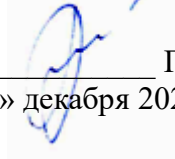


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:
Зав. кафедрой техносферной и пожарной
безопасности


П.С. Куприенко
«21» декабря 2021 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

«Методы искусственного интеллекта в техносферной безопасности»

Направление подготовки: 20.04.01 Техносферная безопасность

Направленность (профиль): Искусственный интеллект

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2022

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В. Ермилов, к.т.н., доцент кафедры транспортных средств
и техносферной безопасности ЧГУ
М.Ю. Белозор, к.т.н., доцент кафедры транспортных средств
и техносферной безопасности ЧГУ

Воронеж – 2021

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

- Назаров, Д. М. Интеллектуальные системы: основы теории нечетких множеств: учебное пособие для академического бакалавриата / Д. М. Назаров, Л. К. Коньшева. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 186 с. То же [Электронный ресурс] – URL: <https://urait.ru/viewer/intellektualnye-sistemy-osnovy-teorii-nchetkihmnozhestv-472319>
- Станкевич, Л.А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для вузов [Текст] / Л.А. Станкевич. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 397 с. То же [Электронный ресурс] – URL: <https://urait.ru/viewer/intellektualnye-sistemy-i-tehnologii-469517>
- Бураков, М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие [Текст] / М.В. Бураков. – СПб.: ГУАП, 2013. – 284 с. То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://window.edu.ru/resource/206/80206>
- Романов П.С. Системы искусственного интеллекта. Моделирование нейронных сетей в системе MATLAB. Лабораторный практикум: учебное пособие для вузов / П. С. Романов, И. П. Романова. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 140 с. То же [Электронный ресурс]. – URL: <https://reader.lanbook.com/book/179031>

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 10 октября 2019 г. № 490. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_335184/1f32224a00901db9cf44793e9a5e35567a4212c7/
 2. ГОСТ Р 59267-2020. Системы искусственного интеллекта. Способы обеспечения доверия. [Электронный ресурс] – URL: <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=7&id=239557>
 3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 20546-2021. Информационные технологии. большие данные. Обзор и словарь. <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=7&id=24098>
1. Толковый словарь по искусственному интеллекту [Электронный ресурс]. – URL: <http://aihandbook.intsys.org.ru/index.php/intro/ai-glossary>
 2. Официальный сайт журнала «Нечеткие системы и мягкие вычисления» [Электронный ресурс]. – URL: <http://fuzzy.tversu.ru/>

3. Официальный сайт аналитической платформы Loginom [Электронный ресурс]. – URL: <https://loginom.ru/>
4. Введение в искусственный интеллект. НИУ ВШЭ [Электронный ресурс]. – URL: <https://openedu.ru/course/hse/INTRAI/>
5. Машинное обучение и анализ данных. Университет ИТМО [Электронный ресурс]. – URL: <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/MLDATAN/>
6. Математические и инструментальные методы машинного обучения НИЯУ МИФИ [Электронный ресурс]. – URL: https://openedu.ru/course/mephi/mephi_011_machinelearning/
7. Нейронные сети НИЯУ МИФИ [Электронный ресурс]. – URL: https://openedu.ru/course/mephi/mephi_ns/
8. Основы нейроинформатики и машинного обучения. Политех [Электронный ресурс]. – URL: <https://openedu.ru/course/spbstu/NEUROINF/>
9. Прикладной искусственный интеллект. Университет ИТМО [Электронный ресурс]. – URL: <https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/APPARTINT2035/>
10. Программирование глубоких нейронных сетей на Python. УрФУ [Электронный ресурс]. – URL: <https://openedu.ru/course/urfu/PYDNN/>
11. Алгоритмы машинного обучения и анализа данных в MATLAB [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mathworks.com/videos/machinelearning-in-matlab-99098.html>
12. Loginom – руководство пользователя [Электронный ресурс]. – URL: <https://help.loginom.ru/userguide/>

