

Том 13, 2016, № 1
Vol. 13, 2016, No. 1

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Цена статистической жизни

Volume Headline:

The value of a statistical life



Официальное издание Экспертного совета МЧС России и Российского научного общества анализа риска
Official Edition of the Expert Council of EMERCOM of Russia and Russian Scientific Society for Risk Analysis

Том 13, 2016, № 1
Vol. 13, 2016, No.1

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis



Общероссийская общественная организация
«Российское научное общество анализа риска»



ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)



Финансовый издательский дом
«Деловой экспресс»

Редакционный совет:

Воробьев Юрий Леонидович (председатель),

кандидат политических наук, заместитель председателя Совета Федерации
Федерального собрания Российской Федерации, председатель Экспертного совета МЧС России

Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя),

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
начальник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ),
заместитель председателя Экспертного совета МЧС России

Солодучина Лариса Владимировна,

управляющий Акционерным обществом «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Фалеев Михаил Иванович,

кандидат политических наук, начальник ФКУ «Центр стратегических исследований
гражданской защиты МЧС России»,
президент Российского научного общества анализа риска

Редакционная коллегия:

Быков Андрей Александрович (Главный редактор),

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
вице-президент Российского научного общества анализа риска

Порфирьев Борис Николаевич (заместитель Главного редактора),

член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией анализа
и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Аверченко Владимир Александрович,

кандидат экономических наук, профессор кафедры «Финансовая стратегия» Московской школы экономики
МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Совета директоров Инвестиционной Группы «Бизнес Центр»

Башкин Владимир Николаевич,

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН

Елохин Андрей Николаевич,

доктор технических наук, член-корреспондент РАЕН, начальник отдела страхования ОАО «ЛУКОЙЛ»

Живетин Владимир Борисович,

доктор физико-математических наук, профессор, ректор Института проблем риска

Кременюк Виктор Александрович,

доктор исторических наук, профессор, заместитель директора Института США и Канады РАН

Махутов Николай Андреевич,

член-корреспондент РАН, Председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска
и проблем безопасности, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А. А. Благонравова РАН

Мельников Александр Викторович,

доктор физико-математических наук, профессор, факультет математических
и статистических наук, Университет провинции Альберта, Эдмонтон, Канада

Ревич Борис Александрович,

доктор медицинских наук, руководитель лаборатории прогнозирования качества окружающей среды
и здоровья населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Сенчагов Вячеслав Константинович,

доктор экономических наук, профессор, вице-президент РАЕН,
директор Центра финансовых и банковских исследований Института экономики РАН

Соложенцев Евгений Дмитриевич,

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией интегрированных систем
автоматизированного проектирования Института проблем машиноведения РАН

Сорогин Алексей Анатольевич,

кандидат технических наук, директор по специальным проектам
Акционерного общества «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Сорокин Дмитрий Евгеньевич,

член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор,
первый заместитель директора Института экономики РАН

Сосунов Игорь Владимирович,

кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

Табаков Валерий Алексеевич,

кандидат экономических наук, Ph.D и DBA в области делового администрирования, член Совета директоров, председатель
правления Инвестиционной Группы «Бизнес Центр», Президент Группы компаний ИКТ

Интервью номера

- 4 Стоимость статистической жизни и цена риска
Интервью с главным редактором журнала А. А. Быковым

Цена риска

- 12 Стоимостная оценка социального ущерба, вызванного аварией, и безопасность сооружений
И. Н. Иващенко, НИИ энергетических сооружений, г. Москва
К. И. Иващенко, НТЦ «Гидротехбезопасность», г. Москва

Риски чрезвычайных ситуаций

- 24 Анализ действующей методики оценки эффективности государственной программы «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» и предложения по ее корректировке
В. В. Артюхин, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 32 Применение современных технологий при реагировании на чрезвычайные ситуации
Д. В. Кулешов, Центральный региональный центр МЧС России, г. Москва
- 36 О роли сервисов социальных сетей для поддержки принятия решений в чрезвычайных ситуациях
К. Р. Еникеева, А. Х. Абдуллин, О. И. Христовуло, Уфимский государственный авиационный технический университет
Ю. И. Исаева (Юсупова), Уфимский государственный нефтяной технический университет

