

УДК 519.7+614.8

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ТИПОВОЙ ЗАДАЧИ РИСК-МЕНЕДЖМЕНТА В ИНФОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЕ (НА ПРИМЕРЕ РАНЖИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ). ЧАСТЬ 1

М.В. Буйневич, доктор технических наук, профессор;

Д.Г. Ахунова.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

А.Ю. Ярошенко.

Департамент информационных технологий и связи МЧС России

Научно-техническая статья, состоящая из двух частей, посвящена актуальной проблеме информатизации деятельности ответственного за пожарную безопасность на производственном объекте как предпосылке к ее автоматизации. В первой части введены понятия инфологической среды деятельности, а также контекстное понятие риск-менеджмента. Выбран и обоснован критерий эффективности задачи риск-менеджмента пожарной безопасности в виде совокупности трех показателей: результативности, оперативности и ресурсоэкономности. Описаны предпосылки влияния внешних и внутренних факторов на выбранные показатели эффективности. Осуществлена формальная постановка типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента на примере ранжирования требований пожарной безопасности. Произведен краткий аналитический обзор одноцелевых методов решения задач управления пожарной безопасностью, методов многоцелевых оптимизаций (последовательных уступок, «идеальной» точки, Парето), а также экспертных методов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, производственный объект, ответственный за пожарную безопасность, инфологическая среда, риск-менеджмент, требования пожарной безопасности, многокритериальная задача, метод ранжирования

INTEGRATED METHOD FOR SOLVING A RISK MANAGEMENT TYPICAL TASK IN INFOLOGICAL ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF FIRE SAFETY REQUIREMENTS RANKING). PART I

M.V. Buinevich; D.G. Akhunova.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.Yu. Yaroshenko.

Department of information technologies and communications of the Russian Emergencies Ministry

The scientific and technical article, which consists of two parts, is devoted to the urgent problem of informatization of the activities of the person responsible for fire safety at a production facility as a prerequisite for its automation. The first part introduces the concepts of the infological environment of activity, as well as the contextual concept of risk management. The criterion of the effectiveness of the risk management task of fire safety in the form of a combination of 3 indicators has been selected and justified: potency, operativeness and resource saving. The background of the influence of external and internal factors on the selected performance indicators is described. A formal statement of a typical multicriteria risk management task was carried out using the example of fire safety requirements ranking. A brief analytical review of single-purpose methods for solving fire safety control tasks, multi-purpose optimization methods (consecutive concessions, «ideal» points, Pareto), as well as expert methods was carried out.

Keywords: fire safety, production facility, responsible for fire safety, information environment, risk management, fire safety requirements, multi-criteria task, ranking method

В стране насчитывается большое количество (десятки тысяч) производственных объектов (ПрО), на которых трудятся миллионы людей. Несмотря на разнообразие (масштаб, вид деятельности) все ПрО неизбежно сталкиваются с проблемами обеспечения пожарной безопасности (ПБ). Пожароопасность на сегодняшний день возрастает, так как на ПрО эксплуатируются легковоспламеняющиеся вещества и материалы. Также широкое распространение на производствах получили нефтепродукты и природный газ. В работу внедряют сложные и энергоемкие технологии, которые обладают высокой потенциальной пожароопасностью.

Поэтому сегодня абсолютно каждый ПрО имеет в своём штате должностных лиц, ответственных за ПБ. Данные сотрудники выполняют широкий спектр должностных обязанностей, связанных с поддержанием ПБ на требуемом законодательством уровне. В силу целого ряда факторов, проанализированных авторами в работе [1], в своей деятельности все они испытывают трудности информационного характера. Как результат, информационные потребности лиц, ответственных за ПБ на ПрО, являются неудовлетворенными, что приводит к ненадлежащему исполнению ими своих обязанностей, и, как следствие, сохранению высокого уровня риска пожарной опасности. Налицо актуальная задача удовлетворения этих потребностей, от которых зависит безопасность людей и сохранность материальных ценностей.

Решение этой задачи видится в двух взаимно не исключающих направлениях. Во-первых, это информатизация деятельности ответственного за ПБ на ПрО путем построения реляционной базы данных взаимосвязанных и взаимообусловленных информационных ресурсов, отражающих суть и содержание процесса обеспечения ПБ ПрО инвариантно к решаемым частным задачам. А, во-вторых, переход от малорезультативных попыток «побуквенного» следования многочисленным разрозненным по различным источникам нормативным требованиям (позиция исполнителя – пассивная) к управлению пожарными рисками или, так называемый, риск-менеджмент (позиция управленца – активная) с помощью соответствующих программных продуктов на своих автоматизированных рабочих местах.

В результате прогнозируется создание некоторой инфологической (автоматизированной) среды деятельности ответственного за ПБ на ПрО, позволяющей создать сценарии решения типовых задач риск-менеджмента, поддержанных как информационно, так и функционально. Далее в статье пойдет речь о решении типовой задачи риск-менеджмента ПБ в инфологической среде.

