

УДК 338.242

*Н.А. Банушкина***База знаний экспертной системы  
«Анализ эффективности управленческих решений»***N.A. Banushkina***Knowledge Base of the Expert System  
“The Efficiency Analysis of Operative Decisions”**

Изложены основные принципы и особенности разработки экспертной системы поддержки принятия управленческих решений. Рассмотрены алгоритмы формирования базы знаний, динамического изменения параметров влияния на целевую функцию и компонент управленческих рекомендаций. Принятие структурных управленческих решений осуществляется с использованием базы знаний на основе предлагаемых алгоритмов.

**Ключевые слова:** эффективность управления предприятием, динамические модели-эталоны, база знаний, параметры влияния, экспертные системы.

В настоящее время существует достаточно большой класс объектов, для которых проблемы управления бизнес-процессами стоят особенно остро. К таким объектам относится ряд предприятий энергетики, характеризующихся неструктурированными топологически сложными бизнес-процессами, низким уровнем автоматизации, финансирования, наличием неформализованных задач. Для повышения эффективности управления данным классом объектов необходимо провести структуризацию бизнес-процессов, унификацию документооборота, создание единого информационного пространства и базы данных. Особое значение имеет разработка аналитических информационных и экспертных систем поддержки принятия управленческих решений. Построение интеллектуальных и экспертных информационных систем основано на концепции использования базы знаний для генерации алгоритмов решения прикладных задач различных классов [1, с. 16]. Знания в отличие от данных представляют собой закономерности предметной области, полученные эмпирическим путем в результате практической деятельности человека [1, с. 28]. Создание базы знаний и экспертной системы анализа состояния объекта, поддержки и контроля результативности управленческих решений актуально ввиду специфических особенностей предметной области.

Основные принципы формирования информационной базы знаний при управлении объектом изложены в работе [2, с. 89].

The work describes basic principles and peculiarities of developing expert system to support operation decisions. The author considers the algorithms of creating knowledge base, change the influence parameters on object function and components of administrative recommendations. Structural operation decision is carried out using knowledge base based on the proposed algorithms.

**Key words:** enterprise management efficiency, dynamical models-standards, knowledge base, influence parameters, expert systems.

Предложенный автором метод формирования базы знаний находится в соответствии с общими принципами, изложенными в ряде работ [1, 3–7].

Отличительные особенности заключаются в следующем:

1. При анализе технико-экономических показателей деятельности предприятий широко распространено сравнение текущих параметров с параметрами предыдущего периода [8] или с эталонными, нормативными значениями. Формирование моделей-эталонов осуществляется на основании лучших образцов управления в данной предметной области [5].

В рассмотренном классе объектов нет реально действующего предприятия, которое можно считать эталонным. Это обусловлено технологической спецификой организации бизнес-процессов на ряде предприятий отрасли, отсутствием финансовой, технической возможности соблюдать нормативную технологию, например, технологию обслуживания электрических и тепловых сетей.

Сравнение с предыдущим годом или другим временным периодом, на наш взгляд, более подходящий вариант сравнения, но для объектов, в которых технико-экономические показатели напрямую зависят от внешних условий, такое сравнение неэффективно. В частности, такие показатели, как, например, выработка тепловой энергии, отпуск тепла потребителям, напрямую зависят от температуры воздуха. В данном случае необходимо сравнение не с предыдущим годом, а с периодом аналогичных

погодных условий, что может быть неприемлемо для других показателей деятельности предприятия.

Автором предлагается гибкая система расчета нормативных показателей и создание модели-эталона, основанной на среднестатистических данных исследуемого объекта. Важным является то, что границы нормативов изменяются автоматически. В любой исследуемый период за границы норматива должен попадать определенный процент показателей. Если этого не происходит, осуществляется перерасчет нормативов по данным другого периода либо с использованием коэффициентов, предназначенных для сужения или расширения границ.

Разработанный автором алгоритм автоматического изменения модели-эталона в зависимости от текущего состояния объекта представлен в работах [9, 10].

Следует отметить, что, в отличие от сравнения параметров с абсолютными нормативами, модель-эталон «условна», т.е. относится только к данному объекту в текущий период времени и не имеет связи с общепринятыми нормативами (если такие имеются) на этот параметр. Она служит только для анализа текущего состояния объекта.

