

Использование модифицированного метода Хакими в задачах перераспределения сил и средств в зоне чрезвычайных ситуаций

А. П. Зверев

Академия Гражданской Защиты МЧС России г. Химки Московская область

Аннотация: В статье подчеркивается, что с каждым годом количество катастроф и аварий не уменьшается. В авариях и катастрофах гибнет значительное количество людей. С целью уменьшения гибели количества людей и прибытия в зону чрезвычайной ситуации ЧС спасательных формирований как можно быстрее необходимо просчитать максимально возможные пути подъезда к зоне ЧС. При этом производиться должен не только просто расчет расстояний, но и учитываться динамично изменяющаяся обстановка в зоне ЧС. В соответствии с этим в статье предложен модифицированный метод Хакими, который и позволит решить данную задачу быстро и с меньшими затратами.

Ключевые слова: Чрезвычайная Ситуация, пути подъезда, метод Хакими, перераспределение ресурсов, беспилотные летательные аппараты, вершина графа, ребро графа, спасательные формирования, анализ катастроф, корректировка топографических карт, вершина графа, множество путей.

С развитием цивилизации и применением все новых технологий, возрастает угроза техногенных катастроф. Согласно статистике в России, в опасных зонах проживает – 30% населения, а в чрезвычайно опасных – 10%.

В условиях хронической нехватки финансовых и материальных ресурсов возрастает вероятность массовых аварий, техногенных катастроф и других чрезвычайных ситуаций. Проведем анализ катастроф в 2013 году .

2013 год ознаменовался наличием таких катастроф как наводнения на Дальнем Востоке, Китае, Европе и Индии. На Филиппинах сильнейший циклон "Хайян", унес жизни более 6 тысяч человек. В 2013 году в мире от катастроф погибло почти в 2 раза больше людей, чем годом ранее, – 25 тыс.[1], против 14 тыс. человек. Природные катастрофы в 2013 году в мире нанесли ущерб [2] примерно на \$125 млрд.

В интервью программе «Интерфакс» Министр по ЧС Пучков В.А. 24 декабря 2013 года констатировал, что – число погибших при чрезвычайных ситуациях в России в 2013 году по сравнению с прошлым годом уменьшилось почти наполовину. «При чрезвычайных ситуациях в 2013 году

погибли 565 человек – это на 40% меньше, чем в 2012. При этом всего в чрезвычайных ситуациях, пожарах, авариях и катастрофах было спасено 263 тыс. человек», – сказал министр.

Вместе с тем министр подчеркнул, что количество чрезвычайных ситуаций в России в 2013 году по сравнению с 2012 годом, [2] сократилось на 23%. При этом к спасению людей и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, происшествий и других аварий от МЧС России привлекалось около 2,2 – млн. человек и более 800 тысяч единиц техники.

Все ранее сказанное подчеркивает, что хотя количество ЧС и уменьшается, в целом количество погибших людей все же велико.

Следовательно, вопрос спасения людей находящихся в зоне ЧС является одним из самых важных. Миссия и цель планирования стратегической деятельности МЧС России [3] заключается в том, чтобы сократить негативные последствия ЧС.

Для более быстрого и качественного устранения последствий катастроф и спасения людей, находящихся в зоне ЧС, необходимо обеспечить перераспределение ресурсов, как людских, так и техники. Так как чрезвычайная ситуация хотя и может быть предсказуема, но вместе с тем максимальная область ЧС возможно будет смещаться на какое – то расстояние [4,5] относительно своего первичного положения. При этом, как правило, данное изменение и направление практически предположить будет сложно.

Таким образом, для успешного решения задачи перераспределения ресурсов необходимо произвести не только первичное прогнозирование, но и учет изменения ситуации [6].

Вначале рассмотрим предпосылки предстоящих «неопределенностей» в перераспределении ресурсов.

Ежегодно на любой территории происходят различного рода изменения, а именно увеличивается количество построек, как жилого, так и нежилого фонда, количество рек, источников и других водоемов уменьшается из – за изменения климатических условий.

