

**Н. Г. Топольский, А. В. Мокшанцев, Е. А. Мешалкин, А. И. Овсяник,
В. В. Кафидов, В. Б. Коробко, До Хоанг Тхань, К. А. Михайлов (Россия, Вьетнам)**
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: mok-av@yandex.ru)

ПОИСК ГАЗОДЫМОЗАЩИТНОЙ СЛУЖБОЙ ПОСТРАДАВШИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФРАКРАСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫПУКЛОЙ ОБОЛОЧКИ

Рассматривается применение звеном газодымозащитной службы инфракрасных технологий при поиске пострадавших в наихудших условиях, при отсутствии какой-либо информации по состоянию и числу пострадавших, по параметрам помещений и находящимся в них оборудованию, различных объектов, потере пространственной ориентации и т.д. Предложено использование блока вычислительной геометрии по построению выпуклой оболочки как инструмента визуализации при поиске пострадавших в задымленном помещении звеном газодымозащитной службы на основе инфракрасных технологий.

Ключевые слова: поиск пострадавших, выпуклая оболочка, звено газодымозащитной службы, инфракрасные технологии.

Введение

Пожары в зданиях требуют постоянного совершенствования методов борьбы с ними. Отсутствие достаточных условий видимости при разведке и тушении пожара является одновременно фактором, снижающим эффективность действий пожарных подразделений, и фактором, определяющим особые психологические условия, в которых пожарным приходится принимать ответственные решения [3].

В работе рассмотрено использование инфракрасных технологий [1-3] звеном *газодымозащитной службы (ГДЗС)* при поиске пострадавших в наихудших условиях, когда отсутствует информация о количестве пострадавших в помещении, неизвестна планировка помещения, вышли из строя системы мониторинга здания, неизвестно физическое состояние пострадавших [5]. В таких наихудших условиях на пожаре в процессе поиска пострадавших звеном ГДЗС в помещении предлагается использовать алгоритмы с использованием инфракрасных технологий, которые включают в себя блок вычислительной геометрии по построению выпуклой оболочки. Быстропротекающий процесс и изменяющиеся условия, в которых осуществляется поиск пострадавших при пожаре, требуют совершенствования подхода к процессу поиска и обнаружению пострадавших при пожаре, прежде всего разработки моделей поддержки принятия управленческих решений при поиске и обнаружении пострадавших при пожаре.

Данные модели позволяют совершенствовать информационное обеспечение действий пожарных подразделений при выполнении стоящих перед ними задач в зданиях и сооружениях инфраструктуры города, в том числе, в зданиях пожаровзрывоопасных объектов.

Теоретические положения

При тушении пожара в зданиях со сложной планировкой нередки ситуации, когда звено ГДЗС находится в условиях сниженной (нулевой) видимости и не имеет полной информации о безопасном покидании места работы вплоть до истощения запасов воздушно-дыхательной смеси в **дыхательном аппарате на сжатом воздухе – ДАСВ**.

При работе в сложных условиях (дым, нулевая видимость) звену необходимо знать безопасный и короткий путь в любой момент времени и поддерживать связь между газодымозащитниками. В случае разрыва связи или потери визуального контакта возможно разделение звена ГДЗС и, соответственно, может произойти потеря пространственной ориентации, что недопустимо, так как сохранение ориентации позволяет двигаться звену по требуемому маршруту внутри здания.

В зданиях со сложной планировкой при потере пространственной ориентации газодымозащитником в сложных условиях видимости ему предлагается действовать согласно алгоритму. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 1. Наиболее важным аспектом в этих условиях является психологический, ведь важно не запаниковать, что случается, несмотря на специальную подготовку газодымозащитников.

