

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ****Г. Нарова *, А. А. Орипова***Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия,*** narrovag@gmail.com*

Аннотация. Рассматривается опыт применения инструментов обработки и визуализации геопространственных данных при разработке схем эвакуационных маршрутов в рамках программы „Алматы — безопасный город“. Проведен анализ сейсмической активности города Алматы и обоснована необходимость внедрения передовых методов повышения безопасности населения. Рассмотрены задачи предобработки и верификации исходных данных, геокодирования с использованием языка программирования Python и библиотеки GeoPy для преобразования текстовых адресов в географические координаты. Используются комбинированные алгоритмы расчета оптимальных путей, методы оптимизации экспорта макетов с применением геоинформационной системы QGIS, учитывающие топографические и инфраструктурные особенности города. Автоматизация создания макетов осуществлена с помощью инструмента „Атлас“. Разработаны макеты информационных указателей с текстовой и графической информацией для облегчения навигации и эвакуации населения. Эффективность разработанных маршрутов была подтверждена в реальных условиях при землетрясении в январе 2024 года, что демонстрирует практическую значимость проведенных исследований и внедренных решений.

Ключевые слова: геоинформационные системы, чрезвычайные ситуации, кратчайшие маршруты, геокодирование, геоданные, граф, картографические схемы, эвакуация населения, визуализация.

Ссылка для цитирования: Нарова Г., Орипова А. А. Применение геоинформационных технологий для повышения эффективности эвакуационных мероприятий при чрезвычайных ситуациях // Изв. вузов. Приборостроение. 2025. Т. 68, № 3. С. 207–218. DOI: 10.17586/0021-3454-2025-68-3-207-218.

**APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES
TO INCREASE THE EFFICIENCY OF EVACUATION MEASURES IN EMERGENCY SITUATIONS****G. Narova*, A. A. Oripova***ITMO University, St. Petersburg, Russia*** narrovag@gmail.com*

Abstract. The experience of using geospatial data processing and visualization tools in developing evacuation route schemes within the framework of the Almaty — Safe City program is reviewed. The seismic activity of Almaty is analyzed and the need to implement advanced methods for improving population safety is substantiated. Preprocessing and verification of source data, geocoding using the Python programming language and the GeoPy library for converting text addresses into geographic coordinates are considered. Combined algorithms for calculating optimal routes, methods for optimizing the export of layouts using the QGIS geographic information system, taking into account the topographic and infrastructural features of the city, are used. The automation of layout creation is carried out using the Atlas tool. Layouts of information signs with text and graphic information are developed to facilitate navigation and evacuation of the population. The effectiveness of the developed routes is confirmed in real conditions during the earthquake in January 2024, which demonstrates the practical significance of the research and implemented solutions.

Keywords: geoinformation systems, emergencies, shortest path, geocoding, geodata, graph, cartographic schemes, evacuation of population, visualization

For citation: Narova G., Oripova A. A. Application of geoinformation technologies to increase the efficiency of evacuation measures in emergency situations. *Journal of Instrument Engineering*. 2025. Vol. 68, N 3. P. 207–218 (in Russian). DOI: 10.17586/0021-3454-2025-68-3-207-218.

Введение. В условиях ускоренной урбанизации и возрастающей антропогенной нагрузки проблема предотвращения чрезвычайных ситуаций и управления их последствиями приобретает первостепенное значение. Катастрофические риски чрезвычайных ситуаций характеризуются высокой разрушительной способностью, что приводит к человеческим и экономическим потерям и влияет на структурную целостность регионов. В данном контексте возникает необходимость внедрения передовых методов для проведения эвакуационных мероприятий в условиях чрезвычайных ситуаций.

Особую актуальность внедрение инновационных методов организации эвакуационных мероприятий приобретает для крупных мегаполисов, таких как Алматы. Город, расположенный в горной местности на юго-востоке Казахстана, является крупнейшим в стране с населением свыше 1,9 млн человек и важным экономическим, культурным и научным центром. Алматы находится в сейсмоактивной зоне [1]. Высокая плотность населения и урбанизация создают дополнительные риски безопасности и оперативной эвакуации при техногенных катастрофах.

Рациональная организация городского пространства должна обеспечивать создание комфортной и безопасной среды для жизнедеятельности населения. На основе систематизации мероприятий по повышению готовности к чрезвычайным ситуациям и реализации мер по укреплению общественной безопасности в Алматы была инициирована программа „Алматы — безопасный город“ [2, 3].

Учитывая катастрофические риски чрезвычайных ситуаций, при разработке программы развития города Алматы государственные органы Республики Казахстан использовали опыт Японии — одной из наиболее подготовленных стран к природным и техногенным чрезвычайным ситуациям [4]. Ежегодно на территории Японии регистрируется до 1500 землетрясений, а землетрясения с магнитудой выше 7 баллов происходят каждые 10–30 лет. В стране функционирует система раннего оповещения „Нихон-Алерт“, оснащенная датчиками, фиксирующими сейсмическую активность для обработки данных и их передачи в командные центры. Информация о силе толчков и ориентировочном времени их начала, а также данные для эвакуации при угрозе цунами распространяются среди населения через СМС-уведомления. В случае крупномасштабного стихийного бедствия, такого как землетрясение в центре Токио, общественный парк „Ринкай“ действует как центральная база операций по предотвращению стихийных бедствий, включающая средства экстренного реагирования и местный штаб по управлению стихийными бедствиями.

