

Научная статья
УДК 614.849
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2023.30.3.013

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

*Ирина Олеговна Мамонтова*¹
*Андрей Александрович Балобанов*²
*Александр Владимирович Скрипка*³

¹ГУП Водоканал Санкт-Петербурга, Санкт-Петербург, Россия

^{2,3}Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

²<https://orcid.org/0000-0003-3346-8171>

³<https://orcid.org/0000-0002-8834-3133>

Автор ответственный за переписку: Ирина Олеговна Мамонтова, i.o.mamontova@gmail.com

Аннотация. Лесные пожары ежегодно наносят большой ущерб территории Российской Федерации. В 2022 году были изменены критерии отнесения лесного пожара к чрезвычайной ситуации природного характера, что позволило статистически снизить их количество, однако это не решало проблему с большим количеством лесных пожаров.

В статье предлагаются направления совершенствования системы мониторинга и прогнозирования лесных пожаров на примере Республики Саха (Якутия) с применением методов искусственного интеллекта. В частности, на этапе обработки снимков, полученных при дистанционном зондировании земли использовать не ручной труд, а осуществлять обработку автоматически. Для этих целей был разработан программный комплекс, внедрение которого позволит оптимизировать процесс обработки космических снимков.

Для проверки адекватности разработанных предложений и программного комплекса был проведён эксперимент, который выявил, внедрение предлагаемых изменений позволит сократить время обработки снимков в среднем на 11%.

Ключевые слова: совершенствование, оптимизация, система мониторинга и прогнозирования, лесные пожары, совершенствование системы

Для цитирования: Мамонтова И.О., Балобанов А. А., Скрипка А. В. Совершенствование системы мониторинга и прогнозирования лесных пожаров на примере Республики Саха (Якутия) // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2023. № 3 (30). С. 128-137. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.30.3.013>.

Original article

IMPROVING THE MONITORING AND FORECASTING SYSTEM FOR FOREST FIRES ON THE EXAMPLE OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

*Irina O. Mamontova*¹
*Andrey A. Balobanov*²
*Alexander V. Scripka*³

¹State Unitary Enterprise Vodokanal of St. Petersburg, Saint-Petersburg, Russia

^{2,3}Saint - Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

²<https://orcid.org/0000-0003-3346-8171>

³<https://orcid.org/0000-0002-8834-3133>

Corresponding author: Irina O. Mamontova, i.o.mamontova@gmail.com

Abstract. Forest fires annually cause great damage to the territory of the Russian Federation. In 2022, the criteria for classifying a forest fire as a natural emergency were changed, which made it possible to statistically reduce their number, but this does not solve the problem with a large number of forest fires.

The paper proposes directions for improving the system of monitoring and forecasting forest fires on the example of the Republic of Sakha (Yakutia) using artificial intelligence methods. In particular, at the stage of processing images obtained by remote sensing of the earth, use not manual labor, but carry out processing automatically. For these purposes, a software package was developed, the implementation of which will allow optimizing the process of processing space images.

To test the adequacy of the developed proposals and the software package, an experiment was conducted, which revealed that the introduction of the proposed changes will reduce the processing time of images by an average of 11%.

Keywords: improvement, optimization, monitoring and forecasting system, Forest fires; system improvement

For citation: Mamontova I.O., Balobanov A. A., Scripka A. V. Improving the monitoring and forecasting system for forest fires on the example of the Republic of Sakha (Yakutia)// Siberian Fire and Rescue Bulletin.2023;3(30): 128-137. (In Russ.). <https://doi.org/https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2023.30.3.013>.

Введение

Лесные пожары (ЛП) являются одной из серьезнейших проблем российских лесов, так как ежегодно наносят большой ущерб окружающей среде. Помимо прямого, включающего в себя потери древесины и животного мира, а также затраты на восстановление лесов, существует и косвенный ущерб в виде выбросов различных продуктов горения в атмосферу, таких как аэрозоли, парниковые газы, канцерогены.

