УДК 519.2:502+338

О.И. НИКОНОВ, А.Н. МЕДВЕДЕВ, М.А. МЕДВЕДЕВА
Уральский государственный технический университет – УПИ, г.Екатеринбург

ИНДЕКСЫ РИСКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ И РАЦИОНАЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

Обсуждаются составляющие системы поддержки принятия решений (СППР) по управлению экологическими рисками, которая представляет собой многоуровневый программный комплекс. Рассмотрены модели, позволяющие рассчитывать коэффициенты и индексы риска потенциально опасных объектов и территорий, а также некоторые общие подходы к организации природоохранной деятельности, базирующиеся на математических моделях.

A model-based decision-support system for ecological risk management realized as a multy-level software complex is considered. In the paper we concentrate on the models of risk coefficients and indices for potentially dangerous objects; some general approaches to environmental activity planning based on mathematical modeling are also discussed.

В работах [1-3] описана структура многоуровневой системы поддержки принятия решений по управлению экологической динамикой индустриального региона и детализированы отдельные блоки системы, в частности математические модели, лежащие в основе блоков первого (информационного, обеспечивающего сбор и обработку входных данных) и второго (первичного моделирования, центральным звеном которого является генератор сценариев экологической динамики, обеспечивающий расчет вероятностных характеристик экологически негативных событий, аварий и катастроф) уровней системы.

Здесь описаны модели следующего уровня, позволяющие рассчитывать коэффициенты и индексы риска потенциально опасных объектов и территорий, и предложены некоторые общие подходы к организации природоохранной деятельности, базирующиеся на математических моделях.

Коэффициенты и индексы риска предприятий. Начнем с характеристик отдельного предприятия. Пусть случайная величина X характеризует возможные затраты предприятия, связанные с экологически негативными событиями в определенный временной промежуток (месяц, квартал, год). Предполагается, что данная величина включает плановые расходы x_P и неизвестную заранее внеплановую сумму (например, сумму штрафов, выплачиваемых предприятием за нанесенный экологический ущерб, прямые затраты на ликвидацию последствий аварий и др.). Пусть известно распределение величины X, характеризуемое функцией распределения $F(t)$. Обозначим $U = U(X)$ – величину, характеризующую финансовый результат деятельности предприятия за рассматриваемый промежуток времени.

Возможна и иная трактовка введенных величин – с точки зрения органов государственной власти регионального или федерального уровня. В этом случае X – расходы соответствующего бюджета, связанные с экологически негативной деятельностью предприятия; U – его доходы от основной деятельности с учетом указанных расходов. В обоих случаях будем называть $U(X)$ функцией отдачи.

Ожидаемые потери U_l, связанные с техногенными рисками, в этом случае учитываются величиной $\int_{X_P}^{+\infty} U(t)dF(t)$, а выигрыш при затратах, меньших плановых, – показателем $U_w = \int_{+\infty}^{X_P} U(t)dF(t)$. В соответ-

ствии с подходом, принятым в теории риска, коэффициентом риска назовем величину $r = U_l / U_w$.

Предполагается, что расчет коэффициентов риска осуществляется на основе данных, полученных в результате работы блока СППР «Генератор сценариев экологической динамики» [1]. Данный блок обрабатывает статистические данные, мнения экспертов и другую доступную информацию по экологически опасному объекту, генерируя на выходе функцию распределения возможного ущерба от экологически негативных событий и иные вероятностные параметры. Имея зависимость $U = U(X)$, нетрудно рассчитать величины U_l, U_w и коэффициент r. Недостатком введенного коэффициента риска является то, что данная величина может принимать значения от 0 до $+\infty$. Для устранения этого недостатка коэффициент риска нормируется. Вариантом такого нормирования является преобразование

$$r^* = \frac{r}{r+\varepsilon}, \ \varepsilon > 0.$$

Нормированный коэффициент риска будем называть индексом риска. Выбором различных значений ε для разных групп объектов можно добиться сближения уровней риска, которые неодинаковы в силу объективных условий, например в силу принадлежности предприятий различным отраслям экономики. Так, если положить величину ε равной среднему риску для данной группы предприятий (отрасли), то при $r = \varepsilon$ индекс риска составит 0,5, т.е. для всех отраслей индексы риска в среднем будут одинаковы и равны 0,5.

Иной способ позволяет ограничить изменение индекса риска в пределах от нуля до единицы, не уравнивая полностью индексы отраслей. В этом варианте величину ε выбирают как положительный корень уравнения

$$\frac{\bar{r}}{\bar{r}+\varepsilon} = \varepsilon,$$

где $\bar{r}$ – средний коэффициент риска по группе. Уравнение имеет единственный положительный корень r^*, вычисляемый по стандартной формуле.

Стратегии управления рисками. Теоретико-игровой подход. Предполагается, что руководство региона, располагая ограниченным объемом ресурсов, может осуществить серию мероприятий, стимулирующих деятельность по уменьшению техногенных рисков. Предприятия региона могут быть ранжированы по степени их потенциальной опасности на настоящий момент времени. Ввиду ограниченных возможностей могут быть осуществлены лишь отдельные группы мероприятий. Каждую такую группу будем называть стратегией управления риском территории и обозначать символом s_i ($i = 1, ..., N$). Использование отдельной стратегии уменьшает вероятные потери от техногенных экологически негативных событий территории, однако не нивелирует его полностью. Для упрощения рассуждений будем предполагать, что потенциально наиболее опасные объекты выделены, суммарный вероятный ущерб в экологически негативной ситуации w_j ($j = 1, ..., M$) с учетом выбранной стратегии управления риском s, составляет величину $X(s_i, w_j)$.

В такой постановке задачи разрабатываемая СППР предлагает несколько вариантов решений. Принцип недостаточного обоснования Лапласа используется в случае, если можно предполагать, что любая из возможных ситуаций не более вероятна, чем другая, т.е. считается, что все состояния равновероятны. В этом случае стратегия выбирается из условия

$$\sum_j X(s_i, w_j) \to \min_i .$$

Максиминный критерий Вальда предлагает выбор самой осторожной, пессимистической стратегии, что соответствует минимаксной стратегии в статистических играх. Критерий Вальда рекомендует выбирать такой вариант, при котором в худ-

ших условиях достигается наибольший эффект. Его формализованное выражение

$$\max_j X(s_i, w_j) \to \min_i .$$

Таким образом, критерий Вальда используется в случаях, когда необходимо гарантировать, что потери в любых условиях будут не больше, чем наименьшие из возможных в самых худших условиях.

Кроме указанных критериев, можно использовать соответствующие модификации критериев Гурвица, Сэвиджа и Ходжеса – Лемана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструментальные методы управления техногенными рисками экологически негативных событий в индустриальных регионах (на примере Урала) / О.И.Никонов, А.Н.Медведев, М.А.Медведева, Т.Дубищак // Записки Горного института.СПб, 2004. Т.158.

2. Моделирование сценариев экологической динамики и расчета страховых тарифов / О.И.Никонов, А.К.Медведев, М.А.Медведева, С.В.Степанов // Записки Горного института. СПб, 2001. Т.149.

3. Система поддержки принятия решений по управлению рисками экологически негативных событий, аварий и катастроф техногенного характера / О.И.Никонов, А.Н.Медведев, М.А.Медведева, С.В.Степанов // Записки Горного института. СПб, 2003. Т.154.