



Обоснование архитектуры перспективной автоматизированной системы мониторинга радиационной, химической и биологической обстановки с использованием искусственного интеллекта

С.А. Шаров¹, Д.С. Батинов¹, М.А. Осипов², М.В. Домнин², С.А. Морозов²,
М.А. Голышев³, Ю.И. Хрипков³, А.В. Надеин³, И.В. Чебыкин⁴, В.Д. Васин⁵,
М.М. Бец⁶

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение
«33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт» Министерства обороны
Российской Федерации,
412918, Российская Федерация, п. Шиханы-2, ул. Краснознаменная, д. 1

²Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования
«Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского
Союза С.К. Тимошенко» Министерства обороны Российской Федерации,
156015, Российская Федерация, г. Кострома, ул. Горького, д. 16

³Федеральное государственное бюджетное учреждение
«27 Научный центр имени академика Н.Д. Зелинского» Министерства обороны
Российской Федерации,
111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19
✉ e-mail: 27nc1@mil.ru

⁴Войсковая часть 29753,
412918, Российская Федерация, п. Шиханы-2, ул. Краснознаменная, д. 2

⁵Войсковая часть 71432,
412918, Российская Федерация, п. Шиханы-2, ул. Краснознаменная, д. 4

⁶Войсковая часть 19889,
142438, Российская Федерация, Московская обл., Ногинский район, д. Большое Буньково

Наиболее прогрессивным направлением выявления и оценка радиационной, химической и биологической (РХБ) обстановки является внедрение технологий на основе искусственного интеллекта. **Цель работы** – разработка архитектуры перспективной системы мониторинга радиационной, химической и биологической обстановки с использованием искусственного интеллекта. **Информационная база исследования.** Публикации по применению математических моделей в ИИ, доступные через сеть «Интернет». **Метод исследования** – аналитический, от общего к частному. Рассматривали особенности использования искусственного интеллекта в автоматизированных системах управления. **Результаты и обсуждение.** Конфронтации с Украиной под протекторатом Запада носят многовариантный пространственный характер, и требуют постоянного мониторинга в условиях недостатка конкретной информации. Применение технологий ИИ позволит выйти за рамки простого отображения текущей ситуации, предоставляя инструменты прогнозирования развития событий. Предлагаемая архитектура перспективной системы предполагает создание единой базы данных, наполняемой верифицированной информацией из открытых источников. Разработанная структура веб-приложения, представляющего собой интерактивный интерфейс для анализа и реагирования на изменения РХБ обстановки, включающая в себя возможность между информационными слоями и получение данных в режиме реального времени. **Вывод.** Применение нейросетевых технологий войсками РХБ защиты позволит осуществлять поиск

Шаров С.А., Батинов Д.С., Осипов М.А., Домнин М.В., Морозов С.А., Голышев М.А. и др.
 Sharov S.A., Batinov D.S., Osipov M.A., Domnin M.V., Morozov S.A., Golyshev M.A., et al.

по заданным параметрам и проводить ретроспективный анализ данных, тем самым качественно повлияет на эффективность мониторинга РХБ угроз для войск и населения Российской Федерации.

Ключевые слова: автоматизированная система мониторинга; базы данных; безопасность; информационные технологии; искусственный интеллект; машинное обучение; моделирование; нейронные сети; угрозы.

Для цитирования: Шаров С.А., Батинов Д.С., Осипов М.А., Домнин М.В., Морозов С.А., Голышев М.А., Хрипов Ю.И., Надеин А.В., Чебыкин И.В., Васин В.Д., Бец М.М. Обоснование архитектуры перспективной автоматизированной системы мониторинга радиационной, химической и биологической обстановки с использованием искусственного интеллекта. Вестник войск РХБ защиты. 2024;8(1):65–77. EDN:zyeoiх. <https://doi.org/10.35825/2587-5728-2024-8-1-65-77>

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов: нет.

Финансирование: федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр имени академика Н.Д. Зелинского» Министерства обороны Российской Федерации (27 НЦ МО РФ).

Поступила 14.02.2024 г. Исправленный вариант 20.03.2024 г. Принята к публикации 27.03.2024 г.

Justification of the Architecture a Promising Automated System for Monitoring Radiation, Chemical and Biological Environment Using Artificial Intelligence

Sergey A. Sharov¹, Dmitrii S. Batinov¹, Mikhail A. Osipov², Mikhail V. Domnin²,
 Sergey A. Morozov², Maxim A. Golyshev³✉, Yuri I. Khripkov³, Aleksey V. Nadein³,
 Ilya V. Chebykin⁴, Vasily D. Vasin⁵, Mikhail M. Bets⁶

¹Federal State Budgetary Institution
 «33 Central Research Testing Institute» of the Ministry of Defense of the Russian Federation,
 412918, Russian Federation, v. Shikhany-2, st. Krasnoznamennaya, 1

²Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Education «Military Academy of Radiation,
 Chemical and Biological Defense named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko» Ministry
 of Defense of the Russian Federation,
 156015, Russian Federation, Kostroma, st. Gorkogo, 16

³Federal State Budgetary Institution
 «27 Scientific Center Named after Academician N.D. Zelinsky»
 Ministry of Defense of the Russian Federation,
 111024, Russian Federation, Moscow, Entuziastov Proezd, 19
 ✉ e-mail: 27nc1@mil.ru

⁴The Military unit 29753,
 412918, Russian Federation, v. Shikhany-2, St. Krasnoznamennaya, 2

⁵The Military Unit 71432,
 412918, Russian Federation, Shikhany-2, St. Krasnoznamennaya, 4

⁶The Military Unit 19889,
 142438, Russian Federation, Moscow region, Noginsky district, Bolshoye Bunkovo village

The most progressive direction for identifying and assessing the chemical warfare situation is the introduction of technologies based on artificial intelligence. **The goal of the work** is to develop the architecture of a promising system for monitoring the radiation, chemical and biological situation using artificial intelligence. **Research information base.** Publications on the use of mathematical models in artificial intelligence (AI), available via the Internet. **The research method** is analytical, from general to specific. We considered the features of using artificial intelligence in automated control systems. **Results and discussion.** Confrontations with Ukraine and NATO are multivariate and spatial in nature, and require constant monitoring in the face of a lack of specific information about attacks being prepared and already carried out. The use of AI technologies will allow us to go beyond simply displaying the current situation, providing tools for predicting the development of events. The proposed architecture of a promising system involves the creation of a single database filled with verified information from open sources. The developed structure of the web application, which is an interactive interface for analyzing and responding to changes in the chemical warfare situation, will allow flexible switching between information layers and obtaining data in real time. **Conclusion.** The use of neural network technologies by NBC protection troops will make it possible to search according to specified parameters and conduct retrospective data analysis, which will significantly simplify monitoring of NBC threats for the troops and population of the Russian Federation.

