

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ ДВИЖЕНИЯ КОЛОНН ТЕХНИКИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧС ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

Зверев А.П.^{1,2}, Клыгин А.В.², Радаев С.Ю.²

¹Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

²Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России

Аннотация

В данной статье рассматривается вопрос о выборе оптимальных путей движения колонн техники, включая многотоннажной, с учётом изменяющейся обстановки при ликвидации ЧС природного характера, а именно лесных пожаров. Согласно статистики лесные пожары с каждым годом не только не уменьшаются, а увеличиваются, при этом данный вид ЧС фиксируется не только в России, но и в странах Европы Америки, Австралии. Причём количество людей, обязанных участвовать в процессах тушения и контроля лесопожарной обстановки не уменьшается, также выделяемые финансы для решения проблемы с пожарами не позволяют решать данные задачи. Так как обстановка в период пожаров довольно сложная и соответственно некоторые пути уже не могут быть использованы для движения, то тогда нужно для контроля обстановки проводить разведку местности БПЛА (беспилотными летательными аппаратами). В качестве примера приведен алгоритм Прима, который позволяет решать данный вопрос. А также с учетом показаний БПЛА производить выбор не только кратчайших путей движения техники, но и оптимальных.

Ключевые слова

оптимальные пути движения, пути движения колонн с учетом изменения обстановки, время прибытия колонн техники, БПЛА, лесные пожары, алгоритм Прима

Введение

Ученые всего мира предсказывали, что с каждым годом возникает риск природных пожаров, так как происходит значительное изменение климата. Даная гипотеза была сформулирована примерно в конце 90-х годов. Прошло время, почти 30 лет, данное утверждение и прогнозы начинают сбываться в настоящее время [1,2,3]. Стоит отметить, что природные пожары стали более масштабнее и продолжительнее. Так в частности в Канаде, США, Австралии средняя продолжительность лесных пожаров удвоилась, а в некоторых областях и более того утроилась [4]. Начавшийся 7 января 2025 года пожар в Калифорнии вообще ставит вопрос о возможности предотвратить лесные пожары вообще. Так основным условием распространения лесных пожаров является с одной стороны засуха, а с другой стороны это усиление розы ветров.

Рассматривая данные пожары стоит отметить, что в данный период в окрестностях Лос – Анжелеса была зафиксирована значительная засуха. Однако хотя в этот период и было запасено значительное количество воды в данный период в емкостях, но через 3 дня, она закончилась т.е. 10 января. В данный период насчитывалось только порядка 10 человек погибших, не считая раненых. Было уничтожено огнём более 10 тыс. домов. Горящим лесом было охвачено порядка 11 тыс. га По прогнозам консультационной компании Assu Weather экономические убытки от огня определены в сумме порядка 52-55 млрд. долларов. Пожар 2025 года можно назвать поистине самым разрушительным и ему принадлежит «пальма первенства» в сравнении с пожарами 2018 года. В данный год экономический ущерб от пожаров составил всего порядка 10 млрд. долларов. Рассматривая также лесные пожары стоит остановиться на пожарах в Канаде в 2023 году. В данной стране было несколько всплесков пожаров первый и более значительный был в мае рассматриваемого года пожар охватил площадь более 8 600 000 га лесных угодий. После прилагаемых усилий было сокращено количество пожаров, однако в июле была вторая волна всплеска пожаров, которая уже продлилась до конца августа. За весь пожароопасный период было эвакуировано более шести пунктов проживания населения, общая численность эвакуации составила порядка 23 тыс. человек.

Пожар в Мауи в 2023 году начался 9 августа на гавайском острове с одноименным названием. Ветер превышал 30 метров в секунду. В результате пожара огонь быстро достиг городка Лахайна. Он известен как туристический город на Гавайях. Данный пожар полностью уничтожил более 4000 домов, 115 человек погибли, более 1000 человек пропали без вести. Причиной данного пожара стал ураган «Дора», он не только снизил влажность воздуха, но и спровоцировал огромный ветер в горах. Пожар в данном регионе был самым смертоносным за последние 100 лет. Ущерб от данного пожара составил более 6 млрд. долларов.

Далее можно продолжать пожары в Европе, Америке, а в России как обстоят проблемы с пожарами.

