

УДК 629.114.45:681.518.54

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЭКСПЕРТНОЙ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ

*Конох И.С., ст. преп., Носач Е.В., аспирант**Кременчугский государственный политехнический университет им. М. Остроградского  
39614, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20**E-mail: saue@polytech.poltava.ua*

У даній статті показано комбінування математичного апарату нечіткої логіки й відомих у теорії експертних систем алгоритмів прямого й зворотного логічного виводу. Використання даного алгоритму при розробці інтелектуальних систем дозволить вирішити ряд завдань оптимізації керування в умовах неповної визначеності даних.

**Ключові слова:** експертна система, лінгвістичні змінні, нечітка логіка.

In given article is shown combine mathematical device of the fuzzy logic and the known in theories of the expert systems algorithm direct and inverse inference. Use given algorithm at development of the intellectual systems will allow to solve the row of the problems to optimization of management in condition of incomplete certainty data.

**Key words:** expert system, linguistically variable, fuzzy logic.

**Введение.** Использование систем искусственного интеллекта в промышленных приложениях позволяет повысить работоспособность, производительность, качество и эффективность системы, а также снизить материальные затраты, временной и человеческий факторы. Кроме того, использование интеллектуальных систем обусловлено повышенной сложностью объектов, отсутствием точного математического описания протекающих процессов и плохой формализацией задач оптимизации управления. Однако известные интеллектуальные технологии, такие как нейронные сети, нечеткая логика и многочисленные виды экспертных систем характеризуются набором специфических свойств, ограничивающих область применения даже для однотипных задач. Большой интерес представляет комбинирование методов построения систем искусственного интеллекта.

Экспертная система (ЭС) является одним из классов интеллектуальных информационных систем, применяется для решения неформализованных проблем. ЭС не отвергают и не заменяют традиционного подхода к разработке программ, ориентированного на решение формализованных задач.

Экспертная система — это совокупность методов и средств организации, накопления и применения знаний для решения сложных задач в некоторой предметной области. ЭС достигает более высокой эффективности за счет перебора большого числа альтернатив при выборе решения, опираясь на высококачественный опыт группы специалистов, анализирует влияние большого объема новых факторов, оценивая их при построении стратегий, добавляя возможности прогноза [1].

**Цель работы.** Создание специализированного инструментального программного обеспечения для решения задачи высокоуровневого управления сложными объектами (принятие решений), диагно-

стики и идентификации электромеханических систем, эффективным образом сочетающего математический аппарат нечеткой логики и известные в теории экспертных систем алгоритмы прямого и обратного логического вывода.

**Материал и результаты исследования.** В ходе выполнения исследований разработан алгоритм работы системы (рис. 1), который содержит и отображает последовательность работы экспертной программы нечеткого логического вывода.



Рисунок 1 – Граф работы программы

Для настройки ЭС изначально необходимо заполнить базу знаний предметной области интерфейсными средствами, предоставляемыми программой.

При разработке ЭС возникла следующая проблема – эксперт оперирует лингвистическими переменными, а системе необходимо преобразовывать эти лингвистические переменные в числовой способ представления данных. Данная проблема решается путем введения аппарата нечеткой логики, что отображено на рис. 2, а процедура поиска решения осуществляется по алгоритму прямого логического вывода.

Прямой порядок вывода заключается в переходе от фактов, которые находятся в рабочем множестве, к заключению. В случае нахождения такого заключения, оно заносится в рабочую область [1].

Алгоритм вывода оперирует правилами нечетких продукций, в которых условия и заключения записаны в форме лингвистических переменных. Система нечеткого вывода предназначена для преобразования значений входных переменных процесса решения задачи в выходные переменные на основе использования нечетких правил продукций. Данная система содержит базу правил и реализовывает нечеткий вывод заключений на основе посылок или условий, представленных в форме нечетких лингвистических высказываний.

