

УДК 614.849

**СНИЖЕНИЕ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ В СИСТЕМАХ
ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ЗА СЧЁТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК ДЫМА**

Аксенов С.Г.

д-р э.н., профессор,

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
РФ, г. Уфа*

Франчук С.Ю.

студент,

*ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,
РФ, г. Уфа*

Аннотация.

В статье рассматривается эволюция систем обнаружения пожара от пассивных сенсоров к интеллектуальным когнитивным системам, способным не просто фиксировать наличие дыма, но и классифицировать его происхождение с учётом контекста, динамики и поведенческих паттернов. Автор подчёркивает, что традиционные дымовые извещатели сталкиваются с критическим ограничением — неспособностью отличать опасный пожарный дым от бытовых аэрозолей, что приводит к высокому уровню ложных срабатываний и потере доверия пользователей. Также внимание уделяется вопросам адаптивности алгоритмов, персонализации оповещения для социально уязвимых групп, этическим аспектам сбора данных и вызовам стандартизации адаптивных систем.

Ключевые слова: интеллектуальное детектирование, дымовой извещатель, ложные срабатывания, машинное обучение.

***REDUCING FALSE ALARMS IN FIRE ALARM SYSTEMS THROUGH
INTELLIGENT ANALYSIS OF SMOKE CHARACTERISTICS***

Aksyonov S.G.

Doctor of Economics, Professor,

Ufa University of Science and Technology,

Russian Federation, Ufa

Franchuk S.Yu.

Student,

Ufa University of Science and Technology,

Russian Federation, Ufa

Annotation.

The article examines the evolution of fire detection systems from passive sensors to intelligent cognitive systems capable of not only detecting the presence of smoke, but also classifying its origin taking into account context, dynamics and behavioral patterns. The author emphasizes that traditional smoke detectors face a critical limitation — the inability to distinguish dangerous fire smoke from household aerosols, which leads to a high level of false alarms and loss of user trust. Attention is also paid to the issues of adaptability of algorithms, personalization of alerts for socially vulnerable groups, ethical aspects of data collection and challenges to standardization of adaptive systems.

Keywords: intelligent detection, smoke detector, false alarms, machine learning.

Современные системы противопожарной защиты всё чаще сталкиваются с необходимостью перехода от пассивного реагирования к активному предупреждению, а ключевым элементом этого сдвига становится интеллектуализация процессов обнаружения угрозы. Среди всех признаков пожара — открытого пламени, роста температуры, выделения токсичных газов — дым остаётся наиболее ранним и универсальным индикатором, доступным для регистрации задолго до развития катастрофических последствий. Однако традиционные дымовые извещатели, основанные на оптических или ионизационных принципах, зачастую не способны различать опасный пожарный дым от безвредных аэрозолей, таких как пар, пыль или дым от кулинарных процессов. Это приводит к высокому уровню ложных срабатываний, снижению доверия к системе и, как следствие, к игнорированию реальных угроз. В этих условиях возникает необходимость в

интеллектуальном подходе — таком, который не просто фиксирует наличие дыма, а анализирует его характеристики, контекст и динамику, чтобы достоверно классифицировать угрозу и минимизировать как ложные, так и пропущенные тревоги. Такой подход объединяет достижения сенсорных технологий, теории распознавания образов, машинного обучения и гуманитарного понимания повседневной жизни, превращая детектирование из технической процедуры в когнитивный акт.

Интеллектуальный подход к детектированию дыма предполагает отказ от бинарной логики «дым есть / дыма нет» в пользу многофакторной оценки, основанной на анализе множества параметров. Современные сенсоры способны измерять не только концентрацию частиц, но и их размер, форму, оптическую плотность, спектральный состав рассеянного света, скорость нарастания концентрации, а также сопутствующие параметры — температуру, влажность, наличие летучих органических соединений. Интеллектуальная система объединяет эти данные в единую картину и сопоставляет её с известными профилями дыма от различных источников: тления древесины, горения пластика, кулинарного пара, сигаретного дыма или бытовой пыли. Такой подход позволяет не просто обнаружить аэрозоль, но и определить его происхождение с высокой степенью вероятности. Это особенно важно в жилых и общественных зданиях, где фоновые помехи неизбежны, а ложная тревога может привести к серьёзным социальным и экономическим последствиям. Интеллект здесь выступает не как замена цензуры, а как его когнитивное расширение — способность интерпретировать сигнал в контексте, учитывая не только физические, но и поведенческие закономерности среды [3].