Анализ уязвимости города Алматы. Историческая сейсмичность района традиционно очень высокая. За последнее столетие в городе Алматы зафиксированы четыре сильных землетрясения с интенсивностью от 8 до 11 баллов по шкале Рихтера, а также более ста толчков силой 6 баллов и ниже [5]. Самое сильное по историческим данным — Кашгарское землетрясение 1902 г. с магнитудой 8 баллов [8]. Согласно данным Института сейсмологии МЧС Республики Казахстан территория города пересекается 27 тектоническими разломами, охватывающими почти всю его площадь, что подтверждается разработанной картой сейсмического микрорайонирования на основе евростандартов [7, 8]. На рис. 1 представлена карта микросейсморайонирования Алматы, где указаны территории по интенсивности землетрясений в баллах (цвета от светлого к темному), а также тектонические разломы, пролегающие через город (желтый цвет).

Несколько лет назад был реализован пилотный проект системы раннего оповещения о сильных землетрясениях с использованием 9 сейсмостанций и мобильного приложения „Дармен“, предоставляющего пользователям автоматические уведомления при землетрясениях силой 4 и более баллов [9]. Проведена паспортизация более 10 тыс. объектов, построенных до 2001 г., среди которых 70 % (7 тыс.) зданий советской постройки требуют сейсмоусиления. К настоящему времени выполнены работы по сейсмоусилению 239 государственных объектов [10].

Тем не менее в городе сохраняются серьезные проблемы, связанные с сейсмической безопасностью. В частности, большое количество зданий, построенных в советский период, не соответствуют современным требованиям сейсмоустойчивости. Система раннего оповещения не охватывает всю высокосейсмичную зону региона, что снижает ее эффективность.



Рис. 1

В настоящее время на территории Республики Казахстан действуют нормативные правовые акты, направленные на реализацию программы „Алматы — безопасный город“ [11–14]. Запланированы такие меры, как принятие градостроительных норм и норм по сейсмостойкому строительству, организация автоматизированной системы раннего оповещения о сильном землетрясении и систем блокировки опасных производственных процессов. Также предусмотрена разработка детализированных картографических схем маршрутов эвакуации населения для каждого жилого объекта до ближайших сборных эвакуационных пунктов [15]. Авторами исследования по составлению подробных картографических схем маршрутов эвакуации для оптимизации процесса перемещения граждан к эвакуационным пунктам были сформулированы следующие научно-технические задачи:

- провести предобработку и верификацию исходных данных для обеспечения их точности, полноты и соответствия требованиям геоинформационного анализа;
- определить пространственно-временные параметры топографических и инфраструктурных характеристик зон эвакуации, включая анализ плотности застройки, дорожной сети и доступности эвакуационных маршрутов;
- реализовать алгоритмы расчета кратчайших путей с использованием геоинформационной системы QGIS для оптимизации маршрутов на основе пространственных данных и транспортной инфраструктуры;
- назначить и настроить характерные символы для обозначения точек жилых домов и сборных эвакуационных пунктов для обеспечения визуальной дифференциации объектов на картографических схемах;

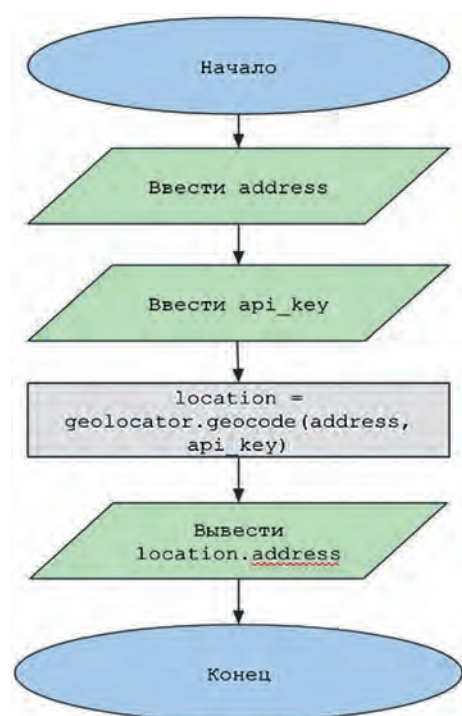


Рис. 2

— осуществить экспорт итогового результата в виде детализированных картографических схем, пригодных для последующего анализа и практического использования;

— разработать дизайн макета информационных указателей, включающий текстовую и графическую информацию, способствующую эффективной эвакуации населения;

— создать QR-код в векторном формате, интегрировать его в дизайн макета информационного указателя для обеспечения доступа к актуальной информации о маршрутах эвакуации через мобильные устройства.

Предобработка данных и геокодирование. Для решения задачи определения рациональных маршрутов и создания картографических материалов использовались данные, предоставленные МЧС города Алматы, содержащие следующую информацию: 8 наименований районов города, 12 610 адресов жилых домов и 384 пунктов сбора населения. Однако в адресных данных не указывались географические координаты и актуальные наименования улиц, что критически важно для построения маршрутов. Таким образом, первый этап работы заключался в ручной верификации адресной информации и геокодировании — преобразовании текстовых адресов в географические координаты [16].

Для задачи геокодирования использовались язык программирования Python 3.8 и библиотека GeoPy, выполняющая запрос с помощью различных сервисов, таких как Google Maps, OpenStreetMap и Яндекс карты. Для извлечения географических координат использовали сервис Яндекс карты [17]. Процесс геокодирования представлен структурной схемой (рис. 2).

Вначале отправляется HTTP-запрос к выбранному сервису с интерпретацией ответа в формате JSON для дальнейшего использования в геопространственных расчетах. Библиотека GeoPy предоставляет унифицированный интерфейс через базовый класс Geocoder, определяющий методы для стандартизации процессов прямого геокодирования (преобразование адресов в координаты) и обратного геокодирования (преобразование координат в адреса) [18].

