

А.Б. Мосягин

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ РЕГИОНА

Сформулированы задачи управления риском при обеспечении безопасности объектов региона, и предложены способы их решения на основе логико-вероятностного подхода.

В последние годы центр тяжести при проектировании систем безопасности различных объектов сместился от опасностей к рискам. В природно-техногенной сфере наблюдается усиление двух типов опасностей. Во-первых, это общепризнанные экологические опасности окружающей среды, как среды обитания и жизнедеятельности, вызванные устойчивыми негативными антропогенными воздействиями на окружающую среду. Нарастание этих воздействий в сочетании с глобальными природными процессами изменения климата и окружающей среды может привести к экологическим катастрофам глобального и национального масштаба. Во-вторых, бурное развитие научно-технического процесса привело к существенному разрыву между экспоненциально возрастающими угрозами в природно-техногенной сфере и способностью человека противостоять этим угрозам.

Поэтому исключительно важное значение имеет планируемый (достигнутый) уровень обоснования безопасности потенциально опасных объектов при проектировании. Особенно это важно при переходе нормативных требований к выполнению технических регламентов, когда каждый руководитель сам вправе определять необходимые границы вложения средств в обеспечение безопасности объектов. При этом из данных о рисках техногенных аварий и катастроф на объектах следует, что различие в уровнях требуемых и приемлемых рисков, с одной стороны, и уровнем реализованных рисков – с другой, достигает двух и более порядков вместе.

Пути снижения рисков и смягчения последствий ЧС вытекают из общих принципов обеспечения безопасности в природно-техногенной сфере: приоритет безопасности, высокий уровень государственного регулирования, запретительные механизмы нарушения эволюционного развития, использование методов анализа риска, неотвратимость ответственности, обязательное возмещение ущерба, доступность получения информации, заявительный порядок деятельности, анализ ЧС.

Фундаментальная проблема моделирования и анализа безопасности сложных систем включает в себя:

- создание сценариев аварий и катастроф и построение математических моделей риска;
- разработку методов обеспечения безопасности персонала и населения при аварийных ситуациях в сложных системах.

Каждая сложная система имеет риск опасного функционирования и каждый элемент системы имеет риск отказа или неуспеха. Если риск становится больше допустимого, то система не может самоподдерживаться, или не нужна, или вредна. Она прекращает свое существование, либо требуется серьезная структурная перестройка с исчезновением одних элементов и появлением других с изменением их логических связей функционирования. Таким образом, можно смоделировать развитие опасных ситуаций на основе логико-вероятностного (ЛВ) подхода без использования аппарата нелинейной механики и классической теории вероятностей. Возникновение и развитие опасных ситуаций при этом описывается ЛВ-моделями риска с изменяющимися вероятностями элементарных событий и объективно существующим допустимым риском для сложной системы в соответствующей окружающей среде.

Согласившись с концепцией приемлемого риска и необходимостью расчета вероятности опасности сложной системы (объекта), представляется весьма перспективным развитие логико-вероятностной теории при обеспечении безопасности объектов. ЛВ-теория безопасности базируется на основных знаниях по расчетам риска возникновения аварий и катастроф, логическом представлении развития опасных ситуаций и математических методах вычисления истинности функций алгебры логики. ЛВ-методы исследования безопасности позволяют объективно выявить наиболее опасные места и иницирующие условия; они формируют мировоззрение разработчиков и побуждают специалистов концентрировать усилия на решении первостепенных задач.

Фундаментальными понятиями в ЛВ-теории безопасности и риска являются понятие опасного состояния системы, характеризующегося ущербом «большого масштаба», и понятие опасности – способности системы переходить в опасное состояние. В каждом конкретном случае необходимо дать аналитическое описание этого опасного состояния. Такое описание в ЛВ-теории безопасности и риска начинается с составления сценария опасного состояния, осуществляемого с помощью конъюнкций (AND) и дизъюнкций (OR) иницирующих событий и условий.

Каждому из n логически связанных элементов системы соответствует Λ -переменная Z_j , $j = 1, \dots, n$, характеризующая состояние элемента j :

$$Z_j = \begin{cases} 1, & \text{если элемент } j \text{ работоспособен,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (1)$$

Тогда все множество вероятных состояний системы можно представить множеством векторов $\{Z_n\}$ из 2^n возможных. Затем в задачах на графах ищутся маршруты как последовательность ребер графа. Маршрут, не

содержащий повторяющихся дуг в ориентированном графе является путем. Наличие пути в графе структурной системы и будет соответствовать ее нормальному состоянию функционирования. В ЛВ-методе кратчайший путь успешного функционирования W_l есть конъюнкция тех элементов системы, ни один из которых нельзя изъять, не нарушив ее функционирования:

$$W_l = \bigwedge_{j \in K_{wl}} Z_j, \quad (2)$$

где K_{wl} - множество номеров переменных, соответствующих данному пути.

Таким образом, для оценки риска в сложных системах строят граф, вершины которого связаны отношениями типа AND, OR, NOT. Каждая вершина графа принимает значения 1 или 0. Одни вершины графа являются случайными событиями с известными вероятностями (инициирующими событиями), другие вершины – производные события. Вероятности инициирующих событий при этом известны, а вероятности производных событий вычисляются. Логическая функция риска составляется по графу с помощью кратчайших путей риска, либо с помощью минимальных сечений предотвращения риска. После ортогонализации логической функции риска получают В-полином, по которому и производится расчет риска.

