

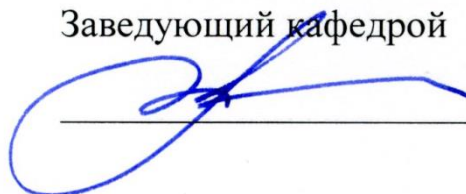
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева  
Кафедра «Системы автоматического управления»

Утверждено на заседании кафедры  
«Системы автоматического управле-  
ния»  
«26» января 2022 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой



О.В.Горячев

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**«Методы искусственного интеллекта**  
**в управлении летательными аппаратами»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки  
**24.04.02 Системы управления движением и навигация**

с направленностью (профилем)  
**Системы управления движением**

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 240402-02-22

Тула 2022 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины (модуля)**

**Разработчик:**

Горячев Олег Владимирович, зав. каф. САУ, д.т.н., проф.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

## **1. Описание фонда оценочных средств (оценочных материалов)**

Фонд оценочных средств (оценочные материалы) включает в себя контрольные задания и (или) вопросы, которые могут быть предложены обучающемуся в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю). Указанные контрольные задания и (или) вопросы позволяют оценить достижение обучающимся планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), установленных в соответствующей рабочей программе дисциплины (модуля), а также сформированность компетенций, установленных в соответствующей общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

Полные наименования компетенций представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

## **2. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения текущего контроля успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.1)**

1. Контрольный вопрос. Проблемы применения классических методов синтеза алгоритмов управления сложными техническими объектами, системами и комплексами. Признаки адаптивных систем. Классификация адаптивных систем. Актуальность разработки интеллектуальных систем.
2. Контрольный вопрос. Определение интеллектуальных систем. Отличительные особенности интеллектуальных систем управления. Схема процесса формирования управления (состоянием объекта, поведением) человеком. Примеры интеллектуальных задач, нашедших в настоящее время широкое распространение в технических системах.
3. Контрольный вопрос. Общие принципы построения систем с искусственным интеллектом. Основные компоненты системы с искусственным интеллектом.
4. Контрольный вопрос. Основные свойства нечетких множеств. Понятие универсума. Носитель НМ. Эквивалентность, высота НМ. Альфа сечение НМ. Определение лингвистических переменных. Нечеткое разбиение базового множества.
5. Контрольный вопрос. Основные этапы нечеткого вывода. Методы дефазификации.
6. Контрольный вопрос. Постановка задачи обучения искусственных нейросетей. Цель обучения ИНС. Виды обучения ИНС. Общие характеристики обучения ИНС «с учителем» и «без учителя».
7. Контрольный вопрос. Проблема обучения «с учителем» многослойной нейросети. Метод обратного распространения ошибки.

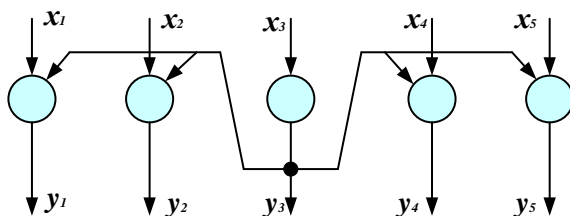
8. Контрольный вопрос. Обучение «без учителя» нейросети. Сжатие информации. Степень подобия информации. Понятие кластеризации. Два типа кодирования информации: уменьшение разнообразия, понижение размерности данных.

9. Контрольный вопрос. Обучение «без учителя» нейросети, состоящей из нескольких нейронов. Модифицированное правило обучения Хебба для сети из нескольких нейронов. Учет взаимодействия нейронов в процессе обучения.

