

М.В. ШТУКИН

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Предлагается технология для анализа и управления в чрезвычайных ситуациях, которая обеспечивает рациональный логический вывод и позволяет получить управленческие решения за счет выделения квантов знаний из прецедентной базы микроситуаций; в отличие от существующих уменьшает риски принимаемых решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций с минимальными затратами.

Актуальность. Многие страны, в том числе и Украина, имеют проблемы, связанные с необходимостью разработки эффективных информационных технологий оптимизации принимаемых решений для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) в кратчайшие сроки с наименьшими затратами. Такую проблему необходимо решать в условиях многокритериальности и неопределенности анализируемой информации о процессах, которые характеризуют ЧС. ЧС - это ситуация, которая имеет геоинформационный контекст, сложилась в результате опасного природного явления, катастрофы, стихийного бедствия. Такая ситуация может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Для ЧС характерны следующие особые явления: геофизические, геологические, метеорологические, агрометеорологические, морские гидрологические, гидрологические, природные пожары, инфекционная заболеваемость людей и сельскохозяйственных животных, поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями. Близкими к ЧС являются экологические чрезвычайные ситуации, вызванные экологическими обратимыми и не обратимыми явлениями. Результатом ЧС является вред наносимый природе, человеку, объектам экономики, социальной сферы, окружающей природной среде, а также изменения обстановки, произошедшие вследствие этого.

В этой связи актуальным является мониторинг и прогнозирование ЧПС – наблюдение, контроль и предвидение опасных процессов и явлений природы, являющихся источниками чрезвычайных ситуаций, а также динамики развития чрезвычайных ситуаций, определение их масштабов в целях решения задач предупреждения и организации ликвидации бедствий.

Возникновение ЧС для большинства природных явлений обусловлено в первую очередь объективно существующими не контролируруемыми человеком явлениями в окружающей среде. Зарождение и развитие неблагоприятных стихийных явлений (землетрясений, тайфунов, наводнений, цунами и т.д.) должно объективно фиксироваться множеством преобразователей информации и характеризоваться разнородными параметрами с различными измерительными шкалами. Параметры для ЧС имеют различную значимость, точность, влияние на контролируемую ситуацию. Информация о ЧС может стареть и не всегда быть

полезной при анализе и выборе эффективного или оптимального управляющего воздействия с минимальным риском для жизнедеятельности человека в аналогичных ситуациях в будущем.

В Украине существует достаточно значительная опасность возникновения катастрофических наводнений и затоплений, снежных заносов и лавин, лесных и торфяных пожаров, ураганов, оползней, которые приносят много социальных и экономических потерь.

Актуальность исследований в области принятия решений для ликвидации последствий ЧС обусловлена необходимостью решения ряда задач. Нужно исследовать процесс создания моделей предметной области и методов оптимизации в условиях многокритериальности принятия решений и неопределенности исходных данных для минимизации риска жизнедеятельности человека. Необходимо исследовать представление и формирование знаний о контролируемой ЧС и прошедших, подобных ситуациях, вывод (поиск решения) на основе формализованных знаний, получаемых на базе знаний прецедентов, качественных и количественных данных.

Постановка задачи. Следует разработать технологию для анализа и управления, которая обеспечит рациональный логический выбор управляющего решения в условиях неопределенности и многокритериальности для ликвидации последствий ЧС.

Новизна. Для решения задач управления при ликвидации последствий ЧС необходимо разработать адаптивный метод, который отличается от существующих более качественной оценкой ситуаций в заданный срок и с минимальными экономическими и социальными рисками в ЧС. Метод должен предусматривать неформально-многокритериальное оценивание альтернатив посредством внешнего критерия их полезности, в котором в отличие от существующих подходов не применяется обобщенный критерий с взвешенными локальными критериями, что значительно улучшает качественные и временные характеристики оптимизации принятия решений. Кроме этого, необходимо моделировать ситуации в условиях априорной неопределенности относительно объектов управления. В отличие от существующих методов моделирования контролируемая ситуация должна представляться как объединение случайных событий причинно-следственными связями, адаптации с прецедентными знаниями и интеллектуальной технологией принятия решений. При разработке технологии выбора рациональных управленческих решений необходимо обеспечить минимизацию времени и средств поиска рациональных решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Решение. В [1,2] для рассматриваемой проблемы была поставлена в общем виде *многокритериальная задача принятия решений (МЗПР)*:

$$z^* = \arg \operatorname{extr}_{z \in Z^c} \Theta \left[\langle k_j(z) \rangle \right], \quad \forall j = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где Θ – некоторая *регуляризирующая* процедура, позволяющая выбрать *единственное* решение z^* из области *компромиссов* Z^c согласно определенному *принципу оптимальности*.

