

УДК 004.896

Разработка базовых структур системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления с использованием функций принадлежности нескольких аргументов

И.А. Тарасова

Донецкий национальный технический университет
irina_tarasova@i.ua

Тарасова И.А. Разработка базовых структур системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления с использованием функций принадлежности нескольких аргументов. В статье приведено исследование существующих методов нечеткого управления, разработаны обобщенная схема управления в системе искусственного интеллекта и базовые структуры системы для реализации нечеткого управления на основе использования термов лингвистических переменных с функциями принадлежности нескольких аргументов. Применение полученных результатов позволяет повысить эффективность управления плохо формализуемыми объектами с нелинейными ограничениями на управляющие переменные.

Введение

Одним из наиболее важных направлений развития искусственного интеллекта является нечеткое моделирование и управление. Основные результаты в этой области исследований были получены в работах Л. Заде, Э. Мамдани, М. Сугэно, Т. Тэрано, А. Кофмана, Р. Ягера и др. Проблемам разработки методологии нечеткого моделирования и технологии решения практических задач посвящены работы А.Н. Аверкина, И.З. Батыршина, Р.А. Алиева, А.Н. Борисова, Д.А. Поспелова, А.В. Леоненкова, В.В. Круглова.

Существующие методы нечеткого управления, применяемые в системах искусственного интеллекта, в основном используют в качестве термов нечеткие переменные с одномерными функциями принадлежности. Это позволяет, с одной стороны, использовать простое и наглядное представление функций принадлежности, обеспечивающее применение несложных вычислительных процедур при проведении всех этапов нечеткого вывода, с другой стороны, теряется зависимость между управляющими переменными, обусловленная нелинейными ограничениями на управление.

Способы построения функций принадлежности существенно зависят от экспертного мнения. Методы задания и определения вида многомерных функций принадлежности в настоящее время недостаточно разработаны. Рассмотренные в работах [1-4] представления многомерных

функций принадлежности позволяют построить функции принадлежности заранее известного вида и не обеспечивают задания произвольной формы областей, в которых определены лингвистические термы переменных. Недостатком изложенного метода в работе [5] можно считать то, что использование нейронных сетей привело к отсутствию возможности выделить как саму функцию принадлежности, так и базу правил, а также функции, описывающие консеквенты каждого конкретного правила.

Применение для моделирования объектов со сложной структурой входных и выходных переменных иерархических систем нечеткого вывода приводит к тому, что при переходе между уровнями иерархии возникает определенная степень размытости, что может привести к потере значимости результата. Одним из путей решения данной проблемы является использование термов лингвистических переменных с функциями принадлежности нескольких аргументов [6, 7]. Однако представление структур системы нечеткого управления, позволяющих хранить такие данные, в настоящее время отсутствует, что говорит об актуальности исследований в данной области.

Целью данной работы является повышение эффективности управления плохо формализуемыми объектами за счет разработки базовых структур системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления на основе функций принадлежности нескольких аргументов.

В данной работе решаются следующие задачи:

- разработка обобщенной схемы управления в системе искусственного интеллекта;
- разработка базовых структур системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления на основе функций принадлежности нескольких аргументов.

Разработка обобщенной схемы управления в системе искусственного интеллекта

На рисунке 1 представлена обобщенная структура системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления на основе термов с функциями принадлежности нескольких аргументов.

