

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Системотехника»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине

«М 1.3.1.2 Модели и методы обучения нейронных систем»

направления подготовки

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»

Магистерская программа «Автоматизированные системы

обработки информации и управления»

квалификация (степень) выпускника: магистр

форма обучения – очная

курс – 1

семестр – 1

зачетных единиц – 7

часов в неделю – 2

всего часов – 252,

в том числе:

лекции – 14

коллоквиумы – 4

практические занятия – 18

лабораторные занятия – не предусмотрены

самостоятельная работа – 216

зачет – не предусмотрен

экзамен – 1 семестр

РГР – не предусмотрена

курсовая работа – 1 семестр

курсовой проект – не предусмотрен

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Учебная дисциплина «Модели и методы обучения нейронных систем» реализует требования федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Основной целью дисциплины является формирование у студентов знаний в области применения моделей искусственных нейронных систем к различным задачам и принципам их построения.

Задачи дисциплины направлены на знакомство с современными направлениями исследований в области искусственных нейронных систем, изучение методики синтеза, принципов их построения и применения к задачам анализа данных, распознавания образов, принятия решений, кластеризации, прогнозирования, аппроксимации и сжатия данных.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина относится к блоку М.1.3 Дисциплины по выбору.

Знания, приобретенные в курсе «Модели и методы обучения нейронных систем» могут быть использованы в дисциплине М.1.3.3.2 «Модели представления знаний в интеллектуальных системах», в дальнейшем при выполнении программы магистерской подготовки, при научно-исследовательской работе, а также в профессиональной деятельности.

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

1. знание методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности (ПК-3);
2. способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации (ПК-12).

Магистрант должен знать:

- методы оптимизации, включая основные понятия и модели теории нейронных сетей (ПК-3);
- методы и алгоритмы решения задач профессиональной деятельности на основе теории нейронных сетей (ПК-12).

Магистрант должен уметь:

- применять методы оптимизации при решении задач профессиональной деятельности на основе теории нейронных сетей (ПК-3);

- проводить анализ предметной области и определять задачи управления и проектирования объектов автоматизации, для решения которых целесообразно использование механизма нейронных систем (ПК-12).

Магистрант должен владеть:

- методами оптимизации, включая теорию нейронных сетей (ПК-3);
- навыками моделирования нейронных систем на ЯВУ или с помощью ППП Matlab (ПК-12);
- принципами создания нейронных систем и их структурных особенностей в зависимости от особенностей решаемой задачи (ПК-12).

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ модуля	№ недели	№ темы	Наименование темы	Часы				
				Всего	Лекции и колл.	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1-2	1	Основные понятия нейронных систем	26	2	-	-	24
1	3-6	2	Нейронные сети прямого распространения	44	4	-	6	32
1	7-10	3	Реккурентные сети	30	4	-	4	24
1	11-12	4	Нейронные сети на основе радиальных базисных функций	34	2	-	4	32
2	13-14	5	Карты самоорганизации Кохонена	40	2	-	4	32
2	15-16	6	Генетические алгоритмы	34	2	-	-	32
2	17-18	7	Нечетко-нейронные системы	42	2	-	-	40
Всего				252	18	-	-	216

#### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	<b>Основные понятия нейронных систем.</b> Биологические предпосылки возникновения искусственных нейронных сетей. Биологически правдоподобные модели нейронов. Модели визуального восприятия. Типы функций активации нейронов. Представление нейронных сетей с помощью направленных графов. Архитектура	1, 3, 15 «1.1. Лекции»

			сетей. Сети прямого распространения. Рекуррентные сети. Обучение нейронных сетей. Обучение с учителем. Обучение без учителя.	
2	4	2-3	<b>Нейронные сети прямого распространения.</b> Однослойный персептрон. Обучение персептрона. Методы безусловной оптимизации. Метод наискорейшего спуска. Многослойный персептрон. Алгоритм обратного распространения ошибки. Проблемы алгоритма.	1, 3, 15 «1.1. Лекции»
3	2	4	<b>Сети с обратными связями.</b> Сети Хопфилда. Машина Больцмана. Метод имитации отжига.	1, 3, 15 «1.1. Лекции»
3	2	5	<b>Рекуррентные сети.</b> Архитектуры рекуррентных сетей. Вычислительная мощность. Слои Кохонена. Слои Гроссберга. Алгоритмы обучения. Сжатие данных.	1, 3, 15 «1.1. Лекции»
4	2	6	<b>Нейронные сети на основе радиальных базисных функций.</b> Многомерные функции Гаусса. Обобщенные сети на основе радиальных базисных функций. Обучение радиальных сетей. Свойства аппроксимации радиальных базисных сетей.	1, 3, 15 «1.1. Лекции»
5	2	7	<b>Карты самоорганизации Кохонена.</b> Карты самоорганизации. Варианты самоорганизующихся карт. Обучение сетей Кохонена. <b>Применение нейронных систем.</b> Алгоритм решения задач с помощью нейронной сети. Области применения и задачи, решаемые нейронными сетями.	1, 3, 4, 15 «1.1. Лекции»

## 6. Содержание коллоквиумов

В рамках проведения коллоквиумов предлагается подготовить устный доклад по предложенной теме.

