

МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ ГРУППИРОВОК СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ПРОТИВОДЕЙСТВИИ КОМПЛЕКСНЫМ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ

Abstract. The article presents a method of automated synthesis of the structure of forces, means and resources in the design of a comprehensive response to emergency situations, which is based on the method of artificial intelligence – logical programming.

Важнейшей составной частью единой государственной системы предупреждений и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) являются её силы и средства (СиС). От оперативного и правильного формирования группировок СиС во многом зависит успех проведения операций направленных на ликвидацию ЧС, спасение людей и имущества.

Динамизм изменения обстановки в районе возникновения ЧС, сокращение времени на реагирование и ликвидацию ЧС, ограничение выделяемых финансовых ресурсов при требуемом уровне эффективности управления требуют от лица принимающего решение адекватных действий, достигаемых, прежде всего, за счет оперативного многовариантного планирования задач по ликвидации ЧС.

Определения

Чрезвычайная ситуация – событие, которое соответствует определенной отдельной позиции классификатора чрезвычайных ситуаций МЧС и является цельным, неделимым по месту и территории протекания.

Комплексная ЧС (КЧС) – совокупность нескольких простых ЧС, которые проходят одновременно и противодействие которым строится на общей системе сил, средств и ресурсов.

Группа сил и средств – объединение СиС, предназначенных для преодоления простой ЧС (отдельной или в составе КЧС) в пределах определенной технологии противодействия, способных к этому на основании достаточности всех необходимых компонент суммарного вектора мощностей, способных достичь места событий и обеспеченных необходимым фронтом работ.

Группировка сил и средств (ГСС) – совокупность групп СиС, способная преодолеть все составные части КЧС и обеспеченная всеми необходимыми ресурсами (вектором ресурсов) в границах ресурсных ограничений региона.

Постановка задачи

Для заданной КЧС, исходя из имеющихся в наличии в регионе доступных для использования СиС, необходимо построить и оценить полную совокупность возможных ГСС, способных достичь места события и преодолеть КЧС не превысив при этом лимита доступных ресурсов.

Исходные данные задачи:

ЧС определяется: местом действия ЧС, классом ЧС, множеством СиС необходимых для ликвидации ЧС, вектором мощностей ЧС (совокупность производственных или "боевых" мощностей для всего спектра видов работ (действий), необходимых для преодоления ЧС в пределах определенной технологии противодействия и определенного времени), вектором ресурсов региона ЧС (совокупность ресурсов различных видов, которые находятся в регионе протекания простой или КЧС, необходимых и достаточных для ее преодоления).

Доступные СиС региона задаются: классом СиС, вектором мощностей единицы СиС (совокупность производственных или "боевых" мощностей единицы СиС по всем видам работ, которые она способна выполнять), вектором ресурсов для единицы СиС (совокупность различных видов ресурсов, необходимых и достаточных для применения единицы СиС для противодействия ЧС определенного класса), ограничением по типу пути (совокупность типов дорог, по которым может передвигаться СиС), местом (пунктом) дислокации СиС в регионе.

Топология региона задается: системой пунктов размещения СиС и пунктов локализации ЧС в составе КЧС, дорожной сетью региона (задаются данные о существовании и качестве дорог, которые связывают между собой пункты).

В задаче вводятся ограничения на ресурсы доступные в регионе КЧС.

Описание метода

Предложенный метод автоматизированного синтеза структуры ГСС основан на следующих широко известных и применяемых методах искусственного интеллекта [1].

Рассмотрим основные шаги метода, которые необходимо предпринять, чтобы выполнить синтез ГСС (рис. 1).

Декомпозиция задачи синтеза ГСС на подзадачи

Для решения задачи синтеза структуры ГСС необходимо предварительно выполнить разбиение общей задачи ликвидации КЧС на иерархическую совокупность отдельных подзадач (действий). Результатом такой декомпозиции задачи будет ее представление в виде И/ИЛИ-графа подзадач. Вершины И/ИЛИ-графа (рис. 2) соответствуют подзадачам, а связи между вершинами – отношениям между подзадачами. Следует отметить, что в данном методе рассматривается И/ИЛИ-граф только с И-вершинами (далее И-дерево).

