

УДК 519.816
ББК 60.050.9(2)

СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ КАТАСТРОФАМ И РИСКАМ

Трахтенгерц Э. А.¹

*(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)*

Рассматриваются сетецентрические методы компьютерного управления подготовкой к противодействию прогнозируемым катастрофам, рискам и динамикой ликвидации последствий произошедших кризисов.

Ключевые слова: сетецентрические методы, группа рисков и катастроф, подготовка к ликвидации последствий рисков и катастроф, оперативное управление ликвидацией последствий рисков и катастроф, информационное управление.

1. Введение

Сетецентрическая концепция – понятие относительно новое и поэтому требует некоторых разъяснений. Она родилась в военной среде на основе анализа и оценки возможностей современных технических средств ведения военных действий. Это понятие было введено в оборот в 1998 году и стало противопоставлением традиционным «платформоцентрическим» взглядам [22]. Сетецентрическая концепция ведения боевых действий заключается в объединении всех поражающих, логистических, информационных, дипломатических, социальных и других средств в сетецентрическую систему, включающую в себя все уровни и направления управления.

¹ Эдуард Анатольевич Трахтенгерц, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник (Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, тел. (495) 334-88-40).

Реализация этой концепции потребовала структурной перестройки войск и изменения методов проведения боевых операций. Она стала возможной за счет того, что преимущества отдельных технологических средств объединяются в единую надежную географически рассредоточенную сетевую систему [23]. Благодаря этому осуществляется принцип массирования результатов, а не массирование сил. Операции начинаются задолго до начала ведения боевых действий и не заканчиваются с их прекращением. За годы, прошедшие с момента рождения концепции «сетевых войн», она не только завоевала своих многочисленных сторонников, но и легла в основу действующих программ развития и совершенствования вооруженных сил США, Китая и ряда других стран. Она широко обсуждается в литературе. Ряд специалистов указывают на серьезные недостатки, выявленные в процессе практической реализации концепции.

Но цель работы не анализ реализации этой концепции в военном деле, а попытка использовать идеи сетевых методов при противодействии рискам и катастрофам. Аналогия с военными действиями возникает потому, что ликвидация последствий катастроф и рисков во многих случаях напоминает по количеству жертв, разрушений, финансовых потерь, масштабов управления и разнообразию применяемой техники достаточно серьезные боевые операции. Аналогия усиливается еще и за счет того, что так же как боевые операции, катастрофы и риски часто происходят группами, одновременно или в течение небольшого временного интервала. Последними примерами катастроф являются: цунами, вызвавшее разрушение населенных пунктов, дорог, радиоактивное заражение и пожары на атомном реакторе в Японии в 2011 г.; авария на буровой установке в Мексиканском заливе в 2010 г., следствием которой стали выбросы очень большого количества нефти в море, уничтожение животного и растительного мира, загрязнение пляжей; аномально жаркая погода в России в 2010 г, породившая лесные пожары, уничтожение огнем населенных пунктов, серьезнейшее задымление крупных городов и потерю около 30% урожая. Наконец, множество кредитных рисков, резкого изменения цен на товары и т.п. часто приводят к экономическим кризисам. То

есть каждая причина – цунами, авария в Мексиканском заливе, аномальная жара, риски кредитования и т.д. – породила новые кризисы разных видов. Поэтому система управления должна обеспечить предварительное планирование предотвращения или смягчения кризисов, а также ликвидации их последствий, корректировку планов с учетом реально произошедшей группы катастроф или рисков и выработку решений в масштабе времени, близком к реальному. Управление такими масштабными процессами, которые могут протекать чрезвычайно быстро, невозможно без использования компьютерных методов, а реализация сетевых методов может оказаться достаточно эффективной.

2. Постановка задачи

Цель работы – рассмотрение сетевых компьютерных методов управления противодействиями различным видам катастроф и рисков средствами и силами, объединенными информационными сетями в единую систему, осуществляющую проведение операций, в которых имеющиеся средства и силы результативно используются в нужном месте, в нужное время, осуществляя принцип массирования результатов. Они включают:

- постоянный компьютерный мониторинг потенциально опасных территорий и объектов для определения необходимых мероприятий по ликвидации последствий каждого вида возможных катастроф и рисков;
- осуществление необходимых мероприятий по подготовке к борьбе с последствиями возможных групп различных катастроф и рисков;
- формирование целей параллельной ликвидации возможных видов групп катастроф и рисков, их синхронизацию, согласование и ранжирование;
- реализация параллельных стратегий целей, их синхронизацию и взаимодействие используемых сил и средств;
- формирование возможного набора параллельных оперативных воздействий, их диспетчеризацию, синхронизацию и маневрирование силами и средствами в динамике управления.

Работа не претендует на охват всех аспектов противодействия катастрофам и рискам. В ней рассматриваются только некоторые компьютерные методы управления этими процессами в свете сетецентрической концепции.

3. Сетецентрическая система мониторинга

3.1. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Мониторинг – это систематическое накопление и обработка данных о состоянии и динамике изменения параметров анализируемого объекта или процесса и представление результатов в удобном для руководителя или эксперта виде. Наиболее близкий русский эквивалент термина мониторинг – «отслеживание, систематический сбор и анализ информации, используемой при принятии управленческих решений». Задачей мониторинга при комплексном управлении подготовкой к ликвидации последствий различного вида катастроф и рисков является своевременная оценка возникновения угроз кризиса каждого вида, анализ динамики их развития и их комплексная оценка. В динамике это сбор и анализ данных о разрушениях и жертвах, потерях от рисков и воздействиях на общественное мнение, вызванных группой катастроф и пропагандистскими выступлениями в СМИ.

Сетецентрическая система мониторинга объединяет средства мониторинга всех уровней и направлений управления в единое целое. Она должна обеспечивать доведение всей необходимой информации до адресатов в реальном времени или близком к нему по мере ее получения и, что очень важно, используя информацию, полученную на всех уровнях и направлениях управления. Такой подход позволяет резко улучшить понимание сложившейся ситуации руководителями всех степеней, повысить уровень взаимодействия и осуществлять синхронизацию усилий по горизонтали и вертикали управления.

Надо отметить, что нарушение хотя бы одного из перечисленных принципов может привести к серьезным осложнениям. Это утверждение подтверждает ставший почти хрестоматийным случай. В ходе наступления в Ираке 2 апреля 2003 г. американ-

скому усиленному батальону была поставлена задача – захватить и удержать большой мост через реку Ефрат. Предварительная разведка на основе спутниковых фотографий показывала, что мост не охраняется и поблизости от него вражеских войск нет. Однако командир батальона при подходе к мосту решил провести традиционную разведку, выслал к мосту разведгруппу. Она выяснила, что улицы ближайшего города, заросли пальм и оросительные каналы были буквально «напичканы» солдатами. Слишком позднее обнаружение противника привело к большим потерям американцев.

Сетецентрическая концепция ориентирована не только на эффективное управление имеющимися техническими, финансовыми и другими средствами, но и на достижение информационного превосходства в экономике, политике, социальной сфере и т.д., обеспечивая способность системы оперативно адаптироваться к быстроменяющейся обстановке и переносить функции стратегического и оперативного управления по вертикали и горизонтали в соответствии с потребностями сложившейся обстановки. Для этого сетецентрический мониторинг должен обеспечивать в реальном времени комплексный многоуровневый анализ потоков малоинформативных в отдельности, а зачастую и противоречивых первичных сведений о появлении новых объектов или процессов. В идеале система должна уметь изменять логику анализа сложившейся обстановки по мере изменения источников информации и полученных новых данных о складывающейся ситуации. Выход из строя одной или нескольких локальных подсистем мониторинга не должен привести к коллапсу всего сетецентрического мониторинга. Ниже приведены два примера из совершенно разных областей сетецентрического мониторинга, иллюстрирующих разнообразие его методов и приложений анализа.

3.2. МОНИТОРИНГ ПОТЕНЦИАЛЬНО КАТАСТРОФООПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Поскольку рассматривается комплексное планирование проведения мер противодействия группе прогнозируемых катастроф, то в зависимости от сложившихся условий должны отслеживаться параметры, характеризующие те виды катастроф,

которые могут на них произойти. Это химические, радиационные катастрофы, цунами и вызываемые ими последствия, пожары, разного рода взрывы и т.д. Естественно катастрофы могут иметь комбинированный характер, например, произошедшие одновременно или с небольшим временным интервалом взрыв, пожар и заражение химическими веществами. Особенности мониторинга, связанного с ликвидацией последствий катастроф в условиях информационного общества, состоят не только в необходимости мониторинга информационных воздействий СМИ и специальных средств оповещения, но и в организации их влияния на поведение населения в период подготовки к ликвидации последствий возможных катастроф разных видов.

На степень разрушения промышленных, жилых помещений и число жертв при катастрофе могут влиять: характер местности, характер строений, уязвимость систем жизнеобеспечения, объекты повышенной опасности – атомные станции, химические производства и склады, базы боеприпасов; уязвимость средств связи, влияние катастроф на состояние дорог, типы и количество имеющихся транспортных средств и т.д. Соответственно параметры этих объектов и динамика их изменений должны отражаться в процессе мониторинга среды, на которой могут возникнуть катастрофы.

Источниками информации при проведении мониторинга могут быть самые различные: от показаний датчиков и ручного ввода данных до информации со спутников. При оценке последствий катастроф и формировании целей и стратегий (сценариев) их ликвидации можно исходить из разных принципов: подготовки к максимально возможным воздействиям (они случаются редко, но вызывают чрезвычайно тяжелые последствия, особенно если их не предусмотреть); подготовки к «средним» воздействиям (по данным статистики, прогнозам, субъективным экспертным оценкам); наконец, подготовки часто происходящих «относительно небольших» катастроф. Каждый такой подход имеет свои недостатки и достоинства, они очевидны. Выбор подхода определяется многими факторами, в том числе и имеющимися ресурсами, менталитетом руководителя, психологией общества и др.

При формировании оценок угрозы необходимо учитывать не только параметры, влияющие на степень разрушения и число жертв, перечисленные выше, но и параметры катастрофы и риска, например, магнитуду землетрясения, высоту и скорость волны при цунами, силу взрыва, параметры экономического кризиса и их взаимосвязь, если она есть. В зависимости от этих параметров значения критериев, определяющих степень разрушения, будут меняться. Поэтому в процессе планирования противодействия прогнозируемой группе катастроф необходимо генерировать контрмеры для каждого возможного набора параметров каждого вида катастроф. Исходя из этого, схему процессов мониторинга можно представить в виде рис. 1.

При сетцентрическом планировании ликвидации последствий катастроф различного вида необходимо в первую очередь определить диапазоны их возможных параметров. Если определение нижнего предела этих параметров обычно затруднения не вызывает, то определение верхнего предела во многих случаях является достаточно сложной задачей. Например, самое сильное из зарегистрированных цунами было вызвано землетрясением с магнитудой 9,5 баллов по шкале Рихтера в Чили в 1960 г., высота волны достигала 10–11 м, а скорость – 100 км/час [12]. Других землетрясений с такой магнитудой, вызванных цунами, не зафиксировано.

Землетрясение в Японии в 1911 г. оценивается в 8,8–9 баллов по шкале Рихтера, высота волны по разным оценкам определяется от 10 до 40 м, а скорость – свыше 30 км/час. Важно отметить, что при проектировании АЭС в Японии возможность возникновения цунами такой силы не предусматривалась, что и вызвало катастрофические последствия: пожар, взрывы на атомном реакторе и радиационное заражение окружающей местности. Этот пример показывает, что даже при проведении серьезнейших исследований, связанных с проектированием и строительством одной из 25 крупнейших атомных электростанций в мире, которые осуществляла известная американская корпорация *General Electric*, допускаются трагические ошибки [8]. Поэтому к определению верхней границы параметров возможной катастрофы надо относиться очень тщательно.

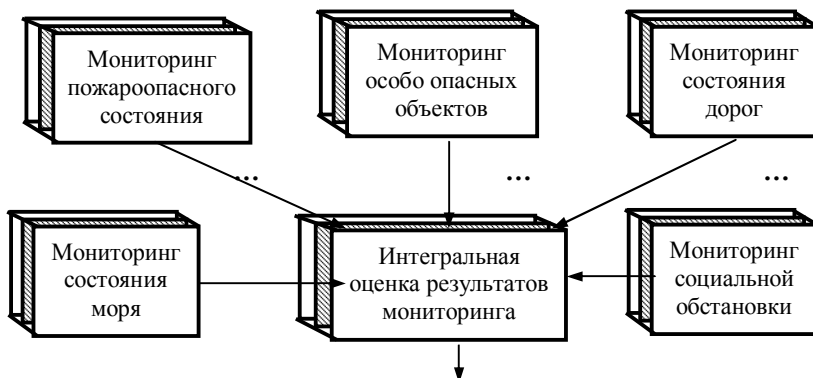


Рис. 1.

Примечание. Штриховка на рис. 1 обозначает множество различных наборов значений параметров катастроф одного вида.

Одной из возможных процедур формирования этих оценок сетевидной системой может быть следующая.

1. Система предлагает экспертам и руководителям разных уровней и направлений сообщить свои оценки максимального уровня параметров, по возможности с информацией об известных катастрофах.

2. Система сводит полученные данные в таблицу и высвечивает ее на дисплеях. Если оценки сильно расходятся, руководитель организует их обсуждение – переход к п. 3. Если они близки, то система производит их автоматическое согласование и процедура окончена. Некоторые процедуры автоматического согласования рассмотрены, например, в [17, 21].

3. Система предлагает экспертам после обсуждения снова зафиксировать свои оценки, согласовывает их и высвечивает на дисплеях экспертов.

4. Эксперты могут изменить свои оценки с учетом согласованного значения. Система опять производит автоматическое согласование, результаты которого представляются на утверждение руководителю. Если руководитель его утверждает – процедура окончена. Если нет – повторение п. 3.

После того как определены границы возможных значений параметров каждого вида возможной катастрофы в каждом катастрофоопасном районе, они разбиваются на диапазоны. В каждый диапазон включается набор параметров, который может определить последствия вида катастрофы. Разбиение на диапазоны может произвести либо сам руководитель, либо предложить это сделать экспертам, и затем система согласует их предложения.

Каждый параллельный процесс мониторинга, отслеживающий свой вид катастрофы и риска на своей территории, может осуществляться своими методами, используя и анализируя разные методы и источники информации с разной периодичностью, учитывая взаимное влияние протекающих катастрофических процессов. Результаты всех процессов мониторинга обобщаются, и интегральные оценки сравниваются в определенные моменты времени.

Специфику анализа каждого вида кризисов покажем на двух примерах: моделирование атмосферного переноса радиоактивного вещества и оценка затрат на восстановление разрушенных цунами объектов. Моделирование атмосферного переноса радиоактивных веществ, вследствие радиоактивного выброса серией последовательных облаков, попадающих в атмосферу с момента аварии t_1 в течение времени t_k с учетом разовой $q(x_1, x_2, x_3, t)$ и интегральной $q_s(x_1, x_2, x_3, t)$ концентраций радионуклидов и плотности их выпадения $D(x_1, x_2, t)$, могут быть представлены суммой соответствующих вкладов от каждого облака за период времени $(t - t_1)$ [21]:

$$q(x_1, x_2, x_3, t) = \sum_{k=1}^K q_0(x_1, x_2, x_3, t, t_k),$$

$$q_s(x_1, x_2, x_3, t) = \sum_{k=1}^K \int_{t_k}^t q_0(x_1, x_2, x_3, \tau, t_k) d\tau,$$

$$D(x_1, x_2, t) = \sum_{k=1}^K D_0(x_1, x_2, t, t_k),$$

где $q_0(x_1, x_2, x_3, t, t_k)$ и $D_0(x_1, x_2, t, t_k)$ – концентрация и плотность выпадения радионуклидов от k -го облака; $t_k = t_1 + (k - 1) \cdot \Delta t$ при $k = 1, \dots, K$.

Для оценки затрат на ликвидацию разрушений от возможной волны цунами используется совершенно другой подход [3]. Они оцениваются исходя из величины восстановительной стоимости поврежденных объектов, подверженных воздействию цунами в зависимости от высоты и скорости волны.

Решение задачи прогнозирования может быть основано на оценке разрушений и потерь при анализе уже имевших место катастроф данного вида и прогнозирования потерь от катастроф, которых, к счастью, на данных территориях еще не было. Так, при оценке разрушений, возникающих в результате цунами или урагана, могут быть использованы характеристики движения воды и воздуха, а при пожарах – характеристики горения.

В компьютерной системе содержится таблица, фрагмент которой показан в таблице 1. Скорость и высота волны определяются системой по предварительным характеристикам подводного вулканического извержения или землетрясения. По этим данным и таблице типа таблицы 1, а также списку зданий в зоне цунами система определяет вероятные разрушения.

Таблица 1.

Тип	Степень разрушения					
	Слабая		Средняя		Сильная	
	<i>h</i> , м	<i>v</i> , м/с	<i>h</i> , м	<i>v</i> , м/с	<i>h</i> , м	<i>v</i> , м/с
Здания: кирпичные (4 и более эт.)	2,5	1,5	4	2,5	6	3
Здания: кирпичные (1–2 этажа)	2	1	3	2	4	2,5
Здания: каркасные панельные	3	1,5	6	3	7,5	4
Здания: промышленные с легким металлическим каркасом и бескаркасные	2	1,5	3,5	2	5	2,5
Здания: промышленные с тяжелым металлическим каркасом или ж/б каркасом	3	1,5	6	3	8	4
Бетонные и ж/б здания	4,5	1,5	9	3	12	4
Деревянные дома (1–2 этажа)	1	1	2,5	1,5	3,5	2

Примечание. h – высота волны; v – скорость волны. В таблице оцениваются три степени разрушения.

Величина прямых затрат на восстановление зданий в зависимости от характера катастрофы может определяться по соотношению

$$Y = S_k \sum_{n=1}^N C_n d_n,$$

где d_n – доля площади, занимаемая n -м типом объектов, требующих восстановления; C_n – удельные восстановительные затраты для n -го типа пострадавших объектов, руб/км²; S_k – площадь км² поражения цунами k -й силы.

В формуле использованы следующие значения индекса пострадавших объектов и силы цунами: $n = 1$ – жилье; $n = 2$ – объекты промышленности; $n = 3$ – объекты инфраструктуры; $n = 4$ – объекты сферы услуг и соцульбтыта; $n = 5$ – сельское хозяйство; $n = 6$ – компоненты окружающей природной среды; $k = 1$ – умеренное цунами; $k = 2$ – сильное цунами; $k = 3$ – очень сильное цунами; $k = 4$ – разрушительное цунами.

Характеристика возможной величины потерь населения в зависимости от скорости течения может оцениваться по таблице 2.

Таблица 2.

