

УДК 504.3.054

Ю. А. Тунакова, С. В. Новикова, Р. А. Шагидуллина,
Э. Ш. Кремлева

РОЛЬ КАЧЕСТВЕННЫХ ОЦЕНОК В АДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЗОНАХ ДЕЙСТВИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Ключевые слова: экологический риск, экологическое управление, нечеткие системы, полимерные производства.

В статье рассматриваются аспекты управления экологической безопасностью на основе качественных и количественных оценок экологического вероятностного риска. Приводятся результаты экспериментов по оценке состояния среды при помощи нечетких систем вывода. Показано, что привлечение качественных оценок способно повысить эффективность управления экологической безопасностью в зонах действия полимерных производств.

Key words: ecological risk, environmental management, fuzzy systems, polymeric manufactures.

The article discusses aspects of environmental security management based on qualitative and quantitative assessments of environmental probabilistic risk. The results of experiments to determine the state of the environment by means of fuzzy logic systems have been present. It is shown that the involvement of qualitative assessments can enhance the management of environmental safety in an operative range polymeric manufactures.

Введение

Любой метод управления — это набор способов, приемов, средств воздействия на управляемый объект. Методы экологического управления обычно делятся на:

- организационно-административные,
- экономические,
- социально-психологические
- др.

Причем наиболее действенными являются первые два. Организационно-административные методы основаны на приказах, распоряжениях, законах и других нормативно-правовых документах и опираются на возможность применения силы государственными органами, в том числе непосредственно на силовые структуры (экологическую милицию, налоговую полицию и др.) [1]. Социально-психологические методы управления опираются на убеждение, на сознательность, основанную на экологической грамотности граждан, держатся на обычаях и традиционных ценностях общества. Экономические методы воздействия основаны на использовании материальных (экономических, денежных) интересов. Комплекс взаимосвязанных экономических мер, направленных на достижение конкретного результата, образует экономический механизм управления экологической безопасностью, обеспечивающий рациональное ресурсосберегающее природопользование, основанное на принципах «устойчивого развития» [2].

Необходимым организационным элементом управления является наличие информационной базы о состоянии и охране природной среды. Собранные статистические данные обрабатываются с помощью современных методов эконометрики, в частности, методами статистики объектов нечисловой природы и статистики нечисловых данных.

Важным моментом является тот факт, что состояние природы требует для своего описания нечисловых величин, прежде всего качественных признаков, а неизбежные неточности при измерении тех или иных параметров приводят к необходимости использовать интервальные данные и применять соответствующий эконометрический аппарат (подробнее см. **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]).

Например, выразить в рублях ущерб, нанесенный аварией природной среде и здоровью людей, весьма сложно. Если же одним из последствий аварии является гибель людей, то с точки зрения экономики появляется необходимость выразить в рублях жизнь человека, что практически невозможно. Поэтому расчетные методы могут играть лишь ограниченную роль в экологическом управлении.

Для преодоления этой проблемы в настоящее время широко используются экспертные методы, основанные на интуиции специалистов и математических методах сбора и анализа их мнений.

В задачах обеспечения экологической безопасности, управления природопользованием и охраны окружающей природной среды постоянно используются разнообразные методы экспертных оценок.

После второй мировой войны в рамках кибернетики, теории управления, менеджмента и исследования операций стала развиваться самостоятельная дисциплина - теория и практика экспертных оценок.

Методы экспертных оценок - это методы организации работы со специалистами-экспертами и обработки мнений экспертов. Эти мнения обычно выражены частично в количественной, частично в качественной форме.

Специалисты широко используют понятия так называемой репрезентативной теории измерений, служащей основой теории экспертных оценок, прежде всего той ее части, которая связана с анализом заключений экспертов, выраженных в качественном, а не в количественном виде.

Репрезентативная (т.е. связанная с представлением отношений между реальными объектами в виде отношений между числами) теория измерений (в дальнейшем сокращенно РТИ) является одной из составных частей эконометрики. А именно, она входит в состав статистики объектов нечисловой природы. В РТИ объекты оцениваются в соответствии с качественными шкалами, как правило, двух видов.

В шкале наименований (другое название - номинальной шкале) числа используются лишь как метки. В шкале наименований измерены, например, номера телефонов, автомашин, паспортов, студенческих билетов.