№ темы	Всего часов	№ коллоквиума	Тема коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на коллоквиуме	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
6	2	1	<b>Генетические алгоритмы.</b> Основные понятия. Классический ГА. Эволюционные алгоритмы. Эволюционные алгоритмы в нейронных системах. Независимое применение ГА и нейронные систем. Нейронные системы для поддержки ГА. ГА для поддержки нейронных систем. Применение ГА для обучения нейронных систем. ГА для выбора топологии нейронных систем.	6, 13

7	2	2	<b>Нечетко-нейронные системы.</b> Система нечеткого вывода. Нечеткое управление. Процедуры фазификации и дефазификации. Модули нечетко-нейронного управления типа Такаги-Сугено.	2, 6, 13
---	---	---	---	----------

## 7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
2	2	Персептрон	5, 15 «2.1. МУ по проведению практических занятий»
2	4	Линейные сети	5, 15 «2.1. МУ по проведению практических занятий»
3	4	Реккурентные сети	5, 15 «2.1. МУ по проведению практических занятий»
4	4	Радиально-базисные сети	5, 15 «2.1. МУ по проведению практических занятий»
5	4	Сети Кохонена	5, 15 «2.1. МУ по проведению практических занятий»

Отчет по практической работе должен содержать тему, краткую теоретическую и развернутую практическую части, с подробными комментариями ко всем этапам моделирования, объем не менее 4 страниц.

## 8. Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены учебным планом.

## 9. Задания для самостоятельной работы студентов

Текущая самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине «Модели и методы обучения нейронных систем», направленная на углубление и закрепление знаний студента, на развитие практических умений, включает в себя следующие виды работ:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам, вынесенным на самостоятельную проработку;
- подготовка к коллоквиумам, практическим занятиям, курсовой работе и экзамену.

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	24	Обучение нейронных сетей. Обучение на основе памяти. Обучение Хебба. Математические модели предложенного Хеббом механизма модификации синаптической связи. Конкуренционное обучение. Обучение Больцмана.	1, 3, 4
2	32	Обучение перцептрона. Метод Ньютона. Метод Гаусса-Ньютона. Взаимосвязь перцептрона и байесовского классификатора. Многослойный перцептрон. Извлечение признаков. Линейный дискриминант Фишера. Сети свертки. Негradientные методы обучения многослойных нейронных сетей. Стохастические методы обучения нейронных сетей. Больцмановское обучение. Метод Коши. Метод искусственной теплоемкости. Трудности обучения.	1, 3, 4
3	24	Нейронная сеть как ассоциативная память. Адаптивная резонансная теория. Архитектура и работа. Модель Гросберга-Карпентера (ART-1). Обучение ART-сетей. Проблема пластично-стабильного восприятия ART-сетей.	1, 3, 4
4	32	Теорема Ковера о разделимости множеств. Разделяющая способность поверхности. Задача интерполяции. Теория регуляризации. Функция Грина. Решение задачи регуляризации. GRNN-сети. PNN-сети.	1, 3, 4
5	32	Анализ признаков на основе самоорганизации. Структура анализа главных компонент. Представление данных. Сокращение размерности. Фильтр Хебба для выделения максимальных собственных значений. Анализ главных компонент на основе правила Хебба. LVQ-сети.	1, 3, 4
6	32	Генетические алгоритмы. Кодирование параметров в ГА. Модификации классического ГА. Эволюционные алгоритмы в нейронных системах. Адаптивные взаимодействующие системы.	6, 13
7	40	Нечеткие множества. Операции на нечетких множествах. Нечеткие числа. Нечеткие отношения и их свойства. Нечеткий вывод. Модули нечетко-нейронного управления. Модуль нечетко-нейронного управления со структурой, определенной в процессе дефаззификации. Модуль нечеткого управления с нейронной сетью для выполнения дефаззификации. Модуль нечеткого управления с возможностью коррекции правил.	2, 6, 13

## 10. Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа не предусмотрена учебным планом.

## 11. Курсовая работа

В рамках курсовой работы предлагается реализовать одну из рассматриваемых в курсе модель и/или метод обучения нейронной системы на ЯВУ или с помощью ППП Matlab.

Цель работы – изучение методов синтеза нейронных систем и их практическое применение.