Выбор и обоснование показателей эффективности типовой задачи риск-менеджмента ПБ

При защите ПрО ответственный за ПБ вынужден постоянно решать задачу выбора соответствующих требований, которые необходимо выполнять в первую очередь (при том, что выполнению подлежат все). Это следует из ряда следующих соображений. Во-первых, некоторые требования являются более приоритетными для выполнения, чем другие – например, связанные со спасением жизни людей. Во-вторых, исходя из того, что выполнение требований может занимать различное время, очевидно, имеет смысл удовлетворить вначале те, затрачиваемое время на которые будет минимальным, – это позволит избежать риска лавинообразных последствий. И, в-третьих, при «близких» требованиях целесообразно выбрать те, затраты на которые будут наименьшими, что позволит выполнить большее количество требований. И, главное, все эти соображения оказываются взаимосвязанными между собой, а временные и финансовые ресурсы, отводимые на реализацию требований – ограниченными.

Как результат, ответственному за ПБ на ПрО при выполнении своих функциональных обязанностей приходится решать оптимизационную задачу повышения эффективности выполнения требований. В данном случае под эффективностью считается ее классическое понимание в виде совокупности трех показателей: результативности, оперативности и ресурсоэкономности. Первый показатель означает эффект, получаемый от выполнения требований. Очевидно, непосредственное результирующее спасение человеческих жизней будет положительно сказываться на эффективности. Второй показатель означает быстроту выполнения требований. Так, если из двух «близких» требований одно можно сделать быстрее, то и выполнять его предпочтительнее – то есть эффективность выше. Третий показатель определяет общие финансовые затраты, которые должен понести хозяйствующий субъект (или временные – ответственный за ПБ на ПрО) для выполнения требований. Естественно, наем дополнительных сотрудников также может быть оценен с финансовой точки зрения. Общий вид эффективности хорошо известен и имеет следующий вид:

$$E = \langle E_R, E_O, E_G \rangle,$$

где E_R – показатель результативности; E_O – показатель оперативности; E_G – показатель ресурсоэкономности.

Как хорошо видно, какого-либо однозначного ответа на вопрос «Каким единственным правилом руководствоваться ответственному за ПБ на ПрО для максимально эффективного выполнения всех требований?» дать невозможно. Это можно подтвердить хорошо известным фактом, что повышение результата без каких-либо оптимизационных действий приведет к снижению оперативности или ресурсоэкономности (то есть повышению расхода требуемых ресурсов). Например, внедрение системы оповещения людей при пожаре на всей территории ПрО (повышение результативности) без изменений в ее структурах может быть осуществлено или за очень длительный срок (прокладыванием звукового канала во все помещения, хотя и с минимальными финансовыми затратами), или за очень большие деньги (покупкой и установкой беспроводных систем оповещения, хотя и за быстрый срок). В первом варианте за время установки уже может произойти пожар, а во втором – может банально не хватить денег на закупку огнетушителей.

Предпосылки влияния внешних и внутренних факторов на показатели эффективности

Исходя из имеющихся связей (поскольку ПБ обеспечивается не на абстрактном, а в реальном окружении и на реальном ПрО), на сами показатели эффективности могут оказывать влияние как внешние факторы, так и внутренние факторы; что также необходимо учитывать ответственному за ПБ. Опишем предпосылки этого влияния более подробно.

Предпосылка 1 (П-1). Одно из основных функциональных предназначений ответственного за ПБ на ПрО состоит в выполнении некоторых требований i , и эта функция для него считается приоритетной, и поэтому первоочередной. Например, необходимость в установке системы оповещения при пожаре.

Предпосылка 2 (П-2). Требования i не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству требований $\{I\}$. Таким образом, весь набор требований имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, требования состоят из наличия системы оповещения и системы пожаротушения.

Предпосылка 3 (П-3). Невыполнение требования i равносильно некоторому нарушению d . Таким образом, нарушение возникает не в момент инцидента, возникшего в результате невыполнения требования, а уже в момент этого самого невыполнения. Тут необходимо подчеркнуть отсутствие вероятностного характера работы ответственного за ПБ на ПрО – «не выполнил требование = однозначно нарушил ПБ». Например, отсутствие требуемой системы оповещения – однозначно является нарушением.

Предпосылка 4 (П-4). Нарушения d не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству нарушений $\{D\}$ (аналогично П-2). Таким образом, весь набор нарушений имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, нарушения состоят из отсутствия системы оповещения и системы пожаротушения.

Предпосылка 5 (П-5). Каждое нарушение d ведет к некоторой угрозе t . Таким образом, все невыполнения требований оказываются связанными с угрозами через нарушения. Например, невыполнение требования по установке системы оповещения при пожаре ведет к соответствующему нарушению и угрозе жизни людей.