В порядковой шкале числа используются для установления порядка между объектами. Простейшим примером являются оценки знаний учащихся. Так, в средней школе применяются оценки 2, 3, 4, 5, а в высшей ровно тот же смысл выражается словесно - «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Этим подчеркивается нечисловой характер оценок знаний учащихся.

Ответы экспертов гораздо чаще носят качественный, чем количественный характер. Причина состоит в том, что люди не мыслят числами.

В мышлении человека используются образы, слова, но не числа. Эксперт может сравнить два объекта, сказать, какой из двух лучше (метод парных сравнений), дать им оценки типа «хороший», «приемлемый», «плохой», упорядочить несколько объектов по привлекательности, но обычно не может ответить, во сколько раз или на сколько один объект лучше другого. Другими словами, ответы эксперта обычно измерены в порядковой шкале, или являются ранжировками, результатами парных сравнений и другими объектами нечисловой природы, но не числами. Распространенное заблуждение состоит в том, что ответы экспертов стараются рассматривать как числа, занимаются «оцифровкой» их мнений, приписывая этим мнениям численные значения - баллы, которые потом обрабатывают с помощью методов прикладной статистики как результаты обычных физико-технических измерений. В случае произвольности «оцифровки» выводы, полученные в результате обработки данных, могут не иметь отношения к реальности.

Широкое распространение получило парное сравнение. Эксперту гораздо легче на каждом шагу сравнивать только два объекта. Непараметрическая теория парных сравнений (теория люсианов) **Ошибка! Источник ссылки не найден.** позволяет решать более сложные задачи, чем статистика ранжировок или разбиений.

Оценки экспертов, таким образом, следует считать измеренными в порядковой шкале. Используются много известных примеров порядковых шкал. Порядковыми шкалами являются: бофорт

шкала ветров («штиль», «слабый ветер», «умеренный ветер» и т.д.), шкала силы землетрясений. В медицине порядковыми шкалами являются: шкала стадий гипертонической болезни (по Мясникову), шкала степеней сердечной недостаточности (по Стражеско-Василенко-Лангу), шкала степени выраженности коронарной недостаточности (по Фогельсону).

При оценке экологических воздействий первоначальная оценка обычно порядковая: «природная среда стабильна», «природная среда угнетена», «природная среда деградирует». Аналогично в эколого-медицинской шкале: «нет выраженного воздействия на здоровье людей», «отмечается отрицательное воздействие на здоровье». Порядковая шкала используется и в иных областях.

Порядковая шкала и шкала наименований - основные шкалы качественных признаков. Поэтому во многих конкретных областях результаты качественного анализа можно рассматривать как измерения по этим шкалам.

Для дальнейшей обработки результатов, полученных по этим шкалам, применяются различные методы (метод средних арифметических рангов (баллов), методов медианных рангов, метод согласования кластеризованных ранжировок и др.), подробно описанные, например, в [4].

Обобщая вышесказанное, можно сделать заключение о том, что для оптимизации управления экологической ситуацией необходимо применять специальные методы, учитывающие как количественные, так и качественные оценки ситуаций, вырабатываемые группами специалистов - экспертов.

Расчетно-экспериментальная часть

Управление риском является одной из приоритетных задач экологического управления и направлено на обоснование выбора наилучших в конкретной ситуации решений для его устранения или минимизации.

В середине 1980-х г.г. понятие «управление риском» стали трактовать более широко, включая в него, помимо собственно процедуры разработки решения, и анализ рискованной ситуации. Процедура управления риском, как и его оценка, состоит из четырех элементов (стадий, этапов): 1) сравнительная оценка и ранжирование рисков; 2) определение уровней приемлемости риска; 3) выбор стратегии снижения и контроля риска; 4) принятие регулирующих решений.

Сравнительная оценка рисков (первый этап) связана с характеристикой рисков и осуществляется на основе использования имеющихся данных.

Если на завершающей стадии оценки риска устанавливают степень опасности (вредности) при определенных условиях воздействия, то на начальном этапе процедуры управления риском, продолжаящим и углубляющим анализ риска, проводится сравнительная характеристика и ранжирование рисков с целью установления приоритетов (выделения круга вопросов, требующих первоочередного внимания, ибо риск, связанный с ними, наиболее серьезен).

