

ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ОБУЧАЮЩЕГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРАКТИКУ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕНИЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Шкитронов Михаил Евгеньевич

кандидат педагогических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева», (г. Санкт-Петербург) shkitronov@mail.ru

POSSIBILITIES OF INTRODUCING TRAINING ARTIFICIAL INTELLIGENCE INTO THE PRACTICE OF CONDUCTING EXERCISES OF FIRE PROTECTION UNITS

M. Shkitronov

Summary: The research relevance is determined by the need to improve the effectiveness of training of personnel of fire protection units in the conditions of increasing complexity of the operational situation and the introduction of innovative technologies in the process of conducting exercises.

The research goal is to systematize the possibilities of introducing educational artificial intelligence into the practice of conducting exercises of fire protection units to improve the level of training of personnel.

Achieving this goal involves solving the following tasks: analysis of existing training intelligent models in the field of fire extinguishing; identification of the advantages and limitations of such technologies in the field of training of fire protection units; systematization of the data obtained during the study.

The research methodology presented in the article is based on a systematic approach and includes synthesis, analysis, systematization, descriptive method, comparison, as well as the formal-logical method.

Based on the results, the following conclusions were formulated: the introduction of training models of artificial intelligence into the training system of fire departments will significantly increase the efficiency of the actions of the fire service through simulation modeling and personalized educational trajectories.

Keywords: fire service, technical training, intelligent technologies, exercises of fire protection units, fire extinguishing.

Аннотация: Актуальность исследования определяется необходимостью повышения эффективности подготовки личного состава подразделений пожарной охраны в условиях возрастающей сложности оперативной обстановки.

Цель исследования заключается в систематизации возможностей внедрения обучающего искусственного интеллекта в практику проведения учений подразделений пожарной охраны для повышения уровня подготовки личного состава. Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач: анализ существующих обучающих интеллектуальных моделей в области пожаротушения; выявление преимуществ и ограничений таких технологий в сфере подготовки подразделений пожарной охраны; систематизация полученных в ходе исследования данных.

Методология исследования основана на системном подходе и включает в себя: синтез, анализ, систематизацию, описательный метод, сопоставление, а также формально-логический метод.

По итогу проведенного исследования были сформулированы следующие выводы: внедрение обучающих моделей искусственного интеллекта в систему подготовки пожарных подразделений позволит существенно повысить эффективность действий службы пожарной охраны посредством имитационного моделирования и персонализированных образовательных траекторий.

Ключевые слова: служба пожарной охраны, техническая подготовка, интеллектуальные технологии, учения подразделений пожарной охраны, пожаротушение.

Введение

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что на фоне масштабов техногенных катастроф, изменения климатических условий и появление новых видов пожароопасных материалов, от пожарных требуется высокая квалификация, быстрота принятия решений в условиях реальных пожарных инцидентов. Традиционные методы проведения учений, основанные на лекциях и полевых практических занятиях, зачастую не позволяют в полной мере реализовать потенциал личного состава службы пожарной охраны, а моделирование пожара в полевых условиях не всегда возможно, что существенно снижает эффективность традиционных методов.

В настоящее время внедрение обучающих моделей искусственного интеллекта (далее – обучающий ИИ) представляется перспективным направлением, поскольку такие модели позволяют существенно повысить эффективность подготовки личного состава службы пожарной охраны, а также дают возможность моделировать различные сценарии развития пожара в рамках индивидуального подхода к обучению.

Модели обучающего ИИ для пожаротушения включают в себя несколько ключевых технологий:

1. Системы компьютерного моделирования пожаров (CFD – Computational Fluid Dynamics) для имитации динамики распространения огня, дыма и токсичных продуктов горения в различных ус-

ловиях. Например, Fire Dynamics Simulator (FDS), разработанный Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST), широко используется для моделирования пожаров в зданиях и в полевых условиях [14, с. 1587].

2. Алгоритмы машинного обучения, способные анализировать большие объемы данных о пожарах, выявлять закономерности и оптимизировать тактику тушения. В частности, методы глубокого обучения (Deep Learning) применяются для распознавания изображений с дронов и камер наблюдения, определения очагов возгорания и оценки степени опасности [13, с. 44].
3. Интеллектуальные системы управления ресурсами, интегрированные с моделями прогнозирования, которые позволяют оперативно распределять пожарные расчеты, технику и специальные средства тушения в зависимости от меняющейся обстановки. Примером может служить разработка компании Jensen Hughes – система Pathfinder, предназначенная для моделирования эвакуации людей из зданий при пожаре и оптимизации путей эвакуации на основе данных о распространении огня и задымления [14, с. 1586].
4. Системы ИИ для автоматического обнаружения и сигнализации пожаров, использующие сенсоры и алгоритмы обработки данных для раннего выявления возгораний. Такие интеллектуальные системы, как разработанные Siemens Building Technologies, способны анализировать данные с датчиков дыма, температуры и пламени, минимизируя ложные срабатывания и повышая скорость реагирования [13, с. 92].