Предпосылка 6 (П-6). Угрозы t не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству угроз $\{T\}$ (аналогично П-2 и П-4). Таким образом, весь набор угроз имеет ограничение и также может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, все угрозы состоят из угрозы жизни людей и угрозы ущерба технике.

Предпосылка 7 (П-7). Сама суть угрозы заключается в нанесении ущерба \bar{a} защищаемому активу a . Таким образом, осуществляется переход от больше математического или информационного понятия (угроза) к вполне реальному (актив). Самым главным активом является жизнь и здоровье людей.

Предпосылка 8 (П-8). Активы a (ущербы активам \bar{a}) не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству активов $\{\bar{A}\}$ (ущербов активам $\{\bar{A}\}$) (аналогично П-2, П-4 и П-6). Таким образом, весь набор активов (ущербов) имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Активы определяются контекстно конкретному ПрО и инвариантно от других ранее описанных элементов; активы – это все, что представляет ценность для хозяйствующего субъекта, и потому подлежат защите и учету.

Предпосылка 9 (П-9). Для мотивации хозяйствующих субъектов к исполнению требований ПБ за ее нарушение d налагается штраф $d_{\$}$. Таким образом, при невыполнении требований, хозяйствующий субъект может понести ущерб не только в случае реализации угрозы (например, при пожаре и уничтожении активов), но и непосредственно в момент фиксации нарушения требований. Например, штраф составляет определенную (чувствительную для хозяйствующего субъекта) сумму.

Предпосылка 10 (П-10). Штрафы $d_{\$}$ не являются произвольными, а принадлежат некоторому определенному множеству штрафных санкций $\{D_{\$}\}$ (аналогично П-2, П-4, П-6 и П-8). Таким образом, весь набор штрафных санкций имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО в своей работе. Например, штрафные санкции состоят из набора определенных сумм, позволяющих также определить диапазон трат, которые может понести хозяйствующий субъект при невыполнении требований.

Предпосылка 11 (П-11). Для предотвращения угроз t ответственный за ПБ на ПрО может применять соответствующие защитные меры m . Таким образом, существуют «рычаги» управления состоянием ПБ на ПрО – что переводит рассматриваемую систему в математическую плоскость (и рассматривается в теории управления). Например, внедрение системы оповещения частично предотвращает жертвы среди людей при пожаре.

Предпосылка 12 (П-12). Каждая защитная мера m обладает некоторой стоимостью ее реализации $m_{\$}$. Очевидно, что при прочих равных условиях, чем ниже стоимость, тем более предпочтительнее мера для ПрО – ее эффективность E выше. Например, стоимость внедрения системы оповещения составляет некоторую сумму.

Предпосылка 13 (П-13). Стоимость некоторой защитной меры $m_{\$}$ не является произвольной, а принадлежит некоторому определенному множеству стоимостей защитных мер $\{M_{\$}\}$ (аналогично П-2, П-4, П-6, П-8 и П-10). Таким образом, весь набор стоимостей защитных мер имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, все защитные меры имеют определенный набор стоимостей, позволяющий также определить диапазон трат, которые может понести хозяйствующий субъект для предотвращения всех угроз ПБ.

Предпосылка 14 (П-14). Каждая защитная мера m обладает некоторым временем ее реализации m_B . Очевидно, что при равных условиях, чем ниже время, тем более предпочтительна мера для ПрО – ее эффективность E выше. Например, время внедрения системы оповещения составляет некоторую длительность.

Предпосылка 15 (П-15). Время на реализацию защитной меры m_B не является произвольным, а принадлежит некоторому определенному множеству времен на реализацию защитных мер $\{M_B\}$ (аналогично П-2, П-4, П-6, П-8, П-10 и П-12). Таким образом, весь набор времен на реализацию защитных мер имеет ограничение и может быть учтен ответственным за ПБ на ПрО. Например, все защитные меры имеют определенный набор времен на их реализацию, позволяющий также определить минимальное и максимальное время, которые могут понадобиться хозяйствующему субъекту для реализации всех мер по предотвращению всех угроз.

Формальная постановка задачи ранжирования требований ПБ

Рассмотренные зависимости (по сути, псевдоаналитическая модель) имеют следующую формальную запись, которая с позиции ответственного за ПБ на ПрО интерпретируется как исходные данные в решаемой задаче:

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall i \in \{I\}, i \Leftrightarrow d \in \{D\} \Rightarrow t \in \{T\} \Rightarrow \bar{a} \in \{\bar{A}\} \\ \forall d \in \{D\}, d \equiv d_{\$} \in \{D_{\$}\} \\ \forall t \in \{T\}, t \Rightarrow m \\ m \equiv \langle m_{\$} | m_B \rangle: m_{\$} \in \{M_{\$}\}, m_B \in \{M_B\} \end{array} \right. .$$

Дано:

Для каждого требования i из множества требований $\{I\}$, его невыполнение равносильно некоторому нарушению d из множества возможных нарушений $\{D\}$, которое приводит к некоей угрозе t из множества возможных угроз $\{T\}$, которая приводит к некоторому ущербу \bar{a} из множества возможных ущербов активов $\{\bar{A}\}$; при этом за каждое нарушение d из множества возможных нарушений $\{D\}$ следует однозначный штраф $d_{\$}$ из множества штрафных санкций $\{D_{\$}\}$ и для каждой угрозы t из множества возможных угроз $\{T\}$ существует защитная мера стоимостью $m_{\$}$ из множества стоимостей защитных мер $\{M_{\$}\}$ и временем на ее реализацию m_B из множества времен на реализацию $\{M_B\}$.

