

Рис. 5. Зависимость относительного момента от времени при различных ϵ

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и расчетах демпферов, работающих в режиме крутильных колебаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сыромятников В. С., Хайруллин И. Х. Магнитоэлектрическое демпфирование в амортизаторах стыковочных механизмов // Космические исследования. 1977. Т. 15, вып. 4. С. 554–558.
2. Захаров А. А. Линейные электродинамические демпфирующие элементы систем управления амортизатором: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УАИ, 1987. 18 с.
3. Вольдек А. И. Индукционные магнитогиродинамические машины. Л.: Энергия, 1970. 271 с.
4. Хайруллин И. Х. Исследование электромагнитных демпфирующих элементов систем управления. Дис. ... д-ра техн. наук. Уфа: УАИ, 1979. С. 48–89.

УДК 621.396.019.3:681.5

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

В. Ю. АФАНАСЬЕВ

Факультет информатики и робототехники УГАТУ
Тел: (3472) 23 77 77 E-mail: avitaly@mail.ru

Представлены исследования интеллектуальных методов, основанных на теории нечетких множеств, применяемых при поддержке принятия решений по управлению экономическими системами в условиях неопределенности. Анализируются зависимости между параметрами функций принадлежности входных переменных и характером изменений выходных переменных системы поддержки принятия решений. Анализируется понятие значимости ситуаций, складывающихся в экономических системах. Теоретические исследования подтверждены экспериментами, которые проводились с помощью информационной системы моделирования, основанной на методах теории нечетких множеств

Экономико-математическое моделирование; интеллектуальные системы; нечеткие множества

ВВЕДЕНИЕ

Задача управления экономическими системами (ЭС) характеризуется высокой степенью неопределенности, неполнотой и неточностью



Исмагилов Флюр Рашитович, профессор, зав. каф. электро-механики УГАТУ. Дипл. инж.-электромеханик (УАИ, 1973). Д-р техн. наук по элементам и устройствам управления (УГАТУ, 1998). Труды в области электромеханических преобразователей энергии.



Хайруллин Ирек Ханифович, профессор той же кафедры. Дипл. инж.-электромеханик (Ивановск. энергетич. ин-т, 1963). Д-р техн. наук в области элементов и устройств управления (УАИ, 1981). Труды по электромеханическим преобразователям энергии.



Папернюк Владислав Александрович, аспирант той же кафедры. Дипл. инж.-электромеханик (УГАТУ, 1998). Готовит диссертацию об электромеханических преобразователях энергии.

информации. Неопределенность (классификация видов неопределенности приведена в [1]) заложена не только в параметрах, измерении переменных, данных и ограничениях, но и в самом ал-

горитме поддержки принятия решений по управлению. Описание и процесс управления большими ЭС возможен с использованием количественных и качественных оценок исходных данных и управляющих координат с учетом сложных закономерностей их взаимного влияния. При этом эффективность управления достигается путем применения интеллектуальных методов поддержки принятия решений по управлению, основанных, в частности, на теории нечетких множеств [2, 3].

Оценка адекватности и эффективности управления невозможна без исследования влияния свойств и параметров применяемых методов. В связи с этим, исходя из специфики математического аппарата теории нечетких множеств, рассматриваются следующие задачи:

- исследование влияния изменения параметров термов исходных данных;
- анализ степени значимости состояний управляемой системы.

В научных работах по данной области рассматриваются вопросы организации и специфические особенности нечеткого логического вывода в задачах обработки информации и управления. Исследуется влияние таких факторов, как размерности множества значений лингвистических переменных, а также формы соответствующих функций принадлежности на характер нелинейных преобразований [4]. Исследования относятся к односвязным и двусвязным моделям простейшего вида, представленным одной входной и одной выходной переменными и не содержат анализа влияния перечисленных факторов на процесс поддержки принятия решений. В данной работе рассматриваются многосвязные модели, применяемые в задачах управления экономическими системами в условиях неопределенности.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Состояние объекта управления (ЭС) можно оценивать по значениям признаков — отличительных черт объекта. Управление с использованием модели на основе нечетких множеств сводится к преобразованию начального состояния системы в целевое [5]:

$$S^0(\bar{P}) \rightarrow \dots S_i(\bar{P}) \rightarrow S_{i+1}(\bar{P}) \dots \rightarrow S^*(\bar{P}), \quad (1)$$

где $S^0(\bar{P})$ — существующее начальное состояние системы, обусловленное определенными значениями вектора \bar{P} ; $S^*(\bar{P})$ — целевое состояние, получаемое из $S^0(\bar{P})$ в результате ряда последовательных преобразований $S_i(\bar{P}) \rightarrow S_{i+1}(\bar{P})$.