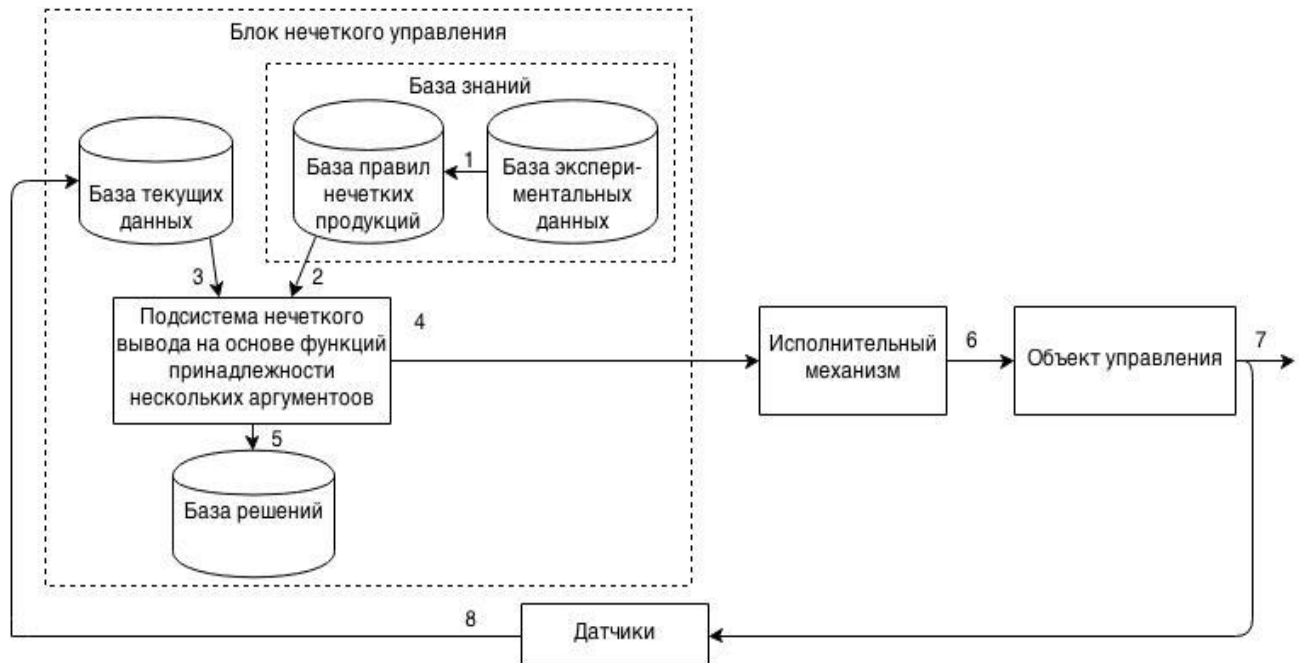


Рисунок 1 – Обобщенная схема управления в системе искусственного интеллекта

На рисунке 1 введены следующие обозначения:

- 1 – множество входных лингвистических переменных V и множество выходных лингвистических переменных W ;
- 2 – множество правил нечетких продукций P ;
- 3 – характеристики текущего состояния объекта;
- 4 – значения управляющих переменных;
- 5 – характеристики текущего состояния объекта и принятое решение по управлению;
- 6 – управляющее воздействие;
- 7 – реакция объекта управления;
- 8 – измеренные характеристики объекта управления.

При разработке системы нечеткого управления с использованием функций принадлежности нескольких аргументов связь между входными и выходными переменными задается на основе экспертных знаний в виде базы знаний.

Как следует из рисунка 1, база знаний, принципы построения и архитектура которой представлены в работе [8], включает в себя базу

правил нечетких продукций и базу данных, таблицы которой заполняются на основе нечеткой кластеризации экспериментальных данных о поведении объекта моделирования. Характеристики объекта управления, содержащие информацию с датчиков о текущем состоянии объекта управления, занесены в базу текущих данных. Подсистема нечеткого вывода на основе функций принадлежности нескольких аргументов, используя базу знаний, на основе полученных текущих данных принимает решение по управлению объектом. Решение передается на исполнительный механизм, после чего записывается в базу данных принятых решений.

Разработка базовых структур системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления на основе функций принадлежности нескольких аргументов

Для представления проектируемых баз данных выбрана реляционная модель [9], поскольку она обладает следующими преимуществами:

– простота и доступность понимания конечным пользователем – единственной информационной конструкцией является таблица;

– при проектировании реляционной БД применяются строгие правила, базирующие на математическом аппарате;

– полная независимость данных. При изменении структуры реляционной изменения, которые требуют произвести в прикладных программах, минимальны.

На рисунке 2 представлена реляционная модель базы экспериментальных данных, которая заполняется на основании результатов задания многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных. Подходы к заданию многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных в задачах нечеткого управления разработаны в работе [10].

Для базы экспериментальных данных реляционная модель состоит из пяти таблиц: «Эксперимент» (Experiment), «Имя переменной» (VariableName), «Характеристика» (Characteristic), «Функция принадлежности» (MembershipFunction), «Название терма» (TermName).

