

УДК 502/504:65:330.15

М. И. БОРИСОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский государственный университет природообустройства»

НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА В УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДНЫМ РЕСУРСОМ

Обосновывается целесообразность решения экологических задач на основе применения нечеткой логики. Показан пример подхода к решению задачи повышения эффективности использования общественного природного ресурса – ландшафта – с применением нечеткой логики.

Нечеткие множества, функции принадлежности, экспертная система, термножество лингвистической переменной, состояние ландшафта.

The article justifies the feasibility of ecological tasks solution on the basis of applying fuzzy logic. There is shown an example of approach to the task solution of efficiency increasing of usage of the public natural resource – landscape – with application of fuzzy logic.

Fuzzy set, membership function, expert system, term-set of the linguistic variable, landscape condition.

Изучение окружающего мира невозможно без проведения разнообразных экспериментов. При этом не всегда могут быть поставлены натурные эксперименты вследствие их высокой стоимости, больших рисков и моральных издержек. В таких случаях предпочтительно компьютерное моделирование, требующее использования математических моделей изучаемых процессов и явлений.

Интерес представляют сложные системы, в которых активная роль принадлежит человеку. В таких системах действует принцип несовместимости: для получения существенных выводов о поведении сложной системы требуется отказ от стандартов точности, характерных для простых систем, а также использование приближенных методов для решения и анализа. Один из подходов связан с неточным (нечетким) отражением человеком окружающего его мира. Применение категорий нечеткости и связанных с ними моделей и методов значимо с мировоззренческой позиции: с их появлением стал возможным анализ явлений, выражаемых только качественными показателями или грубыми моделями.

Большая часть понятий человека об окружающей его природе в своей основе нечеткая и размытая, а попытки

разместить их в границах двоичной логики приводят к недопустимым искажениям результатов исследований. Понятие нечеткого множества вполне согласуется с интуитивными представлениями человека об окружающем мире, так как основой нечеткой логики служит теория нечетких множеств, элемент которой – функция принадлежности – представляет собой не жесткий порог (принадлежит / не принадлежит), а плавную сигмоиду, пробегающую все значения от нуля до единицы. Кривые функции принадлежности строятся на основании данных объективных тестов для различных состояний изучаемого явления и интуитивных представлений экспертов.

Методика решения задач с нечеткими множествами воспроизводит мыслительные процессы человека, основанные на субъективных суждениях. При этом лицо, принимающее решение (ЛПР), добивается, чтобы предлагаемая модель была адекватна не только реалиям объекта исследования, но и специфическим особенностям познающего субъекта, а также формально очерченным границам наличной информационной неопределенности.

При решении задач повышения эффективности использования обществен-

ного природного ресурса в традиционной постановке требуется информация о цене данного ресурса. При этом в решениях задач с использованием стоимостных показателей имеется множество вероятностных измерителей (неопределенностей), которые необходимо либо уточнять, либо корректировать с изменением ситуации и времени. Особенностью постановки подобного типа задач является следующее: чем глубже исследуется взаимосвязь между природным ресурсом и эффективностью его использования, тем большее число новых источников неопределенности выявляется. Декомпозиция исходной, обычно приближительной, модели анализа сопряжена с растущим дефицитом количественных и качественных исходных данных. В этом мы сталкиваемся с неопределенностью, которая в принципе не может быть раскрыта однозначно и четко. Ряд параметров оказывается недоступным для точного измерения и тогда в его оценке появляется субъективный компонент, выражаемый нечеткими оценками «не слишком», «скорее всего» и пр. Таким образом, появляется лингвистическая переменная с терм-множеством значений, а связь количественного значения некоторого фактора с его качественным лингвистическим описанием задается функциями принадлежности фактора нечеткому множеству. Функции принадлежности параметров нечетким множествам обладают теми же достоинствами в анализе, что и неклассические типы вероятностей. К тому же они являются количественной мерой наличной информационной неопределенности в отношении анализируемых параметров, значение которых описывается в лингвистически нечеткой форме.