Интеграция перечисленных компонентов позволяет создавать комплексные системы поддержки принятия решений для проведения учений подразделений пожарной охраны, а также помогают обеспечить ситуационную осведомленность и оптимизацию действий во время виртуального моделирования пожарного инцидента. Применение методов машинного обучения, в частности алгоритмов Reinforcement Learning, позволяет обучать виртуальных агентов-помощников, которые предлагают оптимальные стратегии тушения пожара в зависимости от конкретных условий. Эффективность таких технологий уже доказана эмпирически: в частности, исследования, проведенные в Университете Мэриленда (США), показали, что использование таких агентов может существенно сократить время тушения и минимизировать ущерб [12, с. 45].

Более того, интеграция систем виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) позволяет создавать иммерсивные обучающие среды, в которых пожарные могут отрабатывать навыки тушения пожаров в реалистичных, но в абсолютно безопасных условиях.

При этом ИИ может генерировать различные сценарии развития пожара, адаптируя сложность задачи в зависимости от уровня подготовки обучаемого. По данным исследований, использование VR-тренажеров повышает эффективность обучения по сравнению с традиционными методами [11, с. 55].

На наш взгляд, еще одним перспективным направлением является разработка интеллектуальных систем поддержки принятия решений (DSS), которые на основе данных, полученных с датчиков и сенсоров, могут рекомендовать оптимальные стратегии тушения пожара, учитывая особенности объекта, погодные условия и доступные ресурсы. Интеллектуальные обучающие системы могут использовать алгоритмы оптимизации и машинного обучения для прогнозирования распространения огня и оценки эффективности различных тактических решений [10, с. 274].

Таким образом, внедрение моделей обучающего ИИ в практику проведения учений подразделений пожарной охраны представляет собой перспективное направление, способное существенно повысить качество подготовки специалистов и эффективность тушения пожаров.

Материалы и методы

Для исследования заявленной темы были изучены научные работы и эмпирические исследования отечественных и зарубежных авторов, а также материалы Государственной противопожарной службы Российской Федерации [3].

В частности, теоретические основы применения интеллектуальных технологий для обучения личного состава подразделений пожарной охраны проанализированы в исследованиях таких авторов, как С.Н. Аксенов, Д.П. Морозова [1], М.Ю. Бакриев, А.А. Евдокимов [2], Д.С. Зайцев, Е.И. Голякова [4], С.Н. Копылов, В.А. Кушук, Д.В. Полтавец [5], В.В. Кутузов, К.С. Талировский, Т.Н. Магомедов [6], Е.В. Павлов [7], А.А. Рыбанов [8], А.А. Червова, И.А. Войкин [9] и др.

Методические аспекты применения обучающего ИИ для проведения учений подразделений пожарной охраны изложены в исследованиях таких зарубежных авторов, как Б.А. Хепсо, Х. Линдегаард [10], Э.Д. Кулиговски, Р.Д. Пикок, Дж.Д. Аверилл [11], С. Ли, И. Ван [12], К. МакГраттан, С. Хостикка, Дж. Флойд [13], Ф. Юань, Ф., Дж. Смит [14] и др.

Методология исследования включает в себя общенаучные методы: синтез, анализ, систематизация, историографический анализ научной литературы по изучаемой теме; описательный метод, сопоставление, а также формально-логический метод.

Результаты и обсуждения

Проведенный анализ научной литературы позволяет констатировать, что возможности внедрения, обучающего ИИ в практику проведения учений подразделений пожарной охраны может существенно повысить эффективность подготовки личного состава. Существующие модели обучающего ИИ, применимые в данном контексте, можно классифицировать по нескольким ключевым направлениям.

1. Системы имитационного моделирования пожаров и чрезвычайных ситуаций, которые базируются на алгоритмах машинного обучения с подкреплением (Reinforcement Learning). Такие системы, как FDS (Fire Dynamics Simulator) в сочетании с машинным обучением, позволяют создавать реалистичные виртуальные среды, в которых подразделения могут отрабатывать навыки принятия решений в условиях динамично меняющейся обстановки. ИИ, в свою очередь, анализирует действия обучаемых, предоставляя обратную связь в реальном времени и адаптируя сложность учений в зависимости от прогресса.
2. Системы автоматизированной оценки и анализа действий, которые на базе компьютерного зрения и обработки естественного языка могут анализировать видео- и аудиозаписи учений, выявлять ошибки в действиях личного состава, нарушения техники безопасности, а также оценивать эффективность использования оборудования и тактики тушения пожара. Такого рода автоматизированная оценка позволяет значительно сократить время на анализ результатов учений и повысить эффективность оценки.