Для инициации геокодирования с помощью GeoPy необходимо создать экземпляр соответствующего класса геокодера, передавая ему параметры сервиса, такие как API-ключ, язык ответа и предпочтительный регион [19]. Затем, вызвав метод геокодирования, библиотека формирует и отправляет HTTP-запрос к сервису, используя входные данные в виде адреса или координат. Ответ от сервиса, обычно в формате JSON или XML, анализируется GeoPy для извлечения ключевых данных, таких как координаты, полный адрес и тип местоположения [20].

На основе результатов геокодирования определяются координаты долготы и широты с соответствующей адресной информацией, дополненной в ходе ручной проверки. Затем, после преобразования исходных данных в нужный формат, осуществляется поиск кратчайших путей. На основе этих данных строятся картографические маршруты. Данная задача решалась на базе кроссплатформенной геоинформационной системы QGIS и поддерживаемого внутри нее модуля Roadgraph. Модуль имеет необходимый для работы функционал по идентификации оптимальных путей на пространственных графах дорожных сетей [21].

После инициализации программного обеспечения QGIS, загружена веб-карта OpenStreetMap [22]. С применением плагина QuickOSM получен слой дорожной сети [23]. Интегрированы векторные слои, содержащие информацию о местоположении жилых домов и эвакуационных пунктов. Для обеспечения точности последующего пространственного анализа данные преобразованы в систему координат, соответствующую исследуемой местности.

Корректная работа модуля Roadgraph в QGIS требует соблюдения последовательности операций при использовании специализированных функций сетевого анализа. Один из ключевых этапов — применение функции *Disconnected Islands*, необходимой для идентификации изолированных сегментов в транспортной сети. С помощью уникального цветового обозначения визуализируется каждый изолированный „остров“, что существенно упрощает процесс идентификации и количественной оценки отдельных фрагментов сети [24, 25]. После выявления неподключенных сегментов транспортной сети осуществляется ручная коррекция узлов сети с детальной проверкой каждой изолированной секции.

Результат присоединения узлов к транспортной сети для одного из районов города представлен на рис. 3. Путем устранения разрывов минимизированы вероятности ошибок и несоответствий в расчетах будущих маршрутов.

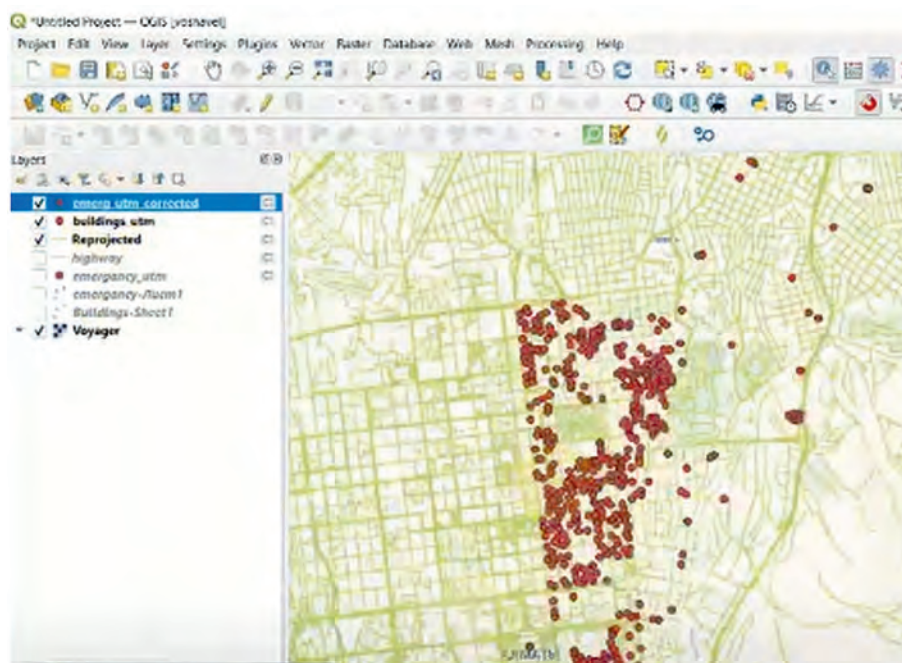


Рис. 3

Построение маршрутов и визуализация. Конвертация исходной адресной информации в необходимый формат и интеграция дорожного графа в единую сеть обеспечивают корректность исходных данных, необходимых для работы модуля Roadgraph [26].

Модуль Roadgraph реализует широкий спектр функций, направленных на улучшение взаимодействия с картографическими данными. Среди основных возможностей модуля выделяются алгоритмы для расчета маршрутов, их протяженности и оценки времени в пути. Алгоритмы учитывают такие параметры, как ограничение скорости движения транспорта, наличие однонаправленных дорог и перекрестков, что позволяет моделировать наиболее реалистичные и эффективные маршруты [27, 28].

Помимо этого, существенным аспектом является настройка топологического порога. Топологическая толерантность определяется как минимальное расстояние между смежными вершинами полилиний, при котором они воспринимаются как единая вершина, что влияет на качество построения графов [29]. Оптимизация параметра уменьшает влияние артефактов и повышает точность данных. Неправильная настройка топологического порога может привести к искажениям в модели сети и, следовательно, к искажению точности маршрутизации.

В атрибутивной таблице слоя дорог, используемой модулем, заданы такие параметры, как скорость и направление движения транспорта, что адаптирует алгоритмы к особенностям конкретных дорог, будь то однонаправленное или двустороннее движение. Указанный тип движения для каждого участка дороги позволяет моделировать время в пути, что, в свою

очередь, способствует созданию точной модели трафика и планирования маршрутов в условиях городской среды [30].

