

The Information System of Mass Notification in Emergency Situations with an Algorithm of Optimization of Evacuation Plans Based on the Client — Server Architecture

Arutiunian V.E.

Zaporizhzhya Institute of Economics and Information Technologies

Zaporizhzhya, Ukraine

Abstract. The purpose of this article is to develop a modern information system for mass notification. The system must take into account the disadvantages of all existing systems. The aim has been achieved by the development and implementation of the program complex of an algorithm for construction the effective evacuation plans based on the client-server architecture. The complex, in addition to the server and client parts, also uses the Google Maps services. Today, a lot of information systems for the mass notification of the population have been developed. An analytical review of some of them revealed a number of disadvantages related to the efficiency of the systems, the ability to effectively distribute the population to evacuation points or shelters. A feature of the program is an innovative approach for calculation of an effective evacuation plan for each victim, which has not been presented previously. To find an effective path, three parameters are important, i.e., distance; the available spaciousness of the emergency shelter; and speed. Thanks to the algorithm, it is possible to calculate the optimal path for each victim individually, adjusting the distance depending on the speed and fullness of the shelter. The path found will not always be the shortest, but it will be effective for the uniform filling in of the shelters. The effectiveness of the algorithm is presented in the models we programmed in the AnyLogic program. The use of the evacuation model was analyzed using both a short path and the developed algorithm to calculate the most efficient path. The simulated situations show the possibility of saving more people.

Keywords: information systems, client-server architecture, interactive maps, mobile applications, mass notification, emergency situations, and AnyLogic program.

DOI: 10.5281/zenodo.3239138

Sistem informatic de notificare în masă a populației cu un algoritm de optimizare a planurilor de evacuare pe baza arhitecturii „client-server”

Arutyunyan V.E.

Institutul de Economie și Tehnologia Informației din Zaporije

Zaporije, Ucraina

Rezumat. Scopul acestui articol este de a elabora un sistem informatic modern de informare în masă a populației. Pentru ca sistemul dezvoltat să fie cât mai eficient posibil, este necesar să se ia în considerare deficiențele tuturor soluțiilor existente. Scopul a fost realizat prin dezvoltarea și implementarea în pachetul software a unui algoritm de calcul și construire a planurilor de evacuare eficiente pentru situații de urgență pe baza arhitecturii client-server. Complexul, pe lângă componentele serverului și clientului, utilizează de asemenea serviciile Google Maps pentru a lucra cu o hartă interactivă. La moment, a fost elaborat și implementat un număr suficient de sisteme informatice pentru informarea în masă a publicului în situații de urgență. O estimare analitică a unora dintre ele, prezentată în acest articol, a evidențiat o serie de deficiențe legate de eficiența sistemelor, capacitatea de a distribui efectiv populația în punctele de evacuare sau în adăposturi. Particularitatea acestei soluții software este o abordare inovatoare a calculului celui mai eficient plan de evacuare pentru fiecare victimă, care nu a fost prezentat mai devreme. Atunci când găsim cea mai eficientă modalitate pentru fiecare victimă, trei parametri sunt cei mai importanți: distanța până la adăpost; gradul de umplere a adăpostului; viteza de mișcare a victimei. Datorită acestui algoritm, devine posibilă calcularea modului optim în ceea ce privește evacuarea fiecărei victime în mod individual, ajustarea distanței în funcție de viteza de mișcare și de plenitudinea punctelor de colectare. Calea găsită în acest fel nu va fi întotdeauna scurtă, dar va fi eficientă pentru distribuirea și umplerea uniformă a adăposturilor.

Cuvinte-cheie: sisteme informatice, arhitectura client-server, hărți interactive, aplicații mobile, alertă publică, urgență, program AnyLogic.

Информационная система массового оповещения населения с алгоритмом оптимизации планов эвакуации на базе архитектуры “клиент — сервер”

Арутюнян В.Э.