Для лучшего отображения взаимосвязей они могут быть показаны с помощью следующего графического представления (рис.).

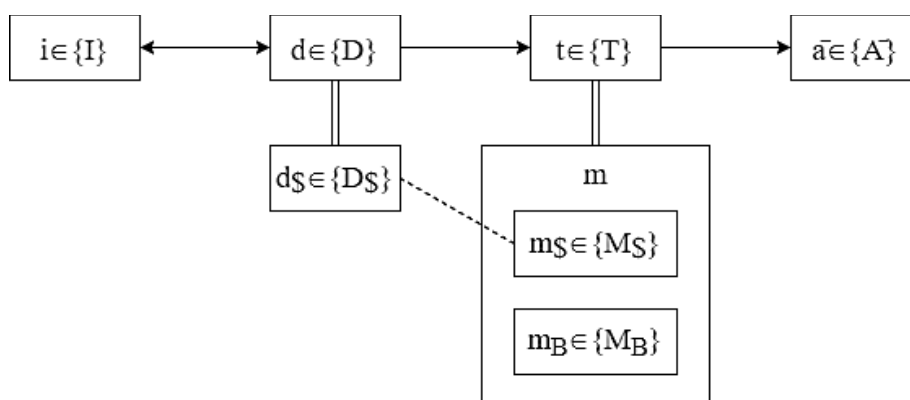


Рис. Графическое представление исходных данных задачи ранжирования требований ПБ

Таким образом, описанная аналитическая модель является основополагающей для решений, принимаемых ответственным за ПБ на ПрО. Пунктирной линией на рисунке отмечен тот факт, что штрафные санкции, определяемые конкретными денежными суммами,

связаны со стоимостью мер, направленных на противодействия угрозам. Это следует из того, что финансовые ресурсы, затрачиваемые на обе эти задачи, у хозяйствующего субъекта одни.

Рассмотрим теперь непосредственно задачу, решаемую ответственным за ПБ на ПрО. Исходя из того, что эффективность является функцией нескольких показателей (имеющих, обычно, взаимно негативное влияние) и не оптимизируема тривиальным способом, при этом меры по противодействию угрозам ПБ, как правило, не могут выполняться одновременно (по множеству причин в реальном мире, в том числе организационным), а ответственному за ПБ на ПрО необходимо иметь четкую последовательность действий, готовых к выполнению, сама задача может быть описана следующим образом. Во-первых, ответственный за ПБ на ПрО должен получить требования i , необходимые для выполнения, в определенном порядке – то есть отранжировать их по приоритету выполнения. Во-вторых, основным (но не обязательно единственным) критерием ранжирования должен стать итоговый ущерб согласно самой сути ПБ. И, в-третьих, на стоимость и время осуществления мер m по недопущению угроз t наложены ограничения (что является очевидным с практической точки зрения). Такая постановка задачи в формальном виде может быть записана следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \{I * \bar{A} = \min\} := \{i_k > i_m > \dots > i_n\}, i_k \in \{I\}, i_m \in \{I\}, i_n \in \{I\} \\ \{M_{\$}\} < \text{limit}_{\$} \\ \{M_B\} < \text{limit}_B \\ Q(\{I\}) \equiv i_k > i_m > \dots > i_n \end{array} \right. ,$$

где оператор «>» – упорядочивание требований по приоритету. Для удобства сам процесс такого ранжирования на основании приоритетов обозначим при помощи оператора $Q()$ от множества требований.

Найти:

Упорядоченное ($>$) по приоритету (минимуму ущерба $\{\bar{A}\}$) множество требований $\{I^*\} \subseteq \{I\}$ при условии ограниченного финансового $\{\$\}$ и временного ресурса $\{B\}$ на их выполнение.

Согласно такой постановке задачи основная сложность в ее решении ответственным за ПБ на ПрО заключается в определении оператора ранжирования $Q()$, поскольку работа сводится к последовательному выполнению отранжированных требований. Сложность поиска оператора заключается в многокритериальности эффективности, которую он должен повысить за счет «правильного» выбора порядка выполняемых требований. Алгоритм этого оператора и будет предложен далее.