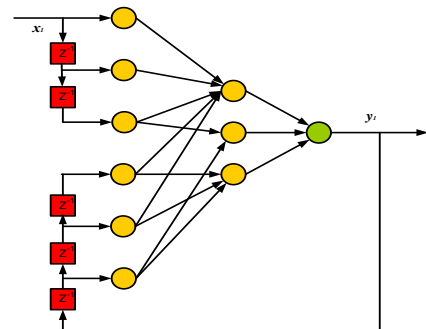
10. Контрольный вопрос. Гибридные нейро-нечеткие сети. Достоинства и недостатки различных форм представления знания и реализации систем с искусственным интеллектом. Понятие технологии гибридных нейро-нечетких систем.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.4)**

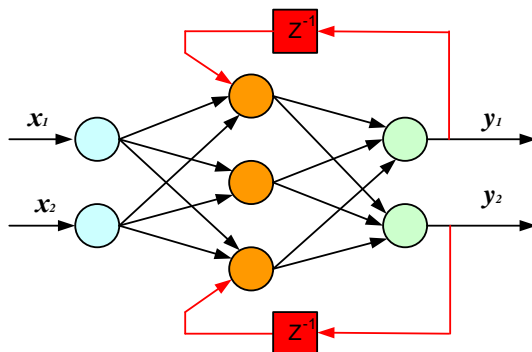
1. Контрольный вопрос. На каком рисунке представлена сеть с латеральными связями?



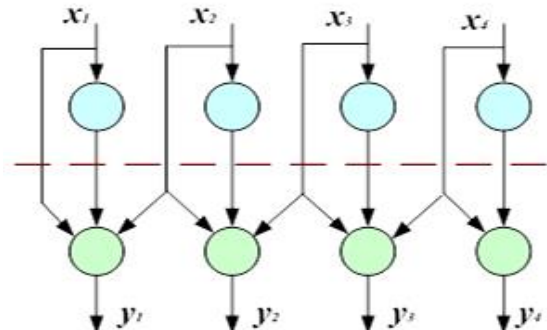
A)



Б)

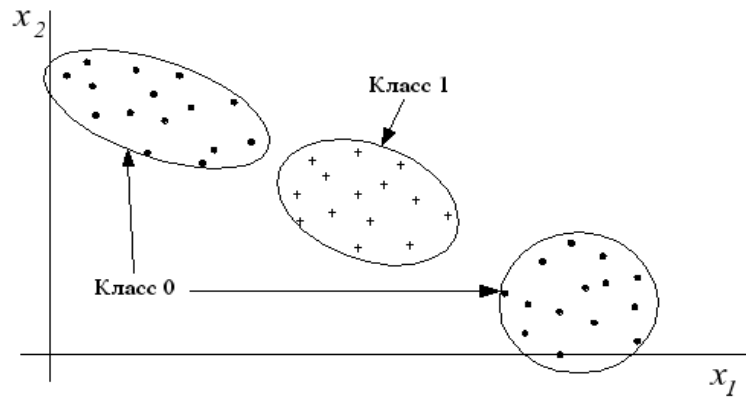


В)



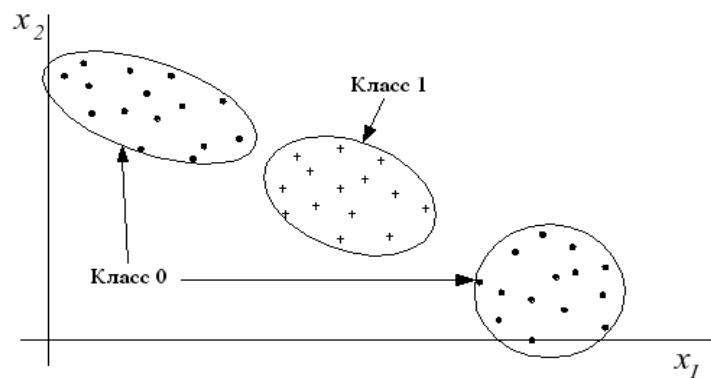
Г)

2. Контрольный вопрос. Какой из нейронов способен распознать данные двух классов представленный на рисунке?



