



МОДЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 519.713

ХОДАКОВ Виктор Егорович

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: прогрессивные информационные технологии.

СОКОЛОВА Надежда Андреевна

д.т.н., профессор, заведующая кафедрой экономической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: компьютеризированные системы обучения; адаптированные системы управления.

ХАПОВ Денис Викторович

старший преподаватель кафедры экономической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Научные интересы: методы и модели автоматизированного управления социально-экономическими системами.

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Территориально-производственные социально-экономические системы (ТПЭС) (регионы, города, распределенные крупные промышленные предприятия, службы ЖКХ регионов, городов, строительной индустрии региона, города и т.п.) являются сложными пространственно-распределенными объектами, характеризуются пространственной и функциональной распределенностью, асинхронным взаимодействием процессов и компонент. Эффективное управление такими объектами возможно только при наличии информации о состоянии объекта (системы), поэтому необходимо решение задач распознавания и оценивания состояния объекта. Оценивание состояний таких объектов является важной и актуальной научно-производственной задачей. Современные требования к повышению эффективности функционирования и развития ТПЭС в условиях нежелательных ограничений и нестабильности внешней среды вызывают необходимость создания

и исследования моделей оценивания состояний ТПЭС [1-4].

Целью работы является разработка математической модели оценивания состояний территориально-производственных социально-экономических систем.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Множество состояний A объектов (ТПЭС) можно представить в виде:

$$A\{0/a, \{A_a\} \supseteq \{A(0)\}_a\}, a \in A \quad (1)$$

Состояние объекта (ТПЭС) может быть представлено в виде отношения (1):

$$R(X, Y, Z) \subseteq X \times Y \times Z \neq \emptyset.$$

При функционировании, взаимодействии объектов реализуется сложное пространственно-распределенное взаимодействие динамических объектов

$$\{P_{zj}\}, j = J,$$

где J – множество индексов процессов, которые могут иметь детерминированный характер D , стохас-

тический, нечеткий \tilde{F} . При оценивании объектов $A(O)_\alpha$ необходимо учитывать влияние на них множества факторов $\{\Phi_k\}$ и динамических процессов $\{P_{zj}\}$.

В качестве обобщенных интегральных характеристик оценки состояния ТПСЭС нами были приняты два показателя: устойчивость развития объекта и инвестиционная привлекательность объекта. Необходимо определять состояние объекта $A(O)_\alpha$ в координатах $R(X, Y, Z)$ с учетом множества критериев, показателей, факторов $\{\Phi_k\}$ и динамических процессов $\{P_{zj}\}$.

Состояние любого объекта ТПСЭС характеризуется набором частных показателей, критериев и их значениями. Вся совокупность критериев каждого варианта может быть разбита на отдельные группы. Например, при оценке устойчивости развития ТПСЭС совокупность показателей разбивается на три группы показателей, а при оценке инвестиционной привлекательности объекта на 9 групп. Это справедливо только для тех случаев, когда не учитывается влияние природно-климатических факторов. При учете ПКФ вводится еще одна дополнительная группа показателей.

Так, например, при анализе устойчивости развития ТПСЭС обобщенная оценка состояния учитывает параметры трех групп критериев

$$I_{ур} = Q_1(I_{эки}, I_{эи}, I_{си}), \quad (2)$$

где $I_{эки}, I_{эи}, I_{си}$ – критерии, определяющие характеристики соответственно экономического, экологического и социального направлений развития системы.

А при учете инвестиционной привлекательности обобщенная оценка состояния учитывает показатели (факторы) следующих групп критериев

$$I_{инв} = Q_2 \left(\begin{matrix} I_{эгп}, I_{рсп}, I_{тп}, I_{эп}, \\ I_{пр}, I_{инф}, I_{нтп}, I_{ип}, I_{ир} \end{matrix} \right), \quad (3)$$

где $I_{эгп}, I_{рсп}, I_{тп}, I_{эп}, I_{пр}, I_{инф}, I_{нтп}, I_{ип}, I_{ир}$ – критерии, определяющиеся соответственно характеристиками экономико-географического положения, природно-ресурсного потенциала, трудового потенциала, экономического потенциала, емкостью потребительского рынка, инфраструктурного потенциала, научно-технического потенциала, инвестиционных предпочтений, инвестиционных рисков рассматриваемых ТПСЭС.