Моделирование риска

- 46 Результаты системно-динамического моделирования процесса информирования населения при химической аварии
Р. А. Дурнев, А. С. Котосонова, Р. Л. Галиуллина, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 52 Снижение пожарного риска в зданиях с массовым пребыванием людей
В. М. Колодкин, Б. В. Чирков, ФГБОУ ВПО «Удмуртский государственный университет», г. Ижевск
- 60 Применение логических деревьев событий при обосновании безопасности опасных производственных объектов
Р. Е. Васильков, ЗАО «Центр аварийно-спасательных формирований», г. Новомосковск
Н. М. Кочетов, Новомосковский институт повышения квалификации
- 70 Интегральная оценка бюджетных рисков
В. В. Гамукин, Тюменский государственный университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет
- 82 Выбор оптимальной стратегии уменьшения риска аварий и инцидентов на опасных производственных объектах с помощью нечеткого многокритериального анализа
С. В. Глухов, А. В. Глухов, ООО «ВолгоУралНИПИгаз», г. Оренбург

Чтобы помнили

- 86 Применение геодинимических и геоинформационных технологий мониторинга для оценки опасностей и рисков
Г. М. Нигметов, К. В. Корнеев, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва
- 92 Аннотации статей на английском языке
- 94 Инструкция для авторов

УДК 658.012:614.8.01

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Выбор оптимальной стратегии уменьшения риска аварий и инцидентов на опасных производственных объектах с помощью нечеткого многокритериального анализа

С.В. Глухов,
А.В. Глухов,
ООО «ВолгоУралНИПИгаз»,
г. Оренбург

Аннотация

В статье рассмотрено применение нечеткого многокритериального анализа для формирования оптимальной стратегии по уменьшению рисков аварий и инцидентов.

Ключевые слова: нефть, газ, авария, риски, нечеткие множества, парные сравнения Саати.

Содержание

Введение

Применение нечеткого анализа для выбора оптимальной стратегии уменьшения риска

Заключение

Литература

Введение

Оценка риска аварий и инцидентов является основной частью деклараций промышленной безопасности опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли.

После оценки риска аварий и инцидентов на опасных производственных объектах требуется выбрать оптимальную стратегию по уменьшению риска, если это необходимо. На современном этапе теория практического определения оптимальной стратегии уменьшения рисков аварий и инцидентов разработана недостаточно. Ситуация осложняется еще и тем, что приходится иметь дело со множеством трудноформализуемых параметров, связанных с человеческой деятельностью. Статистических данных по авариям и инцидентам либо слишком мало, либо они не подходят для конкретного опасного производственного объекта, так как меняются технологии, материалы, из которых изготовлено оборудование, условия эксплуатации и т. д. Поэтому применять методы классической теории вероятностей в чистом виде в оценке и управлении рисками не всегда возможно.

В данной статье мы предлагаем к использованию один из способов определения оптимальной стратегии по уменьшению рисков аварий и инцидентов, основанный на методах нечеткого многокритериального анализа.

Применение нечеткого анализа для выбора оптимальной стратегии уменьшения риска

Риск есть вероятность аварии, объединенная с возможными последствиями. В управлении процессом обеспечения промышленной безопасности (будем называть его управлением риском) в первую очередь должны применяться меры по уменьшению вероятности аварии (инцидента). Как правило, стратегия по уменьшению риска аварий является комплексной и состоит из целого набора мероприятий. На риск аварий и инцидентов оказывают влияние два основных фактора — технологический (связанный с состоянием оборудования, давлением, температурой и т. д.) и человеческий фактор (связанный с ошибками персонала в связи с утомляемостью, расслабленностью, низкой квалификацией и т. д.). В связи с этим меры по уменьшению риска можно разделить на два класса мер по уменьшению негативного влияния технологического и человеческого факторов. Человеческая деятельность является трудноформализуемой областью, в ней присутствует множество субъективных факторов, которые плохо поддаются точной оценке. В оценках состояния человеческого фактора часто используются экспертные оценки. Для формализации экспертной информации хорошо подходит аппарат теории нечетких множеств и метод парных сравнений Саати [1].

Примем следующие положения.

Стратегии по улучшению человеческого фактора S_i включают в себя комплекс критериев M_j , характеризующих эти стратегии. В качестве M_i можно взять меры по обучению персонала, контролю за его работой, проведение профессиональных смотров-конкурсов, премирование персонала, стоимость проекта.

