

УДК 504.03 : 004.942

**Н.П. Садовникова**

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**

Предложен способ оценки эколого-экономической эффективности градостроительных проектов, учитывающий неопределенность и неоднозначность входной информации и позволяющий проанализировать возможные варианты развития исследуемых процессов. Определены основные положения методологии комплексного анализа эколого-экономической эффективности градостроительных проектов на основе когнитивного моделирования.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** когнитивное моделирование, нечеткие когнитивные карты, оценка инвестиционного проекта, оценка воздействия на окружающую среду, экологическая безопасность, эффективность эколого-экономическая, градостроительный проект.

Criterion of the ecological and economical efficiency of the urban planning project, taking into accounts the uncertainty and ambiguity of the input information and allowing analyzing the optional versions development of the processes, is proposed. Fundamentals of the methodology of integral analysis of the ecological and economical efficiency of the urban planning project based on cognitive modeling are identified.

**К e y w o r d s:** Cognitive modeling, fuzzy cognitive maps, assessment of the investment project, ecological evaluation, environmental safety, ecological and economical efficiency, urban planning project.

Под эколого-экономической эффективностью проекта понимается показатель, характеризующий соотношение общих экономических выгод и потерь от проекта, включая внешние экологические эффекты и связанные с ними социальные и экономические последствия, затрагивающие интересы населения и будущих поколений в результате реализации данного проекта [1].

Оценка эколого-экономической эффективности проектов направлена на определение в денежном выражении последствий данного воздействия и использование полученных данных при проведении экономического анализа проекта. В результате анализа должен быть выявлен наиболее эффективный способ расходования средств в процессе реализации проекта при условии сохранения определенных параметров состояния окружающей среды.

В зависимости от вида воздействия, характера намечаемой деятельности и негативных последствий выбирается состав факторов, определяющих уровень экологических затрат и выгод, учитываемых в расчетах. Как правило, исходные данные для подобных расчетов получают из соответствующих разделов проектной документации и отчетов, составленных по результатам начальных этапов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС).

Полученная информация, является ключевой при подготовке обоснования инвестиционного проекта и принятии потенциальным инвестором решения об участии в проекте. В настоящее время оценка эколого-экономической эффективности представляет наибольшую сложность для инвестора. Существующие подходы к проведению ОВОС в основном ориентированы на определение факторов негативного воздействия и планирование мероприятий по уменьшению их влияния на окружающую среду. Вопросам прогнозирования

комплексного воздействия с учетом экономической составляющей не уделяется должного внимания. Не обладая необходимой информацией о возможных вариантах развития природно-технической системы, невозможно с должной достоверностью оценить затраты на природоохранные мероприятия при реализации того или иного проекта. Тем не менее вычисление затрат является необходимым этапом для оценки эколого-экономической эффективности проекта, независимо от выбранного метода [1].

Применение традиционных подходов на основе методов исследования операций и теории принятия решений здесь малоэффективно, так как достаточно сложно получить реалистичную количественную модель исследуемых процессов. Связано это с ярко выраженной разнородностью экологических аспектов при строительстве объектов и неоднозначностью восприятия человеком результатов этих воздействий [2].

Анализируя информацию, полученную в результате ОВОС, необходимо определить оптимальные требования к показателям, характеризующим качество принимаемых решений. Для выбора адекватной системы показателей необходимо иметь объективное представление об объекте исследования, учитывающее экономические, социальные, технические и экологические характеристики объекта с учетом сложного характера их взаимосвязей на основе существующих ГОСТов и норм. Сложность ситуации во многом обусловлена тем, что российское законодательство не дает четких указаний и критериев относительно необходимой степени детализации ОВОС. Получаемые при экологических исследованиях огромные объемы самой разнородной информации создают существенные трудности при сопоставлении между собой возможных вариантов осуществления хозяйственной деятельности, что неизбежно приводит к необходимости применения специальных методов анализа и обработки.

В подобной ситуации фактически создаются условия, при которых необходимый уровень точности прогнозных оценок можно получить только с помощью моделей, обладающих адаптивными свойствами. Такие модели на основе данных, полученных в ходе экологической экспертизы, способны учитывать эволюцию динамических характеристик анализируемого проекта.

Одним из эффективных подходов к исследованию поведения сложных слабоструктурированных систем является когнитивное моделирование. Основы данного направления были разработаны и успешно используются при исследовании социально-экономических систем в Институте проблем управления РАН.

Входными данными для когнитивного моделирования являются базисные факторы, тенденции их изменения и силы взаимного влияния фактора на фактор, полученные в ходе сбора и обработки информации.

Особенностью применения когнитивного моделирования для идентификации поведения природно-технических систем является неопределенность состава факторов и связей между ними. Значения факторов чаще всего представлены в виде лингвистических переменных или интервальных оценок. Кроме того, структура модели может меняться в процессе исследования.