Ежегодно на территории РФ наступает пожароопасный период (для каждого региона временные рамки устанавливает губернатор субъекта), в которые возникновения ЛП носит стихийный характер. За сутки может поступить информация о нескольких тысячах очагов возгорания, а в некоторых случаях данные очаги занимают уже огромную площадь. ЛП приносят значительный ущерб природе и государству, на восстановление которого требуется огромный период времени. Для понимания масштабов бедствия ежегодно МЧС России обобщает информацию обо всех чрезвычайных ситуациях (ЧС) и сводит ее в отчетный документ: Ежегодный государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, что позволяет провести сравнительный анализ с аналогичным периодом прошлого года и выявить наиболее «сложные» регионы страны.

Проведенный анализ статистических данных о ЛП выявил, что одним из субъектов, где чаще всего происходит возгорание лесов является Республика Саха (Якутия). Анализ статистических данных количества ЛП регионе за последние 10 лет показал, что наблюдается тенденция их увеличения (Рис.1), что обусловлено большой площадью субъекта, неравномерным распределением осадков в регионе и повышением среднемесячной температуры в весенний и осенний период из-за глобального потепления.



Рис.1. Статистические данные количества лесных пожаров в Республике Саха (Якутия) за последние 10 лет

Следует отметить, что при анализе данных в качестве основного параметра было выбрано именно количество лесных пожаров, а не природных чрезвычайных ситуаций (ЧС). Это обусловлено тем фактом, что в приказе МЧС России от 5 июля 2021 г. № 429 «Об установлении критериев информации о ЧС природного и техногенного характера» были изменены критерии отнесения ЛП к ЧС природного характера, что позволило статистически снизить их количество, однако это не решает проблемы с большим количеством лесных пожаров. В докладе «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера за 2022 год» приведены статистические данные ЧС природного характера по федеральным округам (ФО). Анализ которых показал, что количество ЧС природного характера в 2022 году снизилось более чем в 2 раза, по сравнению с 2021 годом в связи с изменением критериев классификации ЧС (Рис.2.). Данный факт подтверждает правильность выбранного ранее параметра для статистического анализа.

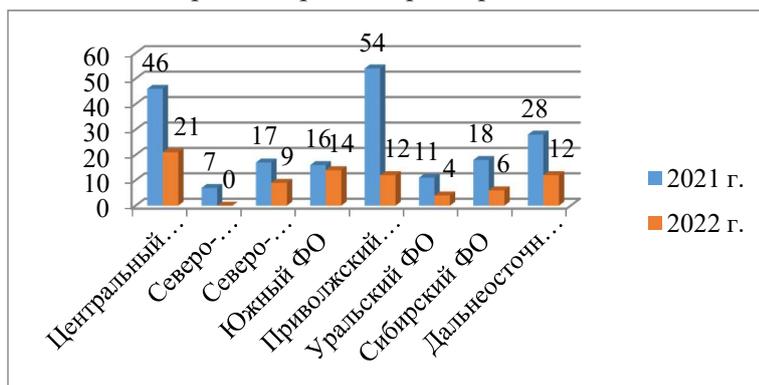


Рис.2. Статистические данные ЧС природного характера по ФО за 2021 и 2022 год

Органом повседневного управления на территории Республики Саха (Якутия) является Центр управления в кризисных ситуациях (ЦУКС) Главного управления (ГУ) МЧС России по Республике Саха (Якутия), который является его структурным подразделением. Одной из задач ЦУКС является управление территориальной подсистемы РСЧС и органами повседневного управления РСЧС, а также мониторинг и прогнозирование ЛП. Последняя функция, в свою очередь возложена на отдел мониторинга, моделирования и организации превентивных мероприятий (Рис. 3).



Рис.3. Организационная структура ЦУКС ГУ МЧС России по Республике Саха (Якутия)

Для автоматизации процессов управления в МЧС России применяется более 200 информационных систем, в том числе различные автоматизированные, управляющие, информационно-справочные и аналитические системы.