Keywords: artificial intelligence; automated monitoring system; databases; information technology; machine learning; modeling; neural networks; security.

For citation: Sharov S.A., Batinov D.S., Osipov M.A., Domnin M.V., Morozov S.A., Golyshev M.A., Khripkov Yu.I., Chebykin I.V., Nadein A.V., Vasin V.D., Bets M.M. Justification of the Design and Requirements for a Promising Automated System for Monitoring the Radiation, Chemical and Biological Situation Using Artificial Intelligence. *Journal of NBC Protection Corps*. 2024;8(1):65–77. EDN:zyeoux.
<https://doi.org/10.35825/2587-5728-2024-8-1-65-77>

Financial disclosure: The authors have no financial interests in the submitted materials or methods.

Conflict of interest statement: The authors declare no conflict of interest.

Funding: Federal State Budgetary Establishment “27 Scientific Centre Named after Academician N.D. Zelinsky” of the Ministry of Defence of the Russian Federation (27 SC MD RF).

Received February 14 2024. Corrected version March 20 2024. Accepted for publication March 27 2024

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) в последние годы претерпели значительные изменения, став одной из наиболее динамично развивающихся областей военной науки и техники. Основные направления развития ИИ в Российской Федерации закреплены в Национальной стратегии развития на период до 2030 года, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»¹.

Современные тенденции международных отношений свидетельствуют о сложной военно-политической обстановке, которая обуславливает реальное нарастание вызовов и угроз, связанных, в том числе, с радиационной, химической и биологической (РХБ) безопасностью страны, актуальных в условиях военной конфронтации с Украиной, вы-

полняющей все указания политического руководства США.

Цель работы – разработка архитектуры перспективной системы мониторинга радиационной, химической и биологической обстановки с использованием искусственного интеллекта.

Информационная база исследования. Публикации по применению математических моделей в ИИ, доступные через сеть «Интернет».

Метод исследования – аналитический, от общего к частному.

Решались следующие задачи: анализировались современные угрозы РХБ характера; на основе этого анализа проводилось обоснование архитектуры автоматизированной системы мониторинга РХБ обстановки с использованием технологий ИИ.

¹ Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года, утверждена Указом Президента РФ от 10.10.2019 № 490. URL: <https://ai.gov.ru/national-strategy/> (дата обращения: 07.03.2024).

Современные угрозы РХБ характера

В современном мире существует огромное количество угроз РХБ направленности, представляющих опасность для здоровья населения любой страны, а также оказывающих негативное воздействие на состояние окружающей среды на планете. К таким угрозам, в частности, относятся РХБ опасные объекты, которые могут привести к катастрофическим последствиям в результате аварий, террористических актов или природных происшествий.

В мире насчитывается огромное количество ядерных, химических и биологических объектов. Эти объекты расположены на различных континентах земного шара, что делает их уязвимыми для всей номенклатура современных угроз.

Многие из этих объектов не имеют достаточных мер безопасности. Авария на атомной электростанции (АЭС) «Фукусима-1» в Японии в 2011 году², вызванная землетрясением и цунами, является примером катастрофических последствий, которые могут возникнуть в результате таких событий. Землетрясение магнитудой 9,0 и последовавшее цунами привели к автоматической остановке реакторов на АЭС «Фукусима-1», но волна цунами разрушила системы охлаждения, что привело к серии взрывов и выбросу радиоактивных материалов. В результате, более 160 тысяч человек были эвакуированы из зоны 20 км от АЭС, а радиация навсегда отравила почву и воду в близлежащих городах.

Примером угрозы химической безопасности является распространение облака токсичного дыма от горения оборонного предприятия в Германии в сторону жилой застройки в 2024 году³. В частности, масштабный пожар на заводе Diehl Metal Applications в Берлине, произошедший 3 мая 2024 г., привел к распространению токсичного облака дыма над городом (рисунок 1). Огонь полностью охватил 4-х этажное здание, внутри которого находились ядовитые химикаты, включая синильную кислоту, которая смертельно опасна для человека. Жителям Берлина было рекомендовано оставаться в помещениях, закрыть окна и отключить кондиционеры, чтобы предотвратить воздействие токсичного дыма на здоровье.



Рисунок 1 – Крупный пожар на заводе Diehl в Берлине
(URL: <https://abbv.ru/news/obshchestvo/v-germanii-pozharnye-prervali-tushenie-ognya-na-zavode-diehl/>;
дата обращения: 07.03.2024)

Биологические угрозы также представляют собой значительную опасность. Например, в 2019 году в Китае произошла вспышка заболевания, вызванного вирусом SARS-CoV-2, который быстро распространился по всему миру, вызвав пандемию COVID-19⁴ (рисунок 2). Это событие подчеркнуло важность готовности к биологическим угрозам и необходимости в развитии эффективных мер реагирования на такие инциденты.

Рассмотренные примеры наглядно демонстрируют, что моделирование чрезвычайных ситуаций для возможности предотвращения РХБ угроз является необходимым шагом в



Рисунок 2 – Вспышка заболевания в Китае, вызванного вирусом SARS-CoV-2
(URL: <https://flectone.ru/vspiyshka-bolezni-v-kitae.html>;
дата обращения: 07.03.2024)

² Авария на АЭС «Фукусима-1»: причины и хронология катастрофы. URL: <https://ren.tv/longread/1135370-avarii-na-aes-fukusima-1-prichiny-i-khronologiya-katastrofy> (дата обращения: 07.03.2024).