### Краткие теоретические сведения

GUI-интерфейс – это специальное инструментальное средство организации диалога с пользователем. Это, например, пакет по нейронным сетям, в состав которого входит инструментальное средство *NNTool*. Этот графический интерфейс позволяет, не обращаясь к командному окну системы *MATLAB*, выполнять создание, обучение, моделирование, а также импорт и экспорт нейронных сетей и данных, используя только инструментальные возможности GUI-интерфейса. Однако такие инструменты наиболее эффективны лишь на начальной стадии работы с пакетом, поскольку имеют определенные ограничения. В частности, интерфейс *NNTool* допускает работу только с простейшими однослойными и двухслойными нейронными сетями, но при этом пользователь выигрывает во времени и эффективности решения прикладных задач.

Вызов GUI-интерфейса *NNTool* осуществляется командой *nntool* из командной строки. После вызова появляется окно *Network/Data Manager (Управление сетью/данными)* (рис. 1).

Здесь имеются следующие области и кнопки:

***Inputs*** – последовательность входов;

***Targets*** – последовательность целей;

***Input Delay States*** – начальные условия линии задержки входов;

***Networks*** – список нейронных сетей;

***Outputs*** – последовательность выходов;

***Errors*** – последовательности ошибок сети;

***Layer Delay States*** – начальные условия линии задержки слоя;

***Help*** – кнопка вызова окна подсказки (рис. 2);

***New Data...*** – кнопка вызова окна формирования данных (рис. 3);

***New Network...*** – кнопка вызова окна создания новой нейронной сети (рис. 4);

***Import...*** – кнопка вызова окна импорта или загрузки данных (рис. 5);

***Export...*** – кнопка вызова окна экспорта или загрузки данных в файл (рис. 6).

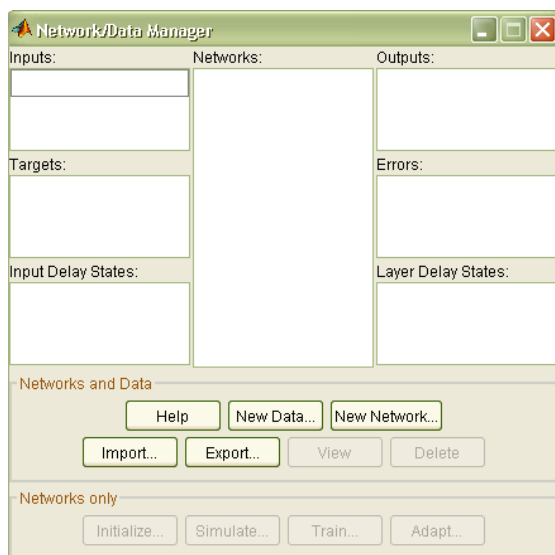


Рис. 1. Окно управления сетью/данными

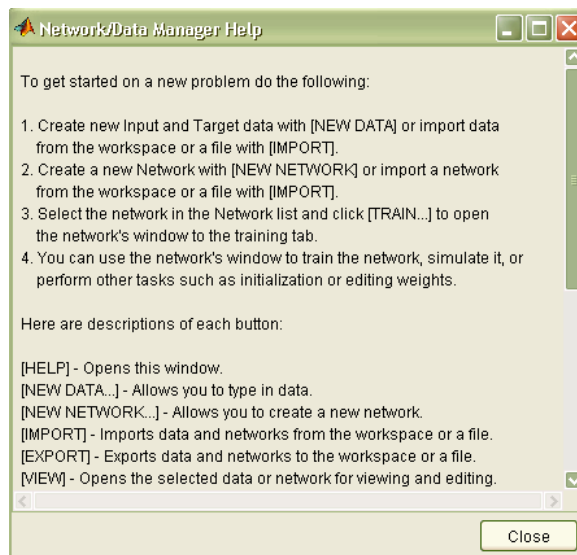


Рис. 2. Окно подсказки

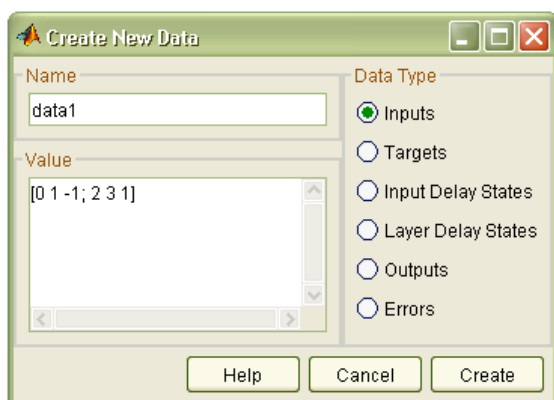


Рис. 3. Окно форматирования данных

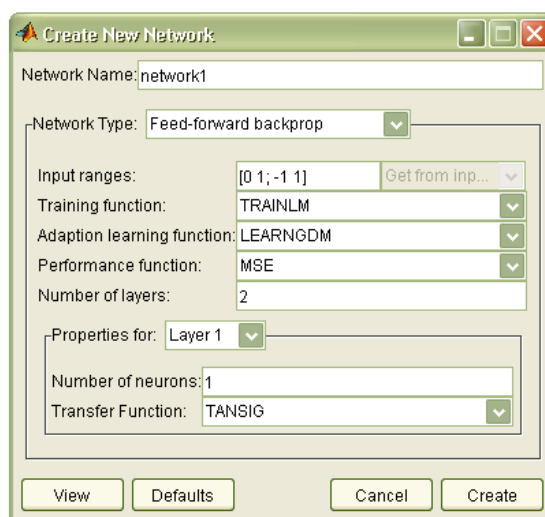


Рис. 4. Окно создания новой нейронной сети

Кнопки *View*, *Delete* становятся активными только после создания и активизации данных, относящихся к последовательностям входа, цели, выхода или ошибок сети. Кнопка *View* позволяет просмотреть, а кнопка *Delete* удалить активизированные данные.

Кнопки *View*, *Delete*, *Initialize...*, *Simulate...*, *Train...*, *Adapt...* становятся активными после создания и активации самой нейронной сети. Они позволяют просмотреть, удалить, инициализировать, промоделировать, обучить или адаптировать нейронную сеть.

Окно подсказки (*Network/Data Manager Help*) показано на рис. 2. и описывает правила работы диспетчером *Network/Data Manager* при создании нейронной сети.

При создании нейронной сети, необходимо выполнить следующие операции:



- 1) сформировать последовательность входов и целей (кнопка *New Data*) либо загрузить их из рабочей области системы *MatLab* или из файла (кнопка *Import*);