Выбор и обоснование метода решения типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента

Краткий аналитический обзор одноцелевых методов решения задач управления ПБ

Поскольку задача ранжирования требований относится к области управления ПБ (в частности, прогнозу), то сделаем обзор и сравнение основных применяемых в ней методов, отталкиваясь от анализа, проведенного профессором А.В. Фоминым [2]. Научной основой управления ПБ является общая теория управления стохастическими процессами [3], основанная на таких теориях, как: теория оценивания, теория связей, непараметрический и Байесовский подход [4]; детерминистическая теория оптимального управления [5]; теория случайных процессов [6]. Также применяются методы из других смежных наук: квалиметрия [7]; эконометрика [8, 9]; прогностика [10]; исследование операций (включая системный анализ, теорию игр, эвристические подходы, методы искусственного интеллекта, имитационное моделирование по методу Монте-Карло) [11, 12] и др.

В случае непрерывного управления динамическими системами применяется принцип Понтрягина [13], а в случае дискретного административного управления – принцип оптимальности Беллмана [14]. В случае выбора решений без наблюдения характеристик процессов может быть применен метод динамики средних Колмогорова [15].

При неполных данных для прогнозирования ущерба при пожарах или чрезвычайных ситуациях используют экспертные оценки в комбинации с критериями (стратегиями) выбора оптимального решения: критерий минимина [16]; критерий крайнего пессимизма Вальда [17]; критерий минисредних Лапласа-Бейеса [17]; критерий оптимизма/пессимизма Гурвица [18]; стратегия анализа риска Севиджа [19] и прочие, которые, в свою очередь, также выбираются на основе дополнительных соображений экспертов или лиц, принимающих решение.

Основной особенностью перечисленных методов является то, что они позволяют оптимизировать систему, исходя из одной цели. Однако для ответственного за ПБ на ПрО таких целей может быть несколько – как минимум три: результативность выполнения требования, затраченное время и стоимость его реализации. Следовательно, необходимо обратиться к методам многоцелевых оптимизаций.

Достоинства и недостатки основных методов многоцелевой оптимизации

Существует немногочисленный (по сравнению с одноцелевым) «отряд» методов решения задач оптимизации по более чем одному критерию. Кратко рассмотрим методы, получившие широкое применение в задачах управления ПБ (и им подобных): последовательных уступок, «идеальной» точки и оптимальных решений по Парето, – на предмет решения поставленной типовой задачи риск-менеджмента ПБ.

Метод последовательных уступок [2]

При оптимизации по методу уступок все критерии считаются важными, но неравноценными, что позволяет их отранжировать в порядке значимости. Варьируя их значениями, стараются гарантировать выигрыш по менее значимым критериям, существенно превосходящий потерю эффективности по более значимым. Результатом работы метода является некоторое квазиоптимальное решение. Допустимый уровень его отклонения от оптимума определяется условиями задачи, в частности, требуемой точностью вычислений критериев.

Для назначения уступок необходимо проанализировать взаимосвязь частных критериев. При этом для каждой пары последовательно анализируемых критериев необходимо задать несколько значений уступок и определить изменения максимальных значений критерия. По результатам анализа их взаимосвязи определяется разумная величина уступки с учётом соотношения значимости рассматриваемых критериев.

К несомненным достоинствам метода относится содержательная простота и учет всех компонент векторного критерия. Однако рассмотренный метод не может быть применён к поставленной задаче риск-менеджмента по следующим причинам: во-первых, необходимо вручную подбирать величину уступок, что для ответственного за ПБ на ПрО является трудной алгоритмической задачей, а, во-вторых – не представляется возможным составить уравнение, использующее разные типы данных (время на реализацию защитных мер – временные числовые, стоимость защитных мер и штрафных санкций – финансовые числовые, ущерб активам – финансовые числовые и логические или числовые).

Метод «идеальной» точки [3]

Данный метод основан на задании «идеальной» точки, которая представляет собой точку в n -мерном пространстве всех одинаково важных независимых критериев, соответствующую их «идеальным» значениям. Оптимальной считается вариант наиболее

близкий к «идеальной точке». Суть метода состоит в измерении (вычислении) расстояния до нее для каждого варианта с выбором оптимального по критерию минимальности. Измерение расстояния предполагает наличие некоторой метрики в пространстве критериев, которую можно задавать произвольно, но обычно используют евклидово расстояние, что предполагает предварительную нормировку показателей эффективности для устранения их различных размерностей, масштабов измерения и т.д.

Данный метод невозможно использовать для решения поставленной задачи по следующим причинам:

- 1) не представляется возможным выполнить нормировку показателей, так как они имеют разные типы данных;
- 2) критерии имеют разную важность (как, например, несравним материальный ущерб с человеческой жизнью);
- 3) критерии взаимозависимы (нарушения d приводят к угрозам t , а те, в свою очередь, к санкциям d_s со стороны надзорных органов и ущербам \bar{a} при происшествиях etc);
- 4) существует неявная взаимная компенсация показателей, которая становится неконтролируемой при $n \geq 3$.