С заданием необходимых параметров в панели инструментов обработки запущен процесс построения маршрутов, где обрабатываются дорожная сеть и два точечных слоя: жилых домов и эвакуационных пунктов. По завершении генерации получены все потенциальные маршруты — от каждого жилого дома до ближайших эвакуационных пунктов. Описываемый процесс представлен на рис. 4, где красным цветом обозначены дома, белым — эвакуационные пункты.

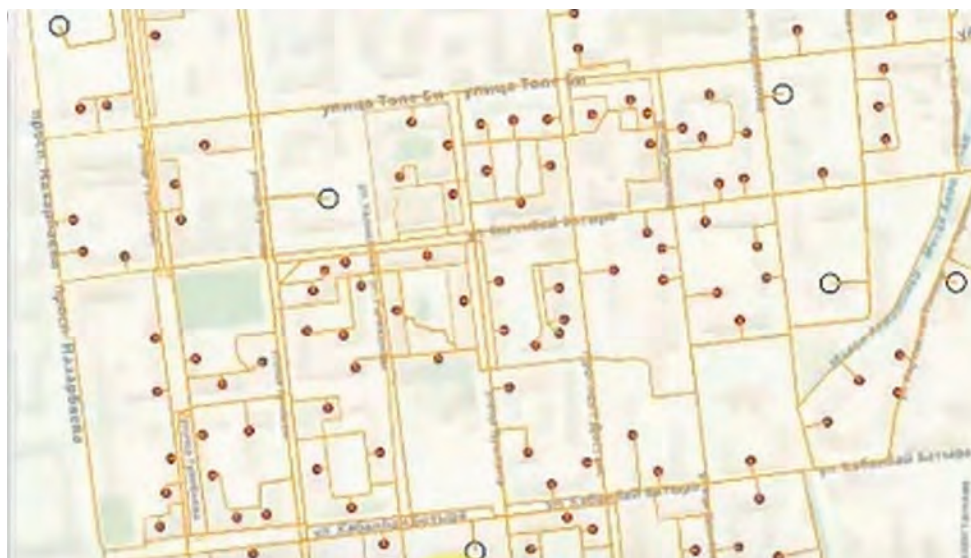


Рис. 4

В ходе выполнения данной операции определены многочисленные маршруты, однако процесс обработки не является завершенным. Необходимо применить фильтр, позволяющий найти ближайший эвакуационный пункт в радиусе 1 км с использованием SQL-запроса. В окне запросов в качестве исходного слоя была выбрана рассчитанная матрица расстояний. С помощью операторов SQL-запроса („SELECT“, „FROM“, „GROUP BY“) задаются параметры для расчета оптимальных маршрутов. Запрос извлекает из таблицы исходного слоя данные о номерах жилых домов, длине маршрута и минимальном расстоянии до эвакуационного пункта. Затем данные группируются и фильтруются для получения итогового значения. Метод позволяет эффективно определить ближайшие эвакуационные пункты для каждого жилого дома, обеспечивая точный и оптимизированный анализ транспортной сети для планирования эвакуационных маршрутов [31].

Для минимизации погрешности применен последовательный алгоритм расчета буферной зоны. В частности, определялись связи между объектами из одного слоя (матрицы расстояний) и объектами из другого слоя (эвакуационных пунктов) в пределах заданной географической области и при выполнении определенных условий.

Первоначально была определена переменная, содержащая список значений поля нумерации из слоя эвакуационных пунктов. Для этого использовалась функция агрегации, собирающая данные для объединения значений поля нумерации. Дополнительно применялся фильтр, отбирающий только те объекты, которые находились внутри буферной зоны объекта, определенного функцией „get_feature“. На следующем этапе проводилась агрегация значений поля матрицы расстояний [32]. После объединения данных вновь применялась фильтрация. Фильтр для этого агрегата был более сложным и включал три условия: значение поля должно быть менее 1000 м, значение поля расстояния должно содержаться в списке эвакуационных пунктов, созданном на первом этапе, значение поля нумерации маршрута должно совпадать с нумерацией жилого дома. Такая методика позволила установить эффективные связи между жилыми домами и ближайшими эвакуационными пунктами.

После выполнения шагов объединения и фильтрации была проведена проверка условия с использованием внешней функции, определяющей, содержится ли любое значение из массива расстояний, сформированного на втором этапе, в массиве эвакуационных пунктов, созданном на первом этапе. Если такое значение обнаруживается, функция возвращает истину (true), в противном случае — ложь (false).

Таким образом, использование предложенного алгоритма позволило провести комплексную агрегацию и фильтрацию данных из двух слоев для выявления взаимосвязей между ними на основе пространственного и атрибутивного анализа. Ключевой этап заключался в проверке наличия связанных объектов в пределах буферной зоны радиусом 1 км. В результате сформированы индивидуальные слои маршрутов для каждого жилого дома, применена характерная символика: пункты приема пострадавшего населения обозначены флажком с цветовым кодом R56, G155, B 58, дома — R255, G67, B0 (рис. 5, здесь красным флажком обозначен пункт приема населения).