- 2) создать новую нейронную сеть (кнопка *New Network*) либо загрузить ее из рабочей области систем *MatLab* или из файла (кнопка *Import*);
- 3) выбрать тип нейронной сети и нажать кнопку *Train...*, чтобы открыть окно для задания параметров процедуры обучения;
- 4) открыть окно ***Network*** для просмотра, инициализации, моделирования, обучения и адаптации сети.

Окно формирования данных (***Create New Data***) показанное на рис. 3, содержит две области редактирования текста для записи имени вводимых данных (область *Name*) и ввода самих данных (область *Value*), а также 6 кнопок для указания типа вводимых данных:

*Inputs* (Входы) – последовательность значений входов;

*Targets* (Цели) – последовательность значений целей;

*Input Delay States* (Состояния ЛЗ входа) – начальные условия линии задержки на входе;

*Layer Delay States* (Состояния ЛЗ слоя) – начальные условия линии задержки в слое;

*Outputs* – последовательность значений выходов сети;

*Errors* – разность значений целей и выходов.

Окно создания новой нейронной сети (***Create New Network***) показано на рис. 4 и включает поля для задания параметров создаваемой сети. В зависимости от типа сети количество полей и их названия изменяются.

Приведем описания полей.

***Network Name* (Имя сети)** – стандартное имя сети, присваиваемое GUI-интерфейсом *NNTool*; в процессе создания новых сетей порядковый номер будет изменяться автоматически.

***Network Type* (Тип сети)** – список сетей, доступных для работы с интерфейсом *NNTool*. Для удобства этот список повторен в табл. 1. Интерфейс *NNTool* позволяет создавать нейронные сети только с одной или двумя слоями.

Таблица 1. Типы сетей, доступных с интерфейсом *NNTool*

№	Тип сети	Название сети	Число слоев
1	Competitive	Конкурирующая сеть	1
2	Cascade-forward backprop	Каскадная сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки	2
3	Elman backprop	Сеть Элмана с обратным распространением ошибки	2
4	Feed-forward backprop	Сеть с прямым распространением сигнала и обратным распространением ошибки	2
5	Time delay backprop	Сеть с запаздыванием и обратным распространением ошибки	2
6	Generalized	Обобщенная регрессионная сеть	2

	regression		
7	Hopfield	Сеть Хопфилда	1
8	Linear layer (design)	Линейный слой (создание)	1
9	Linear layer (train)	Линейный слой (обучение)	1
10	LVQ	Сеть для классификации входных векторов	2
11	Perceptron	Персептрон	1
12	Probabilistic	Вероятностная сеть	2
13	Radial basis (exact fit)	Радиально базисная сеть с нулевой ошибкой	2
14	Radial basis (fewer neurons)	Радиально базисная сеть с минимальным числом нейронов	2
15	Self organizing map	Самоорганизующаяся карта Кохонена	1

*Примечание:*

- 1) для сетей 2, 3, 7 в данной версии *NNTool* не обеспечивается просмотр структурных схем;
- 2) сети 5, 9 допускают введение линий задержек на входе;
- 3) сети 3 допускают введение линий задержек в слое;
- 4) сети с двумя слоями имеют последовательную структуру, когда выход первого слоя служит входом второго слоя. Исключение составляют сети 3, которые допускают наличие обратной связи в первом слое и передачу входного сигнала на входы обоих слоев.

