

Кукса П.П.

**Московский Государственный Технический Университет
им. Н.Э. Баумана**

**E-mail: kouxa@online.ru
WWW: <http://www.geocities.com/pkouxa>**

Система моделирования нечетких систем на алгоритмическом уровне

В настоящее время математический аппарат нечеткой логики широко применяется в системах принятия решений (ПР) в условиях нечеткой исходной информации, а также в системах управления техническими объектами и технологическими процессами и ряде других областей.

Математическая теория нечетких множеств позволяет формализовать нечеткие понятия и знания, оперировать этими знаниями и осуществлять нечеткие выводы.

В сложных системах и процессах адекватное математическое описание ПР зачастую вообще отсутствует либо представляет собой достаточно громоздкие математические конструкции, оптимизация которых и практическое использование в реальном времени невозможны. Поэтому при разработке эффективных алгоритмов принятия решений в подобных ситуациях целесообразно использование теории нечетких множеств, поскольку ее применение дает следующие основные преимущества:

1. при тех же объемах входной и выходной информации центральный блок принятия решений становится компактнее и проще для восприятия человеком.
2. решение сложной и трудоемкой задачи вычисления точных управляющих воздействий подменяется более простой и гибкой стратегией адаптивного приближения при сохранении необходимой точности результата.
3. возможно параллельное или распределенное управление.
4. описание стратегии управления в терминах лингвистических переменных, что дает возможность использовать знания и опыт человека в привычной для него форме.
5. достижение высокой надежности управления.

Экспериментально показано, что использование нечеткой логики в управлении (нечеткое управление) дает лучшие результаты, по сравнению с получаемыми при традиционных алгоритмах управления. Успешное применение нечеткой логики во многих реальных прикладных системах обусловило необходимость в средствах быстрой разработки нечетких систем от их концепции до окончательной реализации. Исходя из этого был разработан программный продукт (ПП) для моделирования нечетких систем. При разработке данного ПП относительно процесса ПР были сделаны следующие основные предположения:

1. процесс ПР характеризуется несколькими входными и несколькими выходными параметрами
2. информация о стратегиях ПР в типовых, эталонных ситуациях, получаемая от эксперта-конструктора, описывается системой условных высказываний в терминах нечетких и лингвистических переменных, устанавливающих связь между входными и выходными параметрами.

В качестве модели ПР была выбрана лингвистическая модель ПР, основанная на нечеткой логике с лингвистическими значениями истинности.

Маршрут разработки нечетких контроллеров (систем) включает этапы алгоритмического, архитектурного и схемного проектирования. На алгоритмическом уровне проектной иерархии описывается поведение системы (алгоритм функционирования), определяются лингвистические переменные, их функции принадлежности (ФП), механизм нечеткого логического вывода и соответствующие методы дефазификации.

Основными этапами, составляющими алгоритмический уровень описания проекта нечеткой системы, являются определение лингвистических переменных (ЛП) и задание модели ПР. На первом этапе определяется входной и выходной интерфейс нечеткой системы (указываются входы и выходы). Задание ЛП включает в себя: определение универсального множества U (области рассуждений), определение диапазона изменения базовой переменной, определение значений ЛП (указание формы ФП, задание опорных точек). Модель нечеткой системы на алгоритмическом уровне задается в виде троек (X, R, Y) , где X, Y – базовые множества, на которых задаются входы X_i и выходы Y_i , R – нечеткое соответствие «вход-выход». Стратегия управления (функционирование системы) описывается в виде нечетких продукционных правил, связывающих лингвистические переменные.

Разработанный ПП предназначен для моделирования нечетких систем (НС) на алгоритмическом уровне в поведенческой области. Описание НС осуществляется с помощью графических и текстовых средств, интегрированных в среду, и включает в себя базу нечетких правил и ФП, и используемый механизм нечеткого логического вывода. Система обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Описание входного и выходного интерфейсов нечеткой системы.
2. Определение ФП входов и выходов.
3. Задание нечетких соответствий «вход-выход».
4. Трансляцию исходных файлов описания во внутреннее представление.
5. Выбор стратегий проведения нечеткого вывода и дефазификации.
6. Выполнение нечеткого логического вывода.
7. Текстовое и графическое представление результатов моделирования.

Основными подсистемами, входящими в состав ПП являются: подсистема ввода исходной информации, подсистема трансляции, подсистема инициализации, подсистема нечеткого вывода и дефазификации, подсистема анализа нечетких правил.