На региональных территориях, имеющих административно – территориальное деление (например, районов, областей, краев), картографический материал имеет не только разную степень возрастной дифференциации (разное время изготовления карт), но и разную степень изменения ситуации, вызванную ранее перечисленными природными процессами, а также антропогенной и хозяйственной деятельностью человека. При изготовлении проектной документации на выполнение местных площадных работ (прокладку линий электропередачи, газопроводов, нефтепроводов, автомобильных и железных дорог и т.п.)

Овраги, склоны рек и малых источников воды практически не закреплены и в любой момент, возможно, приведут к подтоплению. Все это приводит к одному решению задачи, это необходимости корректировки топографических карт.

В своей книге А.А. Фостиков, Б.Ш. Альтшулер и др. [7] показывают, что для правильного составления топографических карт местности необходимо производить частичную корректировку местности как правило, один раз в два – три года, а полную корректировку как правило, через 6 – 10 лет.

На сегодняшний день это практически не выполняется.

Вместе с тем не своевременная корректировка карт значительно с одной стороны увеличит время прибытия в зону ЧС, как правило, из – за отсутствия вновь введенных дорог, а с другой стороны не позволит рассчитать правильно силы и средства и перераспределить их таким образом,

чтобы более эффективно и слаженно работать на ликвидации последствий ЧС.

Наиболее оптимальное решение данной задачи возможно только в том случае, если в каждом главном управлении МЧС области создать малочисленную группу, имеющую в своем составе несколько беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различного типа, как самолетного так и вертолетного.

Задачей данной группы будет осуществление производства аэрофотосъемки местности не только области, но и наиболее уязвимых объектов в плане предупреждения различного рода катастроф. Вместе с тем данная группа будет вести мониторинг изменения ситуации на территории данной местности, которые в дальнейшем, возможно использовать для корректировки топографических карт местности.

Использование данной группы неопределимо в период различного рода катастроф. Съемка местности с БПЛА даст не только примерные размеры катастрофы, но не позволит решить задачу перераспределения сил и средств спасательных формирований с учетом динамично изменяющейся обстановки. В решении данной задачи целесообразно использовать методы линейного программирования более известной как задача коммивояжера.

Данная задача может быть рассмотрена как идеальный случай обслуживания района каким-либо одним пунктом обеспечения. Только с единственной точностью, до наоборот. Как правило, с различных областей и районов будут спешить спасательные формирования на устранение последствий ЧС. Рассмотрим идеальный случай более подробно.

В общем случае выбирается неориентированный граф, ребрами которого являются расстояния до района ЧС, которые в дальнейшем будут использованы несколькими спасательными формированиями.

Данный способ очень хорош, но имеет недостаток следующий:

Вершина графа при этом не изменяется, она остается постоянной и неизменной величиной. Соответственно, все производимые вычисления в данном случае также являются, как правило, постоянными величинами. Данный метод называют методом Хакими [8]. Суть данного метода состоит в том, что возникает необходимость вычисления абсолютных локальных длин, соответствующих локальным центрам и соответственно уменьшение числа ребер, участвующих в поиске приведет к минимальному пути или локальному центру расположенному на каком либо ребре.

Таким образом, всякому локальному центру, расположенному на каком либо ребре:

$$(x_i - x_j), \text{ соответствует (как следует из следующего соотношения)}$$
$$\max_{x_j \in X} [v_i \min \{l(y_k, x_\beta) + d(x_\beta, x_i), l(y_k, x_\beta) + d(x_\beta, x_i)\}] \quad (1)$$

Поскольку расстояние $d(y_k - x_i)$ может быть либо равно длине маршрута, либо проходить через него, то $l(y_k, x_\beta)$, являются длинами соответствующих частей искомого ребра. Однако если положить все длины равными нулю, то его абсолютный локальный радиус (назовем его r_{ij}), который не меньше чем p_{ij} , где

$$p_{ij} = \max_{x_j \in X} [v_s \min \{d(x_s, x_i), d(x_s, x_j)\}], \quad (2)$$

Таким образом, p_{ij} есть нижняя оценка абсолютного радиуса графа, если абсолютный центр лежит на ребре $(x_i - x_j)$, то величина

$$P = \max_{(x_i, x_j) \in A} p_{ij}$$

Где (A – множество ребер графа) является обоснованной нижней оценкой абсолютного радиуса графа.