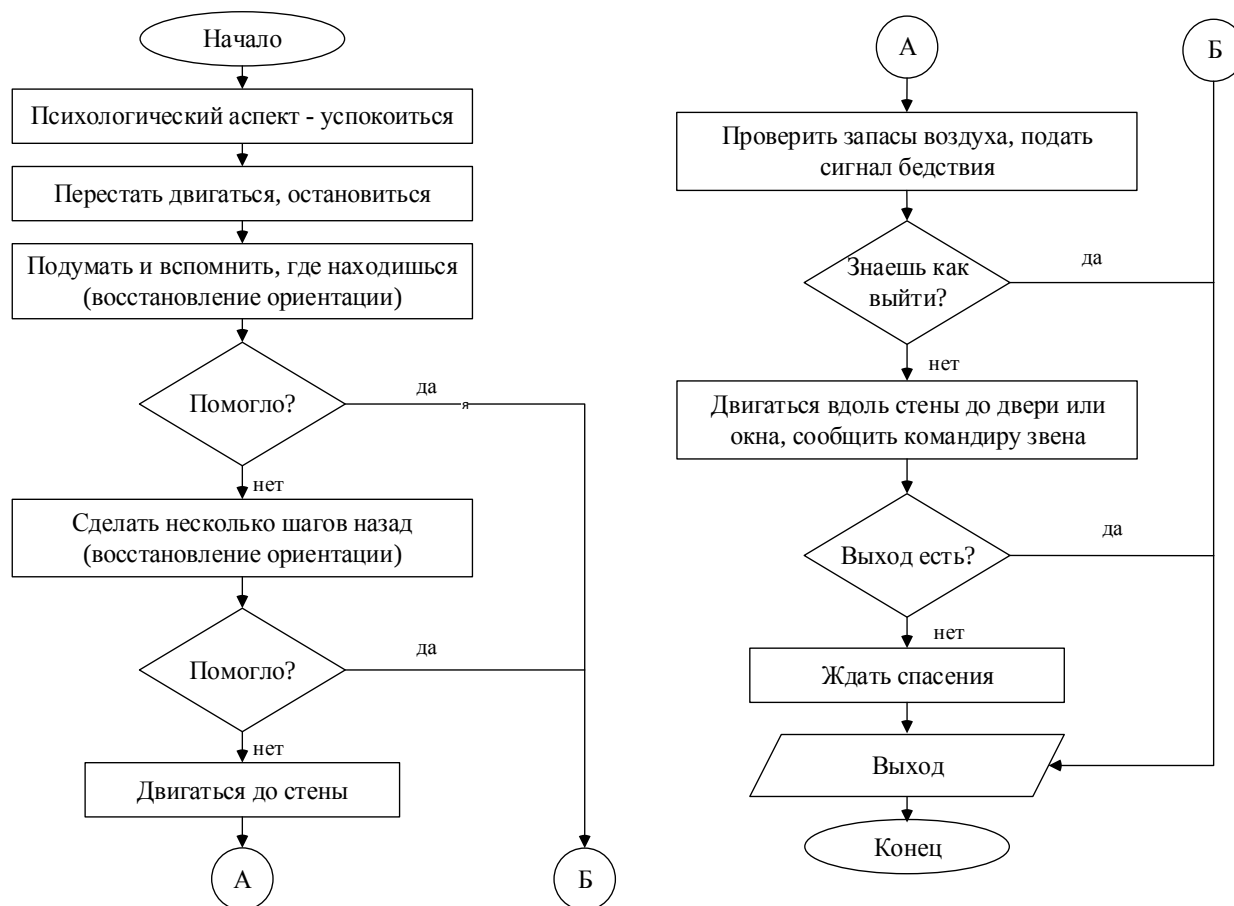


Рис. 1. Алгоритм действий газодымозащитника при дезориентации в условиях сниженной (нулевой) видимости

Для исключения потери пространственной ориентации при работе в сложных условиях видимости авторами предлагается использование звеньями ГДЗС камер коротковолнового инфракрасного диапазона [1-3]. Данные камеры в сравнении с камерами видимого диапазона обеспечивают лучшее видеоизображение окружающей обстановки в условиях дыма и сниженной (нулевой) видимости в здании.

Необходимо отметить, что при использовании инфракрасных технологий увеличивается скорость проведения разведки, скорость движения звена ГДЗС и в целом скорость поиска и обнаружения пострадавших. Применение этих технологий на ранних этапах проведения поисково-спасательных работ на пожаре повышает вероятность обнаружения и спасения пострадавших с минимальным вредом их здоровью.

Постановка задачи

При разведке пожара в здании со сложной планировкой в условиях сниженной (нулевой) видимости перед звеном ГДЗС стоит задача определения расположения различного рода объектов, а также поиска пострадавших.