Метод оптимальных решений по Парето [4]

Целевое предназначение метода, как выявление проблем, подлежащих первоочередному решению, в формулировке решаемой задачи является особо привлекательным. Суть многокритериальной оптимизации по Парето состоит в получении некоторого множества «оптимальных» решений (как наборов показателей эффективности), когда ни одно из решений из этого множества не может быть заменено на лучшее по какому-либо критерию без заметного его ухудшения хотя бы по одному из других критериев.

Также известно знаменитое правило (принцип) Парето «80/20» или «20/80», согласно которому большинство проблем (~80 %) порождено достаточно ограниченным (~20 %) количеством причин, или иначе – примерно 20 % усилий дают около 80 % эффекта. Для рассматриваемой типовой задачи риск-менеджмента, но принципиально в другой постановке, приложение принципа Парето означает следующее: через анализ и группировку причин нарушений (с целью выявления пресловутых 20 %) с последующим их (нарушений) ранжированием и далее транспонированием (ввиду тождественности нарушений невыполнению требований ПБ) в отранжированные требования, выполнение которых обеспечит наибольшую ПБ.

Очевидное достоинство метода, заключающееся в его простоте и наглядности, делает его удобным инструментом ответственного за ПБ на ПрО, не имеющего специальной подготовки, но работает только при количестве показателей эффективности не более трех (а в идеале – двух), что вполне соответствует постановке решаемой задачи. К недостатку использования метода Парето для решения задач может быть отнесена возможность ошибочной интерпретации результирующей значимости (первоочередности выполнения) требований, если не учитывать стоимость возникающих последствий.

С учетом вышеизложенного, можно сделать вывод, что метод Парето применим к графическому решению поставленной задачи в части получения отранжированных требований, обладающих неким «неулучшаемым» кортежем из ограниченного количества показателей эффективности; при этом более предпочтительным (первоочередным к выполнению) будет требование с их «доминирующей» суммарной совокупностью. Однако его контекстное применение в случае выявления «равных» и «неулучшаемых» требований может потребовать их дальнейшего «внутреннего» ранжирования, но уже иным (не по Парето) способом.

Устранение отмеченного выше недостатка метода Парето потребует преобразования «исходных» требований на предмет значимости последствий от их невыполнения, а также

последующей постобработки полученных промежуточных результатов ранжирования на предмет ограничений, например по стоимости защитных мер.

Экспертные методы решения задач управления ПБ

В противовес максимально возможно объективным (то есть без участия человека) рассмотренным выше методам решения задач управления ПБ существует отдельный класс методов, называемых экспертными. Суть их заключается в учете мнения специалистов, профессионалов в соответствующей области (то есть экспертов) в процессе решения задачи.

Экспертные методы могут применяться в задачах управления ПБ самостоятельно, а не только в комплексе с другими методами, например: метод дерева целей [20]; метод бальных оценок [21]; метод предпочтений [22]; метод решающих матриц (организации сложных экспертиз) [23]; методы на моделях информационного подхода А.А. Денисова [24].

В ряде случаев применяется непосредственное привлечение эксперта для всех этапов оценки ПБ: создание рабочей группы и экспертной комиссии; назначение целей и способов ее оценки; создание анкет и проведение опроса; анализ результатов и предложение итоговых решений [25]. В других случаях эксперты привлекаются лишь для корректировки отдельных параметров. Так, в работе [26] предлагается формула для вычисления пожарной опасности объекта, которая использует показатели ПБ зданий, вычисляемые через характеристики здания с некоторыми коэффициентами. Последние как раз и получаются на основании экспертных оценок. Для этого создается опросный лист, в котором предлагается оценить влияние параметров на состояние ПБ зданий.

Также, иногда предлагается [27] привлечение специалистов из разных областей: по инфраструктуре, по правовым вопросам, по надзору и т.п. Они производят идентификацию качественно разных угроз, вероятность которых определяется с использованием, в том числе статистических методов.

Очевидно, что все экспертные методы обладают основным недостатком, исходящим из принципа их функционирования – субъективностью мнения человека, который может как высказывать ошибочные предположения, так и сознательно их исказить. Также остается открытым вопрос, в какой именно момент необходимо прибегать к использованию эксперта – при подготовке данных для расчета, при собственно самом расчете или при отборе и интерпретации полученных результатов?

Выбор метода решения типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента

Для выбора метода решения типовой многокритериальной задачи риск-менеджмента из вышерассмотренных методов или определения возможностей их применения к задаче, поставленной выше, необходимо учесть специфику области, в рамках которой работает ответственный за ПБ на ПрО.

Эта специфика, помимо прочего, подразумевает три положения, частично упомянутых ранее. Во-первых, это безусловная важность человеческой жизни, на сохранение которой направлена основная деятельность по обеспечению ПБ. Во-вторых, оперативность выполнения требований и принятия мер при ограниченном количестве ресурсов, что обязывает находить сбалансированные решения для парадигмы (сущностного метода принятия решений) «время – деньги». И, в-третьих, выполнение внутрихозяйственных требований, полная картина для которых имеется, как правило, только у хозяйствующего субъекта и ответственных сотрудников (экспертов) ПрО.

