

УДК 519.7

В.И. Финаев

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ

При решении задач управления в условиях неопределённости применяется теория принятия решений, а для формализации параметров теория нечётких множеств и теория возможностей. Так как классические методы теории автоматического управления хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде, то в материалах данной работы предлагаются нечёткие методы управления для систем с неполной априорной информацией и высокой сложностью объекта управления. Рассматривается структурная схема системы автоматического управления на базе нечёткой логики. Так как процесс общего логического вывода занимает центральное место в системах автоматического управления на базе нечёткой логики, то уделено внимание формализации этого процесса. Приведены основные этапы нечёткого логического вывода: формирование базы правил; фаззификация; агрегирование; активизация; аккумулярование и дефаззификация. Приведено краткое описание назначения этих этапов и решаемых задач, а также формальное определение нечёткого продукционного правила. Приведены конкретные примеры работы с нечёткими значениями.

Управление; неопределённость; теория управления; принятие решений; нечёткая логика; логический вывод; нечёткое управление.

V.I. Finaev

PROSPECTS OF THE DECISION OF PROBLEMS OF MANAGEMENT IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY

At the decision of problems of management in the conditions of uncertainty, and the decision-making theory is applied to formalisation of parameters the theory of indistinct sets and the theory of possibilities. As classical methods of the theory of automatic control well work at completely determined object of management and the determined environment in materials of the given work indistinct management methods for systems with the incomplete aprioristic information and high complexity of object of management are offered. The block diagramme of system of automatic control on the basis of indistinct logic is considered. As process of the general logic conclusion takes the central place in systems of automatic control on the basis of indistinct logic the attention of formalisation of this process is paid. The basic stages of an indistinct logic conclusion are resulted: formation of base of rules; fuzzyfication; aggregation; activization; accumulation and defuzzyfication. The short description of appointment of these stages and solved problems, and also formal definition of an indistinct rule of a conclusion is resulted. Concrete examples of work with indistinct values are resulted.

Management; uncertainty; the control theory; decision-making; fuzzylogic; a logic conclusion; fuzzycontrol.

Управление, как процесс принятия адекватных решений при неопределённости, присутствует в технических, экономических и в социальных системах. Управление любым объектом – процесс выработки, принятия и реализации решения на основе анализа данных об объекте и о виде модели объекта. При известной модели объекта управления в технических системах применяется теория автоматического управления, а при неполноте данных – теория принятия решений [1, 2].

Количественное определение параметров объекта управления, наличие адекватной математической модели объекта в задачах принятия решения может быть недостаточным или отсутствовать из-за неполноты данных. Для формализации

параметров задач принятия решений в условиях неопределённости эффективно применяют методы теории нечётких множеств и теории возможностей [3, 4], а также ситуационные модели принятия решений.

Ключевым моментом теории автоматического управления является создание математической модели, описывающей поведение объекта управления в зависимости от его состояния, управляющих воздействий и возможных возмущений. Математическая модель или динамическое звено объекта записывается в виде дифференциальных уравнений или передаточных функций. Если модель объекта известна и можно применить аналитическую модель в виде того или иного вида дифференциального уравнения, то можно воспользоваться промышленными регуляторами, используемыми для синтеза систем автоматического управления.

Регуляторы – функциональные элементы, которые в зависимости от измеренной величины процесса воздействуют по математическому правилу на физическую величину в замкнутом контуре с помощью активного органа. Одним из недостатков, например ПИД-регуляторов, является предположение о линейном характере зависимости входных и выходных переменных процесса управления, что существенно снижает адекватность этой модели при решении практических задач. В режиме функционирования автоматической системы управления можно столкнуться со сложностью настройки параметров регуляторов.

Таким образом, классические методы управления хорошо работают при полностью детерминированном объекте управления и детерминированной среде, а для систем с неполной априорной информацией и высокой сложностью объекта управления оптимальными являются нечёткие методы управления.

Появление теории нечётких множеств и нечёткой логики позволило одновременно учесть многообразие информации, различные обстоятельства и ситуации, характеристики управляющих воздействий и внешней среды. Применение нечёткой логики позволяет усовершенствовать и даже заменить ПИД-регулятор.