Решим данную задачу методом определения выпуклой оболочки. Для определения выпуклой оболочки используются следующие алгоритмы: сканирование по Грэхему (алгоритм обхода по Грэхему) [6-7]; сканирование по Джарвису (алгоритм обхода по Джарвису) [6, 8-10]; алгоритм Чена [6, 11]; алгоритм монотонных цепочек Эндрю [6, 12]; алгоритм типа "разделяй и властвуй" [6, 13]; алгоритм быстрого построения [6, 14, 15]. Данные алгоритмы достаточно широко используются во многих отраслях науки и техники, например, в робототехнике их применяют для определения оптимального маршрута обхода различных препятствий.

В данной работе определим выпуклую оболочку следующими алгоритмами: сканирование по Грэхему и сканирование по Джарвису, так как остальные алгоритмы являются их модификациями. Однако, несмотря на это, алгоритмы обхода Грэхема и Джарвиса обеспечивают оптимальную линейную трудоемкость при решении задачи определения выпуклой оболочки.

На примере плоскости с n точками за время $O(n)$ определим выпуклую оболочку. Здесь под выпуклой оболочкой $CH(Q)$ будем понимать множество объектов в помещении (обозначим их точками Q), находящиеся во внутренней области помещения или на его границе. Использование инфракрасных технологий звеном ГДЗС позволяет определять объекты в помещении или на границе n -угольника P с малой трудоёмкостью данного процесса.

Результат выполнения алгоритма сканирования по Грэхему для определения множества объектов P в помещении представлен на рис. 2.

Определяя выпуклую оболочку в помещении для n -угольника P за время $O(n \lg n)$ с использованием инфракрасных технологий можно определить площадь поиска пострадавших в помещении, учитывая объекты в помещении и границы поиска звеном ГДЗС.

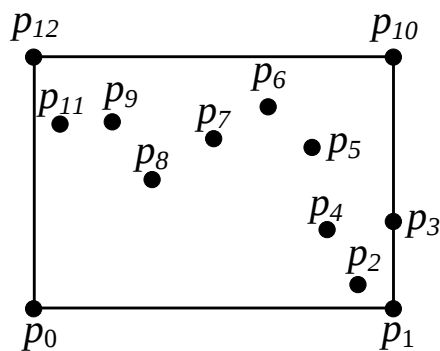


Рис. 2. Множество объектов в помещении $P = \{p_0, p_1, \dots, p_{12}\}$ и его выпуклая оболочка $CH(Q)$

Пусть в помещении будет как минимум три неколлинеарных объекта искомой выпуклой оболочки $CH(Q)$.

Результаты и их обсуждение

Задача определения объектов с использованием алгоритма сканирования по Грэхему решается с использованием стека st , который формируется из объектов-кандидатов.

Сканирование по Грэхему начинается с нахождения начального объекта (обозначен точкой p_0 на рис. 2) из множества объектов P , который гарантированно является вершиной выпуклой оболочки $CH(Q)$. За объект p_0 берётся самый левый из самых нижних точек множества P . Очевидно, что начальный объект (точка p_0) может быть найден за время $O(n)$.

После этого все объекты Q исходного множества объектов P в помещении сортируются по возрастанию полярного угла, образованного каждой текущей точкой, при условии, что те точки, находящиеся выше начального объекта (точки p_0), обладают нулевым углом, а полярные углы растут против часовой стрелки.

Все объекты-кандидаты Q записываются в данный стек st . Объекты, которые не являются вершинами $CH(Q)$, удаляются из стека st . В конечном результате в стеке st сохраняются вершины оболочки $CH(Q)$ в порядке их определения против часовой стрелки, таким образом, это позволяет определить границы n -угольника P .

Звено ГДЗС, используя инфракрасные технологии [1-4] при поиске пострадавших в помещении, определяет множество объектов Q , где $|Q| \geq 3$ для сканирования по Грэхему. Вызывающая функция позволяет возвращать объект Q , который находится на вершине стека st , при этом содержимое стека не изменяется.

