$Y = I_0 I^{-1} - I I_0^{-1},$$

где I_0 – ток контрольной ионизационной камеры в чистом воздухе, А;

I – ток контрольной ионизационной камеры при наличии в воздухе аэрозоля, А [2].

Как правило порог срабатывания Y устанавливается в пределах от 0,2 до 3,0 условных единиц измерения.

Рассмотрение в комплексе бинарных состояний объекта защиты (λ «отсутствие пожара» – «пожар») и системы сигнализации (Y «норма» – «пожар») позволяет установить четыре возможных комбинаторных состояния СПС, применительно к состоянию объекта:

– система не работала, при отсутствии пожара на объекте – исходное состояние системы;

– система не работала в условиях пожара на объекте – пропуск пожара системой;

– система работала, при отсутствии пожара на

объекте – ложное срабатывание системы;

- система сработала, в условиях пожара на объекте
- правильное обнаружение пожара системой.

Учитывая, что срабатывание СПС применительно к состоянию объекта является событием случайным, возможные состояния системы «СПС – объект защиты» стохастическими характеристиками – вероятностями, значения которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – состояния системы СПС – объект защиты

пожар (λ) \ срабатывание (Y)	0	1
0	система в исходном состоянии P_0	пропуск P_n
1	ложное срабатывание $P_{лс}$	правильное обнаружение $P_{обн}$

Попарно события, характеризующие состояние системы, составляют полную группу событий, вероятности: $P_0 + P_{лс} = 1$ и $P_n + P_{обн} = 1$

Соответственно вероятности правильного срабатывания и ложного срабатывания могут быть описаны выражениями:

$$P_{обн} = P\{Y = 1 | \lambda = 1\} = Detection$$

$$P_{лс} = P\{Y = 1 | \lambda = 0\} = False$$

Графическое представление распределений вероятности состояний, в которых находится система пожарной сигнализации: «правильное срабатывание» и «ложное срабатывание» представлены на рисунке 1. Из графика следует, что увеличение значения порога Y ведет к уменьшению вероятности ложной тревоги, однако при этом увеличивается вероятность несрабатывания сигнализации при пожаре на объекте. Таким образом возникает проблема установки корректного значения порога срабатывания. Одним из подходов решения данной проблемы, является создание дополнительного, верифицирующего, канала контроля, что графически поясняется уменьшением дисперсии распределений, характеризующих вероятности «правильного» и «ложного» срабатываний.

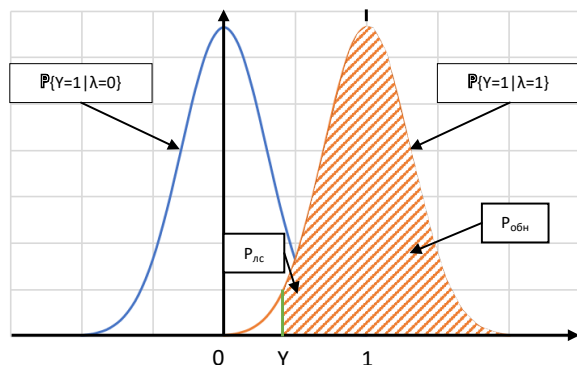


Рисунок 1 - Графическое представление распределений вероятности состояний

В СПС, в качестве линий связи между устройствами может выступать проводная, радио, оптическая линия, кроссируемая вне корпусов технических средств

различного назначения, обеспечивающая взаимодействие и обмен информацией между компонентами системы пожарной автоматики и другими системами, исполнительными устройствами и их электропитанием, минимизирующая помехи и наводки электромагнитного происхождения [3]. При управлении автоматическими установками пожаротушения линии связи должны обеспечивать требуемую достоверность передачи данных, в аналоговой либо цифровой форме [4, 9-10].