³ В Берлине загорелся завод Diehl, производящий ракеты IRIS-T и снаряды для HIMARS. URL: <https://www.dp.ru/a/2024/05/03/v-berline-zagorelsja-zavod> (дата обращения: 07.03.2024).

⁴ Мертвое живое. Как начиналась пандемия COVID-19. URL: <https://www.techinsider.ru/science/658543-mertvoe-zhivoe-kak-nachinalas-pandemiya-covid-19/> (дата обращения: 07.03.2024).

обеспечении безопасности населения и территорий. Кроме того, в период конфронтации с Украиной у США и их спутников стоит задача укрепить и усилить свое влияние во всех сферах на международной арене любыми возможными способами [1]. Следует понимать, что, если будет необходимо западным акторам перейти к реализации любой из составляющих или всего комплекса РХБ угроз, это будет сделано в самый неподходящий для Российской Федерации момент.

Это подчеркивает важность разработки и внедрения, эффективных мер предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. Моделирование чрезвычайных ситуаций позволяет оценить риск и ущерб, связанные с РХБ угрозами, и разработать адекватные меры реагирования на такие инциденты. Кроме того, моделирование позволяет планировать и проводить мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций заблаговременно, что может значительно уменьшить ущерб и риск для населения и территорий.

Обоснование необходимости разработки автоматизированной системы мониторинга РХБ обстановки

Рассмотренные РХБ угрозы диктуют нашей стране необходимость опережающих действий, основанных на сборе, обработке и анализе информации о РХБ обстановке на территории Российской Федерации и сопредельных государств. Одним из инструментов парирования возникающих угроз может выступить автоматизированная система мониторинга РХБ обстановки на основе ИИ.

Важной способностью систем ИИ является возможность решения неструктурированных и слабо структурированных задач и приведения их к структурированным формам, удобным для алгоритмизации и программирования, поддержки и принятия решений, планирования и управления [2].

О важности технологий ИИ как инструмента будущих военных конфликтов свидетельствует тот факт, что в США постоянно разрабатываются дополнения к «Стратегии национальной безопасности США» по расширению спектра выполняемых задач ИИ в интересах безопасности государства⁵.

Свидетельством активного совершенствования систем ИИ за рубежом служит создание большого количества программных проектов с открытым кодом [3], имеющих двойное назначение, включающие развитие сверточных нейронных сетей [4–8], машинного обучения [8–11] и пр. Вместе с тем, зарубежные специалисты НАТО отмечают, что существуют проблемы по реструктуризации и развитию рассматриваемого направления [12].

Технологии в данной области открывают совершенно новый вектор развития [13], и формируют новые направления с потенциалом фундаментального изменения, в системе РХБ защиты Российской Федерации.

Архитектура автоматизированной системы мониторинга РХБ обстановки с использованием технологий ИИ

Разработка любого программного обеспечения начинается с его архитектуры. Применительно для мониторинга РХБ обстановки она может состоять из следующих модулей:

- модуль исходных данных;
- модуль интеграции в единую систему;
- модуль ИИ;
- модуль интерфейса пользователя;
- модуль базы данных.

Рассмотрев структуру, проведем анализ специфики и функциональности каждого модуля, что позволит сформировать целостное представление о системе и подходах к ее разработке.

В настоящее время существует множество программных решений⁶, которые позволяют собирать и анализировать данные о чрезвычайных ситуациях РХБ характера. Эффективность этих решений определяется, прежде всего, своевременностью поступления той или иной информации, наивысшей эффективностью будут обладать программные решения, осуществляющие анализ информации в режиме реального времени.

Исходя из изложенного, для повышения эффективности обеспечения информационной поддержки принятия решений, а также устойчивого функционирования перспективной автоматизированной системы целесообразно подключение различных информационных слоев.

Основу информационных слоев могут составлять сеть датчиков, размещенных на

⁵ Справка о Стратегии национальной безопасности США (октябрь 2022 г.). URL: https://rdc.grfc.ru/2022/10/usa_national_security_strategy/ (дата обращения: 07.03.2024).

⁶ Автоматизированные системы мониторинга РХБ обстановки. URL: <https://www.rnt.ru/ru/solutions/detail.php?ID=73> (дата обращения: 07.03.2024).

территории Российской Федерации. Датчики должны непрерывно отслеживать параметры окружающей среды. Кроме этого, для повышения эффективности принимаемых решений в предлагаемой информационной системе можно использовать готовые технологические решения по мониторингу СМИ, камер наблюдения, загрязнений атмосферного воздуха («Waki.info»), распространения заболеваний («HealthMap.org»), распространения пожаров (данные спутникового мониторинга), сейсмической активности (данные Европейско-Средиземноморского сейсмологического центра), метеобстановки («VentuSky»), дорожной сети (данные «Росавтодор»), плотности населения (данные demography-map.ru) и пр.

Полученную информацию предлагается передавать на центральный сервер, где она должна обрабатываться и анализироваться с помощью алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей.

С помощью библиотеки \$.ajax на сервере необходимо реализовать разработанную циклическую функцию, посылающую запрос к источнику через заданный промежуток времени. После получения ответа предполагается запускать модуль обработки данных, который должен передавать информацию в формате JSON на интерактивную карту и в модуль ИИ.

Важной особенностью работы ИИ в рассматриваемой системе является анализ данных, получаемых из открытых источников информации, что позволит спрогнозировать потенциальные последствия РХБ угроз, и, соответственно, предпринять меры для минимизации ущерба на начальных стадиях развития кризисной ситуации.

Реализация данных технологических решений, возможна при создании модуля ИИ, способного к комплексной обработке и интерпретации информации из различных источников, включая текстовые данные и изображения, который объединяет семантический анализ текста, технологии компьютерного зрения и обученную генеративную языковую модель.

Семантический анализ включает в себя конвейеризацию для дальнейшего выстраивания весов нейронной сети [14]. Так для анализа значимости слов в открытых источниках используется подход, описываемый выражением (1):

$$tf(t, d) = \frac{n_t}{\sum_k n_k}, \quad (1)$$

где n_t – количество слов с t в текстовом документе, а в знаменателе n_k – общее количество слов.