При этом каждая из стратегий по улучшению человеческого фактора может состоять из сочетания описанных выше мер, причем в стратегии могут входить как все меры, так и их часть. Каждая из мер в отдельности может осуществляться в различной степени, так, например, контроль за работой персонала может быть тотальным или выборочным, постоянным или периодическим. Каждая из стратегий по уменьшению влияния человеческого фактора имеет свою стоимость. Выбирать стратегии только

по экономическому критерию нецелесообразно, так как главной целью является не экономия, а уменьшение риска до допустимых значений.

Выбор стратегии будем осуществлять, используя нечеткий многокритериальный анализ вариантов [2].

Введем следующие обозначения:

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ — множество стратегий, которые подлежат многокритериальному анализу;

$M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ — множество критериев, по которым оцениваются варианты.

Пусть $\mu_{M_i}(S_j)$ — число в диапазоне $[0, 1]$, которым оценивается стратегия $S_j \in S$ по критерию $M_i \in M$: чем больше число $\mu_{M_i}(S_j)$, тем лучше стратегия S_j по критерию M_i , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$. Тогда

критерий M_i можно представить нечетким множеством $\tilde{M}_i$ на универсальном множестве вариантов S :

$$\tilde{M}_i = \left\{ \frac{\mu_{M_i}(S_1)}{S_1}, \frac{\mu_{M_i}(S_2)}{S_2}, \dots, \frac{\mu_{M_i}(S_k)}{S_k} \right\}, \quad (1)$$

где $\mu_{M_i}(S_k)$ — степень принадлежности элемента S_k нечеткому множеству $\tilde{M}_i$.

Степени принадлежности нечеткого множества (1) будем находить методом построения функций принадлежности на основе парных сравнений Саати [1]. Шкала значимости критериев приведена в таблице.

Парные сравнения критериев по соответствующим стратегиям будем задавать следующей матрицей:

$$A(M) = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_1 & S_2 & \dots & S_k \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ \dots \\ S_k \end{matrix} & \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (2)$$

где a_{ij} — преимущество стратегии S_i перед стратегией S_j ($i, j = \overline{1, k}$), определяемое по шкале Саати (см. таблицу).

Матрица парных сравнений A является диагональной ($a_{ii} = 1$) и обратносимметричной ($a_{ij} = 1 / a_{ji}$).

Степеням принадлежности нечеткого множества (1) соответствуют координаты собственного вектора $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ матрицы парных сравнений A : $\mu_{M_i}(S_j) = w_j$, $j = \overline{1, k}$. Собственный вектор

Шкала значимости Саати

Таблица

Степень важности	Определение
1	Одинаковая значимость
3	Некоторое преобладание значимости одного критерия перед другим (слабая значимость)
5	Существенная или сильная значимость
7	Очень сильная или очевидная значимость
9	Абсолютная значимость
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы

находят при помощи следующей системы уравнений [1, 2]:

$$\begin{cases} A \times W = \lambda_{\max} \times W \\ w_1 + w_2 + \dots + w_k = 1 \end{cases}, \quad (3)$$

где $\lambda_{\max}$ — наибольшее собственное значение матрицы A .

Данную систему уравнений можно решить с помощью специализированных математических пакетов, например MATLAB.

Матрицу парных сравнений необходимо сформировать по всем критериям M_i , $i = \overline{1, n}$, построив матрицы $A(M_i)$ по типу (2). Всего будем иметь n матриц $A(M_i)$ — по количеству критериев M_i . По формуле (3) для матриц, построенных по типу (2), получим нечеткие множества (1) для каждого критерия M_i по всем стратегиям улучшения человеческого фактора S_j , $j = \overline{1, k}$.

Важность самих критериев M_i (обучение, контроль, премирование, стоимость стратегии и т. д.) определим с помощью матрицы парных сравнений (4).

$$B = \begin{matrix} & \begin{matrix} M_1 & M_2 & \dots & M_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} M_1 \\ M_2 \\ \dots \\ M_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad (4)$$

где b_{ij} — преимущество критерия M_i перед критерием M_j , ($ij = \overline{1, n}$), определяемое по шкале Саати (см. таблицу).

