ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Попова С.В.[1]

Ключевые слова: *сверточные нейронные сети, видеонаблюдение, машинное обучение, автоматические системы, ложное срабатывание, модель, пожар, обнаружение пожара, технологии.*

Аннотация

Цель работы: *состоит в обосновании применения искусственного интеллекта в области обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты.*

Метод исследования: *методологическую основу составили анализ научных источников по проблематике обеспечения пожарной безопасности с внедрением интеллектуальных систем, а также обобщение результатов исследований, посвященных применению технологий искусственного интеллекта для раннего обнаружения возгораний и его тушения.*

Результаты исследования: *установлено, что искусственный интеллект позволяет автоматизировать обработку данных с датчиков, камер видеонаблюдения, обеспечивая обнаружения возгорания на ранней стадии его развития. Наибольшую эффективность показывают комплексные системы, объединяющие компьютерное зрение, сенсорные данные и прогнозные модели. Предложена функциональная схема, разделяющая сбор и проверку данных, аналитическую обработку, представление информации оператору и взаимодействие с противопожарной автоматикой. Показано, что практическую пригодность модели необходимо оценивать не только по точности классификации, но и по времени обнаружения, частоте ложных тревог, доле пропущенных событий и устойчивости к изменению условий наблюдения. Обоснована целесообразность объединения визуальных и физических признаков с учетом качества каждого источника.*

Практическая значимость: *заключается во внедрении интеллектуальных систем на различных объектах защиты. Применение искусственного интеллекта способствует сокращению времени обнаружения пожара, снижению ложных вызовов. Для большей эффективности данные технологии должны дополнять, а не заменять сертифицированные средства противопожарной защиты.*

DOI: 10.24412/1994-1404-2026-3-295-301

Введение

Ежегодно на территории Российской Федерации происходят сотни тысяч пожаров, последствия от которых выражаются в огромных показателях гибели и травмировании людей, а также значительных материальных потерь как для общества, так и государства в целом. Согласно статистическим данным МЧС России, только за 2025 год произошло 317 482 случая возгораний, на которых зафиксирована гибель людей в количестве 6571 человека и 7986 случаев получения травм. Материальные потери составили свыше 29,2 млрд рублей, а основными причинами пожаров стали неосторожное обращение с огнем и нарушение правил устройства и эксплуатации электрического оборудования[2].

Несмотря на то, что наблюдается положительная динамика снижения общего числа пожаров, показатели имеют высокие значения и необходимо продолжать работу в области предупреждения пожаров, а в случае их возникновения — совершенствования мероприятий по их ликвидации [1], поэтому своевременное обнаружение пожара остается одной из важных задач по защите людей и материальных ценностей.

Традиционные автоматические системы обнаружения пожара основываются на применении тепловых,

[2] Пожары и пожарная безопасность в 2025 году. Статистика пожаров и их последствий: информационно-аналитический сборник. Балашиха : ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2026. 113 с.

[1] ***Попова Светлана Вячеславовна****, старший преподаватель кафедры пожаротушения и аварийно-спасательных работ Уральского института ГПС МЧС России, г. Екатеринбург, Российская Федерация.*

E-mail: vip.sveta79@bk.ru

дымовых, газовых, оптических и комбинированных извещателей[3]. Данные устройства обеспечивают обнаружение определенных факторов пожара, которые могут давать ложные сигналы срабатывания из-за появления пыли, пара или других факторов. При этом обычные извещатели срабатывают как один показатель, например при повышении температуры или появления высокой концентрации продуктов горения (дыма), при этом они не всегда способны выявить признаки возгорания на начальном этапе развития пожара.

На сегодняшний день, одним из важных направлений является применение искусственного интеллекта, позволяющего оперативно получать и обрабатывать данные, выявлять признаки возгораний и снижать время реагирования экстренных служб [2].