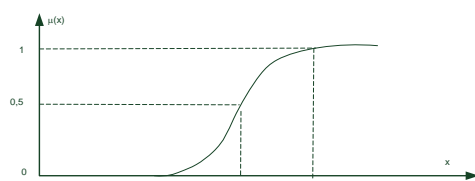
- А) Перспетрон
- Б) Сигмоидальный нейрон
- В) Радиальный нейрон
- Г) Нейрон Хебба

3. Контрольный вопрос. Какой должна быть структура многослойного перспетрона для распознавания двух классов данных, представленных на рисунке?

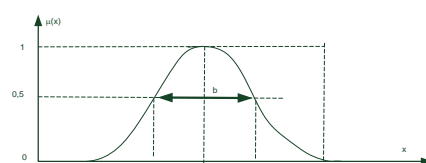


- А) Двухслойная сеть с двумя входами, двумя нейронами первого слоя и одним выходным нейроном
- Б) Двухслойная сеть с двумя входами, одним нейроном первого слоя и двумя выходными нейронами
- В) Двухслойная сеть с одним входом, одним нейроном первого слоя и одним выходным нейроном
- Г) Двухслойная сеть с одним входом, двумя нейронами первого слоя и двумя нейронами второго слоя

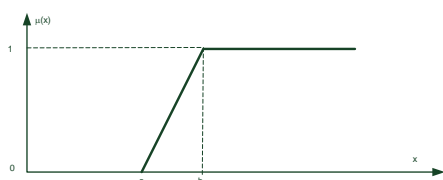
4. Контрольный вопрос. Определите, на каком рисунке отображена Функция принадлежности  $\square$ -класса?



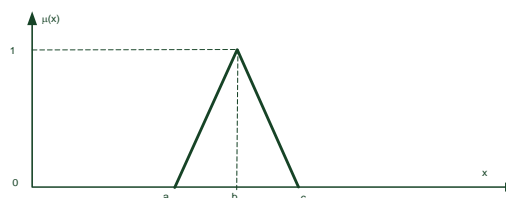
А)



Б)

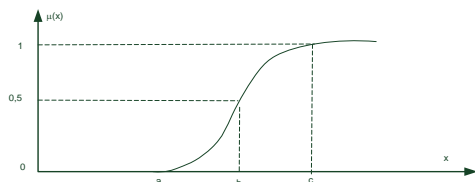


В)

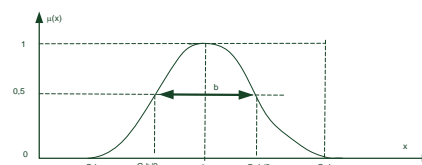


Г)

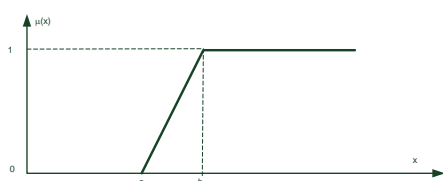
5. Контрольный вопрос. Определите, на каком рисунке отображена Функция принадлежности S-класса?



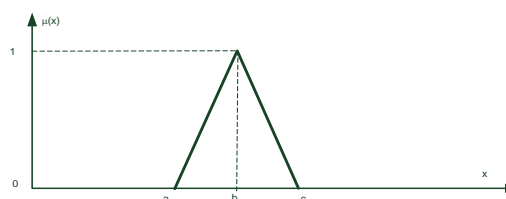
А)



Б)

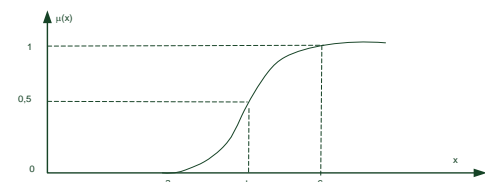


В)

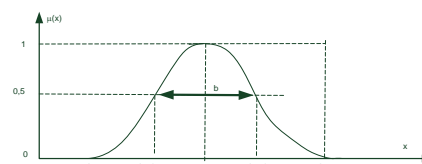


Г)

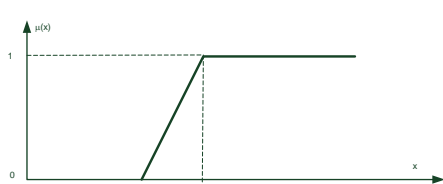
6. Контрольный вопрос. Определите, на каком рисунке отображена Функция принадлежности □-класса?



