



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ДЕТЕКТИРОВАНИЮ ДЫМА КАК ОПАСНОГО ФАКТОРА ПОЖАРА

Станкевич Т.С., магистрант,
БФУ им. И. Канта
e-mail: TSeStankevich@stud.kantiana.ru

Мищук Б.Р., канд. физ-мат. наук, доцент,
БФУ им. И. Канта
e-mail: b.mishchuk@yandex.ru

Изучены требования к системам пожарной сигнализации производственных объектов. Выполнен анализ основных проектных решений системы пожарной сигнализации производственного объекта. Установлено, что традиционные системы пожарной сигнализации, основанные на применении извещателей пожарных, характеризуются низкой эффективностью. Интеллектуальный подход, заключающийся в применении методов искусственного интеллекта для анализа изображений, направлен на повышение надежности систем пожарной сигнализации. Построена диаграмма последовательности UML Sequence Diagram с учетом интеллектуального подхода для рассматриваемого производственного объекта.

Ключевые слова: пожарная безопасность, извещатель пожарный, детектирование, дым, анализ видеоизображений, искусственный интеллект

ВВЕДЕНИЕ

Проблема обеспечения пожарной безопасности объектов экономики крайне актуальна для Российской Федерации. Согласно [1] в период с 2016 по 2020 гг. в России произошло 1315785 пожаров (таблица 1), из них 126049 зафиксированы на территории Северо-Западного федерального округа. Как видно из таблицы 1, в Калининградской области за указанный пятилетний период возникло 12337 пожаров: 1304 – в 2016 г., 1239 – в 2017 г., 1183 – в 2018 г., 4652 – в 2019 г. и 3959 – в 2020 г. В результате пожаров в РФ погибли 41377 чел. (таблица 2), из них 4227 – в Северо-Западном федеральном округе.

В Калининградской области зарегистрирована гибель 191 человека на пожарах. Согласно таблице 3 прямой материальный ущерб от пожаров за пятилетний период в РФ составил 83,5 млрд. руб., из которых 11,7 млрд. руб. – на территории Северо-Западного федерального округа. В Калининградской области с 2016 по 2020 гг. пожары уничтожили имущество стоимостью 761,3 млн. руб. Анализ статистических данных (таблицы 1 и 2) демонстрирует рост количества пожаров и числа погибших на них.

Таблица 1 – Количество пожаров (данные из [1])

Год	РФ	Северо-Западный федеральный округ	Калининградская область
2016	139703	15072	1304
2017	133077	14273	1239
2018	132074	14312	1183
2019	471537	43904	4652
2020	439394	38488	3959

Таблица 2 – Количество погибших на пожарах (данные из [1])

Год	РФ	Северо-Западный федеральный округ	Калининградская область
2016	8760	930	42
2017	7824	865	40
2018	7913	779	33
2019	8567	882	39
2020	8313	771	37

Таблица 3 – Прямой материальный ущерб в тыс. руб. (данные из [1])

Год	РФ	Северо-Западный федеральный округ	Калининградская область
2016	14323829	1507369	90252
2017	14217273	1415833	238193
2018	15913505	4787939	224188
2019	18170365	2109758	114125
2020	20876301	1877821	94557

Статистические данные о пожарах демонстрируют важность обеспечения пожарной безопасности производственных объектов (категория Ф 5.1 по функциональной пожарной опасности из [1]). Из таблицы 4 можно сделать вывод о следующих трендах, характерных для производственных объектов: рост количества пожаров на 26,6 %; увеличение количества погибших людей на 8,2 %; значительный рост прямого материального ущерба от пожаров в 6,3 раза.

В ходе исследования выполнена оценка эффективности работы таких элементов пожарной автоматики, как пожарно-охранная сигнализация и пожарная сигнализация при пожарах в период с 2016 по 2020 гг. (таблица 5). Эффективность работы указанных видов сигнализации пожарно-охранной при пожарах в зданиях производственного назначения, складских зданиях и сооружениях представлена в таблице 6.