Последующая вызывающая функция возвращает объект Q , который находится в стеке St , на минус один шаг от верхнего объекта Q , не изменяя при этом содержимое стека St . В результате получим объекты, которые расположены в порядке сканирования по алгоритму Грэхема против часовой стрелки, возвращаемые процедурой стека St .

Выпуклая оболочка n -угольника P находится в стеке St . Она представлена сплошной линией на каждом шаге сканирования (рис. 3).

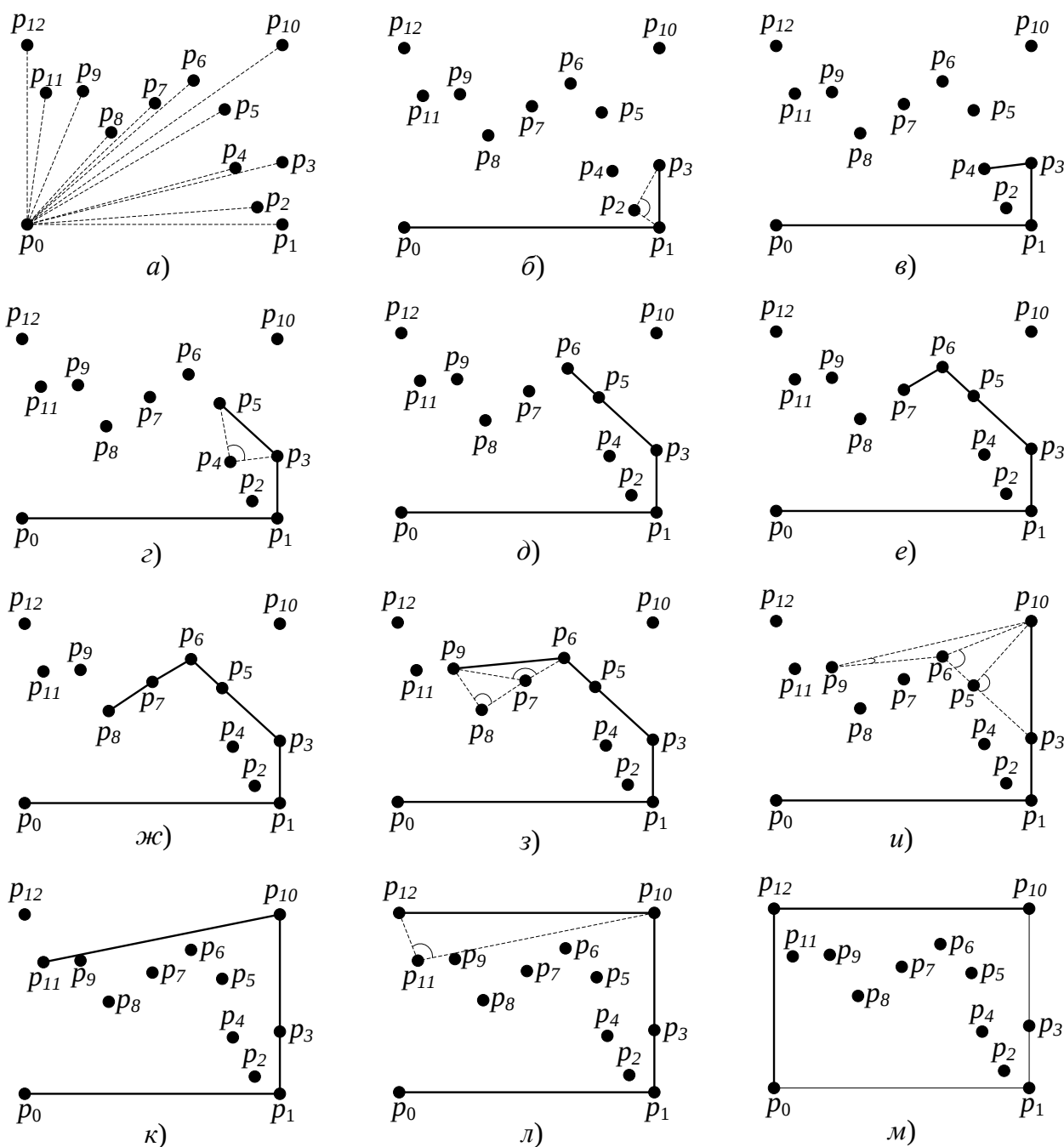


Рис. 3. Выпуклая оболочка n -угольника P находится в стеке St , она представлена сплошной линией на каждом шаге сканирования