Учебно-методические указания и рекомендации к изучению тем лекционных и практических занятий, самостоятельной работе студентов очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Тема 1. Нечёткие регуляторы	Управление с обратной связью. Модели объектов управления. ПИД-регуляторы. Структуры нечетких регуляторов. Методы синтеза нечетких регуляторов. Эвристический синтез нечеткого регулятора П-типа. Условия линейности нечеткого регулятора П-типа. Нелинейное поведение нечеткого регулятора П-типа. Условия эквивалентности НЛР и П-регулятора. Синтез нелинейного нечеткого регулятора П-типа. Пример синтеза нечеткого регулятора П-типа. Аналитическое описание нечеткого логического регулятора ПД-типа. Синтез нечеткого регулятора ПД-типа. Синтез нечеткого регулятора ПИ-типа. Скользящий режим нечеткого регулятора. Синтез нечеткого регулятора ПИД-типа. Нечеткие супервизоры. Цифровой нечеткий ПД-регулятор. Цифровой нечеткий ПИ-регулятор.	8	8	4	34	54
2	Тема 2. Нейроуправление	Идентификация динамических звеньев. Нейроэмуляторы и нейропредикторы. Концепция нейроуправления. Инверсное нейроуправление. Структура радиальной нейронной сети. Расчет параметров радиальной нейронной сети. Обучение радиальной нейронной сети. Радиальные нейронные сети в MatLab. Радиальные нейронные сети и нечеткие системы. Нейронная сеть Элмана. Сети Хопфилда. Двухнаправленная ассоциативная память. Нейронная сеть Хэмминга. Адаптивные резонансные нейронные сети. Структура сети Кохонена. Обучение сети Кохонена. Слой Кохонена. Самоорганизующиеся карты Кохонена. Нейронные сети классификации.	8	8	4	34	54
Итого			16	16	8	68	108

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Разработка интеллектуальной системы на основе нечетких знаний

Цель занятия:

Разработать компьютерную модель нечеткой экспертной системы и исследовать ее работу.

Подготовка к занятию:

Изучить по рекомендованной литературе и конспекту лекций основные понятия нечеткой логики и способы задания и этапы функционирования нечеткой экспертной системы.

Литература для подготовки к занятию

1. *Корнеев В.В., Гараев А.В., Райх В.В.* Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Нолидж, 2000. – 352 с.
2. *Круглов В.В., Дли М.И.* Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физико-математическая литература, 2002. – 256 с.

Время на выполнение работы: 90 мин.

Порядок и последовательность выполнения работы

1. Задние нечетких функций принадлежности – 30 мин.
2. Задание правил вывода – 30 мин.
3. Получение отклика системы – 30 мин.

Задание для лабораторной работы:

Расчет № 1

Разработать нечеткую систему управления уровнем воды в баке.

Расчет № 2

Разработать нечеткую систему управления скоростью вращения вентилятора охлаждения микропроцессора компьютера.

Расчет № 3

Разработать нечеткую систему управления вентилятором комнатного кондиционера.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЯСНЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Рассмотрим пример выполнения лабораторной работы расчетом № 3. того, как обрабатываются нечеткие правила вывода в экспертной системе, управляющей вентилятором комнатного кондиционера. Задача кондиционера - поддерживать оптимальную температуру воздуха в комнате, охлаждая его, когда жарко, и нагревая, когда холодно. Пусть, изменяя скорость вращения вентилятора, прогоняющего воздух через охлаждающий элемент, мы можем менять температуру воздуха, тогда алгоритм работы кондиционера может быть задан следующими правилами:

- 1) если температура воздуха в комнате высокая, то скорость вращения вентилятора высокая;
- 2) если температура воздуха в комнате средняя, то скорость вращения вентилятора средняя;
- 3) если температура воздуха в комнате низкая, то скорость вращения вентилятора низкая;

Для того чтобы система могла обрабатывать эти правила, надо задать функции принадлежности для нечетких подмножеств, определенных на значениях температуры (t) и скорости вращения вентилятора (v). Пусть температура воздуха в комнате находится в пределах от 0°C до 60°C - в противном случае кондиционер вряд ли поможет. Функцию принадлежности для нечеткого подмножества **низкая**, определенную на интервале изменения температуры, можно задать, например, так (рисунок 1):

