

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ

---

**Abstract:** Using method of analysis of hierarchies for estimation readiness of accident-saving formations is discussed in the paper. It is obtained criterion on the base of which to automate the processes of monitoring readiness and planning the measures on raising readiness of accident-saving formations in situation centre is proposed. The questions of technical realization of the corresponding automated system are considered.

**Key words:** method of Saati's hierarchies analysis, situation centre, criterion of readiness of accident-saving formations.

**Аноація:** У статті розглянуто застосування методу аналізу ієрархій для оцінки готовності аварійно-рятувальних формувань. Отримано критерій, на базі якого пропонується автоматизувати процеси моніторингу готовності та планування заходів у ситуаційних центрах з метою підвищення рівня готовності аварійно-рятувальних формувань. Розглянуті питання технічної реалізації відповідної автоматизованої системи.

**Ключові слова:** метод аналізу ієрархій Саати, ситуаційний центр, критерій готовності аварійно-рятувальних формувань.

**Аноаация:** В статье рассматривается применение метода анализа иерархий для оценки готовности аварийно-спасательных формирований. Получен критерий, на основе которого предлагается автоматизировать процессы мониторинга готовности и планирования в ситуационных центрах мероприятий по повышению готовности аварийно-спасательных формирований. Рассмотрены вопросы технической реализации соответствующей автоматизированной системы.

**Ключевые слова:** метод анализа иерархий Саати, ситуационный центр, критерий готовности аварийно-спасательных формирований.

### 1. Введение

В практике управления крупными промышленными предприятиями или организационными объектами, или объединениями таких предприятий – корпорациями все шире используется новейшая информационная технология – ситуационный центр [1]. Использование ситуационного центра зависит от тематической направленности используемой системы поддержки принятия решений, базы данных и базы знаний и позволяет рассматривать самые разноплановые вопросы, чтобы предоставлять руководству обоснованные проекты решений для утверждения. Одним из важнейших направлений в работе ситуационного центра корпорации, деятельность которой связана с использованием и хранением потенциально опасных веществ или опасными производственными процессами, является принятие решений в условиях возникновения и развития чрезвычайной ситуации (ЧС) и устранения последствий произошедшей ЧС. В условиях возникшей ЧС на объектах корпорации ситуационный центр корпорации начинает работать как кризисный ситуационный центр. Естественными ограничениями для работы кризисного ситуационного центра являются ограничения во времени на принятие решений и повышенные требования к качеству принятого решения, поскольку цена ошибки может быть велика как в материальном выражении, так и в создании угрозы жизни и здоровью людей.

В условиях повседневной деятельности управленческие структуры, эксплуатирующие ситуационный центр, занимаются пополнением и модернизацией баз знаний систем поддержки принятия решений, подготовкой подчиненных организаций к работе в кризисных условиях.

Изменение в уровнях подготовки подчиненных организаций к работе в кризисных условиях должно оперативно отображаться в информационной системе ситуационного центра. Для этого необходима оперативная отчетность о силах и средствах подчиненных организаций и их состоянии, предназначенных для работы в кризисных условиях. Центральные органы корпорации также обязаны создавать условия и руководить подготовкой сил и средств на местах к определенным видам действий в условиях ЧС. Такое руководство для обеспечения систематичности и единообразия должно осуществляться через планирование деятельности по подготовке и отчетности о выполнении планов. На основе этой отчетности система поддержки принятия решений рассчитывает уровни готовности сил и средств.

Целью настоящей работы являются разработка метода оценки готовности сил корпораций к предупреждению и ликвидации последствий ЧС и разработка методики планирования подготовки таких сил на основе моделирования, выполнения и оценки готовности по моделям для оптимизации планов.

## 2. Цель и задачи управления силами и средствами по ликвидации последствий ЧС

Аварийно-спасательные формирования (АСФ) – самостоятельная или входящая в состав аварийно-спасательной службы предприятия (организации) структура, предназначенная для проведения аварийно-спасательных работ. Аварийно-спасательные службы предприятий создаются на основе ведомственной или корпоративной нормативной базы [2–4], которая определяет основные требования к командам специального назначения, необходимые показатели готовности и методические указания по проведению проверки контроля их состояния.