На рис. 3 приняты следующие обозначения: а) объекты $\langle p_1, p_2, \dots, p_{12} \rangle$, пронумерованные в порядке возрастания полярного угла относительно p_0 , и исходных объектов стека St , содержащего p_0, p_1 и p_2 ; б) вид стека St после каждой итерации цикла. Пунктирными линиями обозначены повороты влево, которые приводят к снятию объектов из стека St ; в) пример снятия объекта из стека St . Поворот вправо в угле $\angle p_7 p_8 p_9$ приводит к снятию объекта p_8 из стека St , поворот вправо в угле $\angle p_6 p_7 p_9$ приводит к снятию объекта p_7 из стека St ; г) результат выпуклой оболочки $CH(Q)$, полученный возвращаемой процедурой, который совпадает с выпуклой оболочкой, представленной на рис. 2.

Так как за каждый просмотр удаляем один объект p_k из стека St или переходим к следующему p_{k+1} , а просмотр заканчиваем при достижении исходного объекта p_0 , который не удалится, то выполняем не более n шагов.

Таким образом, общее время работы алгоритма сканирования по Грэму составляет сумму времени выполнения алгоритма сортировки и времени выполнения сканирования

$$O(n \lg n) + O(n) = O(n \lg n).$$

Недостаток сканирования по Грэму – он не оптимален в среднем, для его работы необходимо знание расположения объектов в помещении.

Достоинство сканирования по Грэму – гарантированная линейно-логарифмическая трудоемкость.

В задаче с использованием алгоритма сканирования по Джарвису время работы составляет $O(nh)$, где h – количество вершин $CH(Q)$. Первый объект p_0 определяется за время $O(n)$. Зная расположение объектов $p_0, p_1, \dots, p_k$, находим следующий объект выпуклой оболочки $CH(Q)$ за время $O(n)$. Таким образом, общее время выполнения алгоритма сканирования по Грэму может быть вычислено как

$$O\left(\sum_{k=1}^{h+1} n\right) = O(n(h+1)) = O(nh).$$

В случае, когда h равно $O(\lg n)$, сканирование по Джарвису работает быстрее, чем по Грэму.

Сканирование по Джарвису определяет последовательность $H = \langle p_0, p_1, \dots, p_{h-1} \rangle$ объектов $CH(Q)$. Первоначальным объектом отсчёта служит p_0 . Из рис. 4 видно, что следующая вершина выпуклой оболочки p_1 имеет наименьший полярный угол относительно объекта p_0 . В случае совпадения осуществляется выбор объекта, который расположен дальше от объекта p_0 . Объект p_2 будет иметь наименьший полярный угол в сравнении с объектом p_1 и т. д.

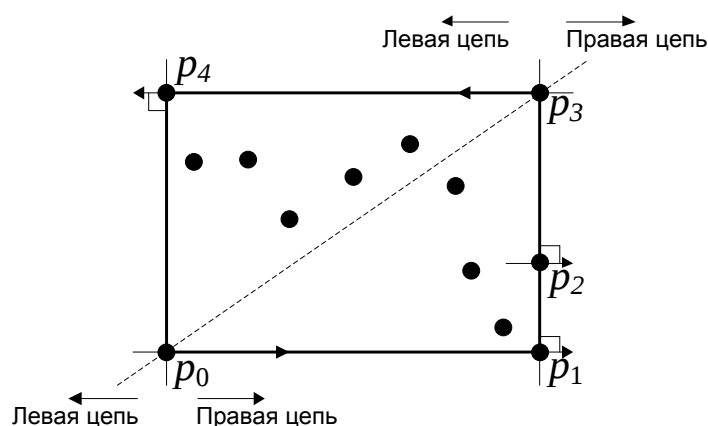


Рис. 4. Выпуклая оболочка n -угольника сканирования по Джарвису

В результате включения самого дальнего объекта p_k из всего n -угольника P получим построенную правую цепь выпуклой оболочки $CH(Q)$ (см. рис. 4).