Искусственный интеллект представляет интерес там, где необходимо обработать большой объем неоднородных данных и выявить сочетания признаков, которые трудно описать небольшим набором фиксированных правил. К таким задачам относятся анализ видеопотока, распознавание нестандартных режимов работы оборудования и сопоставление информации от пространственно распределенных датчиков.

Вместе с тем результат распознавания не равнозначен доказанной надежности всей системы. Алгоритм может успешно работать на подготовленной выборке и допускать ошибки после изменения освещения, положения камеры либо состава наблюдаемых объектов. Снижение количества ложных срабатываний в лабораторном эксперименте не гарантирует такого же эффекта на производственной площадке. Следовательно, оценивать применение искусственного интеллекта следует не только с позиции возможностей модели, но и с учетом места этой модели в общей организации противопожарной защиты.

Развитие технологий искусственного интеллекта создает условия для перехода от простого контроля пороговых значений к комплексному анализу данных. Алгоритмы машинного обучения способны выявлять скрытые зависимости, классифицировать наблюдаемые события, прогнозировать развитие опасной ситуации и оперативно передавать информацию для реагирования экстренным службам, а также сократить количество ложных тревог [2—4].

Проблема исследования заключается в определении условий, при которых интеллектуальная обработка данных дает практически полезную информацию, не создавая при этом новых недопустимых зависимостей. Для ее рассмотрения необходимо разграничить обнаружение события, прогнозирование его развития и выдачу команд исполнительным устройствам. Эти функции связаны между собой, но различаются по исходным данным, последствиям ошибок и требованиям к подтверждению результатов.

Основная часть

На сегодняшний день одним из перспективным направлением является автоматический анализ изображений с камер видеонаблюдения. Алгоритмы компьютерного зрения распознают дым и открытое пламя по цветовым, текстурным, геометрическим и динамическим характеристикам. Сверточные нейронные сети (СНС) способны автоматически выделять информативные признаки изображения, что позволяет обнаруживать возгорания на открытых территориях, складах, производственных объектах и в помещениях с высокими потолками, где традиционный дымовой извещатель может сработать с задержкой [5].

Видеонаблюдение позволяет контролировать пространство на расстоянии и получать изображение участка, где предположительно развивается пожар. Это представляет интерес для открытых площадок, протяженных производственных зон и помещений, в которых движение дыма до установленного извещателя зависит от высоты, вентиляции и расположения оборудования. Вместе с тем видеокамера фиксирует только доступные ей визуальные признаки. Если очаг закрыт конструкциями, находится вне поля зрения или не создает различимых изменений изображения, алгоритм не получает достаточной информации для обнаружения.

Для практического использования важен анализ последовательности кадров. Отдельное изображение не всегда позволяет отличить дым от облака пыли или пламя от отражения. Временные признаки дают дополнительную информацию о появлении, перемещении и изменении наблюдаемой области. Однако требование подтвердить событие на нескольких последовательных кадрах создает задержку. Чем продолжительнее интервал подтверждения, тем выше риск потерять часть выигрыша от раннего обнаружения. Поэтому его выбор должен проверяться совместно с оценкой ложных тревог.

Условия получения изображения способны влиять на результат не меньше, чем архитектура модели. Существенны положение камеры, размер предполагаемого очага в кадре, контраст с фоном, засветка, степень сжатия видео и загрязнение защитного стекла. Один и тот же алгоритм может давать различные результаты на двух внешне сходных площадках. По этой причине приемочные испытания должны включать реальные положения камер и характерные режимы освещения, а не ограничиваться воспроизведением демонстрационных видеозаписей.

Важное значение приобретает и состав отрицательных примеров — ситуаций, в которых пожара нет. Для промышленного объекта к ним могут относиться сварочные работы, выброс пара, движение запыленного транспорта и изменение освещения при открытии ворот. Для общественного здания набор помех будет

[3] Тенденции развития автоматических пожарных извещателей / А.В. Федоров, Т.А. Буцынская, А.А. Лукьянченко, Ч.Д. Хынг // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2009. № 2. С. 111—114. EDN: NTRBGX.