2. В ряде работ [3, 8] аналитические системы предназначены для оценки производственной деятельности предприятия на основании данных текущего периода.

Предлагаемая автором методика [9] основана на анализе текущих параметров объекта, но результаты анализа не являются основанием для оценки деятельности подразделений. При этом управляющее воздействие направлено не на выяснение причин отклонений параметров модели от эталона, а на контроль этих параметров в будущем.

3. В работах [1, 3–5, 8] разработка интеллектуальных информационных систем строится на использовании теоретических знаний высококвалифицированных специалистов-экспертов. О.И. Пятковским [1, с. 45] выделены необходимые требования, при которых разработка экспертной системы становится возможной: наличие экспертов в данной области и их способность объяснить используемые ими методы. Более того, эксперты должны сходиться в оценке предлагаемого решения.

Метод, изложенный в данной статье, не предназначен для замены текущей работы экспертов аналитической информационной системой. Экспертная система служит для реализации тех функций экспертов, которые не могут быть выполнены имеющимися специалистами. На промышленных предприятиях в качестве экспертов выступают технологи, руководители и специалисты подразделений. С одной стороны, требуемый для анализа объем информации во много раз превышает нормальную способность человека к восприятию и переработке информации. С другой стороны, на экспертную систему должны быть возложены функции эксперта более высокого уровня, чем специалисты предпри-

ятия. Наличием специфических особенностей объектов данного класса обусловлена необходимость анализа параметров конкретного объекта управления и их влияния на целевую функцию. Использование экспертных знаний, присущих данной отрасли, ограничено.

4. В настоящее время имеется достаточное количество экспертных систем управления объектом. Но для данного класса задач они не приемлемы, так как не позволяют реализовать специфические особенности бизнес-процессов. О.И. Пятковский отмечал: «Современные экспертные системы работают в основном с поверхностными знаниями. Это связано с тем, что на данный момент нет универсальных методик, позволяющих выявлять глубинные структуры знаний и работать с ними» [1, с. 30].

Разработанный автором алгоритм формирования базы знаний и экспертного анализа основан на всестороннем исследовании всех необходимых параметров, влияющих на целевую функцию. Реализация алгоритма анализа изложена автором в работах [9, 10].

Данная статья посвящена исследованию параметров влияния на целевую функцию и динамического изменения базы знаний в зависимости от степени этого влияния.

Основная цель оценки технико-экономических показателей – повышение эффективности деятельности предприятия. Повышение эффективности управления сводится к выявлению наиболее слабых звеньев. Управленческое воздействие должно быть направлено на улучшение неудовлетворительных показателей. С этой целью создается информационная база знаний, содержащая параметры цели, параметры, влияющие на достижение цели, модель-эталон и рекомендации об управляющих воздействиях в зависимости от сложившейся ситуации.

Множество  $BD$  – база данных «Состояние объекта управления», содержащая все параметры, характеризующие процесс функционирования объекта (существующая БД).

Множества  $BZ \subset BD$  – информационная база знаний.

База знаний имеет иерархическую структуру и разделяется на подмножества в зависимости от эффективности управленческих решений:

$$BZ = X \cup Y \cup Z,$$

где  $Y$  – множество целевых показателей, характеризующих качество и надежность функционирования объекта управления;  $X$  – множество показателей, изменение которых влечет за собой изменение показателей из множества  $Y$ , следовательно, управляющее воздействие на  $x_i \in X$  должно привести к улучшению показателей  $y_j = f(x_i)$ ;  $Z$  – множество, содержащее информацию об управленческих решениях и управляющих воздействиях в зависимости от отклонения основных показателей от эталонных моделей.

$$Z = E \cup N \cup S,$$

здесь  $E$  – подмножество, содержащее информацию о наиболее удачных решениях;  $N$  – подмножество неэффективных управленческих решений;  $S$  – информация базы знаний, не прошедшая практическую проверку на данном этапе.

Множество  $Z \subset BZ$  динамически изменяется и постоянно совершенствуется, так как в подмножестве  $E$  накапливаются сведения о наиболее удачных управленческих решениях, приводящих к стабильному улучшению технико-экономических показателей, выбранных в качестве критерия эффективности. Алгоритм формирования множества  $Z$  изложен автором в работе [2]. Основные принципы и алгоритмы формирования модели-эталона, анализа состояния объекта управления и базы знаний изложены в [9, 10]. Дальнейшие теоретические исследования и анализ результатов практического применения показали необходимость разработки методов и алгоритмов автоматизированного изменения множества  $X \subset BZ$ .