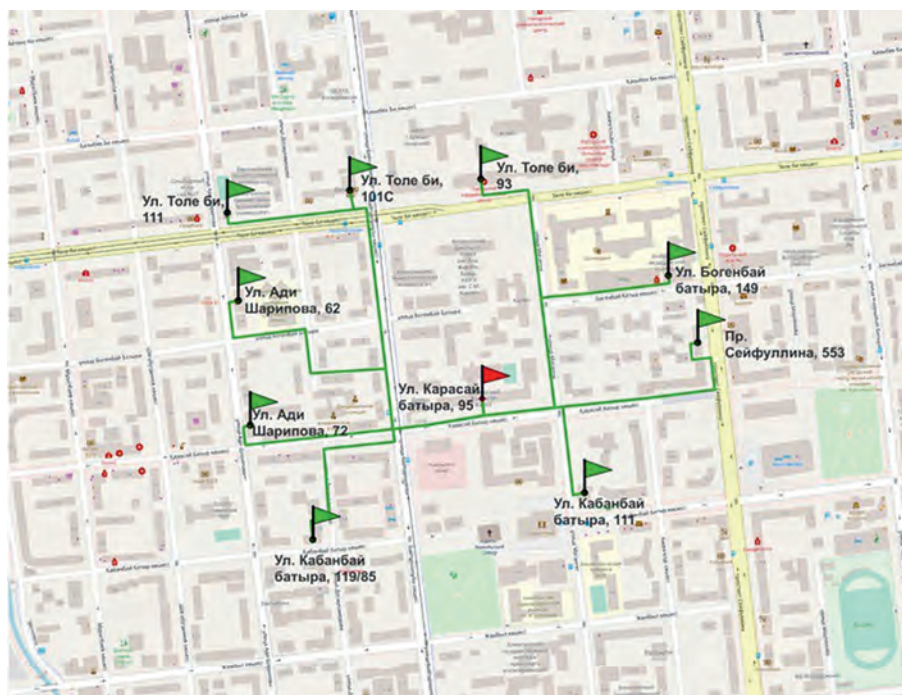


Рис. 5

После получения схемы эвакуационных маршрутов для каждого жилого здания осуществлялись экспорт данных и подготовка макетов для печати. Вследствие значительного объема данных было принято решение об автоматизации процесса, реализованного с использованием инструмента „Атлас“ [33, 34]. В качестве входных данных использовался идентификационный номер слоя жилых домов, который служил порядковым номером страницы „атласа“.

В настройках „атласа“ были выбраны следующие параметры:

- слой покрытия — для определения области, охваченной картографическим материалом;
- слой входных данных — для получения информации о расположении и характеристиках жилых домов.

Для соблюдения правильного порядка и последовательности страниц была настроена сортировка по нумерации слоев. Масштабы „атласа“ были адаптированы в соответствии с размерами объектов и параметрами слоя веб-карты, что позволило обеспечить пространственную ориентацию по улицам.

Процесс автоматизации способствовал значительному сокращению времени и трудозатрат на создание макетов эвакуационных маршрутов, а также повышению точности и согласованности данных. Схема описанного алгоритма создания картографических маршрутов приведена на рис. 6.

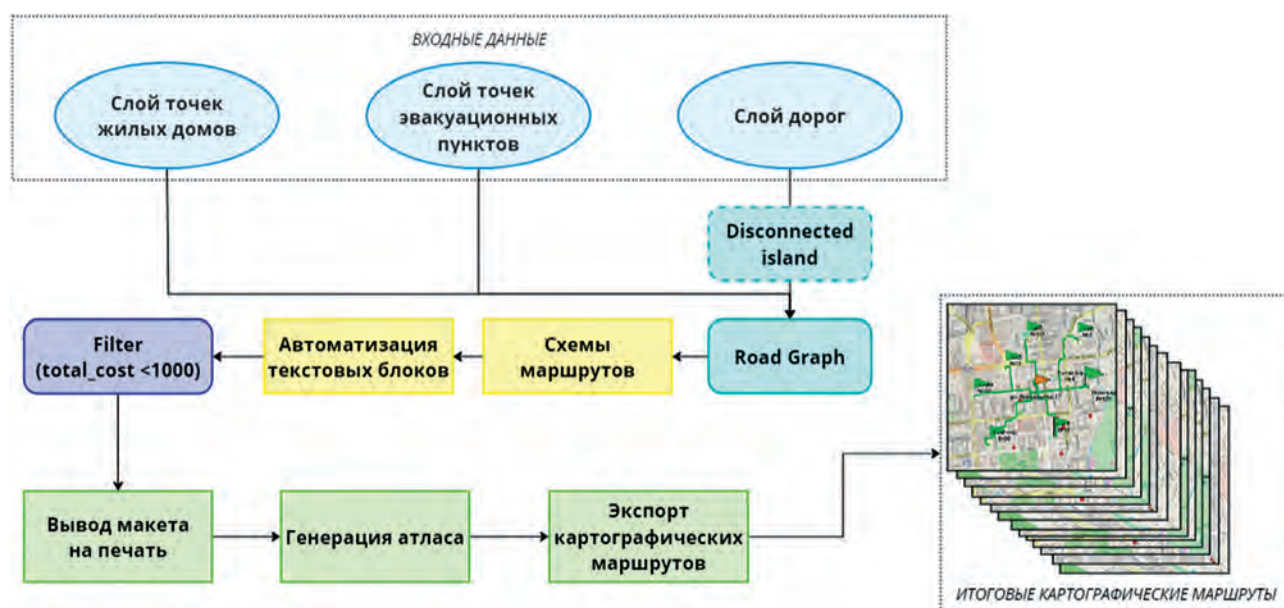


Рис. 6

Изготовление информационных указателей. Согласно техническому заданию, предоставленному МЧС Казахстана, картографические маршруты должны быть интегрированы в информационные указатели с использованием QR-кодов. Процесс создания QR-кода включал следующие этапы.

Первоначально были определены все требования технического задания, среди которых: совместимость QR-кода со всеми мобильными операционными системами и возможность считывания при 30%-ном повреждении символа, векторный формат кода, направление пользователя на страницу веб-сайта экстренной службы при считывании.

Для обеспечения корректного открытия приложения карты был создан динамический URL, интегрированный в сервис QR Code Generator Pro [35]. На этом сервисе был выбран тип QR-кода (URL), введена динамическая ссылка, установлен высокий уровень коррекции ошибок (High) для обеспечения считываемости при 30%-ном повреждении и выбран векторный формат (SVG) для печати. После генерации QR-код экспортирован и протестирован. Тестирование включало проверку считываемости различными устройствами (Android, iOS) в условиях частичного повреждения кода, что подтвердило корректность перенаправления.