В нашем же случае при ликвидации последствий ЧС точка смещения ситуации как правило может изменяться с учетом того, что обстановка практически мало предсказуема. Для качественного решения данной задачи необходимо усовершенствовать какой-то из методов линейного программирования [8,9].

Целесообразно в этом случае модифицировать метод Хакими. Суть данного метода тогда будет состоять в том, что необходимо вычислить все множество путей, которые в конечном итоге приведут в зону ЧС, так как практически неизвестно изменение ЧС ввиду динамично изменяющейся обстановки. Довольно сложно определить абсолютный центр, причем он наиболее вероятно не будет лежать на ребре любого взятого для описания нами графа.

Вторая трудность это запись матриц расстояний до центра ЧС, которая, как правило, будет изменяться через определенные интервалы времени, данные интервалы практически не будут равными.

Следующая трудность это выбор наиболее оптимального скоростного режима, который также должен будет внесен в матрицу скоростей. Это приведет к созданию дополнительных рисков при принятии решения [10,11].

На основании ранее сказанного, формула (2) для определения множества путей в этом случае примет следующий вид.

$$P_{ij} = \min_{x_j \in X} [v_s \max \{d(x_s, x_t), d(x_s, x_j)\}],$$

Как правило в матрице будут внесены все пути, которые позволят достичь пределов ЧС и при этом из максимально возможных путей будет выбран наиболее минимальный [12], но в случае изменения обстановки всегда будет возможно выбранный путь откорректировать с учетом множества выбранных путей и внесенных в таблицу расстояний.

Следовательно, мы произведем вычисление абсолютного центра ЧС, с учетом минимума функции для получения возможного максимального

значения пути в случае динамического изменения складывающейся ситуации. Поясним это более детально. В случае возникновения ЧС как правило возможно предположить его распространение в пределах от $0,3 \leq L \leq 1,5$ километров относительно максимальной точки, (абсолютного центра) которая уже установлена заранее посредством первых полетов и съемок беспилотными летательными аппаратами. При этом точка максимума ЧС определяется каждой группой спасателей индивидуально. Если предложенное неравенство не выполняется, тогда при повторном пролете беспилотных летательных аппаратов возможно произвести его корректировку и перераспределить людские ресурсы с учетом динамично изменяющейся обстановки.

Вычисление минимаксного критерия позволит: 1) на первом этапе с учетом возникшей ЧС отыскать все множество путей с максимальным расстоянием, превышающим минимальные пути от 0,3 до 1,5 – х километров, от центральной точки чрезвычайной ситуации; 2) определить с учетом установленной скорости ориентировочное время прибытия спасательных расчетов в зоны ЧС; 3) все полученные данные свести в единую таблицу и расположить пути в порядке возрастания времени прибытия для ликвидации последствий; 4) с учетом складывающейся обстановки, выбирать наиболее оптимальные пути объезда к населенному пункту, или месту где произошла ЧС. 5) произвести примерный расчет времени прохождения наиболее опасных участков, с учетом динамично складывающейся обстановки.

Таким образом, использование модифицированного метода Хакими для МЧС позволит в считанные минуты определить не только время прибытия в зону ЧС, с учетом динамично изменяющейся обстановки, но и предложит наиболее оптимальный маршрут движения в случае резкого изменения обстановки в зоне ЧС.