Для более точной классификации необходимо использовать уникальность слова в пределах точной коллекции обрабатываемых данных (2):

$$d_i f(t, D) = \log \frac{|D|}{|\{d_i \in D \mid t \in d_i\}|}, \quad (2)$$

где $|D|$ – количество документов в коллекции;

$|\{d_i \in D \mid t \in d_i\}|$ – количество документов из коллекции D , в которых встречается t (когда $n_t \neq 0$).

Предлагаемый метод обеспечивает высокую точность весов каждого слова даже при низкой частоте их употребления. В рамках развития концепций конвейеризации, направленных на повышение уровня параллелизма в процессе выполнения команд, существуют различные подходы [15–18]. Среди них наиболее популярными являются методы конвейерной и суперскалярной обработки данных.

Суперскалярная обработка данных заключается в наличии нескольких исполнительных устройств внутри процессора, позволяющих одновременно выполнять две и более скалярных операций, т.е. команд обработки пары чисел. Этот метод позволяет дублировать устройства процессора. Составление программ для подобных процессоров не требует никаких специальных усилий, ответственность за параллельное выполнение операций возлагается в основном на аппаратные средства. Схема суперскалярной архитектуры с двумя конвейерами представлена на рисунке 3.

Проблемой, которая ограничивает эффективность суперскалярной обработки, является задержка загрузки данных из памяти. В суперскалярном конвейере результат команды загрузки не может быть использован в том же самом и в следующем такте. Это оз-



Рисунок 3 – Схема суперскалярной архитектуры с двумя конвейерами

(URL: <https://studfile.net/preview/9453184/page:5/>;
дата обращения: 07.03.2024)

начает, что следующие три команды не могут использовать результат команды загрузки без приостановки. Задержка перехода также становится длиной в три команды, поскольку команда перехода должна быть первой в паре команд. Чтобы эффективно использовать параллелизм, доступный на суперскалярной машине, нужны более сложные методы планирования потока команд, используемые компилятором или аппаратными средствами, а также более сложные схемы декодирования команд. Кроме параллелизма на уровне команд существует параллелизм на уровне данных, реализация этого вида параллелизма требует применения многопроцессорной архитектуры.

В этой связи, конвейерная обработка данных является более предпочтительной. Ее принцип подразумевает, что в каждый момент времени процессор работает над различными стадиями выполнения нескольких команд, причем на выполнение каждой стадии выделяются отдельные аппаратные ресурсы. По очередному тактовому импульсу каждая команда в конвейере продвигается на следующую стадию обработки, выполненная команда покидает конвейер, а новая поступает в него.

Рассматриваемая технология позволяет разделить сложную задачу на более мелкие подзадачи, каждая из которых может быть решена отдельным инструментом или моделью. Каждый слой представляет собой обученную модель, состоящую из нескольких нейронов, способных обрабатывать данные при помощи семантического анализа (рисунок 4). Кроме того, конвейерная обработка данных облегчает процесс разработки и тестирования, так как каждый этап может быть проверен отдельно.

Применение конвейеров, управляемых событиями, обеспечивает:

- оптимизацию использования ресурсов, сводя к минимуму затраты, связанные с ручной обработкой данных;
- перемещение данных из одной системы в другую, а также их интеграцию из различных источников;
- гибкость и масштабируемость процесса обработки данных;
- непрерывную обработку данных, а также обработку данных в режиме реального времени, генерируемых устройствами в сети «Интернет»;
- повышение качества данных и точность их анализа для принятия правильного решения.

Анализ видеопотоков с помощью нейронных сетей представляет собой сложную

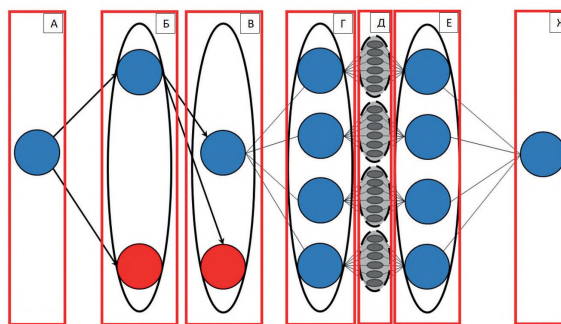


Рисунок 4 – Пример использования конвейерной обработки данных для парсинга новостной информации из открытых источников в интересах войск РХБ защиты (рисунок авторов). А – входной слой (запрос); Б – слой грубого разделения информационных данных; В – слой разделения информационных данных на представляющие интерес для войск РХБ защиты и не представляющие; Г – слой классификации отобранной информации по основным категориям; Д – слой классификации отобранной информации по подкатегориям, входящим в состав основной категории, Е – слой выбора информационного ресурса; Ж – слой вывода найденной информации с ее детальной классификацией

задачу, требующую комплексного подхода к подготовке данных и выбору подходящей архитектуры модели.

Современные исследования в области компьютерного зрения предлагают разнообразные архитектуры глубокого обучения [19], разработанные специально для анализа видеоданных, основные из них представлены в таблице 1.

Исходя из анализа преимуществ и недостатков архитектур наиболее оптимальным для разработки является модель ResNet-50. Глубокая архитектура выбранной модели с 50 слоями и остаточными соединениями позволяет извлекать сложные нелинейные признаки, обеспечивая высокую точность детектирования объектов. При этом, ResNet-50 предлагает хороший компромисс между точностью и скоростью, что особенно важно при работе с видеопотоками, где важна производительность. Выбор данной модели обусловлен также его сходством с передовыми архитектурами обнаружения объектов, такими как Faster R-CNN и RetinaNet, которые используют сверточные сети для извлечения признаков и демонстрируют высокую точность. Гибкость ResNet-50 позволяет интегрировать его в различные модули, а предобученность на ImageNet (база данных изображений) ускоряет процесс обучения. В сравнении с некоторыми моделями, ResNet-50 требует меньше вы-

Таблица 1 – Основные архитектуры глубокого обучения для анализа видеоданных (данные авторов)