другим. Если такие сцены отсутствовали при подготовке и проверке модели, ее работа в условиях объекта остается неопределенной, даже когда общая точность на исходной выборке высока.

Алгоритмы машинного обучения могут использоваться не только для фиксации возникшего пожара, но и для прогнозирования условий его появления. Источниками таких данных выступают различные сведения в том числе об оборудовании, вентиляции, температуре, пожарной нагрузке и выявленные раннее нарушения. Это позволяет произвести моделирование развития пожара и выявить угрозу для людей в процессе их эвакуации из здания [6, 7]. Кроме того, интеллектуальная система может анализировать данные камер, извещателей и систем контроля доступа, после чего рекомендовать наиболее безопасные маршруты.

Следует различать обнаружение признаков горения и выявление предпосылок его возникновения. В первом случае система анализирует уже появившиеся проявления опасного процесса. Во втором — рассматривает отклонения, которые могут предшествовать пожару, но не обязательно приведут к нему. Например, необычный температурный режим электрического оборудования служит основанием для проверки технического состояния, однако сам по себе не подтверждает наличие горения. Объединение этих двух задач без соответствующих пояснений способно вызвать ненужную тревогу и привести к неправильному выбору действий.

Отдельную группу составляет поддержка принятия решений после подтверждения события. Здесь требуется не столько классифицировать изображение, сколько представить сведения о месте возникновения пожара, доступности помещений, состоянии инженерных систем и возможных направлениях распространения опасных факторов. Полезность аналитического модуля определяется тем, сокращает ли он время поиска значимой информации и помогает ли оператору понять ситуацию. Избыточное количество уведомлений может дать противоположный результат.

Также необходимо подчеркнуть, что не всякая задача нуждается в машинном обучении. Если опасное состояние надежно определяется по известному физическому критерию и условия наблюдения устойчивы, применение формализованного алгоритма может быть более прозрачным и экономически оправданным. Интеллектуальная модель имеет смысл тогда, когда ее вклад можно установить сравнением с таким исходным решением. Поэтому необходимость внедрения следует подтверждать не общим интересом к технологии, а выявленным недостатком существующего информационного процесса.

Интеллектуальный анализ повышает эффективность профилактической работы, поскольку позволяет переходить от планового обслуживания к обслуживанию по фактическому техническому состоянию. При этом прогноз модели не должен рассматриваться как достаточное основание для отмены обязательных регламентных мероприятий.

Помимо профилактики, искусственный интеллект применяется непосредственно при возникновении пожара, в частности в робототехнических системах для разведки и работы в опасных для человека условиях. Подобный подход представлен в исследовании А.У. Актаевой, Т.Д. Жаксылыка и Ж.И. Сарсенбаевой, рассматривающих искусственный интеллект как средство повышения эффективности управления пожаротушением и противопожарного надзора [8]. Авторы также отмечают необходимость дальнейшей доработки и детального изучения интеллектуальных платформ пожарной безопасности.

Пожарные роботы могут применяться для разведки, передачи изображения, измерения температуры и концентрации токсичных веществ. Использование автономных устройств особенно актуально на химических предприятиях, складах горючих материалов, энергетических объектах и в помещениях с риском обрушения. Алгоритмы искусственного интеллекта обеспечивают распознавание препятствий, построение карты помещения, выбор маршрута и идентификацию очага. Однако полностью автономное принятие решений ограничивается возможными ошибками навигации и распознавания. Поэтому предпочтительным является режим, при котором робот выполняет отдельные операции самостоятельно, но сохраняет связь с оператором [9]. Это позволяет использовать автоматизацию для отдельных операций, не передавая системе неопределенный круг решений с потенциально тяжелыми последствиями.