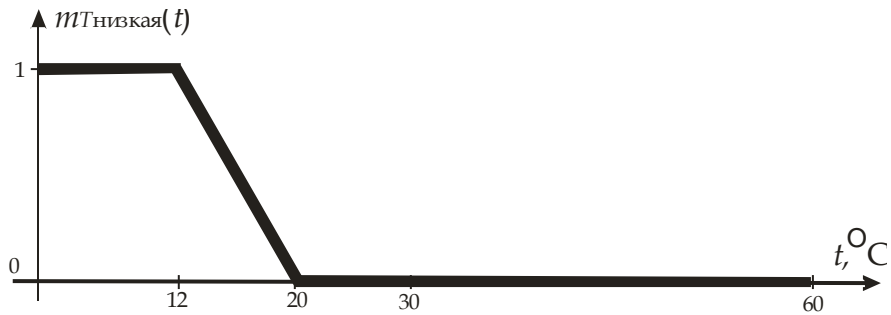


Рисунок 1 – Нечеткое подмножество «низкая», определенное на множестве значений температуры

Если температура меньше 12°C, то это - определено низкая температура для комнаты ($m_{\text{низкая}}(t)=1, t \leq 12$). Температуру выше 20°C никак нельзя назвать низкой ($m_{\text{низкая}}(t)=0, t \geq 20$). В промежутке между этими значениями функция принадлежности линейно убывает - с увеличением температуры уменьшается истинность утверждения «температура воздуха в комнате низкая». Аналитически $m_{\text{низкая}}(t)$ выражается следующим образом:

$$m_{T_{\text{низкая}}}(t) = \begin{cases} 1, t \leq 12 \\ \frac{20-t}{8}, 12 < t < 20. \\ 0, t \geq 20 \end{cases} \quad (1)$$

Сходные рассуждения позволяют нам задать функции принадлежности для оставшихся подмножеств: **средняя** и **высокая** (рисунок 2-3).

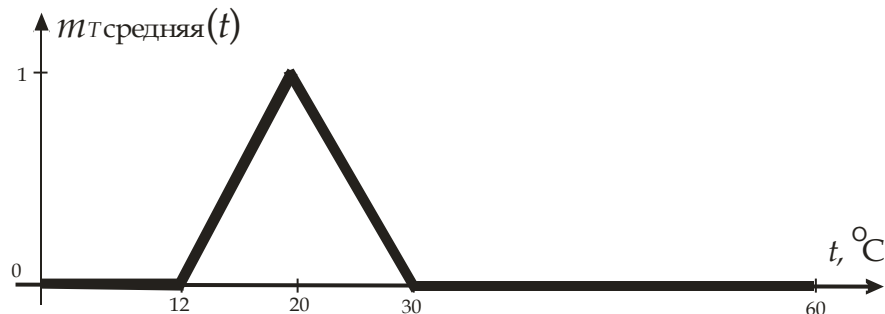


Рисунок 2 – Нечеткое подмножество «средняя», определенное на множестве значений температуры

$$m_{T_{\text{средняя}}}(t) = \begin{cases} 0, t < 12 \text{ или } t \geq 30 \\ \frac{t-12}{8}, 12 \leq t < 20 \\ \frac{30-t}{10}, 20 \leq t < 30 \end{cases} \quad (2)$$

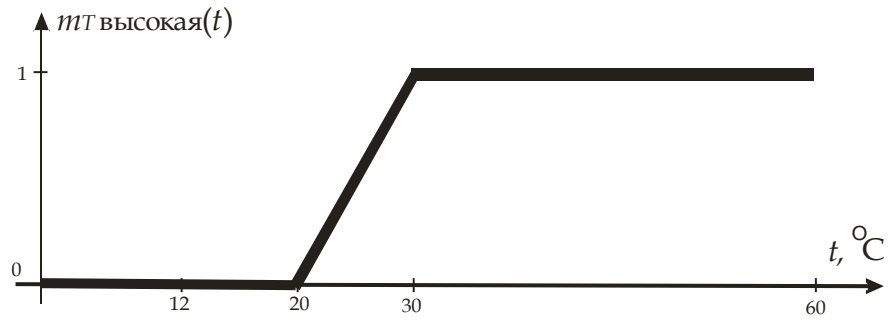


Рисунок 3 – Нечеткое подмножество «высокая», определенное на множестве значений температуры

$$m_{T_{\text{высокая}}}(t) = \begin{cases} 0, & t < 20 \\ \frac{t-20}{10}, & 20 \leq t < 30 \\ 1, & t > 30 \end{cases} \quad (3)$$

Определим нечеткие подмножества для скорости вращения вентилятора. Пусть она может изменяться от 0 до 1000 об/мин. Вполне допустимым будет следующий вариант определения функций принадлежности для нечетких подмножеств **низкая**, **средняя** и **высокая** (рисунок 4-6).

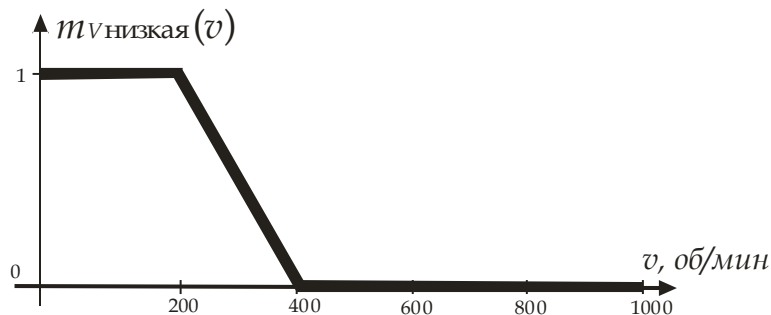


Рисунок 4 – Нечеткое подмножество «низкая», определенное на множестве значений скорости вращения вентилятора

$$m_{V_{\text{низкая}}}(v) = \begin{cases} 1, & v < 200 \\ \frac{400-v}{200}, & 200 \leq v \leq 400 \\ 0, & v > 400 \end{cases} \quad (4)$$

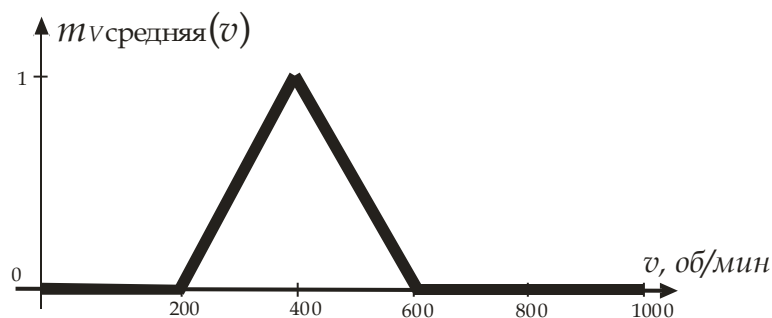


Рисунок 5 – Нечеткое подмножество «средняя», определенное на множестве значений скорости вращения вентилятора

$$m_{V \text{ средняя}}(v) = \begin{cases} 0, v < 200 \text{ или } v > 600 \\ \frac{v - 200}{200}, 200 \leq v < 400 \\ \frac{600 - v}{200}, 400 \leq v \leq 600 \end{cases} \quad (5)$$

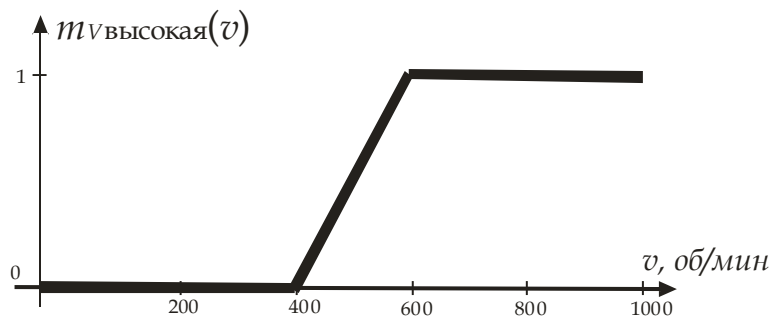


Рисунок 6 – Нечеткое подмножество «высокая», определенное на множестве значений скорости вращения вентилятора

$$m_{V \text{ высокая}}(v) = \begin{cases} 0, v < 400 \\ \frac{v - 400}{200}, 400 \leq v < 600 \\ 1, v \geq 600 \end{cases} \quad (6)$$

Рассмотрим теперь, как нечеткая экспертная система определяет скорость вращения вентилятора в зависимости от температуры воздуха в комнате. Пусть эта температура равна 22°C.

Сначала экспертной системе надо определить истинность левых частей правил вывода при подстановке в них текущего значения температуры. Для этого она должна найти степень вхождения $t=22^\circ\text{C}$ в каждое из указанных слева нечетких подмножеств. В левых частях правил указаны три подмножества, заданных на интервале значений температуры: высокая, низкая и средняя. Степень вхождения находим, вычисляя значение функций принадлежности каждого из подмножеств от $t=22^\circ\text{C}$:

$$\begin{aligned} m_{T \text{ высокая}}(22) &= 0.2; \\ m_{T \text{ средняя}}(22) &= 0.8; \\ m_{T \text{ низкая}}(22) &= 0. \end{aligned}$$

Значения истинности левой части каждого правила используются для модификации нечеткого множества, указанного в его правой части. Модификацию будем производить описанным выше методом «произведения». На рисунке 7 изображено, как трансформируются находящиеся в правых частях правил нечеткие подмножества высокая, средняя и низкая.

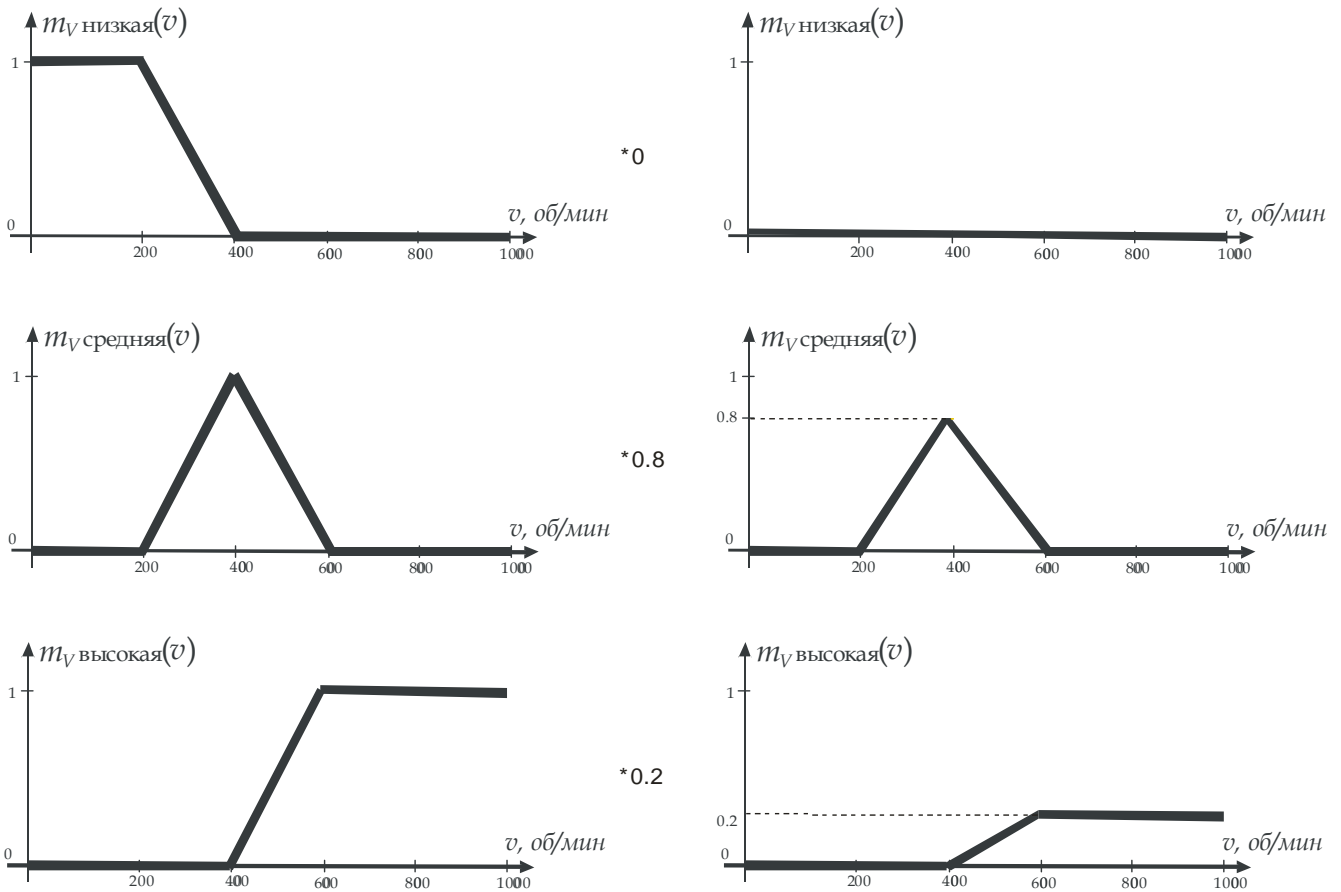


Рисунок 7 – Модификация нечетких подмножеств, определенных на интервале изменения скорости вращения вентилятора

Далее нечеткой экспертной системе необходимо обобщить результаты действия всех правил вывода, то есть произвести суперпозицию полученных нечетких множеств. Результат объединения нечетких множеств показан на рисунке 8.

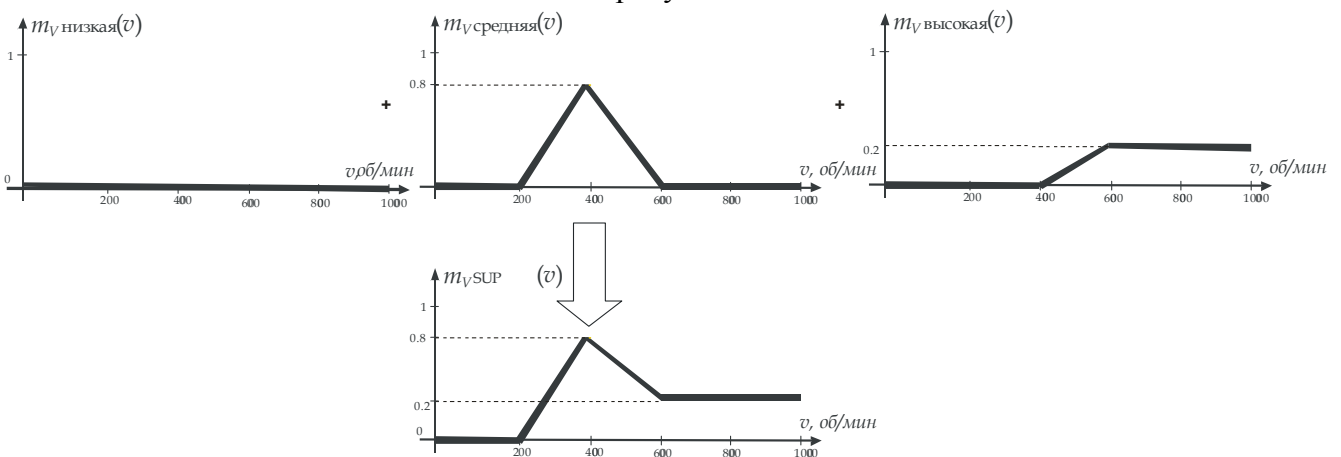


Рисунок 8 – Результат суперпозиции нечетких множеств

Теперь необходимо осуществить переход от суперпозиции множеств к скалярному значению. Скаляризацию произведем методом "центра тяжести". Иллюстрация того, как получается результат, представлена на рисунке 9.

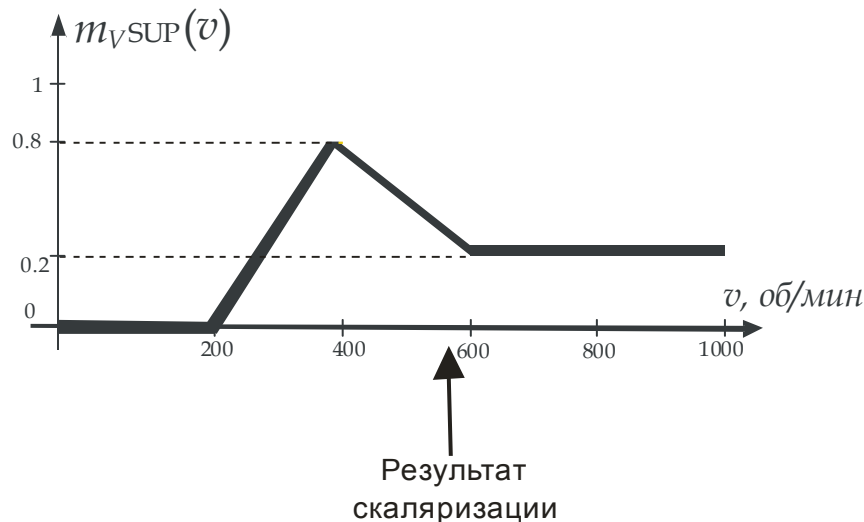


Рисунок 9 – Получение скалярного значения скорости вращения вентилятора методом «центра тяжести»

Центр тяжести фигуры на рисунке 9 находится в точке $v=520$. Это и будет значением скорости вращения вентилятора, которое выдаст экспертная система при температуре воздуха в комнате равной 22°C . При других значениях температуры функция принадлежности обобщенного результата выполнения всех правил, изображенная на рисунке 9, будет меняться.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Задание нечетких функций принадлежности

В прикладном пакете Fuzzy logic toolbox программы MATLAB создадим новый проект и зададим нечеткие функции принадлежности для температуры как входные параметры (рисунок 10).

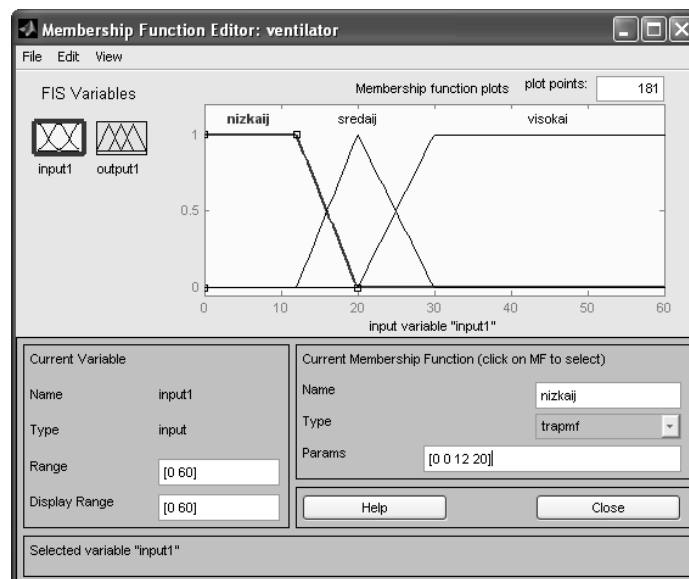


Рисунок 10 – Окно задания нечетких функций принадлежности для значений температуры

Зададим нечеткие функции принадлежности для температуры как входные параметры (рисунок 11).

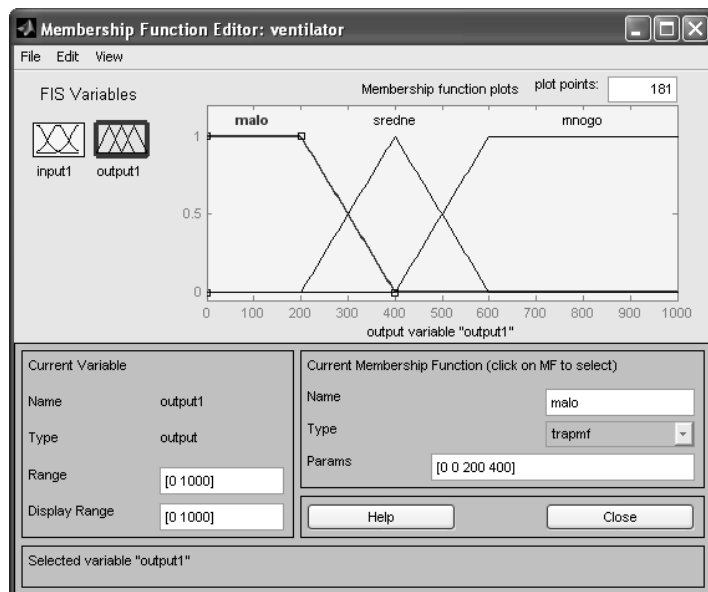


Рисунок 11 – Окно задания нечетких функций принадлежности для значений скорости вращения вентилятора

2. Задание правил вывода

Правила вывода в созданной компьютерной модели нечеткие правила вывода задаются при помощи вкладки Edit→Rules. Окно редактора после задания правил вывода будет иметь вид, представленный на рисунке 12.

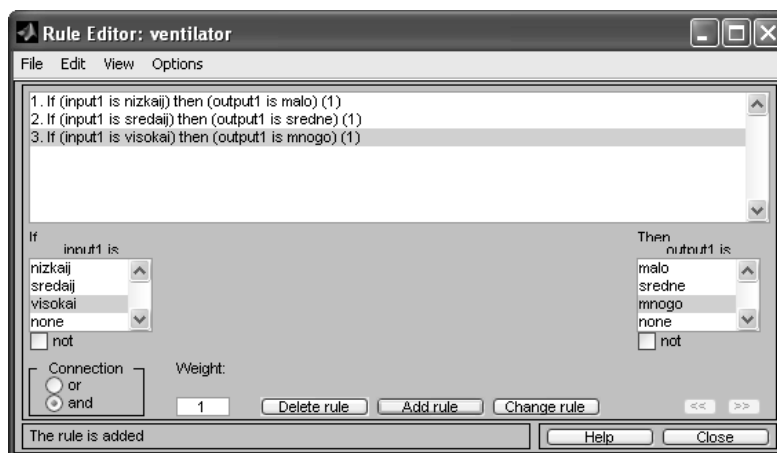


Рисунок 12 – Задание правил вывода

3. Получение отклика системы

Последовательность обработки нечетких для конкретного значения температуры можно просмотреть в окне просмотра правил View→Rules. На рисунке 13 представлена последовательность обработки нечетких знаний для температуры $t=22$ °C, при этом вентилятор кондиционера должен вращаться со скоростью $v=520$ об/мин.

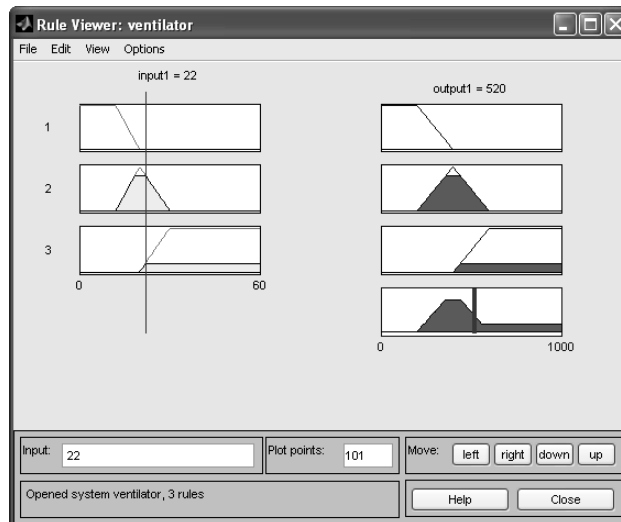


Рисунок 13 – Обработка нечетких знаний в экспертной системе

Передаточную характеристику системы, т.е. зависимость скорости вращения кондиционера от температуры для рассматриваемой модели можно посмотреть при помощи команды View→Surface (рисунок 14).

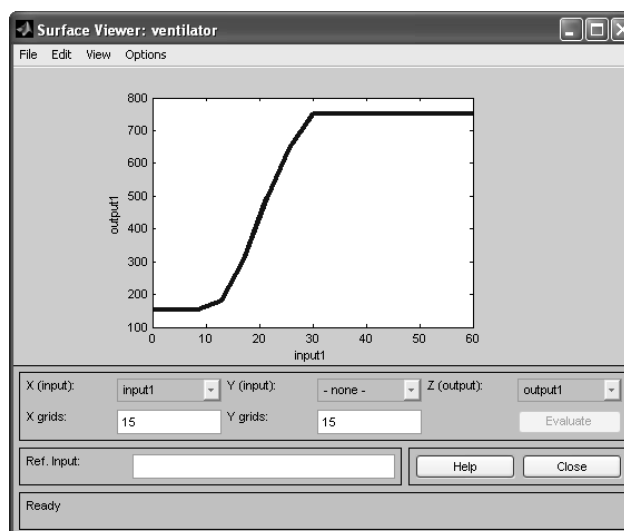


Рисунок 14 – Отклик системы

ОТЧЕТНОСТЬ ЗА ЗАНЯТИЕ

В результате выполненной работы заполняется бланк отчета, в котором должны быть отражены:

1. Программа и цель работы.
2. Формальное представление нечеткой экспертной системы (рисунок 1-6, формулы (1)-(6) примера).
3. Задание нечетких функций принадлежности для входных и выходных параметров моделируемой системы (рисунок 10-11 примера) и правил нечеткого вывода (рисунок 12 примера).
4. Выводы по исследованию функционирования нечеткой экспертной системы (рисунок 13-14 примера).