Подготовка АСФ к деятельности в кризисных ситуациях в рамках корпорации координируется кризисным центром. Целью системы управления деятельностью АСФ в кризисном центре является повышение готовности АСФ к выполнению возложенных на них функций по предотвращению и ликвидации последствий ЧС.

Основные задачи управления АСФ можно представить в виде схемы контура управления, изображенной на рис. 1.



Рис. 1. Контур управления подготовкой сил и средств по ликвидации последствий ЧС

Совокупность факторов готовности АСФ и оценка их значимости является моделью эффективности аварийно-спасательной службы, на основании которой принимаются управляющие решения (по обучению и тренировке формирований, повышению материальной обеспеченности и т.п.).

Цель контроля выполнения плана и мониторинга готовности АСФ – выполнение функций обратной связи в контуре управления и обеспечение информацией аналитиков кризисного центра.

Рассмотренные функции представляют собой деятельность кризисного центра по управлению силами, предназначенными для ликвидации ЧС в период отсутствия кризисных ситуаций. Рассмотрим перечисленные задачи более детально.

### **3. Определение факторов готовности**

Готовность АСФ в соответствии с нормативно-правовой базой определяется как соответствие состояния формирования, определяемое степенью соответствия сил и средств, входящих в формирование, установленным требованиям [3].

Готовность [3] АСФ зависит от многих факторов, например, технической оснащенности, наличия специалистов и т.п. Формализованное описание факторов и взаимосвязь между ними будем называть факторной моделью готовности.

Развитие корпорации и изменение внешних условий приводит к тому, что структура АСФ и требования к ним изменяются (например, необходимость освоения новой техники или изменение схемы взаимодействия с аварийно-спасательными службами других организаций в рамках единой государственной системы безопасности [4]). Следовательно, аналитики кризисного центра должны постоянно работать над факторной моделью готовности и совершенствованием нормативной базы.

Количество факторов, определяющих готовность АСФ различных типов и аварийно-спасательной службы в целом, очень велико. Поэтому факторы группируют в иерархическую структуру. Например, факторы готовности, выделенные МЧС Украины [2], собраны в иерархию, фрагмент которой изображен на рис. 2.

Каждое АСФ имеет штатное расписание или табель [2], которое включает перечень специалистов, технических средств и материальных ресурсов, необходимых для выполнения определенных для подразделения функций.

Некоторые факторы можно оценить как процентное отношение фактического от требуемого значений (например, АСФ обеспечено противогазами на 50%). Однако подобные показатели не позволяют оценить, до какой степени это снижает готовность подразделения.

Большая часть факторов, таких как дисциплина, профессиональная или психологическая подготовка, не имеет явных числовых показателей. Следовательно, необходимо обратиться к теории экспертных оценок (качественным методам принятия решения), где принятие решения понимается как выбор альтернативы из множества на основе анализа факторов или критериев [5]. Особенности данной задачи – множество факторов (критериев) принятия решения, объединенных иерархической схемой, и только две альтернативы: “готов” и “не готов”. В этих условиях наиболее эффективным является использование метода анализа иерархий (МАИ) Саати [5].