***Input ranges (Диапазон входа)*** – допустимые границы входов, которые либо назначаются пользователем, либо определяются автоматически по имени входной последовательности, выбираемой из списка Get from Inp...

***Training function (Функция обучения)*** – список обучающих функций.

***Performance function (Функция качества обучения)*** – список функций оценки качества обучения.

***Number of layers (Количество слоев)*** – количество слоев нейронной сети.

***Properties for (Свойства)*** – список слоев.

***Number of neurons (Количество нейронов)*** – количество нейронов в слое.

***Transfer function (Функция активации)*** – функции активации слоя.

Окно для импорта и загрузки данных показано на рис. 5.

***Source (Источники)*** – поле для выбора источника данных. Это либо рабочая область системы *MatLab* (кнопка выбора *Input from Matlab Workspace*), либо файл (кнопка выбора *Load from disk file*).

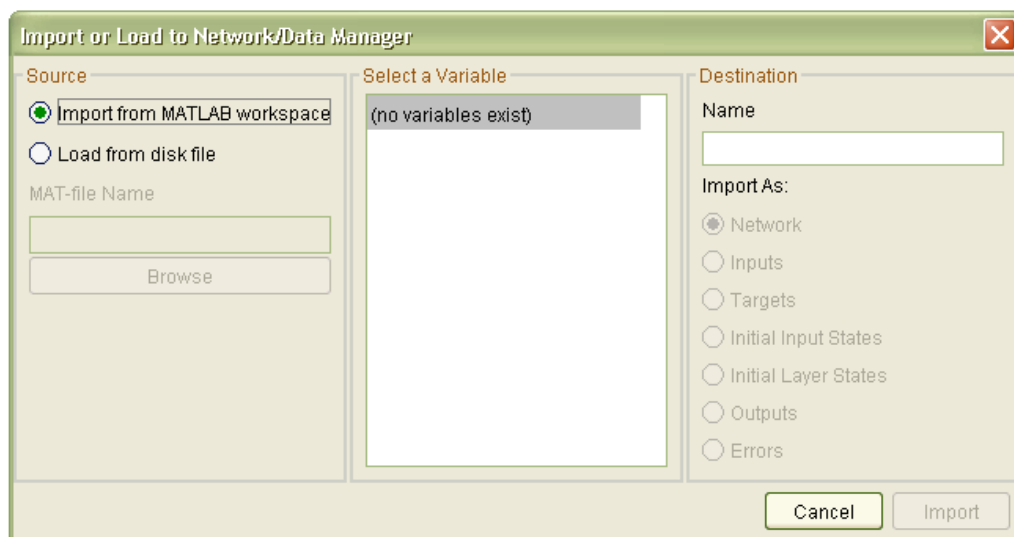


Рис. 5. Окно для импорта и загрузки данных

Если выбрана первая кнопка, то в поле *Select a Variable* можно увидеть все переменные рабочей области, и, выбрав одну из них, например *x*, можно передать ее в поле *Destination (Назначение)* как последовательность входа *Inputs (Входы)*.

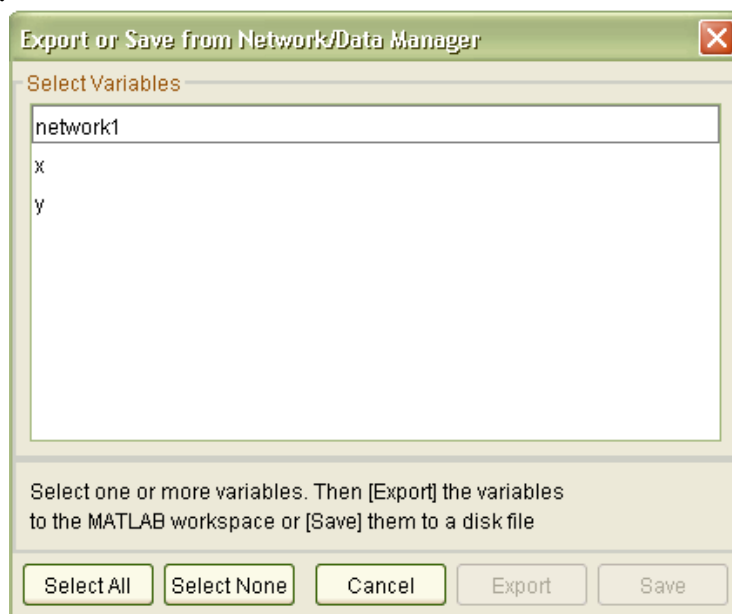


Рис. 6. Окно для экспорта или записи данных в файл

При выборе кнопки *Load from disk file* активизируется поле *MAT-file Name* и кнопка *Browse*, что позволяет начать поиск и загрузку файла из файловой системы.

Окно для экспорта или записи данных в файл (*Export or Save from Network/Data Manager*) показано на рис. 6 и позволяет передавать данные из рабочей области GUI-интерфейса *NNTool* в рабочую область системы *MatLab* или записать их в виде файла на диске.