Таблица 4 – Статистические данные о пожарах на производственных объектах в РФ (данные из [1])

Год	Количество пожаров	Погибло людей	Прямой материальный ущерб, млн. руб.
2017	2894	61	1112,36
2018	2880	53	1731,11
2019	3621	64	2378,33
2020	3664	66	7050,20

Таблица 5 – Сбои функционирования сигнализации объектов (данные из [1])

Причина	2016	2017	2018	2019	2020
Не сработала пожарно-охранная сигнализация	80	71	81	81	71
Не сработала пожарная сигнализация	1028	128	133	176	172
Не включена пожарно-охранная сигнализация	30	31	39	45	40
Не включена пожарная сигнализация	37	47	36	55	38

Таблица 6 – Сбои функционирования сигнализации зданий производственного назначения, складских зданий и сооружений (данные из [1])

Причина	2016	2017	2018	2019	2020
Не сработала пожарно-охранная сигнализация	15	6	6	9	15
Не сработала пожарная сигнализация	15	21	16	24	27
Не включена пожарно-охранная сигнализация	5	5	3	3	3
Не включена пожарная сигнализация	8	7	4	10	3

Установлено, что наблюдается рост количества несрабатываний пожарно-охранной и пожарной сигнализаций: с 2016 по 2020 г. увеличение составило 40 %. Параллельно наблюдается сокращение количества ситуаций, когда сигнализация (пожарно-охранная или пожарная) была отключена: снижение на 30,8 %.

Таким образом, выполнена оценка эффективности обеспечения пожарной безопасности производственных объектов. На основании анализа статистических данных о пожарах подтвержден рост количества пожаров на территории РФ и в Калининградской области. В ходе оценки эффективности работы пожарной автоматики (пожарно-охранная сигнализация и пожарная сигнализация) при пожарах в период с 2016 по 2020 гг. сделано заключение о повышении количества несрабатываний, что, в свою очередь, крайне негативно сказывается на обеспечении пожарной безопасности на производстве.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – система пожарной сигнализации производственного объекта.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – повышение эффективности детектирования дыма как опасного фактора пожара с применением методов искусственного интеллекта.

Задачи исследования:

- изучить требования к системам пожарной сигнализации производственных объектов;
- выполнить анализ основных проектных решений системы пожарной сигнализации производственного объекта;
- разработать диаграмму последовательности UML Sequence Diagram с учетом интеллектуального подхода для рассматриваемого производственного объекта.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использованы: метод системного анализа, метод построения диаграмм на языке моделирования UML.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основной задачей системы пожарной сигнализации является обеспечение подачи светового и звукового сигналов о возникновении пожара на приемно-контрольное устройство в помещении дежурного персонала или на специальные выносные устройства оповещения [2]. В зданиях классов функциональной пожарной опасности Ф 1.1, Ф 1.2, Ф 4.1, Ф 4.2 дополнительно должно быть реализовано дублирование сигналов на пульт подразделения пожарной охраны без участия работников объекта и (или) транслирующей этот сигнал организации [2].

Общие обязательные требования к системам пожарной сигнализации объектов сформулированы в ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], СП 484.1311500.2020 [3], СП 486.1311500.2020 [4] и др.

Извещатели пожарные (ИП) являются периферийными элементами систем пожарной сигнализации. Классификация ИП производится в соответствии с [5] и представлена на рисунке 1.

При выборе типа ИП учитывают характеристики преобладающей горючей нагрузки, преобладающего фактора пожара на его начальной стадии и требования нормативных документов.

По способу приведения в действие

- автоматические
- ручные

по характеру обмена информацией с ППКП АПИ

- пороговые
- аналоговые

по виду контролируемого признака пожара АПИ

- тепловые
- дымовые
- пламени
- газовые
- комбинированные

по характеру реакции на контролируемый фактор пожара пороговые ИПТ

- максимальные
- дифференциальные
- максимально-дифференциальные

по агрегатному состоянию контролируемой среды ИПТ

- для контроля температуры газообразной среды (обычные)
- для контроля температуры жидкой среды или сыпучих тел посредством внесения в контролируемую среду чувствительного элемента (погружные)
- для контроля температуры твердых тел посредством расположения чувствительного элемента ИПТ непосредственно на поверхности твердого тела (термоконтактные)

по принципу действия ИПД

- оптико-электронные
- ионизационные

по конфигурации измерительной зоны тепловые, газовые и дымовые оптико-электронные ИП

- точечные
- линейные
- многоточечные

по области спектра электромагнитного излучения, воспринимаемого чувствительным элементом