В целях совершенствования работы оперативных дежурных смен (ОДС) ЦУКС территориальных органов МЧС России при решении задач предупреждения и ликвидации ЧС в функциональных подсистемах РСЧС на постоянной основе проводится работа по повышению эффективности использования информационных систем, при мониторинге и прогнозировании возможной обстановки, реагировании на ЧС и происшествия [1].

В ОДС ЦУКС ГУ МЧС России по Республике Саха (Якутия) стоит на вооружении порядка 20 информационным системам МЧС России. Рассмотрим основные из них, в частности, применяемые для мониторинга и прогнозирования ЛП.

Система космического мониторинга КАСКАД предназначена для организации проверки выявленных термически активных точек (термоточки), получения и обработки результатов космического мониторинга. Система позволяет работать с данными космического мониторинга низкой и средней детальности совместно с различными тематическими слоями. Данные поступают потребителям в текстовом или табличном виде, в виде снимков с результатами анализа. КАСКАД активно применяется в деятельности ОДС ЦУКС в пожароопасный период (Рис.4).

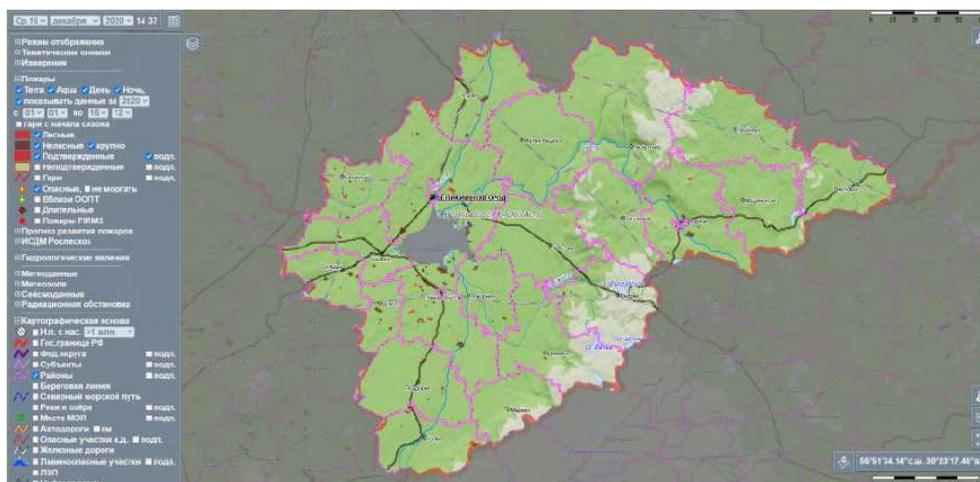


Рис.4. Интерфейс системы космического мониторинга КАСКАД

МЧС России в 2019 году разработано приложение «Термические точки». Оно реализовано как в стандартной версии, так и в виде мобильного приложения. Приложение «Термические точки» предназначено для информирования должностных лиц муниципальных образований о термических точках, обнаруженных на территории их муниципального образования (Рис.5).

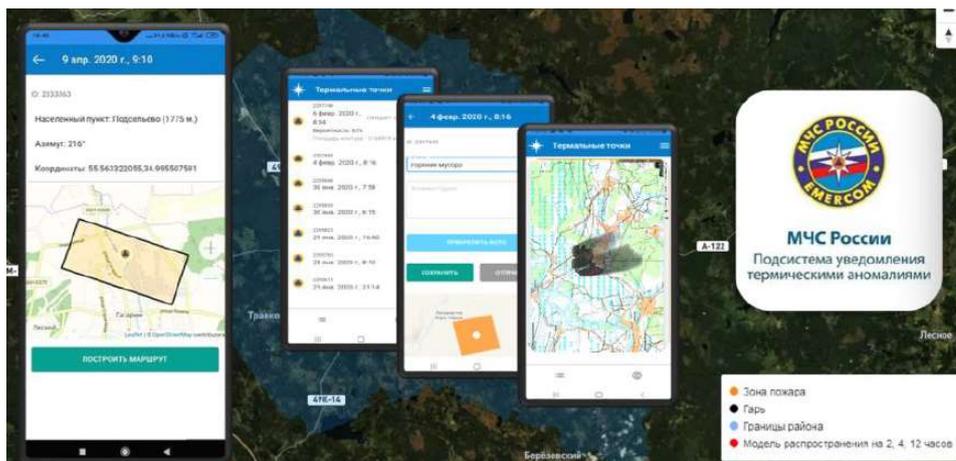


Рис.5. Интерфейс приложения «Термические точки»