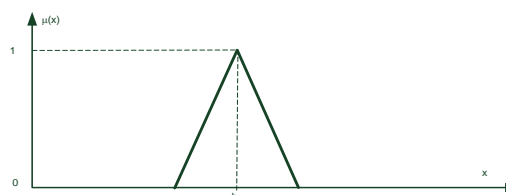
А)



Б)



В)



Г)

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.6)**

1. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \vee \bar{B}) \wedge (\bar{A} \vee B)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$B = \frac{0.1}{0} + \frac{0.15}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.6}{0.6} + \frac{0.9}{0.8} + \frac{1}{1};$$

2. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \wedge \bar{B}) \vee (A \wedge B)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.4}{0.2} + \frac{0.75}{0.4} + \frac{0.5}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{1}{1};$$

$$B = \frac{0.15}{0} + \frac{0.1}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.7}{0.6} + \frac{0.6}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

3. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$A \vee (\bar{B} \wedge A)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$B = \frac{0.1}{0} + \frac{0.25}{0.2} + \frac{0.5}{0.4} + \frac{0.75}{0.6} + \frac{0.8}{0.8} + \frac{0.7}{1};$$

4. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \vee \bar{B}) \otimes B$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$B = \frac{0.1}{0} + \frac{0.15}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.6}{0.6} + \frac{0.9}{0.8} + \frac{1}{1};$$

5. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \wedge B) \vee (C \wedge D)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.4}{0.2} + \frac{0.75}{0.4} + \frac{0.5}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{1}{1};$$

$$B = \frac{0.15}{0} + \frac{0.1}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.7}{0.6} + \frac{0.6}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$C = \frac{0.1}{0} + \frac{0.15}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.6}{0.6} + \frac{0.9}{0.8} + \frac{0.95}{1};$$

$$D = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.7)**

1. Контрольное задание. Используя Matlab сформировать два различных нечетких множества и реализовать их: сложение, вычитание. Вывести на экран все полученные графики.
2. Контрольное задание. Используя Matlab сформировать два различных нечетких множества и реализовать их: вычитание, умножение. Вывести на экран все полученные графики.
3. Контрольное задание. Используя Matlab сформировать два различных нечетких множества и реализовать их: сложение, умножение. Вывести на экран все полученные графики.
4. Контрольное задание. Используя Matlab построить нейронную сеть, реализующую логическую функцию OR.
5. Контрольное задание. Используя Matlab построить нейронную сеть, реализующую логическую функцию XOR.
6. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:

$$y = 5x^3 - 0.5x^2$$

7. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:

$$y = (6x^2 + 1) + \sqrt{x}$$



8. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:

$$y = (\sin(2x)) + x^2$$

9. Контрольное задание. Используя пакет Fuzzy Logic среды Matlab сформировать систему нечеткого вывода Сугено для файла «Привод».

10. Контрольное задание. Используя пакет Fuzzy Logic среды Matlab сформировать систему нечеткого вывода Сугено для файла «Робот».