- ультрафиолетового спектра
- инфракрасного спектра
- видимого спектра
- многодиапазонные

по способу электропитания

- питаемые по шлейфу
- питаемые по отдельному проводу
- питаемые от автономного источника

по возможности установки адреса

- неадресные
- адресные

по числу действий, необходимых для активации, ИПР

- класс А (активация одним действием)
- класс В (активация несколькими действиями)

по физической реализации связи с ППКП

- проводные
- радиоканальные
- оптоволоконные
- комбинированные

Рисунок 1 – Классификация ИП: ППКП – пожарный приемно-контрольный прибор; АПИ – автономный пожарный извещатель; ИПТ – извещатель пожарный тепловой; ИПР – извещатель пожарный ручной

Поскольку начальная стадия развития пожара в большинстве случаев характеризуется возникновением задымления, то для раннего обнаружения пожара наиболее эффективно использование дымовых ИП.

Авторы работы [6] отмечают, что в настоящее время дымовые ИП являются самым распространенным типом ИП, применяемым для объектов различного функционального назначения: доля дымовых извещателей на современном рынке ИП достигает до 90 %.

Применение таких извещателей многие специалисты признают малоэффективным. Обобщив основные причины некорректной работы дымовых пожарных извещателей из [7–9], можно выделить следующие причины их низкой эффективности:

- 1) применение некачественных материалов и компонентов;
- 2) снижение номиналов технических характеристик элементной базы извещателей вследствие их старения;
- 3) некачественная организация текущей эксплуатации и технического обслуживания систем пожарной сигнализации;
- 4) размеры, форма и расположение дымозаходных отверстий;
- 5) накопление статического заряда на корпусе извещателя;
- 6) форма корпуса пожарного извещателя;
- 7) конструктивные особенности дымовой камеры извещателя;
- 8) воздействие грозового разряда;
- 9) изменения конвекционных потоков воздуха из-за временно открытых дверей, окон, форточек, работы систем вентиляции и кондиционирования;
- 10) несогласованное изменение функционального назначения помещений, повлекшее за собой изменения пожарной нагрузки;
- 11) несвоевременное устранение неисправностей в работе систем пожарной сигнализации и т.д.

Таким образом, обеспечение высокой чувствительности при одновременно высокой помехоустойчивости является комплексной задачей создания высокоэффективного извещателя.

В ходе исследования выполнен анализ системы пожарной сигнализации производственного объекта. Установлено, что на предприятии разработана система пожарной сигнализации на базе оборудования и приборов производства компании НВП «Болид» (Россия). АПС объекта представляет собой единую систему с центральным и периферийным оборудованием. В качестве центрального устройства управления используется пульт «С2000М» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Элементы системы пожарно-охранной сигнализации производственного объекта

Перечень оборудования, входящего в состав системы:

- контрольно-пусковой блок С2000-КПБ НВП «Болид» (2 шт.);

- контроллер двухпроводной линии связи С2000-КДЛ НВП «Болид» (3 шт.);
- пульт контроля и управления охранно-пожарный С2000М НВП «Болид» (1 шт.);
- блок индикации С2000-БИ НВП «Болид» (1 шт.);
- резервированный источник питания РИП-12 исп.06 НВП «Болид» (1 шт.);
- аккумуляторная батарея в ИБП, 12В, 26Ач ДТМ 1226 «Delta» (1 шт.);
- извещатель пожарный дымовой адресный ДИП-34А-03 НВП «Болид» (175 шт.);
- извещатель пожарный ручной адресный ИПР-513-3АМ исп.01 НВП «Болид» (24 шт.);
- извещатель пожарный дымовой оптико-электронный линейный С2000-ИПДЛ НВП «Болид» (28 шт.);
- извещатель магнитоконтактный С2000Р-СМК НВП «Болид» (1 шт.);
- извещатель охранный объемный оптико-электронный С2000Р-ИК НВП «Болид» (1 шт.);
- оповещатель охранно-пожарный световой (табло) КОП-25 «Выход» Системсервис (14 шт.);
- оповещатель охранно-пожарный звуковой Маяк-12-3М Электротехника (69 шт.);
- кабель КПСЭнг(А)-FRLS 1x2x1;
- кабель КСРЭВнг(А)-FRLS 1x2x0,97;
- кабель ВВГнг-FRLS 3x1,5.