Запорожский институт экономики и информационных технологий

Запорожье, Украина

Аннотация. Целью данной статьи является разработка современной информационной системы для массового оповещения населения. Чтобы разработанная система была максимально эффективная, необходимо учесть недостатки всех существующих решений. Поставленная цель реализована путем разработки и внедрения в программный комплекс алгоритма расчета и построения эффективных планов эвакуации при чрезвычайных ситуациях на базе архитектуры “клиент — сервер”. Комплекс, помимо серверной и клиентской части, также использует сервисы Google Maps для работы с интерактивной картой. Сегодня разработано и внедрено достаточное количество информационных систем массового оповещения населения при чрезвычайных ситуациях. Аналитический обзор некоторых из них, который представлен в данной статье, выявил ряд недостатков, связанных с эффективностью работы систем, возможностью эффективного распределения населения по точкам эвакуации или убежищам. Особенностью данного программного решения является инновационный подход к вопросу расчета самого эффективного плана эвакуации для каждого потерпевшего, чего не было представлено ранее. При нахождении самого эффективного пути для каждого потерпевшего важнейшими являются три параметра: расстояние до убежища; наполняемость убежища; скорость движения потерпевшего. Благодаря данному алгоритму становится возможным рассчитывать оптимальный путь в плане эвакуации для каждого потерпевшего индивидуально, корректируя расстояние в зависимости от скорости движения и наполненности точек сбора. Найденный таким образом путь не всегда будет минимально коротким, однако будет эффективным для равномерного распределения и заполнения убежищ. Эффективность работы алгоритма распределения потерпевших по убежищам и точкам эвакуации представлена в запрограммированных нами моделях в программе AnyLogic. Проанализировано использование модели эвакуации при помощи короткого пути и с помощью разработанного алгоритма расчета максимально эффективного пути. Смоделированные ситуации показывают возможности спасения значительно большего количества людей. Разработанная нами информационная система эффективно работает в моделях, которые построены в среде программы AnyLogic.

Ключевые слова: информационные системы, архитектура клиент-сервер, интерактивные карты, мобильные приложения, оповещение населения, чрезвычайная ситуация, программа AnyLogic.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие информационных технологий затрагивает сетевые технологии, коммуникативные и вычислительные устройства. Как результат — связь жизнедеятельности человека и информационных технологий становится все теснее, они все чаще внедряются в разные сферы жизни. Одной из актуальных областей научных исследований является сфера безопасности человечества, своевременного предупреждения об опасности разного характера и разработка наиболее эффективных планов эвакуации с использованием технологических возможностей мобильных устройств.

В современных условиях требования к данным системам значительно возросли из-за усложненной развитой инфраструктуры, роста плотности населения, повышения рисков техногенных и природных катастроф. Помимо этого, массовое использование смартфонов облегчает сегодня возможности применения мобильных приложений

массового оповещения, следовательно, возникает необходимость эффективно использовать возможности современных мобильных устройств в системах массового оповещения. Выберем для анализа такие системы массового оповещения: J-ALERT — спутниковая система, работающая в Японии; IPAWS — интегрированная система массового предупреждения и оповещения в США и RSO — региональная система оповещения, которая работает в Польше. Нами были выбраны для анализа именно эти системы, поскольку они являются самыми современными, масштабными и функциональными, используют интересные нам методы оповещения. Преимуществом системы оповещения J-ALERT является использование всех современных каналов связи; она также охватывает практически полностью территорию Японии, использует мобильные аксессуары и передачу данных с помощью сети Интернет. Ограничением использования данной системы является отсутствие обратной связи от пострадавших

через мобильные устройства, поскольку становятся невозможными гибкие и динамичные изменения в оповещении населения при изменении различных факторов угрозы или перемещения пострадавших в процессе эвакуации [1].

Анализ имеющихся результатов работы RSO системы показал, что основным преимуществом данной системы является использование мобильного приложения в системе оповещения, которое позволяет отслеживать состояние различных видов опасности в режиме онлайн. Ограничением, в свою очередь, является отсутствие обратной связи от мобильных устройств через мобильное приложение для более гибкой и точной работы системы оповещения [2].

Основными преимуществами системы массового оповещения в США является ее масштабность, обработка всех распространенных видов опасности, покрытие всей территории США, использование протокола Интернета IP для передачи данных. Однако, в данном программном комплексе отсутствуют приложения для мобильных устройств, смартфоны используются только для получения push-сообщений и sms, что в целом, ограничивает эффективность работы системы [3-8].

Все проанализированные современные системы оповещения, которые уже применяют в своей структуре архитектуру клиент — сервер, используют мобильные устройства только для передачи информации в статическом режиме без корректировок в режиме реального времени или вообще не предлагают никаких планов эвакуации.