### **3. Оценочные средства (оценочные материалы) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.1)**

1. Контрольный вопрос. Понятие искусственного интеллекта. Основные направления развития искусственного интеллекта. Основные положения нейрокибернетики. Отличительные свойства искусственных нейронных сетей. Основные подходы создания искусственных нейросетей.
2. Контрольный вопрос. Прагматическое направление развития искусственного интеллекта. Понятие интеллектуальных систем, основанных на теории нечетких множеств и нечеткой логики.
3. Контрольный вопрос. История и становление теории нечеткой логики. Нечеткие множества. Определение функции принадлежности. Основные типы функций принадлежности. Способы задания нечетких множеств. Нечеткость и другие виды неопределенности.
4. Контрольный вопрос. Основные свойства нечетких множеств. Понятие универсума. Носитель НМ. Эквивалентность, высота НМ. Альфа сечение НМ. Определение лингвистических переменных. Нечеткое разбиение базового множества.
5. Контрольный вопрос. Операции с нечеткими множествами. Нечеткие операторы. Алгебраическое пересечение (произведение). Алгебраическое объединение (алгебраическая сумма). Определение треугольной Т-нормы и треугольной Т-конормы.
6. Контрольный вопрос. Нечеткие выводы. Основные правила вывода в нечеткой логике. Агрегирование правил нечеткого вывода. Использование лингвистических переменных в нечетком выводе. Основные этапы нечеткого вывода.
7. Контрольный вопрос. Однослойные нейронные сети. Основные принципы построения систем распознавания образов. Понятие информативных признаков. Метрическое пространство признаков. Пример практического приложения задачи распознавания образов (классификация самолетов на два типа).

8. Контрольный вопрос. Классификация искусственных нейронных сетей. Классификация по виду топологии. Двухмерные многослойные нейронные сети. Классификация ИНС по направлению распространения сигнала.
9. Контрольный вопрос. Обобщенная структурная схема искусственной нейронной сети. Математическое описание многослойных нейронных сетей. Двухслойная нейронная сеть с перекрестными связями.
10. Контрольный вопрос. Алгоритм обучения «с учителем» однослойной нейросети (на примере классификации цифр). Первое правило Хебба. Второе правило Хебба. Дельта-правило и распознавание букв. Дельта-правило.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.4)**

1. Контрольный вопрос. Постановка задачи обучения искусственных нейросетей. Цель обучения ИНС. Виды обучения ИНС. Общие характеристики обучения ИНС «с учителем» и «без учителя».
2. Контрольный вопрос. Применение ИНС для реализации логических операций. Проблема реализации операции XOR с помощью однослойной ИНС. Пример реализации операции XOR с помощью двухслойной ИНС.
3. Контрольный вопрос. Конструирование формируемых нейронных сетей. Постановка задачи аппроксимации произвольной функции ИНС. ИНС – как универсальный аппроксиматор.
4. Контрольный вопрос. Методика проектирования нечетких алгоритмов управления динамическими объектами. Общие принципы построения интеллектуальных систем управления на основе нечеткой логики.
5. Контрольный вопрос. Синтез нечетких регуляторов для управления ЭСП БЛА. Проектирование базы нечетких правил. Этапы проектирования нечеткого регулятора для управления ЭСП.
6. Контрольный вопрос. Синтез нейронной сети для решения нормальной системы дифференциальных уравнений. Интегрирование стационарных систем дифференциальных уравнений. Метод Эйлера. Метод Рунге – Кутты.
7. Контрольный вопрос. Синтез нейронной сети для воспроизведения степенных рядов. Операция умножения двух переменных в нейросетевом базисе. Возведение аргумента в куб в нейросетевом базисе. Пример нейронной сети, воспроизводящей ряд Маклорена из шести членов.
8. Контрольный вопрос. Гибридные нейро-нечеткие сети. Нейросетевые элементы нечетких систем. Пример реализации сигмоидальной функции активации для термов лингвистической переменной.