Скорость течения в зоне затопления	Общие потери населения (% от численности)		Из числа общих потерь			
			% безвозвратных		% санитарных	
	днем	ночью	днем	ночью	днем	ночью
30 км/час	60	90	40	75	60	25
15–20 км/час	13	25	10	20	90	80
10–15 км/час	5	15	7	15	93	85
6–10 км/час	2	10	5	10	95	90

Аналогичные таблицы могут быть использованы для определения ущерба, вызванного другими видами катастроф. Эти примеры (их легко продолжить) показывают, что при мониторинге каждого вида потенциальной и произошедшей катастрофы приходится использовать свои методы.

Для общей оценки возможных видов катастроф с использованием имеющихся данных мониторинга о характере местности, строений, особо опасных объектов и т.п. компьютерная система, согласовывая субъективные оценки руководителей и экспертов, формирует таблицу типа таблицы 3. В этом иллюстративном примере рассматривается возможность трех видов катастроф, происходящих на относительно небольшой территории, как это произошло в 2011 г. в Японии.

Таблица 3.

Наименование критериев	Оценки по видам катастроф		
	Воздействие волн цунами и землетрясения	Радиационное заражение	Пожары
1. Характер местности	цунами – опасный (1)	не препятствует распространению радиации (1)	облегчает борьбу с огнем (3)
2. Характер строений	цунами – опасный (1)	отсутствие средств герметизации (1)	могут вспыхнуть (2)
3. Уязвимость систем жизнеобеспечения	уязвима (3)	могут перестать функционировать (1)	сильно уязвим (2)
4. Объект повышенной опасности: атомная станция	может быть поврежден волной цунами (3)	может быть источником заражения (1)	может быть источником пожаров (2)
5. Уязвимость средств связи	связь может частично сохраняться (4)	связь может быть нарушена (1)	связь может быть серьезно повреждена (2)
6. Влияние катастрофы на состояние дорог	дороги могут быть сильно повреждены (2)	дороги могут быть заражены (2)	дороги могут быть сильно повреждены (2)
7. Достаточность транспортных средств при необходимости эвакуации населения	достаточно (1)	может оказаться недостаточно (3)	может потребоваться больше (2)

Примечание. В скобках показаны балльные оценки, значения оценок инверсные.

Таблица 3 очень упрощена, реально приходится учитывать большее число параметров и не один набор значений характеристик цунами, как это показано в примере, а обязательно несколько, как это показано на рис. 1. В реально работающей системе желательно рассмотреть весь диапазон от минимально до максимально возможного. Одной из причин тяжелейших последствий цунами 2011 г. в Японии было игнорирование этого требования. Как уже отмечалось выше, не были учтены максимально возможная высота и скорость волны при выборе места и строительстве АЭС «Фукусима-1» и тем более при планировании ликвидации возможных последствий цунами.

Если проводить оценку по нескольким возможным наборам параметров, то описанную ниже процедуру оценки видов катастроф необходимо делать для каждого набора. Для нашего примера возьмем вариант очень сильного цунами: землетрясение с магнитудой около 9 баллов по шкале Рихтера, высота волны – около 10 м или выше, скорость 25–30 км/час.

Список критериев для оценок видов катастроф более-менее стандартен. Он хранится в базе данных. Таблица 3.3 составляется компьютерной системой путем опроса экспертов и руководителей и согласования их оценок.

Надо отметить, что у некоторых специалистов возникает сомнение, возможно ли в любой ситуации согласовать мнение экспертов формальными методами. Существующие методы согласования позволяют это сделать всегда, при необходимости отбрасывая крайние оценки экспертов (как это делается, например, в некоторых видах спорта). Это отнюдь не значит, что все эксперты согласны с решением, но по принятым формальным процедурам оно считается согласованным. Разногласие экспертов отнюдь не всегда говорит об уровне их квалификации, но почти всегда о различии интересов.

Необходимо подчеркнуть, что применение компьютерных методов согласования без повторных обращений к экспертам происходит практически в реальном времени. Если необходимы дополнительные обращения к экспертам, то время согласования, конечно, увеличивается. Сетевые методы позволяют минимизировать потерю времени в этом случае. Согласование

может происходить одним из методов, рассмотренных, например, в [17, 21].

Затем система просит экспертов определить значимость («вес») каждого критерия и согласовывает их. Определение «весов» может быть осуществлено методом парных сравнений. «Вес» критерия очень важен для оценки вида катастрофы и в других случаях при «свертке» векторного критерия. В сетечентрических системах сложность может состоять в том, что на разных уровнях и направлениях управления «веса» критериев могут быть различными, и это потребует отдельного расчета оценок для каждого вида катастроф на различных территориях. Но на этом в нашем иллюстративном примере останавливаться не будем. Рассмотрим упрощенный вариант. Система показывает экспертам и руководителям таблицу типа таблицы 4 и просит ее заполнить, т.е. поставить в каждой клетке один из знаков: «важнее», «менее важен» и «эквивалентен» (т.е. $>$, $<$, $=$).

В таблице 4 каждого k -го эксперта система заменяет знаками отношений на значение r_{ij}^k по правилу:

$$r_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{если } a_i > a_j, \\ 2, & \text{если } a_i = a_j, \\ 3, & \text{если } a_i < a_j. \end{cases}$$

Система подсчитывает балл каждого критерия как сумму r_{ij}^k (может быть и какой-нибудь другой алгоритм, важно, чтобы он отражал «веса» критериев, указанных экспертами или руководителем при парных сравнениях критериев). После этого система производит согласование матриц каждого эксперта R^k , в результате формируется сводная матрица коллективного предпочтения [5]. Согласование может производиться по разным алгоритмам [17, 21]. В таблице 4 использовалась трехбалльная шкала ($<$, $>$, $=$). Могут быть использованы шкалы большей балльности.

В случае нарушения транзитивности предпочтений может возникнуть ситуация, когда матрица R^* не является ранжированием, т.е. не позволяет определить предпочтения. Тогда система строит такое ранжирование \bar{R} , которое является ближайшим к групповому мнению. Обозначив через $d(\bar{R}, R^*)$ расстояние

между \bar{R} и R^* , получим требование $d(\bar{R}, R^*) \rightarrow \min$. Групповой выбор R^* определяется условием

$$\sum_{k=1}^K d(R^*, R^k) = \min_{R \in R(n)} \sum_{k=1}^K d(R^*, R^k).$$

Таблица 4.

№№ и наименование критериев	1	2	3	4	5	6	7	Балл, «вес» критерия	Место критерия в ранжировании
1. Характер местности	-	>	>	<	=	>	=	10	3
2. Характер строений	<	-	<	<	<	=	>	15	5
3. Уязвимость систем жизнеобеспечения	<	>	-	<	>	=	>	11	4
4. Объект повышенной опасности: атомная станция	>	>	>	-	>	>	>	6	1
5. Уязвимость средств связи	=	>	>	<	-	>	>	9	2
6. Влияние катастрофы на состояние дорог	<	=	=	<	<	-	<	16	6
7. Достаточность транспортных средств при необходимости эвакуации населения	=	<	<	<	<	<	-	17	7

Примечание. Знак « \Rightarrow » здесь означает «эквивалентность».

Методы определения степени отклонения положительной обратно-симметричной матрицы от согласованной и методы уменьшения этого рассогласования хорошо известны. Эту задачу может выполнить компьютерная система, помогая руководителю согласовать «веса» критериев при их попарном сравнении.

Наконец, завершающим шагом является определение сравнительной значимости возможного ущерба, который может произвести каждый вид катастрофы в соответствии со значениями каждого критерия (таблица 3) и их «весов» (таблица 4). Это важно для диспетчеризации стратегий и оперативных воздействий. Оценка сравнительной значимости может быть подсчитана по простой формуле (хотя существуют и очень сложные):

$$(1) Q_j = \bar{\alpha} \times \bar{x}_j, j = 1, \dots, J,$$

где $\bar{\alpha}$ – вектор «весов» критериев (предполагается, что «веса» критериев одинаковы для всех видов катастроф), а \bar{x}_j – вектор их значений для j -го вида катастроф. Конечно, могут использоваться и другие алгоритмы. Соотношение (1) может быть представлено в виде:

$$(2) Q_j = \sum_{i=1}^I \alpha_i x_{ij}, j = 1, \dots, J,$$

где x_{ij} – значение i -го критерия j -го вида катастрофы в таблице 3; α_i – «вес» i -го критерия в таблице 4. При использовании значений критериев из таблицы 4 чем меньше значение Q_j , тем большую опасность представляет вид катастрофы.

Тогда для вида катастрофы «воздействие волн цунами» по соотношению (2) получаем:

$$Q_1 = \sum_{i=1}^I \alpha_i x_{i1} = 10 \times 1 + 15 \times 1 + 11 \times 3 + 6 \times 3 + 9 \times 4 + 16 \times 3 + \\ + 15 \times 5 = 245,$$

для вида катастрофы «радиационное заражение»:

$$Q_2 = 10 \times 1 + 15 \times 1 + 11 \times 1 + 6 \times 1 + 9 \times 1 + 16 \times 1 + 15 \times 3 = 112,$$

для вида катастрофы «пожары»:

$$Q_3 = 10 \times 3 + 15 \times 2 + 11 \times 2 + 6 \times 2 + 9 \times 2 + 16 \times 2 + 15 \times 4 = 210.$$

В дальнейшем будем использовать нормированные оценки вида катастроф:

$$(3) r_j = \frac{Q_j}{\sum_j Q_j}, r_1 = 0,43, r_2 = 0,19, r_3 = 0,37.$$

Таким образом, при возникновении цунами с максимальными параметрами наибольшую опасность может представлять радиационное заражение, вызванное повреждением атомной станции, пожары и только потом удары морских волн. Разница в значениях Q_j позволяет считать полученное ранжирование степени опасности видов катастроф достаточно близким к истине. Здесь необходимо сделать существенное замечание: в таблице 3 не учтен критерий возможной гибели людей. Эти потери в значительной степени зависят от эффективности системы предупреждения и дисциплинированности населения. Если этим факторам уделяется должное внимание при подготовке к возможной группе катастроф, то потери могут быть уменьшены. Их учет очень специфичен, поэтому в иллюстративном примере не показан.

3.3. МОНИТОРИНГ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

Риск существует тогда и только тогда, когда возможно не единственное развитие событий. В профессиональных оценках риска обычно комбинируют вероятность наступающего события с воздействиями, которые оно могло бы произвести. Угроза экономических рисков может быть связана с возможностью катастроф, которые могут привести к разорению фирм и другим видам кризиса, но могут возникнуть и независимо от них. В нашем примере риск рассматривается вне связи с катастрофами, но как одна из угроз, которая может произойти на территории, анализируемой сетцентрическим мониторингом в обстановки отсутствия каких-либо катаклизмов.

Проблеме анализа рисков и их минимизации посвящена огромная литература [2, 9, 11], поэтому здесь она рассматриваться не будет. В качестве примера рассмотрим один частный подход – выявление рисков путем мониторинга СМИ. К этому подходу в последнее время проявляется все большее внимание. Для нас он представляет интерес, так как сетцентрическая концепция предполагает использование и анализ всех доступных видов воздействия, в том числе информационных.

Методы мониторинга общественного мнения в период катастроф и обострения рисков ситуаций отличаются от методов в относительно спокойный период. Это связано в первую

очередь с тем, что в кризисных ситуациях необходимо отслеживать общественное мнение всех слоев и групп общества, а не отдельных фокусных групп. Это очень трудоемкий этап. Частично он может выполняться до наступления кризисной ситуации. Но, как показывает опыт, наступление кризиса практически любого характера резко меняет общественное мнение различных групп и их социальное поведение. Но именно в такие периоды его отслеживание и реагирование на него чрезвычайно важно. Поэтому целесообразно, исходя из проводимых в «спокойный» период социологических исследований, разбить население территории прогнозируемого кризиса на несколько фокусных аудиторий или групп. Каждая группа должна характеризоваться своим отношением к возможному кризису. Не останавливаясь на методах социологических исследований, выходящих за пределы этой работы, отметим, что необходимо проводить [18]:

- мониторинг на реакцию необходимых подготовительных информационных воздействий в предкризисный период;
- мониторинг и анализ общественного мнения на происшедшие кризисные события;
- мониторинг и анализ общественного мнения на информационные воздействия в период кризиса.

Благодаря современным средствам связи неблагоприятная информация очень быстро может распространяться по внешней среде. Поэтому к моменту поступления официальной информации в средствах связи и СМИ уже будет циркулировать определенная информация о произошедших событиях и процессах не только в виде слухов, но и в виде документов, возможно фальсифицированных. Причем чем неприятнее событие, тем вероятнее неадекватная его оценка, так как СМИ охотно выступают в качестве проводника «горячих новостей».

Поскольку речь идет о катастрофах и рисках, то хотя они во многих случаях тесно связаны, но могут существовать и «самостоятельно». Так при оценке рисков, вызванных пропагандистскими информационными воздействиями, в процессе мониторинга необходимо установить их цель. Среди потока критики, обрушиваемой СМИ на отдельных лиц и различные организа-

ции, сетечентрическим мониторингом необходимо выделить структуру, объект или лицо, против которого фактически направлена информационная атака и ее цели, в каком бы виде информационные воздействия не проявлялись. Это, конечно, не единственная задача мониторинга СМИ. Во многих случаях она достаточно сложная, в особенности в начальные периоды информационных атак, когда конечные цели могут еще не раскрываться, но могут привести к серьезному кризису.

Задачу выявления критикуемых объектов на основе данных в СМИ, несмотря на всю их семантическую отдаленность, позволим себе сравнить с задачей оценки кредитоспособности заемщика, используемой в банковских технологиях. В мировой практике существует два основных метода оценки целесообразности выдачи кредита, которые могут применяться как отдельно, так и в сочетании друг с другом:

- субъективное заключение экспертов;
- автоматизированные системы скоринга [4].

Первый метод комментариев не требует, а для объяснения второго необходимо сделать небольшое отступление в банковские технологии. Скоринг представляет собой математическую или алгоритмическую модель, с помощью которой на основе кредитных историй других клиентов банк пытается определить, насколько велика вероятность возврата кредита потенциальным заемщикам банка.

В самом упрощенном виде скоринговая модель является взвешенной суммой значений определенных характеристик клиента $S = \sum_i \alpha_i x_i$, но может быть и более сложная нелинейная

модель. Чем выше показатель (*Score*) потенциального клиента, полученный этой моделью, тем выше считается его кредитоспособность. Интегральный показатель каждого клиента сравнивается с некоторым числовым порогом. Кредит выдается только тем клиентам, у которых интегральный показатель выше этого порога. Идея скоринга заключается в выделении тех характеристик, которые наиболее тесно связаны с надежностью заемщика (или его ненадежностью), а не в поиске объяснений, почему этот человек не платит. Эту же идею попытаемся реализовать в определении цели системы, осуществляющей информационное

воздействие. Внешне все это выглядит очень просто, на самом деле возникают очень большие сложности, заключающиеся в определении характеристик, которые следует включать в скоринг, нахождении их значений и «весовых коэффициентов», а также в построении модели, если необходимо выбрать нелинейную модель. Все это определяется на основе субъективных оценок экспертов. Конкретные алгоритмы и методы скоринга каждого банка являются его «*know how*» и держатся в секрете.

Теперь, используя идеологию скоринга, попытаемся провести автоматическую оценку уровня критики, извлекаемую компьютерной системой из различных источников в виде аудио-, видео- и текстовых сообщений. При этом будем считать, что средства автоматического анализа речевой и текстовой информации, упоминаемые, например, в [18], могут их классифицировать самостоятельно или с помощью экспертов.

Классификационный подход к анализу данных широко используется для построения «сжатого описания» исходной информации. Сжатие информации достигается разбиением множества объектов на классы, каждый из которых представляется одним объектом (центром класса) и вектором значений, характеризующим допустимые для класса отклонения. При таком подходе в комбинации с методом скоринга достигается хорошая интерпретируемость результатов, что чрезвычайно важно в информационном анализе мониторинга [6].

В нашем случае «сжатое описание» событий постараемся представить в виде таблиц. Оценку атаки проведем в следующей последовательности. Используя метод скоринга, с помощью компьютерной системы формируем оценки (балльные или лексические) значений критериев, определяющих информационную значимость события или процесса. Средствами сетечетрического мониторинга проведем информационный поиск, определяющий количественные и качественные параметры анализируемой информации по всем направлениям и уровням возможного риска. Система сводит ее в таблицы, аналогичные таблицам 5 и 6.

В таблицах 5 и 6 показаны лексические и балльные (в скобках) оценки критериев. Они даны с точки зрения атакуемой организации, а для нее, естественно, «чем лучше – тем хуже».

Например, очень высокая частота упоминания, конечно, отрицательная, так как это атака на организацию – «очень плохо», а очень низкая – «отлично» и т.д. Естественно, что если бы балльные оценки давала атакуемая организация, то они были инверсны показанным в таблицах 5 и 6.

Таблица 5.

Категории СМИ	Оценка воздействия различных категорий СМИ
Еженедельные издания	очень слабое (5)
Газеты	слабое (4)
Радио	среднее (3)
Интернет	сильное (2)
Телевидение	очень сильное (1)

Таблица 6.

Критерии и возможные оценки публикаций				
Частота упоминания в СМИ	Характер упоминания в СМИ	Форма публикаций в СМИ	Длительность	Фаза воздействия
очень высокая (1)	прямой (1)	отрицательная (1)	очень значительная (1)	подготовка наступления (1)
высокая (2)	косвенный намек (2)	слегка отрицательная (2)	значительная (2)	начало атаки (2)
средняя (3)	явный намек (3)	Нейтральная (3)	незначительная (3)	проведение наступления (3)
низкая (4)	прозрачный намек (4)	слегка положительная (4)	Редкая (4)	ослабление наступления (4)

Критерии и возможные оценки публикаций				
Частота упоминания в СМИ	Характер упоминания в СМИ	Форма публикаций в СМИ	Длительность	Фаза воздействия
очень низкая (5)	без упоминания (5)	Хвалебная (5)	кратковременная (5)	прекращение наступления (5)

Теперь определим возможную цель информационной атаки на фирму. Предположим, что эксперты считают, что таких целей может быть две:

- разорение градообразующей фирмы;
- резкое снижение курса акций фирмы и ее приобретение конкурирующим концерном.

Таблица 7 содержит эталонные значения критериев, определяющие цель информационных воздействий. То есть эксперты считают, что если значения критериев, полученных в результате мониторинга СМИ, близки к значениям первой строки таблицы 7, то целью информационных воздействий является разорение градообразующей фирмы, а если они близки к значениям второй строки – резкое снижение курса акций фирмы и приобретение ее конкурирующим концерном.

Может оказаться, что значения критериев, полученные в процессе мониторинга, далеки от значений, показанных в таблице 7, значит, фактическая цель информационной атаки не предусмотрена в таблице 7.

Оценки, содержащиеся в таблицах, аналогичных таблицам 5–7, являются предметом тщательных компьютерных исследований, обсуждений и согласований, которые здесь не рассматриваются. Усилия по их составлению оправдываются возможностью оценки важности информации в реальном масштабе времени. Заметим, что при сетцентрическом анализе должны анализироваться не только местные СМИ, но и областные, в том числе из других областей и даже центральные.