Так на фондах лесного фонда России в 2020 году было зарегистрировано более 2000 пожаров в Якутии, огнем было сожжено более 5 млн. га лесной площади. На следующий год в этом же регионе количество выгоревшего леса уже увеличилось и превысило более 8,7 млн. га. В следующем году (2022) в той же Якутии произошло более 850 пожаров. Общая площадь горения составила порядка 1,5 млн. гектаров. В данном году полыхали пожары в Сибирском и Дальневосточном округах. Общая площадь возгорания в данных регионах составила порядка 2,6 млн. га [3,4,5]

Возникает следующий вопрос, а существует ли организации, которые и должны следить и обеспечивать не только тушение, но и контроль обстановки с лесными массивами. Да такие организации есть. Так в большинстве стран для тушения пожаров, в частности у России, есть «Авиалесохрана», со штатом более 4 тыс. человек и общим объемом финансирования более 14,1 млрд. рублей. В США организация «Лесная служба» (US FOREST SERVIS), ее численность превышает 8 тыс. человек. Вместе с этим в каждом из штатов США также имеются и персональные службы тушения лесных пожаров.

Следовательно, на первом и главном этапе стоит задача засечь начало пожара, а далее уже с учетом полученных данных действовать и таким образом, сократить время на его ликвидацию [5,6].

Какие же способы контроля лесопожарной обстановки существуют [7,8,9]:

Во-первых, с помощью видеокамер;

Во-вторых, от местного населения;

В-третьих, во время проведения наземного контроля.

В-четвертых, с помощью наземного патрулирования;

В-пятых, с помощью авиации.

Так в частности касаясь контроля лесных пожаров и их обнаружения стоит остановиться на процентном соотношении каждого из способов. Согласно докладу «Председателя Комитета лесного хозяйства Московской области Евгения Агулова», наибольшую эффективность контроля за пожарами приносят камеры наблюдения, порядка 70 %, местное население дает порядка 50% обнаружения, наименьший процент обнаружения дает воздушная разведка, не большим 20%.

В связи с этим и возникает вопрос, а возможно ли использовать БПЛА (беспилотные летательные аппараты) для контроля обстановки по лесным пожарам. И что нам даст его использование [10,11,15,16].

Во-первых, использование их позволит контролировать процесс развития пожара в динамике;

Во-вторых, скорость, направление, распространение огня лесного пожара;

В-третьих, время возможного прихода огня к населенным пунктам, с целью оповещения людей для их эвакуации;

В-четвертых, позволит рассчитать силы и средства для ликвидации ЧС данного типа;

В-пятых, позволит осуществлять выбор путей движения колонн для ликвидации лесных пожаров.

Рассматривая вопрос движения колонн техники и развития технологий стоит отметить, что последние годы произошло резкое сближение как компьютерных, так и навигационных карт. Так в частности электронные карты местности становятся доступными для различных людей. Таким образом, вопросы отыскания оптимальных маршрутов становятся намного легче. В частности, для МЧС.

Однако стоит отметить, что существующие сегодня навигационные карты типа Яндекс.Навигатор, Навител, Сити ГИД, Gogol Prmo, IGO Prm и др. позволяют решить задачу отыскания оптимальных, включая и кратчайшие маршруты только для местности где имеется сеть дорог, в то время как движении по лесным массивам нам не позволяет это осуществить. Следовательно, система поиска путей движения колонн должна быть кроссплатформенной, т.е. с возможностью использования любого из существующих навигаторов. В качестве инструмента работы с данными целесообразно использовать модели теории графов, с помощью которых возможно и построить оптимальный маршрут. При этом используется один и тот же принцип – построение графа дорог по цифровой карте.

$$G = (V, E). (1)$$

Где: V – множество вершин, или узлов;

E – множество ребер.

Вершины V – представляют собой перекрестки, пересечения дорог, а ребра графа E – объединяющие их участки дорог. Каждой грани графа соответствует своя стоимость, расстояние или другой показатель.

Решение задачи

Один из вариантов разрешения данной задачи является использование алгоритма Прима. Данный алгоритм еще называют как алгоритм ближайшего соседа. На каждом этапе он не требует не только сортировки, но и не проведение цикличности. Кратко рассмотрим суть алгоритма Прима (рис. 1) [12,13,14].

1. В начале производится построение остового дерева T с произвольной вершиной V .

2. Среди ребер выбирается ребро V наименьшего веса, которое потом и включается в создаваемое дерево T .

3. Данный процесс повторяется до тех пор, пока не произойдет отыскания всего маршрута от пункта А до последнего пункта В.

4. Построенное дерево будет минимальным при этом оно определит все возможные минимальные пути движения колон техники.