Также задача массового оповещения посредством мобильных устройств активно рассматривается как одно из решений множеством зарубежных ученых. Muhammet S. Gulum со своими соавторами рассматривали эффективность всех существующих систем оповещения на примере Университета науки и технологий Миссури и пришли к выводу максимальной эффективности при использовании смартфонов или телефонов в структуре систем оповещения [9].

Исследование Alessio Malizia также подтверждает эффективность использования мобильных устройств при массовом оповещении людей с физическими или возрастными особенностями [10].

Sih-Ting Zeng и Ching-Min Lee в своей работе предлагают использовать мобильное приложение на смартфон для оповещения населения, но смартфон в данном случае будет использоваться лишь для получения информации об эвакуации, а сервер только для рассылки. Никаких расчетов для определения эффективного плана эвакуации или для его изменения в процессе работы системы авторы не предложили [11].

Ученые Ryan Scott Rodkey, Guy Miasnik и Kimberly Zeitz со своими коллегами также используют в своих разработках клиент — серверную архитектуру и предлагают группировать клиентов (потенциальных потерпевших) по различным признакам: местоположение, зона поражения при чрезвычайной ситуации, место работы или учебы, и другие социальные признаки групп или объединений людей. После группировки существует возможность уже дифференцировано подходить к оповещению населения, но нерешенной остается проблема определения оптимального плана эвакуации, который был бы более эффективным и учитывал не только группировку потерпевших по различным признакам, но также скорость их движения, количество свободных мест в убежищах или точках сбора [12-14].

Корейские ученые во главе с профессором Tae Hyung Kim предложили использование системы «умный город» и технологий IoT для массового оповещения населения. В данной информационной системе предполагается использование различных датчиков для мгновенного определения чрезвычайной ситуации и мгновенного оповещения, вопрос расчетов и изменения планов эвакуации в данной работе не рассматривается [15].

Mohammed Ghazal совместно со своими коллегами описал разработку веб-портала, который также использует архитектуру клиент-сервер, для правительственных учреждений, чтобы уведомлять пользователей в пределах диапазона опасности в случае аварии посредством SMS или push-уведомлений в мобильное приложение. Кроме того, посредством технологии WiFi в мобильном приложении предусмотрена система навигации внутри помещений, для указания пользователю пути к ближайшему выходу на планах общественных мест зданий, к которым можно получить доступ в автономном режиме без

подключения к Интернету. Данная система обеспечивает потенциальных потерпевших уведомлениями и статическими планами эвакуации, которые не являются наиболее эффективными. Серверная часть используется лишь для определения чрезвычайной ситуации и отправки сообщений клиентам, обратная связь отсутствует, как и отсутствует расчет оптимального пути эвакуации [16].

Asad Ali, H.C. Gabler и Shadman Sakib со своими коллегами предложили системы оповещения для локальных катастроф или аварий на транспорте. Алгоритмы работы данных систем основаны на автоматическом определении аварии при помощи специальных датчиков и автоматическом оповещении локального круга потерпевших и экстренных служб [17-19]. Никаких планов эвакуации или обработки данных от клиентов системы не учитывается, что делает данные системы неполными.

Ricardo Lent со своими соавторами посвятили свою работу определению максимально быстрой передачи данных абонентам информационной системы посредством сети Интернет. Предлагаемая архитектура использует многоадресную передачу на уровне приложений для быстрой доставки «аварийного» трафика без поддержки выделенной сетевой инфраструктуры; в данной системе внедрен механизм, который создает согласованные, безконтурные и самонастраивающиеся деревья каналов связи, с возможностью динамически изменяться во времени для эффективной работы с изменяющимися условиями [20]. Данное решение хорошо применимо как дополнение в существующих системах оповещения, так как оно не затрагивает вообще самого процесса эвакуации, формирования плана эвакуации, определения оптимального пути.

Prakhar Bhatt со своими коллегами разработал информационную систему с клиент – серверной архитектурой для оповещения об аварийных ситуациях на дорогах. Для решения этой задачи используется мобильное приложение, сервер и сервисы Google Maps. При создании аварийной ситуации клиенты получают уведомление на интерактивной карте с отметкой места происшествия, но никаких расчетов для обхода данного места или альтернативного маршрута предложено

клиенту не будет [21]. Данная система оповещения носит лишь информативный характер и малоэффективна.