Таблица 7.

Наименование вариантов цели информационного воздействия	Критерии и их значения					
	Фаза инф. воздействия	Категории СМИ	Частота упоминания	Характер упоминания в СМИ	Длительность	Форма информации
1	2	3	4	5	6	7
Разорение градообразующей фирмы	атака	ежедневные газеты	низкая	прямой	незначительная	отрицательная
Резкое снижение курса акций фирмы и ее приобретение конкурирующим концерном	наступление	еженедельные издания	высокая	косвенный	значительная	слегка отрицательная

Примечание. В таблице 7 все значения критериев иллюстративного примера даны в лингвистической форме. В дальнейшем потребуется балльная форма оценок, обычно такой перевод система делает автоматически. Подобные таблицы, определяющие балльные (или лингвистические) оценки событий всех уровней, составляются экспертами заранее и согласовываются компьютерными методами, рассмотренными, например, в работах [17, 21]. Заметим, что в эталонных таблицах значения критериев могут не быть экстремальными, так как они должны раскрывать и дезинформационные воздействия противника. Оценки в этих таблицах периодически пересматриваются в связи с изменением политической, экономической и социальной обстановки. Обычно такие оценки, а также алгоритм их использования для получения интегральной оценки являются секретом фирмы.

В качестве иллюстративного примера распознавания цели информационных воздействий выясним, какую из двух рассмотренных выше предполагаемых целей преследует атакующая

сторона: разорение градообразующей фирмы или резкое снижение курса акций фирмы и ее последующее приобретение. Выяснение этого вопроса необходимо для выработки тактики и стратегии противодействия фирмы, подвергающейся информационному воздействию.

В таблице 7 представлены эталонные образцы характеристик информационного воздействия при различных вариантах целей, составленные экспертами методом скоринга или каким-нибудь другим на основе предшествующего опыта. Характеристики реальных воздействий будут отличаться от каждого из образцов. Задача компьютерной системы автоматически определить к какому из эталонных образцов ближе характеристики реального информационного воздействия.

Возможны различные методы оценки близости характеристик информационного воздействия к эталонным характеристикам. Рассмотрим один достаточно популярный нелинейный алгоритм оценки близости значений критериев произведенного информационного воздействия к эталонному. Для этого используем алгоритм скоринга, о котором говорилось выше, в сочетании с методом распознавания образов [10].

I. Методом скоринга сформулируем эталонные значения критериев, характеризующих каждый вариант i -й цели информационного управления в конфликтных ситуациях. Полученные эталонные значения разбивают пространство значений критериев на области, характеризующие варианты целей G_1, \dots, G_m . В нашем примере (таблица 7) таких областей было две. Требуется выделить в пространстве значений критериев области D_i , $i = 1, \dots, m$, эквивалентные вариантам целей. Это значит, что если информационное управление, реализуемое информационными воздействиями, имеющими значения критериев x_1^0, \dots, x_n^0 , относится к варианту цели $G_{i,}$, то точка, представляющая его в пространстве критериев, принадлежит области D_i .

II. Для распознавания системой цели информационного воздействия введем меру близости между эталонными значениями критериев, данных в качестве примера в таблице 7, и текущими значениями этих же критериев, определенными в процессе мониторинга информационных воздействий:

$$\rho(g_q(\bar{x})g_i(\bar{x})) = \sqrt{\sum_{j=1}^J k_j (x_i^j - x_q^j)^2}$$

где $g_i(\bar{x})$ – вектор текущих значений критериев информационных воздействий; $g_q(\bar{x})$ – вектор эталонных значений (в нашем примере в таблице 7); k_j – «вес» j -го критерия, а x_i^j – оценка значения i -го информационного воздействия по j -му критерию; x_q^j – эталонное значение j -го критерия.

Через $g_q^r(\bar{x})$ обозначим вектор эталонных значений критериев r -й цели информационного воздействия. Два таких вектора показаны в качестве примера в таблице 7. Еще раз повторим, что эти оценки получены на основе субъективных оценок экспертов, определяемых методом скоринга. Для нахождения цели информационного воздействия определим r из соотношения

$$(4) \quad \rho(g_q^r(\bar{x})g_i(\bar{x})) = \min_{g_q^r(\bar{x}) \in G} \rho(g_q^r(\bar{x}), g_i(\bar{x})), \quad r = 1, \dots, R, \quad g_i(\bar{x}) \notin G,$$

где G – множество векторов эталонных значений критериев возможных целей информационных воздействий.

То есть компьютерная система сравнивает вектор $g_i(\bar{x})$ со всеми векторами $g_q^r(\bar{x})$. Вектор r , для которого функция $\rho(g_q^r(\bar{x})g_i(\bar{x}))$ достигает минимума, и определяет цель информационного воздействия. Аналогичная методика, основанная на сочетании скоринга с методом распознавания образов, с приведением численных примеров будет использована в дальнейшем.

Реально на атакуемую структуру в большинстве случаев производится не одно, а множество воздействий. Суммарное значение их критериев может определяться разными методами, но принцип распознавания при этом не меняется. В таблице 8 показаны значения i -го воздействия. Заметим, что под информационным воздействием может пониматься не одна, а группа публикаций в течение некоторого времени.

Таблица 8.

№№ воздей- ствия	Критерии и их значения					
	Фаза воз- дейст- вия	Кате- гории СМИ	Частота упоми- нания	Характер упомина- ния в СМИ	Дли- тель- ност ь	Форма инфор- мации
1	2	3	4	5	6	7
<i>i</i>	1	2	2	4	2	2

Примечание. В таблице показаны балльные оценки, соответствующие лингвистическим оценкам в таблицах 5 и 6.

Используя таблицы 5–8, соотношение (4) и обозначая через $g_q^1(\bar{x})$ эталонные значения для варианта цели «Разорение градообразующей фирмы», а через $g_q^2(\bar{x})$ – «Резкое снижение курса акций фирмы и ее приобретение конкурирующим концерном», получаем:

$$\begin{aligned} \rho(g_q^1(\bar{x}), g_i(\bar{x})) &= \\ &= \sqrt{(2-1)^2 + (4-2)^2 + (1-2)^2 + (1-4)^2 + (1-2)^2 + (3-2)^2} = \\ &= \sqrt{17} = 4,1, \\ \rho(g_q^2(\bar{x}), g_i(\bar{x})) &= \\ &= \sqrt{(1-1)^2 + (5-2)^2 + (4-2)^2 + (4-4)^2 + (2-2)^2 + (2-2)^2} = \\ &= \sqrt{13} = 3,6. \end{aligned}$$

Поскольку $\rho(g_q^1(\bar{x}), g_i(\bar{x})) > \rho(g_q^2(\bar{x}), g_i(\bar{x}))$, анализ, проведенный мониторингом, установил, что целью информационной атаки является приобретение фирмы конкурирующим концерном. Полученная информация должна учитываться при формировании мер противодействия выявленному риску.

4. Сетецентрическое компьютерное формирование целей ликвидации последствий группы прогнозируемых катастроф и рисков

4.1. КОМПЬЮТЕРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА ЦЕЛЕЙ

Формирование целей и их реализация является одной из важнейших процедур принятия управленческих решений вообще и ликвидации последствий катастроф в частности. Российский энциклопедический словарь определяет цель как «мысленно предвосхищенный результат деятельности человека». При этом в большинстве случаев приходится формулировать цели не одного человека, например, руководителя, а группы экспертов и руководителей разных специальностей и часто разного уровня ответственности, что, конечно, увеличивает степень неопределенности как в исходных данных, так и в оценках. Задача осложняется субъективностью оценок и их неопределенностью. Как хорошо заметил академик Моисеев: «Никогда никакой математический анализ не может дать строгого точного результата выбора альтернатив в условиях неопределенности». Применительно к нашей конкретной задаче параллельной ликвидации последствий группы разного вида прогнозируемых катастроф и рисков с использованием сетецентрических методов компьютерная технология параллельной генерации целей может быть выполнена в три этапа:

- формирование возможных целей параллельной ликвидации последствий группы катастроф и рисков, прогнозируемых на анализируемой территории или конгломерате территорий и объектов. Цели формируются экспертами на основании анализа аналогичных кризисов, произошедших в других регионах, личного опыта, интуиции, логики и компьютерных расчетов. Эксперты могут работать независимо друг от друга;
- компьютерное согласование целей всеми экспертами с учетом непротиворечивости целей, синергетического эффекта анализа последствий аналогичных групп катастроф и рисков, ограничений, возникающих в процессе развития кризиса (например, при радиационном заражении территории, банкротстве, социальных волнениях);

- компьютерная оценка, ранжирование и выбор целей.

Процесс формирования целей может оказаться итерационным. Это происходит в тех случаях, когда для реализации сформулированных целей не хватает средств, они не решают поставленных задач, противоречивы и т.д.

Формулировка целей в процессе планирования ликвидаций возможных катастроф и рисков обеспечивает:

- рамки для принимаемых текущих решений, как в процессе планирования противодействия группе различных катастроф и рисков, так и впоследствии – в динамике управления;
- основу для дальнейшего планирования и действий руководителей разных уровней и направлений управления ликвидацией группы катастроф и рисков;
- объяснения действий руководства исполнителям;
- стимулирование действий руководителей разных уровней в процессе подготовки необходимых средств и сил ликвидации последствий кризиса.

Первоначально цели формируются на содержательном (качественном) уровне, что позволяет судить об общем предполагаемом характере ликвидации последствий возможных катастроф. При выборе альтернатив приходится учитывать большое число противоречивых требований и, следовательно, оценивать варианты решений по многим критериям. Противоречивость требований при ликвидации различных катастроф и рисков, неоднозначность оценки ситуаций, ошибки в выборе приоритетов сильно осложняют выбор целей и стратегий. Несколько слов об ограничениях. Цели и ограничения по смыслу очень близки друг другу. Если цель – генеральный императив действий, описывающий будущее состояние или процесс как объект, желаемый для достижения, то ограничение – процесс или состояние, конкурирующее главной цели. Ограничение, как правило, имеет меньшую значимость и противоречит главной цели [15].

Поскольку подготовка может длиться достаточно долго (пока не произойдет группа катастроф или реализуются риски), в пространстве целей могут асинхронно происходить следующие процессы:

- цель возникает, достигается и разрушается другими целями;
- на месте разрушенной возникают и достигаются новые цели;
- порождаются новые цели, но они не достигаются;
- система не способна сформулировать новую цель. Отсутствие цели может блокировать деятельность системы, то есть подготовку к борьбе с группой прогнозируемых кризисов.

Поэтому даже на этапе планирования целесообразно периодически пересматривать список утвержденных целей и вносить необходимые коррективы при изменениях обстановки (например, при строительстве новых сооружений, изменениях системы жизнеобеспечения, состояния дорог и т.д.) на территориях, которые могут стать ареной кризисов.

Формирование списков возможных целей может начинаться с того, что компьютерная система управления в своей базе данных находит списки целей по кризисам, аналогичным прогнозируемым, либо просит экспертов и руководителей составить такие списки. В наших примерах это цунами, радиационное заражение, пожары, попытки захвата фирмы и т.д. Заметим, что такое сочетание (плюс некоторые другие виды катастроф) произошло в районе атомной станции «Фукусима» в Японии, а попытки захвата или поглощения фирм происходят во многих странах.

Система управления ликвидацией последствий катастроф находит в своей базе данных списки целей для ликвидации таких кризисов либо просит экспертов и руководителей составить такие списки. Система запрашивает у руководителя алгоритм согласования. Как уже упоминалось выше, эти алгоритмы описаны в литературе. Пусть это будет голосование по принципу единогласия. Тогда система оставляет в списках только те цели, которые фигурируют в списках всех экспертов. В дальнейшем цели будут уточнены в зависимости от характера катастроф и критериев их оценки.

В этом разделе для простоты изложения и сокращения объема статьи будут рассматриваться цели ликвидации последствий только трех видов катастроф. Цели нейтрализации рисков обсу-

ждать не будут. В зависимости от степени предполагаемых разрушений и гибели людей в прогнозируемых катастрофах цели работ по ликвидации последствий ударов волн, вызванных цунами, могут быть представлены в виде списка 1.

Список 1:

- A₁. Оказание медицинской помощи пострадавшим.
- B₁. Полная эвакуация населения.
- C₁. Частичная эвакуация.
- D₁. Незначительная эвакуация.
- E₁. Частичное размещение населения в приспособленных помещениях.
- F₁. Частичное восстановление строений и систем жизнеобеспечения.
- G₁. Информационное управление, обеспечивающее проведение мероприятий по ликвидации последствий цунами.

Цели ликвидации последствий радиационного поражения могут быть представлены списком 2.

Список 2:

- A₂. Оказание медицинской помощи пострадавшим, в том числе йодная профилактика.
- B₂. Укрытие: перевод населения в защищенные от радиации помещения.
- C₂. Полная эвакуация населения.
- D₂. Частичная эвакуация.
- E₂. Незначительная эвакуация.
- F₂. Переселение: перемещение населения в места нового проживания из мест постоянного места жительства, загрязненного радиацией.
- G₂. Дезактивация: принудительная очистка территории от радиоактивности.
- H₂. Запреты на продукты питания, подвергшиеся заражению.
- I₂. Информационное управление, обеспечивающее проведение мероприятий по ликвидации последствий радиационного поражения.

Цели ликвидации последствий пожаров могут быть представлены списком 3.

Список 3:

А₃. Оказание медицинской помощи пострадавшим.

В₃. Полная эвакуация населения.

С₃. Частичная эвакуация.

Д₃. Незначительная эвакуация.

Е₃. Частичное размещение населения в приспособленных помещениях.

Ф₃. Частичное восстановление строений и систем жизнеобеспечения.

Г₃. Информационное управление, обеспечивающее проведение мероприятий по ликвидации последствий цунами.

Н₃. Тушение пожара.

И₃. Заливка мест возможного рецидива пожара.

Ж₃. Контроль территории происшедшего пожара.

Разрушения и потери подразделяются на категории в зависимости от величины понесенного ущерба. Каждая категория разрушений и потерь может определяться:

- % безвозвратных потерь;
- % санитарных потерь;
- % разрушенных строений;
- % ремонтно-пригодных зданий;
- состоянием систем жизнеобеспечения;
- состоянием дорог;
- степенью заражения химическими веществами, радиацией

и т.д.

Для формулирования целей могут быть составлены алгоритмы типа «**если...**, **то...**». Например, цель «ликвидации последствий от ударов морских волн, вызванных цунами», **если** ожидаемые разрушения жилых зданий больше 65%, вывод систем жизнеобеспечения более 50%, потери населения более 25%, **то** целями являются: «оказание медицинской помощи пострадавшим», «полная эвакуация населения» и «восстановление систем жизнеобеспечения». Здесь надо подчеркнуть, что эта цель сформулирована в процессе планирования ликвидации возможной, а не уже произошедшей катастрофы. Конечно, приведенный пример является самой грубой предварительной формулировкой цели, которая может и должна быть детализи-

рована в зависимости от каждого указанного параметра. Аналогично могут быть сформулированы также цели ликвидации последствий пожара и радиоактивного заражения.

Число категорий и диапазон разрушений в каждой категории определяют руководство и эксперты в зависимости от имеющегося опыта, прогнозов и, конечно, своих субъективных оценок. Теперь из этих трех списков надо сформировать общий список целей ликвидации последствий группы катастроф. Начнем с выявления противоречивости целей и их синергетического эффекта. Достаточно яркий пример противоречивости целей, хотя и не относящийся к нашей теме, – необходимость увеличения государственных расходов с одновременным снижением налогов. Две эти противоречивые цели в свое время были сформулированы бывшим президентом США Рейганом и реализованы за счет резкого увеличения государственного долга страны. Этот пример показывает, что противоречивость не всегда является обязательным условием отказа от цели.

Критерий «Синергетика» должен показывать, насколько усиливает или уменьшает реализация каждой цели эффективность выполнения других. Причем это относится не только к целям всех видов катастроф. Кажется, одними из первых синергетический эффект применили греки в 490 г. до н.э.: 15 000 персов высадились в Марафонском заливе к северо-востоку от Афин, где столкнулись с 11 000 афинян. Греки, хотя и проигрывали числом, имели одно преимущество – фаланги. Каждый греческий воин держал свой щит так, что прикрывался щитом соседа, защищая частично своего обладателя, а частично – воина слева. Впервые был применен метод взаимной защиты, принесший грекам победу.

Вернемся к нашей задаче. Компьютерная система представляет на дисплее экспертов таблицу типа таблицы 9 и просит ее заполнить. Для сокращения объема в таблице 9 представлены только цели списка 1. Фактически нужно составить таблицу для всех трех списков нашего примера. Естественно, что оценки, находящиеся на пересечении i -й строки и j -го столбца таблиц, заполняемых разными экспертами, могут не совпадать, поэтому каждый знак должен согласовываться. Принцип единогласия тут может не сработать. Один из вариантов – голосование по прин-

ципу большинства. Другой вариант: считая при определении средней оценки знак «+» за + 1, знак «0» за 0 и знак «-» за - 1, можно находить взвешенное среднее каждого знака с учетом «веса» эксперта (если они определялись). Каким бы алгоритмом согласования эксперты не пользовались, будем считать, что оно произведено. Знак «*» можно оценивать как «±» в зависимости от условий, поэтому его учитывать не будем, так как он определяет временное противоречие. Объяснение дано в конце раздела 4.1.

В качестве примера рассмотрим согласование целей ликвидации последствий очень сильного цунами, характеристики которого упомянуты в разделе «мониторинг»: землетрясение с магнитудой около 9 баллов по шкале Рихтера, высота волны – выше 10 м, а скорость – 25–30 км/час. Такое цунами может породить по крайней мере три вида катастроф, цели ликвидации которых приведены в списках 4.1–4.3.

Таблица 9.

Идентификатор цели	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	E ₁	F ₁	G ₁	Баллы
A ₁	*	+	+	+	0	0	+	4
B ₁	+	*	-	-	-	+	+	0
C ₁	+	-	*	-	+	+	+	2
D ₁	+	-	-	*	+	+	+	2
E ₁	0	-	+	+	*	+	+	4
F ₁	0	0	0	0	+	*	+	2
G ₁	+	+	+	+	+	+	*	6

Согласование начнем с оценки влияния синергетического эффекта целей ликвидации только одного вида катастрофы, а также их противоречивость. Для этого компьютерная система высвечивает на дисплеях экспертов таблицы типа таблицы 9 и просит поставить на пересечении *i*-й строки и *j*-го столбца, соответствующих *i*-й и *j*-й целям, знак «+», если *i*-я и *j*-я цели порождает синергетический эффект, знак «0», если эффекта нет и знак «-», если цели противоречивы.