Архитектура	Преимущества	Недостатки
R-CNN	Высокая точность (первая модель, заложившая основу для дальнейшего развития обнаружения объектов)	Медленная скорость работы; требует значительных вычислительных ресурсов
Fast R-CNN	Использование сверточных сетей для извлечения признаков, что повышает эффективность нейросети	Медленная скорость; требует значительных вычислительных ресурсов
Faster R-CNN	Скорость и точность значительно выше, чем у R-CNN и Fast R-CNN	Сложная архитектура; требует значительных вычислительных ресурсов
YOLO	Высокая скорость работы	Менее точная, чем Faster R-CNN; трудности с обнаружением маленьких объектов
SSD	Высокая скорость работы	Менее точная, чем Faster R-CNN; трудности с обнаружением маленьких объектов
FPN	Обнаружение объектов разных размеров	Добавляет сложности к используемой модели; не может функционировать самостоятельно
RetinaNet	Высокая точность работы; обнаруживает объекты разных размеров; может работать в режиме реального времени	Сложная архитектура

числительных ресурсов, что делает ее подходящей для устройств с ограниченными возможностями.

Модуль ИИ также должен включать генеративную языковую модель, например, «Deep Seek». Данная модель, должна быть обучена на обширном массиве данных о РХБ обстановке, понимать естественный язык, отвечать на вопросы, предоставлять информацию и рекомендации.

Пользователь может задавать вопросы о текущем состоянии РХБ обстановки в определенном районе, о прогнозах развития ситуации, о необходимых мерах защиты. Система анализирует запрос, используя свои знания и данные датчиков, и формирует понятный и информативный ответ.

Взаимодействие происходит в формате диалога: пользователь может уточнять свои вопросы, просить детализацию или выражать свои сомнения, а система адаптирует свои ответы, учитывая контекст беседы.

Математически это реализовано через представление слов и документов в виде векторов [20]. Слова с похожим значением имеют близкие векторы, что позволяет системе находить релевантную информацию по запросу пользователя. «Deep Seek», благодаря своей архитектуре и обучению, способна генерировать текст, имитируя человеческую речь, делая взаимодействие с системой максимально естественным и эффективным.

Используя метод регрессионного анализа, может быть определена градация зависимости величины рисков от каждого из применяемых мероприятий, при помощи метода парной регрессии. После процедуры масштабирования данных должны быть опре-

делены весовые коэффициенты каждого из мероприятий. Таким образом, определяя вес каждого мероприятия для настройки модели нейронной сети, получается массив входных данных с определенным набором параметров.

В последующем после сбора данных с использованием вышеописанных технологических решений, наступает этап их комплексного анализа и формируется прогноз возможной реализации РХБ угрозы. Варианты возможных сценариев и масштабов, влияющих на экологическую обстановку, на примере распространения загрязняющих веществ, представлены на рисунке 5.

В рамках концепции единого информационного пространства предлагается разработка веб-приложения, представляющего собой интерактивный интерфейс для анализа и реагирования на изменения РХБ обстановки (рисунок 6). Основой приложения станет модульная структура, предоставляющая оператору возможность гибкого переключения между информационными слоями и получения данных в режиме реального времени.

Применение технологий ИИ позволит выйти за рамки простого отображения текущей ситуации, предоставляя инструменты прогнозирования развития событий. При возникновении событий, система будет автоматически генерировать всплывающие окна с анализом обстановки и предлагаемыми вариантами реагирования. В случае потенциальной опасности, оператор получит предупреждение о возможном развитии событий, что позволит принять своевременные меры.

Подобный подход к организации информационного пространства минимизирует

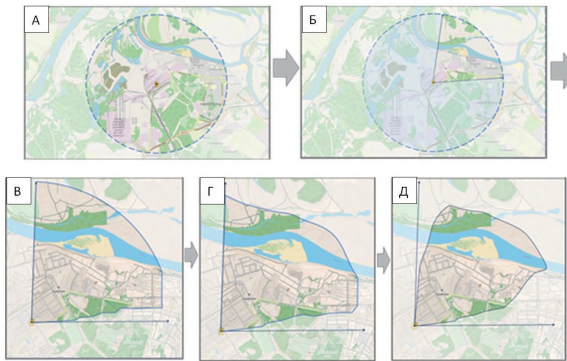


Рисунок 5 – Вариант возможных сценариев и масштабов распространения загрязняющих веществ (рисунок авторов). А – прогноз, учитывающий количество аварийно химически опасных веществ (АХОВ); Б – прогноз, учитывающий количество АХОВ и метеорологические условия; В – прогноз, учитывающий количество АХОВ, метеорологические условия и рельеф местности; Г – прогноз, учитывающий количество АХОВ, метеорологические условия, рельеф и ландшафт местности; Д – прогноз, учитывающий количество АХОВ, метеорологические условия, рельеф местности, ландшафт и инфраструктуру

нагрузку на оператора, обеспечивая простоту использования и повышая эффективность принятия решений. Функционал приложения может быть расширен за счет интеграции дополнительных модулей. Визуализация данных на интерактивных картах, графиках и диаграммах обеспечит наглядное представление информации, а внедрение инструментов моделирования позволит прогнозировать распространение РХБ загрязнений и оценивать возможные последствия. Автоматизация рутинных операций, таких как формирование отчетов, оповещение ответственных лиц и запуск прото-



Рисунок 6 – Вариант интерфейса перспективной автоматизированной системы мониторинга РХБ обстановки (рисунок авторов). А – модуль учетной записи; Б – новостной модуль; В – модуль взаимодействия с федеральными органами исполнительной власти; Г – геоинформационный модуль; Д – модуль управления системой базы данных

колов реагирования, снизит нагрузку на оператора и минимизирует влияние человеческого фактора. Реализация мультипользовательского доступа с разграничением прав обеспечит возможность одновременной работы нескольких операторов, а интеграция обучающих материалов и симуляций позволит повысить квалификацию персонала. В результате, предлагаемое веб-приложение станет эффективным инструментом для анализа и прогнозирования РХБ обстановки, способствуя повышению уровня безопасности и оперативности реагирования на возникающие угрозы.

Ключевым аспектом является обеспечение непрерывности коммуникации, даже при возникновении сбоев в работе связи. В настоящее время решение данной проблемы может быть найдено в использовании систем широкополосной цифровой радиосвязи отечественного производителя (рисунок 7).