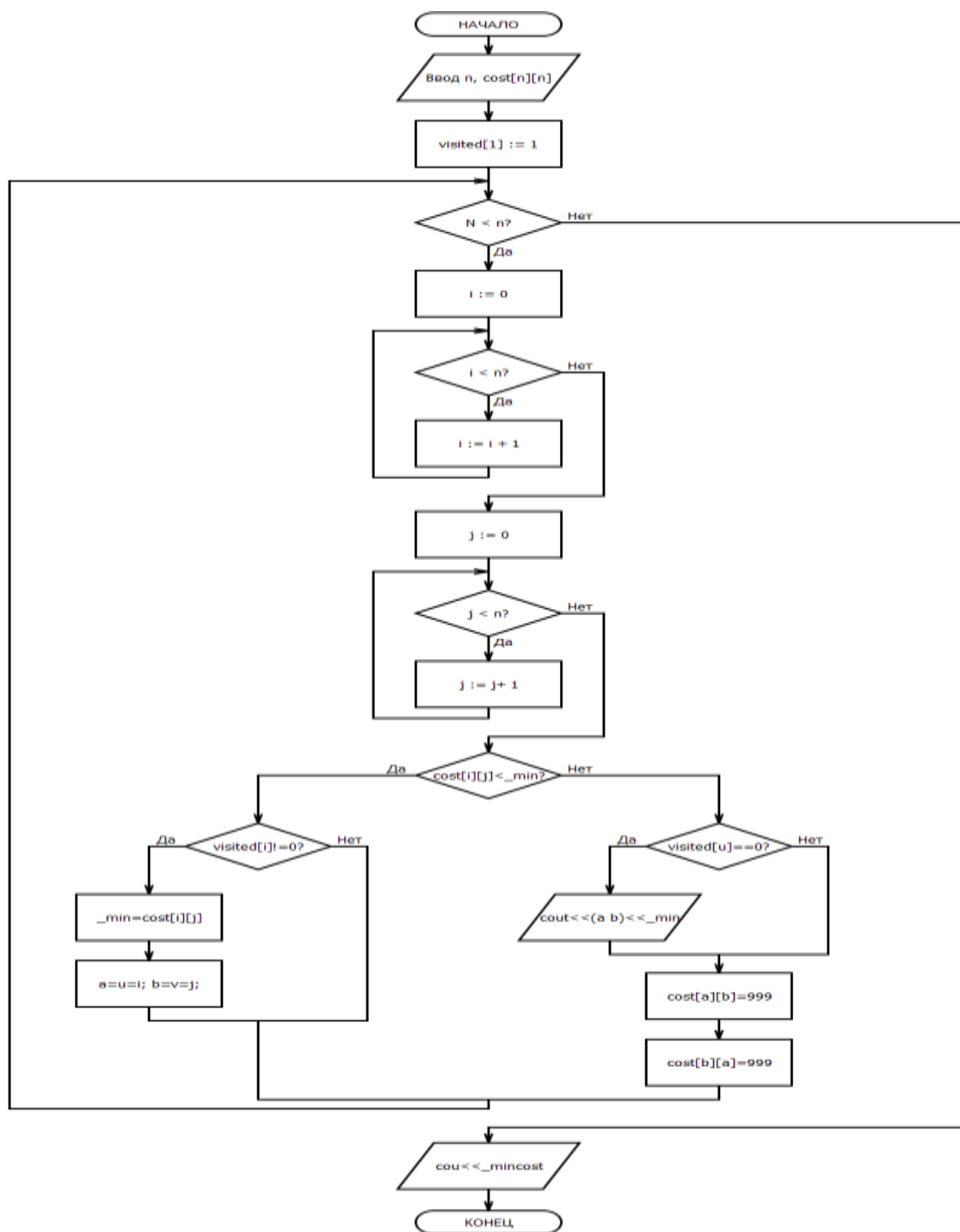


Рисунок 1 – Алгоритм Прима

В качестве дополнительного стоит отметить, что не всегда кратчайший путь будет минимальным, ввиду того что возможно при отыскании минимальных путей, некоторые пути могут быть уже в огне или же трудно проходимыми.

В данном случае необходимо строить алгоритм отыскания оптимальных путей движения колонн техники с учетом развития обстановки. В этом случае нам и поможет БПЛА.

Приведем примерный алгоритм работы БПЛА при движении колон техники.

Во-первых, при выборе маршрута определяем минимальное расстояние до ближайшего узла. При этом рассматриваем все возможные пути движения по проселочным дорогам.

Во-вторых, анализируем обстановку, получаемую от руководителя ликвидации ЧС.