После этого система согласовывает оценки экспертов одним из упомянутых выше способов. В таблице 9 показан вари-

ант оценки целей списка 1. Баллы каждой цели в таблице 9 могут оцениваться по формуле

$$K_i = \sum \alpha_{ij},$$

где α_{ij} = значению знака, стоящего на пересечении i -й строки и j -го столбца:

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если знак "+"}, \\ 0, & \text{если знак "0"}, \\ -1, & \text{если знак "-"}. \end{cases}$$

Баллы в таблице 9 показывают синергетическую эффективность цели. Из таблицы 9 видно, что наибольшей синергетической эффективностью целей в списке 1 обладает цель G_1 . Ее реализация может повысить эффективность всех других целей. Но, используя только цели G_1 , ликвидировать последствия цунами невозможно. В то же время, если составить таблицы типа 9 для списков целей 2 и 3, то цели I_2 и G_3 , аналогичные цели G_1 , также будут обладать максимальной синергетической эффективностью. Аналогично определяются синергетический эффект и противоречивость для всех целей списков 2 и 3.

Следующая задача из списков 1–3: выбрать непротиворечивые цели. Из их числа выбрать те, которые эксперты считают наиболее эффективными, в том числе и по критерию «синергетика». Противоречивые цели компьютерная система определяет по таблице типа таблицы 9, это цели со знаком «-». Их список показан в таблице 10.

Таблица 10.

Идентификатор цели	Идентификаторы противоречащих целей
B_1	C_1, D_1, E_1
C_1	B_1, D_1
D_1	B_1, C_1
E_1	B_1

Теперь система оценивает и ранжирует цели по критериям противоречивости и синергетики. В нашем примере она начинается с целей списка 1. Сначала исключаются противоречивые

цели, в соответствии с таблицей 9. В таблице 10 таких целей списка 1 четыре из семи. Три цели не противоречат никаким другим, это цели A_1 – «оказание медицинской помощи пострадавшим» и G_1 – «информационное управление». Эти цели синергетически эффективны со всеми остальными. Непротиворечивая цель F_1 – «частичное восстановление строений и систем жизнеобеспечения» синергетически эффективна с двумя другими целями. Они оставляются компьютерной системой в списке целей. Необходимо отметить, что цели B_1 , C_1 , D_1 , естественно, противоречат друг другу. Надо выбирать одну из них. Но цели C_1 и D_1 не противоречат цели E_1 , поэтому требуется более тонкий анализ, а не просто вычеркивание всех противоречивых целей. Начало такого анализа показано в таблице 10. Частично он будет рассмотрен ниже.

Система управления, анализируя условия ликвидации последствий ударов волны и радиоактивного заражения, выбирает следующие непротиворечивые цели: (A_1, A_2) , F_2 , G_2 , H_2 , (G_1, I_2) . В скобки взяты фактически идентичные цели ликвидации двух рассматриваемых видов катастроф. Аналогично может рассматриваться выбор целей для всех трех рассматриваемых видов катастроф. Анализ выбранных целей из списка 3 «цели ликвидации последствий пожаров», произведенный системой, показал противоречивость целей H_3 «тушение пожара», I_3 «заливка мест возможного рецидива пожара», J_3 «контроль территории происшедшего пожара», цели G_2 «дезаktivация» и цели B_3 «полная эвакуация», F_2 «переселение». Противоречие целей B_3 и F_2 аналогично противоречию C_2 и F_2 , оно тоже разрешается системой в пользу цели F_2 , а вот противоречие, связанное с целью «дезаktivация» сложнее: оно носит временной характер. После проведения дезактивации, если уровень радиации при этом упал до допустимого, противоречие перестает существовать.

Таким образом, вводится новая форма противоречивости целей – временная противоречивость. Это значит, что:

- система управления может включать цели, характеризующиеся временной противоречивостью в список целей, подлежащих дальнейшему рассмотрению;

- должны быть введены условия прекращения временной противоречивости. В наших условиях это может быть снижение уровня радиации до допустимого уровня, прекращения пожара на определенном участке и т.п.

С учетом временной противоречивости список целей ликвидации последствий всех трех видов катастроф выглядит следующим образом:

$(A_1, A_2, A_3), F_2, G_2^*, H_2, H_3^*, I_3^*, J_3^*, (G_1, I_2, G_3).$

Звездочкой отмечены временно противоречивые цели. Перечисленные восемь целей выбраны по двум критериям: синергетика и противоречивость. К этому списку относится замечание, сделанное по целям B_1, C_1, D_1 .

4.2. КОМПЬЮТЕРНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЦЕЛЕЙ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ГРУППЫ КАТАСТРОФ И РИСКОВ

Как всегда начнем с формирования списка критериев, по которым будет проводиться оценка целей. Выше уже отмечалось, что компьютерные технологии должны использовать как объективные данные, так и субъективные оценки руководителя и эксперта. Для каждого вида катастроф и рисков существует свой более менее устоявшийся набор критериев, который может варьироваться в зависимости от сложившейся обстановки и субъективных предпочтений руководителя. Примеры таких критериев перечислены в списке 4.

Список 4:

- полнота решения (степень эффективности ликвидации последствий данного вида катастрофы или риска);
- достигаемый эффект (пожар потушен, дорога восстановлена, уровень риска снижен и т.д.);
- достаточность располагаемых и предвидимых ресурсов (материальных, трудовых, финансовых и т.д.);
- возникновение нежелательных социальных эффектов;
- возможность использования существующих систем жизнеобеспечения;

- возможность временного размещения и питания людей вместо разрушенных или ставших непригодными для жилья помещений;
- обеспечение функционирования транспортных средств;
- обеспечение функционирования временной системы жизнеобеспечения;
- синергетика, т.е. достижение интегральной эффективности большей, чем сумма эффективностей каждой отдельной цели;
- риск ущерба, связанный с реализацией цели;
- оценка или отношение СМИ к формируемым целям ликвидации последствий катастроф и т.д.

Список типа списка 4 хранится в базе данных системы управления ликвидацией последствий катастроф. Из множества критериев списка 4 эксперты и руководители должны выбрать некоторое подмножество, по которому они в дальнейшем будут ранжировать цели. Методы выбора могут быть различными.

Сетецентрическая система за счет использования функциональных возможностей сети позволяет расширить методы дистанционного согласования решений. Система управления высвечивает на дисплее каждого руководителя список критериев, в нашем случае – список, перечисленный выше, и просит руководителей вычеркнуть те критерии, с которыми они не согласны, и добавить новые, если они считают это нужным. При вычеркивании и добавлении критериев участники голосования могут дать краткие обоснования своих действий. Эти обоснования доступны всем участникам. После этого могут быть проведены повторные голосования. Будем считать, что в нашем случае принят метод единогласия, т.е. в списке остаются только те критерии, за которые проголосовали все участники обсуждения. Компьютерная система управления анализирует результаты и высвечивает на дисплеях руководителей список критериев, с которыми согласны все. Пусть это будет список 5.

Список 5:

1. Полнота решения (степень его эффективности).
2. Достаточность располагаемых и предвидимых ресурсов.

3. Достижимый эффект (пожар потушен, дорога восстановлена не полностью и т.д.).

4. Оценка или отношение СМИ к формируемым целям ликвидации последствий катастроф.

Таким образом, система управления помогла руководителям согласовать список критериев, по которым будет производиться оценка целей ликвидации последствий всей группы катастроф и рисков. Теперь можно приступать к оценке их значений на основе результатов анализа сложившейся обстановки и «весов» (полезности для каждой цели). Полнота набора критериев имеет прямое отношение к проблеме неопределенности. Она связана в первую очередь с пониманием того, насколько важны критерии, входящие в набор, для характеристики задачи. Увеличение числа критериев как будто должно повышать точность решения задачи: учитывается большее число факторов. С другой стороны, если эти факторы учитываются неверно, то возрастает величина ошибки.

4.3. КОМПЬЮТЕРНОЕ РАНЖИРОВАНИЕ ЦЕЛЕЙ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ГРУППЫ КАТАСТРОФ И РИСКОВ

Для удобства изложения идентификаторы одобренных системой целей (A_1, A_2, A_3), $F_2, G_2^*, H_2, H_3^*, I_3^*, J_3^*$, (G_1, I_2, G_3) заменим на A, B, C, D, E, F, G, H . Для выбора наиболее подходящих целей из этих восьми используем известный принцип ожидаемой выгоды Неймана и Моргенштерна [25].

Поскольку сетцентрический метод предполагает рассмотрение контрмер прогнозируемым катастрофам и рискам, происшедшим одновременно или в течение небольшого промежутка времени, задача выбора целей усложняется, и компьютерная система должна обеспечить формирование единого списка целей ликвидации последствий возникшей группы кризисов.

Исходя из этих принципов, выделим наиболее эффективные цели. Для определения значений критериев и их «весов» (значимости) по каждой цели система высвечивает на дисплеях экспертов таблицу типа таблицы 11 и просит ее заполнить.

Таблица 11.

Номера, идентификаторы и наименования целей	Значение критериев и их «весов»							
	Полнота решения		Достаточность ресурсов		Достижимый эффект		Оценка или отношение СМИ	
	значение x_{ij}	«вес» r_{ij}	значение x_{ij}	«вес» r_{ij}	значение x_{ij}	«вес» r_{ij}	значение x_{ij}	«вес» r_{ij}
1. А – оказание медицинской помощи пострадавшим	максимальное (5)	4	вполне достаточно (5)	5	очень высокий (5)	4	хорошее (4)	4
2. В – переселение	хорошее (4)	5	достаточно (4)	5	хороший (4)	4	хорошее (4)	3
3. С – дезактивация	удовл. (3)	3	достаточно (4)	4	удовл. (3)	1	удовл. (3)	2
4. Д – запреты на продукты питания, подвергшиеся заражению	удовл. (3)	4	достаточно (4)	5	удовл. (3)	1	удовл. (3)	4
5. Е – тушение пожара	хорошее (4)	5	удовл. (3)	5	хороший (4)	4	удовл. (3)	4
6. F – заливка мест возможного рецидива	удовл. (3)	5	удовл. (3)	5	удовл. (3)	1	удовл. (3)	4
7. G – контроль территории происшедшего пожара	удовл. (3)	5	удовл. (3)	4	удовл. (3)	3	удовл. (3)	4
8. H – информ. управление	хорошее (4)	4	Достаточно (4)	4	хороший (4)	3	хорошее (4)	4

«Вес» критерия определяет, какова, по мнению эксперта, его важность для достижения соответствующей цели. Балль-

ность рангов, так же как и их значения, определяется заранее руководителем. Пример заполнения таблицы k -м экспертом показан в таблице 11. Затем система согласовывает значения критериев.

Рассмотренная ниже процедура не требует дополнительно обращения системы к экспертам. В нашем случае используются пятибалльные оценки. Система строит таблицу типа таблицы 12 и определяет сумму «весов», набранных каждым i -м критерием по формуле

$$r_i = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K r_{ik}^l n_l,$$

где r_{ik}^l – «вес» i -го критерия, определенный k -м экспертом в l -м столбце таблицы 12; n_l – число экспертов, поставивших l -ю оценку. Значения r_i показаны в пятом столбце таблицы 12. Затем система определяет нормированные суммы «весов» по формуле

$$h_i = \frac{r_i}{\sum_i r_i}.$$

Они показаны в шестом столбце таблицы 12.

Ранжирование всех восьми целей с учетом согласованных критериальных значений видов катастроф и «весов» критериев может быть определено по формуле (5) с помощью таблиц типа таблицы 11 и 12:

$$(5) \quad d_j = \sum_{i=1}^I x_{ij} h_i, \quad j = A, \dots, H.$$

Используя данные таблиц 11 и 12, по формуле (5) получаем следующие оценки целей:

$$\begin{aligned} d_A &= 5 \times 0,28 + 5 \times 0,32 + 5 \times 0,22 + 4 \times 0,18 = 4,8; \\ d_B &= 4 \times 0,28 + 4 \times 0,32 + 4 \times 0,22 + 4 \times 0,18 = 4,0; \\ d_C &= 3 \times 0,28 + 4 \times 0,32 + 3 \times 0,22 + 3 \times 0,18 = 3,3; \\ (6) \quad d_D &= 3 \times 0,28 + 4 \times 0,32 + 3 \times 0,22 + 3 \times 0,18 = 3,3; \\ d_E &= 4 \times 0,28 + 3 \times 0,32 + 4 \times 0,22 + 3 \times 0,18 = 3,5; \\ d_F &= 3 \times 0,28 + 3 \times 0,32 + 3 \times 0,22 + 3 \times 0,18 = 3,0; \\ d_G &= 3 \times 0,28 + 3 \times 0,32 + 3 \times 0,22 + 3 \times 0,18 = 3,0; \\ d_H &= 4 \times 0,28 + 4 \times 0,32 + 4 \times 0,22 + 4 \times 0,18 = 4,0. \end{aligned}$$

Таблица 12.

Наименование критериев	Оценка «весов» критериев			Сумма «весов» критериев r_i	Нормированные суммы «весов» h_i
	$n_1 = 4$	$n_2 = 3$	$n_3 = 1$		
1	2	3	4	5	6
1. Полнота решения	4	4	5	33	0,28
2. Достаточность ресурсов	5	4	5	37	0,32
3. Достижимый эффект	3	3	4	25	0,22
4. Оценка или отношение СМИ	4	–	5	21	0,18

Таким образом, цели проранжированы следующим образом (знак « \sim » обозначает эквивалентность целей): А, В \sim Н, Е, С \sim D, G \sim F.

4.4. КОМПЬЮТЕРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕЙ

Ранжирование целей, проведенное по формуле (5), определяло бы последовательность их реализации, если бы для достижения целей были нужны только разделяемые ресурсы, назовем их универсальными, так как они используются для реализации нескольких или даже всех целей. Но для выполнения некоторых целей требуются только специализированные ресурсы. Если эти ресурсы есть, то цели ликвидации последствий групповых катастроф и рисков могут реализовываться независимо от их места в ранжировании.

В нашем примере универсальными ресурсами, из-за использования которых при реализации целей может возникнуть очередь, являются транспорт, территория и частично персонал.

На рис. 2 показана схема алгоритма формирования очередности выполнения целей при планировании мер противодействия группе прогнозируемых катастроф и рисков. В блок-схеме

рис. 2 используются три таблицы, не показанные в статье: таблица готового к использованию резерва, таблица мобилизационных ресурсов для прогнозируемой ситуации и таблица противоречивых целей. Первые две таблицы предназначены для определения объема прогнозируемых ресурсов, а третья – для определения целей, которые нельзя реализовывать одновременно (параллельно). Заметим, что третья таблица содержит и временно противоречивые цели. Поэтому в динамике противодействия катастрофам ее содержание будет меняться.

Кроме этих таблиц на блок-схеме производятся обращения к внутренним спискам: списку целей, еще не поставленных в очередь выполнения, и список целей, на которые не хватает ресурсов для планирования их реализации.

Идея алгоритма планирования состава очередей параллельного выполнения целей (рис.2) заключается в следующем.

Система:

- формирует состав i -й очереди целей (начиная с первой), для чего из списка α она выбирает очередную j -ю цель;
- проверяет наличие ресурсов для реализации j -й цели;
- проверяет, есть ли цели, противоречащие j -й с более высоким рейтингом;
- если ресурсы есть, а противоречивой цели с более высоким рейтингом, чем цель j , нет – j -я цель ставится в очередь.

Если это условие не выполнено – цель остается в списке α и производится переход к цели $j + 1$;

- если при формировании i -й очереди все цели в списке α просмотрены, система формирует $i + 1$ очередь.

В процессе формирования i -й очереди компьютерная система проверяет, просмотрены ли все цели и есть ли цели, которые невозможно реализовать из-за отсутствия ресурсов. Если все цели просмотрены – выполнение алгоритма закончено, если ресурсов для реализации j -й цели недостаточно – эта цель заносится в список β для принятия необходимых мер и система переходит к $(j + 1)$ -й цели. Результаты работы алгоритма в нашем примере показаны на рис. 3.

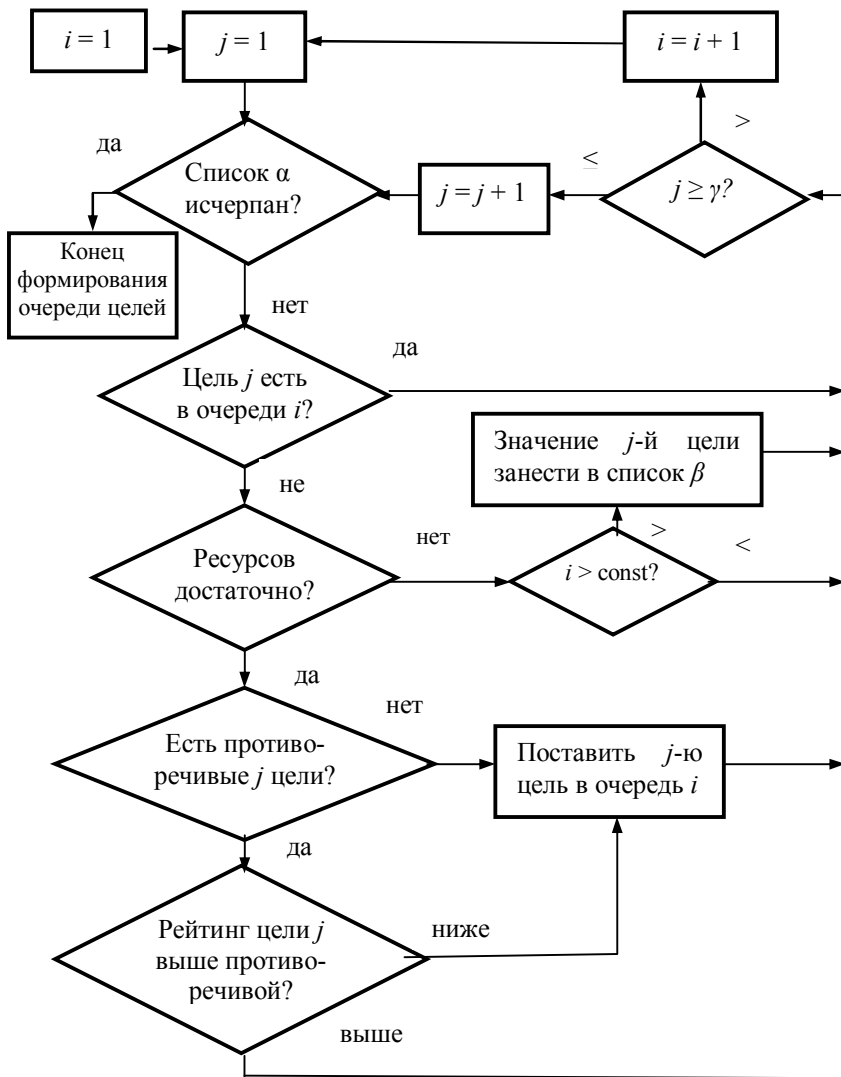


Рис. 2.

Примечание. Список α – список целей, расположенных в порядке ранжирования по оценкам (6) и еще не поставленных в очередь выполнения; список β – список целей, для реализации которых ресурсов недостаточно; γ – общее число целей.