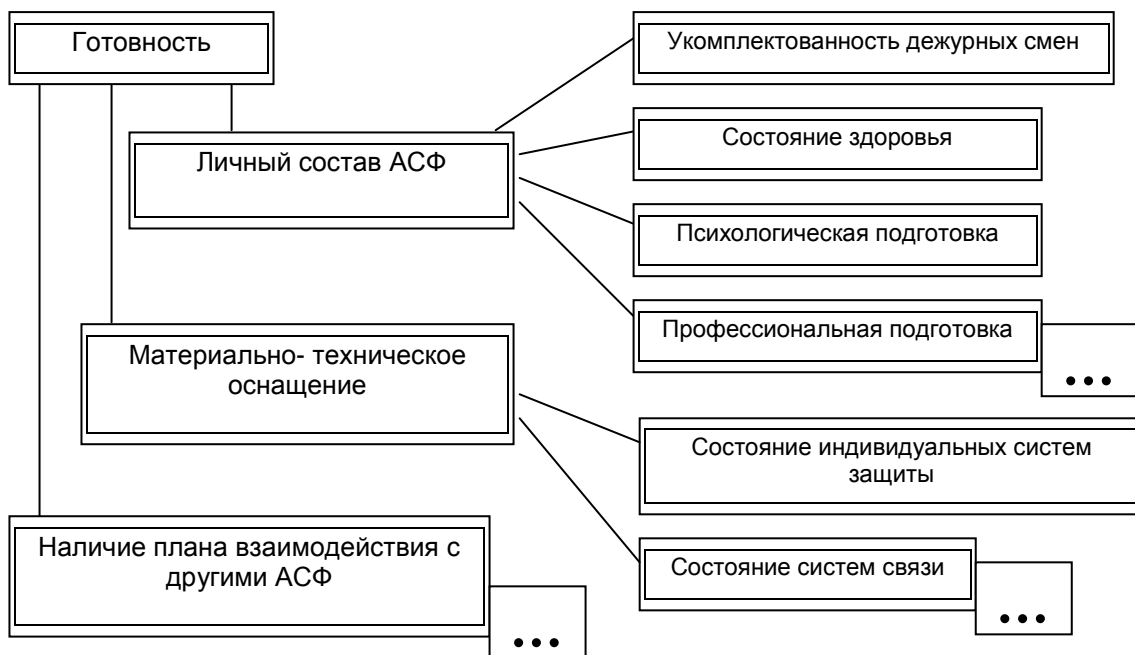


Рис. 2. Фрагмент иерархии факторов готовности АСФ

Согласно МАИ, принятие решения понимается как выбор альтернативы из множества альтернатив путем попарного сравнения предпочтительности альтернатив по каждому фактору низшего уровня иерархии, затем предпочтительности факторов низшего уровня по каждому фактору следующего уровня и т.д. Для фиксации результата сравнения пары альтернатив или факторов используется шкала следующего типа:

Таблица 1. Шкала сравнения

1	– равноценность
2	– умеренное превосходство
3	– сильное превосходство
4	– очень сильное превосходство
5	– высшее (крайнее) превосходство

Результат парных сравнений записывается в виде обратно-симметричной матрицы, размерность которой определяется количеством сравниваемых альтернатив или факторов. Метод анализа иерархий позволяет получить вектор весовых коэффициентов соответствующей размерности. Далее функция полезности определяется с помощью свертки (или взвешенной суммы):

$$a_{lk}^{m+1} = \sum_i w_{li}^m \cdot a_{ik}^m, \sum_i w_{li}^m = 1, \sum_k a_{ik}^m = 1, 0 \leq w_{li}^m \leq 1, 0 \leq a_{ik}^m \leq 1, \quad (1)$$

где  $a_{ik}^m$  – вес  $k$ -й альтернативы по  $i$ -му фактору на  $m$ -м уровне иерархии,  $w_{li}^0$  – вес  $i$ -го фактора  $m$ -го уровня для  $j$ -го фактора  $m$ -го уровня иерархии. Уровни иерархии нумеруются,

начиная с верхнего, номер которого равен 0. На 0-м уровне остается только один фактор, который является критерием выбора альтернативы.

Особенностью применения метода в данном случае является то, что множество альтернатив состоит только из двух элементов: «готов», «не готов». Тогда в формуле (1) индекс  $k$  пропадает, поскольку имеет смысл рассматривать только альтернативу «готов» (сумма весов альтернатив всегда равна 1). Обозначим  $a_i^m$  – вес альтернативы «готов» (оценка готовности) на самом нижнем уровне иерархии для фактора  $i$ . Тогда на основании линейности операции свертки можно представить критерий готовности АСФ в виде

$$a = a^0 = \sum_i v_i \cdot a_i^m, \quad \sum_i v_i = 1, \quad 0 \leq v_i \leq 1, \quad (2)$$

где  $v_i$  – коэффициенты, определяемые суммированием по факторной модели готовности.

Оценки готовности по факторам на самом нижнем уровне иерархии – это данные мониторинга АСФ. Оценка (2) характеризует готовность подразделения в целом и определяется по факторной модели в кризисном центре.

Таким образом, на этапе «Определение целей и факторов готовности» группа экспертов должна определить:

- факторы готовности АСФ;
- их иерархическую взаимосвязь;
- произвести попарное сравнение значимости факторов по иерархии;
- составить инструкции для вычисления показателей мониторинга для АСФ.

#### 4. Планирование мероприятий

Планирование мероприятий – основное управляющее воздействие на объект управления с целью повышения готовности. Задачи планирования зависят от структуры объекта управления – аварийно-спасательной службы корпорации. Рассмотрим, каким образом можно оценить эффективность планирования, имея критерий готовности (2).