(MembershipFunction), «Название терма» (TermName). Связи между объектами устанавливаются с помощью ключей:

– «Идентификация переменной» (VariableID) связывает объекты «Эксперимент» (Experiment) (внешний ключ) и «Имя переменной» (VariableName) (первичный ключ);

– «Код характеристики» (CharacteristicKey) связывает объекты «Эксперимент» (Experiment) и «Характеристика» (Characteristic);

– «Код функции принадлежности» (MembershipFunctionKey) связывает объекты «Эксперимент» (Experiment) и «Функция принадлежности» (MembershipFunction);

– «Идентификация терма» связывает объекты «Название терма» (TermName) (первичный ключ) и «Функция принадлежности» (MembershipFunction) (внешний).

Модель базы текущих данных представлена на рисунке 3.

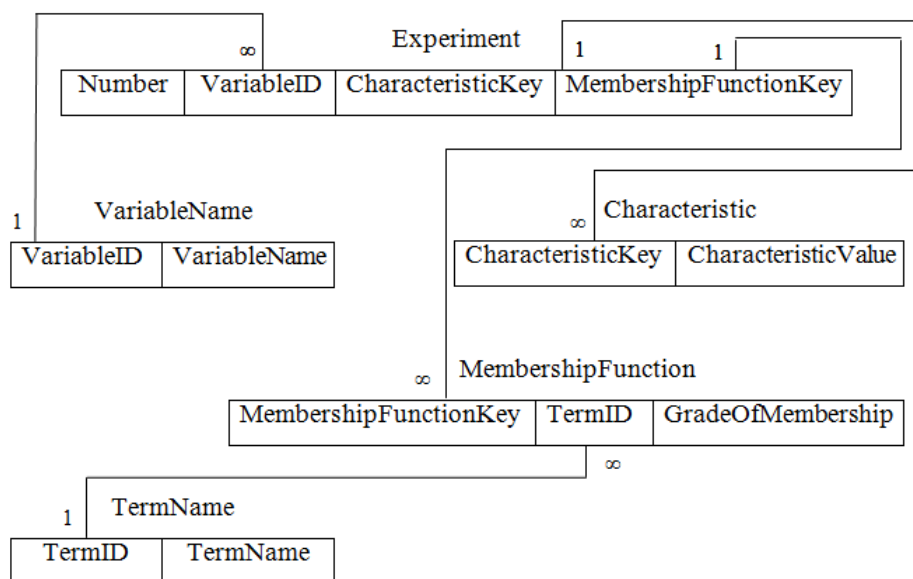


Рисунок 2 – Реляционная модель базы экспериментальных данных

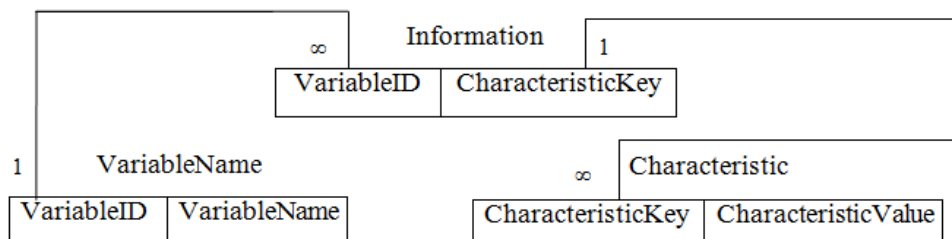


Рисунок 3 – Реляционная модель базы текущих данных

Для проектируемой базы текущих данных реляционная модель состоит из трех таблиц: «Информация» (Information), «Имя переменной» (VariableName), «Характеристика» (Characteristic). Связи между объектами устанавливаются с помощью ключей:

«Идентификация переменной» (VariableID) связывает объекты «Информация» (Information) (внешний ключ) и «Имя переменной» (VariableName) (первичный ключ);

«Код характеристики» (CharacteristicKey) связывает объекты «Информация» (Information) и «Характеристика» (Characteristic).

Используя выделенные лингвистические переменные с функциями принадлежности

нескольких аргументов, на основании знаний экспертов формируется база правил нечетких продукций, проектирование которой представлено в работе [11]. Процедура нечеткого вывода с использованием функций принадлежности нескольких аргументов реализуется на основе алгоритма, представленного в работе [12].