Кроме того, необходима заранее установленная логика поведения при потере связи. Универсального решения здесь нет: остановка может быть приемлемой в одной ситуации и создавать препятствие в другой, а возвращение по прежнему маршруту может оказаться невозможным после изменения обстановки. Следовательно, режим отказа должен определяться с учетом конструкции комплекса и условий применения. Его работоспособность следует проверять отдельно от качества распознавания объектов. Сведения, полученные робототехническим комплексом, полезны лишь при возможности связать их с местом и временем наблюдения. Изображение высокой температуры без понятной пространственной привязки ограниченно пригодно для принятия решений. Поэтому в информационном интерфейсе необходимо указывать положение комплекса, направление наблюдения, актуальность данных и статус связи. Роботизированная разведка в таком случае становится дополнительным источником проверяемой информации, а не изолированной демонстрацией автономности.

Таким образом, робототехнические системы являются одним из перспективных инструментов повышения эффективности и безопасности действий при пожаре. Однако применение искусственного интеллекта не ограничивается роботизированной разведкой и тушением, а охватывает широкий круг задач — от раннего обнаружения возгорания до прогнозирования рисков и управления эвакуацией (табл. 1).

Таблица 1

Основные направления применения искусственного интеллекта

НАПРАВЛЕНИЕ	ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	ПРИМЕНЯЕМЫЕ МЕТОДЫ	ОЖИДАЕМЫЙ РЕЗУЛЬТАТ
Обнаружение дыма и пламени	Изображения и видеопотоки	Сверточные нейронные сети, детекторы объектов	Раннее визуальное обнаружение пожара
Анализ показаний извещателей	Температура, дым, газы, влажность	Классификация, анализ временных рядов	Снижение количества ложных тревог
Прогнозирование риска	История эксплуатации и состояние оборудования	Регрессия, деревья решений, нейронные сети	Выявление потенциально опасных участков
Контроль оборудования	Телеметрия и журналы обслуживания	Поиск аномалий, предиктивная аналитика	Прогнозирование отказов
Поддержка эвакуации	Камеры, извещатели, системы доступа	Компьютерное зрение, оптимизация маршрутов	Выбор безопасных путей движения
Мониторинг территорий	Спутниковые снимки, данные БПЛА	Сегментация изображений, прогнозные модели	Обнаружение и оценка распространения пожара
Пожарная разведка	Данные роботов и тепловизоров	Навигация, распознавание объектов	Снижение риска для личного состава

Таблица 2

Архитектура интеллектуальной системы пожарной безопасности

УРОВЕНЬ АРХИТЕКТУРЫ	КОМПОНЕНТЫ	ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ
1. Сбор данных	Датчики, видеокамеры, тепловизоры, системы диспетчеризации	Получение информации о состоянии объекта и возможных признаках пожара
2. Обработка данных	Модули фильтрации, синхронизации и предварительной обработки	Устранение помех, согласование и подготовка данных для анализа
3. Интеллектуальный анализ	Модели искусственного интеллекта	Оценка вероятности пожара, проверка тревожных сигналов, ранжирование рисков и прогнозирование сценариев
4. Управление и оповещение	Интерфейс оператора, противопожарная автоматика	Передача предупреждений оператору и взаимодействие с системами противопожарной защиты

Приведенные результаты являются возможными направлениями полезного применения, а не гарантированными эффектами внедрения. Для каждого объекта необходимо установить, какая информация отсутствует в действующей системе и может ли предлагаемый модуль восполнить этот недостаток. Такой порядок позволяет избежать установки аналитики, которая дублирует существующие функции и увеличивает нагрузку на персонал без подтвержденной пользы.

Архитектура интеллектуальной системы пожарной безопасности должна включать несколько взаимосвязанных уровней (табл. 2), где ключевым принципом является разделение функций. Искусственный интеллект может выполнять прогнозирование, ранжирование рисков и проверку тревожных сигналов, однако критически важные команды должны обрабатываться сертифицированными техническими средствами и резервироваться детерминированными алгоритмами. Для сохранения работоспособности при потере связи целесообразно применять периферийные вычисления. В этом случае обработка данных осуществляется непосредственно на объекте, а не только на удаленном сервере.