План  $P$  можно представить в виде множества разделов плана  $\{p_j\}$  – мероприятий, которые не связаны друг с другом, и оценивать их влияние на готовность можно отдельно.

Система мониторинга предоставит данные, необходимые для вычисления критерия на момент окончания мероприятия. Эти данные необходимо сравнить с состоянием объекта управления на тот же момент времени (соответствующий окончанию выполнения мероприятия), но при условии, что мероприятие не проводилось при всех остальных равных условиях. Для того чтобы на этапе планирования оценить таким способом эффективность предполагаемых мероприятий, необходимо иметь модель поведения объекта контроля при выполнении этого плана. Даже если накоплена представительная статистика по данному мероприятию, построение такой модели очень проблематично. Кроме того, невозможно оценить мероприятия, которые выполняются впервые.

Рассмотрим применение экспертных оценок и процедуры Саати для оценки эффективности планирования. Для этого необходимо:

- выделить разделы плана, эффективность которых можно оценивать независимо;
- в качестве альтернатив для принятия решения выбираем: «эффективен», «не эффективен»;
- для каждого фактора, являющегося целевым для данного раздела плана, производим сравнение по шкале (табл. 1) альтернатив, т.е. получаем  $p_{r,i}^m$  – вес раздела плана №  $k$  для  $i$ -го фактора нижнего уровня иерархии факторов;
- используя формулу (2):

$$p_k = \sum_i v_i \cdot p_{k,i}^m, \quad \sum_i v_i = 1. \quad (3)$$

МАИ позволяет оценить эффективность планируемых мероприятий по повышению готовности АСФ на основе единой факторной модели (разд. 3) готовности.

### 5. Контроль выполнения плана и мониторинг готовности АСФ

Контроль выполнения плана и мониторинг готовности предполагает наличие системы отчетности между структурными единицами аварийно-спасательной службы, основанной на формировании показателей готовности.

Аварийно-спасательная служба имеет иерархическую строгую структуру [2, 3]. Следовательно, граф, представляющий всю структуру рассматриваемого объекта, состоит из некоторого количества подграфов (рис. 3),

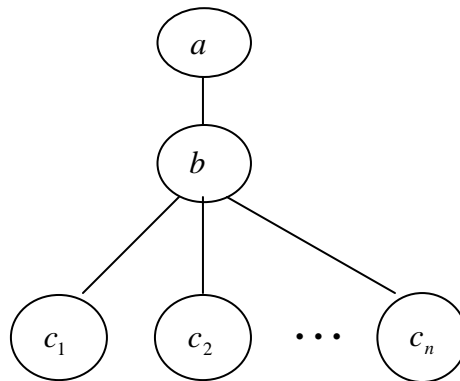


Рис. 3. Элемент структуры аварийно-спасательной службы

где  $b$  – подразделение, работу которого мы рассматриваем,  $a$  – вышестоящее подразделение,  $c_1, c_2, \dots, c_n$  – подчиненные подразделения.

Каждое подразделение  $c_j$  характеризуется значением критерия готовности  $a_j^c$ , рассчитанным по формуле (2). Готовность подразделения  $b$  явно зависит от готовности подчиненных подразделений. Иными словами, перечень факторов готовности подразделения  $b$  включает готовность подразделений  $c_i$ , а множество индексов факторов готовности  $\{i\}$  будет

содержать подмножество индексов  $\{j\}$ , соответствующих  $\{a_j^c\}$ . Тогда выражение (2) для подразделения  $b$  можно разбить на две суммы:

$$a = s + \sum_j v_j \cdot a_j^c, \quad s = \sum_{i \notin \{j\}} v_i \cdot a_i^m. \quad (4)$$

Соотношение (3) представляет собой зависимость оценки готовности на верхнем уровне иерархии от оценок готовности подчиненных подразделений.

Оценка эффективности планирования (3) в иерархической структуре подразделений аварийно-спасательной службы приобретает вид

$$p_k^b = \sum_i v_i \cdot p_{k,i}^m + \sum_j v_j \cdot p_k^c. \quad (5)$$

Таким образом, критерий, рассчитанный на основе МАИ для модели иерархии факторов, применим для сложной иерархической структуры аварийно-спасательной службы и позволяет производить контроль выполнения плана и мониторинг готовности АСФ на любом уровне иерархии.

