

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности моделирования системы нечеткого вывода. Моделирование системы нечеткого вывода реализовано в виде программы на ЭВМ.

Ключевые слова: нечеткий вывод, нечеткая логика, нечеткое моделирование, нечеткое управление, компьютерная программа, математическая модель

SIMULATE THE FUZZY OUTPUT SYSTEM

A.Yu. Labinskiy. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article presents the mathematical model and computing program the fuzzy output system. The mathematical model use the fuzzy control.

Keywords: fuzzy output, fuzzy logic, fuzzy simulation, fuzzy control, computing program, mathematical model

Деятельность органов управления МЧС России часто происходит в условиях подверженности воздействию различных факторов техногенного характера. Поэтому особую важность приобретают вопросы разработки систем управления, способных к реализации своих функций с учетом многофакторности процессов и явлений, влияющих на возможное возникновение чрезвычайных ситуаций. Использование теории нечетких множеств обеспечивает необходимую степень достоверности получаемых результатов, так как данная теория позволяет производить оценку риска в условиях многофакторности и неопределенности, посредством методологии системного анализа нечеткой логики.

Система нечеткого вывода реализует процесс получения нечетких заключений о требуемом управлении объектом на основе нечетких условий или предпосылок, представляющих собой информацию о текущем состоянии объекта [1].

Этот процесс соединяет в себе все основные концепции теории нечетких множеств: функции принадлежности, лингвистические переменные, методы нечеткой импликации и т.п. Разработка и применение систем нечеткого вывода включает в себя ряд этапов, включающих в себя формирование базы нечетких продукционных правил, фаззификацию входных переменных, агрегирование подусловий и активизацию подзаключений, аккумулярование заключений и дефаззификацию выходных переменных [1].

Фаззификация (введение нечеткости) – это установка соответствия между численным значением входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма лингвистической переменной [2]. На этапе фаззификации значениям всех входных переменных системы нечеткого вывода, полученным внешним по отношению к системе нечеткого вывода способом, например при помощи

датчиков, ставятся в соответствие конкретные значения функций принадлежности соответствующих лингвистических термов, которые используются в условиях нечетких продукционных правил, составляющих базу нечетких продукционных правил системы нечеткого вывода.

Агрегирование – это процедура определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода [3]. Если условие нечеткого продукционного правила является простым нечетким высказыванием, то степень его истинности соответствует значению функции принадлежности соответствующего терма лингвистической переменной.

Активизация в системах нечеткого вывода – это процедура или процесс нахождения степени истинности каждого из элементарных логических высказываний, составляющих основу всех нечетких продукционных правил. Поскольку заключения делаются относительно выходных лингвистических переменных, то степеням истинности элементарных подзаключений при активизации ставятся в соответствие элементарные функции принадлежности.

Аккумуляция в системах нечеткого вывода – это процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных [4]. Цель аккумуляции состоит в объединении всех степеней истинности подзаключений для получения функции принадлежности каждой из выходных переменных.

Дефаззификация в системах нечеткого вывода – это процесс перехода от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к ее четкому (числовому) значению [5]. Цель дефаззификации состоит в том, чтобы, используя результаты аккумуляции всех выходных лингвистических переменных, получить количественные значения для каждой выходной переменной.

Выбор конкретных способов реализации отдельных этапов нечеткого вывода определяет тот или иной алгоритм нечеткого вывода.

Программа моделирования нечеткого вывода

Изложенная выше структура системы нечеткого вывода была реализована в виде программы для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 1.