В (1) необходимо определить параметры, от которых зависят принимаемые решения - $z \in Z^c$. В связи тем, что причины возникновения предшествующих ЧС полностью не могут совпадать с текущими, контролируемыми параметрами окружающей среды, в данном исследовании целесообразно использовать понятие микроситуации [3] $Msit$. $\{Msit\}$ определено на множестве количественных данных об окружающей среде – $\{X\}$. В результате дисперсионного анализа $\{X\}$ ранжируются по степени влияния. При решении поставленной задачи МЗПР при выделении квантов знаний [1,2] из качественных данных об удачных управленческих решениях для уже прошедших ЧС можно использовать микроситуационную базу прецедентов $\{Msit^Z\}$. Тогда

$$z = \langle Sit, Res \rangle, \quad (2)$$

где Sit – проблемная ситуация (ПС), которая описывает состояние контролируемой среды, где возник прецедент; Res – решение об использовании средств и ресурсов для ликвидации последствий ЧС.

Микроситуационный прецедент – это описание чрезвычайной ситуации в совокупности с подробным указанием ранее используемых при ликвидации последствий ЧС удачных действий руководящих структур, которые специализируются на применении средств и ресурсов при ликвидации последствий ЧС; предпринимаемых в чрезвычайной ситуации для решения данной проблемы. Прецедент П можно представить тройкой:

$$П = \langle \text{Sit}, \text{Res}, \mathfrak{S}, \text{Sred} \rangle, \quad (3)$$

где Sred – результат, который описывает состояние контролируемой среды после принятия решений при ликвидации последствий ЧС, \mathfrak{S} – множество управляющих действий.

В связи с рассматриваемой проблемой следует различать два вида ситуаций: ситуация, которая может восприниматься как чрезвычайная – Sit^z , и ситуация, которая может восприниматься как не чрезвычайная – Sit^{nz} . Данные ситуации представляют окружающую среду множеством наиболее значимыми количественными, измеряемыми или контролируемыми параметрами. Например, для анализа ситуации, связанной со сходом снежных лавин, обычно фиксируются такие характеристики как: температура, атмосферное давление и влажность воздуха, скорость ветра, количество выпавших осадков, плотность снежного покрова, наклон склона горы, характеристики подстилающей поверхности склона (количество растений на единице площади). Кроме этого, экспертами могут быть представлены качественные данные типа – «ЕСЛИ», «УСЛОВИЕ», «ТО» (как следствие наступает ЧС – Sit^z или нет опасности – Sit^{nz}).

В свою очередь каждая из рассматриваемых ситуаций Sit может представляться определенным набором микроситуаций [3] $\text{Msit} = \{ \text{Msit}_i \}, i = \overline{1, n}$, каждая из которых соответствует определенной группе рассматриваемых типов данных среды возникновения ЧС и отражающих, с одной стороны, достоверную вероятность наступления ЧС, а с другой — характеризующих вероятность не возникновения ЧС.

Иными словами, опасные ситуации – Sit^z представляют собой однородное по типам данных объединение различных микроситуаций $\text{Sit}^z = \bigcup_i \text{Msit}_i^z$, нелавинноопасные ситуации Sit^{nz} представляют объединение $\text{Sit}^{nz} = \bigcup_i \text{Msit}_i^{nz}$. Каждая такая микроситуация отражает в определенной мере вероятность наступления либо опасной, либо не опасной ситуации в целом с точки зрения определенного типа (групп) данных при различных их значениях, которые и характеризуют рассматриваемые ситуации. Таким образом, в целом результаты оценивания вероятности отнесения исследуемых данных к классам, которые описывают либо опасные, либо не опасные ситуации можно рассматривать как основу перехода к формированию соответствующих систем микроситуаций, данные относительно которых составляют для формирования базы квантов знаний информационно-аналитической ГРИД системы управления кризисными ситуациями.