Рис. 3.

В первую очередь по оценкам системы вошли цели А и Н, занявшие первое и второе места в ранжировании и не имеющие ограничений по универсальным силам и средствам. Цель В занимает в ранжировании одинаковые места с целью Н (2 и 3), но она не может быть реализована даже во вторую очередь из-за неготовности сил и средств (таблица ресурсов не показана). Система отнесла ее к третьей очереди.

Цели Е и С занимают следующие места в ранжировании, система планирует реализовать их во вторую очередь также из-за неготовности универсальных средств. Из-за низкого рейтинга цели D и неготовности универсальных средств система поставила ее в третью очередь. Цели F и G выполняются в третью очередь, так как выполнение цели Е является для них ограничивающим ресурсом и они могут быть выполнены только после окончания ее реализации.

Поскольку вопросы логистики и формирование резервных и мобилизационных ресурсов в работе не рассматриваются, то планирование целей противодействия группе катастроф можно считать законченным. Еще раз подчеркнем, что очередность выполнения целей ликвидации последствий катастроф рассмат-

ривается в условиях реализации параллельного противодействия всей их группе, а не каждой катастрофе в отдельности.

5. Сетецентрическое компьютерное планирование параллельного выполнения и синхронизации стратегий (сценариев)

При, казалось бы, ясно сформулированной цели ее предполагаемые результаты еще полностью не определены. Выбор стратегии (сценария) достижения цели не менее важен, чем ее формулировка, так как фактическое выполнение сценария может исказить цель, что и отражает пословица «дорога в ад вымощена благими намерениями». Стратегии (сценарии) реализации целей принадлежат к классу так называемых неполных математических моделей, т.е. моделей, в которых включены лишь существенные факторы. Они могут быть формализованы с приемлемой степенью точности. Основной областью применения таких моделей являются задачи, сводящиеся к оценкам различных вариантов управленческих решений достижения поставленных целей [13]. Эти оценки могут и должны быть произведены как с учетом имеющихся объективных данных, так и используя субъективные представления руководителей и экспертов. В каждой прикладной области существуют свои критерии и методы оценок, но разработаны и общие схемы, которые могут варьироваться в зависимости от конкретных условий. Сетецентрический метод требует рассмотрения и оценки всей совокупности возможных стратегий реализации сгенерированных целей.

5.1. ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКОВ ВОЗМОЖНЫХ СТРАТЕГИЙ

Компьютерное формирование списка возможных стратегий аналогично формированию рассмотренных ранее других списков. Поэтому алгоритмы составления списков рассматривать не будем. При выборе стратегий должны учитываться не только критериальные оценки (при выборе целей мы учитывали только их), но также физические, финансовые параметры и т.п. Компьютерная поддержка формирования списка стратегий не всегда

оканчивается на первой итерации. При дальнейшей разработке управленческих решений в процессе анализа стратегического плана может оказаться, что некоторые стратегии из-за неправильной предварительной оценки могут не привести к ожидаемым результатам. В этом случае выполняется еще одна итерация с учетом вновь полученных данных.

Списки возможных стратегий составляются экспертами заранее и хранятся в базе данных компьютерной системы. Представленные руководителям компьютерной системой управления они могут оказаться полезными, напоминая руководителям о стратегиях, использовавшихся в имевших место ранее ликвидации последствий рисков и катастроф, и расширяя поле выбора за счет стратегий, которые вносились в этот список в процессе анализа действий других организаций. Эти списки могут быть увеличены или сокращены руководителями и экспертами, а соответствующие изменения внесены в память компьютерной системы. Как и в предыдущем разделе, в примерах рассматриваются только стратегии ликвидации катастроф.

Будем считать, что в результате согласования компьютерная система представила экспертам список 6 возможных стратегических решений ликвидации последствий катастроф по целям, занявшим первые шесть мест в рейтинге по формуле (5), и пронумеровала их внутри каждой цели. В соответствии с заданным методом согласования система оставила только те стратегии, с которыми согласны 75% экспертов. Заметим, что в соответствии с сетцентрическим подходом стратегии указаны по целям для всех видов катастроф, а не для каждой из них.

Список 6:

- *По цели А «оказание медицинской помощи»:* 1. Доставка медицинского персонала, медицинского оборудования и лекарств. 2. Медицинский осмотр и инструктаж населения. 3. Проведение противозидемических мер. 4. Оказание терапевтической, хирургической и психологической помощи.

- *По цели В «переселение»:* 1. Выбор мест расселения. 2. Подготовка мест расселения к приему переселяемых. 3. Подготовка транспортных средств для перевозки людей и

средств жизнеобеспечения. 4. Доставка людей в места жизнеобеспечения.

- *По цели С «дезактивация»:* 1. Определение мест и площади дезактивации. 2. Определение уровня радиации. 3. Доставка средств дезактивации. 4. Проведение дезактивации.

- *По цели D «запреты на продукты питания»:* 1. Определение количества и номенклатуры хранящихся на складах продуктов питания. 2. Определение степени заражения продуктов питания, хранящихся на складах. 3. Наложение запрета на употребление продуктов в случае выявления их зараженности. 4. Вывоз или уничтожение продуктов питания в случае необходимости.

- *По цели E «тушение пожара»:* 1. Определение характера и площади возникшего очага возгорания. 2. Формирование сил и средств борьбы с пожаром. 3. Ликвидация пожара.

- *По цели H «информационное управление»:* 1. Контроль информационного пространства. 2. Острая реакция на каждую информационную атаку, независимо от ее источника. 3. Борьба с появлением альтернативной информации, мешающей достижению цели ликвидации последствий катастроф. 4. Умолчание сведений отрицательного характера.

Поскольку различные виды катастроф во многих случаях не позволяют осуществлять их ликвидацию одновременно (параллельно), то возникает задача диспетчеризации процессов их ликвидации. Для этого надо определить: объемы необходимых ресурсов, компьютерные оценки стратегий и последовательность этапов их реализации, синхронизацию стратегий. Определение объемов необходимых ресурсов рассматривать не будем. Эта задача хорошо известна. Рассмотрим остальные задачи.

5.2. КОМПЬЮТЕРНАЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЭТАПОВ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЙ

Поскольку сетевый метод подразумевает параллельную реализацию стратегий по всем видам кризиса, необходимо осуществлять их диспетчеризацию. Все стратегии списка 6

определяются только технологиями реализации целей и поэтому оценивать каждую стратегию отдельно не нужно. Список 6 можно подразделить на две группы. К первой группе отнесем стратегии А, В, Н. Они могут быть реализованы для ликвидации любого вида катастроф. Ко второй группе отнесем стратегии С, D, E. Они осуществляются, только если произошли катастрофы определенного вида. Поэтому сравнивать целесообразно не отдельные стратегии, а все множество стратегий ликвидации последствий вида катастрофы, реализующее заданные цели.

Для этих сравнений в случае недостатка ресурсов, обеспечивающих выполнение одновременно нескольких стратегий, система использует произведенное ранее ранжирование целей ликвидации последствий катастроф, учитывая при этом сравнительную значимость ущерба, наносимого каждым видом катастрофы, т.е. осуществляется маневр имеющимися ресурсами.

Оценки таких множеств стратегий определим по формуле:

$$(7) \quad q_{ij} = d_j | r_i, \quad i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J,$$

где r_i – нормированная оценка i -го вида катастроф по соотношениям (3); d_j – оценка j -й цели по соотношениям (6), $j = C, D, E$. В формуле (7) учитывается, что при расчете соотношений (3) использовались инверсные оценки. Подставляя значения из соотношений (7) и (6), получаем оценки (8):

$$(8) \quad \begin{aligned} q_{1C} &= d_C | r_1 = 3,3 | 0,43 = 7,7; \\ q_{2C} &= d_C | r_2 = 3,3 | 0,19 = 17,4; \\ q_{3C} &= d_C | r_3 = 3,3 | 0,37 = 8,9; \\ q_{1D} &= d_D | r_1 = 3,3 | 0,43 = 7,7; \\ q_{2D} &= d_D | r_2 = 3,3 | 0,19 = 17,4; \\ q_{3D} &= d_D | r_3 = 3,3 | 0,37 = 8,9; \\ q_{1E} &= d_E | r_1 = 3,5 | 0,43 = 8,14; \\ q_{2E} &= d_E | r_2 = 3,5 | 0,19 = 18,4; \\ q_{3E} &= d_E | r_3 = 3,5 | 0,37 = 9,3. \end{aligned}$$

Введем понятие этапа реализации стратегий. Под ним будем понимать отрезок времени и объем ресурсов для частичного выполнения стратегии. Стратегия реализуется путем последовательного, необязательно подряд, выполнения этапов.

Ранжирование множества стратегий ликвидации последствий необходимо для того, чтобы при инициации очередного

этапа выполнения стратегий при недостатке ресурсов система могла планировать реализацию этапов стратегий, имеющих более высокий приоритет. В нашем случае множество стратегий, реализующих последствия катастроф, проранжировано следующим образом: $q_{2E}, q_{2C} \sim q_{2D}, q_{3E}, q_{3C} \sim q_{3D}, q_{1E}, q_{1C} \sim q_{1D}$, (знак \sim обозначает эквивалентность множества стратегий при ликвидации последствий различных видов катастроф).

Обозначим через n_j число этапов реализации j -й стратегии; h_{jk} – объем ресурсов, необходимого для выполнения k -го этапа j -й стратегии. Объем может быть выражен в различных единицах: рублях, тоннах, единицах машин и т.д. Тогда набор ресурсов, необходимых для выполнения j -й стратегии:

$$H_j = \bigcup_{k=1}^{n_j} h_{j,k}, \quad j = 1, \dots, J,$$

Обозначим через $q_{j,k}(h_{j,k})$ оценку эффективности выполнения k -го этапа j -й стратегии в зависимости от объема выделенных ресурсов $h_{j,k}$. В зависимости от характера стратегии и ресурсов это могут быть оценки типа (8), процент спасения жизней для медицинских стратегий, качество размещения эвакуируемых при реализации цели «переселение», процент сохраненных материальных ценностей при тушении пожаров и т.д. Суммарная эффективность достижения цели реализации j стратегий, может зависеть от метода формирования n этапов их выполнения. Отсюда возникает оптимизационная задача формирования этапов реализации стратегий

$$C = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_j} q_{j,k}(h_{j,k}) \rightarrow \max ,$$

$$H_j \leq \text{const}, \quad j = 1, \dots, J.$$

Поскольку при ликвидации последствий катастроф большую роль играет время, то может быть введено временное ограничение на достижение цели:

$$T \leq \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{n_j} t_{j,k} .$$

Таким образом, возникает переборная задача нахождения этапов выполнения стратегий в зависимости от предполагаемого

наличия ресурсов и возможных последствиях катастроф. То есть задача сводится к известным методам построения расписаний доставки технических средств и персонала к месту ликвидации катастроф для реализации планируемых стратегий. Однако сетцентрический подход массирования результатов, а не сил усложняет логическую задачу необходимостью синхронизации выполнения стратегий.

5.3. СИНХРОНИЗАЦИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРАТЕГИИ

Синхронизация – это организация выполнения двух или нескольких процессов в порядке, обеспечивающем их доступ к разделяемым ресурсам. Существуют и другие определения, но нас будет интересовать именно этот аспект процесса синхронизации. Синхронизация обеспечивает заданную дисциплину доступа к требуемому разделяемому ресурсу.

В процессе своей реализации стратегия может использовать общий ресурс в монопольном режиме или совместно с другой стратегией. При необходимости владения одним ресурсом несколькими стратегиями может быть реализована процедура взаимного исключения (*mutex – mutual exclusion*), позволяющая системе управления координировать доступ к разделяемому ресурсу. Процедура может управлять одним или несколькими ресурсами, например, участками территорий, группами транспортных средств, пожарными расчетами и т.д.

Каждый объект, управляемый процедурой использования ресурсов, может быть либо в состоянии «свободен», либо в состоянии «используется». Продолжительность нахождения в состоянии «используется» может определяться выделенным квантом времени либо окончанием использования ресурса захватившей его стратегией. В последнем случае стратегия сообщает компьютерной процедуре *mutex* об освобождении ресурса. Для предоставления освобожденного ресурса ожидающим его стратегиям процедура *mutex* обращается к очереди стратегий за ресурсом и «передает» ресурс первой в очереди стратегии.

Здесь надо отметить два момента:

1. Некоторые ресурсы могут быть разделены на части, например, «ресурс автотранспорт» может быть разбит на автоколонны или даже отдельные транспортные средства.

2. Стратегии и их этапы могут обладать разными правами или приоритетами доступности, например, при запрете ремонтно-восстановительных работ на определенной территории туда могут быть допущены бригады саперов.

Разделяемыми ресурсами могут быть:

- территория, подвергшаяся воздействию катастрофы;
- технические средства, используемые для ликвидации последствий различных видов катастроф и рисков;
- личный состав подразделений, используемый в чрезвычайных ситуациях;
- материальные и финансовые ресурсы и т.п.

Функция синхронизации процессов ликвидации последствий кризисов при сетевом подходе возникает в связи:

- с необходимостью управления разделяемыми ресурсами, т.е. ресурсами, которые могут использоваться для ликвидации последствий разного вида катастроф, например, ударов волн и аварии на атомной станции, происходящих на одной территории;

- с необходимостью выдерживания строгой очередности работ, например, нельзя проводить восстановительные работы до дезактивации пораженной территории, перед тем, как начать восстановление разрушенных зданий, необходимо устранить угрозу взрывов и т.д.

Синхронизации подлежит выполнение j -х стратегий x_j , использующих k -е ресурсы $h_{j,k}$. Множество процессов x_j , $j = 1, \dots, J$, формируют очередь. Стратегиям могут присваиваться приоритеты, тогда они занимают очередь в соответствии со своими приоритетами. Если они считаются равноправными, тогда они занимают очередь по мере поступления заявок на их выполнение. В базе данных системы управления хранится список процессов с указанием их приоритетов предполагаемой деятельности и возможности параллельного выполнения. В динамике управления эти значения могут корректироваться. Синхронизация осуществляется по выполнению работ или по

использованию ресурсов, может быть и по двум этим факторам. Последний случай возникает, когда по техническим условиям возможно выполнение некоторых работ, но ресурсы для реализации отсутствуют или использованы для другой работы.

Для синхронизации стратегий компьютерной системой могут быть использованы хорошо известные в параллельном программировании переменные типа «события» – s , операторы «объявить событие типа» и «ждать событие». Первый часто имеет вид $POST\ s$, а второй – $WAIT\ s$. Оператор типа $WAIT\ s$, если событие s не произошло, задерживает выполнение процесса до того момента, когда событие s произойдет, после этого продолжает (или инициирует) выполнение процесса. Оператор типа $POST\ s$ отмечает, что событие произошло, и по заданной дисциплине (они могут быть очень разнообразны) позволяет выполняться задержанным процессам. Языковые средства синхронизации $POST\ s$ и $WAIT\ s$ являются одними из самых простых среди множества языковых средств синхронизации управляемых процессов и приведены здесь только с иллюстративной целью.

Когда выявляется необходимость дезактивации (разминирования, дегазирования, тушение пожара и т.д.), посредством операции $WAIT$ компьютерная система управления может запретить реализацию на данной территории всех видов стратегий кроме специально установленных для сложившейся ситуации (в нашем случае стратегий реализации дезактивации). После того как дезактивация завершена, и информация об этом введена в компьютер, операцией $POST$ система управления может разрешить выполнение других стратегий на этой территории.

Наличие разделяемых ресурсов и потребность в их использовании само по себе создает конфликтную ситуацию: борьбу за ресурс. Для его разрешения вводятся понятия пассивного и активного состояний стратегии. Состояние j -й стратегии, в котором она может ожидать предоставления k -го разделяемого ресурса, назовем пассивным и обозначим A_1^j . Состояние, в котором j -я стратегия не требует разделяемого ресурса или он ему предоставлен, назовем активным и обозначим A_0^j . В соответствии с этим определением конфликт означает пребывание в

пассивном состоянии одной или нескольких стратегий. Оптимальность правила разрешения конфликтов зависит от критериев, по которым оно оценивается. Так, если критерием является минимизация числа конфликтов за ресурсы, то ресурс надо предоставлять той стратегии, которая имеет минимальную вероятность попадания в пассивное состояние. В нашем случае это множество стратегий, имеющее высший ранг. Разрешением конфликта для одной или нескольких стратегий будем считать предоставление одной или нескольким из конфликтующих стратегий разделяемого ресурса и оставление остальных в пассивном состоянии.

Так как параметры катастроф, тем более их сочетания, как правило, уникальны, а цели и реализующие их стратегии крайне редко бывают равнозначны, то применительно к стратегиям ликвидации последствий рисков и катастроф очередь реализации конкурирующих стратегий будем строить исходя из их значимости или технологических требований. Обычно дисциплины выполнения стратегии (диспетчеризация сценариев) делятся на два больших класса: беспriorитетные и приоритетные. Остановимся на приоритетных. Приоритетные дисциплины могут быть с фиксированным приоритетом и с динамически изменяемым приоритетом.

Для расчета приоритетов можно использовать следующие данные: $h_j(k)$ – объем ресурсов, используемых при реализации j -й стратегии, достигаемой на k -м этапе, объем может определяться в физических единицах, в денежном выражении, в виде лингвистических или балльных оценок (последние варианты удобны тем, что позволяют сравнивать объемы ресурсов различной природы). Приоритет может быть определен по соотношению

$$(9) \quad P_j(k) = \frac{h_j(k)}{C_j(k)} R_j(k), \quad t_j(k) < T_j(k), \quad j=1, \dots, J,$$

где $C_j(k)$ – результаты j -й стратегии, достигаемой на k -м этапе; $R_j(k)$ – «вес» j -й стратегии, он определен выше (ранг может меняться в зависимости от k при динамически изменяемых приоритетах); $T_j(k)$ – предельно допустимое время реализации k -го этапа j -й стратегии; $t_j(k)$ – фактическое время реализации

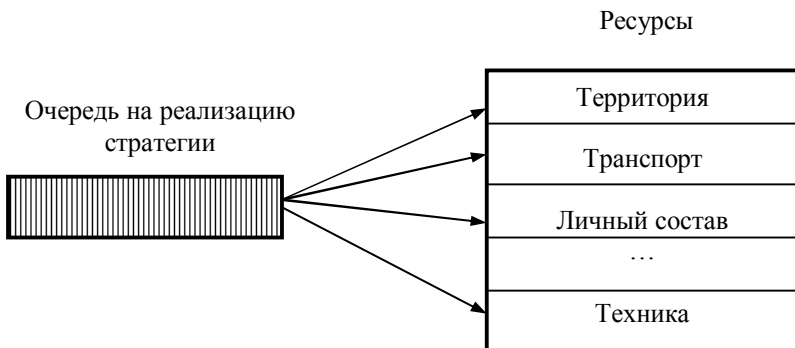
k -го этапа j -й стратегии. При фиксированном определяемом приоритете он вычисляется в период планирования или в начале процесса ликвидации последствий катастроф. При динамически изменяемом приоритете значение $P_j(k)$ периодически пересчитывается в зависимости от изменения значений $h_j(k)$, $C_j(k)$, $R_j(k)$.