Диалоговая панель *Network* показана на рис. 7.

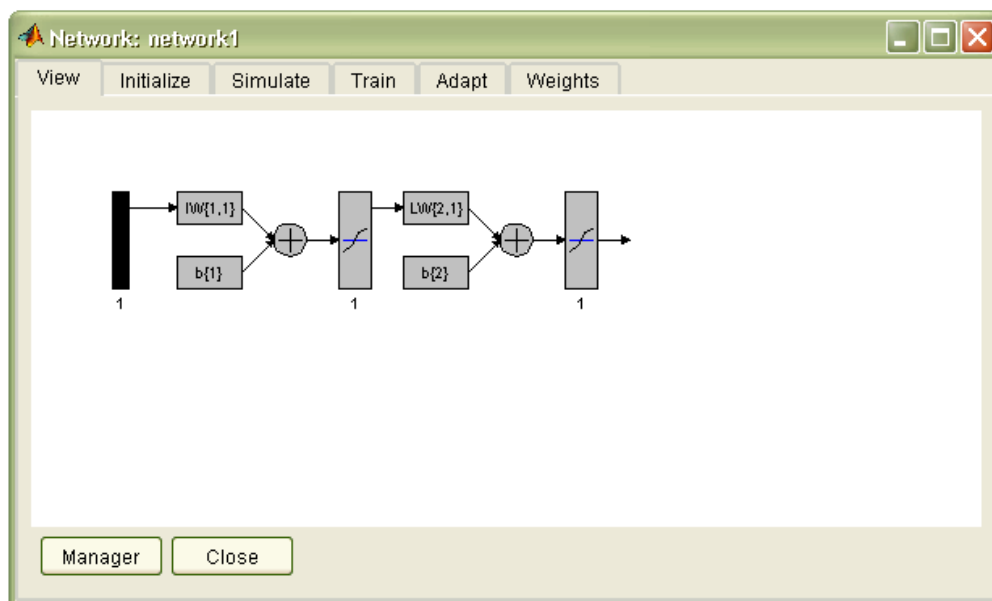


Рис. 7. Диалоговая панель Network

Данная диалоговая панель открывается только в том случае, когда в окне *Network/Data Manager* выделена созданная сеть и становятся активными кнопки *View*, *Initialize*, *Simulate*, *Train*, *Adapt*.

Панель имеет 6 закладок:

**View (Просмотреть)** – структура сети;

**Initialize (Инициализация)** – задание начальных весов и смещений;

**Simulate (Моделирование)** – моделирование сети;

**Train (Обучение)** – обучение сети;

**Adapt (Адаптация)** – адаптация и настройка параметров сети;

**Weights (Весы)** – просмотр установленных весов и смещений.

**Пример.** Создадим, используя графический интерфейс пользователя, нейронную сеть для выполнения операции  $y=x^2$  при задании векторов входа

$$x = [-1 \ -0.8 \ -0.5 \ -0.2 \ 0 \ 0.1 \ 0.3 \ 0.6 \ 0.9 \ 1]$$

и цели

$$y = [1 \ 0.64 \ 0.25 \ 0.4 \ 0 \ 0.01 \ 0.09 \ 0.36 \ 0.81 \ 1].$$

Откроем с помощью функции *nntool* основное окно интерфейса, затем сформируем последовательность входов и целей в рабочей области GUI-интерфейса, используя окно *Create New Data*.

С этой целью сначала нажмем кнопку *New Data* и далее – в поле *Name* окна *Create New Data* – введем сначала имя переменной  $x$ , затем – в области значений *Value* – вектор значений  $[-1 \ -0.8 \ -0.5 \ -0.2 \ 0 \ 0.1 \ 0.3 \ 0.6 \ 0.9 \ 1]$  и, используя радиокнопку *Inputs* (в правой части окна), укажем тип переменных (*Inputs* - Входы). Ввод завершим нажатием радиокнопки *Create* (Создать).

Аналогичную операцию сделаем для вектора  $y$  с указанием (с помощью радиокнопки *Targets*), что это – вектор целевых данных.