Основным назначением приложения является: оперативное отображение данных о термических точках; доведение информации о термических точках до заинтересованных лиц; категорирование термических точек; анализ возможных рисков возникновения природных пожаров.

Приложение предназначено для раннего обнаружения очагов природных пожаров с целью оперативного реагирования и минимизации возможных рисков.

При появлении термической точки в приложении можно посмотреть ее местоположение на карте и построить маршрут движения. По термическим точкам, представляющим угрозу населенным пунктам, осуществляется моделирование возможных последствий распространения опасных факторов пожара.

Портал аналитики предназначен для получения статистических данных о термических точках, подготовки аналитических материалов, ортофотопланов местности. Его разработали не так давно, в помощь для проведения анализа использования и оценки эффективности Приложения «Термические точки», попутно расширив его функционал.

ГИС Обзор является наиболее функциональной информационной системой, стоящей на вооружении МЧС России, так как она позволяет загружать отснятые ортофотопланы с геопривязкой точек (Рис.6). Так же данная система используется для сбора достаточно большого объема разноплановой информации в области ЧС (снимки со спутников, ортофотопланы, термические точки и т.д.). В неё интегрирована информация из ранее рассмотренных информационных систем. Кроме того, интерфейс системы позволяет осуществлять дополнительные настройки, что повышает эффективность её использования (Рис.7).