Для построения левой цепи включим объект в процессе её построения. Далее определим объект p_{k+1} с наименьшим полярным углом относительно объекта p_k , но относительно отрицательного направления оси x .

Отсчитываем полярный угол от отрицательного направления оси x , пока не вернёмся к исходному объекту p_0 .

На представленном рисунке в качестве первого объекта выбирается ближайший объект p_0 . Затем объект p_2 имеет наименьший угол по отношению к p_1 . Правая цепь идет вверх до самого объекта p_3 . Затем выполняется построение левой цепи путём поиска наименьших полярных углов относительно отрицательного направления оси x .

При единообразном сканировании объектов по Джарвису отслеживается угол последней стороны выпуклой оболочки и учитывается требование, при котором порядок углов, образованных сторонами оболочки с положительным направлением оси X , строго возрастал (в интервале от 0 до 2π радиан). Достоинством определения правой и левой цепей является исключение вычисления углов.

Недостатком сканирования по Джарвису является высокая квадратичная трудоёмкость в худшем случае.

Достоинством сканирования по Джарвису является возможность применения в пространствах размерности больше двух. Знание расположения и количества объектов в помещении в теории даёт оптимальную трудоёмкость.

Заключение

В условиях сниженной (нулевой) видимости возможна ситуация, когда звено ГДЗС вынужденно распадается и газодымозащитники могут потерять пространственную ориентацию. В работе авторами разработан и предложен алгоритм пошаговых действий газодымозащитника в данной ситуации. В то же время для исключения потери пространственной ориентации предлагается использование инфракрасных технологий [1-3]. Сохранение пространственной ориентации газодымозащитниками позволяет осуществлять движение в здании со сложной планировкой по требуемому маршруту. Кроме того, инфракрасные технологии увеличивают скорость движения звена ГДЗС и скорость разведки пожара, что в совокупности повышает вероятность обнаружения и спасения пострадавших.

В ходе исследования осуществлена попытка использования блока вычислительной геометрии по построению выпуклой оболочки как инструмента визуализации при поиске пострадавших в помещении звеном ГДЗС на основе инфракрасных технологий.

Выявлено, что использование блока вычислительной геометрии по построению выпуклой оболочки в совокупности с инфракрасными технологиями позволяет на практике визуализировать объекты в границе поиска звена ГДЗС в задымленной зоне.

В работе исследованы два типа алгоритмов построения выпуклой оболочки:

1. Сканирование по Грэхему, имеющего трудоёмкость $O(n \lg n)$.
2. Сканирование по Джарвису. Если за h обозначить количество объектов выпуклой оболочки, то данный алгоритм имеет трудоёмкость $O(nh)$.

Необходимо отметить следующее. Во-первых, алгоритмы первого типа оптимальны в среднем. При этом, делая предположение, что h – количество объектов выпуклой оболочки, мало, то трудоёмкость алгоритма сканирования по Джарвису меньше, чем у алгоритмов первого типа. Например, если h известно заранее или неизменно, то алгоритм сканирования по Джарвису имеет линейную трудоёмкость, в то время как алгоритмы из первой группы независимо от этого имеют логарифмическую трудоёмкость. С другой стороны, если h гораздо больше, чем $\lg n$, то алгоритм сканирования по Джарвису проигрывает. Например, если $h = n$, то данный алгоритм показывает квадратичную трудоёмкость.