Указанные преобразования состояний ЭС осуществляются посредством изменения значений управляющего вектора \bar{R} . При этом величины координат вектора \bar{R} формируются в результате процедуры поддержки принятия решений в зависимости от сложившегося на данном шаге управления значения вектора \bar{P} .

В системах поддержки принятия решений (СППР), основанных на теории нечетких мно-

жеств, входные переменные (координаты вектора \bar{P}) и выходные переменные (координаты вектора \bar{R}) заданы функциями принадлежности. Существует ряд методов построения функций принадлежности по экспертным оценкам (классификация методов приведена в [8]). Широко применяются следующие формы функций принадлежности: треугольная, трапециевидная, колоколообразная, точечная. Форма, количество и параметры термов (T), формирующих функцию принадлежности $\mu(x)$, непосредственно влияют на процесс фазификации и значения функции $\mu_{x \in T}(x)$. Скорость изменения значений функции принадлежности задает влияние входных переменных на уровень активации правил в процедуре логического вывода

$$\mu'(x) = \frac{d\mu(x)}{dx}, \quad (2)$$

где dx — приращение входной переменной x .

Величины и скорость изменения выходных переменных, вычисляемых в результате композиции всех правил, также зависят от (2):

$$dy \sim f(\mu'(x)), \quad (3)$$

где dy — приращение выходной переменной y ; f — функция, определяемая заданным механизмом логического вывода и методом дефазификации.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОВ НА ПРОЦЕСС ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

В рамках поставленной задачи рассматриваются функции принадлежности, являющиеся конструкциями из линейных зависимостей. СППР, построенные с помощью данного класса функций принадлежности, применяются при решении задач финансового анализа, оценки и прогнозирования инвестиций, налоговых поступлений и т. д. Термы таких функций (например, рис. 1) могут быть заданы в виде системы линейных уравнений

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x < x_0 - \Delta x, \\ & x > x_0 + \Delta x, \\ 1, & A < x < B, \\ k_1 x - b_1, & x_0 - \Delta x < x < A, \\ k_2 x + b_2, & B < x < x_0 + \Delta x, \\ 1, & x = x_\Phi. \end{cases} \quad (4)$$

На рис. 2 приведена более сложная функция принадлежности переменной «чистая текущая стоимость (NPV)», используемая при решении задачи анализа эффективности инвестиций в нечеткой постановке [7]. Аналитически она также может быть задана с помощью системы линейных уравнений типа (4).

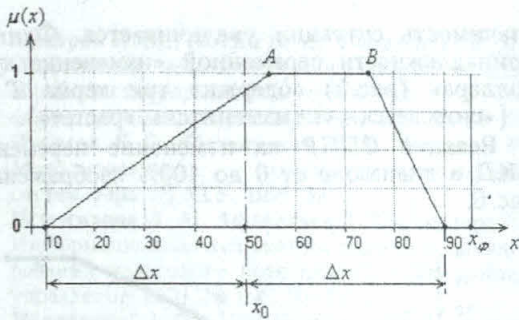


Рис. 1. Терм, представленный конструкцией из линейных зависимостей

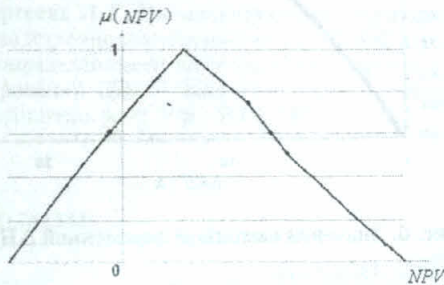


Рис. 2. Функция принадлежности переменной NPV

В более простом случае, при $A = B = x_0$, термы приводятся к стандартной треугольной форме.