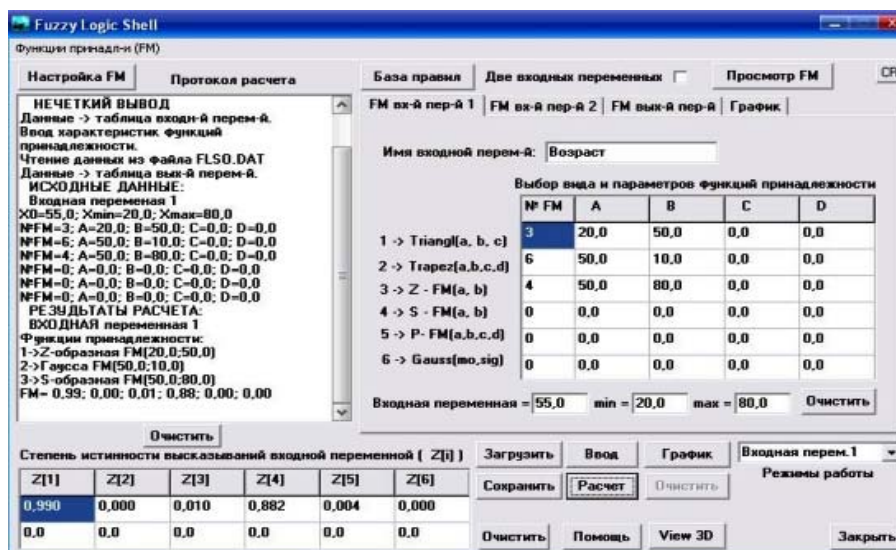


Рис. 1. Интерфейс программы моделирования нечеткого вывода

При моделировании использовалась система нечеткого вывода Мамдани:

- метод нечеткого «И» – значение «min»;
- метод агрегирования – значение «max»;
- метод дефаззификации – значение «centroid» (метод центра тяжести).

Программа позволяет выполнять моделирование в шести режимах, выбираемых из раскрывающегося списка:

- моделирование наиболее часто используемых функций принадлежности (всего девять функций), выбираемых из меню;
- моделирование функций принадлежности входной переменной;
- моделирование функций принадлежности второй входной переменной;
- моделирование функций принадлежности выходной переменной;
- моделирование процесса дефаззификации;
- моделирование зависимости вход-выход для базы нечетких продукционных правил.

В процессе моделирования возможна корректировка параметров функций принадлежности (кнопка «Настройка FM») с помощью окна настройки, позволяющим на графике функции принадлежности сразу увидеть результаты корректировки (рис. 2).

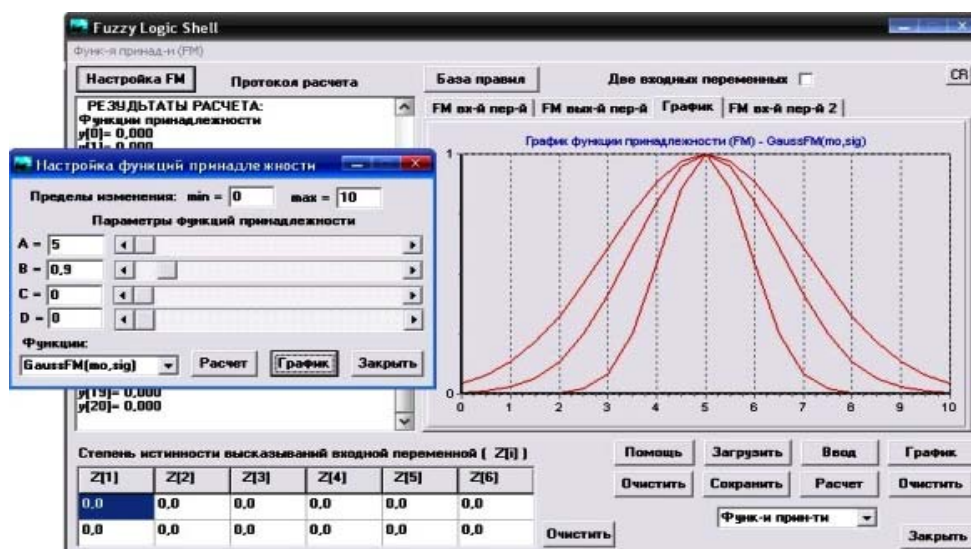


Рис. 2. Корректировка и просмотр функций принадлежности

База нечетких продукционных правил в виде нечетких высказываний-термов, которым поставлены в соответствие функции принадлежности, может быть просмотрена в специальном окне (кнопка «База правил»), представленном на рис. 3.