Параметр $T_j(k)$ имеет очень важное значение. Обычно для него определяются пороговые значения $t_j(k) < T_j(k)$. Когда величина $t_j(k)$ становится больше порогового значения $T_j(k)$ – это сигнал к пересмотру сценария ликвидации аварии. Например, когда время выполнения отдельных этапов ликвидации аварии на АЭС «Фукусима» вышло за определенные пределы (время охлаждения реактора), а состояние объекта не улучшилось – руководство начало пересматривать цели и стратегии ликвидации катастрофы.

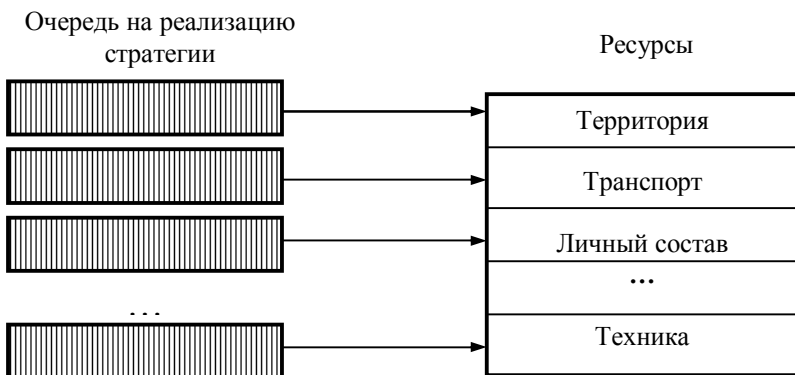
Процесс синхронизации может быть организован на основе общей очереди ко всем ресурсам (рис. 4а) или отдельной очереди к каждому ресурсу (рис. 4б). Каждый из этих подходов имеет свои достоинства и недостатки [19]. Они связаны с техникой синхронизации, и мы их рассматривать не будем.

Применение скалярных критериев типа (9), рассмотренного выше, и методов свертки позволяет линейно упорядочивать стратегии, поступающие в очередь так, как это показано на рис. 4а. Если считать, что все стратегии, требующие один и тот же ресурс, равноценны, то схема их реализации к каждому ресурсу показана на рис. 4б. Практически ситуация выглядит сложнее: один и тот же ресурс могут требовать стратегии разных приоритетов, т.е. в очередях рис. 4б они должны быть упорядочены по важности их реализации. При ликвидации последствий групповых катастроф такой подход может оказаться очень эффективным, так как могут быть использованы одновременно разные ресурсы для реализации различных стратегий.

В нашем примере мы имеем три вида катастроф (удары волн, радиоактивное заражение и пожар), восемь возможных целей и определенное (ограниченное) количество ресурсов для их ликвидации. Часть этих ресурсов специализированы (средства дезактивации, борьбы с огнем, разбор завалов), часть – достаточно универсальны (медицинское обслуживание, информационное управление, средства эвакуации).



а)



б)

Рис. 4.

Распределение специализированных средств может не потребовать дополнительных количественных расчетов, но при распределении универсальных средств обычно возникает необходимость временного и количественного маневра. Поэтому необходимо рис. 4 дополнить подсистемой управления реализацией стратегий, показанной на рис. 4. Подсистема управления реализацией стратегий, показанная на рис. 4, включает в себя средства как синхронизации стратегий, так и распределения универсальных ресурсов между стратегиями.

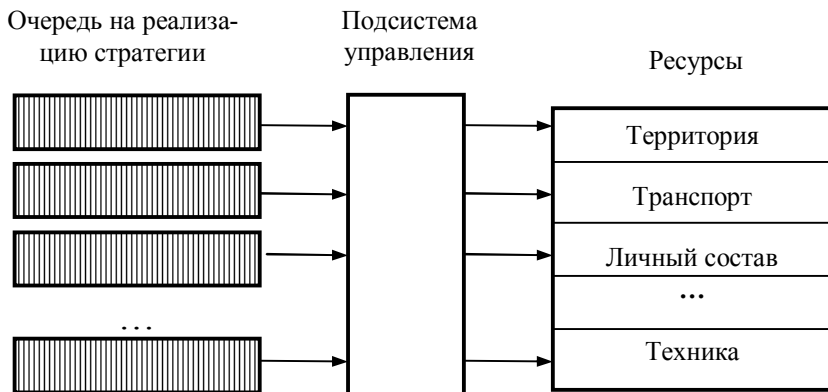


Рис. 5.

Момент начала выполнения стратегий ликвидации последствий катастроф начинается с объявления тревоги и приведения технических средств и личного состава в состояние готовности к работе. Он определяется возникновением аномальных состояний параметров окружающей среды (магнитуды колебаний, уровня радиации, возникновения пожара, возникших социальных волнений, объявления банкротства и т.п.).

По информации о возможных аномальных значениях параметров состояния окружающей среды компьютерная система определяет множество элементов систем инфраструктуры и количество людей, которые могут быть подвергнуты воздействию в результате возникновения группы катастроф. Степень повреждения каждого элемента инфраструктуры a_i может быть оценена по формуле [3]

$$\tilde{d}(a_i) = \sum_l \varphi_l(a_i) d(a_i, r_l), \quad i=1, \dots, I,$$

где r_l – «вес» l -го фактора воздействия катастрофы на элемент инфраструктуры a_i ; $d(a_i, r_l) \geq 1$ – степень повреждения элемента a_i от воздействия фактора r_l ; φ_l – приведенный «вес» фактора l :

$$\varphi_l = r_l(a_i) \left[\sum_l r_l(a_i) \right]^{-1}.$$

Все значения переменных могут быть получены из базы данных компьютерной системы. Подсистема управления реали-

зации стратегий рис. 5 определяет по своим базам данных имеющиеся в распоряжении властей технические средства и личный состав и составляет таблицу имеющихся ресурсов. Она определяет также возможность совместимости стратегий (их одновременное выполнение).

Теперь рассмотрим два наиболее используемых класса синхронизации выполнения стратегий: определяемые технологией их реализации и связанные с их эффективностью.

5.3.1. КОМПЬЮТЕРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ТЕХНОЛОГИЕЙ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Этот класс синхронизации покажем только на одном примере стратегий, реализующих цель А «оказание медицинской помощи». Она может быть выполнена компьютерной системой управления рассмотренным выше механизмом операторов синхронизации POST и WAIT.

Согласно списку 6 эта цель может реализовываться четырьмя стратегиями. Вариант последовательности их выполнения представлен в виде рис. 6. В нем каждая стратегия обозначена идентификатором цели и номером стратегии в этой цели.

Компьютерная система формирует эту последовательность по алгоритму, аналогичному показанному на рис. 2, но в списке α стратегии расположены в порядке последовательности их реализации. Причем оказание медицинской помощи планируется осуществлять всем пострадавшим независимо от того, пострадали ли они от ударов волн, землетрясения, ожогов, вызванных пожарами или от радиационного поражения.

Рис. 6 целесообразно дополнить схемой синхронизации этапов стратегий. Допустим, что планируемого транспорта хватит на перевозку только 1/3 медицинских работников и необходимого оборудования, т.е. их придется перевозить в три этапа. Естественно, медиков будут перевозить с учетом их специализации. Их специализация и прибытие к месту катастроф будет определять последовательность и синхронизацию выполнения этапов стратегий, показанных на рис. 7.

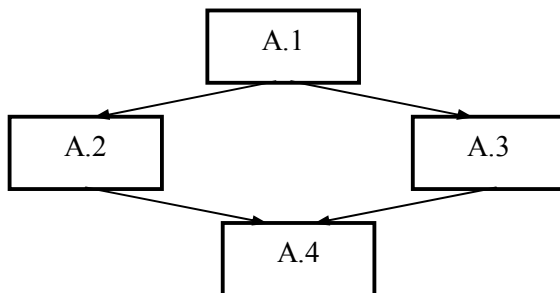


Рис. 6.

Пусть в первую группу входят терапевты и хирурги, во вторую группу – только хирурги, в третью группу – терапевты и психологи. Вторая и третья стратегии выполняются в несколько этапов по мере прибытия оборудования и персонала. Четвертая стратегия также может выполняться в несколько этапов в зависимости от количества пострадавших и возможностей спасателей. Значок \perp – на рис. 7 определяет состояние WAIT s , состояние POST s на рис. 7 не показано, так как этот рисунок иллюстрирует только план, исходное состояние, а не динамику. Элемент динамики показан в следующем разделе на рис. 11.

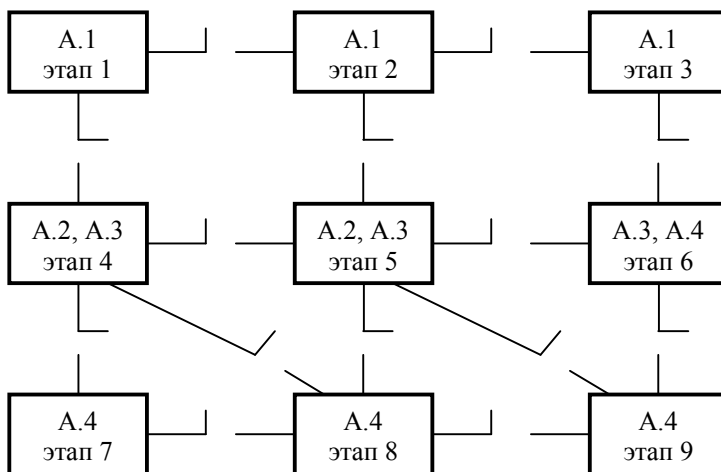


Рис. 7.

5.3.2. КОМПЬЮТЕРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЙ В СООТВЕТСТВИИ С ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

В предыдущем разделе был рассмотрен пример синхронизации стратегий цели, определяемой технологией их реализации. Теперь обсудим возможность синхронизации стратегий в соответствии с их эффективностью (значимостью) для достижения поставленной цели.

Рассмотрим стратегии реализации целей второй очереди. Пусть это будут: «определение мест и площади дезактивации» цели С «Дезактивация» (обозначим ее стратегия $j = 1$) и «формирование сил и средств борьбы с пожаром» цели Е «Тушение пожара» (обозначим ее стратегия $j = 2$), т.е. рассматриваются элементы ликвидации двух типов катастроф. Их реализация требует синхронизации выделенных ресурсов таким образом, чтобы обе стратегии могли реализовываться, используя не только свои специальные ресурсы, но и часть универсальных ресурсов. К специальным ресурсам относятся технические средства борьбы с пожарами, технические средства дезактивации и специалисты. К универсальным средствам отнесем транспорт общего назначения и добровольцев, не имеющих специальной подготовки. Проблему управления и синхронизации выделения части автотранспорта и личного состава решает система управления реализации стратегий рис. 5.

Пусть эксперты с помощью компьютерной системы согласовали три критерия оценки важности стратегий:

1. Полнота достижения цели по формуле (5).
2. Достаточность предполагаемых ресурсов.
3. Оценка отношения СМИ к формируемым стратегиям.

По этим критериям будем оценивать важность стратегий для ликвидации последствий группы катастроф.

Обозначим через a_{ij}^k значение i -го критерия j -й стратегии, данного k -м экспертом или руководителем, а через r_{ij}^k – его «вес». Здесь надо сделать существенное замечание: все эти оценки должны делаться для различной степени ущерба от катастроф. Таких оценок по каждому виду катастроф должно быть столько, сколько предусматривается категорий разрушений от каждого вида катастроф, так как силу катастроф и нане-

сенные ими потери можно оценить, только рассматривая их различные варианты. Поэтому фактически в формулы надо вводить ещё индекс, определяющей вариант силы катастрофы. В нашем примере для краткости и удобочитаемости он не обозначен.

«Веса» критериев, перечисленных выше, определим по формуле

$$(10) r_{ij}^k = \frac{b_{ij}^k}{\sum_i b_{ij}^k},$$

где b_{ij}^k – балльная оценка «веса» i -го критерия j -й стратегии, данная каждым k -м экспертом.

Пусть эксперты определили $b_{1j}^k = 7$, $b_{2j}^k = 8$, $b_{3j}^k = 5$, тогда по формуле (10) получаем $r_{1j}^k = 0,35$, $r_{2j}^k = 0,4$, $r_{3j}^k = 0,25$.

При этом для простоты будем считать их «веса» одинаковыми для обеих рассматриваемых стратегий. Оценки выставляются каждым k -м экспертом на основе своих субъективных представлений, хотя для определения таких оценок можно предложить и несколько более формализованных методов, часть которых рассмотрена выше.

Оценку каждой j -й стратегии будем осуществлять по формуле

$$(11) f_j^k = \left(\sum_i a_{ij}^k r_{ij}^k \right) q_{sl},$$

где q_{sl} определяется по соотношениям (8).

Пусть k -й эксперт оценил значения a_{ij}^k следующим образом:

$$a_{11}^k = 4, \quad a_{21}^k = 5, \quad a_{31}^k = 3, \quad q_{2C} = 17,4,$$

$$a_{12}^k = 3, \quad a_{22}^k = 4, \quad a_{32}^k = 3, \quad q_{3E} = 9,3.$$

Подставляя значения a_{ij}^k , r_{ij}^k и q_{sl} в формулу (11), получаем:

$$\begin{aligned} f_1^k &= (a_{11}^k r_{11}^k + a_{21}^k r_{21}^k + a_{31}^k r_{31}^k) q_{2C} = \\ &= (4 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,25) \cdot 17,4 = 72,21, \\ f_2^k &= (3 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,4 + 3 \cdot 0,25) \cdot 9,3 = 31,62. \end{aligned}$$

В примере приведены только оценки k -го эксперта. Оценки всех экспертов система согласовывает одним из рассмотренных выше способов или каким-нибудь другим. Будем считать, что приведенные оценки согласованы и утверждены. Это значит, что эксперты считают, что «определение уровня радиации», с точки зрения эффективности ликвидации последствий, выше, чем «ликвидация пожара». В соответствии с этим будут планироваться выделяемые ресурсы, и осуществляться процесс синхронизации. Компьютерное управление синхронизацией может осуществляться теми же программными средствами, что и в разделе 5.3.1. Таким образом, сформирован план параллельной реализации двух стратегий ликвидации последствий катастроф.

5.3.3. ПРЕОДОЛЕНИЕ ОПАСНОСТИ ТУПИКОВ В ПРОЦЕССЕ СИНХРОНИЗАЦИИ

Рассматривая проблему синхронизации, нельзя не остановиться на одной из серьезных опасностей, возникающих при реализации этого процесса, – возникновении самозамыкания или тупика. Тупики возникают в тех случаях, когда для реализации нескольких процессов разделяемые ресурсы выделяются таким образом, что выполнение ни одного из них не может быть завершено. Простым примером тупиковой ситуации являются состояния, когда для реализации двух процессов выделяются ресурсы, нужные обоим процессам, но они предоставлены каждому процессу в монопольное владение. Например, пожарной команде с целью ликвидации пожара выделяется вся территория, окружающая возникший очаг возгорания, а санитарной службе с целью оказания медицинской помощи – ее окрестность. В начале пожара конфликта не возникает: пожарные эвакуируют пострадавших и передают их санитарным службам, но когда возникает необходимость начать оказание неотложной помощи на еще не совсем потушенных участках, медики не могут туда попасть, так как это не их территория. В то же время пожарным, может быть, необходимо залить водой окрестные участки, которые могут загореться от летящих искр, но они заняты медиками. То есть для полной реализации каждого процесса требуется ресурс, находящийся в монопольном владении тех, кто реализует другой процесс.

На рис. 8 показан типичный пример тупиковой ситуации. Для реализации процесса 1 выделяется ресурс *A*, для реализации процесса 2 – ресурс *B* и для реализации процесса 3 – ресурс *C*. Затем для реализации процесса 1 требуется ресурс *B*, он занят на выполнении процесса 2. Процесс 1 переходит в состояние ожидания. Для выполнения процесса 3 потребовался ресурс *A*, но он занят выполнением процесса 1, и процесс 3 переходит в состояние ожидания. Наконец, для выполнения процесса 2 потребовался ресурс *C*, но он занят выполнением процесса 3. Процесс 2 переходит в состояние ожидания. Выполнение всех трех процессов прекратилось, их реализация оказалась в тупике.

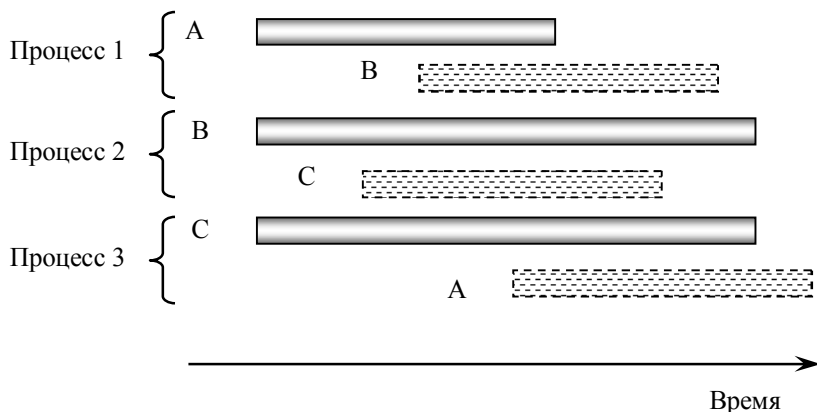


Рис. 8.

Примечание. Сплошной линией показаны используемые ресурсы, а пунктиром – затребованные, но не полученные.

Сформировалось три основных формальных метода борьбы с тупиковыми ситуациями [19]:

А. Предотвращение тупиковой ситуации. Для этого производится одновременное предоставление всех требуемых ресурсов. При этом ресурсы используются неэффективно, так как они блокируются для выполнения других процессов на все время реализации процесса, для которого они выделены.

В. Недопущение возникновения тупика. При этом ресурсы выделяются в динамике только при условии, что тупики не возникнут. В этом случае время ожидания ресурса при выполнении процесса может резко возрасти.

С. Обнаружение тупиковых ситуаций. Этот метод предполагает, что все требования на ресурсы будут удовлетворяться немедленно или по мере освобождения ресурса, но при этом периодически включается алгоритм, который проверяет, не попадает ли система в тупиковое состояние. Если при этом обнаружится, что система окажется в тупике, то принимаются меры предотвращения самозамыкания.

Во многих случаях возникшие тупиковые ситуации разрешаются руководителем. При этом целесообразно, чтобы компьютерная система проверила, не приведет ли решение руководителя к новому тупику. Правда, бывают тупики, из которых нет выхода. Так, после цунами в Японии, от которого пострадали прибрежные населенные пункты и атомная станция, часть этих населенных пунктов подверглась радиоактивному заражению, что сделало невозможным их восстановление. Выхода из этого тупика нет.