## 6. Техническая реализация

Подсистемы контроля выполнения плана и мониторинга готовности АСФ предоставляют информацию об управляемом процессе для принятия решений, исполняя роль обратной связи в контуре управления. Факторная модель и целевая функция управления были использованы [6, 7] для формализации функций рассматриваемых подсистем.

Процесс планирования в АСФ состоит из следующих действий:

- прием проекта плана сверху;
- детализация плана;
- отправление на согласование;
- прием утвержденного плана;
- добавление мероприятий местного масштаба в план;
- определение участия подчиненных структур в мероприятиях;
- рассылка проекта плана для подчиненных структур;
- прием скорректированного плана снизу;
- корректировка и утверждение плана.

Функции контроля выполнения плана:

- прием из подчиненных подразделений планов с отметками о выполнении и документами, привязанными к пункту плана (ведомости, подробные отчеты о выполнении и т.д.);
- формирование плана вышестоящего АСФ с отметками о выполнении и документами, переданными снизу.

Функции мониторинга готовности:

- формирование паспорта части, определяющего значения показателей готовности;
- передача данных вышестоящему звену;
- получение данных мониторинга от подчиненного звена;

– расчет критерия готовности.

В настоящее время эти задачи обычно решаются с помощью документирования плана мероприятий с использованием программ Microsoft office (WORD, EXCEL), формирования отчетов о ходе выполнения мероприятий и отчетов о готовности в соответствии со стандартами ведомства, если таковые имеются. Если подразделения имеют иерархическую структуру, то те же операции происходят на каждом уровне иерархии. Большой объем информации, передаваемый между подразделениями, делает проблематичным сохранение целостности данных и обуславливает высокую трудоемкость работ.

Следовательно, целесообразно включить задачу планирования мероприятий по обучению и тренировке подразделений как подсистему в информационную автоматизированную систему кризисного центра, включая разработку реляционной базы данных. При планировании это позволит обеспечить:

- целостность данных;
- удобство использования данных других подсистем (базы знаний о чрезвычайных ситуациях, нормативно-справочную информацию и т.д.);
- снижение трудоемкости контроля выполнения плана и мониторинга готовности подразделений.

## **7. Выводы**

В работе предложен метод формализации оценки готовности АСФ на основе использования МАИ Саати, соответствующий существующим нормативным требованиям. Критерий готовности АСФ определяется как взвешенная сумма, коэффициенты которой вычисляются на основе матрицы парных сравнений.

Оценки критерия готовности при моделировании планируемых мероприятий позволяют оптимизировать планы подготовки АСФ.

Метод оценки предложено использовать в мониторинге, осуществляемом ситуационными центрами корпорации для реализации контура управления силами и средствами АСФ.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Морозов А.А., Кузьменко Г.Е. Ситуационные центры – технология принятия решений // Материалы XI Международной научно-практической конференции. Построение информационного общества: ресурсы и технологии. – Киев, 2005. – С. 115 – 123.
2. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи. Наказ № 61 від 05.03.2002. Про затвердження Положення «Про порядок проведення перевірки діяльності аварійно-рятувальних служб та їх готовності до реагування на надзвичайні ситуації». – Київ, 2002.
3. Министерство транспорта Российской Федерации. Федеральная служба по надзору в сфере транспорта. Распоряжение № ВС-256-р (фс) от 15.12.2005. О введении в действие методических рекомендаций (руководства) по организации и проведению контроля готовности аварийно-спасательных формирований (служб) предприятий и организаций транспортного комплекса. – Москва, 2005.
4. Кабінет міністрів України. Постанова від 3 серпня 1998 р. N 1198. Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру. – Київ, 1998.
5. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – Москва: Радио и связь, 1993. – 224 с.
6. Еременко Т.К. и др. Мониторинг объектов, являющихся ресурсом для использования в работе кризисных центров / Т.К. Еременко, И.Н. Оксанич, Ю.Г. Пилипенко // Збірник доповідей науково-практичної конференції «Системи підтримки прийняття рішень. Теорія і практика». – Київ, 2005. – С. 70 – 71.

*Стаття надійшла до редакції 17.06.2008*