УДК 614.84

Казанцев Н.В.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

им. героя РФ генерала армии Е.Н. Зиничева

(г. Санкт-Петербург, Россия)

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ И ПРИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТАХ

Аннотация: *представлена характеристика искусственного интеллекта и вытекающее из него определение функций искусственного интеллекта для использования при пожарах. Выделены технологии искусственного интеллекта, необходимые пожарной охране для решения боевых задач. Определена классификация робототехнических комплексов по назначению, по способу управления, по виду огнетушащего вещества и по массе.*

Ключевые слова: *пожар, тушение, анализ, искусственный интеллект, функции, робототехнический комплекс, классификация, аварийно-спасательные работы.*

В Национальной стратегии развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. (в редакции Указа Президента Российской Федерации от 15.02.2024 № 124) искусственный интеллект определён как комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека или превосходящие их.

Для пожарной охраны из этого определения вытекает практический критерий: технология искусственного интеллекта полезна тогда, когда она выполняет часть работы, которую сейчас выполняют разведчик, оператор пульта или руководитель тушения пожара, быстрее либо в условиях, в которых человек работать не может.

С этой позиции публикации 2018–2026 гг. сгруппированы по четырём функциям: обнаружение пламени и дыма, обнаружение людей, навигация в задымлении, поддержка решений и прогнозирование.

Обнаружение пламени и дыма по изображению – наиболее зрелое направление. Отечественный опыт стационарных пожарных роботов ИЦ «ЭФЭР» показывает, что сочетание ИК-матрицы и видеокамеры с анализом мерцания и динамики границ позволяет определять координаты очага триангуляцией и наводить струю по базе траекторий, полученной в огневых экспериментах, целевой параметр – обнаружение очага площадью около 0,1 м². Для роботизированных установок время срабатывания робота составляет менее 40 с, а время свободного горения до начала тушения – 55–80 с в зависимости от типа извещателя.

Критический обзор методов видеообнаружения пожара указывает на ненадёжность метрики accuracy при несбалансированных данных и на неинтерпретируемость ряда опубликованных результатов из-за малых тестовых выборок. Отсюда следует ограничение,: показатели качества детектора нельзя переносить на конкретные условия без проверки на данных этих условий, а в расчётах эффективности должна использоваться полнота обнаружения, а не общая точность.

Обнаружение людей – функция, непосредственно связанная с основной боевой задачей. Наиболее близкий к практике МЧС России результат получен в натурных испытаниях комплекса безопасности газодымозащитника с тепловизором и видеоочками: в задымлённом кабельном коллекторе и на учениях в Норильске время поиска пострадавшего и очага сократилось почти вдвое – со 198 до 108 с и с 544 до 253 с. Этот результат важен для настоящей работы потому, что он получен в арктических условиях и измерен именно в единицах времени выполнения боевой задачи.

Навигация в задымлении остаётся наименее решённой задачей. Визуальные системы одновременной локализации и картографирования (SLAM) теряют работоспособность в дыму, поэтому исследования переходят к

тепловизионным стереопарам: система FirebotSLAM на реальном пожаре в паркинге обеспечила среднюю ошибку репроекции 1,5 пикселя при времени обработки 120–130 мс на кадр, однако на самом «горячем» участке теряла трекинг в первые 25 с, а ошибка курса достигала 10°. Алгоритм Fire SLAM исключает динамические области пламени из обработки и одновременно локализует очаг в трёхмерном пространстве. Для помещений предложен автономный робот, сочетающий лидарную карту, тепловизор и сеть YOLOv4 и выбирающий огнетушащее вещество по типу горючего. Ни один из рассмотренных подходов пока не обеспечивает устойчивой локализации в плотном дыму при переменном освещении, создаваемом пламенем. Практическое следствие для пожарных подразделений: в ближайшей перспективе наземный РТК в здании остаётся телеуправляемым или супервизорным, а искусственный интеллект выполняет функцию «зрения» оператора, а не автономного водителя.