Предлагаемая архитектура перспективной системы предполагает создание единой базы данных, наполняемой верифицированной информацией из открытых источников. Применение нейросетевых технологий позволит не только осуществлять поиск по заданным параметрам, но и проводить ретроспективный анализ данных, что существенно упростит исследовательскую деятельность (рисунок 8).

Ключевым преимуществом такой базы данных является обеспечение исследователя актуальной информацией, подкрепленной ссылками на первоисточники. Это исключает необходимость самостоятельного поиска и верификации данных, позволяя сосредоточиться на анализе и интерпретации. Более того, нейросетевые алгоритмы способны выявлять взаимосвязи и закономерности, не-

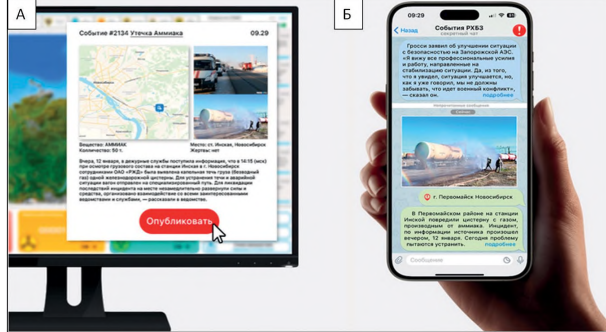


Рисунок 7 – Демонстрация возможностей работы автоматизированной системы через цифровую радиосвязь (рисунок авторов). А – ознакомление оператора с содержанием события и решением, предложенным ИИ, Б – передача информации должностным лицам через цифровую радиосвязь

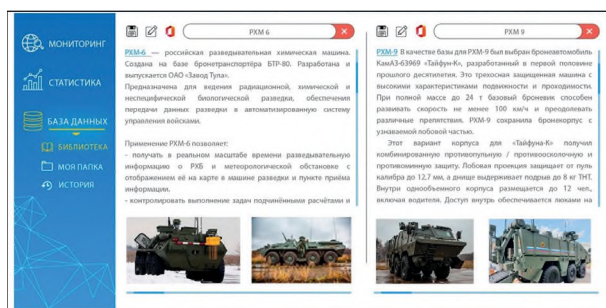


Рисунок 8 – Демонстрация возможностей поисково-аналитического модуля базы данных с возможностью сравнения технических характеристик вооружения, военной и специальной техники (рисунок авторов)

доступные при традиционных методах анализа, что открывает новые возможности для научных исследований.

Важно отметить, что база данных будет поддерживаться в актуальном состоянии, исключая недостоверную информацию. Этот процесс будет осуществляться как с помощью оператора, так и с использованием алгоритмов ИИ [21]. Такой подход гарантирует высокую надежность и достоверность данных, что является критическим фактором для проведения научного изыскания.

Для обеспечения эффективного функционирования и дальнейшего развития автоматизированной системы требуется ее интеграции с муниципальными органами, федеральными органами исполнительной власти, научно-исследовательскими институтами и другими организациями, что позволит всем участникам данного экосистемного пространства внести свой вклад в процесс ее эволюции и модернизации (рисунок 9).

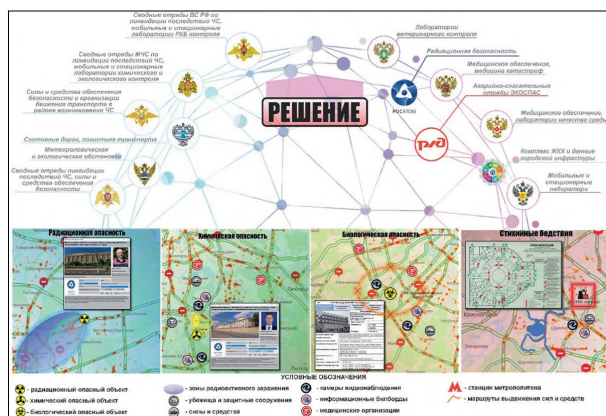


Рисунок 9 – Вариант интеграции автоматизированной системы мониторинга РХБ обстановки в единое информационное пространство по обеспечению безопасности городской среды (рисунок авторов)

Разработка предлагаемой автоматизированной системы мониторинга, обладающей специфической архитектурой, позволяет существенно оптимизировать временные и трудовые ресурсы, затрачиваемые на выполнение рутинных операций. Это достигается за счет исключения субъективности человеческого фактора и обеспечения объективной оценки данных.

Успешная реализация проекта требует наличия высокопроизводительной вычислительной инфраструктуры для обработки больших данных и построения сложных прогностических моделей. Кроме этого, необходимы квалифицированные специалисты для внедрения и поддержки системы, что является критическим фактором успеха подобных разработок.

Выводы

1. РХБ угрозы для Российской Федерации носят многовариантный и пространственный характер, и требуют постоянного мониторинга в условиях недостатка информации о готовящихся и уже осуществленных нападениях. Применение технологий ИИ позволит выйти за рамки простого отображения текущей ситуации, предоставляя инструменты прогнозирования развития событий.

2. Архитектура автоматизированной системы мониторинга РХБ обстановки на основе технологий ИИ, необходимая для своевременного выявления РХБ угроз, должна включать: модуль исходных данных, модуль интеграции, модуль ИИ, модуль интерфейса и модуль базы данных.

3. Применение ИИ для анализа данных, получаемых из открытых источников информации, должно основываться на семантическом анализе, машинном зрении и генеративной языковой модели.

4. Разработана структура веб-приложения, представляющего собой интерактивный интерфейс для анализа и реагирования на изменения РХБ обстановки, включающая в себя возможность гибкого переключения между информационными слоями и получения данных в режиме реального времени.

5. Предлагаемая архитектура перспективной системы предполагает создание единой базы данных, наполняемой верифицированной информацией из открытых источников. Применение нейросетевых технологий позволит осуществлять поиск по заданным параметрам и проводить ретроспективный анализ данных, что существенно упростит мониторинг РХБ угроз.

