

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ ПРИ ТЕХНОГЕННОЙ КАТАСТРОФЕ

К.Н. Коба, д.т.н., проф. В.П. Путятин

Рассмотрена концептуальная постановка задачи поиска рационального маршрута передвижения людей в регионе техногенной катастрофы с целью дальнейшей разработки комплекса математических моделей, методов и технических средств для оперативного принятия решений.

Непродолжительная история атомной эры насчитывает уже несколько спланированных (1945 год, Хиросима и Нагасаки) и “случайных” катастроф. Так в 1961 г. на экспериментальном реакторе SL-1 (США), а в 1985 г. на атомной подводной лодке в Комсомольске - на - Амуре произошли мощные тепловые взрывы. За период с 1971 по 1985 г. в 14 странах мира только на АЭС произошла 151 авария различной степени сложности и с различными, в том числе и тяжкими, исходами для здоровья людей и окружающей среды. Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году показала насущную необходимость в разработке методов и средств моделирования, прогноза последствий аварий и эффективных способов их устранения [1 - 5]. Такие же проблемы возникают при авариях на химических предприятиях, на трубопроводных системах перекачки агрессивных жидкостей, нефти, газа, а также в результате стихийных бедствий. Общностью этих проблем является необходимость проведения в регионе катастрофы различного рода ремонтно - восстановительных и эвакуационных работ. К такого рода мероприятиям относятся: эвакуация населения из региона катастрофы, передвижение спецподразделений МЧС с целью устранения пожаров, завалов, заражения, загрязнения и т.п. [2, 3]. Особое значение в этом случае имеет контроль воздействия на здоровье людей вредных и отравляющих веществ, тепловых ударов, времени пребывания в регионе катастрофы и других факторов. При этом суммарное негативное воздействие вредных веществ на человека не должно превышать заданного предельного допустимого уровня. Прежде, чем сформулировать наиболее общую постановку рассматриваемой задачи, приведем примеры частных задач.

Задача 1. Известна физическая природа, местоположение и мощности источников (очагов) техногенной катастрофы. Известна геометрическая форма региона и его комплексные ландшафтные карты. Определены направление и скорость ветра, а также имеются все данные, необходи-

мые для математической модели (краевой задачи [2, 4, 5]), описывающей динамику протекания процессов переноса вредных веществ. Известно местоположение людей в регионе катастрофы, подлежащих эвакуации. Задана конечная точка (пункт), куда необходимо эвакуировать людей (как правило, этот пункт находится вне региона катастрофы).

Необходимо найти такую трассу, соединяющую эти два пункта, чтобы при движении по ней людей, суммарное их заражение было бы минимальным.

Кроме того, при поиске трассы необходимо учесть дополнительные ограничения, например, условие непересечения трассой областей запрета, т. е. трасса не может проходить через водоемы, горы, трудно проходимые леса, густо застроенные районы, заводы и т.д.

Задача 2. Известны информация о природно - климатических условиях региона катастрофы, а также физическая природа, местоположение и мощности очагов заражения.

Необходимо определить трассу пересечения региона техногенной катастрофы с учетом областей запрета на ее прохождение (см. задачу 1), при движении по которой суммарное заражение людей было бы минимальным.

Задача 3. В регионе катастрофы известна начальная и конечная точки, между которыми задана сеть дорог, соединяющих эти два пункта. Известна геометрическая форма региона и его комплексные ландшафтные карты. Известна природа, местоположение и мощности источников (очагов) техногенной катастрофы. Определены направление и скорость ветра, а также известны все данные, необходимые для математической модели, описывающей динамику протекания процессов переноса вредных веществ.

Необходимо среди множества трасс, соединяющих два пункта, определить ту, движение по которой позволит преодолеть регион катастрофы с минимальным заражением людей.

Задача 4. Между двумя пунктами задана сеть дорог в виде графа. Как и в задаче 1, известны геометрическая форма региона, комплексные ландшафтные карты, характеристика природно- климатических условий. Известна природа, местоположение и мощности источников (очагов) техногенной катастрофы. Определены направление и скорость ветра.

Необходимо определить те ребра графа, объединение которых даст трассу, передвижение по которой позволит провести эвакуацию или передислокацию спецподразделений с минимальным заражением людей.

Задача 5. При проектировании химических и нефтедобывающих производств необходимо осуществлять прокладку сопутствующих им различного рода взрывоопасных трубопроводных коммуникаций и средств транспортировки агрессивных сред. Кроме того, необходимо

проводить имитационное моделирование возможных техногенных катастроф с целью их ликвидации или уменьшения их последствий.

Специфика таких задач определяется критериями безопасности и качества трассировки, допустимой областью прокладки трубопроводных коммуникаций, типами трасс, технологическими, аварийно - ремонтными, регламентного обслуживания и другими ограничениями.

Приведенные выше типичные примеры задач принятия решений в экстремальных ситуациях обладают определенной общностью и их формулировка состоит в следующем.