В-третьих, запускаем БПЛА для текущего контроля обстановки и проверки состояния и уровня дороги.

В-четвертых, при движении колонны через каждые 5 минут движения производим уточнение обстановки как с использованием своего БПЛА, так и с использованием передаваемой обстановки из штаба ЧС

Заключение

Таким образом, использование алгоритма Прима позволит решить следующие задачи:

1. Выбрать не только кратчайшие пути движения колон техники для ликвидации ЧС природного характера, а именно лесного пожара.
2. Использование БПЛА позволит контролировать обстановку каждые 5 минут.
3. Не допустить гибели техники и людей в процессе движения колонн в труднодоступных местах.
4. Провести примерный расчет прибытия (спасательных воинских формирований) к населенным пунктам к которым движется огонь
5. Произвести оповещение населения, к которым движется огонь для их эвакуации и др.

Библиография

1. Ильин В. В., Мешалкин Е. А. История пожарной охраны России. Санкт-Петербург: Издательство СПбГПУ. – 2003. – 368 с.
2. Арустамов Э.А. Безопасность жизнедеятельности / Э.А. Арустамов, Н.В. Косолапова, Н.А. Прокопенко, Г.В. Гуськов. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 176 с.
3. Повзик Я. С. Пожарная тактика. – М.: ЗАО «Спецтехника» 1999, – 414 с.
4. Методические рекомендации по организации планирования действий подразделений пожарной охраны по тушению пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в организациях (объектах). Утв. Зам. Министра 05.08.08. №46-2218-18.
5. Валендик Э.Н. борьба с крупными лесными пожарами. – ,Новосибирск: Наука, 1990. – 193 с.
6. Пожарная безопасность: учебник / В.А. Пучков, Ш.Ш. Дагиров, В.А. Агафонов и др.; Под общ. ред. В.А. Пучкова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014.
7. Габитов Р.И., Емалетдинова Л.Ю. Модели и методы разработки автоматизированных систем организационного управления БПЛА: монография. – Казань: РИЦ «Школа», 2007 – 120 с.
8. Все о квадрокоптерах: применение, классификация, производители. – URL: <https://digitalsquare.ru/ctati/vse-o-kvadrokopterah.html>.
9. Воздушный кодекс Российской Федерации (редакция от 13.06.2023).

10. The History Of Drones (Drone History Timeline From 1849 To 2019) (на английском языке). – URL: <https://www.dronethusiast.com/history-of-drones/> (дата обращения: 20.11.2025).
11. Как управлять квадрокоптером? – URL: <https://dronomania.ru/faq/kak-upravlyat-kvadrokopterom.html> (дата обращения: 20.11.2025).
12. Уилсон Р. Введение в теорию графов. Пер. с англ. 1977. 208 с.
13. Герберт Шилдт «полный справочник по C++». – Вильямс, 2006.
14. Оре О. Графы и их применение: Пер. с англ. 1965. 176 с.
15. Зверев А.П., Папков С.В. Оптимизация потребного числа беспилотных летательных аппаратов для ликвидации локальных чрезвычайных ситуаций. ВИНТИ РАН. Москва: РАН № 6 2018. С. 81-85.
16. Зверев А.П. Программа расчета подзарядки аккумуляторов БПЛА в специально оборудованных местах №2023617892 от 17. 04. 2023 г.

Поступила в редакцию: 19.11.25

Принята к публикации: 04.12.25

SELECTING OPTIMAL VEHICLE ROUTES FOR RESPONSE TO NATURAL EMERGENCIES

Zverev A.P.^{1,2}, Klygin A.V.², Radaev S.Yu.²

¹Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia

²All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies of the Ministry of Emergency Situations of Russia

Abstract

This article examines the selection of optimal routes for respite vehicles, including heavy-duty vehicles, taking into account the changing situation during response to natural emergencies, namely forest fires. According to statistics, forest fires are increasing, not decreasing, every year. This type of emergency is recorded not only in Russia but also in Europe, America, and Australia. Moreover, the number of people required to participate in forest fire suppression and monitoring remains unchanged, and the funding allocated to address the fire problem is inadequate. Since the situation during fires is quite complex and, accordingly, some routes are no longer usable, reconnaissance using UAVs (unmanned aerial vehicles) is necessary to monitor the situation. Prima's algorithm, which addresses this issue, is provided as an example. It also uses UAV data to select not only the shortest routes for equipment movement but also optimal ones.

Keywords

optimal routes, convoy routes taking into account changing conditions, convoy arrival times, UAVs, forest fires, Prima's algorithm