На выходе блока нечеткого управления вырабатывается решение по управлению объектом, записываемое в базу принятых решений, реляционная модель которой представлена на рисунке 4.

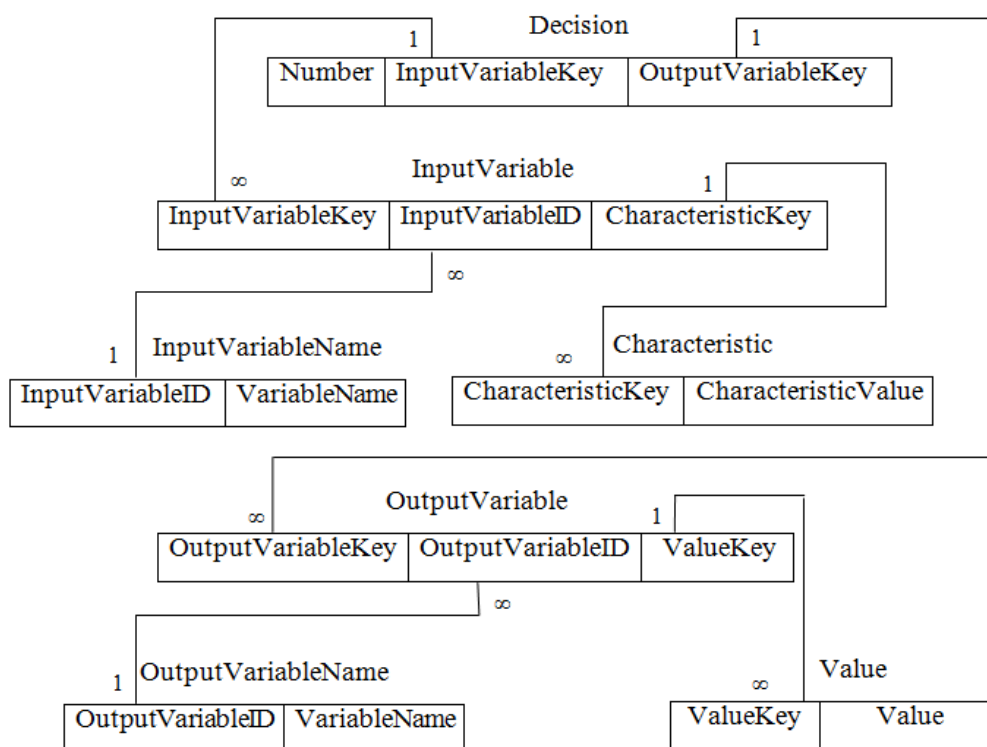


Рисунок 4 – Реляционная модель базы принятых решений

Реляционная модель базы принятых решений состоит из семи таблиц: «Решение» (Decision), «Входная переменная» (InputVariable), «Имя входной переменной» (InputVariableName), «Характеристика» (Characteristic), «Выходная переменная» (OutputVariable), «Имя выходной переменной» (OutputVariableName), «Значение» (Value). Связи между объектами устанавливаются с помощью ключей:

«Идентификация входной переменной» (InputVariableID) связывает объекты «Входная переменная» (InputVariable) (внешний ключ) и «Имя входной переменной» (InputVariableName) (первичный ключ);

«Код характеристики» (CharacteristicKey) связывает объекты «Входная переменная» (InputVariable) и «Характеристика» (Characteristic);

«Код входной переменной» (InputVariableKey) связывает объекты «Решение» (Decision) и «Входная переменная» (InputVariable);

«Код выходной переменной» (OutputVariableKey) связывает объекты «Решение» (Decision) и «Выходная переменная» (OutputVariable);

«Код значения» (ValueKey) связывает объекты «Выходная переменная» (OutputVariable) и «Значение» (Value);

«Идентификация выходной переменной» (OutputVariableID) связывает объекты «Выходная переменная» (OutputVariable) (внешний ключ) и «Имя выходной переменной» (OutputVariableName) (первичный ключ).

Выводы

В данной работе рассмотрена задача повышения эффективности нечеткого управления плохо формализуемыми объектами с нелинейными ограничениями на управляющие переменные.