3. Системы персонализированного обучения, адаптирующие учебные программы и сценарии учений под индивидуальные потребности и уровень подготовки каждого сотрудника. Такие системы на основе методов машинного обучения и анализа данных о профессиональном опыте, навыках и знаниях обучаемых, могут разрабатывать индивидуальные траектории обучения для устранения выявленных пробелов и развитие необходимых компетенций. Такой подход соответствует принципам адаптивного обучения, доказавшим свою эффективность в различных областях, включая профессиональную подготовку личного состава подразделений пожарной охраны.
4. Интеллектуальные системы прогнозирования развития пожара и поведения людей в условиях чрезвычайной ситуации. Эти системы, работающие на алгоритмах глубокого обучения (Deep Learning), анализируют данные о типе здания, материалах, из которых оно построено, погодных условиях, а также данные о поведении людей, находящихся в здании, для прогнозирования распространения огня и эвакуации людей. Такая информация может быть использована для оптимизации тактики тушения пожара и повышения эффективности спасательных работ. Интеграция таких систем в учебный процесс позволяет подразделениям пожарной охраны тренировать принятие решений на основе прогнозных данных, повышая их готовность к реальным чрезвычайным ситуациям (таблица 1).

Среди всех рассмотренных систем, имитационное моделирование пожаров и ЧС, основанное на обучении

Таблица 1.

Сводная таблица преимуществ обучающего ИИ в сфере пожаротушения.

Модель обучающего ИИ	Тип обучения	Основной алгоритм	Исходные данные	Выходные данные	Примеры применения	Преимущества для пожаротушения	Ограничения
Имитационное моделирование пожаров и ЧС	С подкреплением (Reinforcement Learning)	Алгоритмы машинного обучения с подкреплением, FDS (Fire Dynamics Simulator)	Данные о геометрии помещений, свойствах материалов, параметрах окружающей среды	Реалистичная виртуальная среда, динамично меняющаяся обстановка	Отработка навыков принятия решений в условиях пожара различной сложности	Повышение скорости и точности принятия решений, отработка действий в опасных ситуациях без риска для жизни	Высокая вычислительная сложность, зависимость от качества исходных данных
Автоматизированная оценка действий подразделений	Контролируемое обучение (Supervised Learning)	Компьютерное зрение, обработка естественного языка	Видео- и аудиозаписи учений	Оценка действий личного состава, выявление ошибок и нарушений, оценка эффективности использования оборудования	Анализ результатов учений, выявление слабых мест в подготовке личного состава	Сокращение времени на анализ результатов, повышение эффективности оценки, возможность выявления скрытых ошибок	Требуется большое количество размеченных данных для обучения, сложность в интерпретации контекста действий