С термином «лингвистическая переменная» связывают любую физическую величину. Лингвистическими переменными можно описать трудноформализуемые понятия в виде качественного (словесного) описания. Лингвистическая переменная связывается при описании с конкретной количественной шкалой, которая по аналогии с базовым множеством иногда называется базовой шкалой.

Другой подход в формализации неопределённости определён применением нечётких чисел и нечётких интервалов для определения параметров, а также выполнения преобразований в системе управления. Задание параметров задачи в виде нечёткого интервала будет одновременно и завышенным и заниженным, а носитель (базовое множество) нечёткого интервала будет выбран так, что ядро содержит наиболее правдоподобные значения, и будет гарантировано нахождение рассматриваемого параметра в требуемых пределах.

Архитектура или модель нечёткого управления основана на замене классической системы управления системой нечёткого управления, в качестве которой используются системы нечёткого вывода. Модель нечёткого управления строится с учётом необходимости реализации всех этапов нечёткого вывода, а сам процесс вывода реализуется на основе алгоритмов нечёткого вывода. Для реализации управления на основе нечёткой логики необходима система нечёткого управления. Структурная схема системы автоматического управления на базе нечёткой логики показана на рис. 1.

Функциональная схема автоматической системы управления на базе нечёткой логики состоит из объекта управления, системы нечёткого управления (общего логического вывода), цепи обратной связи и сравнивающего устройства.

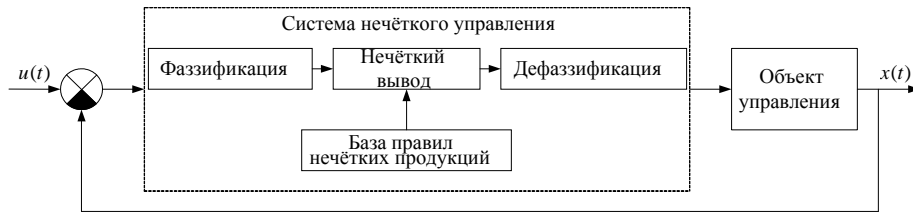


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического управления на базе нечёткой логики

Процесс общего логического вывода занимает центральное место в системах автоматического управления на базе нечёткой логики и включает все основные концепции теории нечётких множеств: лингвистические переменные, функции принадлежности, нечёткие логические операции, методы нечёткой импликации и нечёткой композиции. Системы нечёткого вывода предназначены для реализации нечёткого вывода и служат концептуальным базисом всей современной нечёткой логики. Основные этапы нечёткого вывода продемонстрированы на рис. 2.



Рис. 2. Основные этапы нечёткого вывода

Информацией, которая поступает на вход системы нечёткого вывода, являются измеренные некоторым образом входные переменные. Эти переменные соответствуют реальным переменным процесса управления. Информация, которая формируется на выходе системы нечёткого вывода, соответствует выходным переменным, которыми являются управляющие переменные процесса управления.

Системы нечёткого вывода предназначены для преобразования значений входных переменных процесса управления в выходные переменные на основе использования нечётких правил продукций. Для этого системы нечёткого вывода должны содержать базу правил нечетких продукций и реализовывать нечёткий вывод заключений на основе посылок или условий, представленных в форме нечётких лингвистических высказываний.

База правил систем нечёткого вывода предназначена для формального представления эмпирических знаний или знаний экспертов в той или иной проблемной области. В системах нечёткого вывода используются правила нечётких продукций, в которых условия и заключения сформулированы в терминах нечётких лингвистических высказываний, рассмотренных выше видов. Совокупность таких правил называют базами правил нечётких продукций.

Нечёткий вывод реализован на основе нечётких продукционных правил. Под правилом нечёткой продукции понимается выражение следующего вида [2]:

$$(i): Q, P, A \Rightarrow B, S, F, N, \quad (1)$$

где (i) – имя нечёткой продукции; Q – сфера применения нечёткой продукции; P – условие применимости ядра нечёткой продукции; $A \Rightarrow B$ – ядро нечёткой продукции, в котором A – условие ядра; B – заключение ядра; « \Rightarrow » – знак логического следования; S – метод определения количественного значения степени истинности заключения ядра; F – коэффициент определённости нечёткой продукции; N – постусловия продукции.

Под фаззификацией понимается процедура нахождения значений функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных. Целью этапа фаззификации является установление соответствия между конкретным (обычно численным) значением отдельной входной переменной системы нечёткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной.