Предлагаемая архитектура состоит не в закреплении единственной технической реализации, а в обозначении границ ответственности компонентов. Эти границы необходимы для проверки, обслуживания и анализа причин ошибочных сообщений.

На первом уровне выполняются получение измерений и контроль доступности источников. Помимо полезного сигнала фиксируются сведения об исправности устройства, временной отметке и состоянии связи. На втором уровне данные согласуются и подготавливаются к обработке. Здесь выявляются пропуски, задержки и очевидные нарушения формата. Предварительная обработка должна сохранять информацию о пробле-

мах источника, а не скрывать ее за технически удобным заполнением отсутствующих значений. Третий уровень включает модели распознавания и правила объединения результатов. Целесообразно, чтобы выход этого уровня содержал описание события, пространственную привязку и указание на недостаточность либо противоречивость данных. Четвертый уровень предназначен для оператора: он представляет информацию в понятной форме, позволяет просмотреть исходные материалы и фиксирует действия персонала.

Взаимодействие с противопожарной автоматикой рассматривается отдельно. В предлагаемой схеме интеллектуальный модуль не блокирует штатное обнаружение и выполнение предусмотренных защитных функций. Если его результаты предполагается использовать для управления, соответствующая логика должна быть выделена, документирована и проверена. Нельзя считать безопасной схему, в которой отказ аналитического сервера незаметно прекращает выполнение базовых функций.

Интеллектуальная система зависит от программного обеспечения, каналов передачи и качества исходной информации. Искажение временных отметок, подмена видеопотока или несанкционированное изменение параметров способны повлиять на результат без физического повреждения датчиков. Поэтому разграничение доступа, регистрация изменений и контроль целостности конфигурации необходимо рассматривать как часть надежности мониторинга.

При объединении с другими инженерными системами следует ограничивать объем доступных команд. Если аналитическому модулю требуется только получать состояние оборудования, предоставление ему широких прав управления создает ненужный риск. Интерфейсы должны соответствовать фактической функции. Такой подход упрощает проверку и уменьшает вероятность распространения отказа из вспомогательного программного компонента на другие элементы объекта.

Журналирование необходимо не только для последующего расследования инцидента. Оно позволяет оценить повторяемость помех, выявить проблемные камеры и проверить, что происходило между обнаружением признака и действием оператора. В журнале полезно связывать исходное сообщение, версию модели, состояние каналов и ответ персонала. Без этой связи причины ошибки могут остаться неясными, а корректирующие действия — свестись к необоснованной настройке порога.

Человеческий фактор проявляется в двух противоположных формах. Частые ложные предупреждения приводят к снижению внимания, тогда как длительная безошибочная работа способна вызвать чрезмерное доверие к автоматике. В обоих случаях оператор перестает критически оценивать сообщения. Поэтому обучение должно включать не только штатный порядок работы, но и примеры неопределенных, противоречивых и ошибочных результатов.

Интерфейс должен помогать проверять сообщение, а не создавать впечатление безусловной достоверности. Полезны изображение контролируемого участка, состояние источников и краткое объяснение выявленных признаков. Формулировки следует выбирать с учетом фактической функции: «обнаружены признаки дыма» точнее передает результат видеоклассификатора, чем категоричное заключение о характере и масштабе пожара.

К ограничениям внедрения искусственного интеллекта в систему обеспечения пожарной безопасности можно отнести следующие.

- Недостаток репрезентативных данных. Реальные записи пожаров получить сложно, а проведение натурных испытаний требует значительных ресурсов. Использование преимущественно лабораторных данных может привести к снижению качества модели в реальных условиях.
- Изменение условий эксплуатации. Камера может быть перемещена, ее объектив — загрязнен, а освещение — изменено. В результате распределение входных данных будет отличаться от использованного при обучении модели.

Основными рисками являются: ложные срабатывания и пропуск опасного события; недостаточная интерпретируемость решения; зависимость от качества и доступности связи; возможность несанкционированного доступа; подмена или искажение информации от датчиков и др.