Модель обучающего ИИ	Тип обучения	Основной алгоритм	Исходные данные	Выходные данные	Примеры применения	Преимущества для пожаротушения	Ограничения
Персонализированное обучение	Адаптивное обучение	Машинное обучение (классификация, кластеризация)	Данные о профессиональном опыте, навыках и знаниях обучаемых	Индивидуальные траектории обучения, адаптированные сценарии учений	Формирование индивидуальных планов обучения, направленных на устранение пробелов и развитие компетенций	Повышение эффективности обучения за счет индивидуального подхода, ускорение процесса подготовки, мотивация к обучению	Сложность сбора и анализа данных об обучаемых, необходимость постоянной адаптации учебных программ
Прогнозирование развития пожара и поведения людей	Глубокое обучение (Deep Learning)	Нейронные сети (CNN, RNN)	Данные о типе здания, материалах, погодных условиях, поведении людей	Прогноз распространения огня, эвакуации людей	Оптимизация тактики тушения пожара, повышение эффективности спасательных работ	Улучшение ситуационной осведомленности, возможность принятия проактивных мер, снижение риска для жизни людей	Требуется огромное количество данных для обучения, сложность интерпретации результатов, высокая вычислительная сложность
Модель обучающего ИИ	Тип обучения	Основной алгоритм	Исходные данные	Выходные данные	Примеры применения	Преимущества для пожаротушения	Ограничения
Имитационное моделирование пожаров и ЧС	С подкреплением (Reinforcement Learning)	Алгоритмы машинного обучения с подкреплением, FDS (Fire Dynamics Simulator)	Данные о геометрии помещений, свойствах материалов, параметрах окружающей среды	Реалистичная виртуальная среда, динамично меняющаяся обстановка	Отработка навыков принятия решений в условиях пожара различной сложности	Повышение скорости и точности принятия решений, отработка действий в опасных ситуациях без риска для жизни	Высокая вычислительная сложность, зависимость от качества исходных данных
Автоматизированная оценка действий подразделений	Контролируемое обучение (Supervised Learning)	Компьютерное зрение, обработка естественного языка	Видео- и аудиозаписи учений	Оценка действий личного состава, выявление ошибок и нарушений, оценка эффективности использования оборудования	Анализ результатов учений, выявление слабых мест в подготовке личного состава	Сокращение времени на анализ результатов, повышение объективности оценки, возможность выявления скрытых ошибок	Требуется большое количество размеченных данных для обучения, сложность в интерпретации контекста действий
Персонализированное обучение	Адаптивное обучение	Машинное обучение (классификация, кластеризация)	Данные о профессиональном опыте, навыках и знаниях обучаемых	Индивидуальные траектории обучения, адаптированные сценарии учений	Формирование индивидуальных планов обучения, направленных на устранение пробелов и развитие компетенций	Повышение эффективности обучения за счет индивидуального подхода, ускорение процесса подготовки, мотивация к обучению	Сложность сбора и анализа данных об обучаемых, необходимость постоянной адаптации учебных программ
Прогнозирование развития пожара и поведения людей	Глубокое обучение (Deep Learning)	Нейронные сети (CNN, RNN)	Данные о типе здания, материалах, погодных условиях, поведении людей	Прогноз распространения огня, эвакуации людей	Оптимизация тактики тушения пожара, повышение эффективности спасательных работ	Улучшение ситуационной осведомленности, возможность принятия проактивных мер, снижение риска для жизни людей	Требуется огромное количество данных для обучения, сложность интерпретации результатов, высокая вычислительная сложность

Модель обучающего ИИ	Тип обучения	Основной алгоритм	Исходные данные	Выходные данные	Примеры применения	Преимущества для пожаротушения	Ограничения
Имитационное моделирование пожаров и ЧС	С подкреплением (Reinforcement Learning)	Алгоритмы машинного обучения с подкреплением, FDS (Fire Dynamics Simulator)	Данные о геометрии помещений, свойствах материалов, параметрах окружающей среды	Реалистичная виртуальная среда, динамично меняющаяся обстановка	Отработка навыков принятия решений в условиях пожара различной сложности	Повышение скорости и точности принятия решений, отработка действий в опасных ситуациях без риска для жизни	Высокая вычислительная сложность, зависимость от качества исходных данных

с подкреплением и использовании специализированных программных комплексов, таких как Fire Dynamics Simulator (FDS), предоставляет ценную возможность для отработки навыков принятия решений в динамично меняющихся и опасных ситуациях. На наш взгляд, основным преимуществом данного подхода является возможность создания реалистичной виртуальной среды, что позволяет пожарным тренироваться в условиях, приближенных к реальным, без риска для жизни и здоровья. Применение имитационного виртуального моделирования способствует повышению скорости и точности принимаемых решений, поскольку позволяет многократно отрабатывать различные сценарии и оценивать последствия различных действий.

Однако, у технологии есть и ограничение: очень высока вычислительная сложность подобных симуляций, особенно при моделировании крупных и сложных объектов. Кроме того, точность результатов напрямую зависит от качества и полноты исходных данных о геометрии помещений, свойствах материалов и параметрах окружающей среды. Поэтому неадекватное представление этих данных может привести к неточным прогнозам и, как следствие, к принятию неверных решений в реальной ситуации.

Автоматизированная оценка действий подразделений с использованием контролируемого обучения, компьютерного зрения и обработки естественного языка повышает объективность оценки, но требует больших объемов размеченных данных и сложна в интерпретации контекста. В свою очередь, персонализированное обучение на основе адаптивного обучения и машинного обучения формирует индивидуальные траектории обучения, повышая эффективность, однако требует значительных усилий для сбора и анализа данных. Прогнозирование развития пожара и поведения людей с использованием глубокого обучения и нейронных сетей улучшает ситуационную осведомленность, но при этом требует большого набора данных, обладает высокой вычислительной сложностью и сложностью интерпретации результатов.