На этапе фаззификации происходит определение (введение) нечёткости. Каждому конкретному значению отдельной входной переменной системы нечёткого управления ставится в соответствие значение функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной. Для иллюстрации этапа фаззификации рассмотрим следующий пример.

Пусть входная лингвистическая переменная β – температура пара на выходе из котла. Рассмотрим процесс фаззификации следующих трёх нечётких высказываний: *температура пара низкая*; *температура пара средняя*; *температура пара высокая*. Пусть температура пара равна $T_n = 40$ °С. При фаззификации получаем степени истинности элементарных нечётких высказываний: *температура пара низкая* – 0; *температура пара средняя* – 0,47; *температура пара высокая* – 0. На рис. 3 показан пример фаззификации входной лингвистической переменной «температура пара на выходе из котла».

Агрегирование представляет собой процедуру определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечёткого вывода. При этом используются полученные на этапе фаззификации значения функций принадлежности термов лингвистических переменных.

Для иллюстрации этапа агрегирования рассмотрим следующий пример. Первое нечёткое высказывание: «*температура пара средняя*» И «*расход пара низкий*».

Второе нечёткое высказывание: «*температура пара средняя*» ИЛИ «*расход пара низкий*». Тогда агрегирование первого нечёткого высказывания дает в результате число 0,47, а агрегирование второго нечёткого высказывания дает в результате число 0,78.

На рис. 4 приведён пример агрегирования подусловий для двух высказываний.

Активизация в системах нечёткого вывода – это нахождение степени истинности каждого из элементарных логических высказываний (подзаключений). Поскольку заключения делаются относительно выходных лингвистических переменных, то степеням истинности элементарных подзаключений при активизации ставятся в соответствие элементарные функции принадлежности.

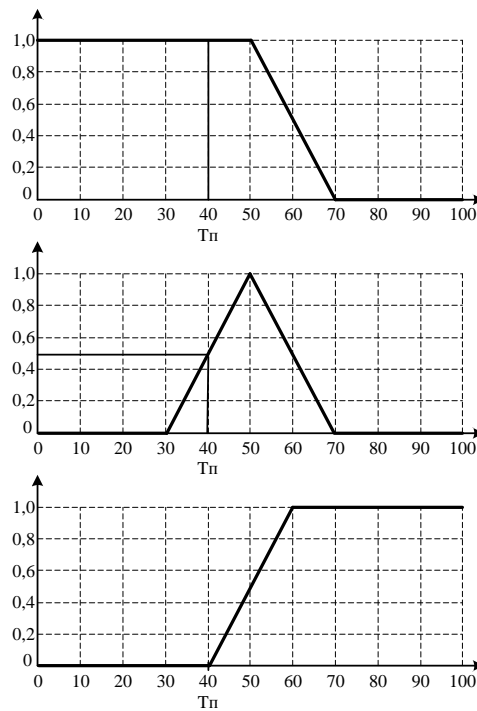


Рис. 3. Пример фаззификации входной лингвистической переменной «температура пара на выходе из котла» для трех нечетких высказываний

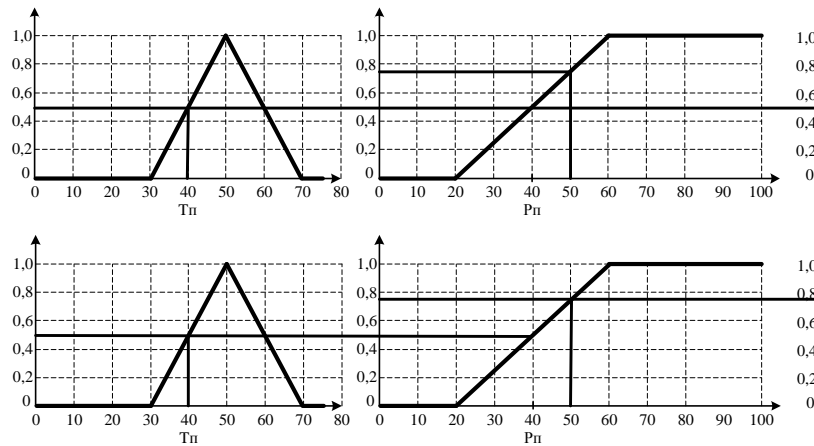


Рис. 4. Пример агрегирования

На рис. 5 приведен пример процесса активизации заключения в правиле нечеткой продукции: ЕСЛИ «температура пара средняя» ТО «расход пара низкий». В данном случае входной лингвистической переменной является нечеткое высказывание: «температура пара средняя», а выходной лингвистической переменной: «расход пара низкий».