При монтаже СПС запрещена совместная прокладка шлейфов пожарной сигнализации и соединительных линий систем пожарной автоматики с напряжением до 60 В с линиями напряжением 110 В и более в одном коробе, трубе, жгуте, замкнутом канале строительной конструкции или на одном лотке. Данное требование позволяет уменьшить влияние помех создаваемые другими проводниками. Современные радиоканальные СПС работают на двух диапазонах частот 146-174 МГц и 403-470 МГц. Диапазон частот порядка 160 МГц выделен для работы одноканальных и малоканальных устройств радиорелейной связи. Для одноканальных радиорелейных станций выделено два поддиапазона радиочастот: 150,0625-150,4875 и 165,0625-165,4875 МГц. Диапазон частот порядка 450 МГц является наиболее загруженным различными радиоэлектронными средствами. В нем допускается работа: сотовых сетей *IMT-MC-450* (453-457,4 МГц и 463-467,4 МГц), обмен радиолучателями (430-440 МГц), технологические сети связи (458,45 - 460 МГц и 468,45 - 469 МГц)[5]. Таким образом, для уменьшения частотности ложных срабатываний необходимо выбрать верифицирующий канал, не зависящий от природы электромагнитного излучения.

В данной статье рассматривается вариант использования в качестве дополнительного канала получающим исходную информацию о состоянии объекта в оптическом диапазоне. По исполнению оконечного устройства, принцип работы канала может быть следующим: постоянный мониторинг оператором состояния объекта через камеры наблюдения, либо использование технических устройств. Первый вариант является традиционно реализуемым, однако учет «человеческого фактора» при обеспечении пожарной безопасности является сложно формализуемой задачей. Предлагается рассмотреть возможность использования в качестве оконечного – техническое устройство реализующего принципы нейронных сетей (НС).

Под НС понимается математическая модель в виде программного и аппаратного решения, аналогичная функционированию биологических нейросетей. В настоящее время НС для обретают все большую популярность в разных сферах жизнедеятельности человека, ключевыми особенностями является самообучение и распараллеливание обработки информации. Под термином самообучение понимается способность получать обоснованный результат на основании данных, которые не встречались в процессе обучения. Эти свойства позволяют нейронным сетям решать

сложные (масштабные) задачи, которые на сегодняшний день считаются трудноразрешимыми, например анализ большого количества данных. Достоинства нейронных сетей перед традиционными вычислительными системами: потенциальное высокое быстродействие; адаптирование к изменениям окружающей среды; отказоустойчивость; устойчивость к шумам входных данных; решение задач при неизвестных закономерностях. Однако нейронным сетям присущи и ряд недостатков: вероятностный ответ, многоэтапная процедура принятия решения, сложности при решении вычислительных задач. Однако несмотря на перечисленные недостатки НС является эффективным инструментом для решения большого количества задач, таких как компьютерное зрение, прогнозирование поведения котировок и т.п.

В настоящее время достаточно полно проработана теория применения НС с целью обнаружения вторжений в компьютерные сети, в частности для защиты от DDoS-атак. В открытом доступе не обнаружено информации о применении НС для решения задачи повышения надежности работы СПС [6-8]. Искусственный интеллект нашел свое применение в медицине (медицинская диагностика, расшифровка магниторезонансная томография и т.п.), прогнозе тенденций рынка как потребительского, так биржевого, проектирование и оптимизации информационно-телекоммуникационных сетей, управление дорожно-транспортным потоком, распознавание текста, поисковых системах и голосовых помощниках, беспилотных автомобилях и т.д..

Предлагается следующая последовательность принятия решения уполномоченным лицом на выезд пожарно-спасательного подразделения на объект. Верифицированный канал создается на базе системы наружного наблюдения, с учетом установки видеокамер на объекте относительно датчиков СПС их количества и разрешающей способности. Сигналы от видеокамер подходят к оконечному устройству, исполненному по логике работы НС для распознавания изображений. Для того чтобы распознать объект нейросеть должна быть обучаемой, с учетом измерения качества распознавания. С учетом инвариантности к различным искажениям изображений НС, целесообразно использовать свёрточные НС, построенные по архитектуре: локальное восприятие, разделяемые веса, субдискретизация. В настоящее время существует достаточное количество стандартных архитектур для построения свёрточных НС, что упрощает задачу построения НС, подходящей для конкретной задачи. Полученный результирующий сигнал НС может быть откалиброван с целью минимизации ошибок обучения и достижения необходимой функциональности обработки сигналов. Сигнал поступающий по дополнительному каналу на пульт СПС, позволяет оператору принимать целесообразное решение о выезде пожарной команды на объект.