Для технической реализации нечеткого управления на основе модели с использованием термов лингвистических переменных с функциями принадлежности нескольких аргументов, разработаны базовые структуры системы искусственного интеллекта. Их использование позволяет ускорить разработку систем нечеткого управления в различных предметных областях.

Литература

1. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. / С. Штовба – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
2. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети. / А. Ротштейн – Винница: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 1999. – 320 с.
3. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография. / Алтунин А.Е., Семухин М.В. – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352с.
4. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети. / Борисов В.В., Круглов В.В., Федюлов А.С. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
5. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И.Д. Рудинского./ Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
6. Шушура А.Н. Метод нечеткого управления на основе переменных с многомерными функциями принадлежности / А.Н. Шушура, И.А. Тарасова // Искусственный интеллект. – 2010. – №1. – С. 122-128.
7. Шушура А.Н. Способ задания многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных / А.Н. Шушура, И.А. Тарасова // Міжнародний науково-технічний журнал “Інформаційні технології та комп’ютерна інженерія”. – 2013. – №1(26). – С. 39-44.
8. Тарасова И. А. Принципы построения и архитектура базы знаний системы нечеткого управления на основе многомерных функций принадлежности // Вестник Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. – 2013. – № 2 (79). – С. 56-61.
9. Гаврилова Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. – СПб. : Питер, 2001. – 384 с.
10. Тарасова И.А. Разработка подходов к заданию многомерных функций принадлежности термов лингвистических переменных в задачах нечеткого управления // Электронный научный журнал "Отраслевые аспекты технических наук". - 2014. - Выпуск 2(38) Март-Апрель. – С. 11-22. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.branch-aspects-of-technical-sciences.ingnpublishing.com/archive/2014/vypusk_2_38_mart-aprel_release_2_38_march-april/tarasova_i_a_razrabotka_podhodov_k_zadaniyu_mnogomernyh_funkcij_prinadlezhnosti_termov_lingvisticheskikh_perem
11. Синтез структуры и алгоритмов системы нечеткого управления с использованием функций принадлежности нескольких аргументов // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Международный центр науки и образования. – 2014. – № 4 (5) . – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1259>
12. Тарасова И.А. Нечеткое управление на основе переменных с многомерными функциями принадлежности в диагностике и лечении гипертензивных осложнений беременности // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2012. – №4. – С. 169-173.

Тарасова И.А. Разработка базовых структур системы искусственного интеллекта для реализации нечеткого управления с использованием функций принадлежности нескольких аргументов. В статье приведено исследование существующих методов нечеткого управления, разработаны обобщенная схема управления в системе искусственного интеллекта и базовые структуры системы для реализации нечеткого управления на основе использования термов лингвистических переменных с функциями принадлежности нескольких аргументов. Применение полученных результатов позволяет повысить эффективность управления плохо формализуемыми объектами с нелинейными ограничениями на управляющие переменные.

Ключевые слова: нечеткое управление, функция принадлежности нескольких аргументов, система искусственного интеллекта, базовые структуры системы

Тарасова І.О. Розробка базових структур системи штучного інтелекту для реалізації нечіткого управління з використанням функцій належності багатьох аргументів. У статті наведено дослідження існуючих методів нечіткого управління, розроблено узагальнену схему управління в системі штучного інтелекту та базові структури системи для реалізації нечіткого управління на основі використання термів лінгвістичних змінних з функціями належності багатьох аргументів. Застосування отриманих результатів дозволяє підвищити ефективність управління об'єктами, що погано формалізуються, з нелінійними обмеженнями на керуючі змінні.

Ключові слова: нечітке управління, функція належності багатьох аргументів, система штучного інтелекту, базові структури системи

Tarasova I.A. Development of the basic structures of artificial intelligence systems for the implementation of fuzzy control with the usage of membership functions of several arguments. The article is devoted to research of the currently used methods of fuzzy control has been carried out; generalized control circuit in the system of artificial intelligence and the basic structure of the system for the implementation of fuzzy control based on the usage of linguistic variables terms with membership functions of several arguments has been developed. The application of the results allows to promote efficiency of control of badly formalized objects with nonlinear constraints on the control variables.

Key words: fuzzy control, membership function of several arguments, artificial intelligence system, basic structures of the system

Статья поступила в редакцию 21.05.2016
Рекомендована к публикации д-ром техн. наук А.С. Миненко