9. Методика проектирования нечетких алгоритмов управления динамическими объектами. Общие принципы построения интеллектуальных систем управления на основе нечеткой логики.
10. Контрольный вопрос. Пример проектирования нейро-нечеткого наблюдающего устройства состояния силовой системы электрического следящего привода САУ с использованием инструментальных средств среды MatLab. Редактор проектирования нейро-нечеткой системы ANFIS.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.6)**

1. Контрольное задание. Используя Matlab сформировать два различных нечетких множества и реализовать их: сложение, вычитание. Вывести на экран все полученные графики.
2. Контрольное задание. Используя Matlab сформировать два различных нечетких множества и реализовать их: вычитание, умножение. Вывести на экран все полученные графики.
3. Контрольное задание. Используя Matlab сформировать два различных нечетких множества и реализовать их: сложение, умножение. Вывести на экран все полученные графики.
4. Контрольное задание. Используя Matlab построить нейронную сеть, реализующую логическую функцию OR.
5. Контрольное задание. Используя Matlab построить нейронную сеть, реализующую логическую функцию XOR.
6. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:
 
$$y = 5x^3 - 0.5x^2$$
7. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:
 
$$y = (6x^2 + 1) + \sqrt{x}$$
8. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:
 
$$y = (\sin(2x)) + x^2$$
9. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:
 
$$y = x^3 - 9x$$
10. Контрольное задание. Средствами Matlab обучить нейронную сеть для моделирования функции:
 
$$y = (\cos(5x)) + x^2$$

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.7)**

1. Контрольное задание. Для заданной схемы ЭСП (файл “ESP”) средствами Matlab сформировать нечеткий регулятор П-типа.
2. Контрольное задание. Для заданной схемы ЭСП (файл “ESP”) средствами Matlab сформировать нечеткий регулятор ПД-типа.
3. Контрольное задание. Для заданной схемы ЭСП (файл “ESP”) средствами Matlab сформировать нечеткий регулятор ПИ-типа.
4. Контрольное задание. Для заданной схемы ЭСП (файл “ESP”) средствами Matlab сформировать нейронечеткий регулятор ПИД-типа.
5. Контрольное задание. Сформировать в среде Matlab нейронечеткую модель двигателя постоянного тока (файл “DPT”) со случайной нагрузкой.

**4. Оценочные средства (оценочные материалы) для защиты курсовой работы по дисциплине (модулю)**

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.1)**

**1. Контрольный вопрос. Интеллектуальные системы управления – это?**

- А) Системы, способные изменять параметры регулятора или структуру регулятора в зависимости от изменения параметров объекта управления или внешних возмущений, действующих на объект управления.
- Б) Системы, способные к «пониманию» поведения объектов управления, работающих в изменяющихся условиях.
- В) Системы, способные поддерживать экстремальное значение некоторого критерия (например минимальное или максимальное), характеризующего качество функционирования объекта.
- Г) Системы, способные к «пониманию» поведения объектов управления, работающих в не изменяющихся условиях.

**2. Контрольный вопрос.**

Что включают в себя формы явного представления знаний, с которыми ведется работа в экспертных системах?

- А) семантические сети, алгоритмы прямого ввода, нейронные сети;
- Б) продукционные правила, предикаты, семантические сети и фреймобразные структуры;

- В) нечеткая логика, нейронные сети;
- Г) продукционные правила, семантические сети, нейронные сети, предикаты.

3. Контрольный вопрос. Обучающиеся системы управления – это?

- А) Системы, предназначенные для целенаправленного совершенствования структуры и алгоритмов действия на основе анализа накапливаемой в процессе функционирования информации.
- Б) Системы, в которых при внешних возмущениях образуются устойчивые отрицательные и положительные обратные связи, подобно тому, как в природе происходит приспособление живых организмов к различным внешним условиям.
- В) Системы, в которой приспособление к случайно изменяющимся условиям обеспечивается автоматическим изменением параметров настройки или путём автоматического поиска оптимальной настройки.
- Г) Системы, способные поддерживать экстремальное значение некоторого критерия (например минимальное или максимальное), характеризующего качество функционирования объекта.

4. Контрольный вопрос. Что может применяться в качестве знаний в экспертных системах?

- А) экспертные знания;
- Б) знания, полученные из книг, собраний энциклопедий, электронных библиотек, научно-познавательных фильмов, монографий и т.п.;
- В) алгоритмы принятия решений;
- Г) экспертные знания, либо обычные общедоступные знания, которые могут быть получены из книг, журналов и от хорошо осведомленных людей.