Каждая из подзадач И-вершины имеет условия для своего решения. Подзадача может быть решена при условии решения (или не решения) ряда других, подчиненных подзадач, а также может быть одним из условий решения других, высших по иерархии подзадач.

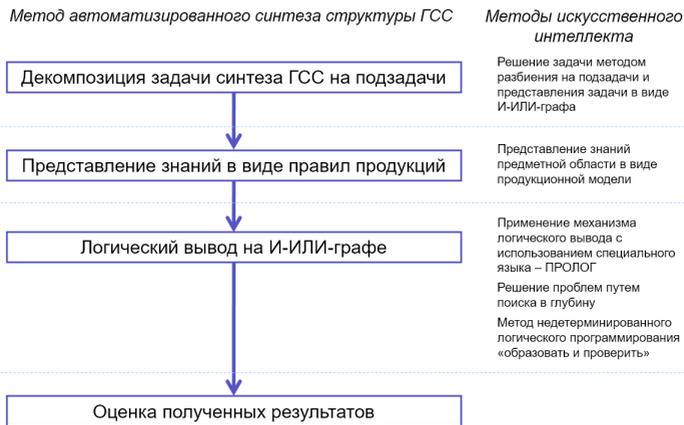


Рис. 1. Основные шаги метода автоматизированного синтеза структуры ГСС

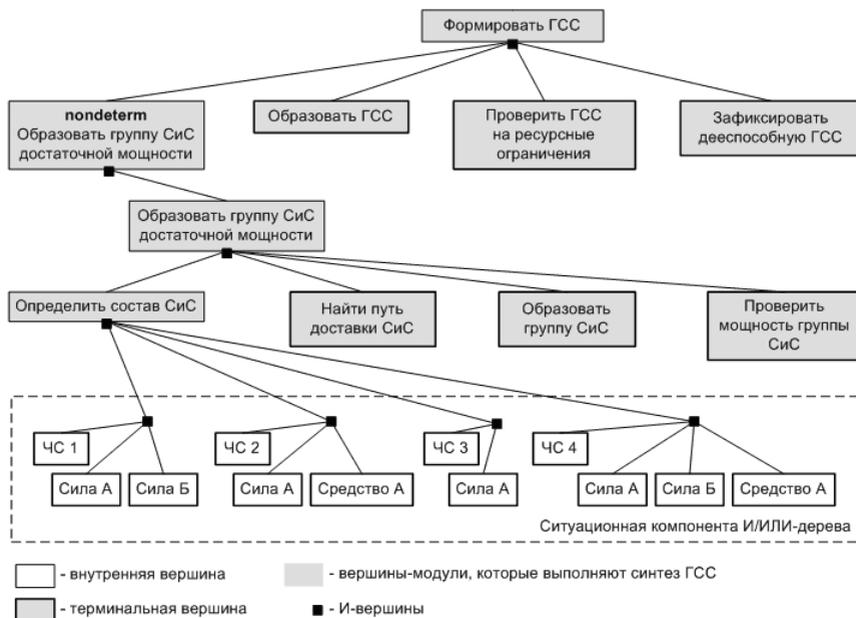


Рис.2. Представление задачи синтеза ГСС в виде И-дерева

И-дерево состоит из двух частей: стандартной и ситуационной. Стандартная компонента является постоянной, универсальной и не зависит от структуры, класса и параметров КЧС. Ситуационная компонента И-дерева определяется характером всех составляющих КЧС и описывает необходимые классы СиС противодействия для каждой отдельной ЧС в составе КЧС. Данная составляющая строится для каждой новой КЧС и включается в И-дерево, путем добавления к вершине <Определить состав СиС>.

В И-дереве представлена полная совокупность шагов (подзадач), которые необходимо предпринять, чтобы решить задачу синтеза структуры группировок ССР.

В терминальных (целевых) вершинах И-дерева решаются следующие подзадачи:

- Терминальная функция <ЧС> и связанные с ней <Сила>, <Средство> выполняют поиск в базе данных необходимых для ликвидации отдельно взятой ЧС единиц СиС.

- <Найти путь доставки СиС> – анализирует возможные пути доставки конкретной единицы СиС в район ЧС и строит соответствующую совокупность возможных вариантов пар СиС-Путь.