Проектирование макета и дальнейшая обработка QR-кода осуществлялись в графическом редакторе CorelDRAW, где производилось внедрение текстового описания и соответствующих логотипов [36].

Для повышения структурированности и удобства восприятия информации макет был условно разделен на две части: в левой части размещен логотип МЧС и герб города Алматы, ниже указан адрес здания на трех языках (государственном, русском и английском) и собственно QR-код; в правой части макета расположена схема ближайших пунктов приема населения, что обеспечивает визуальную информацию для быстрой ориентации и эффективного планирования маршрутов эвакуации (рис. 7).

В результате было разработано 12 610 информационных макетов с картографическими схемами эвакуационных маршрутов, соответствующими количеству адресов.



Рис. 7

Практическая реализация. Разработанные макеты после утверждения заказчиком были переданы в типографское производство. Макеты, содержащие подробную информацию о заранее определенных и предписанных маршрутах эвакуации и безопасных зонах, предназначенных для использования в случае возникновения чрезвычайной ситуации, в декабре 2023 г. были размещены на входных дверях всех подъездов многоквартирных жилых зданий [37]. Так, в частности, когда 23 января 2024 г. сейсмические станции Национального ядерного центра Республики Казахстан зафиксировали интенсивное сейсмическое событие в городе Алматы магнитудой 5 баллов [38], население следовало заранее установленным маршрутам эвакуации, в результате чего 11600 граждан прибыли в эвакуационные пункты, расположенные по всему городу [39].

Закключение. Представлены результаты исследования по использованию геоинформационных технологий для повышения эффективности эвакуационных мероприятий в условиях чрезвычайных ситуаций. Основное внимание уделено разработке и внедрению картографических схем маршрутов эвакуации, что позволило значительно повысить оперативность и безопасность перемещения граждан.

Рассмотренный алгоритм включает в себя этапы предобработки данных, геокодирования, анализа транспортной сети и визуализации маршрутов. Использование геоинформационной системы QGIS и различных инструментов сетевого анализа обеспечило создание детализированных и оптимизированных маршрутов эвакуации. Данное решение позволяет значительно сократить время на перемещение граждан и минимизировать риски при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Практическая реализация проекта, включающая разработку информационных указателей с интеграцией QR-кодов, показала высокую эффективность в условиях реальных сценариев. Установленные указатели с маршрутами эвакуации и безопасными зонами стали важным элементом подготовки населения к действиям в случае угрозы. Доказательством успешности проведенных мероприятий стал оперативный отклик населения при землетрясении в январе 2024 г.

В ходе исследования выявлены некоторые недостатки и ограничения, такие как неполное соответствие всех зданий современным требованиям сейсмоустойчивости и необходимость дальнейшего расширения системы раннего оповещения. Для повышения эффективности эвакуационных мероприятий в будущем рекомендуется продолжить работы по сейсмоусилению зданий, расширению системы раннего оповещения и проведению регулярных учений для повышения уровня осведомленности и готовности населения.

Таким образом, внедрение инновационных геоинформационных технологий в процесс организации эвакуационных мероприятий доказало свою целесообразность и эффективность, став важным шагом на пути к обеспечению безопасности и защиты населения в условиях чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зейгарник В. А., Богомолов Л. М., Новиков В. А. Электромагнитное инициирование землетрясений: полевые наблюдения, лабораторные эксперименты и физические механизмы // Физика земли. 2022. Т. 58, № 1. С. 35–66. DOI:10.31857/S0002333722010100.
2. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/D18C0000897>
3. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000785/>
4. Программа развития города Алматы до 2025 года и среднесрочные перспективы до 2030 года [Электронный ресурс]: https://www.almatydc.kz/press/news/programma_rus/, 04.03.2024.
5. О фактах чрезвычайных ситуаций, произошедших на территории города Алматы за сентябрь 2023 года / Департамент по чрезвычайным ситуациям города Алматы [Электронный ресурс]: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer-almaty/documents/details/534612?directionId=4560&lang=ru/>, 21.03.2024.
6. Pilz M., Abakanov T., Abdrakhmatov K. An Overview on the seismic microzonation and site effect studies in Central Asia // Annals of Geophysics. 2015. Vol. 58, N 1. P. 7–14. DOI: 10.4401/ag-6662.
7. Садыкова А. Б., Силачева Н. В., Степаненко Н. П. Сейсмическое микрозонирование территории г. Алматы на новой методической основе // Изв. НАН РК. Серия геологии и технических наук. 2021. Т. 1, N 445. С. 20–27. DOI: 10.32014/2021.2518-170X.18.