Важно отметить, что применение только видеокамеры или отдельного интеллектуального датчика не обеспечивает необходимой надежности во всех возможных условиях. Более устойчивым является мультимодальный подход, при котором решение формируется на основании независимых физических признаков.

Внедрение искусственного интеллекта не должно приводить к исключению традиционных средств пожарной защиты. Нейросетевая модель может ошибаться при появлении ранее неизвестных объектов или условий. Поэтому рациональным является гибридный подход, объединяющий возможности машинного обучения с формализованными правилами и сертифицированной противопожарной автоматикой.

Заключение

Таким образом, искусственный интеллект в обеспечении пожарной безопасности является перспективным инструментом ее развития. Его применение способствует обнаружению пожара на ранней стадии его развития с последующей минимизацией последствий от него. Основным преимуществом внедрения таких технологий является проведение анализа большого объема получаемых данных и выявление сложных зависимостей, которые трудно учесть с помощью традиционных пороговых алгоритмов.

Литература

1. Дьяков В.Ф. Анализ основных показателей по пожарам в Российской Федерации в период с 2021 по 2025 год // Российский научный вестник. 2026. № 2. С. 69—73. DOI: 10.24412/2782-3830-2026-2-69-73. EDN: DSCIOG.
2. Соклаков Р.А. Возможности применения ИИ в сфере обеспечения пожарной безопасности // Вестник науки. 2024. Т. 1. № 12 (81). С. 1558—1561. EDN: VJNWZW.
3. Хабибрахманов Э.И., Аксенов С.Г., Харисова З.И. Использование возможностей искусственного интеллекта в области пожарной безопасности // Человек. Социум. Общество. 2022. № 14. С. 37—42. EDN: ZUSEKX.
4. Щенина С.В., Губайдуллина И.Н. Искусственный интеллект и пожарная безопасность // Экономика и безопасность. 2025. № 7. С. 158—160. EDN: IPFUXO.
5. Калиев Д.И., Швец О.Я. Свёрточные нейронные сети для решения задач обнаружения пожаров по данным аэрофотосъемки // Программные системы: теория и приложения. 2022. Т. 13. № 1 (52). С. 195—213. DOI: 10.25209/2079-3316-2022-13-1-195. EDN: MEPXJM.
6. Мураев Н.П., Карапузиков А.А. Компьютерное моделирование развития пожара и эвакуации в зданиях массового пребывания людей // Правовая информатика. 2025. № 4. С. 127—134. DOI: 10.24412/1994-1404-2025-4-127-134. EDN: NRUOVD.
7. Мельников Г.О., Турсенев С.А. Интеграция технологии искусственного интеллекта для повышения эффективности эвакуации людей при пожаре // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 4 (48). С. 30—36. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-4-30-36. EDN: DDHLPZ.
8. Актаева А.У., Жаксылык Т.Д., Сарсенбаева Ж.И. Искусственный интеллект и пожарная безопасность // НИР. 2023. № 1 (13). С. 133—137.
9. Щепетов Н.С., Кропотова Н.А. Искусственный интеллект и пожарная безопасность: роль и практические разработки // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : сб. мат. XII Всерос. науч.-практ. конф., Иваново, 22 апреля 2025 г. Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2025. С. 462—468. EDN: VKSCJB.

SECTION:
REGULATORY INFORMATICS

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENSURING FIRE SAFETY

***Popova S.V.*[4]**

Keywords: *convolutional neural networks, video surveillance, machine learning, automatic systems, false alarm, model, fire, fire detection, technologies.*

Abstract

Purpose of work: *to substantiate the application of artificial intelligence in fire safety at protected facilities.*

Research method: *The methodological basis of the study included an analysis of scientific sources on fire safety provision through the implementation of intelligent systems, as well as a generalization of research findings on the use of artificial intelligence technologies for the early detection and suppression of fires.*