- <Образовать группу СиС> – выполняет синтез комбинаций пар данных СиС-Путь в пределах определенного для отдельной ЧС ограничения на фронт работ и необходимого состава СиС. Т.е. формируются варианты проектов групп СиС для всех ЧС региона.

- <Проверить мощность группы СиС> – проверяет состав каждой группы на достаточность мощности по всем компонентам вектора работ, которые необходимы для ликвидации отдельной ЧС. Группы, недостаточные по общей мощности хотя бы для одного вида работ, с перечня проектов групп исключаются и перемещаются в отдельную базу данных недееспособных групп СиС.

- <Образовать ГСС> – из дееспособных групп СиС строится ГСС, которая способна по показателям мощности преодолеть все отдельные ЧС в составе КЧС.

- <Проверить ГСС на ресурсные ограничения> – каждая ГСС проверяется на выполнение ресурсных ограничений по всему вектору ресурсов. Группы, которые превысили ограничения, перемещаются в отдельную базу данных недееспособных ГСС.

- <Зафиксировать дееспособную ГСС> – выполняются операции, которые обеспечивают фиксацию в базе данных результатов каждого дееспособного формирования, в качестве отдельного решения задачи.

Особую роль выполняет вершина, которая обеспечивает недетерминированный поиск всех возможных альтернатив группировок СиС для разных комбинаций необходимых СиС, путем использования известного в логическом программировании механизма возвратов [2]. Процесс поиска альтернатив продолжается итерационно до тех пор, пока в процессе образования групп СиС не будут исчерпаны все возможные комбинации необходимых СиС.

При решении задачи синтеза структуры группировок ССР применяется метод недетерминированного программирования “образовать и проверить” [2]: когда один процесс генерирует множество предполагаемых решений задачи (процессы образования групп СиС и ГСС), а другой процесс проверяет эти предполагаемые решения, пытаясь найти те из них, которые действительно являются решениями задачи (процессы проверки мощности группы СиС и проверки ГСС на ресурсные ограничения).

Представление знаний в виде продукционной модели

Построенное на предыдущем шаге И-дерево представляется в виде упорядоченного множества правил продукций вида:

<Имя Правила>: ЕСЛИ <Условие> ТО <Цель>,

где <Условие> – логическое высказывание, состоящее из имен отдельных фактов или целей (действий), которые сами могут иметь сложную структуру и объединятся между собой логическими связями: И, ИЛИ, НЕТ [3]; <Цель> – название отдельных действий или целей. Каждое элементарное правило определяет условия выполнения действий по <Цели>.

При таком описании стандартная компонента И-дерева задается множеством правил один раз и не требует дальнейшего уточнения. Терминальные вершины, в которых выполняются решения отдельных подзадач, задаются более сложными ЕСЛИ-ТО правилами и могут содержать вычислительную часть, описанную в отдельных предикатах. Исходные данные метода (топология региона, доступные СиС региона, параметры ЧС) задаются в виде множества фактов.

Для формирования продукционной модели необходимо представить описание И-дерева и исходных данных метода в виде правил и фактов,

По своей математической природе ЕСЛИ-ТО правила являются элементами логической программы, а не данными. Исходя из этого, схема предоставления знаний (база знаний) должна быть программой, которая содержит большое количество правил и фактов. При их изменении должна изменяться и программа. Это неизбежно ведет к созданию больших и ресурсоемких программ, которые требуют постоянного вмешательства разработчика, так как база знаний является закрытой.

Наиболее приемлемой для построения базы знаний является схема, реализованная в данном методе:

- разрабатывается способ хранения информации в виде фактов базы данных;
- строится единый унифицированный программный блок обработки (интерпретации) фактов базы данных, который реализует соответствующие ЕСЛИ-ТО правила и выполняет функцию базы знаний.

Такая база знаний становится унифицированной программой, открытой для ввода новых классов задач через управление базой данных. При этом для решения новых классов задач требуется создание незначительного количества

дополнительных унифицированных программных блоков.

Интерпретатор и его база данных – ключевая интеллектуальная часть программного обеспечения для автоматизированного синтеза ГСС.

Логический вывод на И-ИЛИ-графе с использованием специального языка – ПРОЛОГ.

Решения задачи синтеза структур ГСС, представленной И-деревом, выполняется путем логического вывода на И-ИЛИ-графе. Стратегия поиска в глубину предусматривает систематический просмотр И-ИЛИ-графа и легко программируется.