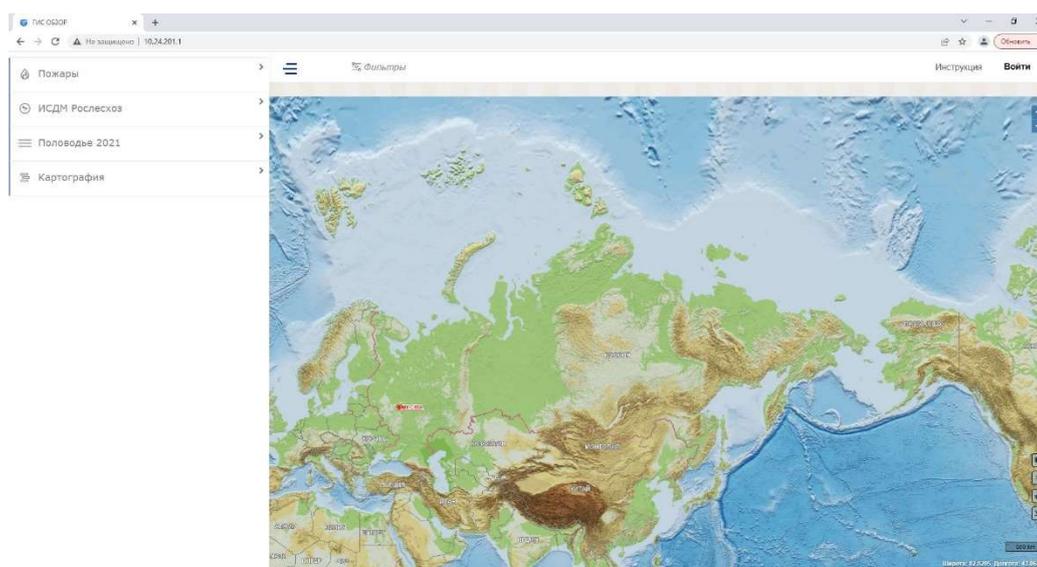


Рис.6. Интерфейс приложения ГИС Обзор

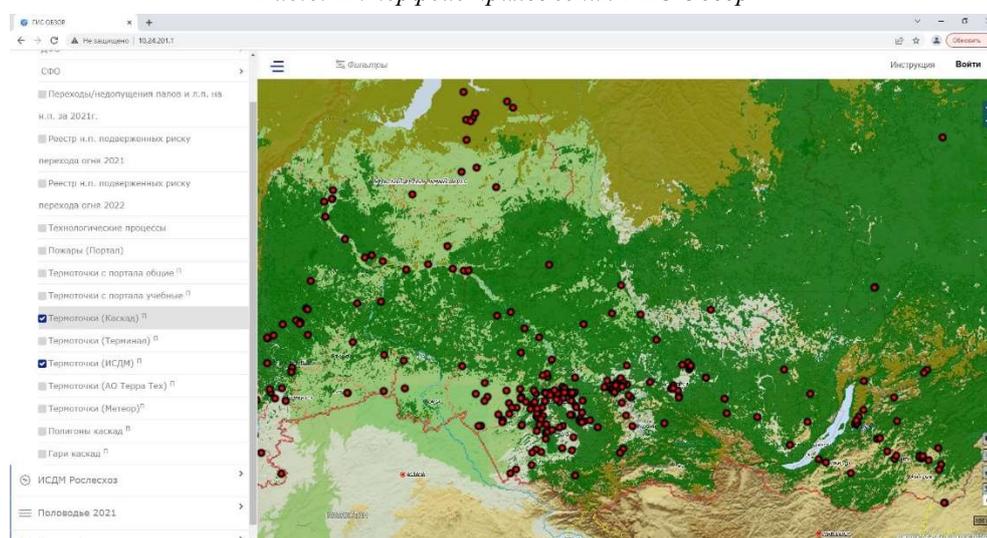


Рис.7. Интерфейс приложения ГИС Обзор с дополнительными настройками

Проведённый анализ показал, что ГУ МЧС России по Республике Саха (Якутия) в своей деятельности используют различные информационные системы, позволяющие повысить эффективность работы и структурировать информацию. Все используемые информационные системы входят в ГИС Обзор.

Качество мониторинга и прогноза ЧС определенным образом влияет на эффективность работы в области снижения рисков их возникновения и масштабов. От эффективности проведения мониторинга и прогнозирования во многом зависит важность и продуктивность разрабатываемых программ, планов и принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС. Поэтому совершенствование системы мониторинга и прогнозирования ЛП и является актуальной задачей, требующей для её решения использование научных методов и последних достижений научно – технического прогресса.

Теоретические основы и методы исследования

Одним из приоритетных направлений МЧС России является модернизация и развитие информационно-технической инфраструктуры органов повседневного управления. Кроме того, в Министерстве идёт активное внедрение искусственного интеллекта (ИИ), поэтому разработка предложений по совершенствованию системы мониторинга и прогнозирования ЛП осуществлялась на их основе.

В качестве теоретических основ для разработки предложений по модернизации так же были использованы методы системного анализа [2,3]. В частности, практическая реализация разработанных предложений будет осуществляться с использованием методов ИИ, а именно стохастические методы, которые легли в основу разработанного программного комплекса. Для проверки адекватности полученных результатов было осуществлено моделирование работы разработанной программы. В качестве данных для анализа была использована база данных ГИС Обзор. Далее с применением метода Монте – Карло осуществлена генерация случайных чисел из диапазона базы данных вышеупомянутой системы и осуществлена обработка данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) с помощью разработанного программного комплекса.