Из проведенного анализа можно сделать выводы, что рассмотренные методы (одноцелевые, многоцелевые, экспертные) применимы к задаче, решаемой ответственным за ПБ на ПрО, лишь частично. Так, часть из них решает многоцелевую задачу – что не отвечает на основной вопрос: «В каком точном порядке выполнять требования?». Другие сильно полагаются на экспертные оценки, что приведет к очередному вопросу – «С какой степенью можно доверять мнению специалиста?». Третьи не ищут компромисс между

несколькими характеристиками объектов, требований и мер, создавая тем самым дилемму выбора – «Почему надо выполнять одно требование, а не другое?». Причина же того, что ответственный за ПБ не может пропускать вышеозвученные вопросы, заключается именно в специфике данной предметной области и связанных с ней рисками. Поэтому, для полноценного решения задачи риск-менеджмента ответственному за ПБ на Про понадобится комплексное применение набора методов, каждый из которых учитывал бы собственную специфику области ПБ.

Литература

1. Ахунова Д.Г., Буйневич М.В., Власов С.С. Обеспечение пожарной безопасности производственных объектов на основе информатизации риск-менеджментного подхода // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2020. № 1 (33). С. 4–11.
2. Фомин А.В., Мочалов В.П. Анализ методов управления пожарной безопасностью объектов защиты // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2011. № 1. С. 19–24.
3. Волгин Л.Н. Оптимальное дискретное управление динамическими системами. М.: Наука, 1986. 240 с.
4. Systems Engineering Thinking Wiki. URL: <http://sewiki.ru/> (дата обращения: 27.05.2020).
5. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Сов. радио, 1980. 232 с.
6. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. II: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. М.: МЦНМО, 2010. 295 с.
7. Квалиметрия – наука об измерении качества продукции / Г.Г. Азгальдов [и др.] // Стандарты и качество. 1968. № 1. С. 34–40.
8. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. 263 с.
9. Прасолов А.В. Математические методы экономической динамики: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2008. 352 с.
10. Лисичкин В.А. Теория и практика прогностики. Методологические аспекты. М.: Наука, 1972. 224 с.
11. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. М.: Наука, 1971. 384 с.
12. Орлов А.И. Принятие решений. Теория и методы разработки управленческих решений: учеб. пособие. М.: МарТ, 2005. 496 с.
13. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин [и др.]. М.: Наука, 1983. 393 с.
14. Беллман Р. Динамическое программирование. М.: Изд-во иностранной литературы, 1960. 123 с.
15. Колмогоров А.Н. Математика и механика // Избранные труды: в 6-ти т. М.: Наука, 1985. Т. 1. С. 136–138.
16. Тимченко Т.М. Системный анализ в управлении: учеб. пособие. М.: РИОР, 2012. 161 с.
17. Шапкин А.С., Шапкин В.А. Экономические и финансовые риски. Оценка, управление, портфель инвестиций. М.: Дашков и К, 2018. 544 с.
18. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. СПб.–М.–Краснодар: Лань, 2010. 446 с.
19. Райзберг Б.А., Лозовский Л.Ш., Стародубцева Е.Б. Современный экономический словарь. М.: ИНФРА-М, 2017. 512 с.

20. Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михайловская М.Б. Измерения в психологии: общий психологический практикум. М.: Смысл, 1987. 254 с.
21. Лобанов А.А. Метод предпочтений как инструмент поддержки принятия решений // Перспективы науки и образования. 2015. 2 (14). С. 37–43.
22. Волкова В.Н. Модели управления инновационной деятельностью предприятий и организаций. СПб.: Изд-во СПб политехн. ун-та, 2014. 246 с.
23. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01) / Ю.А. Дадонов [и др.]. М.: ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2010. Сер. 3. Вып. 10. 40 с.
24. Денисов А.А. Современные проблемы системного анализа: Информационные основы. 2-е изд. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. 96 с.
25. Фомин А.В., Тужиков Е.Н. Экспертный метод оценки деятельности органов местного самоуправления по реализации первичных мер пожарной безопасности // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 2. С. 27–34.
26. Костерин И.В. Экспертный метод оценки пожарной опасности многофункциональных общественных зданий // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2011. Вып. № 2 (36), апрель. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 07.05.2020).
27. Черепанов Д.А., Ермаков А.С. Экспертная оценка пожарного риска для кемпинга с применением матрицы последствий и вероятностей // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 26 (2). С. 62–71.