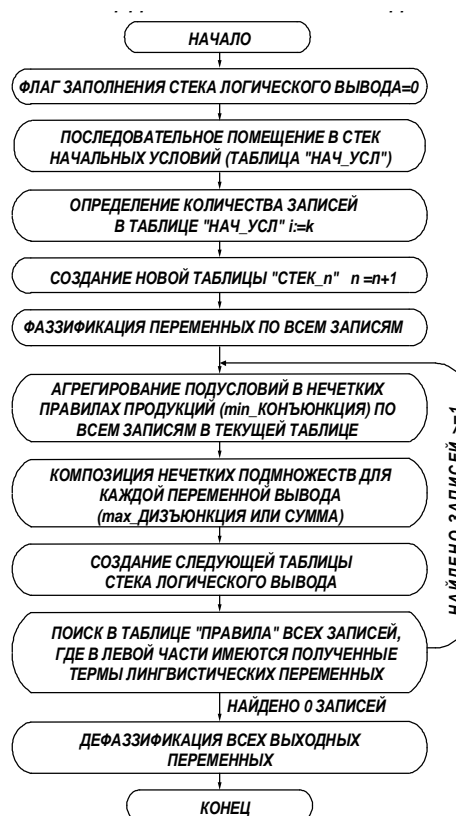


Рисунок 2 – Процедура логического вывода

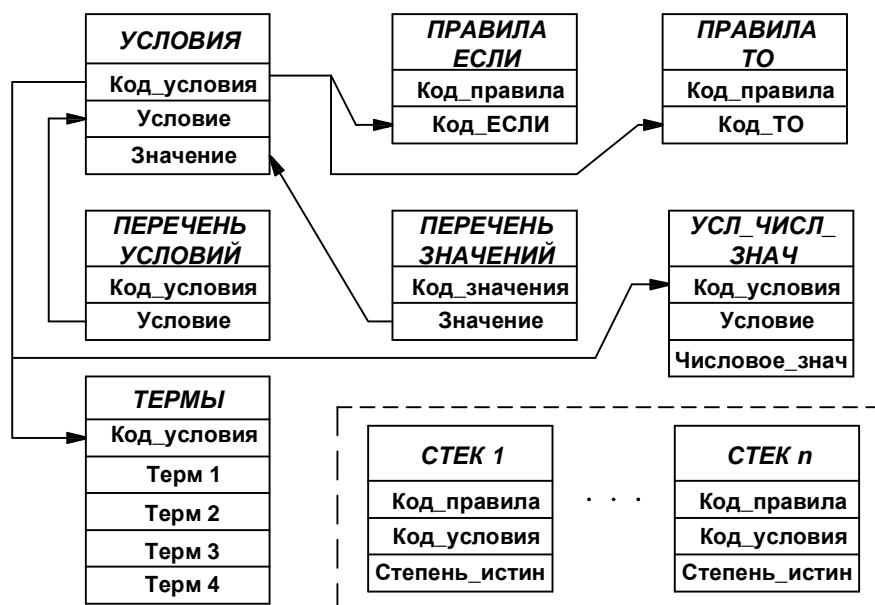


Рисунок 3 – Структура таблиц

Отличительной особенностью работы данной нечеткой ЭС от описанных в [2,3] является то, что процедура поиска решения разбита на циклы и в пределах каждого действует свой набор экспертных правил, вызываемый из общей базы знаний по результатам работы предыдущего цикла. Работа программы в каждом цикле соответствует основным этапам нечеткого вывода, описанным в [2,3]:

**Фаззификация.** Функции принадлежности, определенные на входных переменных, применяются к их фактическим значениям для определения степени истинности каждой предпосылки правил.

**Агрегирование.** Вычисленное значение истинности для предпосылок каждого правила применяется к заключениям каждого правила. Это приводит к одному нечеткому подмножеству, которое будет на-

значено каждой переменной вывода для каждого правила.

**Композиция.** Нечеткие подмножества, назначенные для каждой переменной вывода (во всех правилах), объединяются вместе, чтобы сформировать одно нечеткое подмножество для каждой переменной вывода.

**Дефазификация.** Процедура или процесс нахождения обычного (не нечеткого) значения для каждой из выходных лингвистических переменных.

Предложенный подход позволяет получать правильные решения в условиях неполной определенности данных, т.к. не происходит игнорирование «полезных» правил, которые в обычных экспертных системах убираются из стека, поскольку они не удовлетворяют условиям бинарной логики.

При создании и реализации ЭС используется среда разработки приложений Borland C++Builder. Программа разрабатывается с использованием процессора баз данных – Borland Database Engine (BDE). Он предоставляет пользователю единый интерфейс для работы, развязывающий пользователя от конкретной реализации базы данных. Приложение для связи с базой данных обращается к BDE и сообщает обычно псевдоним и необходимую таблицу в ней. BDE реализован в виде динамически присоединяемых библиотек DLL, которые снабжены API (Application Program Interface) – интерфейсом прикладных программ [5].

На начальном этапе разработки была создана база знаний, необходимая для работы системы, кото-

рая хранит долгосрочные данные (факты) и принята структура таблиц (рис.3).

В процессе создания программного продукта используется структурированный язык запросов SQL (Structured Query Language), предоставляющий средства создания и обработки данных. Необходимость в использовании языка SQL возникла в связи с тем, что база данных состоит из нескольких таблиц и существует необходимость выбирать данные из многих таблиц одновременно в соответствии с меняющимися условиями отбора. Сохранять выводимое по запросу содержимое таблицы, нескольких таблиц или представления в другой таблице, группировка данных и применение к этим группам агрегатных функций [4].

Среда разработки приложений Borland C++Builder позволяет наглядно организовывать работу с базами данных, многооконный графический интерфейс, обеспечивает полное редактирование базы знаний и функций принадлежности нечетких переменных, задание начальных условий и просмотр итогов логического вывода с анализом промежуточных результатов.