Результаты исследования и их обсуждение

На текущей момент подавляющая часть пожаров в Республике Тыва была обнаружена в результате авиационного патрулирования (авиационных работ), однако в случаях неблагоприятной погодной обстановки авиацию использовать нельзя, в частности при сильном ветре. Тогда применяют ДЗЗ с помощью спутников. Алгоритм выстроен следующим образом:

1. Группировка спутников зондирует поверхность земли с целью выявления на ней повышенной температуры, если фиксируется такой факт, то координаты точки передаются в приёмный центр, а оттуда в ГИС Обзор;

2. Далее оператор формирует запрос на выдачу снимка из базы данных космических снимков с целью реагирования на неё и подтверждения/не подтверждения термоточки. Данная итерация выполняется с целью исключения ложных термоточек, которые могут возникнуть при контролируемом горении, нагреве участок поверхности от солнца и т.д.

3. В случае если термоточка подтверждена, должностное лицо ЦУКС принимает решение на выдвижение сил и средств (СиС) к месту её возникновения.

В настоящее время требуется ручная обработка каждой термоточки и просмотр изображения, полученного с помощью ДЗЗ. Такой подход занимает много времени и в случае большого количества термоточек, значительно увеличивается общее время их обработки. Кроме того, у должностного лица ЦУКС накапливается усталость и снижается качество обработки информации.

В усовершенствованной системе предлагается на этапе обработки информации применять методы ИИ с целью исключения дополнительной итерации оператора и автоматизации системы в целом [4,5]. Кроме того, такой подход позволяет исключить человеческий фактор (ошибку) при обработке больших объёмов информации (Рис.8).

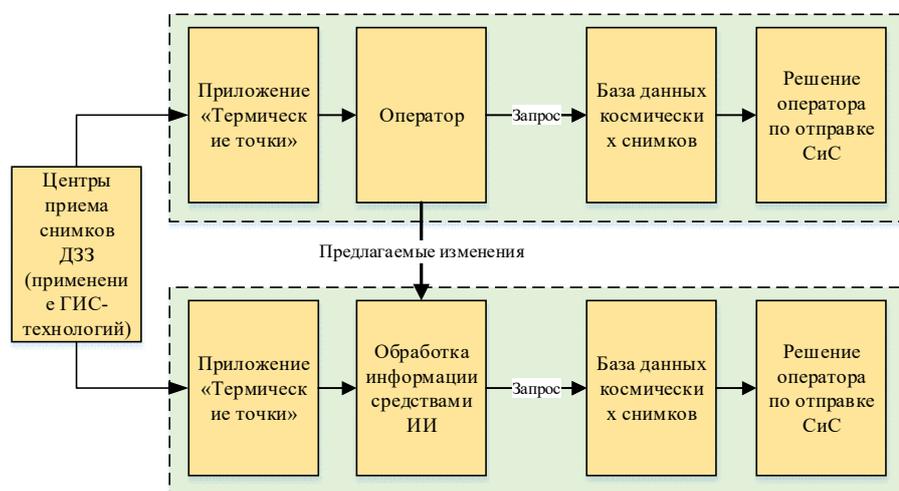


Рис.8. Алгоритм работы при выявлении термической точки при ДЗЗ

Обработка изображений методами ИИ возможна, благодаря монохроматическим особенностям пикселей огня на изображении (картинке). Если перевести изображение в черно-белый формат, то пиксели огня (пожара) будут иметь другой оттенок и по контрасту цветов можно будет утверждать, что данный пиксель является пикселем огня.

Более подробно предлагаемые изменения представлены на Рис.9.