Сердцем интеллектуального детектирования является алгоритм анализа, построенный на принципах машинного обучения или экспертных систем. В отличие от жёстко запрограммированных пороговых значений, такие алгоритмы способны адаптироваться к изменяющимся условиям среды и накапливать опыт. Например, система может «учиться» на ложных срабатываниях: если в определённое время суток в кухне регулярно возникает пар от готовки, она постепенно формирует профиль этого события и перестаёт на него реагировать как на угрозу. При этом при появлении дыма с иными характеристиками — например, с медленным, но устойчивым нарастанием концентрации мелкодисперсных частиц — система немедленно инициирует тревогу. Такая адаптивность невозможна без постоянного

анализа временных рядов и выявления скрытых паттернов, что требует не только вычислительной мощности, но и продуманной архитектуры обработки данных. Более того, интеллектуальные извещатели всё чаще объединяются в сети, где информация от множества точек позволяет строить пространственную карту распространения дыма и точнее локализовать очаг. Это превращает отдельное устройство в элемент распределённой сенсорной нервной системы здания, способной не только обнаруживать, но и «понимать» развитие угрозы [1].

Важно подчеркнуть, что интеллектуализация детектирования — это не только технологический, но и гуманитарный сдвиг. Ложные срабатывания не просто раздражают — они разрушают доверие к системе безопасности. Когда люди неоднократно сталкиваются с беспричинными тревогами, они начинают игнорировать сигналы, отключать извещатели или воспринимать их как назойливую помеху. Это особенно опасно в домах с пожилыми людьми, детьми или лицами с когнитивными нарушениями, для которых чёткость и достоверность сигнала критически важны. Интеллектуальный подход, снижающий количество ложных тревог до минимума, восстанавливает это доверие и делает систему не просто технически эффективной, но и социально приемлемой. Безопасность здесь становится не навязываемой извне, а принимаемой добровольно, потому что она не нарушает повседневную жизнь. Таким образом, интеллектуализация — это путь к гармонизации технической функции и человеческого опыта, где технология служит не самой себе, а качеству жизни [4].

Тем не менее, внедрение интеллектуальных систем сталкивается с рядом вызовов. Во-первых, это стоимость: такие устройства требуют более сложной электроники, сенсоров и программного обеспечения, что делает их менее доступными для массового жилищного строительства, особенно в условиях экономии. Во-вторых, существует проблема стандартизации: как сертифицировать алгоритм, который постоянно обучается и меняет своё поведение? Традиционные методы испытаний, основанные на фиксированных сценариях, становятся неприменимыми к адаптивным системам. В-третьих, возникают вопросы кибербезопасности и приватности: сетевые интеллектуальные извещатели собирают данные о поведении жильцов (время приготовления пищи, режимы вентиляции и т.п.), что требует строгой защиты информации. Наконец, существует риск переинженерии: чрезмерная сложность системы может снизить её

надёжность, поскольку каждый дополнительный компонент — потенциальная точка отказа. Поэтому интеллектуальный подход должен быть не просто «умным», а разумно умным — сбалансированным по сложности, стоимости и надёжности [2].

Одним из перспективных направлений развития является создание мультисенсорных извещателей, объединяющих в одном корпусе оптический, ионизационный, термический и газоаналитический сенсоры. Такой подход позволяет одновременно анализировать физические и химические свойства аэрозоля, что значительно повышает точность классификации. Например, дым от тления полимеров содержит характерные химические соединения (циановодород, угарный газ), которые отсутствуют в кулинарном паре. Совмещение данных о спектре рассеяния света и концентрации этих газов позволяет с высокой достоверностью отличить реальную угрозу от помехи. Более того, современные микросенсоры на основе металлооксидных полупроводников (MOS) или наноматериалов способны обнаруживать следовые концентрации летучих органических соединений, что открывает путь к детектированию пожара на стадии, предшествующей образованию видимого дыма. Это особенно актуально для защиты критически важных объектов — серверных, архивов, лабораторий, где даже минимальное задымление может привести к необратимым потерям.