В работе для оценки состояния ТПСЭС функционал обобщенного критерия предлагается получать на основе процедуры построения ранжированного ряда, т.е. процедуры ранжирования с использованием указанных выше критериев.

Ранжирование – это процедура упорядочения, разбиения множества объектов в порядке предпочтения, с введением между ними некоторого порядка «лучше-хуже» [5, 6]. На основе своих знаний и опыта эксперт располагает объекты в порядке предпочтения, руководясь одним или несколькими показателями сравнения. В зависимости от вида отношений между объектами возможны различные варианты упорядочения [7].

Пусть среди объектов нет одинаковых по сравниваемым показателям, т.е. нет эквивалентных объектов. В этом случае между объектами существует только отношение строгого порядка, обладающее свойствами несимметричности (если $O_i > O_j$, то $O_j \neq O_i$), транзитивности (если $O_i > O_j, O_j > O_k$, то $O_i > O_k$) и связности (для любых двух объектов – либо $O_i > O_j$, либо $O_j > O_i$).

Из свойства связности вытекает совершенная (линейная) упорядоченность объектов. В результате сравнения всех объектов по отношению строгого порядка эксперт составляет упорядоченную последовательность

$$O_1 > O_2 > \dots > O_n, \quad (4)$$

где объект с первым номером – наиболее предпочтительный из всех, объект со вторым номером менее предпочтителен, но предпочтительнее всех остальных и т.д.

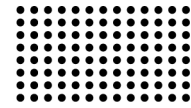
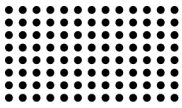
Полученная система с отношениями строгого порядка $\langle O, > \rangle$ образует серию. На множестве объектов серии можно построить весовую функцию, которая будет биекцией. Тогда отношение порядка " $>$ " сводится к отношению «больше чем» или «меньше чем» [6]. Это означает, что существует такое числовое представление $f(O_i)$, что последовательности (4) соответствует последовательность чисел

$$f(O_1) > f(O_2) > \dots > f(O_n), \quad (5)$$

или обратная последовательность:

$$f(O_1) < f(O_2) < \dots < f(O_n)$$

Соответствие вышеописанных последовательностей (4) и (5), т.е. их изоморфизм или гомоморфизм,



можно определить, выбирая любые числовые представления. Единственным ограничением является монотонность преобразования. Следовательно, допустимое преобразование при переходе от одного числового представления к другому должно обладать свойством монотонности. Но таким свойством обладает шкала порядков. Таким образом, ранжирование объектов можно производить в шкале порядков.

В практике экспертного ранжирования чаще всего применяется числовое представление последовательности (4) в виде натуральных чисел

$$r_1 = f(O_1) = 1; r_2 = f(O_2) = 2; \dots; r_n = f(O_n) = n;$$

Числа r_1, r_2, \dots, r_n называются рангами. Наиболее предпочтительному объекту присваивается первый ранг, второму – второй и т.д.

Кроме отношения строгого порядка между некоторыми объектами возможно отношение эквивалентности.

В результате ранжирования при наличии отношений порядка и эквивалентности эксперт составляет упорядоченную последовательность, в которой некоторые объекты могут быть эквивалентными. Например, упорядочение может иметь вид

$$O_1 > O_2 > O_3 \sim O_4 \sim O_5 > \dots > O_{n-1} \sim O_n.$$

В этой последовательности объекты O_3, O_4, O_5 эквивалентны между собой, а объекты O_{n-1}, O_n – между собой.