5. Контрольный вопрос. Какой тип экспертных систем используются в тех приложениях, где можно не учитывать изменения окружающего мира, происходящие за время решения задачи?

- А) Статические ЭС;
- Б) Квазидинамические ЭС;
- В) Динамические ЭС;
- Г) Дискретные ЭС.

6. Контрольный вопрос. Выходной сигнал персептрона может принимать значения?

- А)  $\{0;1\}$
- Б)  $[-1;1]$
- В)  $\{-1;1\}$

Г)  $[0;1]$

7. Контрольный вопрос. В чем заключаются суть подхода «нечеткой логики»?  
Исключите неверный ответ.

- А) Использование так называемых "лингвистических" переменных вместо обычных числовых переменных или в дополнение к ним.
- Б) Построение (моделирование) естественного интеллекта с помощью компьютерных алгоритмов.
- В) Простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний.
- Г) Сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами

8. Контрольный вопрос. На чём основано распознавание образов?

- А) На принципе абстрагирования
- Б) На выделении различий между образами
- В) На выделении общих свойств у образов
- Г) На распознавании отдельных компонентов образа

9. Контрольный вопрос. В чем заключаются суть подхода «нечеткой логики»?  
Исключите неверный ответ.

- А) Использование так называемых "лингвистических" переменных вместо обычных числовых переменных или в дополнение к ним.
- Б) Построение (моделирование) естественного интеллекта с помощью компьютерных алгоритмов.
- В) Простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний.
- Г) Сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами.

10. Контрольный вопрос. Какие утверждения справедливы для операций над нечеткими множествами?

- А) коммутативность операций объединения и пересечения нечетких множеств;
- Б) ассоциативность операции объединения и пересечения нечетких множеств;
- В) действие законов Моргана;
- Г) все перечисленные.

11. Контрольный вопрос. Самоорганизующиеся системы управления – это?

- А) Системы, предназначенные для целенаправленного совершенствования структуры и алгоритмов действия на основе анализа накапливаемой в процессе функционирования информации.
- Б) Системы, в которых при внешних возмущениях образуются устойчивые отрицательные и положительные обратные связи, подобно тому, как

в природе происходит приспособление живых организмов к различным внешним условиям.

В) Системы, в которой приспособление к случайно изменяющимся условиям обеспечивается автоматическим изменением параметров настройки или путём автоматического поиска оптимальной настройки.

Г) Системы, корректирующие устройства которых можно рассматривать как структуру, выполняющую роль «учителя» управляющего устройства, включенного в основной контур.

**Перечень контрольных заданий и (или) вопросов для оценки сформированности компетенции ПК-5 (контролируемый индикатор достижения компетенции ПК-5.7)**

1. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \vee \bar{B}) \wedge (\bar{A} \vee B)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$B = \frac{0.1}{0} + \frac{0.15}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.6}{0.6} + \frac{0.9}{0.8} + \frac{1}{1};$$

2. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \wedge \bar{B}) \vee (A \wedge B)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.4}{0.2} + \frac{0.75}{0.4} + \frac{0.5}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{1}{1};$$

$$B = \frac{0.15}{0} + \frac{0.1}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.7}{0.6} + \frac{0.6}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

3. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$A \vee (\bar{B} \wedge A)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$B = \frac{0.1}{0} + \frac{0.25}{0.2} + \frac{0.5}{0.4} + \frac{0.75}{0.6} + \frac{0.8}{0.8} + \frac{0.7}{1};$$

4. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \vee \bar{B}) \otimes B$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$B = \frac{0.1}{0} + \frac{0.15}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.6}{0.6} + \frac{0.9}{0.8} + \frac{1}{1};$$

5. Контрольное задание. Найти результирующее множество и построить график функции:

$$(A \wedge B) \vee (C \wedge D)$$

из двух нечетких множеств:

$$A = \frac{0}{0} + \frac{0.4}{0.2} + \frac{0.75}{0.4} + \frac{0.5}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{1}{1};$$

$$B = \frac{0.15}{0} + \frac{0.1}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.7}{0.6} + \frac{0.6}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

$$C = \frac{0.1}{0} + \frac{0.15}{0.2} + \frac{0.25}{0.4} + \frac{0.6}{0.6} + \frac{0.9}{0.8} + \frac{0.95}{1};$$

$$D = \frac{0}{0} + \frac{0.2}{0.2} + \frac{0.35}{0.4} + \frac{0.45}{0.6} + \frac{0.85}{0.8} + \frac{0.9}{1};$$

6. Контрольное задание.

Пусть заданы два множества действительных чисел  $X$  и  $Y$ .

Отобразить с помощью бинарного отношения функциональную зависимость:

$$y = 2x + 1$$

на интервале значений переменных от 0 до 10 с шагом 1.

7. Контрольное задание.

Задано нечеткое множество  $C$  и нечеткое отношение  $R$ . Требуется найти композицию нечеткого множества и нечеткого отношения:



$$A = C \circ R.$$

Нечеткое множество С определяется выражением:

$$C(x) = 0,1/1 + 0,7/2 + 0,4/3 + 0,8/4.$$

Нечеткое отношение R определяется:

	$y_1$	$y_2$	$y_3$
$x_1$	0,3	0,1	0,7
$x_2$	0,8	0,9	0,5
$x_3$	0,5	0,2	0,8
$x_4$	0,1	0,7	0,9

8. Контрольное задание.

Доказать справедливость логической формулы используя метод резолюций:

$$\overline{\overline{D \cup \overline{B} \cap (B \rightarrow C) \cap C}} = D \cup \overline{C}$$

9. Контрольное задание.

На основании критерия истинности выбрать правило для включения в таблицу лингвистических правил

R1 : если ( $X_1 = P_1$ ) и ( $X_2 = N_1$ ), то ( $U = Z_1$ ) ;

R2 : если ( $X_1 = P_2$ ) и ( $X_2 = N_1$ ), то ( $U = Z_0$ ) ;

R3 : если ( $X_1 = P_1$ ) и ( $X_2 = N_1$ ), то ( $U = Z_2$ ) ;

При этом известны:

$$\mu_{P_1}(x_1) = 0.7; \quad \mu_{N_1}(x_2) = 0.3; \quad \mu_{P_2}(x_1) = 0.3; \quad \mu_{N_1}(x_2) = 0.3;$$

$$\mu_{Z_1}(u) = 0.4; \quad \mu_{Z_2}(u) = 0.2; \quad \mu_{Z_0}(u) = 0.1;$$

10. Контрольное задание. Допустим, в процессе работы НЛР, реализующего метод вывод Сугено, оказываются активными два правила из ТЛП:

R1 : если ( $Y_1 = P_1$ ) и ( $X_2 = N_1$ ), то ( $U = -12$ ) ;

R2 : если ( $Y_1 = P_2$ ) и ( $X_2 = N_2$ ), то ( $U = -27$ ) ;

При этом известны:

$$\mu_{P_1}(y_1) = 0.7; \quad \mu_{N_1}(x_2) = 0.3; \quad \mu_{P_2}(y_1) = 0.3; \quad \mu_{N_2}(x_2) = 0.3;$$

Требуется рассчитать значение выходной переменной.

11. Контрольный вопрос. Зачем рекомендуется выполнять нормирование физических переменных в НЛР?
12. Контрольный вопрос. От чего зависит количество правил в НЛР?
13. Контрольный вопрос. Каким образом можно сократить общее количество правил в НЛР?
14. Контрольный вопрос. Что такое "нечеткий" супервизор?
15. Контрольный вопрос. Какие существуют варианты настройки "нечеткого" супервизора?