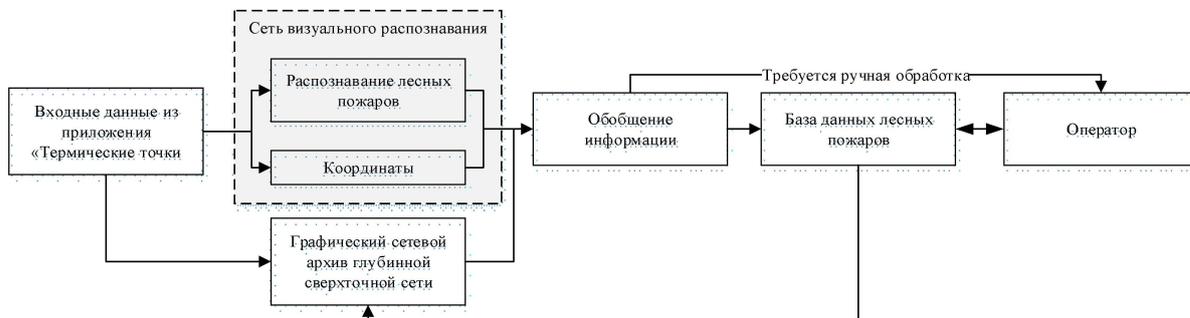


Рис.9. Блок – схема обработки изображений методами искусственного интеллекта

Разработанные предложения были реализованы в виде программного комплекса, который на текущий момент находится на государственной регистрации в Федеральном институте промышленной собственности.

Для проверки адекватности программы был проведён эксперимент, суть которого заключается в обработке снимков ДЗЗ должностным лицом ЦУКС вручную и с помощью программы в автоматическом режиме (Рис. 10). Для опыта были выбраны космические снимки из базы данных информационной системы ГИС Обзор в количестве 50 шт. С помощью метода Монте – Карло было сгенерировано 50 случайных чисел в диапазоне количества имеющихся снимков. Таким образом, каждое полученное число соответствовало номеру снимка, именно они и были выбраны для эксперимента. В результате было выявлено, что разработанный программный комплекс позволяет на 11% быстрее обрабатывать данные в автоматическом режиме, по сравнению с использованием ручного труда.

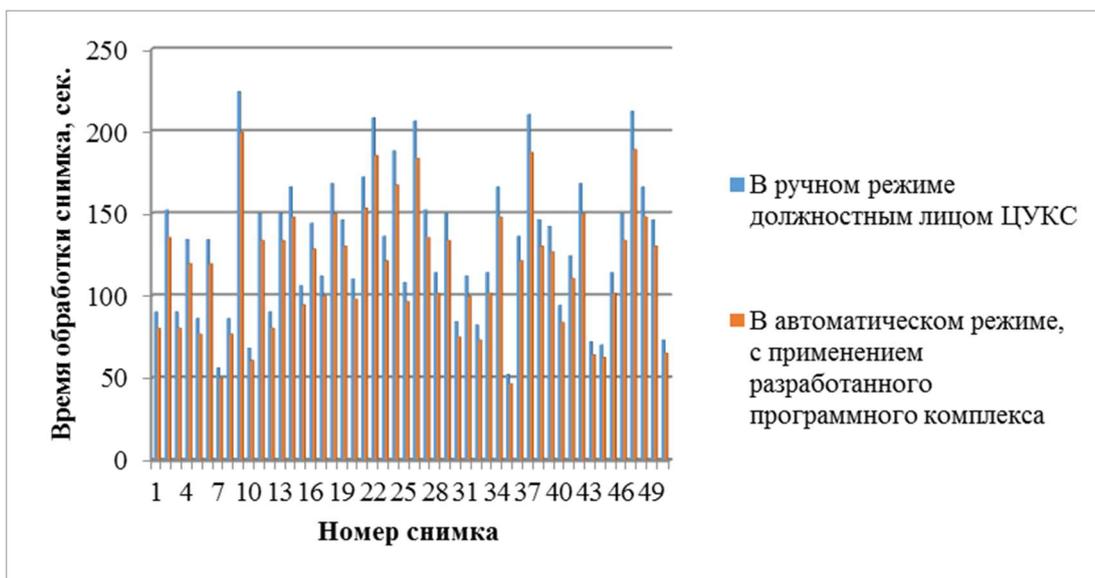


Рис.10. Результаты проведения эксперимента

Заключение

Таким образом, изменение критериев отнесения ЛП к ЧС природного характера, позволило статистически снизить количество таких ЧС, однако это не помогло решить проблемы с их