6. Компьютерные методы сетецентрического оперативного управления ликвидацией последствий рисков и катастроф

6.1. СХЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Решения по противодействию последствиям кризиса должны приниматься в начальный период катастроф или реализации рисков [21]. Сетецентрическая концепция, согласно которой подготовка к ликвидации последствий кризиса ведется от момента возникновения его угрозы, не снимает этого требования, а необходимость осуществлять оперативные воздействия одновременно по нескольким направлениям управления усложняет эту задачу. Под оперативным воздействием понимается совокупность действий, позволяющая довести создавшуюся после кризиса обстановку до желательного в этих условиях состояния.

Схема компьютерного формирования решений реализующих оперативные воздействия с момента возникновения кризиса, показана на рис. 9.



Рис. 9.

Примечание. Каждый блок на рис. 9 обозначает множество операций по противодействию кризисам разного вида.

Решения формируются с помощью компьютерной системы управления с использованием вариантов ранее разработанных планов. Они рассмотрены в предыдущих разделах. Коррективы в заранее подготовленные планы вносятся на основе анализа данных мониторинга.

Решение перечисленных на схеме рис. 9 задач осуществляется на основе широкого использования средств вычислительной техники в условиях острого дефицита времени и неопределенности информации о складывающейся ситуации.

Оперативное реагирование (применение контрмер) должно быть достаточно быстрым, гибким и отражать реальные факторы, определяющие складывающуюся обстановку. В большинстве случаев принимаемые решения являются групповыми, поэтому должны использоваться автоматические процедуры согласования групповых решений. Наконец, необходимо учитывать влияние различного вида катастроф и рисков друг на друга.

Поскольку процессы в кризисах разного вида происходят одновременно, противодействие им должно реализовываться последовательностью параллельно выполняемых операций, частично использующих одни и те же универсальные (разделяемые) ресурсы. Ход этих операций компьютерная система отображает на дисплеях руководителей всех уровней и направлений в необходимых им объемах.

Схема управления этими операциями показана на рис. 9. Ниже рассматриваются только методы специфические для подготовки и проведения сетецентрического оперативного управления.

6.2. МЕТОДЫ СОГЛАСОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Согласование оперативных воздействий и их параметров может вызвать большие сложности, если опыта ликвидации последствий аналогичных кризисов не было. Примерами таких кризисов могут быть Чернобыль, Фукусима, экономический кризис 2008 г. Но решения могут приниматься почти стандартно, если приобретен большой опыт ликвидации последствий кризисов, аналогичных происшедшему. Тогда согласование

происходит легко, например, при пожарах, типичных случаях банкротств, авариях в системах водоснабжения, электрических сетей и т.д.

Сетецентрическая концепция требует учитывать взаимосвязь оперативных воздействий, противодействующих катастрофам, и нейтрализующих различные виды риска: юридического, экономического, инвестиционного, производственного и т.д.

В список оперативных воздействий могут входить:

- политические, организационные, правовые, экономические и социальные воздействия;
- воздействия, ликвидирующие последствия различных видов катастроф;
- регулирование (отгрузка и получение) запасов на складах, хранилищах и т.п.;
- контроль качества производимой продукции;
- отказ от чрезмерной рискованной деятельности;
- формирование резервов или запасов;
- диверсификация рисков;
- страхование рисков и т.д.

Формирование списка оперативных воздействий ликвидации последствий катастроф и управления рисками (*Risk management*) в условиях начавшегося кризиса может вызвать сложности из-за необходимости согласования воздействий на всех направлениях управления. Возможные варианты согласования параметров оперативных воздействий показаны на рис. 10. Подчеркнем, что компьютерное согласование возможно только для неантагонистических противоречий. Антагонистические противоречия между руководителями разных узлов сети или даже внутри одного узла формальными методами разрешить в большинстве случаев не удастся. Примером такого согласования может служить раздел военно-морских флотов Германии и Италии державами-победителями (СССР, США и Великобритания) после Второй мировой войны. В результате долгого и безуспешного обсуждения все трофейные боевые корабли разделили на три группы и бросили жребий, кому какая группа кораблей достанется.

Теперь рассмотрим алгоритмы согласования параметров оперативных воздействий при неантагонистических противоречиях и различных комбинациях совпадения и несовпадения «весов» и значений критериев в соответствии с классификацией рис. 10. Сложность заключается в том, что это необходимо делать в динамике управления, и их должны осуществлять люди разных специальностей, взглядов, а во многих случаях и интересов в условиях жесткого дефицита времени.

<i>1. Неантагонистические</i>		<i>Согласование компьютерными методами в динамике управления</i>	
<i>2. Антагонистические противоречия</i>		<i>Формальные способы согласования не предлагаются</i>	
«Весы критериев в разных узлах»	Значения критериев в разных узлах		
	I. совпадают	II. не совпадают	
A. Совпадают	Проблем согласования нет	Согласование значений критериев	
B. Не совпадают	Согласование «весов» критериев	Согласование значений и «весов» критериев	

Рис. 10.

Дадим краткие пояснения к рис 10.

A.I.I. «Весы» и оценки критериев во всех узлах совпадают (противоречий нет). В этом случае проблема согласования отсутствует.

B.I.I. Оценки критериев в разных узлах совпадают, а «весы» не совпадают. Один из самых простых вариантов согласо-

ния – определить средний «вес» (среднюю значимость) оценок каждого узла по каждому критерию.

Поскольку рассматривается иерархическая структура сетевидной системы управления, будем считать, что главным узлом в ней является узел первого уровня W_0 ; в этом же узле должны быть определены «веса» узлов нижних уровней W_1, W_2, \dots, W_n относительно узла W_0 и друг друга. «Веса» могут быть определены лингвистическими переменными или баллами.

Каждый узел W_l , точнее эксперт или руководитель каждого узла W_l , может иметь свои приоритеты, отличные от приоритетов других узлов, и когда эти приоритеты ими указаны, то «вес» i -го критерия:

$$(12) K_i = \frac{\sum_{l=1}^L m_l K_l^i}{\sum_{l=1}^L m_l}, \quad i = 1, \dots, I,$$

где K_l^i – «вес» i -го критерия по оценке, данной l -м узлом; m_l – приоритет (значимость, «вес») l -го узла по оценке эксперта, руководителя узла W_0 . В (12) подразумевается, что величина m_l для всех критериев может быть одна и та же, т.е. она не зависит от i . Но она может меняться в зависимости от критерия, тогда для каждого критерия необходимо определять m_l^i .

Методы согласования «весов» критериев могут быть различными. Они освещены в литературе, например, [17, 20]. Но мы ограничимся простейшим иллюстративным вариантом. Он не требует дополнительных обращений к руководителям или экспертам и позволяет хорошо показать идеологию подхода. В соответствии с этими усредненными «весами» выбирается оценка или вариант операционного воздействия, который рассылается во все узлы.

Для этого система поддержки принятия решений:

1. Находит синонимы оценки важности критериев (эксперты могут использовать различные лингвистические переменные).

2. Определяет значения лингвистических переменных (все синонимы одного лингвистического переменного должны иметь одно балльное значение).

3. Производит согласование «весов» критериев по формуле (12) или одним из способов, рассмотренных, например, в указанных выше работах или других.

А.П.1. «Веса» критериев в разных узлах совпадают, а значения критериев не совпадают. Компьютерная система представляет на дисплеях всех узлов диапазон значений каждой лингвистической переменной каждого узла. Считается, что *max* и *min* значений параметров каждой переменной у всех узлов совпадают. В случае несовпадения система доопределяет диапазоны с изменением крайних оценок.

Наиболее четко предпочтения руководителей узлов могут быть определены в точках (или областях) D , определяющих текущее значение критерия; S – его желательное значение и $H(t)$ – значения критериев, которые они могут получить через время t . Точки d, s и $h(t)$ могут быть выбраны в качестве реперов для согласования решений.

Для каждой точки d, s и $h(t)$ система находит средние значения их оценок в узлах.

$$\beta_{d,i} = \frac{\sum_{l=1}^L m_l \beta_l^{d,i}}{\sum_{l=1}^L m_l}, \quad \beta_{s,i} = \frac{\sum_{l=1}^L m_l \beta_l^{s,i}}{\sum_{l=1}^L m_l}, \quad \beta_{h,i} = \frac{\sum_{l=1}^L m_l \beta_l^{h,i}}{\sum_{l=1}^L m_l},$$

где $\beta_{d,i}, \beta_{s,i}, \beta_{h,i}$ – согласованные значения лингвистических переменных для точек $d, s, h(t)$ соответственно; $\beta_l^{d,i}, \beta_l^{s,i}, \beta_l^{h,i}$ – значения лингвистических переменных точек $d, s, h(t)$ l -го узла по i -му критерию.

Повторимся, это самый простой иллюстративный метод согласования, но далеко не всегда лучший.

В.П.1. Значения и «веса» критериев в разных узлах не совпадают. Несовпадения неантагонистические. Выполняются процедуры, описанные в пунктах А.П.1 и В.И.1.

Еще раз повторим, что в настоящее время разработано большое число методов компьютерного согласования. Они, как правило, построены на определении «весов» и значений критериев.

6.3. РАНЖИРОВАНИЕ СТЕПЕНИ УГРОЗЫ КАЖДОГО ВИДА ПРОИСШЕДШЕГО КРИЗИСА

Сетевый метод требует определения эффективности оперативных воздействий не только по тому направлению управления, который непосредственно его реализует, но и по всей группе произошедших катастроф и реализовавшихся рисков. При оценке эффективности оперативного воздействия в динамике управления необходимо определить относительную степень угрозы каждого вида произошедшей катастрофы или реализовавшегося риска. Для этого на дисплее каждого руководителя узла управления система высвечивает таблицы типа 13 (значения критериев по направлениям управления) и 14 (синонимы значений критериев), и просит руководителей и экспертов проставить в таблице 13 те оценки из таблицы 14, которые они считают нужным. Заметим, что в таблице 13 появилось направление «Общественное мнение», в критических ситуациях оно может иметь очень важное значение.

Система производит автоматическое согласование проставленных значений одним из алгоритмов, упоминавшихся выше. Будем считать, что результат согласования показан в таблице 13. Теперь надо определить «веса» критериев. Рассмотрим один из возможных подходов. Система высвечивает на дисплеях руководителей узлов список критериев и просит против каждого поставить «вес» по пятибалльной оценке (конечно, можно использовать любую другую балльность). Используя эти данные, система формирует таблицу типа таблицы 15.

Система определяет сумму «весов», набранных каждым i -м критерием по формуле

$$r_i = \sum_{l=1}^L r_i^l n_l,$$

где r_i^l – «вес» i -го критерия в l -м столбце таблицы 15; n_l – число экспертов, определивших «веса», указанные в l -м столбце таблицы 15. Значения r_i показаны в пятом столбце таблицы 15. Затем система определяет нормированные суммы

«весов» по формуле $h_i = \frac{r_i}{\sum_i r_i}$. Они показаны в шестом столбце

таблицы 15.

Таблица 13.

Наименование критерия	Значения по направлениям управления		
	Катастрофы x_{i1}	Риск x_{i2}	Общественное мнение x_{i3}
1. Уязвимость систем жизнеобеспечения	чрезвычайно опасно	сильный	сильно встревожено
2. Объект повышенной опасности: атомная станция	опасно	есть	сильно встревожено
3. Уязвимость средств связи	очень опасно	есть	нейтрально
4. Достаточность транспортных средств при необходимости эвакуации	не очень опасно	есть	нейтрально

Таблица 14.

Синонимы			Балл
чрезвычайно опасно	риск чрезвычайный	возмущено	1
очень опасно	риск сильный	сильно встревожено	2
опасно	риск есть	встревожено	3
не очень опасно	риск слабый	слегка встревожено	4
безопасно	риск отсутствует	нейтрально	5

Балл каждого направления управления (в нашем примере это катастрофы, риски, и общественное мнение) на основе согласованных значений и «весов» критериев эксперта (таблицы 13–15) может быть определен по формуле

$$(13) d_j = \sum_{i=1}^I x_{ij} h_i, j = 1, 2, 3,$$

где x_{ij} – значение i -го критерия для j -го направления управления:

Катастрофы $d_1 = 1 \times 0,26 + 3 \times 0,12 + 2 \times 0,19 + 4 \times 0,44 = 2,76$.

Риски $d_2 = 2 \times 0,26 + 3 \times 0,12 + 3 \times 0,19 + 3 \times 0,44 = 2,77$.

Обществ. мнение $d_3 = 2 \times 0,26 + 2 \times 0,12 + 5 \times 0,19 + 3 \times 0,44 = 3,91$.

Таблица 15.

Наименование критериев	Число экспертов, определивших «веса» критериев, указанных в столбце			Сумма «весов» критериев r_i	Нормированные суммы «весов» h_i
	$n_1 = 4$	$n_2 = 3$	$n_3 = 2$		
1	2	3	4	5	6
1. Уязвимость систем жизнеобеспечения	2	2	3	20	0,26
2. Объект повышенной опасности: атомная станция	1	1	1	9	0,12
3. Уязвимость средств связи	1	2	2	14	0,19
4. Достаточность транспортных средств при необходимости эвакуации населения	4	4	3	34	0,44

Эти значения удобнее нормировать по формуле:

$$\alpha_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^3 d_i}, \quad \alpha_1 = 0,28, \quad \alpha_2 = 0,29, \quad \alpha_3 = 0,43.$$

Таким образом, наибольшую степень угрозы (в нашем примере практически одинаковую) имеют катастрофы и риски. Общественное мнение в сложившейся ситуации, по мнению экспертов, сильной угрозы не представляет. Аналогичное ранжирование можно сделать по видам кризиса 2011 г. в Японии, в России во время аномальной жары в 2010 г. и другим катастрофам и реализовавшимся рискам

6.4. ФОРМИРОВАНИЕ СПИСКА ОПЕРАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ПРОТИВОДЕЙСТВУЮЩИХ ВОЗНИКШИМ ВИДАМ КРИЗИСА

Процедуры анализа рисков реализации кризиса обычно учитывают как вероятность риска, так и тяжесть последствий в случае, если риск реализуется. Пример стандартной матрицы оценки риска показан в таблице 16 [24].

Таблица 16.

Вероятность события	Тяжесть последствий				
	малая (1)	от малой до средней (2)	средняя (3)	от средней до высокой (4)	высокая (5)
высокая (5)	5	10	15	20	25
от высокой до средней (4)	4	8	12	16	20
средняя (3)	3	6	9	13	15
от средней до малой (2)	2	4	6	8	10
малая (1)	1	2	3	4	5

Обозначения

Риск неприемлемый

Риск, который желательно сократить

Приемлемый риск

Оценки риска, показанные в таблице 16, могут быть получены экспертным путем на основании данных анализа произошедших катастроф. Такие таблицы используются для прогноза, но опасность оценки на основании таких таблиц заключается в том, что вероятность реализации риска может быть действительно очень мала, но если риск реализуется, то последствия, как правило, бывают очень тяжелые. Например, при проектировании атомной электростанции «Фукусима 1» была занижена максимально возможная величина магнитуды землетрясения, что привело к очень тяжелым последствиям. Тем не менее

таблицы типа таблицы 16 могут служить некоторым ориентиром при оценке происшедшей кризисной ситуации, которым мы в дальнейшем воспользуемся.

В таблице 16 оценка риска кризиса определяется только двумя параметрами: вероятность реализации и тяжесть последствий безотносительно к типу и характеру кризиса. Их учет производится при выборе оперативных воздействий. Для этого в базе данных компьютерной системы управления хранится список оперативных воздействий типичных для каждого кризиса. Подобные списки, их ранжирование и согласование достаточно подробно рассмотрены в литературе [7, 14, 16, 17, 21], поэтому здесь ограничимся только кратким примером, данным в таблице 17.

Таблица 17.

Тип кризисного явления	Вид оперативного воздействия	Характер последствия катастрофы, угрозы или реализации риска
Радиационное загрязнение	1. Уточнение пунктов накопления эвакуируемого населения	1. Радиационное заражение
	2. Уточнение маршрутов эвакуации	2. Разрушение жилых зданий
Угроза разорения	1. Скупка акций	1. Угроза банкротства
	2. Страхование от возможных кризисных явлений	2. Падение курса акций
	3. Сокращение объемов производства	3. Падение спроса на продукцию
.....		

После того как система сформулировала множество возможных оперативных воздействий по каждому виду кризиса, она проверяет их взаимный синергетический эффект и противоречивость так же, как это сделано, например, в разделе 4.1 для целей. Затем она ранжирует все сформулированные оперативные воздействия. При ранжировании необходимо учитывать степень угрозы данного вида катастрофы или риска, пример расчета которого показан в разделе 6.3.

В зависимости от данных мониторинга, определяющих характер угроз и реализации рисков, типов и величины полученных повреждений и потерь, компьютерная система выбирает тип и оперативные воздействия, их параметры для каждого вида кризиса, используя предукции типа «если..., то...» или другие модели и методы, рассмотренные в приведенной выше литературе, и поэтому здесь не обсуждаются. На этом этапе выбор осуществляется для каждого вида кризиса. Затем полученные списки оперативных воздействий должны быть сведены в единый список, и все оперативные воздействия ранжируются по заранее согласованным критериям. Для этого на дисплеях руководителей узлов система высвечивает таблицу типа таблицы 18, в которой показаны виды критериев, и просит проставить значения для каждого критерия. После этого система согласовывает значения одним из методов, не требующих повторного обращения к руководителям узлов. Будем считать, что значения во фрагменте таблицы типа таблицы 18 согласованы.

Затем система осуществляет ранжирование оперативных воздействий по формуле:

$$g_s = \sum_{i=1}^l x_{is} \beta_i / \alpha_j,$$

где g_s – балл s -го оперативного воздействия; β_i – «вес» i -го критерия; x_{is} – значение i -го критерия при s -том воздействии; α_j – нормированный балл j -го направления управления, определенный по соотношению (13). «Вес» каждого критерия может быть определен и согласован одним из методов, рассмотренных в разделе 6.2.

Однако оперативные воздействия нельзя отбирать только по баллам, так как при этом может случиться, что некоторые направления управления не будут реализованы из-за низких баллов оперативных воздействий. Поэтому система, отбирая оперативные воздействия после их ранжирования, должна проверить возможность реализации всех направлений управления. Для этого в систему управления должны быть введены логические алгоритмы, проверяющие возможность выполнения направлений управления отобранных подмножеств оперативных

воздействий и вводящие дополнительные воздействия в случае необходимости.

Таблица 18.

Наименование оперативного воздействия	Наименование и значение критериев			
	эффективность операт. воздействия	достаточность необходимых ресурсов	отношение СМИ к операт. воздействиям	синергетический эффект взаимодействия операт. воздействий
Уточнение пунктов накопления эвакуируемого населения	отлично	хорошо	хорошо	хорошо
Уточнение маршрутов эвакуации	отлично	хорошо	хорошо	хорошо
.....				
Скупка акций	удовл.	удовл.	плохо	плохо
Страхование от возможных кризисных явлений	хорошо	хоршо	удовл.	удовл.
Сокращение объемов производства	удовл.	удовл.	плохо	плохо
.....				