В [1,2] было установлено, что наиболее универсальным решением рассматриваемой проблемы является принцип оптимальности, состоящий в формировании на множестве частных критериев $\{k_i(z)\}, i = \overline{1, n}$ обобщенного скалярного критерия. Его называют функцией полезности $П(z)$:

$$П(z) = Q [\lambda_i, k_i(z)], i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где λ_i – коэффициенты изоморфизма, приводящие разнородные частные критерии $k_i(z)$ к изоморфному виду; Q – оператор, реализующий процедуру вычисления функции полезности $П(z)$ для всех $z \in Z^C$. Теоретической основой формирования многокритериальных

скалярных оценок (3) является теория полезности [1,2], которая предполагает существование количественной оценки предпочтительности « \succ » решений. Это означает, что если решения

$$z_1, z_2 \in Z^C \text{ и } z_1 \succ z_2, \text{ то } \Pi(z_1) > \Pi(z_2). \quad (5)$$

Следовательно, «полезность» решений является количественной мерой их «эффективности», а МЗПР (1) состоит в выборе наилучшего решения z^* :

$$z^* = \arg \max_{z \in Z^C} \Pi(z). \quad (6)$$

Поставленная цель исследования достигается решением МЗПР (1) путем применения функции полезности вида (6) с оператором Q , который реализуется в рамках фрагмента алгоритма поиска рациональных решений для ликвидации последствий ЧС. При этом используем системный подход целенаправленного принятия решений на микроситуационной базе прецедентных квантов знаний, суть которого заключается в теоретико-множественном представлении.

Назовем целенаправленной системой принятия решений S множество E однородных или разнородных решений. На множестве E задано множество причинно-следственных отношений R и множество моделей $\{Mod\}$ [4], которые для поставленной задачи адаптивно упорядочивают аппаратно – программные элементы $e \in E$ в ГРИД, а именно структуру C :

$$C = \{E \times R\}. \quad (7)$$

В заданной цели ликвидации последствий ЧС для целенаправленной системы принятия решений необходимо разработать систему S , которая должна обладать множеством свойств G . Эти свойства обеспечиваются параллельным и адаптивным к условиям внешней среды выбором средств моделирования ЧС (перестройкой моделирования) [3]) при достижении минимальных значений риска жизнедеятельности человека $\{G\}$, рациональным использованием опыта выделения ресурсов при ликвидации последствий ЧС, для минимизации времени поиска управленческих решений с максимальной эффективностью принятых решений. Отобразим обобщенную цель на множество целей S и выделим некоторое подмножество $G \subset X$ свойств системы, которые позволяют достигать цели путем выбора или синтеза структуры ГРИД системы со структурой C (7) с необходимыми свойствами G . Тогда целенаправленная система принятия решений S определяется упорядоченным множеством, адаптивным для выполнения цели, декартова произведения:

$$S = \{\{E \times R\} \times G\}. \quad (8)$$

Очевидно, область существования $Z(S)$ системы S со свойствами G определяется множеством структур C (7), которые можно находить индуктивно в условиях неопределенности и риска путем обучения системы на знаниях-прецедентах по экономическим, экологическим, социальным и техническим соображениям в области $Z(S)$, по которым накладываются ограничения в виде запретов на использование некоторых элементов $e \in E$ и отношений $r \in R$. В результате выделяется множество допустимых структур, т.е. допустимых решений $Z^C \subset Z(S)$.

Тогда решение МЗПР вида (1) при использовании микроситуационной базы знаний прецедентов квантов знаний осуществимо в 4 этапа:

- 1) определение цели с выделением свойств X системы S для ее достижения;
- 2) индуктивный синтез по обучающим прецедентам допустимого множества структур C (7) как баз знаний, обеспечивающих механизм логического вывода решений;
- 3) определение метрики для сравнения допустимых решений (задача оценивания при минимизации значений риска жизнедеятельности);

4) выбор *наилучшего* варианта решения $z^* \in Z \subset Z(S)$ (задача *оптимизации*).