Практически все авторы предлагают использование архитектуры клиент – сервер для решения задач оповещения и эвакуации населения, некоторые предлагают использование интерактивных карт типа Google Maps для определения местонахождения потерпевших или их пути. Но ни одна работа не затрагивает проблему оптимизации плана эвакуации: нахождение максимально эффективного алгоритма эвакуации населения, с анализом на сервере данных полученных от мобильных устройств клиента и от интерактивных карт. Ни один из представленных авторов не предлагает определять индивидуальный план эвакуации для каждого потерпевшего и динамически его изменять в процессе работы системы, беря в расчет данные от клиентов (скорость, местоположение) всех потерпевших в определенном квадрате и наполняемость точек для эвакуации или убежищ.

В дальнейшем нами планируется дополнить алгоритм получения плана эвакуации при отсутствии соединения с интернетом и использовать карты оффлайн на клиентской части. Также планируется анализировать самые популярные маршруты потенциальных потерпевших и разработать алгоритм расчета нескольких эффективных планов эвакуации при возникновении чрезвычайных ситуаций и передачи их потенциальным потерпевшим, чтобы они могли быть у них готовы в случае отсутствия соединения с сетью интернет. Такие шаги улучшат надежность разработанной интерактивной системы оповещения.

Цель нашего исследования — разработать современную информационную систему оповещения населения при чрезвычайных ситуациях, используя архитектуру клиент – сервер, учитывая недостатки всех рассмотренных систем. Для достижения цели разработанная нами система использует алгоритм для расчета максимально эффективных планов эвакуации. Исследование также предполагало разработку математической модели алгоритма и ее апробацию на моделях в программе AnyLogic.

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ

Для решения задачи построения алгоритма эффективных планов эвакуации населения

была разработана математическая модель нахождения кратчайшего пути. Представленная модель была положена в основу разработки системы массового оповещения населения.

В реальной жизни, при возникновении чрезвычайной ситуации в экстремальных условиях, люди будут считать оптимальным путем к убежищам самый короткий. Однако такой выбор не будет оптимальным с точки зрения сохранения большего количества потенциальных потерпевших и общей эффективности информационной системы массового оповещения. При нахождении эффективного пути для каждого потерпевшего важными являются три параметра: расстояние до убежища; время прохождения данного расстояния; скорость движения [22]. Эффективным является путь для каждого потерпевшего, при котором распределение потерпевших по убежищам будет максимально равномерным за одинаковое время.

Пусть Π — множество всех возможных путей от точки x до хранилищ, таким образом когда выбираем путь $P \in \Pi$ постараемся минимизировать величину:

$$\alpha \int ds + \beta \int dt \quad (1)$$

Где α — расстояние; β — время; ds — интеграл по длине пути; dt — интеграл по времени. Учитывая, что $ds = f \cdot dt$, где f — скорость, запишем (1) в виде:

$$\varphi(x) = \alpha \int ds + \beta \int \frac{1}{f} ds$$

$$\varphi(x) = \int C ds, C = \frac{\alpha \cdot f + \beta}{f}$$

Предложенный критерий будем использовать для расчета оптимального пути.

Пусть существует функция $\varphi \in R$, которая на всей своей области равна значению критерия оптимальности.

Для одновременного достижения точки назначения и минимизации критерия оптимальности пострадавший должен двигаться в сторону, противоположной градиенту функции $\varphi(x)$.

Заданная потенциальная функция в точке назначения равна нулю, а на всем остальном

участке пути удовлетворяет уравнению эйконала:

$$\|\nabla \varphi(x)\| = C$$

Где $\nabla \varphi(x)$ — градиент функции $\varphi(x)$. Таким образом вектор движения потерпевшего записывается в виде:

$$\vec{x} = -f(x, \theta) \frac{\nabla \varphi(x)}{\|\nabla \varphi(x)\|}$$

Где $f(x, \theta)$ — скорость движения потерпевшего, находящегося в точке x и движущегося в направлении θ [23]. Для решения данного уравнения используется метод Fast Marching Method, данный метод базируется на принципе Huyghen's, который представляет собой конструкцию, включающую расширяющиеся волновые фронты, и методом Dijkstra, который является алгоритмом для вычисления маршрутов с наименьшей стоимостью в сети.

Оптимальный план эвакуации предполагает, что девайс потерпевшего передает его местонахождение и скорость передвижения, при этом, с помощью сервиса Google Maps (с помощью математических расчетов) определяется расстояние до убежищ, что и является оптимальным путем движения к укрытию.

