

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Анализируются существующие и основанные на использовании нечеткой логики системы оценки эффективности РСЧС.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, информационные системы.

М.И. Gvozdik, T.A. Podrzhkina

STATION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEMS OF SUPPORT OF MAKING DECISIONS FOR MANAGEMENT IN EMERGENCY SITUATIONS

The analyses of existing and based on different approaches using fuzzy logic system of evaluation of effectiveness of Universal State System of Prevention and Response.

Key words: emergencies, information systems.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 5 сентября 2014 г.

Оценка эффективности РСЧС является важнейшей в комплексной проблеме разработки систем поддержки принятия решений для управления в условиях ЧС [1-3]. Эта оценка подразумевает получение обобщённого (сводного) показателя характеризующего:

- соблюдение действующих нормативных актов;
- выполнение требований к состоянию работы по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах;
- выполнение мероприятий по подготовке к защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- состояние готовности органов управления, сил и средств РСЧС к проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Наиболее распространенные методы оценки функционирования сложных систем являются интерпретацией метода сводных показателей (в том числе и метод иерархий Т. Саати) и сводятся к выполнению последовательности шагов:

- формализация системы критериев оценки РСЧС и представление её в виде дерева;
- выбор свёртки и формирование весовых коэффициентов критериев при формировании значения критерия более высокого уровня;
- оценка показателей деятельности подразделения по нижним, "листовым" критериям;
- формирование значений частных и обобщённого (сводного) критерия оценки деятельности подразделения.

В модели иерархического оценивания, цель, сформулированная в самом общем виде, представлена в виде дерева критериев, полученного путём декомпозиции цели на критерии более частного характера. Иерархия строится методом структурной декомпозиции, сформулированной экспертом цели "сверху вниз" и заканчивается, когда определен уровень далее не декомпозируемых листовых критериев k_1, \dots, k_n [4, 5].

С использованием экспертной процедуры парного сравнения или других методов, определяются веса всех листовых критериев v_i , где $v_i \in [0, 1]$, $\sum_i v_i = 1$, определяющие относительную важность критериев.

За уровнем листовых критериев следует уровень оцениваемых альтернатив $A = \{A^J\}$, $J = 1, M$, каждая из которых определяет конкретную оцениваемую альтернативу (сущность), характеризующуюся конкретным набором свойств (атрибутов), совпадающих с названиями листовых критериев k_i . Для оценки совокупности альтернатив $A^J \in A$ сравниваются пары альтернатив A^J по каждому листовому критерию, что позволяет представить для оценки каждую альтернативу в виде вектора $A^J = (y_{k_1}^J, \dots, y_{k_n}^J)$, где $y_{k_i}^J \in [0, 1]$ – оценка интенсивности проявления свойства альтернативы A^J , совпадающего с названием критерия k_i .

Для получения оценки каждой альтернативы используется функция $F : (A^J, v_i) \rightarrow R$, $i \in [1, n]$, где v_i – веса листовых критериев в иерархической модели, $A^J \in A$, $J = \overline{1, M}$.

Оценка альтернативы A^J имеет вид линейной свёртки:

$$F(A^J, v_i) = \sum_{i=1}^n y_{k_i}^J v_i.$$

Разработанный программный комплекс "Оценка интегрального показателя по дереву частных показателей" [6] входит в состав интегрированной информационно-управляющей системы сбора информации на базе геоинформационных технологий о состоянии защищённости объектов транспорта и транспортной инфраструктуры страны от угроз природного и техногенного характера и позволяет решать следующие задачи:

- формализация системы критериев и показателей оценки деятельности подразделений МЧС и представлении её в виде дерева;
- формирование весовых коэффициентов критериев при формировании значения критерия более высокого уровня на основе метода анализа иерархий;
- ввод результатов оценки показателей деятельности подразделения по 10-балльной шкале;
- формирование значений частных и интегрального критерия оценки деятельности подразделения;
- сохранение результатов оценки подразделения в БД;
- определение рейтинга каждого подразделения по результатам проведённой оценки;
- анализ содержания БД для оценки подразделений и изменение оценок подразделения за заданный промежуток времени.

Для повышения качества принимаемых решений при сложной системе критериев и, прежде всего в динамических ситуациях, необходимо уменьшить общее количество и субъективную составляющую оценок, получаемых экспертным способом. Ошибки и заблуждения эксперта при экспертных оценках и прогнозировании могут быть уменьшены при использовании для получения оценок и прогнозов развития ситуации моделей динамики анализируемой ситуации на основе когнитивных карт.

Для решения проблемы интеграции когнитивной и иерархической моделей предлагается использовать системную методологию построения когнитивной карты ситуации [7], основанную на структурно-функциональной декомпозиции ситуации и описании её в структурном и функциональном аспектах.

В предлагаемой интегрированной модели, основанной на построении когнитивной карты ситуации, факторы связываются с близкими по смыслу листовыми критериями. В этом случае эксперт генерирует альтернативы, а прогнозы их применения получаются с использованием когнитивной модели и передаются для оценки в оценочную иерархию. Число альтернатив управления динамической ситуацией в этом случае неограниченно, а добавление новой альтернативы не приводит к необходимости дополнительной экспертной работы.