Для реализации метода автоматизированного синтеза структуры ГСС используется специальный декларативный язык логического программирования ПРОЛОГ [4] и разработанный на его основе интерпретатор для синтеза структуры ГСС.

В результате работы интерпретатора формируется множество всех возможных решений задачи – группировок СиС: дееспособных и недееспособных. Такой метод полного перебора гарантирует решение задачи, если оно существует.

Интерпретатор построен, как универсальный логический программный механизм, который работает по декларативному принципу действия. Интерпретатор решает недетерминированную задачу построения полной совокупности решений для многоуровневого И-дерева, которое является одной из форм описания иерархической разветвленной сети ЕСЛИ-ТО правил. Каждое поддерево решений является алгоритмом действий, которые приводят к успешному достижению главной цели задачи.

Включение интерпретатора в состав механизмов логического вывода позволяет построить открытую базу знаний, в которой интерпретатор реализует механизм логического вывода на И-дереве. Изменяя наполнение базы данных интерпретатора, можно полностью изменить логический смысл и предмет анализа решаемой задачи.

Оценка полученных результатов.

В общем случае, при проектировании мер противодействия КЧС, должны существовать различные комбинации СиС в составе группировок, которые удовлетворяют всей системе ограничений. В этом заключается недетерминизм задачи. Неоднозначность решений открывает возможность для выбора лучших из них и проведения дальнейшей оптимизации.

Сравнение, оптимизация и окончательный выбор группировок СиС должны проводиться по следующим показателям:

– *коэффициент запаса* по всем компонентам вектора мощностей для всех отдельных ЧС в составе КЧС;

– *коэффициент использования* доступных ресурсов по всем компонентам вектора ресурсов региона.

Возможна ситуация, когда на действующей системе ограничений для

заданной КЧС решение отсутствует. В таком случае необходимо проведение анализа исключенных на этапе логического вывода вариантов решения. Данные об исключенных вариантах ГСС также могут быть востребованы для аргументации результатов синтеза.

Несмотря на общий недетерминизм задачи синтеза ГСС, каждое отдельное решение имеет детерминированный характер, который соответствует необходимой четкой однозначности управленческих решений по формированию ГСС.

Выводы

Сформулирована и формализована задача синтеза структуры ГСС для эффективного противодействия усложненной КЧС.

На основе использования методов недетерминированного логического программирования создан метод многовариантного синтеза и оценки состава и структуры доступных и дееспособных ГСС.

Разработка метода автоматизированного синтеза структуры группировок сил, средств и ресурсов, базирующегося на современных методах искусственного интеллекта, открывает новые перспективы в совершенствовании информационного обеспечения процессов управления оперативными действиями по ликвидации ЧС, способствует повышению качества управления СИС ликвидации ЧС, принятию научно-обоснованных решений.

1. *Люгер Дж. Ф.* Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е издание. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2003.–864 с.
2. *Стерлинг Л., Шапиро Э.* Искусство программирования на языке Пролог. – М.: Мир, 1989. – 388 с.
3. *Братко И.* Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1990.– 560 с.
4. *Клоксин У., Меллиш К.* Программирование на языке Пролог. – М.: Мир, 1987. – 336 с.
5. *Bratko I.* Prolog Programming for Artificial Intelligence. – Pearson Education Canada, 2012. – 696 с.
6. *Марков В.Н.* Современное логическое программирование на языке Visual Prolog 7.5 – СПб.:БХВ-Петербург, 2015. – 534 с.
7. *Аристов В.В., Коломиец Е.А., Кондращенко В.Я., Яловец А.Л.* Функции и структура системы поддержки оперативных решений (СПОР). // «Моделирование-2006»: Сборник трудов конференции (16-18 мая 2006 г.). – Киев: ИПМЭ им. Г.Е.Пухова НАН Украины, 2006. – С.21-24.
8. *Аристов В. В., Коломиєць Є. А., Кондращенко В. Я., Яловець А. Л.* Система підтримки оперативних рішень («СПОР»). – Свідectво про реєстрацію права на твір № 13585. – Державний департамент інтелектуальної власності України, 2005.

<http://doi.org/10.5281/zenodo.3860726>

Поступила 16.09.2019р.