При запуске приложения пользователю предоставляется основная форма (рис. 4), которая отображает все имеющиеся правила, а также все необходимые кнопки для вызова остальных форм, которые используются при решении поставленной задачи в процессе работы.



Рисунок 4 – Форма редактирования в рабочем режиме приложения

Основная форма «Просмотр правила» обеспечивает просмотр правил не только в числовом виде, как они представлены в базе данных, а и в лингвистическом отображении, что обеспечивается на осно-

ве запроса выборки данных из нескольких таблиц по заданным условиям. Пользователь, выбирая номер правила из таблиц «Правило-Условие» увидит в нижних таблицах одновременно и числовой вид

представления данных и лингвистический. Кнопки вызова вспомогательных форм, расположенные внизу главной рабочей формы обеспечивают открытие выбранной формы и возможность работать с ними в процессе работы приложения.

Форма редактирования позволяет просматривать существующие условия и значения для создания новых условий, а также возможность их редактирования, удаления и создания новых. Для создания и редактирования правил отображена таблица условий, для безошибочного введения кода условий используется процедура автоматического введения кода в таблицу правила. Кроме того, при создании нового правила производится проверка корректности задания номера и условий для исключения повторений. Кнопки «Вставить условие ЕСЛИ», «Вставить условие ТО» позволяют автоматически заносить выбранные коды условий, не занимая времени на ввод вручную и не допуская ошибки. Перед занесением нового созданного правила в таблицу правил, пользователь может просмотреть новое правило в удобном числовом представлении и соответствующем лингвистическом. Если созданное правило удовлетворяет пользователя и не допущено ошибок обработчик кнопки «Записать в таблицу правило» заносит его в таблицы правил.

Кнопкой «Форма моделирования» открывается рабочая форма, которая кроме таблицы входных данных содержит также таблицу отображения полученного результата. В процессе нахождения правильного решения приложение работает с запросами и вспомогательными таблицами, таблицами стека, а результат работы отображается в одной таблице. Если же пользователю необходимо просмотреть промежуточные результаты работы, «Отчет правил» отобразит все используемые таблицы стека, кроме того, их при необходимости можно распечатать непосредственно из формы отчета.

В текущем виде программа может использоваться в качестве исследовательского инструмента для настройки систем управления или помощника, облегчающего принятие решения человеком-оператором. Применительно к задачам высокоуровневого управления необходимо в программный проект включить модули связи, использующие стандартный протокол TCP/IP или доступ к коммуникационным портам (COM, LPT, USB, PCI) с собственным стеком протоколов. С помощью каналов связи и реализованных протоколов обмена информацией данная программа может быть включена в контур управления сложным объектом.

**Выводы.** Разработанное программное обеспечение реализует экспертную систему, предоставляющую возможность создания и редактирования базы знаний, необходимой для формулировки и применения правил в процессе решения поставленной зада-

чи. На основании алгоритма прямого логического вывода и аппарата нечеткой логики система позволяет получать правильные решения в условиях неполной определенности данных, обладает свойствами самообучения за счет коррекции функций принадлежности лингвистических переменных по результатам работы. Данной программой не требуется участие человека для преобразования числовых значений входных переменных в лингвистические, которые используются в формулировке экспертных правил. Кроме того, пользователю предоставляется возможность просматривать промежуточные временные данные, таким образом, отслеживая ход решения и принцип решения поставленной задачи.

Основными достоинствами полученной системы являются:

- возможность работы с нечеткими знаниями и выбор значения степени истинности для каждого правила;
- хранение большой базы данных длительное время, возможность накапливать знания, обновлять и тем самым обеспечивать относительную независимость конкретной организации от наличия в ней квалифицированных специалистов;
- структура базы данных соответствует нормальной форме, что позволяет автоматизировать редактирование, избежать избыточности информации и повысить устойчивость к ошибкам пользователя;
- работа системы систематизирована, т.е. рассматривая все детали, система выбирает наилучшую альтернативу из всех возможных;
- экономия времени при постановке сложной и точно неопределенной задачи;
- объективное восприятие информации системой и устойчивость к «помехам».

Разработанный программный продукт в полной мере может быть использован при послеремонтных испытаниях электрических машин после их реконструкции, длительной эксплуатации и т.д.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

1. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы.- М.: Финансы и статистика, 2004. – 224 с.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.-С.-Пб: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
3. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. – СПб: Питер, 2001. – 480 с.
4. Глушаков С.В., Ломотько Д.В.. Базы данных. Учебный курс.- Х.: Фолио, М.: АСТ, 2000. – 504 с.
5. Архангельский А.Я. Программирование в С++ Builder 6. 2-е изд. – М.: ООО "Бином-Пресс", 2005 г. – 1168 с.

Стаття надійшла 10.04.2007 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Родькіним Д.Й.