Заключение. Предлагаемый подход к решению проблемы снижения частотности ложного срабатывания СПС путем создания дополнительного верифици-

рующего канала достаточно широко распространен в КНР. В качестве источника информации о состоянии объекта защиты в оптическом диапазоне используются элементы системы видеонаблюдения установленные на объекте защиты. При поступлении сигнала о срабатывании СПС на пульт оператор подключает к монитору видеокамеры, направленные к месту предполагаемого пожара, дальнейшие действия зависят от решения, принятого оператором. Принципиальное отличие в подходе, предлагаемом в данной работе, является снижение влияния человеческого фактора путем внедрения нейросетевых технологий в системы пожарной защиты. Использование нейросетей, как аналогов функций человеческого интеллекта в технические устройства противопожарной защиты дает возможность качественно изменить принципы противопожарной безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. У. Р. Д. Г. МОСКВЫ, «Из-за чего пожарная сигнализация срабатывает ложно?», 26.08.2019. [В Интернете]. Available: https://donskoy.mos.ru/safety-and-security/2_ronde_management_in_south_administrative_district_of_emercom_in_moscow/detail/8306213.html. [Дата обращения: 28.03.2021].
2. «ГОСТ Р 53325-2009 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики» 01.01.2010. [В Интернете]. Available: <https://docs.cntd.ru/document/1200071928>. [Дата обращения: 10.04.2021].
3. «Приказ МЧС России от 31.07.2020 N 582 "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования"», 31.07.2020. [В Интернете]. Available: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mchs-rossii-ot-31072020-n-582-ob-utverzhenii/>. [Дата обращения: 16.04.2021].
4. «СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1)», 01.05.2009. [В Интернете]. Available: <https://docs.cntd.ru/document/1200071148>. [Дата обращения: 16.04.2021].
5. Особенности частотного обеспечения, проектирования и строительства радиорелейных систем связи. Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А., Хворов И.А.. Издательство: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. Available: <https://e.lanbook.com/book/70983>. [Дата обращения: 16.04.2021].
6. Доронин, А. С. Моделирование влияния информационной безопасности на объекте опасной инфраструктуры / А. С. Доронин // Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 18–23 ноября 2019 года / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – С. 199–201.
7. Доронин, А. С. Усовершенствование математической модели угроз безопасности информации в информационной системе / А. С. Доронин, А. В. Андреев // Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 19–24 ноября 2018 года / Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. – С. 104–107.
8. Boltyonkova, E. Development of measures to ensure information security in structural division of the university / E. Boltyonkova, A. Andreev, A. Doronin // E3S Web of Conferences : International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering, EECE 2019, Saint-Petersburg, 19–20 ноября 2019 года. – Saint-Petersburg: EDP Sciences, 2019. – P. 08005. – DOI 10.1051/e3sconf/201914008005.
9. Андреев, А. В. Исследование эффективности применения дренчерного распылителя низкого давления с тонкораспыленной водой / А. В. Андреев, С. В. Сычев, М. О. Лепеш-

кин // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2017. – № 4(42). – С. 10-14.

10. Оценка техногенного риска для линейных и площадных объектов нефтегазодобывающего комплекса / А. П. Бызов, А. В. Андреев, О. Е. Ковязина, М. Т. Пелех // Проблемы управления рисками в техносфере. – 2019. – № 2(50). – С. 98-104.

11. Закон Российской Федерации “СП 3.13130.2009. Системы пожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности.” от 25.03.2009

12. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории Российской Федерации. URL: https://74.mchs.gov.ru/uploads/resource/2020-05-28/statisticheskie-dannye_15906632521525482342.pdf. [Дата обращения: 20.04.2021]

Статья поступила в редакцию 21.04.2021

Статья принята к публикации 16.06.2021