Благодаря данному алгоритму становится возможным рассчитывать оптимальный путь эвакуации для каждого потерпевшего отдельно, корректируя расстояние в зависимости от скорости движения. Найденный таким образом путь не всегда будет минимально коротким, однако будет эффективным для равномерного распределения и заполнения убежищ [24]. Рассчитанный критерий оптимальности будет использоваться для проверки правильности выбранного пути серверной частью программного комплекса.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нами был разработан программный комплекс для массового оповещения населения при чрезвычайных ситуациях. Комплекс, помимо серверной и клиентской части, использует еще сервисы Google Maps для работы с интерактивной картой [25]. Особенностью данного программного

решения является инновационный подход для решения вопроса расчета и передачи потерпевшему плана эвакуации. Сервер на базе полученных от клиента данных, используя сервис Google Maps, рассчитывает оптимальный и эффективный план эвакуации, который поможет сохранить жизни большего количества людей. При критическом изменении некоторых входных параметров сервер разрабатывает новый план и передает его клиенту, что позволяет динамично изменять планы эвакуации на наиболее эффективные.

Кратчайший путь не может быть эффективным, так как при планировании точек эвакуации или временных убежищ они

вмещают только определенное количество людей, а остальные будут обречены [26].

Разработанный программный комплекс включает в себя алгоритм, позволяющий регулировать равномерную заполняемость мест укрытия или точек эвакуации. Планы эвакуации рассчитываются для каждого потерпевшего и могут динамически изменяться в зависимости от изменения скорости движения потерпевшего, его удаленности от нужной точки, наполненности данной точки или вмешательства оператора информационной системы [27].

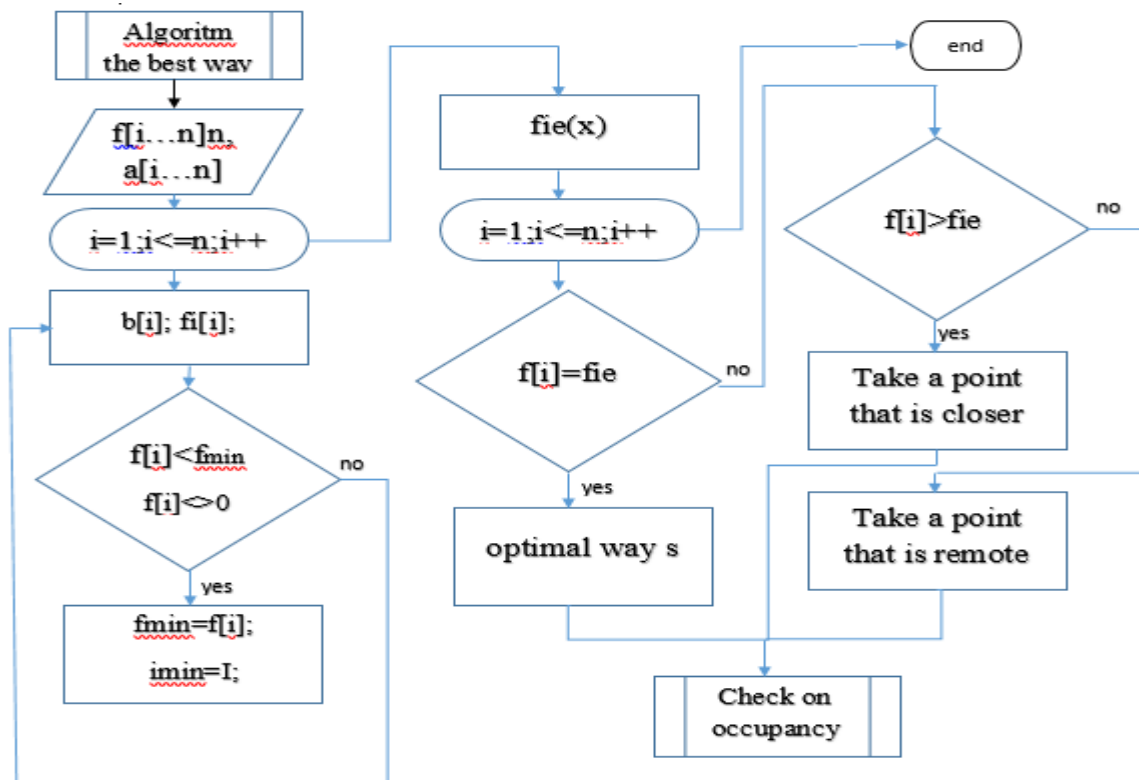


Рис. 1. Блок-схема алгоритма нахождения оптимального пути. ¹

На рисунке 1 представлена блок-схема одного из этапов алгоритма нахождения оптимального пути, в котором определяется короткий путь к убежищу и происходит подбор маршрута для каждого потерпевшего.