Results of the study: *It was established that artificial intelligence makes it possible to automate the processing of data from sensors and video surveillance cameras, thereby ensuring the detection of fires at an early stage of their development. Integrated systems combining computer vision, sensor data, and predictive models demonstrate the highest efficiency. A functional scheme was proposed that separates data collection and verification, analytical processing, information presentation to the operator, and interaction with fire protection automation systems. It was shown that the practical applicability of a model should be evaluated not only by classification accuracy, but also by detection time, false alarm frequency, the proportion of missed events, and resilience to changing observation conditions. The feasibility of combining visual and physical features while considering the quality of each data source was substantiated.*

[4] ***Svetlana V. Popova****, Senior Lecturer, Department of Firefighting and Emergency Rescue Operations, Ural Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Ekaterinburg, Russian Federation.*
E-mail: vip.sveta79@bk.ru

Practical value: *The results can be applied to the implementation of intelligent systems at various protected facilities. The use of artificial intelligence contributes to reducing fire detection time and the number of false alarms. To ensure greater effectiveness, these technologies should complement, rather than replace, certified fire protection systems.*

References

1. D'iakov V.F. Analiz osnovnykh pokazatelei po pozharam v Rossiiskoi Federatsii v period s 2021 po 2025 god // Rossiiskii nauchnyi vestnik. 2026. No. 2. S. 69—73. DOI: 10.24412/2782-3830-2026-2-69-73. EDN: DSCIOG.
2. Soklakov R.A. Vozmozhnosti primeneniia II v sfere obespecheniia pozharnoi bezopasnosti // Vestnik nauki. 2024. T. 1. No. 12 (81). S. 1558—1561. EDN: VJNWZW.
3. Khabibrakhmanov E.I., Aksenov S.G., Kharisova Z.I. Ispol'zovanie vozmozhnostei iskusstvennogo intellekta v oblasti pozharnoi bezopasnosti // Chelovek. Sotsium. Obshchestvo. 2022. No. 14. S. 37—42. EDN: ZUSEKX.
4. Shchenina S.V., Gubaidullina I.N. Iskusstvennyi intellekt i pozharnaia bezopasnost' // Ekonomika i bezopasnost'. 2025. No. 7. S. 158—160. EDN: IPFUXO.
5. Kaliev D.I., Shvets O.Ia. Svertochnye neironnye seti dlia resheniia zadach obnaruzheniia pozharov po dannym aerofotos"emki // Programmnye sistemy: teoriia i prilozheniia. 2022. T. 13. No. 1 (52). S. 195—213. DOI: 10.25209/2079-3316-2022-13-1-195. EDN: MEPXJM.
6. Muraev N.P., Karapuzikov A.A. Komp'iuternoe modelirovanie razvitiia pozhara i evakuatsii v zdaniiakh massovogo prebyvaniia liudei // Pravovaia informatika. 2025. No. 4. S. 127—134. DOI: 10.24412/1994-1404-2025-4-127-134. EDN: NRUOVD.
7. Mel'nikov G.O., Tursenev S.A. Integratsiia tekhnologii iskusstvennogo intellekta dlia povysheniia effektivnosti evakuatsii liudei pri pozhare // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2023. No. 4 (48). S. 30—36. DOI: 10.61260/2307-7476-2024-2023-4-30-36. EDN: DDHLPZ.
8. Aktaeva A.U., Zhaksylyk T.D., Sarsenbaeva Zh.I. Iskusstvennyi intellekt i pozharnaia bezopasnost' // NIR. 2023. No. 1 (13). S. 133—137.
9. Shchepetov N.S., Kropotova N.A. Iskusstvennyi intellekt i pozharnaia bezopasnost': rol' i prakticheskie razrabotki // Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniia inzhenernykh sistem obespecheniia pozharnoi bezopasnosti ob"ektov : sb. mat. XII Vseros. nauch.-prakt. konf., Ivanovo, 22 aprelia 2025 g. Ivanovo : Ivanovskaia pozharno-spasatel'naia akademiia GPS MChS Rossii, 2025. S. 462—468. EDN: VKSCJB.