Ранжирование рисков отличается от собственно оценки риска уровнем отображения результатов и тем, что этот подход является инструментом политики и планирования. Первоначальные шаги похожи на традиционную оценку риска, но на их заключительном этапе выявляются и констатируются приоритетные проблемы.

Императивность выбора приоритетов связана как с задачей снижения совокупного риска для всей системы и необходимостью использования для этой цели системного подхода, так и с различием ресурсных и временных ограничений, накладываемых на область возможных решений данной задачи.

Само по себе сопоставление рисков и установление «рисковых» приоритетов выявляя их ранжирование, определяя их иерархию, тем не менее, не решает вопросов о приемлемости риска, необходимости и конкретных формах его контроля. Все это выясняется на последующих стадиях процедуры управления риском.

Определение уровней приемлемости риска является содержанием второго этапа процедуры управления риском. Необходимость установления уровня приемлемого риска определяется практической невозможностью достижения нулевого риска и предполагает определение минимально допустимого уровня безопасности.

Стратегия контроля уровней риска — третий этап — заключается в выборе одной из представленных ниже «типовых» мер, в наибольшей степени способствующих минимизации, компенсации или устранению риска, например, ограничение сферы использования территорий.

Принятие управленческих решений — последний этап управления риском — включает в себя определение нормативных актов, законов, постановлений, инструкций и их положений, наилучшим образом соответствующих реализации той или иной меры, которая была установлена на предшествующей стадии ([5] - [7]).

Таким образом, управление экологическим риском является основой обеспечения экологической безопасности территории и населения и заключается в информационно-аналитической поддержке процесса принятия управленческих решений направленных на восстановление (снижение) до приемлемых уровней экологического риска ([8]).

В данной работе задача разработки управленческих решений не ставилась, так как она является прерогативой региональных, местных и ведомственных органов управления и реализуется на основании действующих нормативно-правовых документов. Задачей являлось именно агрегирование массива разнородных данных, представление их в доступной для систем принятия решений форме, выработка стратегии принятия решения. Апробация проводилась в зоне действия полимерных производств - Нижнекамском промышленном узле.

Структурная схема информационно-аналитической системы для разработки управляющих воздействий показана на рис. 1.

Задачей исследования, таким образом, становится способ адекватной характеристики вероятностного риска для дальнейшего принятия решений по управлению окружающей средой. В традиционных методиках расчетов интегрального вероятностного риска присутствуют исключительно количественные, но не качественные величины оценок риска. Таким образом, отсутствует понятие нечеткости, когда одно и то же числовое значение может быть интерпретировано как несколько качественных оценок, причем одновременно. Такие качественные оценки даются экспертами, и часто не согласуются с расчетными, если те классифицируются ранжированием. Это объясняется тем, что различные сочетания неопределенных значений рисков по выделенным объектам исследования могут давать в результате идентичные расчетные интегральные значения вероятностного риска. Однако высокий риск, вызванный, к примеру, загрязнением атмосферного воздуха, будет иметь более серьезные, и, главное, быстро развивающиеся негативные последствия, чем высокий риск, загрязнения почвенного покрова. Таким образом, эксперт может определить экологический риск для урбоэкосистемы, вызванный главным образом загрязнением атмосферного воздуха, как высокий, тогда как то же численное значение риска, но вызванное загрязнением почвенного покрова, им будет отнесено к среднему. Именно доучет фактора нечеткости и позволяет значительно увеличить точность прогноза экологического риска в зависимости от вероятностных рисков, рассчитанных по отдельным объектам исследования, причем эти показатели могут выступать как в количественном, так и в качественном виде.

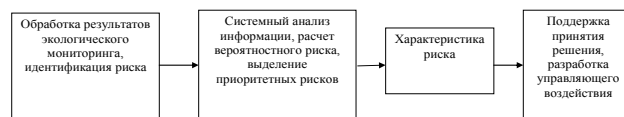


Рис. 1 - Структура управления риском

Сложность автоматизации определения экологического состояния территории обусловлена нечетким заданием таких состояний, как правило, в виде лингвистических переменных типа: «относительно удовлетворительное состояние», «напряженное состояние» и т.п. Факторы, от которых зависит состояние территории исследования, в практике экологических исследований так же часто задаются в виде качественной шкалы. Таким образом, в рассматриваемой задаче переменные задаются особым образом, скорее на качественном, чем на количественном уровне. Из этого следует, что задачу управления вероятностными рисками следует решать в два этапа:

Определение экологического вероятностного риска урбоэкосистемы в виде количественного значения.