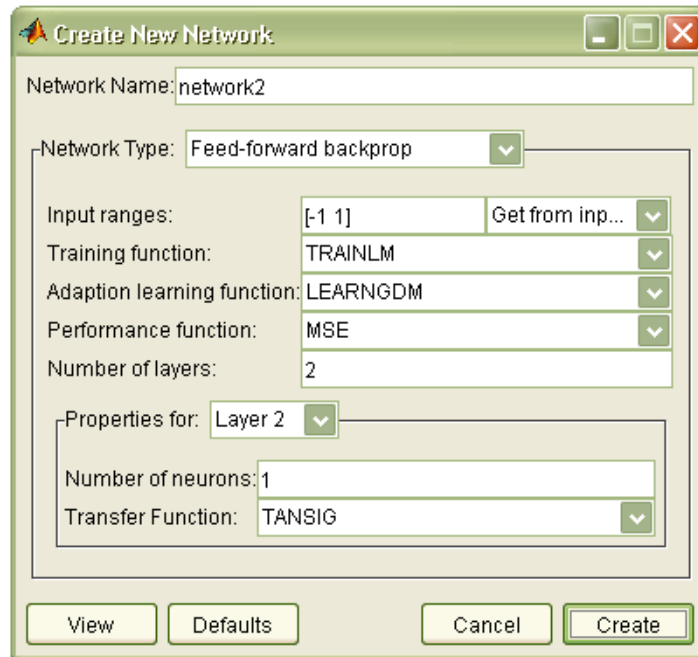


Рис. 8. Окно создания нейронной сети

Создадим новую нейронную сеть. Для этого в окне *Network/Data Manager* нажмем кнопку *New Network*. В открывшемся окне *Create New Network* выберем нейронную сеть типа *Feed-forward backprop* с прямой передачей сигнала и обратным распространением ошибки (см. выше). При создании сети сохраним ей имя, даваемое по умолчанию (*network1*), диапазон входов определим (в окне *Create New Network*) с помощью опции *Get from input*, а количество нейронов (*Number of neurons*) первого слоя (*Layer 1*) установим равным двум. Остальные установки при создании сети оставим по умолчанию (рис. 8). Создание сети завершим нажатием кнопки *Create*.

После этого в окне *Network/Data Manager*, в области *Networks* появится имя новой созданной сети – *network1*. Выберем это имя с помощью мышки, что ведет к активации всех кнопок указанного окна.

Выполним инициализацию сети, для чего с помощью кнопки *Initialize...* выберем вкладку *Initialize*. Это приведет к открытию диалоговой панели, показанной на рис. 9.

Для ввода установленных диапазонов и инициализации весов воспользуемся кнопками *Set Ranges* (Установить диапазоны) *Initialize Weights* (Инициализировать веса). Если требуется вернуться к прежним диапазонам, то следует выбрать кнопки *Revert Ranges* (Вернуть диапазоны) и *Revert Weights* (Вернуть веса), но в условиях примера это не нужно.

Затем выполняется обучение сети, для чего выбирается закладка *Train* и открывается диалоговая панель, показанная на рис. 10.

Панель имеет три закладки:

- 1) *Training Info* (Информация об обучающих последовательностях) – рис. 10;

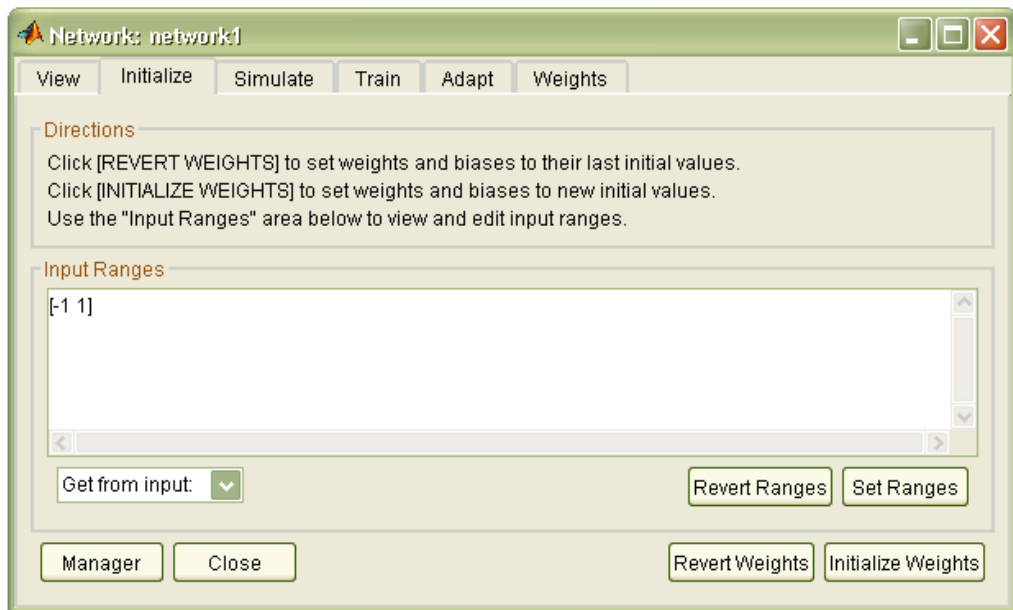


Рис. 9. Окно инициализации параметров сети

2) *Training Parameters* (Параметры обучения) – рис. 11;

3) *Optional Info* (Дополнительная информация) – рис. 12;

Последняя закладка применяется, когда в процессе обучения используются контрольная и тестовая последовательности.