Без применения нечеткой логики немислимы современные ситуационные центры руководителей стран, в которых принимаются ключевые политические решения и моделируются разнообразные, в том числе кризисные, ситуации. Впечатляющим примером масштабного применения нечеткой логики стало комплексное моделирование системы здравоохранения и социального обеспечения Великобритании, позволившее точно оценить и оптимизировать затраты на социальные нужды. Основными потребителями решения задач нечеткой логики в российской эко-

номике являются банкиры, финансисты и специалисты в области политического и экономического анализа, но можно предполагать, что эпоха расцвета прикладного использования нечеткой логики на отечественном экономическом рынке еще впереди.

Пример общих действий с применением нечеткой логики по управлению одним из общественных природных ресурсов – ландшафтом. Ландшафт, как природный объект управления, характеризуется организованностью, многокритериальностью, устойчивостью и альтернативностью развития. Исследования систем подобного рода приводят к системному подходу, предполагающему последовательный переход от общего к частному, основой которого является цель, а конкретный исследуемый объект может быть выделен из всего комплекса исследуемых [1].

В характеристике состояния ландшафта присутствует трудно формализуемая модель: входные параметры для нее выражены неявно, реальные значения параметров заданы исследователем на основе его опыта и квалификации, т. е. существенно зависят от объекта и субъекта исследования. Такую модель сложно описать и решить в силу ее недостаточной определенности и невозможности формализации. Выходом из подобного положения является включение в расчеты экспертной системы и нечетких множеств.

Использование экспертной системы позволяет улучшить качество исследования за счет накопленного опыта и тем самым уменьшить влияние субъекта на процесс исследования. Работа такой экспертной системы особенно важна, когда информация об исследуемом явлении носит вероятностный и неоднозначный характер. Неадекватность используемых моделей, многообразие требований к объекту исследования, иногда их противоречивость, неполнота исходной информации приводят к тому, что реальные задачи приходится решать в условиях нечеткой логики. Идея применения нечеткой логики для анализа экологической системы зародилась из стремления к сокращению степени неопределенности не только статистической, но и лингвистической, т. е. неопределенности высказываний на

естественном языке.

Факторами неопределенностей в исследованиях ландшафта являются жесткость топологии, интервальные задания норм, приближенный учет надежности, неточность параметров, приводимых в интервальной форме, размытость периода прогнозирования и планирования. Таким образом, при исследовании ландшафта существует неопределенность параметров и структуры самого объекта исследования. Значимым фактором также является многофункциональность ландшафта в различные периоды времени. Детальный и конкретный учет названных факторов практически невозможен: выходом из такой ситуации может быть использование методов принятия решения в условиях неопределенности. Из возможных моделей в соответствии с формами описания неопределенности – стохастической, статистической, интервальной и нечеткой – в ландшафтном исследовании более целесообразно применять нечеткую модель.

Нечеткое описание модели используется при задании не точного значения параметра, а некоторого множества его значений с той или иной степенью «уверенности» эксперта. Информация о параметрах модели и требованиях к системе задается экспертом на основании его опыта и представлений на естественном языке в терминах типа «больше 3», «около 10» и т. д. Так, в проведенном автором исследовании полное множество состояний E ландшафта разбивается на пять (в общем случае пересекающихся) нечетких подмножеств вида: $E1$ – «предельного неблагополучия»; $E2$ – «неблагополучия»; $E3$ – «среднего качества»; $E4$ – «относительного благополучия»; $E5$ – «предельного благополучия».

Таким образом, терм-множество лингвистической переменной «состояние ландшафта» состоит из пяти компонентов. Каждому значению лингвистической переменной $E1 \dots E5$ соответствуют свои функции принадлежности $m1(x) \dots m5(x)$. Общеупотребительными в этом случае могут быть трапециевидные или треугольные функции принадлежности. Вершина треугольника соответствует убежденности эксперта в своей позиции, а основание – уверенности в том, что никакие другие значения интервала $(0, 1)$ не попадают в

выбранное нечеткое множество.

Соответствующее множеству E полное множество степеней риска невозстановимости ландшафта разбивается так: $G1$ – «предельный риск невозстановимости»; $G2$ – «высокая степень риска»; $G3$ – «средняя степень риска»; $G4$ – «низкая степень риска»; $G5$ – «незначительная степень риска».