Системы линейных уравнений, задающих термы, определяют характер изменения функции принадлежности:

- приращение функции равно нулю $\mu' = 0$. Диапазоны значений x , в пределах которых приращение функции принадлежности равно нулю, являются зонами нечувствительности. Для функции, изображенной на рис. 1 согласно (4), зонам нечувствительности соответствуют $x < x_0 - dx$, $x > x_0 + dx$, $A < x < B$;

- значение функции изменяется с некоторой постоянной скоростью, равной коэффициенту наклона терма;

- значение функции изменяется скачкообразно при определенных фиксированных значениях входной переменной.

Значения функции через процедуру логического вывода формируют выходные переменные, задавая при этом аналогичный характер их изменения.

В качестве примера исследуется функционирование системы поддержки принятия решений, применяемой в задаче нахождения приращения налога на добавленную стоимость ($\Delta НДС$) в зависимости от изменений четырех входных переменных: дебиторской задолженности, инфляции, курса доллара, цены на нефть. СППР является частью системы прогнозирования налогового потенциала, представленной в [6].

Для проведения эксперимента выбрана переменная «изменение дебиторской задолженности» ($\Delta ДЗ$), заданная Z-S-образной функцией принадлежности с тремя термами: $T = \{\text{«убывает»}, \text{«не изменится»}, \text{«растет»}\}$. Обла-

стью определения входной и выходной переменной является диапазон от -100 до 100% . В ходе эксперимента изменяются параметры терма $T_3 = \text{«растет»}$, заданного системой линейных уравнений

$$\mu_{\Delta ДЗ \in T_3} = \begin{cases} \frac{\Delta ДЗ}{\Delta ДЗ_{03} - \Delta(\Delta ДЗ)}, & 0 < \Delta ДЗ < \Delta ДЗ_{03}; \\ 1, & \Delta ДЗ_{03} \leq \Delta ДЗ, \end{cases} \quad (5)$$

где $\mu_{\Delta ДЗ \in T_3}$ — функция принадлежности переменной $\Delta ДЗ$ терму T_3 ; $\Delta ДЗ_{03}$ — центральное значение терма; $\Delta(\Delta ДЗ)$ — степень нечеткости терма.

В первом случае тангенс угла наклона функции терма ϕ_1 равен $\text{tg}(\phi_1) = 0,02$, во втором — $\text{tg}(\phi_2) = 0,025$ (рис. 3).

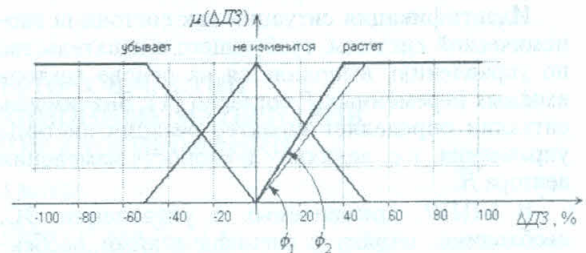


Рис. 3. Модификация функции принадлежности входной переменной $\Delta ДЗ$

Для процедуры логического вывода выбран механизм «Максимум произведения». При дефазификации используется метод взвешенного среднего значения (или «центра тяжести»).

Модификация терма приводит к изменению значений величины выходной переменной. При этом также появляется различие в скорости изменения выходной величины (рис. 4).

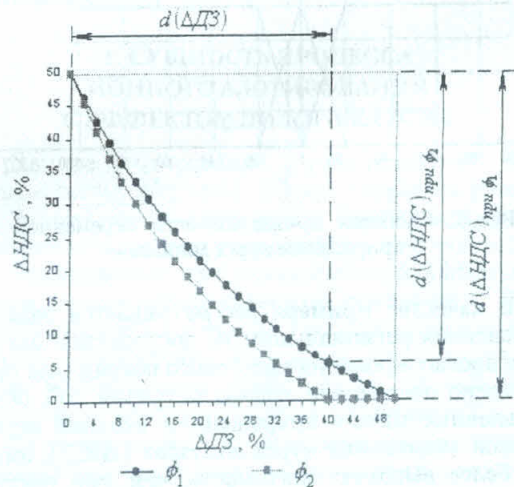


Рис. 4. Значения выходной переменной $\Delta НДС$ при различных углах наклона терма T_3 входной переменной $\Delta ДЗ$

Рассмотрим диапазон изменений величины $\Delta ДЗ$ от 0 до 40%. Из рис. 4 видно, что изменение параметров терма (увеличение угла наклона на 25%) приводит к разности изменений выходной переменной $(d(\Delta НДС)_{\text{при } \phi_2} - d(\Delta НДС)_{\text{при } \phi_1})$ на 8,3% от максимального значения $\Delta НДС$. При этом разность скоростей изменения $d(\Delta НДС)_{\text{при } \phi_2} / d(\Delta ДЗ) - d(\Delta НДС)_{\text{при } \phi_1} / d(\Delta ДЗ)$ нелинейно растет и может быть вычислена через тангенсы углов наклона касательных к кривым, изображенным на рис. 4.