Для реализации алгоритма необходимо определить подмножество параметров влияния, при которых целевая функция принимает неблагоприятные значения. Разделить это подмножество на классы в зависимости от уровня управления. Представление модели знаний в виде иерархии классов изложено в работах О.И. Пятковского, М.П. Силич, А.В. Шеера [3, 5, 8].

Важная задача реализации рассмотренного метода заключается в том, чтобы установить подмножество параметров, которые фактически не оказывают влияния на целевую функцию. Эти показатели выводятся из базы знаний или не участвуют в анализе на этот период времени. Для анализа используются другие показатели множества  $X$ , которые предположительно должны влиять на целевую функцию множества  $Y$ . При этом управляющее воздействие теперь направлено на другие параметры влияния, т.е. совершенствуется сама система принятия решений, что влечет за собой улучшение целевой функции, следовательно, повышение эффективности управления. Следует обратить внимание, что остальные показатели, характеризующие объект, в дальнейшем отбрасываются и не используются при решении данной задачи. Объем исходного множества выборочных значений уменьшается. При этом важно, чтобы не было потери информации, необходимой для принятия решения.

Выбор целевых показателей, а главное – параметров влияния на значения целевой функции, является достаточно сложной проблемой, требующей теоретического обоснования и многократных расчетов, подтверждающих установленную зависимость между показателями. Как сказано выше, знаний специалистов данной предметной области недостаточно. Поэтому разработка алгоритмов формирования в базе знаний множества параметров влияния на целевую функцию актуальна и необходима.

Алгоритм формирования в базе знаний множества параметров влияния предназначен для рассмотренного выше класса объектов управления, в частности, для энергетических предприятий.

**Структура алгоритма.** Из множеств  $X, Y \subset BZ$  делается первоначальная выборка  $(x_1, \dots, x_n)$  и  $(y_1, \dots, y_m)$ , где  $y_j = f(x_i)$  – алгоритмическая функция;  $1 \leq j \leq m, 1 \leq i \leq n$ .

Цель реализации алгоритма – определить для каждого  $y_j$  множество значений  $x_i$ , улучшение которых влечет за собой улучшение  $y_j$ .

Для достижения поставленной цели для каждого  $y_j$  выделяется подмножество  $x_i$ , при которых  $y_j$  принимает неблагоприятные значения.

В свою очередь указанное подмножество разделяется на классы, на которые должно быть направлено управляющее воздействие соответствующего уровня управления.

Подход к решению данной задачи имеет существенное отличие от принципов реализации экспертной системы поддержки принятия управленческих решений, описанных выше и в работах [9, 10].

Для повышения эффективности управления необходимо сузить круг компонентов, на которые должно быть направлено управляющее воздействие. Поэтому анализ осуществляется только для  $y_j \in Y$ , для которых сравнение значений с моделью-эталонном дает отклонение в нежелательную сторону.

В рассматриваемом методе анализ осуществляется на всем множестве  $Y$ . Множество  $X$  имеет иерархическую структуру и разделяется на подмножества в зависимости от эффективности управленческих решений:

$$X = X_1 \cup X_2 \cup X_0.$$

где  $X_1$  – подмножество показателей  $x_i \in X$ , значения которых стабильно улучшаются  $y_j \in Y$  (эффективные управленческие решения);  $X_2$  – подмножество показателей  $x_i \in X$ , значения которых стабильно ухудшаются  $y_j \in Y$  (неэффективные управленческие решения);  $X_0$  – подмножество показателей  $x_i \in X$ , влияние которых на показатели  $y_j \in Y$ , выбранных в качестве критериев эффективности, не подтверждено на данном этапе.