База нечетких продукционных правил в виде нечетких высказываний - термов:
ПРАВИЛО: ЕСЛИ "Условие" И "Условие" ТО "Заключение".
 Каждому терму ("Условие", "Заключение") поставлена в соответствие функция принадлежности
 Исследуется зависимость: Клапан - f(Уровень, Измен-е уровня)

Значение	ЕСЛИ	Уровень	И	Измен-е уровня	ТО	Клапан
NB (Negative Big)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
NM (Negative Middle)	IF		AND		THEN	
NS (Negative Small)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
ZN (Zero Negative)	IF		AND		THEN	
Z (Zero)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
ZP (ZeroPositive)	IF		AND		THEN	
PS (Positive Small)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
PM (Positive Middle)	IF		AND		THEN	
PB (Positive Big)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)

Buttons: Загрузить базу, Очистить таблицу, Закрыть

Рис. 3. Окно просмотра базы нечетких продукционных правил

Вид функций принадлежности, соответствующих термам базы нечетких продукционных правил, может быть просмотрен в специальном окне (кнопка «Просмотр FM»), представленном на рис. 4.

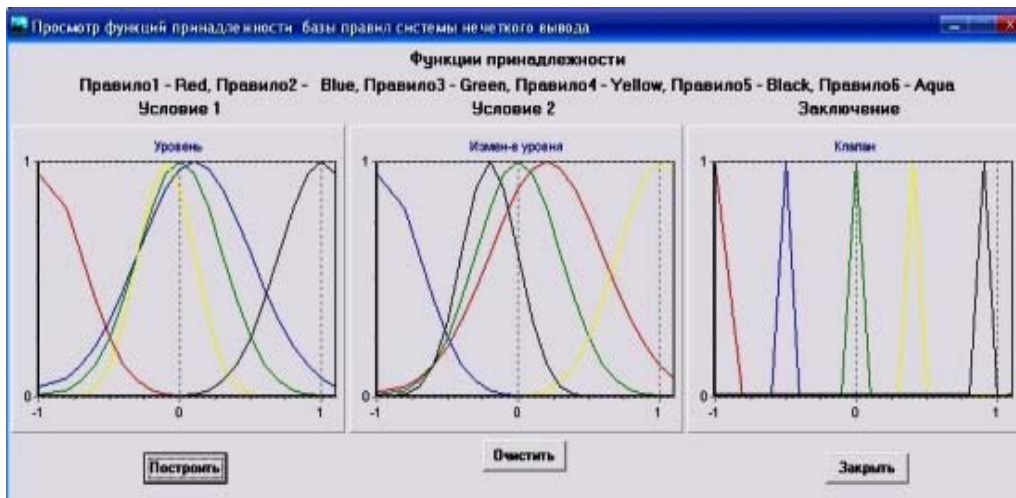


Рис. 4. Окно просмотра функций принадлежности базы продукционных правил

Поверхность нечеткого вывода может быть просмотрена в специальном окне (кнопка «View 3D»), представленном на рис. 5. В окне просмотра поверхности нечеткого вывода можно использовать манипулятор мышь для изменения углов системы координат и поворота изображения.

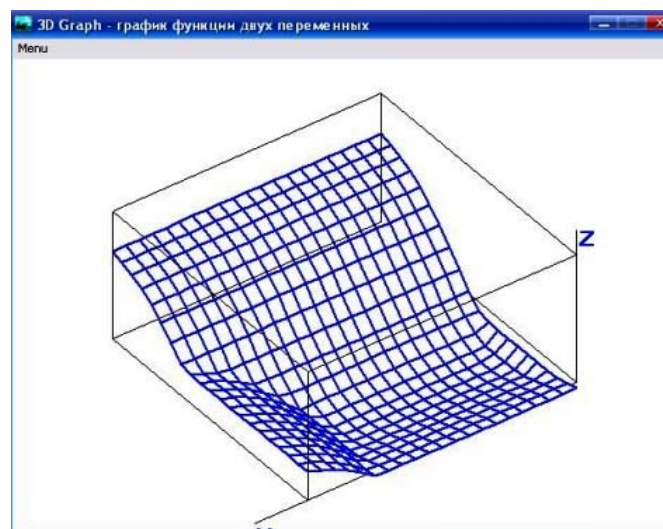


Рис. 5. Окно просмотра поверхности нечеткого вывода

Процесс моделирования начинается с загрузки из внешних файлов данных функций принадлежности входных и выходной переменных: кнопка «Загрузить». Данные загружаются в таблицы с возможностью их редактирования. После редактирования данных их можно сохранить во внешних файлах: кнопка «Сохранить».