8. Информационный портал TENGRIKNEWS.KZ: Где расположены сейсмические разломы в Алматы: подробная карта. 2024. [Электронный ресурс]: https://www.tengrinews.kz/kazakhstan_news/raspolozheniyi-seysmicheskie-razlomiyi-almaty-podrobnaya-karta-524230/, 21.03.2024.
9. <https://www.darmen.app/>
10. Shokbarov Y. Expert assessment of seismic safety of buildings and structures in Almaty // Earthquake risk mitigation policies and management. 2021. Vol. 1. P. 1595-1600. DOI: 10.5592/CO/1CroCEE.2021.77.
11. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P970001286/>
12. <https://www.online.zakon.kz/Document/1003949326/>
13. СП ПК 2.03-30-2017. Свод правил. Строительство в сейсмических зонах. Астана: РГП ГГК, 2017. 123 с.
14. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2000000088#z11/>
15. <https://www.goszakup.gov.kz/ru/egzcontract/cpublic/show/18355651/>, 04.03.2024.
16. Рыжков С. А. Пакетное геокодирование в QGIS // GIS-LAB.INFO: Географические информационные системы и дистанционное зондирование. 2016. [Электронный ресурс]: <http://www.gis-lab.info/qa/rugeocoder.html>, 19.04.2024.
17. Технологии Яндекса: Руководство разработчика. Поиск по карте». 2024. [Электронный ресурс]: https://www.yandex.ru/dev/jsapi-v2-1/doc/ru/#result_map/, 17.04.2024.
18. Graser A. Processing: A Python Framework for the Seamless Integration of Geoprocessing Tools in QGIS // Intern. Journal of Geo-Information. 2015. Vol. 4 (4). P. 2219-2245. DOI: 10.3390/ijgi4042219.
19. Технологии Яндекса: Руководство разработчика. API Геокодера. 2024. [Электронный ресурс] <https://www.yandex.ru/dev/geocode/doc/ru/>, 17.04.2024.
20. Funkner A. A., Elkhovskaya L.O., Lenivtceva I.D. Geographical topic modelling on spatial social network data // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 19. P. 22–31. DOI: 10.1016/j.procs.2021.10.003.
21. Рахматов С. С., Бобоназаров Т. Ш., Абдурахмонов О. М. Определение кратчайшего пути между двумя объектами с помощью программы QGIS с использованием модуля Road Graph // Молодой ученый. 2022. Т. 5, № 1. С. 9–12.
22. <https://www.openstreetmap.org/#map=10/43.2572/76.8329/>
23. Ehrig-Page J. C. Evaluating Methods for Downloading OpenStreetMap Data // Cartographic Perspectives. 2020. Vol. 95. P. 42–49. DOI: 10.14714/CP95.1633.
24. Herve P., Kenji O. Network Analysis and Routing with QGIS // QGIS and Applications in Water and Risks. 2018. Vol. 4. P. 2425–2444. DOI: 10.1002/9781119476726.
25. Mohammed Zeki S. Advanced GIS-based Multi-Function Support System for Identifying the Best Route // Baghdad Science Journal. 2021. Vol. 18. P. 631–641. DOI: 10.21123/bsj.2022.19.3.0631.
26. Кормен Т. Х., Лейзерсон Ч. И., Ривест Р. Л., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ. М.: Изд. дом „Вильямс“, 2022. Т. 4. 1312 с.
27. Chadha C., Garg S. Shortest Path Analysis on Geospatial Data Using PgRouting // Intern. Conf. on Innovative Computing and Communications. 2019. Vol. 55. P. 201–214. DOI: 10.1007/978-981-13-2324-9_20.
28. Якушев С., Бруй А. Поиск кратчайшего маршрута с помощью Road graph для QGIS. GIS-Lab.info. 2014. [Электронный ресурс]: <https://www.gis-lab.info/qa/road-graph2.html/>, 18.04.2024.
29. Бударова В. А. Шамсудинов В. А. Методы автоматизированного выявления дорожных сетей и построения графов // Столыпинский вестник. 2022. № 1. С. 892–904. DOI: 10.55186/27131424_2022_4_2_8.
30. Debnath P. A QGIS-Based Road Network Analysis for Sustainable Road Network Infrastructure: An Application to the Cachar District in Assam, India // Infrastructures. 2022. Vol. 7. P. 1–13. DOI: 10.3390/infrastructures7090114.
31. Руководство пользователя QGIS. Database. 2024. [Электронный ресурс]: https://www.docs.qgis.org/3.34/ru/docs/user_manual/processing_algs/qgis/database.html/, 18.04.2024.
32. Guo M., Han C., Guan Q., Huang Y., Xie Z. A universal parallel scheduling approach to polyline and polygon vector data buffer analysis on conventional GIS platforms // Transactions in GIS. 2020. Vol. 24. P. 1437–1826. DOI: 10.1111/tgis.12670.
33. Mericskay B. Design and Implementation of Automated Atlas // QGIS and Applications in Territorial Planning. 2018. Vol. 3. P. 1–38. DOI: 10.1002/9781119457121.ch1.
34. https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/automating_map_creation.html/
35. <https://www.app.qr-code-generator.com/create/new/?finishedOnboarding=1/>
36. <https://www.corel.com/>
37. <https://www.orda.kz/gde-perezhdad-zemletrjasenie-informacionnye-tablichki-napugali-almatincev-381264/>
38. Оперативная информация о произошедшем землетрясении 23.01.2024 г. / Казахстанский нац. центр данных. 2024. [Электронный ресурс]: <https://www.kndc.kz/index.php/home-ru/kndcnews/227-operativnaya-informatsiya-o-proizoshedshem-zemletryasenii-23-01-2024-g/>, 23.03.2024.

39. Оперативная информация о сейсмической ситуации в городе Алматы по состоянию на «18:00» часов 23.01.2024 года / Департамент по чрезвычайным ситуациям города Алматы. 2024. [Электронный ресурс]: <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer-almaty/press/news/details/691169?lang=ru/>, 23.03.2024.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Галия Нарова

— студентка; Университет ИТМО, факультет экотехнологий;
E-mail: narrovag@gmail.com

Азиза Алишеровна Орипова

— канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, факультет биотехнологий

Поступила в редакцию 14.05.24; одобрена после рецензирования 10.07.24; принята к публикации 28.01.25.