Модификация параметров терма входной переменной $\Delta ДЗ$ приводит к тому, что СППР стала обладать большей чувствительностью к изменениям $\Delta ДЗ$ в диапазоне значений от 0 до 40%, при этом расширилась зона нечувствительности, в которой реакция СППР отсутствует.

3. СТЕПЕНЬ ЗНАЧИМОСТИ СИТУАЦИЙ

Идентификация ситуации как состояния экономической системы, требующего вмешательства по управлению, выполняется на основе вектора входных переменных \vec{P} согласно (1). Значимость ситуации определяет характер реакции системы управления, т. е. величину и скорость изменения вектора \vec{R} .

В СППР, применяемых в управлении ЭС, необходимо, наряду с специфическими особенностями, учитывать значимость складывающихся ситуаций. Это обеспечивает адекватность и эффективность процесса управления. Способность распознавания ситуаций, т. е. определения степени их значимости, может быть заложена при проектировании СППР на этапе построения функций принадлежности. Согласно проведенным исследованиям, значимость может быть задана через настройки параметров термов входных переменных.



Рис. 5. Функция принадлежности переменной «приращение курса доллара»

В качестве примера рассматривается задача управления региональной ЭС посредством оценки и прогнозирования налогового потенциала [6]. Согласно постановке задачи, ситуации ЭС, обусловленные малым приращением входной переменной «изменение курса доллара» ($\Delta КД$), имеют более высокую значимость, чем при постоянном большом $\Delta КД$. Причем при уменьшении значения $\Delta КД$ в диапазоне от 20 до 0% (при прочих неизменных входных переменных)

значимость ситуации увеличивается. Функция принадлежности переменной «изменение курса доллара» (рис. 5) содержит три терма $T = \{\text{«снижается»}, \text{«не изменяется»}, \text{«растет»}\}$.

Реакция СППР на изменение переменной $\Delta КД$ в диапазоне от 0 до 100% изображена на рис. 6.

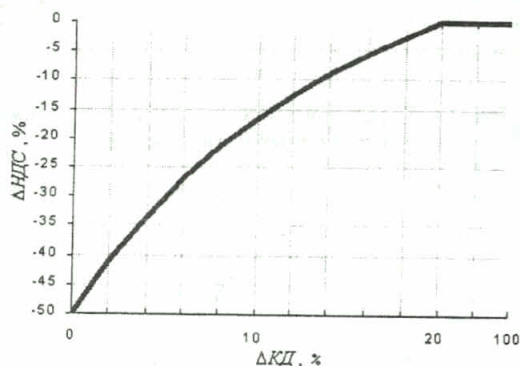


Рис. 6. Значения выходной переменной $\Delta НДС$

Из рисунка видно, что абсолютное значение и скорость изменения выходной переменной нелинейно растут при $\Delta КД \rightarrow 0$. Характер реакции СППР можно изменять посредством модификации термов «не изменится», «растет». Таким образом, учитываются особенности процесса управления, достигается эффективность и адекватность СППР поставленной задаче управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены исследования интеллектуальных методов, основанных на теории нечетких множеств, применяемых при поддержке принятия решений по управлению экономическими системами в условиях неопределенности. Проанализированы зависимости между параметрами функций принадлежности входных переменных и характером изменений выходных переменных СППР. Определено понятие значимости ситуаций. Исследована возможность учета значимости складывающихся в ЭС ситуаций с помощью модификации параметров функций принадлежности.