С учетом постановки задачи исследования (1) и (2) необходимо выделить особенности представления количественных и качественных данных и квантов знаний при моделировании процесса принятия решений [1,4]. В результате применения микроситуационного анализа количественных данных [3,4] можно получить прецедентную базу данных, которая будет использоваться для выделения квантов знаний о рациональных решениях в предлагаемой технологии. Далее в рассматриваемой технологии применяется поиск рациональных решений с применением вывода, основанного на анализе лингвистических, качественных данных экспертов о прецедентах. Предлагается использовать кванты знаний относительно контролируемых проблемных ЧС из предыдущего положительного опыта ликвидации последствий подобных ЧС. Полученная база квантов знаний основывается на нетривиальном выявлении в больших массивах количественных и качественных данных неочевидной, новой, полезной информации.

Предлагаемая технология в конечном итоге приводит к использованию обобщенного понятия ситуации, которое основано на анализе количественных и качественных данных. Структура обобщенной ситуации

$$Sit^{ob} = \{ {}^{kol} Msit_i^{ob}, {}^{kaz} Msit_j^{ob}, Res^z, \mathfrak{S} \}, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M},$$

где ${}^{kol} Msit_i^{ob} = \{ Msit^K, Msit^Z \}$ – обобщенная количественная микроситуация; ${}^{kaz} Msit_j^{ob} = \{ Res^z \}$ – обобщенная качественная микроситуация, которые *образованы понятиями* – элементами окружающей среды, Res^z – необходимые ресурсы (объемы и средства для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций); \mathfrak{S} – множество управляющих действий.

Часть ситуации ${}^{kaz} Msit_j^{ob}$, определяемая парой $\langle Zentr_i, Kon^z \rangle$, называется лингвистической (качественной, смысловой единицей). $Zentr$ центральное понятие, вокруг которого базируется микроситуация. Множество $Kon^z = \{ Otn_i, Vtor_k \}$ является *контекстом* микроситуации для лингвистического, центрального понятия $Zentr$. Множество $Kon^z = \{ kon_i^z \}, i = \overline{1, N}$ выражает отношение Otn_i центрального понятия $Zentr$ к остальным *второстепенным* понятиям $Vtor_k$, участвующими в данной микроситуации. *Отношение* Otn_i – это некоторая зависимость центрального понятия от второстепенных понятий. Для данной микроситуации в качестве второстепенного понятия может выступать понятие, которое является центральным в другой микроситуации

Зачатую сценарии развития последствий ЧС, геоинформационная контекстная информация, принятые решения, мероприятия или принятые решения для ликвидации последствий ЧС, другими словами задействованные при этом ресурсы и результаты принятых мер - это сырая информация, которая представляет собой тексты в электронном виде.

В технологии создания базы квантов знаний из микроситуационной базы прецедентов следует выделить этапы построения множества качественных прецедентов (эталонных) микроситуаций:

1. Описание текущей ситуации предметной области в виде повествовательного текста.
2. Выявление из полученного описания понятий из имеющихся категорий.
3. Поиск связей между данными понятиями.
4. Получение описания для базы квантов знаний на языке представления микроситуаций.

Понятия Pon для рассматриваемой категории $zKat$ получаем в результате выполнения функции выявления понятия $ZVpon$:

$$zPon(ExpText) \rightarrow Pon_i,$$

где Pon_i – выявленные понятия, $i = \overline{1, N}$.

При этом имеем

$$Sit^{ob} \Rightarrow \{ cuPon \},$$

где Sit^{ob} – микроситуация, которой соответствуют $\{cuPon\}$ – множество понятий, являющихся *сущностями* и Otn – множество понятий, выражающих *отношение* между другими понятиями.

Технология поиска прецедентов, действий и ресурсов соответствующих ЧС имеет такую последовательность:

1.Шаг. Выделение из множества кандидатов $\{kanPon\}$ множество *центральных понятий* $Zentr$ или *прецедентов* – $\{Zentr\}$ (существительные, в которых являются подлежащими в предложениях ExpText):

$$\Phi(kanPon) \rightarrow Zentr_i,$$

где Φ – функция выявления кандидатов в центральные понятия – $zPon$.