Аналогично рассмотренной выше процедуре, используя решение системы уравнений (3) и матрицу парных сравнений (4), получим нечеткое множество $\tilde{K}$ — важности критериев M_i .

$$\tilde{K} = \left\{ \frac{\mu(M_1)}{M_1}, \frac{\mu(M_2)}{M_2}, \dots, \frac{\mu(M_n)}{M_n} \right\} = \left\{ \frac{\alpha_1}{M_1}, \frac{\alpha_2}{M_2}, \dots, \frac{\alpha_n}{M_n} \right\}, \quad (5)$$

где $\mu(M_i) = \alpha_i$ — степень принадлежности элемента M_i нечеткому множеству $\tilde{K}$, ($i = \overline{1, n}$).

В общем случае по схеме Беллмана — Заде, когда имеется n целей и m ограничений, результирующее решение определяется пересечением всех целей и ограничений [3]:

$$D = C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_n \cap L_1 \cap L_2 \cap \dots \cap L_m, \quad (6)$$

где C_i — цели, $i = \overline{1, n}$;

L_j — ограничения, $j = \overline{1, m}$.

При неравновесных критериях M_i — нечеткое решение находится пересечением частных критериев, результирующее решение по схеме Беллмана — Заде определяется по формуле (7) [2]:

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{i=1,n} (\mu_{M_i}(S_1))^{\alpha_i}}{S_1}, \frac{\min_{i=1,n} (\mu_{M_i}(S_2))^{\alpha_i}}{S_2}, \dots, \frac{\min_{i=1,n} (\mu_{M_i}(S_k))^{\alpha_i}}{S_k} \right\}. \quad (7)$$

Элемент полученного нечеткого множества $\tilde{D}$ с максимальной степенью принадлежности соответствует наиболее выгодной стратегии улучшения человеческого фактора — S_{opt} .

Заключение

Аналогично рассмотренный подход к определению оптимальной стратегии с помощью парных сравнений Саати и нечетких множеств можно использовать для поиска стратегии по улучшению состояния технологического фактора на опасном производственном объекте. Стратегии по улучшению технологического фактора S_j включают в себя комплекс мер M_i по диагностированию оборудования сторонними организациями, техническому контролю оборудования, замене оборудования, изменению технологического режима эксплуатации, установке системы противоаварийной автоматической защиты и т. д.

Преимуществом использования нечеткого многокритериального анализа к определению оптимальной стратегии уменьшения риска является то, что данный подход позволяет учитывать не только стоимость всего проекта (экономический фактор), но и максимальный эффект от мер по уменьшению рисков.

Литература

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
2. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия — Телеком, 2007. 284 с.
3. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. М.: Мир, 1976. С. 172—215.

Сведения об авторах

Глухов Сергей Владимирович: кандидат экономических наук, главный специалист отдела промышленной и экологической безопасности ООО «ВолгоУралНИПИгаз»

Количество публикаций: 50

Область научных интересов: промышленная, пожарная и экологическая безопасность в нефтегазовой промышленности, программирование и математическое моделирование развития аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли, анализ рисков аварий

Контактная информация

Адрес: 460000, г. Оренбург, ул. Пушкинская, д. 20

Тел.: +7 (3532) 340-597

E-mail: SGlukhov@vunipigaz.ru

Глухов Алексей Владимирович: кандидат технических наук, ведущий специалист технического отдела ООО «ВолгоУралНИПИгаз»

Количество публикаций: 30

Область научных интересов: промышленная, пожарная и экологическая безопасность в нефтегазовой промышленности, программирование и математическое моделирование развития аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли, анализ рисков аварий

Контактная информация

Адрес: 460000, г. Оренбург, ул. Пушкинская, д. 20

Тел.: +7 (3532) 340-597

E-mail: AGlukhov@vunipigaz.ru

КРУПНЕЙШАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ВЫСТАВКА ПО БЕЗОПАСНОСТИ

17 - 20 мая

Москва, ВДНХ, павильон №75



международный салон



КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 2016



Тематические разделы

 **Пожарная
безопасность**

 **Техника
охраны**

 **Безопасность
границы**

 **Медицина
катастроф**

 **Защита
и оборона**

 **Средства
спасения**

 **Экологическая
безопасность**

 **Промышленная
безопасность**

 **Информационные
технологии**

 **Комплексная безопасность
на транспорте**

 **Ядерная радиационная и
химическая безопасность**

 **Авиационно-спасательные
технологии гражданской обороны**

 **Безопасность
на водных объектах**

 **Технологии дистанционного
зондирования земли**

 **Материально-техническое
обеспечение силовых структур**