Другим важным вектором является интеграция с системами «умного дома» и городской инфраструктурой. Интеллектуальный дымовой извещатель перестаёт быть изолированным устройством и становится узлом в общей сети безопасности. При обнаружении угрозы он может не только подать звуковой сигнал, но и автоматически открыть окна для дымоудаления, отключить вентиляцию, чтобы не распространять дым, включить освещение эвакуационных путей, отправить уведомление в службу спасения и близким родственникам. В многоквартирных домах такие системы могут строить динамические карты распространения дыма и предлагать жильцам оптимальные маршруты эвакуации в реальном времени. Это особенно важно для людей с ограниченной подвижностью, которым стандартные лестничные клетки недоступны. Таким образом, интеллектуальное детектирование становится не просто функцией обнаружения, а частью комплексной стратегии по минимизации последствий пожара.

Особое значение интеллектуализация приобретает в контексте социально уязвимых групп населения. Для пожилых людей, живущих в

одиночестве, ложная тревога может вызвать паническую атаку или привести к падению при попытке поспешной эвакуации. Для глухих и слабослышащих важна не только точность сигнала, но и способ его трансляции — вибрация, свет, тактильные подсказки. Интеллектуальная система, способная адаптировать не только порог срабатывания, но и форму оповещения под индивидуальные потребности, становится инструментом инклюзивной безопасности. Здесь безопасность перестаёт быть универсальной и становится персонализированной, что соответствует современным концепциям «инфраструктуры заботы». Такой подход требует не только технических решений, но и этического осмысления: как собирать данные, как защищать приватность, как обеспечить доступность без стигматизации.

Кроме того, интеллектуальные системы открывают новые возможности для профилактики и анализа. Накопленные данные о фоновых уровнях аэрозолей, повторяющихся событиях, изменении параметров среды могут использоваться для прогнозирования рисков — например, выявления неисправной проводки по постепенному изменению состава выделяемых газов. Это позволяет перейти от реактивной модели к проактивной, когда пожар предотвращается не за счёт эвакуации, а за счёт устранения причины ещё до её воспламенения. Такой сдвиг требует изменения роли самого извещателя: он становится не стражем, а диагностом, способным «чувствовать» состояние среды на уровне, недоступном человеку. Однако это также ставит вопрос о надёжности и интерпретируемости решений: должен ли алгоритм просто подавать сигнал, или он обязан объяснить, почему сработал?

Будущее детектирования дыма лежит в синтезе сенсорных технологий, искусственного интеллекта и гуманитарного проектирования. Перспективными направлениями являются мультисенсорные извещатели, сочетающие оптику, газоанализ и тепловизионные элементы; системы с возможностью объяснимого ИИ, которые могут не только подать сигнал, но и указать причину тревоги («дым от тления изоляции»); а также интеграция с умными домами и городскими инфраструктурами для автоматического запуска мер по локализации очага до прибытия пожарных. Однако ключевым условием успеха остаётся не технологическая изощрённость, а способность системы говорить на языке, понятном человеку, и действовать в интересах его безопасности, не нарушая при этом достоинства и автономии. Интеллект

здесь — не самоцель, а средство достижения подлинной, доверенной и эффективной защиты [5].

Таким образом, интеллектуальный подход к детектированию дыма представляет собой качественный скачок от простого обнаружения к осмысленному распознаванию угрозы. Он позволяет превратить дымовой извещатель из примитивного стражника в интеллектуального партнёра, способного различать опасность и помеху, адаптироваться к среде и взаимодействовать с человеком на уровне доверия. В условиях роста сложности городской среды, старения населения и повышения требований к качеству жизни именно такой подход становится необходимым условием не только противопожарной безопасности, но и устойчивого, гуманного развития городской инфраструктуры в целом. Интеллектуальное детектирование — это не просто технология будущего, а этический императив настоящего, когда безопасность измеряется не количеством установленных датчиков, а качеством доверия, которое они внушают каждому человеку.

Библиографический список

1. Аксенов С.Г., Сайнашев М.Э. Анализ и оценка пожарной опасности мясоконсервного комбината // Экономика строительства. 2023. № 11. С. 86-88.
2. Аксенов С.Г., Киселева Е.А. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности газовой котельной // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2022, № 10. - С. 118-129.
3. Павлов, Д. И. Общие принципы и подходы к выбору и применению дымовых пожарных извещателей для объектов защиты // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. - 2020. - № 2. -С. 30-42.
4. Зайцев, А.В. Дым и его свойства как аргументы в пользу извещателей с открытой оптической системой // Алгоритм безопасности. - № 1. - 2015. - С. 73-76.
5. 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.

Оригинальность 75%