Литература

1. Топольский Н. Г., Мокшанцев А. В., Михайлов К. А. Коротковолновые инфракрасные технологии автоматизированных систем мониторинга, предупреждения и ликвидации ЧС и пожаров // Матер. 25-й междунар. науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2016". М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 606-610.
2. Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А., Мокшанцев А. В. Использование инфракрасных технологий при разведке пожара звеньями газодымозащитной службы // Матер. 25-й науч.-техн. конф. "Системы безопасности – 2016". М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 611-613.
3. Топольский Н. Г., Тараканов Д. В., Михайлов К. А., Мокшанцев А. В. Совершенствование информационного обеспечения групп разведки пожара при его мониторинге в здании с использованием инфракрасных технологий // Пожаровзрывобезопасность. 2019. Т. 28. № 3. С. 89-97. <https://doi.org/10.18322/PVB.2019.28.03.89-97>.
4. Мокшанцев А. В., Топольский Н. Г., До Тхань Хоанг. Модель информационной системы поддержки принятия управленческих решений при проведении поисковых работ в условиях пожара // Сб. тезисов докл. междунар. науч.-практ. конф. "Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности". М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. С. 543-547.
5. Мокшанцев А. В., Береснев Д. С., До Хоанг Тхань. О физическом состоянии пострадавших при проведении поисковых работ // Сб. ст. по матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. "Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций": в 2-х ч. Ч. 1. Воронеж: Воронежский институт ГПС МЧС России, 2015. С. 375-378.
6. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы. Построение и анализ. Вильямс, 2005. 1296 с.
7. Graham R. L. An efficient algorithm for determining the convex hull of a finite planar set // Information Processing Letters. 1972. Vol. 1. Pp. 132-133.
8. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение. М.: Мир, 1989. 478 с.
9. Ласло М. Вычислительная геометрия и компьютерная графика на C++. М.: БИНОМ, 1997. 304 с.
10. Jarvis A. On the identification of the convex hull of a finite set of points in the plane // Information Processing Letters. 1973. Vol. 2. pp. 18-21.
11. David M. Mount. Computational Geometry. University of Maryland, 2002. 122 p.
12. Andrew A. M. Another efficient algorithm for convex hulls in two dimensions // Information Processing Letters. 1979. Vol. 9. Pp. 216-219.
13. Preparata F. P., Hong S. J. Convex hulls of finite point sets in two and three dimensions // Communications of the ACM. 1977. Vol. 2 (20). Pp. 87-93.
14. Eddy W. A new convex hull algorithm for planar sets // ACM Transactions on Mathematical Software. 1977. Vol. 3 (4). Pp. 398-403.
15. Bykat A. Convex Hull of a Finite Set of Points in Two Dimensions // Information Processing Letters. 1978. Vol. 7. Pp. 296-298.

Материал поступил в редакцию 23 апреля 2019 г.

Для цитирования: Топольский Н. Г., Мокшанцев А. В., Мешалкин Е. А., Овсяник А. И., Кафидов В. В., Коробко В. Б., До Хоанг Тхань, Михайлов К. А. Поиск газодымозащитной службой пострадавших с использованием инфракрасных технологий на основе алгоритма определения выпуклой оболочки // Технологии техносферной безопасности. – Вып. 3 (85). – 2019. – С. 45-55. DOI: 10.25257/TTS.2019.3.85.45-55.

**N. G. Topolskiy, A. V. Mokshantsev, E. A. Meshalkin, A. I. Ovsyanik,
V. V. Kafidov, V. B. Korobko, To Hoang Thanh, K. A. Mikhaylov (Russia, Vietnam)**
**SEARCH FOR VICTIMS BY GAS AND SMOKE PROTECTION
SERVICE USING INFRARED TECHNOLOGIES
BASED ON CONVEX HULL DETECTION ALGORITHM**

The article discusses the use of infrared technologies by the gas and smoke protection unit in the search for victims in the worst conditions, in the absence of any information on the state and number of victims, on the parameters of the premises and the equipment located in them, various objects, etc.

The study uses the definition of a convex hull by two algorithms: Graham scan and Jarvis scan. In addition, a robotic complex for automated monitoring of the building is proposed in order to eliminate the threat of harm to life and health of the gas and smoke protection service.

The paper proposes the use of a block of computational geometry for the construction of a convex hull as a visualization tool for the detection of victims in a smoke-filled room with a gas and smoke protection unit based on infrared technologies.

The results obtained make it possible to reduce the time it takes to make a decision on choosing a method for searching and detecting victims to a minimum. This increases the possibility of detecting and saving living victims from environment unsuitable for breathing. It should be noted that the use of infrared technologies is most effective at the earliest stages of rescue operations, as the probability of staying alive decreases as the time spent in an inhalable environment increases.

Key words: searching for victims, the convex hull, a gas and smoke protection unit, infrared technology.