Теоретические исследования подтверждены экспериментами, которые проводились с помощью информационной системы моделирования, включающей систему поддержки решений, основанную на методах теории нечетких множеств [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исмагилова Л. А. Автоматизированное управление производством как динамической системой, функционирующей в условиях рынка, на основе имитационного моделирования: Дис. ... д-ра техн. наук / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа, 1998. 410 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 163 с.
3. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под. ред. Д. А. Поспелова. М.: Наука, 1986. 312 с.

4. Макаров И. М., Лохин В. М., Романов С. В. и др. Особенности нечетких преобразований в задачах обработки информации и управления. Ч. II // Информационные технологии. 1999. № 11. С. 24–29.
5. Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г. Моделирование производственно-рыночных систем. Уфа: УГАТУ, 1995. 321 с.
6. Исмагилова Л. А., Афанасьев В. Ю., Орлова Е. В. Информационная технология оценки и прогнозирования налогового потенциала // Экономика и управление. 2001. № 1. С. 50–53.
7. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансы. 2000. № 2. <http://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/index.html>
8. Сергеева И. Г. Интеллектуальное управление производственно-экономической системой в условиях неопределенности на основе имитационного моделирования. Дис. ... канд. техн. наук. / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа, 2000. 140 с.
9. Ильясов Б. Г., Исмагилова Л. А., Валеева Р. Г. и др. Система поддержки решений на основе нечеткой логики: Свид. об офиц. рег. прогр. для ЭВМ № 990006. 1999.

ОБ АВТОРЕ



Афанасьев Виталий Юрьевич, аспирант кафедры технической кибернетики УГАТУ. Дипл. инж.-системотехник (УГАТУ, 1999). Готовит диссертацию об экономико-математическом и информационном моделировании социально-экономических систем.

УДК 621.785.532

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОТОКОВ ЧАСТИЦ С ПОВЕРХНОСТЬЮ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОМ АЗОТИРОВАНИИ

Р. Д. АГЗАМОВ

Факультет технологии машиностроения УГАТУ
Тел: (3472) 23 07 63 E-mail: kaf_TM@mail.rb.ru

Рассматривается процесс ионного азотирования в плазме тлеющего разряда с эффектом полого катода. Применение этого эффекта приводит к интенсификации процессов, происходящих при ионном азотировании, за счет повышения плотности тока

Ионное азотирование; тлеющий разряд; полый катод

ВВЕДЕНИЕ

Долговечность деталей во многом определяется состоянием их поверхности и, в первую очередь, её износостойкостью. Одним из методов повышения износостойкости поверхности деталей является азотирование. Широко используемый в промышленности метод азотирования в диссоциированном аммиаке с применением печного нагрева обладает такими серьезными недостатками, как большая длительность процесса, трудность насыщения азотом легко пассивирующихся высоколегированных сталей, образование хрупкой ϵ -фазы на поверхности деталей.

Внедрение процесса ионного азотирования позволило не только избавиться от перечисленных выше недостатков, но и добиться ряда важных преимуществ: большой скорости насыщения; получения диффузионных слоев заданного фазового состава и строения; возможности проведения регулируемых процессов азотирования; незначительных деформаций изделий и высокого класса чистоты поверхности; возможности азотирования пассивирующихся материалов без дополнительной депассивирующей обработки; значительного сокращения общего времени процесса за счет уменьшения времени нагрева и охлаждения партии обрабатываемых деталей и исключения про-

межуточных технологических операций по активации поверхности детали; большой экономичности процесса, повышения коэффициента использования электроэнергии, сокращения расхода насыщающих газов; нетоксичности процесса, который отвечает требованиям по защите окружающей среды.

1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ИОННОГО АЗОТИРОВАНИЯ С ЭФФЕКТОМ ПОЛОГО КАТОДА

Ионное азотирование осуществляется с помощью метастабильной формы тлеющего разряда. За счет энергии ионов газа, бомбардирующих поверхность, детали нагреваются до температуры азотирования при одновременной диффузии ионов азота в обрабатываемую поверхность. Все важные процессы в плазме тлеющего разряда, такие как возбуждение, ионизация, диссоциация, а также рекомбинация, происходят в так называемой области катодного падения потенциала [3].

Из катода эмитируются электроны вследствие бомбардировки его поверхности ионами, ускоренными сильным электрическим полем вблизи катода, и быстрыми атомами, а также вследствие фотоэффекта, возникающего благодаря излучению атомов в разряде. Эти электроны, ускоряясь в