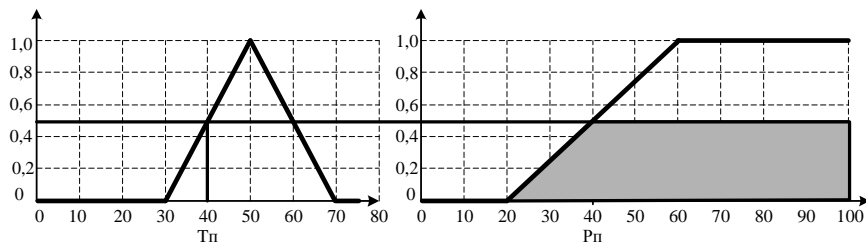


Рис. 5. Пример активизации заключения

Пусть температура пара равна $T_{п} = 40^{\circ}\text{C}$, тогда результат (вид функции принадлежности), полученный методом min-активизации изображён на рис. 10 темным цветом.

Аккумуляция – это процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных. Для иллюстрации данного этапа рассмотрим пример аккумуляции заключения для выходной лингвистической переменной «расход пара». Пусть функции принадлежности нечётких множеств имеют следующий вид, показанный на рис. 6.

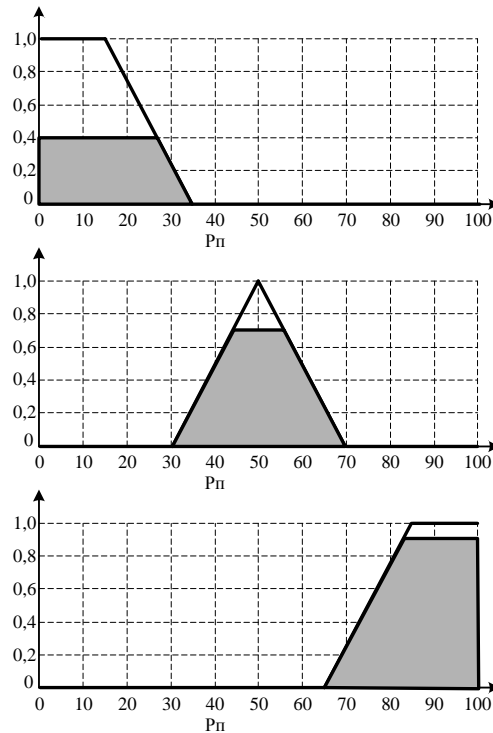


Рис. 6. Вид функций принадлежности

Целью этапа аккумуляции является объединение всех степеней истинности подзаключений для получения функции принадлежности каждой из выходных переменных. Следовательно, результирующая функция принадлежности для выходной лингвистической переменной «расход пара» имеет вид, представленный на рис. 7.

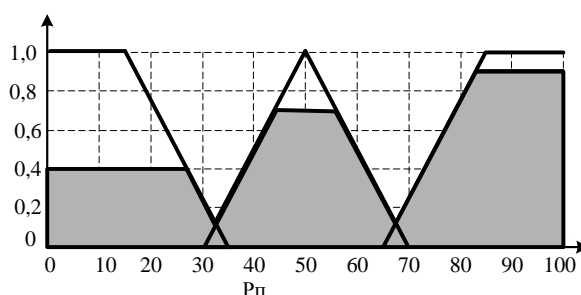


Рис. 7. Результирующая функция принадлежности для выходной лингвистической переменной «расход пара»

Дефаззификация в системах нечёткого вывода – это процесс перехода от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к её чёткому (числовому) значению. Для выполнения численных расчётов на этапе дефаззификации могут быть использованы следующие методы: метод центра тяжести; метод биссектрисы площади; метод левого (правого) модального значения.

К настоящему времени наибольшее применение получили алгоритмы нечёткого вывода Мамдани, Сугено, Цукамото [5–8]. При решении практических задач нечёткого моделирования могут одновременно использоваться несколько алгоритмов нечёткого вывода с целью получения наиболее адекватных результатов.