References

1. Topolskiy N.G., Mokshantsev A.V., Mikhaylov K.A. Short-wave infrared technology automated monitoring systems, of prevention and liquidation of emergency situations and fires. *Mater. 25-j mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Sistemy bezopasnosti – 2016"* [Proceed. of 25th International Scientific and Technical Conference "Safety Systems – 2016"]. Moscow, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2016, pp. 606-610.
2. Topolskiy N. G., Tarakanov D. V., Mikhaylov K. A., Mokshantsev A. V. Infrared technologies use in the exploration of fire by the fire links. *Mater. 25-j mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Sistemy bezopasnosti – 2016"* [Proceed. of 25th International Scientific and Technical Conference "Safety Systems – 2016"]. Moscow, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2016, pp. 611-613.
3. Topolskiy N. G., Tarakanov D. V., Mikhaylov K. A., Mokshantsev A. V. Improvement of information support fire intelligence groups at fire building monitoring using infrared technology. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2019, vol. 28, no. 3, pp. 89-97 (in Russian). <https://doi.org/10.18322/PVB.2019.28.03.89-97>.
4. Mokshantsev A. V., Topolsky N. G., Do Tkhan Khoang. Model of information system to support management decision-making when carrying out search works in fire conditions. *Sb. tezisov dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Istoricheskij opyt, sovremennye problemy i perspektivy obrazovatel'noj i nauchnoj deyatel'nosti v oblasti obespecheniya pozharnoj bezopasnosti"* [Proceed. of International Scientific and Practical Conference "Historical experience, modern problems and prospects of educational and scientific activities in the field of fire safety"]. Moscow, Academy of State Fire Service of Emercom of Russia Publ., 2018, pp. 543-547 (in Russian).

5. Mokshantsev A.V., Beresnev D.S., To Hoang Thanh. *O fizicheskom sostoyanii postradavshikh pri provedenii poiskovykh rabot* [About physical condition of victims at carrying out search works]. *Sb. st. po mater. IV Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uch. "Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsiy"* [Proceed. of 4th Russian Scientific-Practical Conference with international participation "Problems of safety in emergency response"]. Voronezh, Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia Publ., 2015, pp. 375-378.
6. Kormen T., Lejzerson CH., Rivest R., Shtajn K. *Algoritmy. Postroenie i analiz* [Algorithms. Construction and Analysis]. Vilyams Publ., 2005, 1296 p.
7. Graham R.L. An efficient algorithm for determining the convex hull of a finite planar set. *Information Processing Letters*. 1972, vol. 1, pp. 132-133.
8. Preparata F., Shamos M. *Vychislitel'naya geometriya: Vvedenie* [Computational geometry: An introduction]. Moscow, Mir Publ., 1989, 478 c.
9. Laszlo M. *Vychislitel'naya geometriya i komp'yuternaya grafika na C++* [Computational geometry and computer graphics in C++]. Moscow, BINOM Publ., 1997, 304 c.
10. Jarvis A. On the identification of the convex hull of a finite set of points in the plane. *Information Processing Letters*. 197, vol. 2, pp. 18-21.
11. David M. Mount. *Computational Geometry*. University of Maryland Publ., 2002, 122 p.
12. Andrew A. M. Another efficient algorithm for convex hulls in two dimensions. *Information Processing Letters*. 1979, vol. 9, pp. 216-219.
13. Preparata F. P., Hong S. J. Convex hulls of finite point sets in two and three dimensions. *Communications of the ACM*. 1977, vol. 2 (20), pp. 87-93.
14. Eddy W. A new convex hull algorithm for planar sets. *ACM Transactions on Mathematical Software*. 1977, vol. 3 (4), pp. 398-403.
15. Bykat A. Convex Hull of a Finite Set of Points in Two Dimensions. *Information Processing Letters*. 1978, vol. 7, pp. 296-298.

For citation: Topolskiy N. G., Mokshantsev A. V., Meshalkin E. A., Ovsyanik A. I., Kafidov V. V., Korobko V. B., To Hoang Thanh, Mikhaylov K. A. Search for victims by gas and smoke protection service using infrared technologies based on convex hull detection algorithm. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, vol. 3 (85), 2019, pp. 45-55 (in Russian). DOI: 10.25257/TTS.2019.3.85.45-55.