ЛВ-метод позволяет численно оценить риск объекта и выполнить анализ вкладов инициирующих событий в риск возникновения опасных ситуаций. В состав задач ЛВ-метода входят:

- учет множества однородных объектов риска или состояний одного объекта в разные моменты времени;
- анализ инициирующих событий и итогового события на многих уровнях;
- несовместные события рассматриваются для различных значений инициирующего события (как в формуле Байеса), а не только для различных инициирующих событий (как у А.С. Можаяева);
- анализ ассоциативных ЛВ-моделей риска, построенных на здравом смысле связи событий;
- решение задач параметрической и структурной идентификации ЛВ-моделей риска по статистическим данным;
- анализ вкладов инициирующих событий в средний и допустимый риск множества объектов и оценка точности самой ЛВ-модели риска.

Исследования процессов управления уровнем безопасности объектов региона обосновывается необходимостью и важностью оценки эффективности мероприятий по снижению степени риска поражения людей и возможного ущерба при пожарах и ЧС. Под риском понимается мера для количественного измерения опасности, представляющей собой векторную

величину, включающую следующие основные показатели: оценку ущерба от воздействия того или иного опасного фактора, вероятность возникновения рассматриваемого опасного фактора, неопределенность в величинах как ущерба, так и вероятности.

Поэтому задачу управления риском следует рассматривать либо как задачу векторной оптимизации, либо как задачу скалярной оптимизации, определив некоторую интегральную оценку риска. Например, проведение мероприятий η_i по снижению рисков

$$\eta_i = \frac{c_i}{M_0(N) - M_i(N)}, \quad (3)$$

где c_i - размер затрат на проведение i -го мероприятия; $M_0(N)$ и $M_i(N)$ - математическое ожидание ущерба до проведения i -го мероприятия и после, для которого η_i окажется наименьшим, следует считать наиболее эффективным.

Построение интегральной оценки риска также можно проводить различными способами. Поскольку риск определяется двумя группами факторов – вектором вероятностей и вектором ущербов, то можно сначала провести интеграцию (свертку) по вероятностям каждого типа ущерба (определить математическое ожидание по каждому типу ущерба, т.е. ожидаемый ущерб), а затем построить интегральную оценку ожидаемых ущербов. Можно поступить наоборот, сначала построить интегральную оценку ущербов, а затем взять математическое ожидание этой интегральной оценки.

В общем случае стоит следующая задача: необходимо определить набор мероприятий $\{x_i\}$, так изменяющий параметры объекта, чтобы риск (интегральная оценка риска) был не больше заданного, а стоимость всех мероприятий была минимальной.

Сформулированная задача имеет дискретный характер и довольно сложна с вычислительной точки зрения. Как правило, такого рода задачи принадлежат к NP-полным и решаются с помощью переборных процедур. Решение поставленной задачи обеспечения безопасности объекта разобьем на следующие основные блоки:

1. *Оценка существующего уровня риска.*

В качестве исходных данных предполагается использовать универсальную экспертную систему оценки риска. Для настройки такой системы на реальный объект необходимо использовать специальные группы экспертов, а также включать в экспертную систему объективные статистические и аналитические данные (вероятности возникновения пожаров и ЧС и др.).

Количественное определение риска состоит из двух этапов: построение дерева рисков или дерева ущербов и вычисление на нем интегральной оценки риска. Построение дерева ущерба либо рисков также включает два этапа. На первом определяется набор первичных параметров, влияющих на ущерб. На втором строится структура дерева и определяются процедуры агрегирования для всех вершин дерева на основе имитационного моделирования различных ситуаций.

2. Определение оптимального набора мероприятий по снижению уровня риска.

Для этого необходимо определить, как надо изменить первичные параметры объекта, чтобы величина интегрального риска стала допустимой. После этого любое изменение каждого первичного параметра будет связано с конкретным мероприятием (или группой мероприятий), имеющим свою стоимость. Для определения оптимального набора таких мероприятий строится так называемая сеть напряженных вариантов, каждый из которых по существу является Парето-оптимальным. Затем разрабатывается алгоритм, выбирающий набор мероприятий минимальной стоимости.

3. Определение плана проведения мероприятий.

Здесь необходимо учесть такие факторы как затраты, продолжительность, риски и т.д. В связи с этим на третьем этапе целесообразно рассмотреть задачу минимизации сроков проведения мероприятий, если задано распределение денежных средств во времени.

Все три блока представляется возможным объединить в компьютерную систему поддержки принятия решений, включающую в себя весь набор алгоритмов, что позволит в динамике моделировать различные стратегии поведения ЛПР. Для внедрения такой системы потребуется ее адаптация к конкретному объекту, которая будет включать несколько этапов: привлечение экспертов для корректировки процедур агрегирования дерева рисков; определение имеющегося набора возможных мероприятий, изменяющих параметры объекта; настройка имитационных моделей пожаров и ЧС на объектах; выбор наиболее эффективного для данного объекта подмножества механизмов управления. Кроме того, для работы системы необходимо определить приемлемый для данного объекта уровень риска, а также динамическое распределение денежных ресурсов во время проведения набора мероприятий.

Литература

1. Краснов О.В. Безопасность эксплуатации сложных технических систем. — СПб.: ВИКУ им. А.Ф. Можайского, 2002.
2. Соложенцев Е.Д., Карасев В.В. Логико-вероятностные модели риска в бизнесе с группами несовместных событий // Экономика и математические методы, 2003. №1. — С. 90-105.

3. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М.: Энергоиздат, 1976.
4. Порфирьев Б.Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях. – М.: Знание, 1989.
5. Указ Президента Российской Федерации от 17 декабря 1997 № 1300 «Об утверждении Концепции национальной безопасности Российской Федерации».
6. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1997. – С. 10-45.