

Использование сетей Петри для моделирования мероприятий первоочередного жизнеобеспечения населения

Зельский А.Г., Копнышев С.Л.

ФГБОУ ВО «Академия ГПС МЧС России»

Аннотация: в статье рассматриваются условия и преимущества применения математического аппарата сетей Петри для моделирования процесса первоочередного жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях в результате военных действий на определенной территории, природной или техногенной катастрофы.

Ключевые слова: сети Петри, моделирование, первоочередное жизнеобеспечение, материально-техническое обеспечение, чрезвычайная ситуация.

Abstract: The article considers the possibility of using the mathematical apparatus of Petri nets to model the process of primary life support of the population in emergency situations of a natural or man-made nature or as a result of military operations in a certain territory.

Key words: Petri nets, modeling, primary life support, logistics, emergency.

Using Petri nets to model the primary life support of the population

Zelskiy A.G., Kopynshev S.L.

В статье рассматриваются вопросы моделирования мероприятий материально-технического обеспечения, направленных на создание и поддержание условий, минимально необходимых для сохранения жизни и поддержания здоровья людей в зонах чрезвычайных ситуаций, на маршрутах эвакуации и в местах размещения эвакуируемых.

Любая чрезвычайная ситуация (ЧС), ставшая следствием военных действий на определенной территории, стихийного бедствия, техногенной катастрофы, представляет собой множество взаимосвязанных процессов, носящих случайный характер, которые происходят параллельно во времени и взаимодействуют друг с другом асинхронно. Это позволяет отнести их к классу стохастических динамических систем [1]. Успешное решение задач по жизнеобеспечению населения в ЧС требует четкой организации работ и наличия необходимых запасов материальных средств.

При реагировании на возникающие экстремальные ситуации характерным является принятие решений при управлении силами и средствами в условиях дефицита ресурсов. Наличие временных ограничений приводит к актуальности анализа параллельных процессов и конфликтных ситуаций, доступных для моделирования с помощью математического аппарата сетей Петри.

Сети Петри и некоторые их обобщения являются графами специального вида с соответствующей интерпретацией вершин и дуг. Они разрабатывались для моделирования дискретных динамических систем с недетерминированным поведением, с параллельно функционирующими и асинхронно взаимодействующими друг с другом компонентами [2, 3, 4]. В модели сети Петри два разрешенных невзаимодействующих события могут происходить независимо друг от друга.

В теории сетей Петри события определены как действия, которые могут произойти (или не произойти) в системе. Возникновением событий в системе управляет состояние системы, которое может быть описано множеством условий (условие – логическое состояние системы «ложь»-«истина»). Условия делятся на предусловия события, определяющие возможность реализации события, и постусловия – следствия произошедшего события. В сети Петри условия моделируются позициями, события – переходами. Условия (позиции) и события (переходы) связаны отношением непосредственной зависимости (причинно-следственной связи). В графическом представлении сети Петри это обстоятельство изображается с помощью направленных дуг, ведущих из позиции в переходы и из переходов в позиции. Выполнение каких-либо условий в системе представляется специальным маркером в соответствующей этому условию позиции сети Петри, что называется маркировкой сети. Возникновение события равносильно запуску соответствующего перехода. На приведенном ниже фрагменте сети Петри изображены: позиция (p), переход (t), дуга, маркер (рисунок 1).



Рисунок 1. Фрагмент сети Петри

Использование сетей Петри обусловлено удобством и наглядностью моделирования причинно-следственных связей между событиями параллельных и конфликтных ситуаций, а также возможностью оценки временных и случайных характеристик протекающих процессов [1, 3]. А значит, моделирование в сетях Петри может оказать практическую помощь как на стадиях подготовки, так и в процессе управления материально-техническим обеспечением уже возникшей чрезвычайной ситуации в условиях ограниченного времени для принятия решений.

В качестве элементов моделируемой системы выделим: пострадавшее население (на местах и эвакуированное), необходимые ресурсы (тип и количество), источники данных ресурсов (склады РСЧС, поставщики – торговые организации), людские ресурсы, транспортные ресурсы, объекты размещения транспортных средств, ГСМ, время необходимое на доставку, пункты размещения, доступные резервы финансовых ресурсов. В связи с тем, что срабатывание некоторых переходов может произойти только при

реализации совокупности условий разной природы (например, одновременного наличия определенного количества людских ресурсов и товаров на складе), для их моделирования может быть использован аппарат «окрашенных» сетей Петри.

«Окрашенные» сети Петри являются расширением базовой модели и состоят из трех частей: структуры сети, деклараций и пометки сети. Структура сети определяется также как и структура ординарной сети Петри. Декларации состоят из описания множеств цветов и объявления переменных, каждая из которых принимает значение из некоторого множества цветов, а также могут содержать определение операций и функций. Имеются три типа пометки сети, которые приписываются позиции, переходу или дуге. Потенциальное преимущество данного типа сетей Петри заключается в наглядности представления разных процессов, наличие функции срабатывания переходов может более гибко отображать динамику процессов, а наличие формальных выражений позволяет с большей точностью изучать количественные характеристики моделируемых объектов.