Ранжирование всегда производится в шкале порядка, независимо от того, имеются среди объектов эквивалентные или нет.

В практике ранжирования объектов, между которыми допускаются отношения как строгого порядка, так и эквивалентности, числовое представление выбирается следующим образом. Наиболее предпочтительному объекту присваивается ранг, равный единице, второму – второй ранг и т.д. Для эквивалентных объектов удобно назначать одинаковые ранги, равные среднему арифметическому значению рангов, присваиваемых одинаковым объектам. Такие ранги называют связанными.

Удобство использования связанных рангов заключается в том, что сумма рангов объектов равна сумме натуральных чисел от единицы до n . При этом

любые комбинации связанных рангов не изменяют эту сумму. Это обстоятельство существенно упрощает обработку результатов ранжирования при групповой экспертной оценке.

При групповой экспертной оценке каждый i -й эксперт присваивает каждому объекту j ранг r_{ij} . В результате проведения экспертного оценивания получается матрица рангов $\|r_{ij}\|$ размерности $n \times m$, где n – число объектов ($j = 1, \dots, n$); m – число экспертов ($i = 1, \dots, m$).

Ранги объектов определяют только порядок их расположения по показателям сравнения. Ранги как числа не дают возможности сделать вывод о том, насколько, или во сколько предпочтительнее один объект другого. Если, например, ранг объекта равен единице, то не следует делать вывод, что этот объект в три раза предпочтительнее объекта, имеющего ранг равный трем.

Достоинством ранжирования, как метода измерения, является простота осуществления процедур, недостатком – практическая невозможность упорядочения большого числа объектов. Как показывает опыт, при числе объектов больше 15–20 эксперты затрудняются в построении ранжированного ряда. Это объясняется тем, что в процессе ранжирования эксперт должен установить взаимосвязь между всеми объектами, рассматривая их как единую совокупность. При увеличении числа объектов количество связей между ними растет. Удержание и анализ большой совокупности взаимосвязей между объектами ограничивается психологическими возможностями человека. Поэтому при ранжировании большого числа объектов эксперты могут допускать ошибки.

Задача выбора наилучшего варианта оценки состояния ТПСЭС методом ранжирования решается путем последовательной реализации следующих шагов:

- формирование вариантов реализации стратегий оценки состояний,
- выбор показателей и метрики оценок вариантов,
- формирование локальных критериев оценивания вариантов,
- формирование обобщенного критерия оценки,
- ранжирование вариантов по обобщенному критерию,

- выбор предпочтительного варианта (или множества наилучших).

В рамках решения указанных задач основным этапом принятия решения является возможность проанализировать оценку вариантов состояний и на этой основе установить порядок отношений (ранжирование).

Методологической основой решения данных задач является общая теория полезности. Если два решения $x_1, x_2 \in X$ соотносятся между собой как $x_1 \succ x_2$, то их функции полезности соотносятся как $P(x_1) > P(x_2)$.

Вид функции полезности принятого решения зависит от состава частных критериев вариантов для $I_{ур}$ или $I_{инв}$ и множества коэффициентов значимости этих критериев для лица, принимающего решения (ЛПР). Функцию полезности можно определить следующим образом:

$$P(x) = Q[a_i, I_i(x)], i = \overline{1, n},$$

где a_i – коэффициент изоморфизма i -го частного критерия $I_i(x)$; Q – оператор преобразования.

При этом используются две формы представления функции полезности [8, 9]:

- аддитивная

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i I_i(x), \quad (6)$$

- мультипликативная

$$P(x) = \prod_{i=1}^n a_i I_i(x), \quad (7)$$

где a_i – весовые коэффициенты, $a_i \in [0, 1], \sum_{i=1}^n a_i = 1$.

Поскольку частные критерии имеют различную размерность и несравнимы между собой, они должны быть нормированы, то есть приведены к изоморфному виду. Тогда в функции полезности (6) или (7) используются нормированные значения частных критериев:

$$m[I_i(x)] = \frac{I_i(x) - I_{i-}}{I_{i-} - I_{i+}},$$

где $I_i(x), I_{i-}, I_{i+}$ – соответственно текущее, наилучшее и наихудшее значения частного критерия.

Аддитивная функция полезности будет иметь вид:

$$P(x) = \sum_{i=1}^n a_i m[I_i(x)].$$

В этом случае окончательный выбор варианта решения существенно зависит от величин коэффициентов значимости a_i , которые определяются ЛПР или экспертами. При этом форма представления информации о значимости критериев может быть различной – детерминированной, вероятностной или в виде нечетких (лингвистических) переменных.

Распространенной ситуацией при оценке и выборе вариантов является задача, при которой эксперты не могут определить точные количественные значения весовых коэффициентов a_i , но способны предоставить качественную информацию относительно взаимной важности оцениваемых критериев:

$$I_1(x) \succ I_2(x) \succ \dots \succ I_n(x).$$

В такой ситуации предлагается метод последовательного перебора критериев в порядке их важности.

1. Из исходного множества вариантов X выделяется подмножество $X_1^\circ = \{x_i^\circ\}$ решений, эквивалентных по наиболее важному критерию. Для этого решается следующая однокритериальная оптимизационная задача:

$$x_1^\circ = \arg \max_{x \in X} P(m[I_i(x)]),$$

или

$$x_1^\circ = \arg \min_{x \in X} \bar{P}(m[I_i(x)]),$$

где $\bar{P}(m[I_i(x)])$ – функция потери полезности, $\bar{P}(m[I_i(x)]) = 1 - P(m[I_i(x)])$.

2. В случае, если X_1° состоит более чем из одного варианта, решается задача выбора эквивалентных решений из множества X_1° по второму по важности критерию. В общем случае, оптимизационная задача будет иметь вид:

$$x_1^\circ = \arg \max_{x \in X_{i-1}^\circ} P(m[I_i(x)]), i = \overline{1, n};$$

$$X_{i-1}^\circ = X - X_i^\circ$$

$$x_1^\circ = \arg \min_{x \in X_{i-1}^\circ} \bar{P}(m[I_i(x)]), i = \overline{1, n}.$$

3. Перебор критериев продолжается, пока не будет получено единственное решение или не закончатся критерии. Полученное решение принимается в качестве наилучшего.

4. Для ранжирования всего набора вариантов полученное наилучшее решение исключается из X и на оставшихся решениях повторяется описанная выше процедура.

Для случая, когда ЛПР не располагает ни качественной, ни количественной информацией о коэффициентах a_i можно принять условие равенства или квазиравенства важности критериев $a_i = \frac{1}{n}, i = \overline{1, n}$, и модель оценки обобщенной полезности альтернативы $x \in X$ будет иметь вид:

$$\Phi(x) = \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n P(m[I_i(x)]) \right\}, i = \overline{1, n},$$

а принцип оптимальности будет:

$$x_1^\circ = \arg \max_{x \in X} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n P(m[I_i(x)]) \right\}, i = \overline{1, n},$$

или

$$x_1^\circ = \arg \min_{x \in X} \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n P(m[I_i(x)]) \right\} i = \overline{1, n}.$$

В практике анализа также встречаются случаи, когда при оценке вариантов для некоторых критериев весовые коэффициенты известны, а для остальных оценка предпочтительности отсутствуют. В этом случае предлагается рассматривать два множества критериев: множество критериев R с известными весовыми коэффициентами a_i и множество Q критериев, для которых a_i не известно.