В работе выполнено сравнение традиционных систем пожарной сигнализации и систем обнаружения пожара на основе машинного зрения. Традиционные ИП обеспечивают решение задачи обнаружения горения за счет детектирования наличия определенных частиц, образованных дымом и огнем, путем ионизации или фотометрии. Хотя нормативные требования в области пожарной безопасности предлагают высокую чувствительность и надежность извещателей, на практике их эффективность ограничена. Альтернативное решение, которое может повысить надежность и безопасность систем обнаружения пожара, является реализация методов визуального обнаружения пожара. Видеообнаружение дыма не имеет ограничений, характерных для традиционных пожарных извещателей. Принимая во внимание наличие инфраструктуры видеонаблюдения на многих объектах, в том числе и в зданиях производственного назначения, видеообнаружение дыма является перспективным направлением развития пожарной сигнализации. Кроме того, видеонаблюдение позволяет получать дополнительную информацию об очаге пожара: данные о местонахождении очага, его размере и скорости распространения.

Обнаружение пожара на видео не регулируется каким-либо одним физическим принципом, например, температурой или скоростью, оптическим затемнением и т.д. Вместо этого ряд программных алгоритмов обнаруживают на видео особенности, которые соответствуют одной или нескольким видимым характеристикам дыма. Для обнаружения дыма обычно применяются показатели затемнения, оптического потока и турбулентности.

Видеообнаружение дыма в качестве многообещающего метода обнаружения пожара исследуется более десятилетия. В настоящее время существует множество алгоритмов, использующих видеоданные для обнаружения дыма.

Интеллектуальный подход заключается в использовании алгоритмов глубокого обучения для того, чтобы обнаруживать и извлекать важные особенности дыма из изображений и видео. Глубокое обучение, особенно сверточные нейронные сети (CNN), демонстрирует отличные результаты в решении задач визуального распознавания. Нейронные сети данного типа применяются для выявления дыма как для техногенных пожаров, так и для лесных (например, в работе [10] используется сверточная нейронная сеть (CNN) для распознавания дыма на спутниковых снимках).

Объединение указанных методов визуального обнаружения пожара с традиционными сенсорными методами обеспечит повышение эффективности пожарной сигнализации, что особенно актуально для производственных объектов. Следует отметить, что

видеодетектирование наиболее эффективно для помещений объекта, имеющих большой объем, поскольку обеспечивает формирование увеличенной зоны защиты и выполняет детектирование на значительном расстоянии.

С учетом вышеизложенного построена диаграмма последовательности UML Sequence Diagram с применением методов искусственного интеллекта для рассматриваемого производственного объекта (рисунок 3).