Для описания НС используется входной язык описания, который включает четыре основных конструкции: IF-THEN, INPUTVAR, OUTPUTVAR, MF, и три оператора связок & («И»), || («ИЛИ»), ! («НЕ»). Рассмотрим основные конструкции:

1. Конструкция IF-THEN позволяет описывать нечеткие управляющие правила и имеет следующий формат:

IF (посылка)(оператор-связка)(посылка)...(посылка) **THEN** (заключение);

2. Оператор INPUTVAR служит для описания ЛП и определяет имя, диапазон изменения базовой переменной, мощность универсального множества U и имеет следующий формат:

INPUTVAR <имя ЛП>: {"ед. изм."} <min> (<шаг>) <max>

3. Оператор OUTPUTVAR служит для описания выходной лингвистической переменной и определяет имя, диапазон изменения базовой переменной, мощность универсального множества U , метод дефазификации и имеет следующий формат:

OUTPUTVAR <имя ЛП>: {"ед. изм."} <min> (<шаг>) <max> <метод дефазификации>

4. С помощью конструкции MF описываются лингвистические значения (термы) ЛП:

MF <тип ФП> <имя терма> (@ $x_1, y_1, \dots, @x_n, y_n$);

Анализ перечисленных конструкций осуществляется с помощью процедур лексического и синтаксического анализа, составляющих подсистему трансляции. Лексический анализатор преобразует исходный код в строку лексем шести типов: DELIMITER, VARIABLE, NUMBER, COMMAND, STRING и QUOTE. Синтаксический анализатор реализован на конечном автомате. Описание НС на входном языке хранится в текстовом файле. Транслятор с входного языка позволяет выявить неоднозначности и

ошибки, допущенные при описании НС с выдачей соответствующих сообщений об ошибках или предупреждений.

Подсистема инициализации отвечает за заполнение полей структур данных для представления нечетких логических значений входных и выходных лингвистических переменных и их функций принадлежности. Инициализация осуществляется по результатам работы блока трансляции.

Подсистема нечеткого вывода включает в себя процедуры, реализующие процессы фазификации, нечеткого логического вывода и дефазификации.

В ПП реализованы следующие нечеткие методы и операции:

- алгоритмы нечеткого вывода по Мамдани, Ларсену и Цукamoto;
- нечеткая импликация: минимум(MIN) и произведение (PRODUCT);
- агрегация: максимум(MAX) и сумма (SUM);
- дефазификация на базе традиционных (метод максимума (MOM), метод центра тяжести(COG)) и упрощенных (методы нечеткого среднего (FM) и взвешенного нечеткого среднего (WFM), метод Yager и др.) методов.

Система позволяет использовать ФП семи видов (рис. 1.), что является достаточным для большинства реальных задач.

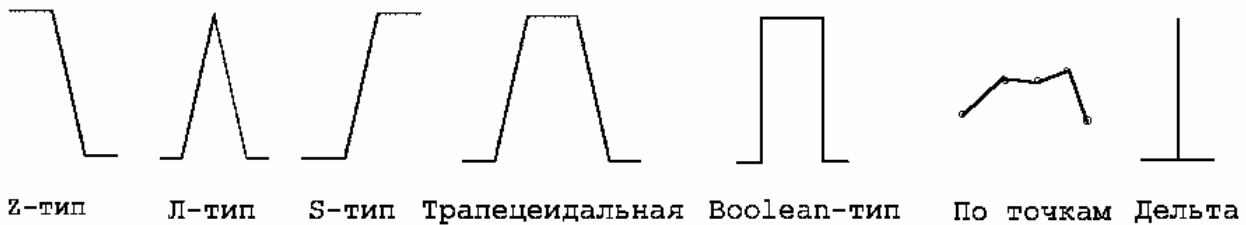


Рис. 1. Виды функций принадлежности.

Для хранения нечетких логических значений были разработаны следующие основные структуры данных (рис. 2, 3).



Рис. 2. Базовые типы данных

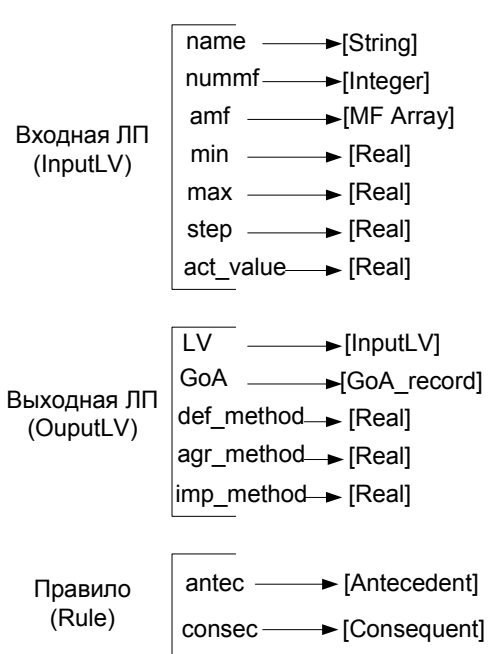


Рис. 3. Сложные типы данных

Представленный ПП представляет собой средство концептуальной разработки нечетких систем и отработки алгоритмов их функционирования. Система реализована на языке Object Pascal среды Delphi и работает под управлением ОС Windows 95/98/2000.

Необходимо дальнейшее развитие данной программной системы в плане исследования новых алгоритмов нечеткого вывода и их применения, интеграции со стандартными САПР для электроники и ИС.