В зависимости от экспертного анализа влияния управляющих воздействий на улучшение технико-экономических показателей объекта управления множества  $X_1$  и  $X_2$  разделяются на подмножества:

$$X_1 = X_{11} \cup X_{12} \cup X_0,$$

$$X_2 = X_{21} \cup X_{22} \cup X_0,$$

где  $X_{11}, X_{22}$  – множества значений  $x_i \in X_1, x_i \in X_2$ , при улучшении (ухудшении) которых стабильно улучшаются (ухудшаются)  $y_j \in Y$ . Таким образом, данные множества представляют собой классы показателей, эффективность управляющих воздействий на которые подтверждена в процессе управления.  $X_{12}, X_{21}$  – множества значений  $x_i \in X_1, x_i \in X_2$ , при улучшении (ухудшении) которых стабильно не от-

мечено улучшения (ухудшения)  $y_j \in Y$ . Таким образом, данные множества представляют собой класс показателей, неэффективность управляющих воздействий на которые подтверждена в процессе управления. В результате параметры влияния  $x_i \in X_{12}, X_{21}$  выводятся из базы знаний.

Принятие структурных управленческих решений осуществляется с использованием базы знаний на основе предлагаемых алгоритмов.

Указанные выше множества формируются в результате многократного использования алгоритмов анализа. Проверка эффективности управленческих решений осуществляется с использованием множества  $X_0$ .

$$X_0 = X_{01} \cup X_{02} \cup \dots \cup X_{0N},$$

где  $X_{01}, X_{02}, \dots, X_{0N}$  – подмножества, формирующиеся в зависимости от частоты повторяемости проектных решений и их эффективности.

Процесс анализа влияния множества параметров на целевую функцию достаточно сложный, так как степень влияния каждого параметра не определена, а зависимость между параметрами недостаточно формализована. М.П. Силич изложены методы установления зависимостей между параметрами [8]. Функция ранжирования показателей отводится специалистам-экспертам.

В данной работе определение весовых коэффициентов и зависимостей между параметрами возложено на экспертную систему. Однако следует отметить необходимость анализа полученных результа-

тов разработчиками системы и специалистами-экспертами.

Состав подмножеств  $X_0$  постоянно меняется, так как неудачное проектное решение в одном случае может оказаться эффективным в другом. Поэтому регулярно осуществляется перераспределение информации базы знаний между этими подмножествами. При получении стабильных результатов параметры влияния подмножества  $X_{0N}$  вводятся в базу знаний. При этом изменяется состав параметров, на которые будет направлено управляющее воздействие, т.е. совершенствуется сама система принятия решений, что влечет за собой улучшение целевой функции  $y_j \in Y$  и, следовательно, повышение эффективности функционирования объекта.

На основании многократных просчетов и анализа полученных результатов происходит качественное изменение состава и структуры информационной базы знаний, структуры информации, предоставляемой для принятия управленческих решений, сокращение объема информации, используемой для анализа.

Система достаточно гибкая. При изменении критериев эффективности следует изменение целевых показателей  $y_j$ , что приводит к изменению показателей  $x_i$  и информационной базы знаний.

Экспертная система, разработанная по предложенному алгоритму, является инструментом для руководителей различных уровней в целях совершенствования системы управления и контроля управленческих решений.

## Библиографический список

1. Пятковский О.И. Интеллектуальные информационные системы (системы обработки знаний): учеб. пособие / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2010.
2. Банушкина Н.А. Разработка алгоритмов формирования информационной базы знаний, предназначенной для автоматизации принятия управленческих решений // МАК-2009: мат. Двенадцатой регион. конф. по математике. – Барнаул, 2009.
3. Пятковский О.И. Разработка интеллектуальных компонентов информационных систем предприятий: дис. ... д-ра техн. наук. – Барнаул, 2000.
4. Силич В.А. Проектирование автоматизированных систем управления на основе иерархических семантических моделей: дис. ... д-ра техн. наук. – Томск, 1995.
5. Шер А.В. Бизнес-процессы: Основные понятия, теория, методы: пер. с англ. – М., 2000.
6. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. База знаний интеллектуальных систем. – СПб., 2001.
7. Осуга С. Обработка знаний: пер. с япон. – М., 1989.
8. Силич М.П. Информационная технология разработки целевых программ на основе объектно-ориентированной методологии моделирования: дис. ... д-ра техн. наук. – Томск, 2005.
9. Банушкина Н.А. Разработка методов и алгоритмов процессного описания топологически сложных производственных систем: дис. ... канд. техн. наук. – Барнаул, 2002.
10. Банушкина Н.А. Разработка систем анализа состояния объекта в задачах управления // Известия АлтГУ. – 1998. – №1.