Литература



1. Бушующая стихия в разных странах bigpicture.ru/p=453374
 2. Интервью Министра по ЧС Пучкова В.А. агентству «Интерфакс» 24 декабря 2013 года. interfax.ru/348676
 3. Зверева Т.В. Концептуальная модель корпоративного взаимодействия в налоговой сфере российского общества. Наукоеведение, Интернет-журнал. №4 naukovedenie.ru/PDF/20ergsu412.pdf (13) 2012.
 4. Зверев Д.А., Зверев А.П. О возможности использования нейросетей при организации работ по устранению последствий чрезвычайных ситуаций //Инженерный вестник Дона, 2012, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/772
 5. Fussel J. Fault Tree Analysis – Concept and Techniques. In: Generic Techniques in Reliability Assessment, Henly E., Lynn J. (eds.). Norfolk Publishing Co. Leyden, Holland, 1976. pp. 133- 162
 6. Касаткин, А.И. Управление ресурсами. Минск.: Высшая школа. 1992. 230 с.
 7. А.А. Фостиков, Б.Ш. Альтшулер и др. Аэрофотогеодезические изыскания в сельском хозяйстве. М.: Недра, 2000. 259 с.
 8. Кристофидес Н. Теория графов, Алгоритмический подход М.: Мир, 1978. 432с.
 9. Steindley K.D. A Co hot all accident / Heatth physics, 1976, V.31, # 4, – pp. 382-385.
 10. Касьяненко А. А., Михайличенко К.Ю. Анализ риска аварий техногенных систем: М.: Изд-во РУДН, 2008. 182 с.
 11. Измалков В.И., Измалков А.В. Техногенная и экологическая безопасность и управление риском. С-Пб, НИЦЭБ РАН, 1998. 482 с.
 12. Лебедевко А.Г. Экономическое обоснование геоэкологических рисков в нефтегазовой отрасли //Инженерный вестник Дона, 2010, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/252
-

References

1. Bushuyuschaya stihiya v raznyih stranah [Raging element in different countries bigpicture].ru/p=453374
2. Intervyu Ministra po ChS Puchkova V.A. agentstvu «Interfaks» 24 dekabrya 2013 goda [Interview of the Minister for emergency situations Puchkova Century A. the Agency "Interfax" on December 24, 2013 year].interfax.ru/348676
3. Zvereva T. V. [A Conceptual model of corporate interaction in the tax sphere of Russian society]. Naukovedenie, Internet-zhurnal. №. 4 naukovedenie.ru/PDF/20ergsu412.pdf (13) 2012
4. Zverev, D. A., Zverev, A. P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2012/772
5. Fussel J. Fault Tree Analysis – Concept and Techniques. In: Generic Techniques in Reliability Assessment, Henly E., Lynn J. (eds.). Norfolk Publishing Co. Leyden, Holland, 1976. pp. 133- 162
6. Kasatkin, A. I. Upravlenie resursami [Management of resources]. Minsk: High school -1992. 230 p.
7. A. A. Vostokov, B. W. Altshuler and other Aerofotogeodezicheskie izyiskaniya v selskom hozyaystve [Aerophotogeodezical research in agriculture]. M.: Nedra, 2000. 259 p.
8. Christofides N. Algoritmicheskiy podhod [Graph theory, Algorithmic approach] M.: Mir, 1978. – 432 p.
9. Steindley K.D. A Co hot all accident / Heatth physics, 1976, V.31, # 4. pp. 382-385.
10. Kasyanenko A. A., Mikhailichenko K. Y. Analiz riska avariyy tehnogennyih sistem [Analysis of the risk of accidents man-made systems]: M.: Publishing house of people's friendship University, 2008. 182 p.
11. Izmalkov V. I., Izmalkov A. V. Tehnogennaya i ekologicheskaya bezopasnost i upravlenie riskom [Century Technogenic and ecological safety and



risk management]. - Saint-Petersburg, scientific center for ecological safety RAS, 1998. 482 p.

12. Lebedko A.G. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2010, №4 URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2010/252