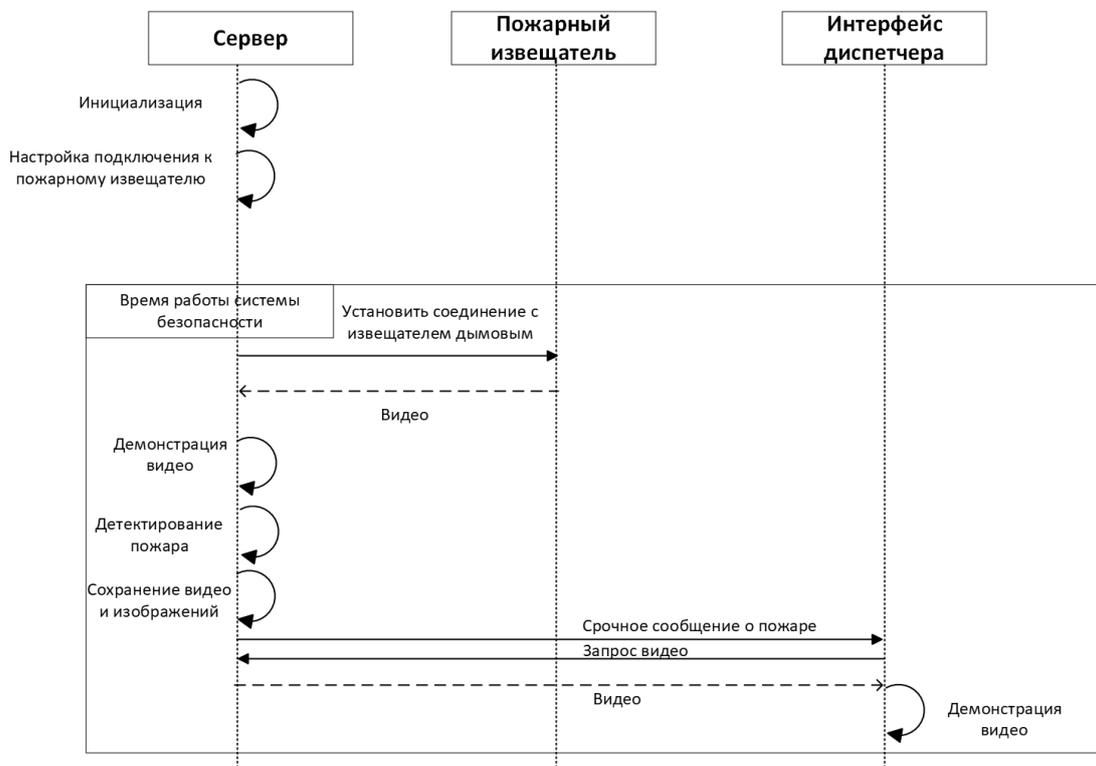


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности UML Sequence Diagram

Таким образом, предложено использовать методы искусственного интеллекта для детектирования на изображениях опасного фактора пожара – дыма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования:

- изучены требования к системам пожарной сигнализации производственных объектов;
- выполнен анализ основных проектных решений системы пожарной сигнализации производственного объекта;
- произведено сравнение традиционных систем пожарной сигнализации и систем с машинным зрением и установлено, что традиционные системы пожарной сигнализации, основанные на применении ИП, характеризуются низкой эффективностью;
- построена диаграмма последовательности UML Sequence Diagram с учетом интеллектуального подхода для рассматриваемого производственного объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический сборник «Пожары и пожарная безопасность» [Электронный ресурс]. URL: <http://vniipo.ru/institut/informatsionnye-sistemy-reestry-bazy-i-banki-danny/federalnyy-bank-dannykh-pozhary/> (дата обращения: 05.02.2022).
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

3. СП 484.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования».

4. СП 486.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Требования пожарной безопасности».

5. ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний».

6. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара / А. В. Федоров [и др.]. – Москва: Акад. ГПС МЧС РФ, 2009. – 160 с.

7. Павлов, Д. И. Общие принципы и подходы к выбору и применению дымовых пожарных извещателей для объектов защиты / Д. И. Павлов, С. А. Бороздин, Г. А. Гитцович // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. – 2020. – № 2. – С. 30-42.

8. Современное состояние и перспективы развития пожарных извещателей / А. Н. Членов, А. И. Менкеев, Д. В. Дарбаков [и др.] // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности : Сборник тезисов докладов материалов международной научно-практической конференции, Москва, 18–19 октября 2018 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. – С. 375-379.

9. Зайцев, А.В. Дым и его свойства как аргументы в пользу извещателей с открытой оптической системой / А.В.Зайцев // Алгоритм безопасности. – № 1. – 2015. – С. 73–76.

10. K. Muhammad, S. Khan, M. Elhoseny, S. H. Ahmed, and S. W. Baik, “Efficient fire detection for uncertain surveillance environment,” IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2019.

INTELLIGENT APPROACH TO SMOKE DETECTION AS A FIRE HAZARD

Stankevich T.S.

Master of Science student, Immanuel Kant Baltic Federal University
e-mail: TSeStankevich@stud.kantiana.ru

Mishchuk B.R.

PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Immanuel Kant Baltic Federal University
e-mail: b.mishchuk@yandex.ru

The requirements for fire alarm systems of production facilities have been studied. The analysis of the main design solutions of the fire alarm system of the production facility was carried out. It has been established that traditional fire alarm systems based on the use of fire detectors are characterized by low efficiency. The intelligent approach, which consists of applying artificial intelligence methods to image analysis, aims to improve the reliability of fire alarm system. UML Sequence Diagram was built taking into account the intellectual approach for the considered production facility.

Keywords: fire safety, fire detector, detection, smoke, video image analysis, artificial intelligence