Поддержка решений и прогнозирование развиваются на уровне моделей и прототипов. Глубокая нейронная сеть, обученная на опытах в маломасштабном помещении, прогнозирует температуру на 30 с вперёд с ошибкой менее 10% и предупреждает об общей вспышке за 20 с. Патентный и публикационный анализ решений по применению БАС для поддержки принятия решений при ЧС показал, что большинство из них ограничено сбором данных и детектированием дыма и огня, а интерпретация результатов и их встраивание в цикл управления реализованы лишь частично. Отечественные исследования группового применения БАС подтверждают тот же разрыв с другой стороны: рой из 10 воздушных судов обеспечивает пропускную способность около 36 Мбит/с при потребности 20 Мбит/с, тогда как рой из 100 аппаратов – лишь около 7 Мбит/с при потребности 100 Мбит/с, и без ретранслятора управление теряется.

Технологии искусственного интеллекта, необходимые пожарной охране, – обнаружение очага, обнаружение людей, тепловизионная навигация – по отдельности доведены до уровня, допускающего практическое применение, известны и робототехнические комплексы, способные нести соответствующую

аппаратуру. Вместе с тем, не установлено, в каких сценариях и в каком сочетании наземные РТК и БАС с функциями искусственного интеллекта дают выигрыш с учётом ограничений конкретного гарнизона, в том числе арктических климатических условий. Без такого перехода от метрик распознавания к показателям тактики решение о приобретении и применении робототехники остаётся необоснованным, а сама техника – неиспользуемой.

В настоящее время мобильный робот определяется как дистанционно управляемое оператором мобильное средство пожаротушения, выполняющее тушение и (или) аварийно-спасательные работы без нахождения человека в опасной зоне, а мобильный робототехнический комплекс – как совокупность мобильного робота, системы дистанционного управления и средств обеспечения эксплуатации. Стандарт классифицирует комплексы по назначению (специальные, специализированные для радиационно опасных объектов и универсальные), по способу управления (телеуправляемые, автономные и супервизорные), по виду огнетушащего вещества и по массе. Способ управления определяет, какую часть функций оператора комплекс берёт на себя. При дистанционном управлении задача выполняется только при постоянном управляющем воздействии оператора, при супервизорном – комплекс действует самостоятельно в промежутках между командами, при автономном – вмешательство оператора после ввода параметров задачи возможно, но не обязательно.

Таким образом, именно переход от дистанционного к супервизорному управлению открывает место для технологий искусственного интеллекта: обнаружение очага и людей, удержание направления движения и наведение струи становятся функциями бортовой системы, а оператор контролирует их результат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 (вместе с

Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, ред. от 15.02.2024)

2. Горбань Ю.И., Немчинов С.Г. Пожарные роботы в пожарной автоматике: научно-технические исследования, алгоритмы поведения и дизайн // Пожаровзрывобезопасность. 2020. Т. 29, № 5. С. 82–88

3. Горбань Ю.И., Немчинов С.Г., Цариченко С.Г., Туровский А.А. Роботизированные установки пожаротушения. Параметры эффективного тушения // Пожаровзрывобезопасность. 2023. Т. 32, № 4. С. 58–67 https://doi.org/10.22227/0869-7493.2023.32.04.58-67

4. Тужиков Е.Н., Калентьев В.А., Пахомов Г.Б. Апробация инновационного комплекса безопасности газодымозащитника в условиях, приближенных к реальным // Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 2024. № 4. С. 42–52 https://doi.org/10.61260/2218-130x-2025-2024-4-42-52

Kazantsev N.V.

St. Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia named after E.N. Zinichev

(St. Petersburg, Russia)

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FIREFIGHTING AND EMERGENCY RESCUE OPERATIONS

Abstract: *artificial intelligence is characterized, and its functions relevant to firefighting are defined. Artificial intelligence technologies needed by fire services to carry out operational tasks are identified. Robotic systems are classified by purpose, control method, type of extinguishing agent, and weight.*

Keywords: *fire, firefighting, analysis, artificial intelligence, functions, robotic system, classification, emergency rescue operations.*