На наш взгляд, дальнейшее развитие обучающего

ИИ в пожарной охране требует интеграции различных моделей в единую систему поддержки учебных мероприятий. Например, сочетание системы имитационного моделирования с системой прогнозирования развития пожара позволит создать более реалистичные и динамичные сценарии учений. При этом система автоматизированной оценки действий подразделений позволит получить обратную связь в режиме реального времени, адаптируя сложность учений в зависимости от прогресса обучаемых.

Наиболее перспективным направлением нам представляется разработка систем поддержки принятия решений для руководителей тушения пожара на базе ИИ, анализирующих обстановку, прогнозы и действия подразделений для оптимизации тактики и распределения ресурсов. Необходимо подчеркнуть, что такие системы являются инструментом поддержки, а не заменой человеческого решения, а внедрение требует решения проблем безопасности данных, валидации моделей и адаптации к различным ситуациям, разработки стандартов и обучения личного состава подразделений пожарной охраны.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сформулировать следующие выводы: внедрение обучающего искусственного интеллекта (ИИ) в систему подготовки подразделений пожарной охраны открывает широкий спектр возможностей для внедрения систем ИИ, от имитационного моделирования до персонализированных образовательных траекторий.

При этом несмотря на значительные преимущества, внедрение обучающего ИИ сопряжено с рядом ограничений. Высокая вычислительная энергоемкость, зависимость от качества исходных данных и потребность в больших объемах размеченных данных требуют тщательной подготовки инфраструктуры и разработки методик валидации.

Таким образом, интеграция обучающих моделей ИИ в систему подготовки личного состава подразделений пожарной охраны представляет собой стратегическое на-

правление работы Государственной противопожарной службы Российской Федерации. Успешное внедрение рассмотренных выше технологий, помимо повышения

профессиональной квалификации личного состава, существенно снижает риски и повышает эффективность проведения полевых учений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов С.Н., Морозова Д.П. Разработка и внедрение инновационных методов обучения пожарной безопасности в образовательных учреждениях // Современное педагогическое образование. – 2023. – № 11. – С. 56–79.
2. Бакриев М.Ю., Евдокимов А.А. Инновации в области тушения пожаров в высотных зданиях и зданиях повышенной этажности // Вестник науки. – 2022. – № 5 (50). – С. 245–268.
3. Государственная противопожарная служба Российской Федерации // МЧС России. – URL: <https://вдпо.рф/enc/gosudarstvennaya-protivopozharnaya-sluzhba> (дата обращения: 01.05.2024).
4. Зайцев Д.С., Голякова, Е.И. Совершенствование систем пожаротушения ТЭЦ // The Scientific Heritage. – 2022. – № 82–1. – С. 56–79.
5. Копылов С.Н., Кушук В.А., Полтавец Д.В. Пожарная безопасность автотранспортных средств // Технологии гражданской безопасности. – 2019. – № 1–2. – С. 20–37.
6. Кутузов В.В., Талировский К.С., Магомедов Т.Н. Требования по обеспечению зданий предприятий торговли автоматическими системами противопожарной защиты // Достижения науки и образования. – 2018. – № 15 (37). – С. 76–89.
7. Павлов Е.В. Разработка методики обоснования тактико-технических требований к робототехническому комплексу многорежимного пожаротушения // Технологии гражданской безопасности. – 2020. – № 2 (64). – С. 201–214.
8. Рыбанов А.А. Создание виртуального тренажера для формирования навыков работы с системами пожарно-охранной сигнализации // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2024. – № 1 (336). – С. 102–113.
9. Червова А.А., Войкин И.А. К вопросу об использовании виртуальных тренажеров курсантами вузов МЧС РФ при прохождении практики (на примере Ивановской пожарно-спасательной академии) // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2022. – № 4 (68). – С. 66–79.
10. Hepso B.A., Lindegaard H. Intelligent Fire Detection Systems: A Review. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2024. – № 17(4). – pp. 273–281.
11. Kuligowski E.D., Peacock R.D., Averill J.D. A Review of Building Evacuation Models. NIST Technical Note 1680. National Institute of Standards and Technology. – 2020. – 188 p.
12. Li X., Wang Y. (2021). Reinforcement Learning for Fire Suppression Optimization. Proceedings of the International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS). – 2021. – pp. 44–58.
13. McGrattan K., Hostikka S., Floyd J. Fire Dynamics Simulator: Technical Reference Guide. NIST Special Publication 1019. National Institute of Standards and Technology. – 2020. – 120 p.
14. Yuan F., Smith J. Deep Learning for Fire Detection: A Review. Fire Technology. – 2018. № 4. – pp. 1585–1603.

© Шкитронов Михаил Евгеньевич (shkitronov@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»