References

1. Ahunova D.G., Bujnevich M.V., Vlasov S.S. Obespechenie pozharnoj bezopasnosti proizvodstvennyh ob"ektov na osnove informatizacii risk-menedzhmentnogo podhoda // Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty). 2020. № 1 (33). С. 4–11.
2. Fomin A.V., Mochalov V.P. Analiz metodov upravleniya pozharnoj bezopasnost'yu ob"ektov zashchity // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2011. № 1. С. 19–24.
3. Volgin L.N. Optimal'noe diskretnoe upravlenie dinamicheskimi sistemami. М.: Nauka, 1986. 240 с.
4. Systems Engineering Thinking Wiki. URL: <http://sewiki.ru/> (data obrashcheniya: 27.05.2020).
5. Rastrigin L.A. Sovremennye principy upravleniya slozhnymi ob"ektami. М.: Sov. radio, 1980. 232 с.
6. Kel'bert M.YA., Suhov YU.M. Veroyatnost' i statistika v primerah i zadachah. Т. II: Markovskie cepi kak otpravnyaya tochka teorii sluchajnyh processov i ih prilozheniya. М.: MCNMO, 2010. 295 с.
7. Kvalimetriya – nauka ob izmerenii kachestva produkcii / G.G. Azgal'dov [i dr.] // Standarty i kachestvo. 1968. № 1. С. 34–40.
8. Beshelev S.D., Gurvich F.G. Matematiko-statisticheskie metody ekspertnyh ocenok. М.: Statistika, 1980. 263 с.
9. Prasolov A.V. Matematicheskie metody ekonomicheskoy dinamiki: ucheb. posobie. SPb.: Lan', 2008. 352 с.
10. Lisichkin V.A. Teoriya i praktika prognostiki. Metodologicheskie aspekty. М.: Nauka, 1972. 224 с.
11. Germejer Yu.B. Vvedenie v teoriyu issledovaniya operacij. М.: Nauka, 1971. 384 с.
12. Orlov A.I. Prinyatie reshenij. Teoriya i metody razrabotki upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie. М.: MarT, 2005. 496 с.
13. Matematicheskaya teoriya optimal'nyh processov / L.S. Pontryagin [i dr.]. М.: Nauka, 1983. 393 с.

14. Bellman R. Dinamicheskoe programmirovaniye. M.: Izd-vo inostrannoj literatury, 1960. 123 s.
15. Kolmogorov A.N. Matematika i mekhanika // Izbrannyye trudy: v 6-ti t. M.: Nauka, 1985. T. 1. S. 136–138.
16. Timchenko T.M. Sistemnyj analiz v upravlenii: ucheb. posobie. M.: RIOR, 2012. 161 s.
17. Shapkin A.S., Shapkin V.A. Ekonomicheskie i finansovyye riski. Ocenka, upravlenie, portfel' investitsij. M.: Dashkov i K, 2018. 544 s.
18. Mazalov V.V. Matematicheskaya teoriya igr i prilozheniya. SPb.–M.–Krasnodar: Lan', 2010. 446 s.
19. Rajzberg B.A., Lozovskij L.Sh., Starodubceva E.B. Sovremennyy ekonomicheskij slovar'. M.: INFRA-M, 2017. 512 s.
20. Gusev A.N., Izmajlov Ch.A., Mihajlovskaya M.B. Izmereniya v psihologii: obshchij psihologicheskij praktikum. M.: Smysl, 1987. 254 s.
21. Lobanov A.A. Metod predpochtenij kak instrument podderzhki prinyatiya reshenij // Perspektivy nauki i obrazovaniya. 2015. 2 (14). S. 37–43.
22. Volkova V.N. Modeli upravleniya innovacionnoj deyatel'nost'yu predpriyatij i organizacij. SPb.: Izd-vo SPb politekhn. un-ta, 2014. 246 s.
23. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu analiza riska opasnyh proizvodstvennyh ob"ektov (RD 03-418-01) / Yu.A. Dadonov [i dr.]. M.: ZAO «Nauchno-tekhnicheskij centr issledovaniy problem promyshlennoj bezopasnosti», 2010. Ser. 3. Vyp. 10. 40 s.
24. Denisov A.A. Sovremennyye problemy sistemnogo analiza: Informacionnyye osnovy. 2-e izd. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2004. 96 s.
25. Fomin A.V., Tuzhikov E.N. Ekspertnyj metod ocenki deyatel'nosti organov mestnogo samoupravleniya po realizacii pervichnyh mer pozharnoj bezopasnosti // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2015. № 2. S. 27–34.
26. Kosterin I.V. Ekspertnyj metod ocenki pozharnoj opasnosti mnogofunkcional'nyh obshchestvennyh zdaniy // Internet-zhurnal «Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti». 2011. Vyp. № 2 (36), aprel'. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (data obrashcheniya: 07.05.2020).
27. Cherepanov D.A., Ermakov A.S. Ekspertnaya ocenka pozharogo riska dlya kempinga s primeneniem matricy posledstvij i veroyatnostej // Pozharovzryvobezopasnost'. 2017. № 26 (2). S. 62–71.