Выводы. Определены перспективы и концепция применения методов искусственного интеллекта для решения задач управления в условиях неопределённости. Применительно к задачам управления техническими системами в условиях неопределённости приведена структурная схема системы автоматического управления на базе нечёткой логики, определены основные этапы нечёткого логического вывода. Приведены примеры, поясняющие этапы нечёткого логического вывода: фаззификации, агрегирования; активизации, аккумуляции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесников А.В. Гибридные интеллектуальные системы: теория и технология разработки. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. – 600 с.
2. Финаев В.И., Игнатъев В.В. Системы управления на основе объединения классической и нечеткой моделей объекта. – М.: Физматлит, 2013. – 158 с.
3. Аверкин А.Н., Батыришин И.З., Блищун А.Ф., Силов В.Б., Тарасов В.Б. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.
4. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей: приложения к представлению знаний в информатике. – М.: Радио и связь. 1990. – 288 с.
5. Mamdani E.H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis // IEEE Transactions on Computers. – 1977. – Vol. 26, № 12. – P. 1182-1191.
6. Mamdani E.H. Advances in the linguistic synthesis of fuzzy controllers // International Journal of Man-Machine Studies. – 1976. – Vol. 8. – P. 669-678.
7. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15, № 1. – P. 116-132.
8. Мидзумото М. Нечёткая логика и нечёткие выводы // Сури кагаку. – 1987. – Т. 284, № 2. – С. 10-18.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Я.Е. Ромм.

Финаев Валерий Иванович – Южный федеральный университет; e-mail: finaev_val_iv@tsure.ru; 347928, г. Таганрог, ул. Энгельса, 1; тел.: 88634371689; кафедра систем автоматического управления; зав. кафедрой; д.т.н.; профессор.

Finaev Valeri Ivanovich – Southern Federal University; e-mail: fin_val_iv@tsure.ru; 1, Engelsa street, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371689; the department of automatic control systems; head of department; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 681.3.01

В.И. Финаев, И.В. Пушнина

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТРУДОУСТРОЙСТВА

Для эффективного решения задач управления персоналом необходим проблемно-ориентированный прикладной программный продукт – информационное обеспечение в составе информационно-управляющих систем предприятий. Современные информационные технологии предоставляют широкие возможности для создания подобных информационных систем. К модулям информационной системы трудоустройства должен быть обеспечен доступ без ограничений. Такую возможность предоставляет среда Internet. В данной работе осуществлена постановка задачи проектирования информационного обеспечения в среде Internet. Рассмотрены критерии эффективности первого и второго рода для оценки степени достижения цели информационным обеспечением. Определены условия, которым должны удовлетворять критерии эффективности. Приведен перечень принципов, определяющих условия разработки программных модулей. Сформулированы требования к обрабатываемой информации, к информационной базе. Классификация задач управления персоналом определяет функциональное назначение информационного обеспечения. Определены задачи информационного обеспечения, связанные с модулями принятия решений в условиях неполноты данных. Разработана организационная структура информационного обеспечения. Решена задача выбора средств технической поддержки функционирования информационного обеспечения. Технологией доступа является технология ADSL.

Управление персоналом; трудоустройство; информационное обеспечение; среда Internet; критерии эффективности; обработка информации; технические средства.

V.I. Finaev, I.V. Pushnina

INFORMATION-OPERATING SYSTEM FOR THE EMPLOYMENT PROBLEM SOLVING

The problemno-focused applied software product is necessary for the effective decision of problems of human resource management - information support as a part of information-operating systems of the enterprises. Modern information technology gives ample opportunities for creation of similar information systems. To modules of information system of employment access without restrictions should be provided. Such possibility is given by Internet environment. In the given work statement of a problem of designing of information support in the environment of Internet is carried out. Criteria of efficiency of the first and second sort for an estimation of degree of achievement of the purpose are considered by information support. Conditions with which should satisfy criteria of efficiency are defined. The list of the principles defining conditions of working out of program modules is resulted. Requirements to the processed information, to information base are formulated. Classification of problems of human resource management defines an information support functional purpose. The problems of information support connected with modules of decision-making in the conditions of incompleteness of the data are defined. The organizational structure of information support is developed. The problem of a choice of means of technical support of functioning of information support is solved. Technology of access is technology ADSL.

Human resource management; employment; information support; Internet environment; criteria of efficiency; information processing; means.