Список отобранных оперативных воздействий представляется системой на утверждение руководству. В случае утверждения списка система приступает к диспетчеризации оперативных воздействий, нейтрализующих или ликвидирующих последствия произошедших катастроф и реализовавшихся рисков.

6.5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Даже при очень тщательной подготовке к возможному кризису, он очень редко протекает так, как его ожидали. В первые моменты кризиса для противодействия его последствиям используются в первую очередь силы и средства, которые в мо-

мент начала кризиса оказались в готовности к действию, а оперативные воздействия производят «по обстановке». Оценка эффективности первых действий чрезвычайно важна, так как она может определить дальнейшую стратегию противодействия наступившему кризису. Такие оценки могут использоваться в дальнейшем и на протяжении всей динамики борьбы с последствиями кризиса. Для проведения таких оценок обычно используют результаты реализуемых оперативных воздействий. Эти оценки оказывают серьезное влияние на диспетчеризацию и синхронизацию оперативных воздействий. Поэтому прежде чем рассматривать управление оперативными воздействиями, обсудим методы их оценок.

Эффективность оперативного воздействия может быть оценена по двум параметрам: величина воздействия и приближение процесса к желательным показателям. Второй параметр назовем результатом воздействия.

Величина воздействия определяется отклонением процесса от желаемого состояния. Чем больше отклонение, тем больше значение этой величины и значит, тем большую опасность представляет создавшаяся ситуация. Например, вынужденные сокращения производства какого-либо вида продукции из-за падения на него спроса говорит об ошибках производственной политики фирмы, в результате которых может возникнуть риск банкротства. С другой стороны, эффективность оперативных воздействий может служить мерой возможности регулирования процесса имеющимися стандартными оперативными средствами, не прибегая к экстраординарным стратегическим мерам.

Пусть эффективность оперативного воздействия за предыдущий период τ^k определяется соотношением

$$(14) E^l(\tau^k) = \frac{\text{результат воздействия } (\tau^{k+1})}{\text{величина воздействия } (\tau^k)},$$

где l – индекс, определяющий вид оперативного воздействия.

Например, эффективность такого воздействия E^l как сокращение производства, если возникает риск затоваривания продукции, определим по процентному отношению сокращения запасов товаров l -го типа в период τ^{k+1} к сокращению производства этого типа в период τ^k . Она может быть выражена таблицей

типа таблицы 19 [1]. В таблице 19 введены следующие обозначения: W_l – % сокращение продукции l -го типа; E^l – численная оценка, полученная по соотношению (14), и $E^{l\wedge}$ – лингвистическая оценка величины E^l . Из нее видно, что величина сокращения продукции в диапазоне $2\% \leq W_l < 15\%$ сильно влияет на оценку E^l . При $0 \leq W_l < 2\%$ и $W_l \geq 15\%$ значение $E^{l\wedge}$ не зависит от величины E^l .

Таблица 19.

$0 \leq W_l < 2\%$	$2\% \leq W_l < 10\%$		$10\% \leq W_l < 15\%$		$W_l \geq 15\%$
$E^{l\wedge}$	E^l	$E^{l\wedge}$	E^l	$E^{l\wedge}$	$E^{l\wedge}$
Отл.	2	Отл.	2,3	Отл.	Плохо
Отл.	1	Хор.	2	Хор.	Плохо
Отл.	0,8	Удовл.	1	Удовл.	Плохо
Отл.	0,8<	Плохо	1<	Плохо	Плохо

Конечно, соотношение (14) может иметь и другой вид. Он будет зависеть от метода определения E^l , возможно значительно отличающегося от соотношения (14). Независимо от конкретного вида соотношения типа (14), оно должно показывать эффективность производимых оперативных воздействий, которая служит основанием для принятия решений о сохранении или изменении стратегии оперативных воздействий l -го типа. Эти величины систематически оцениваются компьютерной системой и предоставляются руководителям в удобном для них виде, например в виде графиков и диаграмм.

При определении характера и размеров оперативного воздействия принципиальная сложность выбора возникает из-за неточного знания принимающим решение истинного состояния среды, в нашем примере – характера и величины потерь, связанных с рисками и катастрофами. Характер воздействия и его величина определяются в соответствии с данными мониторинга и гипотетическими оценками состояния среды и ее реакции на предлагаемое воздействие. Уточнение этих оценок может быть произведено с помощью сбора дополнительной информации, а также путем проведения экспериментов, по результатам которых судят о состоянии среды и возможностях воздействия на

нее. Оперативные воздействия можно рассматривать не только как шаги процесса управления, но и как результаты эксперимента, показывающие реакцию окружающей среды на оказанное на нее воздействие. Проведение эксперимента всегда требует затрат (материальных, организационных, временных и других). Величины воздействий угрозы и результаты воздействия могут определяться различными способами, в частности, на основе соотношения (14) и иметь вид формул (15), (16).

$$(15) \quad E_5^l(\tau^k) = \frac{w_l^k - w_l^{k+1}}{x_l^k - x_l^{k+1}}, \alpha_j,$$

$$w_l^k > w_l^{k+1}, \quad x_l^k > x_l^{k+1};$$

$$(16) \quad E_6^l(\tau^k) = \frac{w_l^{k+1} - w_l^k}{x_l^{k+1} - x_l^k}, \alpha_j,$$

$$w_l^{k+1} > w_l^k, \quad x_l^{k+1} > x_l^k;$$

где w_l^k – оценка результата воздействия (сокращение площади пожара, уровня радиации, % восстановленной системы жизнеобеспечения и т.д.) за период τ^k ; x_l^k – оценка произведенной величины воздействия l -го типа за период τ^k ; α_j – нормированное значение балла j -го направления управления, рассчитанного по формуле (13). Оно нужно для сравнения оперативных воздействий разных направлений (могут быть использованы данные таблицы 13). Значения w_l^k и x_l^k обозначаются в лексических (балльных) переменных для того, чтобы их значимость можно было сравнивать при диспетчеризации и синхронизации:

Конечно, возможны другие соотношения.

Система, выбирая характер и величину очередного оперативного воздействия, может оценивать эффективность предыдущих воздействий, т.е. рассматривать произведенные воздействия как процесс проведения эксперимента по изучению реакций на них внешней среды.

В зависимости от оценки эффективности, полученной по соотношению (15) и (16), система может дать рекомендации по модификации параметров оперативного воздействия, например, в соответствии с таблицей 20, заранее составленной экспертами,

где оценка тренда определяется как среднее значение N оценок эффективности последних оперативных воздействий.

6.6. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ И СИНХРОНИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Диспетчеризация и синхронизация управляющих воздействий разного уровня и направлений деятельности уже была рассмотрена в предыдущих разделах. Сейчас рассмотрим специфику этих задач применительно к оперативным воздействиям.

Величину оперативных воздействий в соответствии с изменением обстановки можно определять разными методами. Приведем для иллюстрации простейший метод определения величины оперативного воздействия.

Таблица 20.

Оценка тренда эффективности оперативных воздействий	Возможные изменения характера оперативных воздействий			
	Оценка эффективности последнего воздействия			
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Плохо
Отлично	Не менять	Слегка увеличить величину воздействия	–	–
Хорошо	Не менять	Слегка увеличить величину воздействия	Увеличить величину воздействия	–
Удовлетворительно	–	Значительно увеличить величину воздействия	Модифицировать характер оперативных воздействий, рассмотреть необходимость модификации стратегий	
Плохо	Модифицировать реализуемые стратегии			

Примечание. Символ «–» означает нестандартную ситуацию, требующую специального рассмотрения.

Пусть x_i^k – значение i -го критерия в период времени τ^k , а x_i^{k+1} – в период τ^{k+1} . Их значения будем брать из таблицы 16. Если $x_i^k > x_i^{k+1}$, будем считать, что по i -му критерию обстановка улучшится. Тогда величина оперативного воздействия может быть определена по соотношению

$$D_i = -f(\delta_i^k)(x_i^k - x_i^{k+1}),$$

где $f(\delta_i^k)$ – функция (таблица или алгоритм), отображающая разность оценок $x_i^k - x_i^{k+1}$ в величину оперативного воздействия, например, сокращение площади, охваченной огнем, в число пожарных расчетов, которые можно вывести из этого очага пожара.

Если $x_i^k < x_i^{k+1}$, то $D_i = f(\delta_i^k)(x_i^{k+1} - x_i^k)$.

Если вернуться в раздел 5 и проиллюстрировать рис. 7, то он может выглядеть так, как показано на рис. 11, т.е. выполнены синхронизирующие команды POST s и WAIT s , обозначенные на рис. 11 символами — —.

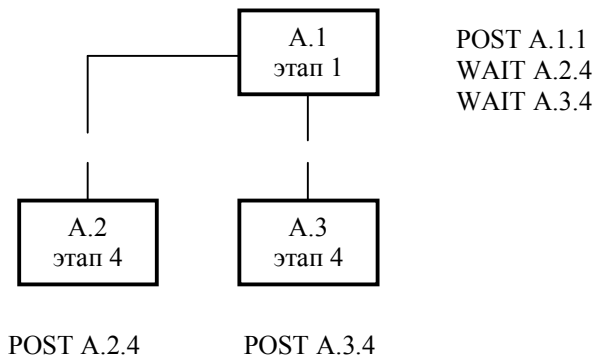


Рис. 11.

Теперь обсудим возможность синхронизации оперативных воздействий в соответствии с их эффективностью (значимостью) для достижения поставленной цели. Пусть эксперты с помощью компьютерной системы согласовали три критерия оценки важности оперативных стратегий.

1. Эффективность оперативного воздействия, определенная по формулам (15) или (16).
2. Достаточность необходимых ресурсов.
3. Отношение СМИ к оперативным воздействиям.
4. Синергетический эффект взаимодействия оперативных воздействий.

Для этого необходимо из очереди оперативных воздействий выбрать и представить часть универсальных ресурсов тому воздействию, у которого выше оценка эффективности.

Для оценки эффективности оперативных воздействий используем метод распознавания образов [10]. Эксперты строят векторы оценок эффективности воздействий одного направления управления. Они представлены в таблице 21.

Таблица 21.

Значения критериев				Оценка эффективности оперативных воздействий	Оценка эффективности
Эффективность оперативных воздействий	Достаточность необходимых ресурсов	Отношение СМИ к производимым опер. воздействиям	Синергетический эффект взаимодействия опер. воздействий		
1	2	3	4	5	6
отлично	хорошо	хорошо	отлично	отлично	отлично
хорошо	хорошо	удовл.	удовл.	хорошо	хорошо
удовл.	удовл.	удовл.	удовл.	удовл.	удовл.
плохо	плохо	удовл.	плохо	плохо	плохо

Естественно, что в результате оперативных воздействий значения критериев оценки в общем случае не совпадают ни с одним вектором оценки эффективности из таблицы 21. Поэтому будем искать оценку эффективности, в определенном смысле наиболее близкую к результатам воздействия. Для этого введем меру близости между s -м вектором эффективности из таблицы 21 и оценкой результатов l -го оперативного воздействия или l -ой последовательности:

$$d(r^s, g^l) = \sqrt{\sum_{i=1}^l (r_i^s - g_i^l)^2},$$

где r_i^s – значение i -го критерия s -ого вектора оценки эффективности из таблицы 21; g_i^l – значение i -го критерия оценки результатов l оперативных воздействий.

Для распознавания системой близости оценки l оперативных воздействий к s -му вектору эффективности из таблицы 21 введем функцию:

$$(17) \mu(r^s, g^l) = \min_{s \in S} d(r^s, g^l),$$

где S – множество векторов оценки эффективности из таблицы 21, т.е. система сравнивает вектор g^l со всеми векторами r^s . Индекс s , для которого функция $\mu(r^s, g^l)$ достигает минимума, и определяет оценку эффективности произведенных l оперативных воздействий.

Однако определять эффективность оперативного воздействия только близостью к соответствующему вектору оценок из таблицы 21 при сетцентрическом подходе недостаточно. В борьбе за универсальные ресурсы могут участвовать оперативные воздействия различных направлений управления, и система должна учитывать их важность. Наиболее эффективное оперативное воздействие всех N направлений управления система находит по соотношению

$$(18) \rho_n = \max_n \alpha_n \times \mu_n(r^s, g^l),$$

где α_n – балл n -го направления управления, определяемый по нормированным значениям соотношения (13); μ_n – оценка наиболее эффективного оперативного воздействия n -го направления управления, определенная по соотношению (17). Соотношение (18) определяет наиболее эффективное оперативное воздействие среди всех стоящих в очереди на реализацию (см. рис. 5). Готовность к его выполнению система управления определяет так же, как и в разделе 5.

7. Заключение

Сетецентрические методы компьютерного управления противодействия рискам и катастрофам появились:

- на основе анализа и оценки развития современных технических средств;
- возможности использования политического, экономического и других видов влияния на общество в период подготовки к противодействию и проведению ликвидации последствий рисков и катастроф;
- объединения всех технических средств и методов влияния в единую распределенную сеть;
- под влиянием принятой в 90-х годах сетецентрической концепции ведения боевых действий.

Анализ произошедших в последнее время разного рода рисков и катастроф показывает, что во многих случаях они происходят одновременно или в течение небольшого временного интервала. Независимо от существующих между ними причинных связей современные силы и средства позволяют объединять преимущества отдельных технологий в единую распределенную сетецентрическую систему, эффективно реализующую ликвидацию последствий группы кризисов. Такое объединение позволяет осуществить принцип массирования результатов вместо распространенного сегодня принципа массирования средств.

Использование компьютерных средств управления в сетецентрических системах позволяет руководителям разного уровня направлений осуществлять эффективное взаимодействие отдельных направлений управления по использованию сил, средств и тактики ликвидации последствий кризиса.

Хочу выразить искреннюю благодарность Н.И. Злобинской за помощь в этой работе.

Литература

1. АЛЬСЕВИЧ В.В. *Введение в математическую экономику*. – М.: УРСС, 2004. – 144 с.
2. АНДРЕЕВ А.А., ЗУБАРЕВА В.Д., САРКИСОВ А.С. *Оценка эффективности и рисков инновационных нефтегазовых проектов*. – М.: МАКС-ПРЕСС, 2007. – 196 с.
3. АНДРЕЕВ Д.К., КАМАЕВ Д.А., ТРАХТЕНГЕРЦ Э.А. *Экспертное прогнозирование последствий повреждения систем жизнеобеспечения* // Управление большими системами. – 2009. – Вып. 25. – С. 243–293.
4. АНДРЕЕВА Г.В. *Скоринг как метод оценки кредитного риска* // Банковские технологии. – 2000. – №6. – С. 15–17.
5. БАРКАЛОВ С.А., НОВИКОВ Д.А., ПЕСКОВАТОВ В.И., СЕРЕБРЯКОВ В.И. *Двухканальная модель активной экспертизы*. – М.: ИПУ РАН, 2000.
6. БАУМАН Е.Ф., ДОРОФЕЮК А.А. *Классификационный анализ данных* // Труды Международной конференции по проблемам управления. – 1999. – Т. 1. – С. 62–77.
7. *Бортовые интеллектуальные системы*. – М.: Радиотехника. – Ч. 1, 2. – 2006. Ч. 3. – 2008.
8. *Википедия: АЭС Фукусима-1*. – URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
9. ВИШНЯКОВ Я.Д., РАДАЕВ Н.Н. *Общая теория рисков*. – М.: Академия, 2008. – 363 с.
10. ГОРЕЛИК Л.Д., СКРИПКИН В.А. *Методы распознавания*. – М.: Высшая школа, 2004.
11. ЗАЙНУТДИНОВ Р.А., КРАЙНОВА Э.А. *Теория и практика экономической оценки повышения эффективности нефтегазодобывающего производства*. – М.: Нефть и газ, 2002.
12. *Земные катастрофы. Цунами*. – URL: <http://katastrofa.h12.ru/cunami/htm>.
13. МАЛИНЕЦКИЙ Г.Г. *Сценарии, стратегические риски, информационные технологии* // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2002. – №4. – С. 83–108.
14. НЕЧАЕВ В.И. *Теория катастроф: современный подход при принятии решений*. – С.-Петербург: АРТ – Экспресс, 2011.

15. НОВИКОВ А.М., НОВИКОВ Д.А. *Методология*. – М.: СИНТЕГ, 2007.
16. ТРАХТЕНГЕРЦ Э.А. *Компьютерная поддержка переговоров при согласовании управленческих решений*. – М.: СИНТЕГ, 2003. – 284 с.
17. ТРАХТЕНГЕРЦ Э.А. *Компьютерные методы реализации экономических и информационных управленческих решений*. В 2-х томах. – М.: СИНТЕГ, 2009.
18. ТРАХТЕНГЕРЦ Э.А. *Компьютерные технологии манипулирования общественным мнением*. – М.: СИНТЕГ, 2011.
19. ТРАХТЕНГЕРЦ Э.А. *Программное обеспечение параллельных процессов*. – М.: Наука, 1987.
20. ТРАХТЕНГЕРЦ Э.А., СТЕПИН Ю.П. *Методы компьютерной поддержки формирования целей и стратегий в нефтегазовой промышленности*. – М.: СИНТЕГ, 2007.
21. ТРАХТЕНГЕРЦ Э.А., ШЕРШАКОВ В.М., КАМАЕВ Д.А. *Компьютерная поддержка управления ликвидацией последствий радиационного воздействия*. – М.: СИНТЕГ, 2004. – 460 с.
22. ХАМЗАТОВ М.М. *Влияние концепции сетецентрической войны на характер современных операций* // Военная мысль. – 2006. – №7. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.milresource.ru/Hamzatov-article-1.html> (дата обращения 30.01.2013.)
23. *Department of Defense / The implementation of Network-Centric Warfare*. – Washington D.C. – 2005.
24. GUDMESTAD O.T., LOSET S. *Risk assessment procedures for design and operation of ships and offshore structures in ice* // Навигация и гидрография. – 1998. – №6. – С. 16–21.
25. NEWMAN D., MORGENSTERN O. *Theory of games and economic behavior*. – Princeton: Princeton University Press, 1944. – 625 p.

NETWORK-CENTRIC METHODS OF COMPUTER-AIDED COUNTERACTION OF DISASTERS AND RISKS

Eduard A. Trahtengerts, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Science, Professor, Honored Scientist of Russia, Chief Researcher (Moscow, Profsoyuznayast., 65, (495)334-88-40, E-mail: tracht@ipu.rssi.ru).

Abstract: We discuss network-centric methods of computer-aided management of both counteraction and relief of consequences planning for future disasters and risks.

Keywords: network-centric methods, group of risks and disasters, preparation to risks and disaster recovery, operational management of risks and disaster recovery, information management.

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии Д. А. Новиковым*