Список источников/References

1. Kallenborn Z, Bleek PC. Swarming destruction: drone swarms and chemical, biological, radiological, and nuclear weapons. *The Nonproliferation Review*. 2018;25(5–6):523–43.
<https://doi.org/10.1080/10736700.2018.1546902>
2. Borgonovi F, Calvino F, Criscuolo C, Nania J, Nitschke J, O’Kane L, et al. Emerging trends in AI skill demand across 14 OECD countries. *OECD Artificial Intelligence Papers*. 2023; No. 2, OECD Publ, Paris.
<https://doi.org/10.1787/7c691b9a-en>
3. Filippucci F, Gal P, Jona-Lasinio C, Leandro A, Nicoletti G. The impact of Artificial Intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges, *OECD Artificial Intelligence Papers*, 2024; No. 15, OECD Publ, Paris.
<https://doi.org/10.1787/8d900037-en>
4. Guo X, Liu X, Zhu E, Yin J. Deep Clustering with Convolutional Autoencoders. In: Liu D, Xie S, Li Y, Zhao D, El-Alfy ES, Eds. *Neural Information Processing*. Vol. 10635. Cham: Springer; 2017. P. 373–82.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-70096-0_39
5. Vasudevan SK, Pulari SR, Vasudevan S. CNN – Convolutional Neural Networks: A Complete Understanding. In: *Deep Learning*. Chapman and Hall/CRC; 2021. P. 81–120.
<http://doi.org/10.1201/9781003185635-5>.
6. Chuan Z, du y. *Early Identification Methods for Emerging Technologies Based on Weak Signals*. 2022.
<http://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2291140/v1>
7. Ghayoumi M. Deep Convolutional Generative Adversarial Networks (DCGANs). In: *Generative Adversarial Networks in Practice*. New York: Chapman and Hall/CRC; 2023. P. 220–57.
<http://doi.org/10.1201/9781003281344-8>
8. Layton J, Hu F. Attacks on Deep Reinforcement Learning Systems: A Tutorial. In: *AI, Machine Learning and Deep Learning*. CRC Press; 2023. P. 79–82.
<http://doi.org/10.1201/9781003187158-6>
9. Бурков А. *Машинное обучение без лишних слов*. СПб.: Питер; 2020. 192 с.
Burkov A. *Machine learning without further ado*. St. Petersburg: Peter; 2020. 192 p (in Russian).
10. Suh C. Machine Learning Applications. *Convex Optimization for Machine Learning*. Ch. 3. Boston – Delft; 2022. P. 185–328.
<http://doi.org/10.1561/9781638280538.ch3>
11. Thomas P. Trappenberg. Machine learning with sklearn. *Fundamentals of Machine Learning*. 2019. P. 38–65.
<http://doi.org/10.1093/oso/9780198828044.003.0003>
12. Girasa R. Applications of AI and Projections of AI Impact. *Artificial Intelligence as a Disruptive Technology*. Palgrave Macmillan, Cham.; 2020. P. 23–67.
http://doi.org/10.1007/978-3-030-35975-1_2
13. Кондауров РЮ, Ганган ДА. Направления развития перспективного вооружения и средств РХБ защиты с элементами искусственного интеллекта в системе автоматизации управления. *Военная мысль*. 2022;(7):79–85.
Kondaurov RYu, Gangan DA. The Development Trend in Advanced Armaments and Means of Radiation, Chemical and Biological Protection with Artificial Intelligence Elements within the System of Control Automation. *Military Thought*. 2022;(7):79–85 (in Russian).
14. Segev E. How to conduct semantic network analysis. *Semantic Network Analysis in Social Sciences*. 2021. P. 16–31.
<http://doi.org/10.4324/9781003120100-1>
15. Poola L, Aparna P. ‘A Mixed Parallel and Pipelined Efficient Architecture for Intra Prediction Scheme in HEVC’. *IETE Technical Review*. 2022;39(2):244–56.
<https://doi.org/10.1080/02564602.2020.1841686>
16. Li Z. *Pipeline Spatial Data Model*. *Pipeline Spatial Data Modeling and Pipeline WebGIS*. 2020. P. 29–102.
http://doi.org/10.1007/978-3-030-24240-4_3
17. Li Z, Yang L. *Pipeline Real-Time Data, Pipeline SCADA and OPC*. *Pipeline Real-time Data Integration and Pipeline Network Virtual Reality System*. 2021. P. 7–20.
http://doi.org/10.1007/978-3-030-62110-0_2
18. Timm S, Yuan W, Benjamin D. *Scale Tests of the New DUNE Data Pipeline*. *Scale Tests of the New DUNE Data Pipeline*. 2023.
<http://doi.org/10.2172/1988450>
19. Meedeniya D. *Enhancement of Deep Learning Architectures*. *Deep Learning*. 2023. P. 112–46.
<http://doi.org/10.1201/9781003390824-6>

20. Hemanand D, Bhavani NPG, Ayub S, Ahmad MW, Narayanan S, Haldorai A. Multilayer vectorization to develop a deeper image feature learning model. *Automatika*. 2023;64(2):355–64.
<https://doi.org/10.1080/00051144.2022.2157946>

21. Calvino F, Criscuolo C, Dernis H, Samek L. What technologies are at the core of AI?: An exploration based on patent data, *OECD Artificial Intelligence Papers*. 2023. No. 6. OECD Publ, Paris.
<https://doi.org/10.1787/32406765-en/>