Анализ полученного результата и его интерпретация в виде качественной оценки. Для решения первой задачи авторами с успехом использова-

лась система нечеткого логического вывода типа Такаги-Сугено. Результаты продемонстрировали высокую точность количественной оценки состояния окружающей среды (рис. 2) [9].

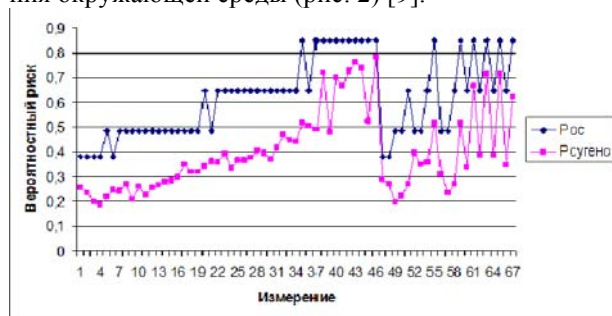


Рис. 2 - Значения вероятностного риска, определяемого экспертами, и генерируемые системой

Оценка качественного состояния проводилась при помощи системы нечеткого вывода типа Мамдани. Результаты экспериментов продемонстрировали, что качественная оценка риска значительно смещена в сторону увеличения значения опасности по сравнению с количественной оценкой (если бы она задавалась простым ранжированием). Смещение составляет порядка 20%, что можно описать как состояние «повышенной готовности». Подобная настройка системы позволяет более жестко контролировать состояние урбоэкосистемы, хотя при соответствующих требованиях система может быть настроена более «толерантно».

Разработанная методика привлечения систем типа Такаги-Сугено и Мамдани для расчета количественного значения экологического риска в зависимости от качественных исходных данных, а также качественная интерпретация полученного количественного результата, позволяет повысить точ-

ность и глубину оценки риска, упростить понимание вывода системы специалистами-экспертами, сблизить расчетные результаты с экспертными оценками и оптимизировать управление качеством объектов окружающей среды.

Литература

1. Боголюбов С.А. Экологическое право. Учебник для вузов. — М.: изд-во Инфра-М Норма, 2001. 434с.
2. Пермяков Р.С. Экономический механизм экологического менеджмента. М.: Изд-во РАГС, 1998. - М., 1998. 324с.
3. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник: в 3 ч. Часть 1: Нечисловая статистика. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2009. — 541 с.
4. Орлов А.И. Проблемы управления экологической безопасностью. Учебное пособие. Институт высоких статистических технологий и эконометрики. Второе электронное издание, исправленное и дополненное. Москва, 2002. <http://orlovs.pp.ru/ecol.php>
5. Буянов В.П. Рискология (Управление рисками) /В.П. Буянов. М.: Экзамен, 2002. 620 с.
6. Быков А.А., Соленова Л.Г., Земляная Г.М., Фурман В.Д. Методические рекомендации по анализу и управлению риском воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей среды. М.: Издательство "АНКИЛ", 1999 - 72 с.
7. Усов В.Н. Предупреждение неопределенности в управлении риском / В.Н. Усов // Управление риском. 2003. № 4. С.23-26.
8. Яковлев В.В. Критерии риска. Критерии экологической безопасности. Материалы Российской научно-практической конференции 25-27 мая 1994. СПб, 1994, С.17-29.
9. Новикова С.В., Тунакова Ю.А., Кремлева Э.Ш. Использование различных алгоритмов нейро-нечеткого управления экологическим риском в зоне действия полимерных производств.// Вестник КГТУ, №17 2013г., с. 262-265.

© С. В. Новикова – канд. техн. наук, доц. каф. прикладной математики и информатики КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ, sweta72@bk.ru; Ю. А. Тунакова – д-р хим. наук, проф. каф. технологии пластических масс КНИТУ, juliaprof@mail.ru; Р. А. Шагидулина – канд. хим. наук, нач. отдела нормирования воздействия на окружающую среду Мин-ва экологии и природных ресурсов РТ, juliaprof@mail.ru; Э. Ш. Кремлева – асп. каф. прикладной математики и информатики КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ.