

11.3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ О СОЦИО- ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ СИСТЕМ

Терелянский П.В., к.т.н., д.э.н., доцент, зав. кафедрой
«Информационные системы в экономике»;
Декатов Д.Е., к.т.н., доцент кафедры
«Информационные системы в экономике»

*Волгоградский государственный
технический университет*

В статье рассматривается методология интерактивного анализа модели процесса выработки рационального решения на основе анализа качественной информации. Качественные оценки параметров задачи принятия решения позволяют на основе суждений экспертов и лица принимающего решения оценить различные варианты по нескольким показателям. Вариант решения задачи может быть получен сочетанием уровней ее параметров, что приводит к значительному числу возможных вариантов, которое может достигать десятков тысяч. Поэтому представляется рациональной методология, предусматривающая определение базового сочетания уровней параметров или опорного решения, изменяя отдельные уровни параметров которого лицо, принимающее решения (ЛПР) может получить более предпочтительное решение. В результате может быть получено субъективное локальное оптимальное решение, которое, по мнению ЛПР, является наилучшим в последовательности проанализированных вариантов. Для оценки качества каждого варианта по нескольким показателям используется аппарат теории нечетких множеств, который позволяет построить обобщенную нечеткую оценку субъективной ценности варианта, определяемого измененным относительно базового сочетанием уровней параметров. На основе разработанных подходов реализована информационная технология интерактивного процесса выбора рациональных решений, которая может быть использована для повышения эффективности и обоснованности деятельности экспертов и ЛПР при решении задач выбора в условиях неопределенности.

Одной из актуальных и практически значимых методологических проблем представляется проблема повышения эффективности и обоснованности вырабатываемых решений в самых различных сферах в условиях большой сложности исследуемых систем, высокой неопределенности информации относительно условий их функционирования, на базе мощных современных программно – технических средств, позволяющих реализовать интерактивный процесс исследования систем и апробированных методов теории принятия решений [1, 2]. При решении задач выбора в условиях неопределенности построение количественных моделей представляется часто затруднительным даже для изолированных компонентов сложных систем. Экспертный анализ функционирования, качества систем без применения методов математической обработки качественной экспертной информации в свою очередь не может дать строгих и обоснованных результатов.

Мощным инструментом решения таких задач является системный анализ, методология которого предусматривает учет высокой сложности и неопределенности объекта исследования. Однако по-прежнему существует проблема адаптации формализованных методов, которые развиваются в рамках теории принятия решений, к задачам системного анализа, для которых нет возможности построения хорошо структуризо-

ванных моделей [1]. В связи с этим возрастает роль таких участников принятия решения как эксперты и лица, принимающие решения (ЛПР). Важным представляется обеспечить их широким набором методических и автоматизированных средств для проведения исследования сложных систем. В ряде ситуаций суждения участников принятия решений можно представить только в качественной, вербальной форме. Поэтому представляется целесообразным формирование комплекса прикладных методик, ориентированных на системы определенного класса и позволяющих обрабатывать такого рода информацию. Помимо этого, важной задачей в современных условиях является разработка информационных технологий, без которых затруднительно, а иногда, практически невозможно применение методик качественного анализа систем. В свете вышесказанного, представляется актуальным разработку комплекса средств, построенного на основе определенного, в частности качественного, характера информации, которую предстоит обрабатывать, для получения требуемых результатов и который может быть гибко адаптирован к специфике решаемых задач.

Значительная часть методов теории принятия решений использует количественные объективные или субъективные измерения, производимые в шкалах интервалов и отношений [2]. Можно выделить методы теории оптимизации, методы многокритериальной теории полезности (MAUT), методы семейства ELECTRE, некоторые методы теории нечетких множеств. Для анализа неструктурированных проблем также разработан теоретический аппарат, позволяющий обрабатывать информацию, привлекаемую для их описания. Данные проблемы являются проблемами уникального выбора в том смысле, что каждый раз проблема является либо новой для ЛПР, либо обладающей новыми особенностями по сравнению со встречавшейся ранее подобной проблемой. Они связаны с неопределенностью в оценках альтернативных вариантов решения проблемы, которая объективно обусловлена нехваткой информации на момент решения проблемы. Оценки альтернативных вариантов решения проблемы имеют качественный характер и чаще всего сформулированы в словесном виде. Оценки альтернатив по отдельным критериям могут быть получены только от ЛПР и экспертов. Обычно отсутствует объективная шкала измерения оценок по отдельным критериям. Более того, в ряде случаев эксперты могут достаточно надежно дать лишь относительные оценки альтернатив по критериям, т.е. определить, по каким критериям один вариант лучше другого.

Можно выделить такие методы анализа решений, описываемых качественными параметрами, как ЗАПРОС, ОРКЛАСС, ПАРК [2]. Также, существует возможность учета качественной информации в методе ELECTRE II. Ряд методов теории нечетких множеств предполагает использование уточненной вербальной информации, используя числовые оценки в балльных шкалах, что позволяет построить более строгие решающие правила. К такого рода методам можно отнести также метод анализа иерархий с динамическими предпочтениями [3]. Особенностью практически всех моделей теории принятия решения является упорядоченность градаций на шкалах управляемых параметров задачи принятия решений по характеру влияния на результирующий показатель. Можно выделить ряд задач, в которых показатели качества решения зави-

сят от параметров нелинейно. Увеличение или уменьшение, в пределах допустимых значений, нескольких параметров не ведет к соответствующему увеличению или уменьшению значений критериев эффективности решений. В качестве проблемы, связанной с потребностью в повышении обоснованности решений в условиях неопределенности можно выделить проблему разработки методологии, методов и программно – информационных средств поддержки принятия решений для задач такого класса.

Приведем более детальное описание проведенных разработок.

Процесс управления системой можно рассматривать как результат преобразования входных воздействий от внешней среды x_1, \dots, x_k , в качестве которых могут выступать ресурсы в показатели y_1, \dots, y_l , характеризующие качество функционирования системы. Будем рассматривать в дальнейшем единый показатель Y , который можно определить, например, как «эффективность системы за период времени T » (рис. 1).

Информация о параметрах функционирования системы i_1, \dots, i_m передается в управляющую систему и служит для выработки управляющего решения. Само решение можно представить как набор значений параметров-показателей d_1, \dots, d_n , определяющих результирующий показатель Y .

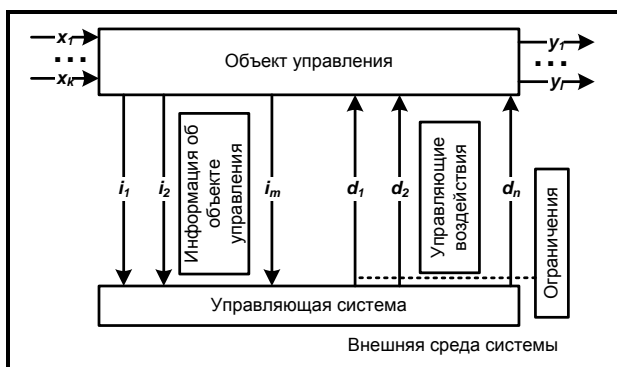


Рис. 1. Процесс управления системой

Дадим характеристику ситуации с количественным критерием оптимальности – целевой функцией. Поставим в соответствие каждому параметру d_i количественное значение $z_i, i = 1, \dots, n$. На некоторый период T определим оптимальное управление как:

$$F(z_1, \dots, z_n) \rightarrow opt,$$

где opt – максимальное или минимальное значение функции;

$$z = (z_1, \dots, z_n) \in G \subset R^n;$$

G – область допустимых решений;

R^n – n – мерное пространство действительных чисел.

Рассмотрим ситуацию, когда нет возможности количественной оценки параметров d_1, \dots, d_n , характеризующих управляющее воздействие на систему и, соответственно, построения количественного критерия оптимальности.

Определим оценку параметра d_i как:

$$z_i \in I_i = (I_i^1, \dots, I_i^{r_i}),$$

где I_i^j – уровни возможных значений этого параметра.

Постановка задачи оптимизации для множества сочетаний уровней параметров может быть сформулирована на основе бинарных отношений:

$$\neg \exists (I_1^i, \dots, I_n^i) > (I_1^{opt}, \dots, I_n^{opt}) \quad \forall i,$$

где I_i^{opt} – оптимальное сочетание уровней параметров, символ $>$ означает отношение предпочтения. Данная процедура осуществляется для различных пар сочетаний уровней и требует участия ЛПР.

Другим способом оценки оптимальности сочетания уровней параметров служит вербальная субъективная оценка их качества, формируемая на основе системы логических правил вида:

$$\begin{cases} \text{if } (A_1^1 \text{ and } A_2^1 \text{ and } \dots \text{ and } A_m^1) \text{ then } B_1; \\ \dots \\ \text{if } (A_1^s \text{ and } A_2^s \text{ and } \dots \text{ and } A_m^s) \text{ then } B_s, \end{cases}$$

где

A_i^j – соответствует уровню j параметра i ;

B_s – оценка качества соответствующего сочетания.

Рассмотрим ситуацию многокритериального принятия решений при отсутствии количественного критерия оптимальности. Уровни возможных значений параметров z_i могут быть представлены вектором (I_1^1, \dots, I_n^1) . Схема, представляющая уровни управления параметрами системы представлена на рис. 2.

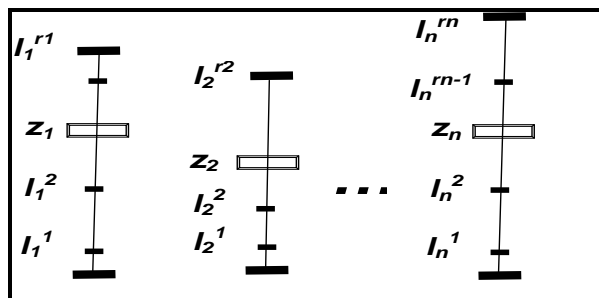


Рис. 2. Уровни параметров управления системой

Качество анализируемого решения характеризуется набором показателей $\{K_1, \dots, K_m\}$.

Соответствие между уровнями частных критериев и обобщенным критерием могут быть представлены следующим образом:

$$(I_1(d_1), \dots, I_n(d_n)) \rightarrow (S(K_1), \dots, S(K_m)).$$

Число возможных комбинаций уровней параметров $N = r_1 * r_2 * \dots * r_n$. Отображение « \rightarrow » является результатом неформальной процедуры, реализуемой лицом принимающим решение.

Введем понятие опорной ситуации по аналогии с используемым в методе ЗАПРОС [4]. Опорная ситуация представляет собой сочетание уровней параметров задачи, определяемое экспертом, которое представляется ему приемлемым, с точки зрения качества решения задачи и допустимым с учетом ограничений на ресурсы.

Если решение, соответствующее опорной ситуации является допустимым, то есть оно реализуемо с точки зрения ресурсов, которыми располагает управляемая система, то производится оценка качества данного

решения. Каждому сочетанию уровней параметров ставится в соответствие определенное значение на шкале показателя качества. С учетом того, что оценка решения осуществляется в условиях неопределенности, когда построение объективной количественной модели невозможно, представляется целесообразным в качестве градаций на шкалах критериев использовать нечеткие числа [5]. Универсальным множеством, на котором определены нечеткие числа является отрезок $[0, \dots, 100]$. Каждое нечеткое число – градация представляет собой конкретное значение лингвистической переменной «значение показателя качества» и может принимать, например, значения «предельно высокое», «высокое», «среднее», «низкое», «очень низкое». Таким образом, для показателя K_j можно определить вектор оценок $S_j = (S_{j1}, S_{j2}, \dots, S_{jm})$. Для приведенной выше интерпретации значений лингвистической переменной «значение показателя качества» $v = 5$. В задачах принятия решений могут быть использованы различные виды нечетких чисел. Представляется возможным использование достаточно простых, с точки зрения построения и последующего использования, треугольных чисел. На рис. 3 приводится возможный вид шкал показателей.

Решение, соответствующее опорной ситуации может быть отнесено к определенному классу качества на основе близости значений его показателей к значениям, задаваемым ЛПР и определяющих обобщенную ценность данного решения [6].

Для того, чтобы сделать вывод о качестве решения на основе нечетких значений частных показателей, предлагается построение обобщенного показателя C . такому показателю можно поставить в соответствие шкалу вербальных оценок (C_1, \dots, C_v) , например («предельно высокое значение», «высокое значение», «среднее значение», «низкое значение», «очень низкое значение»). Множество значений обобщенного показателя может быть сформировано на основе логических правил, разрабатываемых экспертом для сочетаний нечетких градаций шкалы. Пример такого правила может выглядеть следующим образом:

$$\text{если } S_1 = S_{15} \text{ и } S_2 = S_{24} \text{ и } \dots \text{ и } S_m = S_{m_v} \text{ то } C = C_v.$$

Число возможных сочетаний градаций шкал m критериев составит v^m . Даже для задачи с двумя критериями, шкала оценок которых имеет пять градаций построение 25 логических правил и отображение их на область возможных значений обобщенного критерия C представляется невозможной. В соответствии с разработанной методикой решение, соответствующее выбранной опорной ситуации предлагается оценить по всем m показателям, используя шкалы нечетких оценок данных критериев. В результате получается оценка:

$$R = (R_1, \dots, R_m),$$

где R_i – нечеткое число.

Далее ЛПР формирует правило – требование к качеству выбираемого решения. Оно может иметь вид: если

$$S_1 = S_{1i} \text{ и } S_2 = S_{2j} \text{ и } \dots \text{ и } S_m = S_{m_v},$$

то

$$C = \text{«высокое значение»}.$$

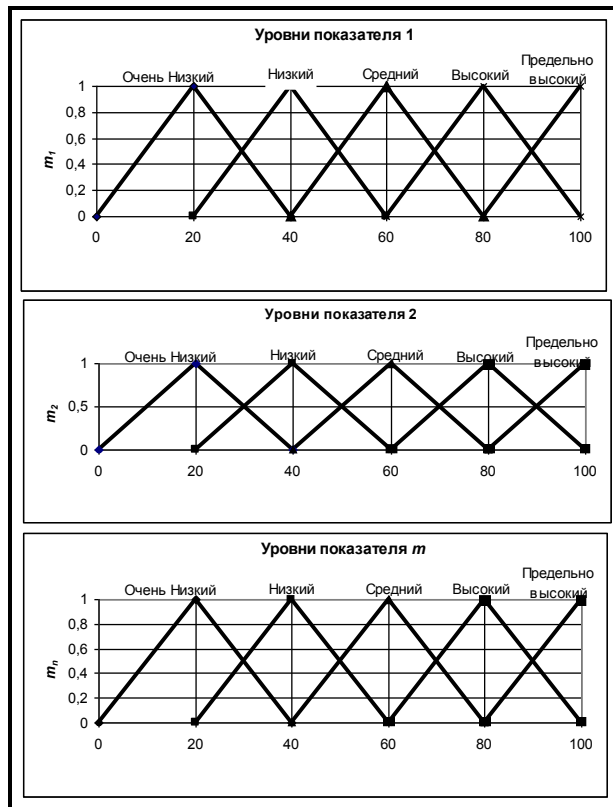


Рис. 3. Возможный вид шкал показателей

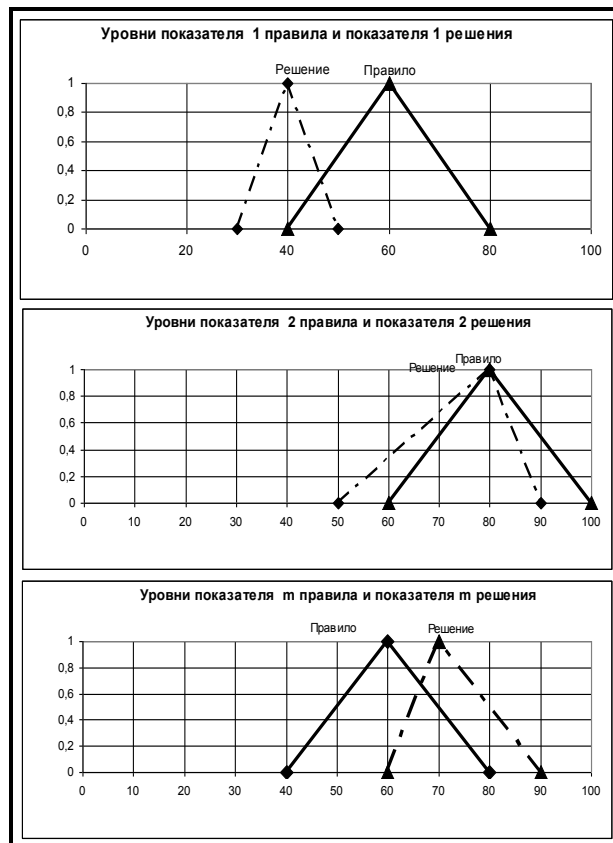


Рис. 4. Пересечение нечетких чисел, соответствующих опорной ситуации, и нечетких чисел, входящих в правило

Далее ищется мощность множеств, образуемых пересечением нечетких чисел, соответствующих опорной ситуации и нечетких чисел, входящих в правило – требование (рис. 4), т.е.:

$$|S_{i1} \cap R_{1j}|, |S_{i2} \cap R_{2j}|, \dots, |S_{in} \cap R_{2m}|.$$

На основе суммы мощностей этих пересечений делается вывод о степени соответствия решения, определяемого опорной ситуацией, например, «высокому» значению обобщенного показателя.

Решение i можно считать приемлемым, если

$$F_i = k_1 * |S_{i1} \cap R_{1j}| + k_2 * |S_{i2} \cap R_{2j}| + \dots + k_m * |S_{in} \cap R_{2m}| \geq F^{TP}$$

где значение F^{TP} – отражает уровень требований к приемлемому значению степени соответствия рассматриваемого решения желаемому для ЛПР значению обобщенного показателя.

Изменяя значения уровней одного или нескольких параметров относительно опорного решения можно перейти к другому решению.

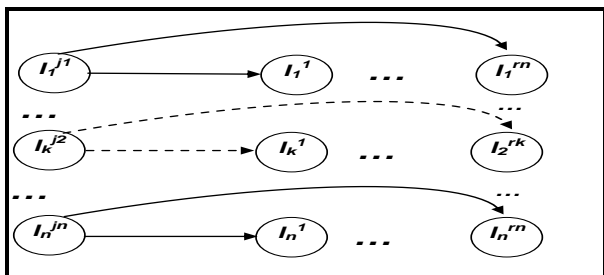


Рис. 5. Граф переходов из опорной ситуации

На рис. 5 приводится граф переходов из опорной ситуации, определяемой сочетанием уровней $(I_1^{j1}, I_1^{j2}, \dots, I_1^{jn})$ в любую другую ситуацию. Число нетривиальных переходов равно $(r_1 * r_2 * \dots * r_n) - 1$.

Путем изменения уровней параметров, получается решение, которое можно проанализировать, с точки зрения его эффективности с использованием рассмотренной выше методики. Если это решение является допустимым и в большей степени соответствует желаемому для ЛПР уровню обобщенного показателя, то есть, $F_{i+1} > F_i$, то такое решение считается оптимальным решением i , а сочетание уровней параметров, его определяющих, может рассматриваться как новая опорная ситуация.

Общее число опорных ситуаций определяется экспертом. Если изменения уровней параметров приводят к решениям хуже по качеству, чем полученные относительно опорных ситуаций, ЛПР может сделать вывод достижении субъективного локального оптимального решения, которому соответствует:

$$\max(F_1, \dots, F_h),$$

где h – число решений, полученных в процессе реализации методологии интерактивного поиска рациональных решений.

Практическое применение разработанных подходов возможно только на основе автоматизированной информационной технологии. Существующие системы поддержки принятия решений реализуют определенные методологические принципы и могут эффективно использоваться в рамках соответствующих данным принципам подходов [7, 8, 9].

На основе разработанных, в рамках методологии моделирования интерактивного процесса принятия рациональных решений принципов, была реализована новая информационная технология интерактивного анализа вариантов решений на основе анализа качественной информации о

социо-экономических параметрах систем (ИТИАР). Структура автоматизированной системы, реализующая эту информационную технологию, приводится на рис. 7. Используются следующие обозначения:

- 1 – выбор показателей, характеризующих решение;
- 2 – выбор параметров, определяющих качество решения;
- 3 – выбор существующей постановки задачи, аналогичной решаемой;
- 4 – формирование опорного решения;
- 5 – построение нового решения;
- 6 – проверка допустимости нового решения с использованием базы знаний;
- 7 – включение допустимого варианта в базу знаний системы;
- 8 – поиск информации в базе знаний о качестве разработанного решения;
- 9 – оценка качества полученного решения на основе методов теории нечетких множеств;
- 10 – занесение информации о качестве решения в базу знаний;
- 11 – анализ относительного качества решения;
- 12 – принятие решения о прекращении интерактивного процесса.

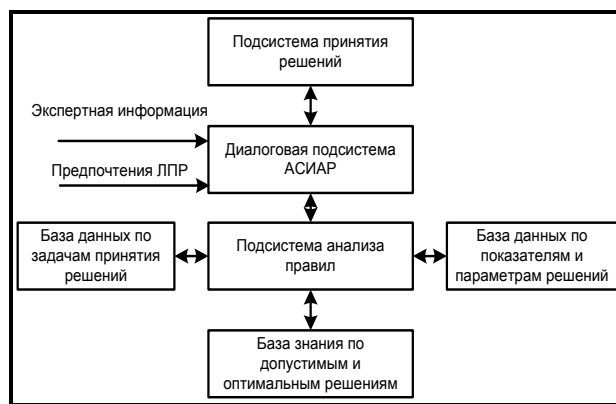


Рис. 6. Структура автоматизированной системы, реализующей ИТИАР

Процесс интерактивного анализа вариантов решений на основе анализа качественной информации о социо-экономических параметрах систем, реализующий разработанную информационную технологию, может быть представлен в виде графа, приведенного на рис. 7.

С использованием разработанной автоматизированной системы ЛПР и эксперты реализуют интерактивные процедуры поиска рациональных решений, формируя в процессе диалога постановку задачи принятия решения, которая включает набор управляемых параметров, определяющих качество решения и набор показателей качества, а также шкалы с нечеткими градациями, соответствующими данным показателям. Для этого используются базы данных по показателям и параметрам решений, а также подсистема формирования шкал показателей, позволяющая построить вектор нечетких чисел – градаций требуемого вида. Кроме того, существует возможность использовать для модификации уже сформированную ранее задачу принятия решения.

В режиме диалога эксперт имеет возможность зафиксировать опорное решение и проверить по базе данных факт возможности или невозможности его реализации. Если в базе данных отсутствует соответствующая информация, то эксперт непосредственно делает вывод о допустимости реализации такого решения с точки зрения затрат ресурсов.

Эта информация поступает в базу данных по допустимым и оптимальным решениям. Если опорное решение не допустимо, то эксперт формирует другое опорное решение.

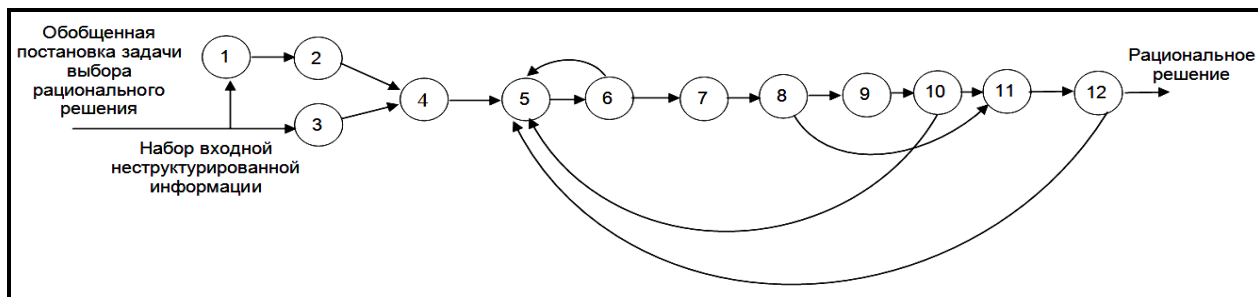


Рис. 7 Информационная технология интерактивного анализа вариантов решений на основе анализа качественной информации

Качество выбранного допустимого решения может быть оценено на основе принципа нечеткой классификации [5] средствами подсистемы принятия решения. ЛПР формирует в режиме диалога логическое правило, ставящее в соответствие нечетким градациям шкал показателей вербальное значение обобщенного показателя. Эксперт формирует нечеткую оценку качества решения, соответствующую опорной ситуации. В автоматическом режиме определяется степень соответствия этого решения желаемому для ЛПР. Далее ЛПР может принять решение о продолжении диалогового процесса поиска рационального решения и изменить уровни управляемых параметров задачи, после чего проанализировать новое решение на допустимость и оценить его качество. Найденные приемлемые решения включаются в базу данных системы и могут рассматриваться как опорные решения. Процесс поиска наилучшего, относительно опорного, решения прекращается с нахождением ЛПР субъективного локального оптимального решения, которое, по его мнению, в рамках анализа задачи принятия решения на данном этапе не может быть улучшено.

ВЫВОД

Таким образом, в рамках проведенных исследований были выполнены следующие разработки.

1. Сформулированы основные положения методологии моделирования интерактивного процесса принятия рациональных решений на основе анализа качественной информации о параметрах социо-экономических систем.
2. Предложена методика формализованной субъективной оценки качества решения относительно опорной ситуации на основе нечеткой классификации.
3. Разработана общая концепция и апробированы отдельные элементы информационной технологии интерактивного анализа вариантов решений на основе анализа качественных параметров социо-экономических систем.

Литература

1. Ларичев О.И. Качественные методы принятия решений [Текст] / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М. : Физматлит, 1996.
2. Терелянский П.В. Непараметрическая экспертиза объектов сложной структуры [Текст] : монография / П.В. Терелянский. – М. : Дашков и Ко, 2009. – 221 с.
3. Терелянский П.В. Математические и инструментальные средства поддержки принятия решений в экономике [Текст] / П.В. Терелянский // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – №6. – С. 461-471.
4. Ларичев О.Н. Теория и методы принятия решения, а также Хроника событий в Волшебных странах [Текст] : учеб. / О.Н. Ларичев. – М. : Логос, 2000. – 296 с
5. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта [Текст] / под ред. Д.А. Поспелова. – М. : Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.
6. Терелянский П.В. Формализация процедур анализа и оценки инновационных решений на основе математиче-

- ских методов [Текст] / П.В. Терелянский, Д.Е. Декатов // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – №3. – С. 128-138.
7. Терелянский П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования [Текст] : монография / П.В. Терелянский ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2009. – 127 с.
8. Терелянский П.В. Программные системы поддержки принятия решений с прогнозированием динамики предпочтений [Текст] / П.В. Терелянский // Интеграл. – 2009. – №1. – С. 46-50.
9. Терелянский П.В. Программные системы поддержки принятия социо-экономических и технических решений (опыт создания и проектирования) [Текст] / П.В. Терелянский // Аудит и финансовый анализ. – 2009. – №3. – С. 145-161.

Ключевые слова

Теория принятия решений; многокритериальный выбор; управление системами; качественные оценки; экспертные суждения; логические правила; нечеткие числа; нечеткая классификация; интерактивное управление; информационная технология.

Терелянский Павел Васильевич

Декатов Дмитрий Евгеньевич

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность проблемы: На настоящий момент большое значение имеет решение проблемы применения формализованного аппарата теории принятия решений, методов искусственного интеллекта для углубленного исследования сложных систем. Управление такими системами требует учета неопределенности относительно широкого круга внешних и внутренних факторов, существенно влияющих на процесс их функционирования. Поэтому применение методов теории оптимизации для выработки наиболее рациональных вариантов управления поведением таких систем наталкивается на проблему невозможности подготовки надежной и достоверной исходной информации, на основе которой и должно быть принято оптимальное решение. Постановка задачи с использованием качественной, вербальной информации является зачастую единственно возможной, а построение на ее основе модели проблемной ситуации единственным способом формализации задачи анализа функционирования сложной системы. Поэтому представляется актуальной разработка формализованных моделей, определяющих структуру, характер и методы обработки качественной субъективной информации, чему и посвящено представленное в монографии исследование.

Научная новизна и практическая значимость. В статье рассматривается принципиально новый подход к выработке рациональных решений в сфере управления, который основан на анализе субъективной качественной информации о параметрах и показателях качества рассматриваемых вариантов.

Замечания. Рекомендации по организации процесса неформализованного экспертного анализа параметров системы можно было бы описать более подробно.

Заключение. Работа заслуживает положительной оценки, проблема, исследуемая в ней, представляется весьма актуальной, работа может быть рекомендована к изданию.

Розачев А.Ф., д.т.н., профессор, зав. кафедрой математического моделирования и информатики ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный аграрный университет»