Постановка основной задачи. В заданной, в общем случае многосвязной, области задан (или определяется) набор точек. Необходимо соединить эти точки связывающей сетью соединений, представляющей собой систему маршрутов, трасс, траекторий. Кроме того, требуется, чтобы эта сеть удовлетворяла заданной системе ограничений и сообщала некоторой функции цели экстремальное значение [2, 3]. При этом наиболее существенным отличием рассматриваемых задач является то, что процесс, протекающий в регионе катастрофы, в общем случае описывается краевой задачей математической физики [2, 4, 5] с дискретными источниками (очагами катастроф) поля загрязнения, заражения, теплового поля и т. п.

Заметим, что на сегодняшний день нет комплекса математических моделей, методов и технических средств для оперативного принятия решений при маршрутизации и передислокации в условиях техногенной или природной катастрофы с учетом динамики распространения вредных веществ и ограничений на уровень заражения людей. После модификации математической модели задачи оптимизации маршрутов [2, 3] и с учетом особенностей настоящей, процесс разработки автоматизированной системы принятия оперативных решений должен включать следующие основные этапы.

Основные этапы численной реализации задачи маршрутизации

Этап 1. Сбор и подготовка исходной информации: картографический материал (ландшафтные карты); существующие дороги; желательные пункты маршрутизации или передислокации; природа катастрофы, место расположения очагов катастрофы; мощность источников заражения; допустимые санитарные нормы заражения; запрещенные для прокладки маршрутов области; роза ветров или составляющие компоненты вектора скоростей ветра; коэффициенты, характеризующие процесс распространения заражающих веществ.

Этап 2. Подготовка системы к работе. Осуществляется анализ и ввод информации, а также организация структуры баз данных.

Этап 3. Исходная задача разбивается на более простые подзадачи.

Эман 4. Осуществляется выбор методов решения подзадач, исходя из временных затрат и объема памяти.

Эман 5. Задаются режимы работы программ.

Эман 6. Генерируются или задаются экспертным путем маршруты передвижения. На этом этапе или в результате экспертного оценивания, или путем учета только областей запрета на место прохождения трассы, осуществляется задание трасс передвижения. В том случае, когда необходимо определить наилучшую трассу на графе, осуществляется направленное генерирование множества ребер графа для получения трассы.

Эман 7. Решается краевая задача расчета поля заражения. В том случае, когда процессы распространения вредных веществ протекают медленно, то возможно рассмотрение стационарной краевой задачи, которая решается один раз для всего процесса оптимизации. В противном случае необходимо рассмотрение нестационарной краевой задачи с получением распределения поля заражения для любого момента времени. Этот этап является наиболее важным и трудоемким. Для его реализации необходимо использование автоматизированных систем решения краевых задач. Примером такой системы может служить генератор программ «ПОЛЕ», разработанный в Институте проблем машиностроения НАН Украины под руководством В.Л. Рвачева [6]. Пользователь этой системы практически освобожден от этапа программирования в традиционном смысле слова. Его роль состоит в описании условия задачи на языке RL, по которому автоматически синтезируется программа решения краевой задачи и выдается результат в нужной форме.

Эман 8. Вычисляется величина заражения при движении по трассе.

Эман 9. Сравняется величина заражения при движении по трассе с санитарно-допустимым значением. Если ограничения на уровень заражения выполняются, то переходят к этапу 10. В противном случае – к этапу 6.

Эман 10. Проверяется критерий прекращения поиска допустимых маршрутов передвижения. Если этот критерий выполняется, то переходят к этапу 11. В противном случае – к этапу 6.

Эман 11. Вычисляются значения критерия качества трассы.

Эман 12. Производится обработка полученной информации и осуществляется вывод трасс на графопостроитель или карту - экран с соответствующими характеристиками трасс.

Следует заметить, что задача поиска трасс сильно усложняется, когда процесс заражения описывается существенно нестационарной краевой задачей. В этом случае процесс заражения при движении по трассе

изменяется со временем и трасса должна корректироваться во времени. В связи с этим перечисленные выше этапы должны включать:

- этап анализа заражения в любой момент времени;
- этап слежения во времени за уровнем заражения;
- этап корректировки маршрута во времени.

На практике часто не удается предвидеть все возможные нештатные ситуации. Поэтому окончательное решение (реальный проект маршрута) принимает специалист - аналитик на основе опыта совместно с диалоговой системой. При этом заметим, что описанная выше система принятия решений должна работать в реальном масштабе времени с интервалом запаздывания, не превышающем промежуток времени, в течение которого принимается решение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф. – М.: Мир, 1980. – 608 с.
2. Путятин В.П., Смеляков С.В., Чуриков К.А. Оптимизация трасс для распределенной системы // Информатика. – К.: Наукова думка. – 1999. – Вып. 7. – С.79 - 81.
3. Смеляков С.В. Оптимизация системы маршрутов с учетом ослабления уровней заражения местности // Темат. научн. - техн. сб. – Харьков: ХВВКИУ РВ, 1992. – Вып. 337. – С. 8 - 10.
4. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 1982. – 320 с.
5. Действие ядерного оружия / Научн. ред. П.С. Дмитриева. – М.: Воениздат, 1965. – 680 с.
6. Рвачев В.Л., Шевченко А.Н. Проблемно - ориентированные языки и системы для инженерных расчетов. – К.: Техника, 1988. – 198 с.

Поступила в редколлегию 03.09.2001