Для создания такой интегрированной модели поддержки принятия решений в динамических ситуациях предлагается построение расширенной динамической нечеткой когнитивной карты [8], в виде специальной G -сети [9], определенной конфигурации в которой:

- вершины G -сети соответствуют приращениям факторов, взвешенные дуги – взаимовлияниям факторов, а состояние равновесия карты определяется нулевым вектором приращений;
- возмущающие воздействия инициируют в карте переходный процесс, который завершается установлением равновесия (нулевого вектора приращений) до поступления следующего возмущения (условие устойчивости).

Структура G -сети определяется как

$$S = (P, T, K),$$

где $P = \bigcup_{i=1}^I p^i$, $P^i = (p^i_1, p^i_2, \dots, p^i_n)$ – конечное множество позиций i -типа;

I – количество типов позиций, $I, n \geq 0$;

$T = \bigcup_{j=1}^J T^j$, $T^j = (t^j_1, t^j_2, \dots, t^j_m)$ – конечное множество переходов;

J – количество типов переходов, $J, m \geq 0$;

$P \cap T = \emptyset$; $K: P \times T \cup T \times P \rightarrow N$ – отношение инцидентности.

Структура G -сети подобна структуре ординарной сети Петри, то есть каждый переход и позиция связаны не более чем одной дугой. В то же время, принципиальным отличием является наличие различных типов позиций и переходов.

Каждая позиция G^* -сети маркируется некоторым количеством маркеров. Маркировка M -сети представляет собой вектор маркировок каждой позиции. Маркерами в G^* -сети являются слова, составленные из символов алфавита A , а маркировка M определяется как отображение:

$$P \rightarrow (A^*)^@,$$

где $(A^*)^@ = A^* \times A^* \times A^* \times \dots$

Маркировка G^* -сети может изменяться посредством выполнения переходов. Выполнение перехода состоит из удаления одного маркера из каждой входной позиции и добавления одного маркера в каждую выходную позицию. Переход может выполняться, только если он возбуждён, условия возбуждения зависят от вида маркеров, находящихся во входных позициях. Выполнения переходов образуют работу сети. Вид удаляемых и добавляемых маркеров определяется по правилам, которые подобны продукциям в системе Поста. Каждое правило можно представить как несколько продукций, которые имеют несколько левых и несколько правых частей. В остальном они подобны. Можно показать, что для любой системы Поста можно построить G^* -сеть такую, что её язык маркеров будет совпадать с множеством теорем системы Поста.

Так если ввести класс строго иерархических G^* -сетей, где каждому переходу может соответствовать подсеть нижнего уровня, то с использованием языка G^* -сетей можно показать, что класс строго иерархических G^* -сетей строго мощней классов G^* -сетей и простых сетей Петри. Следует отметить, что иерархические сети следует рассмотреть отдельно.

G^* -сети по своим свойствам наиболее близки к раскрашенным сетям Петри, однако имеют несколько существенных отличий: конструктивный способ задания бесконечного множества маркеров, подходящих для возбуждения перехода, гибкое определение выходных маркеров. Эти и другие особенности G^* -сетей позволяют выделить следующие достоинства их использования:

- возможность семантического анализа программ и алгоритмов, основанного на проверке символьных выражений, являющихся результатами работы программы или алгоритма,
- возможность контроля данных во время исполнения программы или алгоритма;
- возможность анализа свойств G^* -сети с использованием перехода к более простым моделям – сетям Петри.

Введённая G -сеть приращений применяется для учёта взаимовлияний факторов в "оценочном" блоке, а также в процессе целеполагания для учёта взаимовлияния индикаторов целей.

Конкретный вид G -сети для когнитивной модели может быть получен в результате имитационного моделирования конкретной системы с последовательной "свёрткой" элементов с целью их минимизации в специально разработанной системе моделирования.

Таким образом, рассмотрена существующая система оценки эффективности деятельности РСЧС и подход к построению системы оценивания решений и динамических моделей ситуации в виде когнитивной карты. Когнитивная модель позволяет получить оценку и обоснованные прогнозы развития ситуации, что повышает качество решений, принимаемых в слабоструктурированных динамических ситуациях. Предлагается построение расширенной динамической нечёткой когнитивной карты в виде специальной *G*-сети.

Литература

1. **Положение** о Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (Утв. Указом Президента Российской Федерации от 11 июля 2004 г. № 868). <http://www.mchs.gov.ru>.

2. **Тетерин И.М., Климовцов В.М., Прус Ю.В.** Методология разработки экспертных систем для оперативного управления пожарными подразделениями // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. № 5 (21). 2008. 68 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.

3. **Геловани В.Л. и др.** Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. М.: Эдиториал УРСС, 2001.

4. **Ногин В.Д.** Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: Физматлит, 2002.

5. **Саати Т.** Анализ иерархических процессов. М.: Радио и связь, 1993. 315 с.

6. **Программный комплекс** "Оценка интегрального показателя по дереву частных показателей". С.-Пб.: Литера. 2012.

7. **Кулинич А.А.** Методология когнитивного моделирования сложных плохо определенных ситуаций // Труды второй международной конференции по проблемам управления. М.: ИПУ РАН, 2003. С. 219-227.

8. **Рутиковская Д., Пилиньский М., Рутиковский Л.** Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского. М.: Горячая линия – Телеком, 2006. 452 с.

9. **Питерсон Дж.** Теория сетей Петри и моделирование систем. М: Мир. 1984. 264 с.