REFERENCES

1. Zeigarnik V.A., Bogomolov L.M. & Novikov V.A. Izvestiya, Physics of the Solid Earth, 2022, vol. 58, pp. 30–58. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/D18C0000897/>. (in Russ.)
2. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000785/>. (in Russ.)
3. https://www.almatydc.kz/press/news/programma_rus/. (in Russ.)
4. <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer-almaty/documents/details/534612?directionId=4560&lang=ru/>. (in Russ.)
5. Pilz M., Abakanov T., Abdrakhmatov K. Annals of Geophysics, 2015, no. 1(58), pp. 7–14, DOI: 10.4401/ag-6662.
6. Sadykova A.B., Silacheva N.V., Stepanenko N.P. Izvestiya NAN RK. Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk, 2021, no. 1(445), pp. 20–27, DOI: 10.32014/2021.2518-170X.18. (in Russ.)
7. https://www.tengrinews.kz/kazakhstan_news/raspolojeni-seysmicheskie-razlomiyi-almaty-podrobnaya-karta-524230/.
8. <https://www.darmen.app/>.
9. Shokbarov Y. Earthquake risk mitigation policies and managment, 2021, vol. 1, pp. 1595–1600, DOI: 10.5592/CO/1CroCEE.2021.77.
10. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P970001286/>. (in Russ.)
11. <https://www.online.zakon.kz/Document/1003949326/>. (in Russ.)
12. SP RK 2.03-30-2017. Svod pravil. Stroitel'stvo v seismicheskikh zonakh (SP RK 2.03-30-2017. Code of Practice. Construction in Seismic Zones), KazNIISA, Replaces SNiP RK 2.03-30-2006, introduced on 20.12.2017, Astana, 2017, 123 p. (in Russ.)
13. <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/P2000000088#z11/>. (in Russ.)
14. <https://www.goszakup.gov.kz/ru/egzcontract/cpublic/show/18355651/>. (in Russ.)
15. Ryzhkov S.A. GIS-LAB.INFO: Geograficheskie informatsionnye sistemy i distantsionnoe zondirovanie, 2016, <http://www.gis-lab.info/qa/rugeocoder.html>. (in Russ.)
16. https://www.yandex.ru/dev/jsapi-v2-1/doc/ru/#result_map/. (in Russ.)
17. Graser A. International Journal of Geo-Information (IJGI), 2015, no. 4(4), pp. 2219–2245, DOI: 10.3390/ijgi4042219.
18. <https://www.yandex.ru/dev/geocode/doc/ru/>. (in Russ.)
19. Funkner A.A., Elkhovskaya L.O., Lenivtceva I.D. Procedia computer science, 2021, vol. 19, pp. 22–31, DOI: 10.1016/j.procs.2021.10.003.
20. Rahmatov S.S., Bobonazarov T.Sh., Abdurahmonov O.M. Molodoj uchenyj, 2022, no. 5(1), pp. 9–12. (in Russ.)
21. OpenStreetMap, 2024, <https://www.openstreetmap.org/#map=10/43.2572/76.8329/>.
22. Ehrig-Page J.C. Cartographic Perspectives, 2020, vol. 95, pp. 42–49, DOI: 10.14714/CP95.1633.
23. Herve P., Kenji O. QGIS and Applications in Water and Risks, 2018, vol. 4, pp. 2425–2444, DOI: 10.1002/9781119476726.
24. Mohammed zeki S. Baghdad Science Journal, 2021, vol. 18, pp. 631–641, DOI: 10.21123/bsj.2022.19.3.0631.
25. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L., Stein C. Introduction to algorithms, Massachusetts Institute of Technology, 2009, no. 4, 1312 p.
26. Chadha C., Garg S. International Conference on Innovative Computing and Communications, 2019, vol. 55, pp. 201–214, DOI: 10.1007/978-981-13-2324-9_20.
27. <https://www.gis-lab.info/qa/road-graph2.html/>. (in Russ.)
28. Budarova V.A. Shamsudinov V.A. Stolypinskiy vestnik, 2022, no. 1, pp. 892–904, DOI: 10.55186/27131424_2022_4_2_8. (in Russ.)
29. Debnath P. Infrastructures, 2022, vol. 7, pp. 1–13, DOI: 10.3390/infrastructures7090114.
30. https://www.docs.qgis.org/3.34/ru/docs/user_manual/processing_algs/qgis/database.html/.
31. Guo M., Han C., Guan Q., Huang Y., Xie Z. Transactions in GIS, 2020, vol. 24, pp. 1437–1826, DOI: 10.1111/tgis.12670.
32. Mericskay B. QGIS and Applications in Territorial Planning, 2018, vol. 3, pp. 1–38, DOI: 10.1002/9781119457121.ch1.
33. QGIS Tutorials and Tips. Automating Map Creation with Print Layout Atlas (QGIS3), 2023, https://www.qgistutorials.com/en/docs/3/automating_map_creation.html/. (in Russ.)
34. QR Code Generator PRO, Denso wave incorporated, <https://www.app.qr-code-generator.com/create/new?finishedOnboarding=1/>.

36. Corel Corporation, 2024, <https://www.corel.com/>.
37. <https://www.orda.kz/gde-perezhdat-zemletrjasenie-informacionnye-tablichki-napugali-almatincev-381264/>. (in Russ.)
38. <https://www.kndc.kz/index.php/home-ru/kndcnews/227-operativnaya-informatsiya-o-proizoshedshem-zemletryasenie-23-01-2024-g/>. (in Russ.)
39. <https://www.gov.kz/memleket/entities/emer-almaty/press/news/details/691169?lang=ru/>. (in Russ.)

DATA ON AUTHORS

Galiya Narova — Student; ITMO University, Faculty of Ecotechnologies; E-mail: narrovag@gmail.com

Aziza A. Oripova — PhD, Associate Professor; ITMO University, Faculty of Biotechnologies

Received 14.05.24; approved after reviewing 10.07.24; accepted for publication 28.01.25.