2.Шаг. Выделение *контекста* или связей (отношений)

$$Otn = kanPon / Kon^z$$

для полученных кандидатов в центральные понятия $Zentr$. Задача заключается в выделении подмножества отношений (ассоциаций) $Otn \subset Otn\Phi_z$.

Элементами множества отношений Otn являются главные, активные и дополнительные связи. Каждый из элементов множества отношений $OtnPon_i \in Otn$ будет связан с определенным центральным понятием $Zentr_i \in Zentr$.

3.Шаг. Формируется множество микроситуаций $Sit^{ob} = \langle Zentr_i, Otn_{Zentr} \rangle$ – *прецедентов*, в котором элементы множеств Otn_{Zentr} являются элементами множества $\{Otn(Pon, \mathfrak{S}, Res)\}$ (понятий, действий и ресурсов). На данном этапе полученные микроситуации еще не являются полными, поскольку элементам множества $\{Otn(Pon, \mathfrak{S}, Res)\}$ еще не сопоставлены второстепенные понятия.

4. Шаг. *Поиск второстепенных понятий*. В качестве второстепенных понятий могут выступать любые элементы множества кандидатов $\{kanPon\}$, независимо от того, попали ли они в множество центральных понятий $\{Zentr\}$, множество отношений $\{Otn(Pon, \mathfrak{S}, Res)\}$ или ни в одно из них. В большинстве случаев второстепенные понятия получают из дополнений к глагольным формам, выделенным ранее. В общем случае второстепенные понятия – это те, на которые ссылаются ассоциации.

Решающее правило представляется в следующем виде:

$$PravResh = Prizn_i,$$

где $Prizn_i$ – отдельный признак.

При подсчете значения решающего правила $PravResh$ каждому из признаков $Prizn_i$ ставится в соответствие значение истины, если данный признак присутствует у понятия, и ложь – в противном случае.

Выводы

В исследовании предложена модель ситуации, которая имеет априорную неопределенность относительно объектов, для которых случайные события объединены причинно-следственными связями. Это позволяет адаптировать модели контролируемой ситуации и информационно-управляющую среду разнопланового моделирования и управления на основе ГРИД системы для минимизации времени и средств поиска эффективных решений при ликвидации последствий ЧС.

Научная новизна. Исследована технология для анализа и управления в чрезвычайных ситуациях, которая обеспечивает рациональный логический вывод и позволяет получить управленческие решения за счет выделения квантов знаний из прецедентной базы микроситуаций. В отличие от существующих она уменьшает риски принимаемых решений при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций с минимальными затратами. Предложен метод для анализа и управления в чрезвычайных ситуациях, который обеспечивает рациональный логический вывод и позволяет получить управленческие решения за счет выделения квантов знаний из прецедентной базы микроситуаций [1-4].

Практическая значимость. Полученные в работе результаты исследования обеспечивают необходимый теоретический и практический базис для построения интеллектуальных подсистем принятия решений с минимальным риском для жизнедеятельности человека в условиях возникновения ЧС.

Список литературы: 1. *Сироджа И. Б., Куземин А.Я., Штукин М. В.* Многокритериальная оптимизация в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // Реєстрація, зберігання і обробка даних. Київ, 2012. Том 14, №2. С. 106 – 115. 2. *Shtukin M.V., Kuzomin O.Ya., Sirodga I.B.* Multi-objective decision marking under conditions of uncertainty and Risk of Knowledge Quantum Engineering Means. International Journal // Information Technologes&Knowledge. 2012. Vol.6.№ 4. P. 377 - 384. 3. *Kuzomin O.Ya., Lyashenko V,* Microsituation Concept in GMES Decision Support Systems, // Intelligent Data Processing in Global Monitoring for Environment and Security. ITHEA. 2011, Sofia (Bulgaria) and Kiev (Ukraine). P. 217 – 239. 4. *Куземин А.Я., Штукин М.В., Ткаченко Б.К.* Методы и модели принятия решений в интеллектуальных системах для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // АСУ и приборы автоматики. 2013. Вып. 162. С. 59 – 67.