Моделируемая ситуация описывается с помощью нечетких когнитивных карт [3], которые представляют собой графы причинно-следственных отношений и иллюстрируют множественные связи между антропогенными

факторами, природоохранной деятельностью и компонентами (характеристиками) окружающей среды и поэтому особенно полезны для выявления и отображения воздействий второго порядка (косвенных, синергетических и т. д.).

Ключевые факторы объекта исследования располагаются в вершинах графа. Для формального описания нечеткой когнитивной карты используют кортеж множеств  $N = \{C_n, L_{ij}, Sg_{ij}, W_{ij}\}$ , где  $\{C_n\}$  — множество вершин (концептов);  $\{L_{ij}\}$  — множество причинно-следственных связей между концептами;  $\{Sg_{ij}\}$  — множество знаков связей (+, -);  $\{W_{ij}\}$  — множество весов связей (сильно, средне, слабо и т.д.). Каждый концепт  $C_i$  описывается одной или несколькими переменными состояниями, которые характеризуют состояние концепта качественно или количественно.

Цель когнитивного моделирования — получение новых, уникальных знаний о возможном развитии системы в будущем. Эти знания позволяют существенно снизить неопределенность оценки будущего состояния окружающей среды.

Этапы когнитивного анализа

1. Формирование понятийной модели в виде набора понятий и причинно-следственных связей между ними.

1.1. Определение зависимостей и тенденций в исследуемых процессах.

1.2. Определение ограничений, условий и требований.

1.3. Выделение факторов, по мнению экспертов характеризующих проблемную ситуацию:

выделение базисных, описывающих суть проблемы;

выделение в совокупности базисных факторов целевых факторов;

выделение в совокупности базисных факторов управляющих факторов;

определение связей между факторами;

определение направления влияний и взаимовлияний между факторами.

2. Построение когнитивной карты (графа) ситуации.

3. Практическое изучение ситуации с позиции заданной цели:

прогноз развития ситуации без воздействия;

прогноз развития ситуации с выбранным комплексом мероприятий (прямая задача);

синтез комплекса мероприятий для достижения необходимого изменения состояния ситуации (обратная задача).

Для получения прогноза развития ситуации может быть использован метод импульсных процессов [4], относящийся к категории динамических методов.

Импульсный процесс позволяет определять состояние концептов в дискретные моменты времени, анализируя которые, эксперт получает прогноз изменения состояния системы при реализации различных стратегий управления и изменениях внешней среды.

Задача оценки инвестиционных проектов на этапе концепции и разработки является достаточно сложной и неоднозначной. Совершенствование методов обоснования проектов при проведении прединвестиционных исследований позволит во многом предопределить успешность намечаемой деятельности.

Дальнейшие исследования направлены на развитие и практическую реализацию оценочных моделей на основе когнитивных карт и их внедрение в информационные технологии поддержки принятия решений в сфере градостроительного проектирования.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Медведева О.Е.* Методические рекомендации по осуществлению эколого-экономической оценки эффективности проектов намечаемой хозяйственной деятельности. / АНО «Союзэкспертиза» ТПП РФ. М. : Экологический юридическо-правовой центр, 2004. 96 с.
  2. *Теличенко В.И., Гутенев В.В., Слесарев М.Ю.* Подходы к интерпретации систем управления экологической безопасностью в строительстве // Экология урбанизированных территорий. 2006. № 2. С. 4—12.
  3. *Kosko V.* Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 24. P. 65—75.
  4. *Робертс Ф.С.* Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам : пер. с англ. М. : Наука, 1986. 496 с.
- 
1. *Medvedeva O.E.* Metodicheskiye rekomendatsii po osushchestvleniyu ekologo-ekonomicheskoy otsenki effektivnosti projektov namechaemoy khozyaystvennoy deyatel'nosti / ANO «Soiuzekspertiza» TPP RF. M. : Ekologicheskii iuridicheskoy-pravovoy tsentr, 2004. 96 s.
  2. *Telichenko V.I., Gutenev V.V., Slesarev M.Iu.* Podkhody k integratsii sistem upravleniya ekologicheskoy bezopasnostyu v stroitel'stve // Ekologiya urbanizirovannykh territoriy. 2006. № 2. S. 4—12.
  3. *Kosko V.* Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 24. P. 65—75.
  4. *Roberts F.C.* Diskretnyye matematicheskiye modeli s prilozheniyami k sotsial'nyim, biologicheskim i ekologicheskim zadacham : per. s angl. M. : Nauka, 1986. 496 s.

© Садовникова Н.П., 2011

Поступила в редакцию  
в январе 2011 г.