Вклад автора / Author contribution

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства критериям ICMJE. Наибольший вклад распределен следующим образом: **С.А. Шаров** – формирование концепции статьи, написание текста рукописи, редактирование статьи, приведение терминологии современным требованиям руководящих документов, окончательное утверждение рукописи для публикации; **Д.С. Батинов** – сбор и анализ сведений об угрозах РХБ характера, редактирование текста рукописи, разработка иллюстративного материала; **М.А. Осипов** – анализ данных научной литературы, написание статьи, критический пересмотр и коррекция текста рукописи; **М.В. Домнин** – проектирование архитектуры серверной части программного продукта, организация маршрутизации и протоколов передачи данных; **С.А. Морозов** – редактирование статьи, приведение терминологии современным требованиям руководящих документов, формулировка выводов; **М.А. Голышев** – сбор и анализ научной литературы, редактирование текста рукописи, разработка иллюстративного материала, формулировка выводов; **Ю.И. Хрипков** – анализ научной литературы на предмет использования существующих математических моделей по обучению искусственного интеллекта; **А.В. Надеин** – выработка требований к архитектуре автоматизированной системы мониторинга РХБ обстановки; **И.В. Чебыкин** – оптимизация нейронной сети для семантического анализа, формирование датасета для классификации текста; **В.Д. Васин** – описание методики подключения к сети датчиков, размещенных в различных точках территории; **М.М. Бец** – иллюстрация материала, разработка web-интерфейса / All authors confirm that their authorship meets the ICMJE criteria. The largest contribution is distributed as follows: **S.A. Sharov** – formation of the concept of the article, writing the text of the manuscript, editing the article, bringing terminology to modern requirements of governing documents, final approval of the manuscript for publication; **D.S. Batinov** – collection and analysis of information about CBR threats, editing the text of the manuscript, developing illustrative material, formulating conclusions; **M.A. Osipov** – analysis of scientific literature data, writing the article, critical revision and correction of the manuscript text; **M.V. Domnin** – designing the architecture of the server part of the software product, organizing routing and data transfer protocols; **S.A. Morozov** – editing of the article, bringing terminology to the modern requirements of the governing documents, formulation of conclusions; **M.A. Golyshev** – collection and analysis of scientific literature, editing the manuscript text, development of illustrative material, formulation of conclusions; **Y.I. Khripkov** – analysis of scientific literature regarding the use of existing mathematical models for training artificial intelligence; **A.V. Nadein** – development of requirements for the architecture of an automated monitoring system for the RCB environment; **I.V. Chebykin** – optimization of a neural network for semantic analysis, generation of a dataset for text classification; **V.D. Vasin** – description of the method of connecting sensors located in various points of the territory to the network; **M.M. Bets** – material illustration, web interface development.

Сведения о рецензировании / Peer review information

Статья прошла двустороннее анонимное «слепое» рецензирование двумя рецензентами, специалистами в данной области. Рецензии находятся в редакции журнала и в РИНЦе / The article has been doubleblind peer reviewed by two experts in the respective field. Peer reviews are available from the Editorial Board and from Russian Science Citation Index database.

Об авторе/ Author

Федеральное государственное бюджетное учреждение «33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт» Министерства обороны Российской Федерации, 412918, Российская Федерация, п. Шиханы-2, ул. Красноказарменная, д. 1.

Шаров Сергей Андреевич. Начальник отдела, канд. хим. наук.

Батинов Дмитрий Семенович. Младший научный сотрудник отдела.

Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко» Министерства обороны Российской Федерации, 156015, Российская Федерация, г. Кострома, ул. Горького, д. 16.

Осипов Михаил Алексеевич. Докторант, канд. техн. наук.

Домнин Михаил Владимирович. Курсовой офицер-преподаватель.

Морозов Сергей Александрович. Начальник кафедры, канд. пед. наук, профессор.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «27 Научный центр имени академика Н.Д. Зелинского» Министерства обороны Российской Федерации, 111024, Российская Федерация, г. Москва, проезд Энтузиастов, д. 19.

Голышев Максим Алексеевич. Заместитель начальника отдела, канд. хим. наук.

Надеин Алексей Владимирович. Научный сотрудник отдела, канд. техн. наук.

Хрипков Юрий Иванович. Ведущий научный сотрудник отдела, доцент, доктор техн. наук.

Войсковая часть 29753, 412918, Российская Федерация, п. Шиханы-2, ул. Краснознаменная, д. 2.

Чебыкин Илья Владимирович. Начальник расчетно-аналитической группы.

Войсковая часть 71432, 412918, Российская Федерация, п. Шиханы-2, ул. Красноказарменная, д. 4.

Васин Василий Дмитриевич. Старший помощник начальника отделения боевой подготовки.

Войсковая часть 19889, 142438, Российская Федерация, Московская область, Ногинский район, д. Большое Буньково.

Бец Михаил Михайлович. Командир учебного взвода.

Контактная информация для всех авторов: 27nc_1@mil.ru

Контактное лицо: Голышев Максим Алексеевич, 27nc_1@mil.ru

Federal State Budgetary Institution “33 Central Research Testing Institute” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 412918, Russian Federation, Shikhany-2 village, St. Krasnokazarmennaya, 1.

Sergey A. Sharov. Head of Department, Cand. Sci. (Chem.).

Dmitrii S. Badinov. Junior scientific worker.

Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Education “Military Academy of Radiation, Chemical and Biological Defense Named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko” Ministry of Defense of the Russian Federation, 156015, Russian Federation, Kostroma, St. Gorkogo, 16.

Mikhail A. Osipov. Doctoral student, Cand. Sci. (Techn.).

Sergey A. Morozov. Head of the Department, Cand. Sci. (Ped.), Professor.

Mikhail V. Domnin. Course officer-teacher.

Federal State Budgetary Institution “27 Scientific Center Named after Academician N.D. Zelinsky” of the Ministry of Defense of the Russian Federation, 111024, Russian Federation, Moscow, Entuziastov Proezd, 19.

Maxim A. Golyshev. Deputy Head of Department, Cand. Sci. (Chem.).

Yuri I. Khripkov. Leading researcher, Dr. Sci. (Techn.), Associate Professor.

Aleksey V. Nadein. Scientific employee, Cand. Sci. (Techn.).

The Military Unit 29753, 412918, Russian Federation, Shikhany-2 village, St. Krasnoznamennaya, 2.

Ilya V. Chebykin. Head of the calculation and analytical group.

The Military Unit 71432, 412918, Russian Federation, Shikhany-2, St. Krasnoznamennaya, 4.

Vasily D. Vasin. Senior Assistant to the head of the combat training department.

The Military Unit 19889, 142438, Russian Federation, Moscow region, Noginsky district, Bolshoye Bunkovo village.

Mihail M. Bek. The commander of the training platoon.

Contact information for all authors: 27nc_1@mil.ru

Contact person: Maxim A. Golyshev; 27nc_1@mil.ru