Мощности множеств равны соответственно r и q . Тогда эффективное решение $x^\circ \in X$ можно определить математической моделью вида:

$$x^\circ = \arg \max_{x \in X} \left\{ \sum_{\substack{i=1 \\ K_i(x) \in R}}^r a_i P(m[I_i(x)]) + \frac{1}{q} \left[1 - \sum_{i=1}^r a_i \right] \sum_{\substack{j=1 \\ K_j(x) \in Q}}^q P(m[I_j(x)]) \right\} \quad (8)$$

В практике принятия решений часто используется детерминированная оценка коэффициентов значимости a_i . Это во многом объясняется тем, что в ходе пла-

нирования стратегии развития детально прорабатываются вопросы задания приоритетов целей и их параметров.

В этом случае обобщенно принцип оптимальности будет представлен выражением:

$$x^\circ = \arg \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i m[I_i(x)], i = \overline{1, n}, \sum_{i=1}^n a_i = 1. \quad (9)$$

Однако, экспертам, участвующим в проведении оценивания, проще выразить свое мнение относительно важности того или иного критерия не в виде точечной оценки, а в виде интервалов $[a_{imin}, a_{imax}]$, при этом

$$\sum_{i=1}^n a_{imin} \neq 1, \sum_{i=1}^n a_{imax} \neq 1.$$

Тогда для решения задачи выполняется двухуровневая процедура.

Разработанная модель может использоваться для решения задачи обеспечения устойчивого развития любого класса ТПСЭС, что в свою очередь является условием оценки жизнедеятельности общества, его стабильности и устойчивости, на основании которых могут формироваться условия национальной безопасности государства [10, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе решена задача разработки математической модели оценивания состояния территориально-производственных социально-экономических систем. В качестве интегральных характеристик ТПСЭС приняты две важнейшие характеристики: устойчивость развития и инвестиционная привлекательность объекта. Функционал обобщенного критерия получают на основе процедуры построения ранжированного ряда, т.е. процедуры ранжирования с использованием указанных выше критериев.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кучеренко Е.І. Теоретичні основи та технології оцінки технічного стану просторово-розподілених об'єктів: монографія /Е.І. Кучеренко, Д.Є. Краснокутський, І.С. Глуценкова; Харківська національна академія міського господарства, Харківський національний університет радіоелектроніки – Х.: ХНАГ, ХНУРЕ, 2011. – 167 с.

2. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем /М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. – М.: Мир, 1976. – 344 с.
3. Дмитриев А.К. Основы теории построения и контроля сложных систем /А.К. Дмитриев, П.А. Мальцев. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1988. – 192 с.
4. Глушков В.М. Моделирование развивающихся систем /В.М. Глушков, В.В. Иванов, В.М. Яценко. – М.: Наука, 1983. – 350 с.
5. Орлов А.И. Экспертные оценки /А.И. Орлов //Заводская лаборатория. – 1996. – Т.62, №1 – С.54-60.
6. Крючковский В.В. Интроспективный анализ. Методы и средства экспертного оценивания: монография /В.В. Крючковский, Э.Г. Петров, Н.А. Соколова, В.Е. Ходаков – Херсон: Гринь Д.С., 2011. – 168 с.
7. Коваленко И.И. Экспертные оценки в управлении инновационными проектами /И.И. Коваленко, С.В. Драган, М.А. Рыхальский. – Николаев: НУК, 2007. – 168 с.
8. Петров Э.Г. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах /Э.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В. Гребенник, Н.А. Соколова. – Херсон: Олди-плюс, 2003. – 380 с.
9. Петров К.Э. Компараторная структурно-параметрическая идентификация моделей скалярного многофакторного оценивания /К.Э. Петров, В.В. Крючковский. – Херсон: Олди-плюс, 2009. – 294 с.
10. Волинский Г.В. О факторах, определяющих инвестиционный климат (инвестиционную привлекательность) /Г.В. Волинский, Ю.И. Горбачева //Бизнес-Информ. – 2007. – №7. – С.45-46.
11. Бланк И.А. Управление инвестициями предприятия /И.А. Бланк. – Ника-центр, 2003. – 480 с.