Эффективность работы разработанного нами алгоритма распределения потерпевших по убежищам и точкам эвакуации можно увидеть в запрограммированных нами моделях в программе AnyLogic.

Модель предусматривает следующие условия: генерируется толпа потерпевших в

отдельной области на условной карте, но у каждого потерпевшего своя скорость движения, смоделированы три условных убежища, которые удалены от толпы на разное расстояние. Одинаковые модели были запрограммированы по-разному для исследования того, какой из методов будет эффективнее.

Показанная ниже модель использует примитивный алгоритм нахождения кратчайшего пути. Видно, что толпа потенциальных потерпевших собралась у

¹ Appendix 1

ближайшей точки сбора и лишь незначительная часть двинулась ко второй точке сбора, в то время, когда третья точка сбора осталась неиспользованной, при этом каждый потенциальный потерпевший двигается с разной скоростью и все равно попадает в очередь на входе в первую точку сбора.

Такой план эвакуации является неэффективным и приведет к большому количеству человеческих жертв (рис. 2).

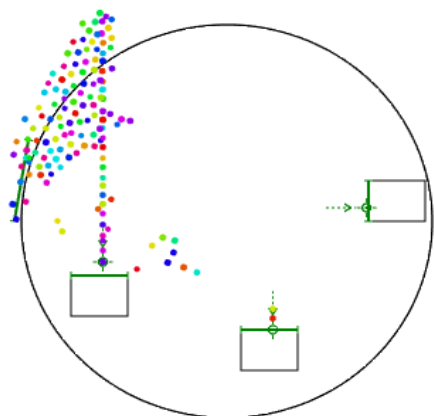


Рис. 2. Модель эвакуации при использовании алгоритма короткого пути.²

Запрограммированный в следующей модели алгоритм для расчета оптимального плана эвакуации, который был просчитан и разработан нами, показывает более эффективную работу.

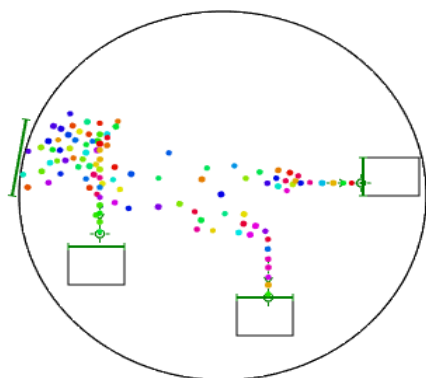


Рис. 3. Модель эвакуации при использовании разработанного алгоритма расчета пути.³

Учитывая параметры, получаемые от клиентских программ потенциальных потерпевших и от сервисов интерактивных карт, каждый потерпевший получает данный тип архитектуры использует инновационный подход к системам оповещения и эффективен благодаря использованию мобильных устройств в

оптимальных маршрут следования до точек эвакуации.

Как следствие, мы видим равномерное распределение очереди потерпевших, которые движутся с разной скоростью, за одинаковый промежуток времени (рис.3).

Таким образом, представленный алгоритм оптимизации планов эвакуации на базе архитектуры клиент – сервер, который был использован для разработанной нами информационной системы массового оповещения населения при чрезвычайных ситуациях, принципиально отличается от существующих сегодня систем, представленных, например, в работах М.В. Носова [27], М.Г. Ghazel et al. [16], Т.Н. Kim et al. [15] и др. авторов, поскольку позволяет использовать возможности современных приложений для мобильных девайсов, иметь обратную связь от потерпевших, оптимально рассчитывать возможности убежища и равномерно распределять за единицу времени потерпевших, находящихся в зоне эвакуации – этот процесс с помощью представленного алгоритма индивидуализирован для каждого потерпевшего в отдельности. Одно из важных отличий – планы эвакуации могут изменяться динамически в зависимости от наполняемости убежища, расстояния до него и скорости движения потерпевшего.