Для управления состоянием ландшафта выбран один из значимых факторов воздействия на него – осуществление регулярного контроля (мониторинга). Множество его значений также разбивается по уровням: $B1$ – «очень низкий уровень регулярности»; $B2$ – «низкий уровень регулярности»; $B3$ – «средний уровень регулярности»; $B4$ – «высокий уровень регулярности»; $B5$ – «очень высокий уровень регулярности».

В результате применения формализованных вычислений получены степени уверенности эксперта в правильности его классификации – объективная система показателей и уровней их значимости.

С использованием нечеткой логики решается задача назначения платы за состояние ландшафта с возведенным на нем объектом недвижимости. В процессе стохастического использования в качестве основы при назначении оплаты стоимостного измерителя традиционное управление может привести к появлению вероятностей или неопределенностей более высокого порядка, что, очевидно, может снизить достоверность назначаемых измерителей. Как показывает практика, в подобных случаях лучшие результаты может дать управление с помощью нечеткой логики. Например, система назначаемой платы девелоперу за использованный земельный участок в зависимости от оценки состояния ландшафта с расположенным на нем объектом недвижимости может быть описана лингвистическими правилами: если ландшафт полностью преобразован, то размер платы самый высокий; если ландшафт сохранен в большей мере, размер платы умеренный; если ландшафт преобразован с учетом естественного состояния, то размер платы облегченный. В такой задаче входной переменной является значение оценки ландшафта, а выходным значением – уровень оплаты. Разность в оценках ландшафта – степень

преобразования ландшафта и собственно значение оплаты (высокая, умеренная, низкая) – функции принадлежности (нечеткие множества, определенные на множестве значений качества и уровней оплаты) [2–4].

Подобные правила вывода результатов используются в нечетких системах управления. В отличие от традиционных систем управления в нечеткой управляющей системе работают все правила одновременно, но степень их влияния на выход может быть различной. Процесс решения поставленной задачи состоит из четырех основных этапов [2]:

определение степени принадлежности входного значения фактического уровня качества ландшафта нечетким множествам в левой части правил вывода;

преобразование нечетких множеств уровней оплаты, стоящих в правой части правил, в соответствии с уровнем принадлежности, определенном на первом этапе;

объединение преобразованных множеств уровней оплаты, а затем определение управляющего воздействия на объект управления;

переход от нечетких множеств к конкретной величине управляющего уровня оплаты.

Выводы

Нечеткие подходы положительно зарекомендовали себя при решении широкого круга технических и экономических, в том числе финансовых, задач. Вместе с тем, эти подходы пока не нашли широкого применения при проектировании, планировании и оценке состояния экологии.

Знание об объекте исследования (например, о состоянии ландшафта как природного общественного ресурса) и качество знания находят отражение в логико-математических формализмах, на которых основан данный метод. Значение метода состоит в отсутствии попыток построения сомнительных сверток разнообразных показателей. Вместо них осу-

ществляется свертка сопоставимых компонентов принадлежности показателей к различным нечетким группам – этим обеспечивается корректность модели.

Распознавание и классификация ландшафта как природного ресурса и степени его экологического состояния – задача, которая вне идеологии нечетких множеств вообще не может быть решена конкретно, потому что для определения четкой границы «хорошее – плохое» необходимо соглашение о различии этих субъективных характеристик и высказываний.

Неопределенность высказываний на естественном языке позволяет отыскивать формализмы и количественные описания, приводящие на языке математики к научным выводам, основой которых служат нечеткие описания.

1. Светлов В. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 1985. – 271 с.

2. Корнеев В. В., Гареев А. Ф., Васютин С. В., Райх В. В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Изд-во Нолидж, 2001. – 496 с.

3. Карамбиров С. Н. Математическое моделирование систем подачи распределения воды в условиях многорежимности и неопределенности: монография. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2004. – 197 с.

4. Карамбиров С. Н. Расчет и оптимизация систем подачи и распределения воды в условиях многорежимности и неполной исходной информации: Проблемы научного обеспечения развития эколого-экономического потенциала России: сб. науч. трудов. – М.: ФГОУ ВПО МГУП, 2004. – С. 60–70.

Материал поступил в редакцию 24.05.11.

Борисова Маргарита Иннокентьевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика природообустройства»
Тел. 8 (499) 153-82-11