Программа позволяет подготавливать данные по функциям принадлежности (выбор из шести функций принадлежности и задание их параметров).

Далее моделирование производится путем нажатия кнопок «Ввод» и «Расчет» (для двух последних режимов достаточно нажать только кнопку «Расчет»). Процесс моделирования отображается в текстовом виде в окне протокола расчета. Результат

моделирования в каждом режиме работы программы можно просмотреть в графическом виде: кнопка «График».

В качестве примера моделирования ниже приводятся результаты моделирования зависимости «Вероятность ДТП» = $f(\text{«Возраст»})$ и зависимости «Команда клапана» = $f(\text{«Уровень»})$ при моделировании процесса управления расходом охлаждающей жидкости [6].

Результат моделирования зависимостей представлен на рис. 6, 7.

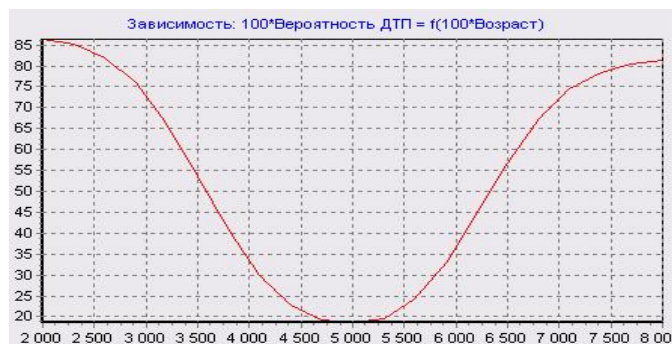


Рис. 6. Зависимость «Вероятность ДТП» = $f(\text{«Возраст»})$

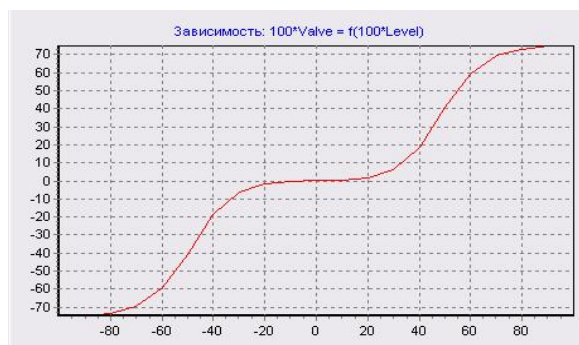


Рис. 7. Зависимость «Команда клапана» = $f(\text{«Уровень»})$

Разработанная программа для ЭВМ позволяет проводить моделирование систем управления и интегрировать разработанную методику в существующие системы информационной поддержки процесса принятия решений в виде программного продукта. Представленная программа моделирования системы нечеткого вывода позволяет расширить область применения интеллектуального управления сложными системами за счет построения систем автоматического управления с возможной адаптацией их к широкому кругу объектов и поддержки принятия решений в условиях неопределенности.

Проблема управления сложными системами в условиях неопределенности относится к актуальным проблемам современной теории и практики автоматического управления. Для такого класса систем типичным становится случай, когда отсутствует точное математическое описание объекта управления, процесс плохо воспроизводится, а изменение его параметров в ходе функционирования происходит неизвестным образом. Вместе с появлением новых процессов и объектов возникают более высокие требования к разрабатываемым системам управления, которые невозможно обеспечить существующими системами. Каждый процесс имеет свои особенности, которые, с одной стороны, требуется учитывать при управлении, а, с другой стороны, они не в полной мере могут быть учтены существующими подходами к синтезу систем.

Для синтеза систем управления в таких условиях большими возможностями обладают методы нечеткой логики, обеспечивающие робастные и адаптивные свойства.

Литература

1. Гриняев С. Нечеткая логика в системах управления. М.: Лори, 2001.
2. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. М.: Машиностроение, 2005.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ Петербург, 2005.
4. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация. М.: МГУ, 2004.
5. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2013.
6. Гвоздик М.И., Лабинский А.Ю. К вопросу использования нечеткого моделирования и управления // Природные и техногенные риски. 2015. № 3. С. 5–10.