ВЫВОДЫ

В данной статье для решения задач эвакуации населения впервые применяется разработанный автором алгоритм нахождения оптимального плана эвакуации, который предполагает за единицу времени равномерно разместить максимально большое количество потерпевших в убежищах что делает его максимально эффективным. Каждому потерпевшему будет рассчитан отдельный маршрут, который зависит от скорости, расстояния и наполненности убежища.

Разработанная нами информационная система массового оповещения населения при чрезвычайных ситуациях построена на архитектуре клиент – сервер, которую используют некоторые существующие системы массового оповещения. Многие авторы исследований данной проблематики настаивают на ее использовании, поскольку в современном мобильном мире. Проведенный аналитический обзор показывает, что метод решения задачи массового оповещения населения предложенный автором предлагает

более эффективное использования данной архитектуры и не имеет аналогов.

Клиент оперативно собирает и передаёт необходимые данные, а сервер в свою очередь принимает и анализирует данные от клиента и от сервиса Google Maps, далее сервер рассчитывать наиболее эффективный план эвакуации при чрезвычайных ситуациях для каждого потерпевшего индивидуально и передает их потерпевшим с помощью смартфонов. Расчеты проводятся, используя описанный выше алгоритм, который был построен при помощи математической модели нахождения оптимального пути.

Смоделировав ситуации в среде программы AnyLogic мы заложили в одну модель разработанный алгоритм, а во вторую обычный алгоритм нахождения кратчайшего

пути к точкам сбора или убежищам. Смоделированные ситуации показали эффективность работы нашего алгоритма, что дает возможность спасения значительно большего количества людей.

APPENDIX 1 (ПРИЛОЖЕНИЕ 1)

¹**Fig. 1.** Block diagram of the algorithm for finding the optimal path.

²**Fig. 2.** Evacuation model using the short path algorithm.

³**Fig. 3.** Evacuation model using the developed algorithm for calculating the path.

Литература (References)

- [1] Civil Protection Portal Site of Japan // Available at: http://www.kokuminhogo.go.jp/en/pc-index_e.html (accessed 23.02.2019)
- [2] Alert-IMGW oraz RSO. Available at: <http://antyapps.pl/alert-imgw/> (accessed 23.02.2019)
- [3] Alert origination software providers // Available at: https://www.fema.gov/media-library-data/1513184978922-e4ac90300d4255f54d213b469cc64c24/Alert_Origination_Software_Providers_12072017.pdf (accessed 23.02.2019)
- [4] Jones, E. Organization for the Advancement of Structured Information Standards // Available at: https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1725-25045-4129/090415dm_sig_cap.pdf (accessed 23.02.2019)
- [5] Memorandum of Agreement (MOA) with the Federal Emergency Management Agency (FEMA) // Available at: https://www.fema.gov/media-library-data/1438269192616-64f850f94ddc59227fe0c8612fb5900b/OpenDev_elothers_07162015.pdf (accessed 23.02.2019)
- [6] Regional Warning System [e-services] // Available at: <https://www.premier.gov.pl/mobile/en/news/news/regional-warning-system-e-services.html> (accessed 23.02.2019)
- [7] Integrated Public Alert & Warning System // Available at: <https://www.fema.gov/integrated-public-alert-warning-system>
- [8] National IPAWS EAS Test Final Report (2017) // Available at: https://www.fema.gov/media-library-data/1523303270960-0ddf8c45ca3eac68c4a4256c39da431c/2017_IPA
- [9] Muhammet S. Gulum, Susan L. Murray, Ph.D. P.E. Evaluation of the Effectiveness of a Mass Emergency Notification System. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2009, doi: 10.1177/154193120905301863
- [10] Alessio Malizia, Teresa Onorati, Andrea Bellucci, Paloma Diaz, Ignacio Aedo. Interactive Accessible Notifications for Emergency Notification Systems. Universal Access in Human-Computer Interaction — Applications and Services. Proceedings of the 5th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, 2009, Part III, pp.385, doi:10.1007/978-3-642-02713-0_41
- [11] Sih-Ting Zeng, Ching-Min Lee. Personal emergency notification application design for mobile devices. 2014 International Symposium on Next-Generation Electronics (ISNE), 2014, doi: 10.1109/ISNE.2014.6839378
- [12] Ryan Scott Rodkey, John Frank Rodkey, David Lynn Hickey, Darren Lynn Ross, Ronald Frank Ramsey, Digital notification and response system. Patent RF, no: US7685245B1, 2010
- [13] Guy Miasnik, Aviv Siegel, Predictive alert targeting for mass notification systems. Patent RF, no: US8542117B1, 2013
- [14] Kimberly Zeitz, Randy Marchany, Joseph Tront, "Speed isn't Enough: Usability and Adoption of an Optimized Alert Notification System", Technology and Society Magazine IEEE, 2016, vol. 35, no. 1, pp. 47-55.
- [15] Tae Hyung Kim, Ji In Chae, Do Nyun Kim, Next generation architecture examination for Mass Notification System(MNS) collaborating with CCTV for Smart & Safe City. Journal of Engineering Research and Applications