большим количеством на территории нашей страны. Проведённый анализ информационных систем, используемых в деятельности должностных лиц ЦУКС ГУ МЧС России по Республике Саха (Якутия) показал, что обработка снимков ДЗЗ на текущий момент осуществляется в ручном режиме, что требует большого количества времени. Для автоматизации процесса были разработаны предложения, позволяющие на этапе обработки информации исключить работу человека. Реализация которых, была осуществлена с применением методов ИИ в виде программного комплекса. Для проверки адекватности разработанной программы и целесообразности применения разработанных предложений было осуществлено моделирование обработки снимков ДЗЗ из базы данных имеющихся термоточек в ГИС Обзор. С целью генерации случайных чисел для выборки конкретных снимков был использован метод Монте – Карло. По результат моделирования было выявлено, что предлагаемые средства автоматизации позволяют оптимизировать процесс на 11%, а именно сократить время обработки снимков ДЗЗ. Следует отметить, что в случае внедрения разработанного программного комплекса со временем эффективность будет увеличиваться, так как будет расти количество прецедентов в базе данных программы.

Список источников

1. Куватов, В. И. Метод интеллектуальной поддержки управленческих решений с помощью ассоциативных связей при прогнозировании чрезвычайных ситуаций / В. И. Куватов, А. А. Горбунов, Д. А. Колеров // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2022. – № 2. – С. 116-124.

2. Антюхов В. И. Системный анализ и принятие решений / В. И. Антюхов, М. И. Гвоздик, В. Г. Евграфов, С. Л. Исаков, В. И. Куватов, Г. Б. Ходасевич; под ред. В. С. Артамонова – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский ун-т ГПС МЧС России, 2017. – 389 с.

3. Матвеев А. В. Методы моделирования и прогнозирования. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева, 2022. 230 с.

4. Матвеев, А. В. Перспективы применения искусственного интеллекта при реагировании на ЧС / А. В. Матвеев, Д. А. Колеров // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Мониторинг, предотвращение и ликвидация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Материалы международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 28 октября 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2021.

5. Колеров, Д. А. Совершенствование методов мониторинга и реагирования на лесные пожары в Республике Коми (на примере искусственного интеллекта) / Д. А. Колеров // ОБЖ: Основы безопасности жизни. – 2022. – № 1. – С. 56-59.

References

1. Kuvatov, V. I., Gorbunov, A. A., Kolerov, D. A. The method of intellectual support for management decisions using associative links in forecasting emergency situations. University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. - 2022. - issue 2. - pp. 116-124.

2. Antyukhov V. I. System analysis and decision making / V. I. Antyukhov, M. I. Gvozdik, V. G. Evgrafov, S. L. Isakov, V. I. Kuvatov, G. B. Khodasevich; edited by V. S. Artamonov – St. Petersburg: St. Petersburg Un-t GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2017. – 389 p.

3. Matveev A. V. Metody modelirovaniya i prognozirovaniya [Methods of modeling and forecasting]. Saint-Petesburg: Sankt-Peterburgskij universitet GPS MCHS Rossii named after the Hero of the Russian Federation General of the Army E. N. Zinichev, 2022, 230 p.

4. Matveev, A. V. Prospects for the use of artificial intelligence in emergency response / A. V. Matveev, D. A. Kolerov // Security service in Russia: experience, problems, prospects. Monitoring, prevention and elimination of natural and man-made emergencies: Proceedings of the international scientific and practical conference, St. Petersburg, October 28, 2021. - St. Petersburg: St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Disaster Relief, 2021.

5. Kolerov, D. A. Improving the methods of monitoring and responding to forest fires in the Komi Republic (on the example of artificial intelligence) / D. A. Kolerov // OBZH: Fundamentals of life safety. - 2022. - No. 1. - P. 56-59.

Информация об авторах

А.А. Балобанов - кандидат технических наук

А.В. Скрипка - кандидат технических наук, доцент

Information about the author

A.A. Balobanov - Ph.D. of Engineering Sciences

A.V. Skripka - Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.08.2023; одобрена после рецензирования 12.09.2023; принята к публикации 26.09.2023.

The article was submitted 18.08.2023, approved after reviewing 12.09.2023, accepted for publication 26.09.2023.