Мероприятия, проводимые в рамках первоочередного жизнеобеспечения населения, могут быть представлены как совокупность процессов перемещения материальных ресурсов, информации и взаимодействия элементов различной природы, поведение которых можно моделировать в зависимости от времени. Поэтому является целесообразным использование аппарата «окрашенных» временных сетей Петри, когда переходам присваивается продолжительность их срабатывания (задержка). При этом временной штамп маркера устанавливается создающим его переходом и определяет время, когда маркер станет доступным для переходов.

В процессе рассмотрения функционирования модели необходимо иметь возможность оценки возможных последствий нехватки тех или иных ресурсов, в том числе времени на осуществление отдельных мероприятий, т.е. оценки вероятности соответствующих событий и связанных с ними потенциальных ущербов [1].

В зависимости от степени детализации модели в качестве ее элементов могут выступать как отдельные единицы сил и средств, частично рассмотренные в [5, 6] (транспортные средства, магазины, склады и т.д.), так и их объединения или агрегированный объект, символически обозначающий всю совокупность элементов данного типа. При этом может допускаться упрощение, когда, например, сеть дорог не является отдельным элементом, а моделируется опосредовано через использование временного штампа, необходимого на транспортировку. Также опосредованно заданными могут быть функциональные зависимости различных этапов: время на сбор информации и принятие решений органами управления и др.

Задача выбора оптимального управления первоочередным жизнеобеспечением населения $U = \{t_i^{(y)}, g_i, \tau_i\}$ может заключаться в нахождении управления, минимизирующего значение выбранного критерия

оптимальности $F(M_{T_{ij}}(p))$ и осуществляется в рамках общего подхода к управлению в ЧС, предложенного в [1]:

$$\begin{cases} U: F(M_{T_{ij}}(p)) \rightarrow \min \\ G(M_T(p), T, T_{ij}) \leq 0, \end{cases} \quad (1)$$

где $t_i^{(y)}$ – срабатывающий переход при принятии решения о направлении резервов материальных и финансовых ресурсов; g_i – кратность срабатывания перехода, определяющая количество перебрасываемых резервов-маркеров; τ_i – время срабатывания перехода; $M_{T_{ij}}(p)$ – число маркеров в позиции p , T_{ij} – директивный срок доставки i -ой партии ресурса j , а неравенство задает ограничения на функционирование модели.

Применение сетей Петри возможно для:

- управления оптимальным размещением сил и средств, позволяющим учитывать расстояния, временные характеристики, имеющиеся объемы резервов материальных и финансовых ресурсов и др.;
- моделирования причинно-следственных связей возникающими между взаимодействующими элементами моделируемой системы для разных территорий и составов резервов;
- корректировки имеющихся планов действий;
- анализа причинно-следственных связей, возникающих между взаимодействующими элементами моделируемой системы;
- управления проводимыми мобилизационными мероприятиями с помощью моделирования и поиска наиболее оптимальных в складывающейся обстановке комбинаций объемов резервов материальных, финансовых, людских, транспортных и др. ресурсов.

Для поддержания актуальности модели в режиме повседневной деятельности должны на регулярной основе осуществляться мероприятия по сбору информации для прогнозирования (изменение доступных объемов резервов материальных и финансовых ресурсов, изменения физического местонахождения материальных ресурсов, возможности по восстановлению использованных резервов, доступные возможности по транспортировке и др.), построение и уточнение модели на основе собранной информации, анализ поведения моделируемой системы и подготовка предложений по её оптимизации, накопления сведений о динамике изменения объемов ресурсов, поиск путей оптимального распределения этих ресурсов для целей моделируемой системы.

Таким образом, предложенный в общем виде подход к моделированию процесса первоочередного жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях природного или техногенного характера или в результате военных действий на некоторой территории с помощью сетей Петри может быть использован как один из эффективных инструментов при принятии решений органами управления РСЧС. Его применение для моделирования материального обеспечения мероприятий первоочередного жизнеобеспечения населения обусловлено возможностью исследовать

причинно-следственные связи между событиями, параллельные процессы и конфликтные ситуации.

Литература

1. Архипова Н.И., Кульба В.В. Управление в чрезвычайных ситуациях: Учеб. Пособие. М.: РГГУ, 2008. 474 с.
2. Petri, C. (1962), Kommunikation mit Automaten, PhD thesis, University of Bonn, Germany.
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
4. Лескин А.А., Мальцев Л.А., Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. – Л.: Наука, 1989. – 136 с.
5. Повышение устойчивости функционирования системы материального обеспечения РСЧС на основе частно-государственного партнёрства / А.Г. Зельский, С.Л. Копнышев // Пожары и чрезвычайные ситуации. – 2017. – № 1. – С. 7-10.
6. Привлечение запасов частного сектора экономики при создании материального и финансового резервов РСЧС / А.Г. Зельский, С.Л. Копнышев // Материалы 6-й международной научно-технической конференции «Проблемы техносферной безопасности – 2017» . М.: Академия ГПС МЧС России, – 2017. – С. 213-218.