WS EAS National Test Final Report FINAL.pdf (accessed 23.02.2019)

- www.ijera.com ISSN: 2248-9622, Vol. 5, Issue 3, Part -3 March 2015, pp.39-45
- [16] Mohammed Ghazal, Samr Ali, Marah Al Halabi, Nada Ali, Yasmina Al Khalil. Smart Mobile-Based Emergency Management and Notification System. IEEE 4th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW), 2016, doi: 10.1109/W-FiCloud.2016.64
- [17] Asad Ali, Mohamad Eid. An automated system for Accident Detection, Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) 2015 IEEE International, 2015, pp. 1608-1612.
- [18] H.C. Gabler, R.R. Krchnavek, J.L. Schmalzel. Development of an automated crash notification system: an undergraduate research experience. 30th Annual Frontiers in Education Conference. Building on A Century of Progress in Engineering Education. Conference Proceedings (IEEE Cat. No.00CH37135), 2000, doi: 10.1109/FIE.2000.896632
- [19] Shadman Sakib, Mohammad Sayem Bin Abdullah. GPS-GSM based inland vessel tracking system for automatic emergency detection and position notification. 2016 10th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO), 2016, doi: 10.1109/ISCO.2016.7727018
- [20] Ricardo Lent, Omer H. Abdelrahman, Gokce Gorbil, Erol Gelenbe, Fast message dissemination for emergency communications, Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops) 2010 8th IEEE International Conference on, 2010, pp. 370-375.
- [21] Prakhar Bhatt, Saransh Gupta, Prateek Singh, Preeti Dhiman, "Accident and road quality assessment using android google maps API", Computing Communication and Automation (ICCCA) 2017 International Conference on, 2017, pp. 1061-1064.
- [22] Katalevskiy, D.Yu. Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya i sistemnogo analiza v upravlenii: uchebnoe posobie. [Fundamentals of simulation and system analysis in management: a training manual]. Moskva, 2015. 496 p.
- [23] Akopov A.S., Beklaryan L.A. Agentnaya model povedeniya tolpy pri chrezvyichaynykh situatsiyah [Agent model of crowd behavior in emergency situations] *Avtomatika i telemehanika – Automation and Remote Control*, 2015. no. 10. pp. 131-143. (In Russian).
- [24] Arutiunian V. Kliyent-serverna model' informatsiynoyi systemy masovoho opovishchennya naseleण्या [Client-server model of the information system of mass alert of the population] *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi – Technical sciences and technologies*, 2018 no.4(14). pp149-158. (In Ukrainian)
- [25] Distance Matrix API: developer's guide. — Available at: <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/start?hl=ru> (accessed 23.02.2019)
- [26] Arutiunian V.E. Suchasna kliyent- serverna model' prohramnoho kompleksu masovoho opovishchennya naseleण्या u nadzvyichaynykh sytuatsiyakh [Modern client-server model of a software package for mass alerting the population in emergencies]. *Komp'yuterni ta informatsiyni systemy ta tekhnolohiyi – Computer and information systems and technologies*, 2018. no.2. pp.69-71
- [27] Nosov M.V. Osnovnye harakteristiki i pokazateli kachestva funkcionirovaniya sistem opoveshcheniya naseleण्या [Main characteristics and quality indicators of public alert systems]. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity. — Scientific and educational issues of civil protection*, 2014.no.2. pp. 14-18

Сведения об авторе.



Арутюнян Владимир Эдуардович

Аспирант кафедры информационных технологий Запорожского института экономики и информационных технологий. Сфера научных интересов: информационные технологии, системы автоматизации процессов, математическое и программное моделирование.

E-mail: vova.ara@gmail.com