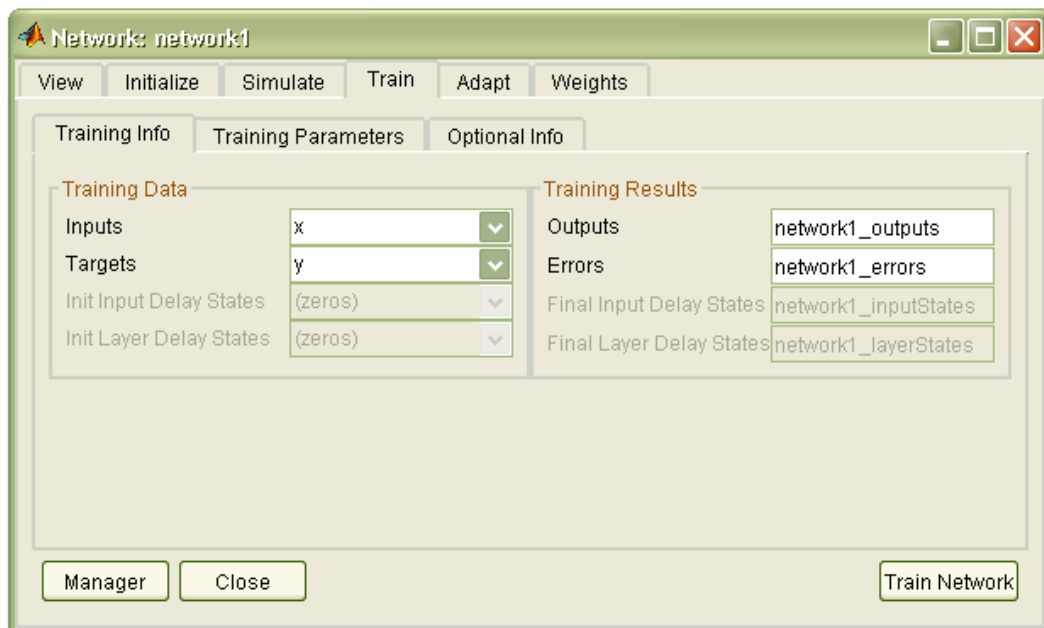


Рис. 10. Окно информации об обучающих последовательностях



Рис. 11. Окно с информацией о параметрах обучения

Применяя эти закладки, можно установить имена последовательностей входа и цели (на вкладке *Training Info* – в левой ее части необходимо указать  $x$  и  $y$ ), а также значения параметров процедуры обучения (на вкладке *Training Parameters*; в условиях примера сохраняем значения по умолчанию).

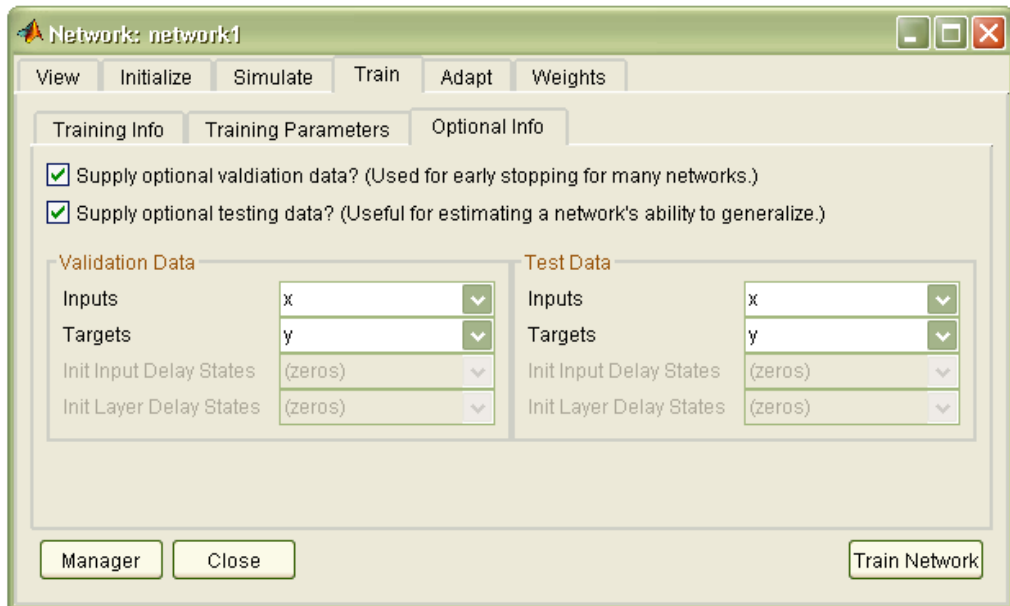


Рис. 12. Окно дополнительной информации

Теперь нажатие кнопки *Train Network* вызывает обучение сети. Качество обучения сети на выбранной обучающей последовательности поясняется рис. 13. Видно, что к концу процесса обучения ошибка становится очень малой.

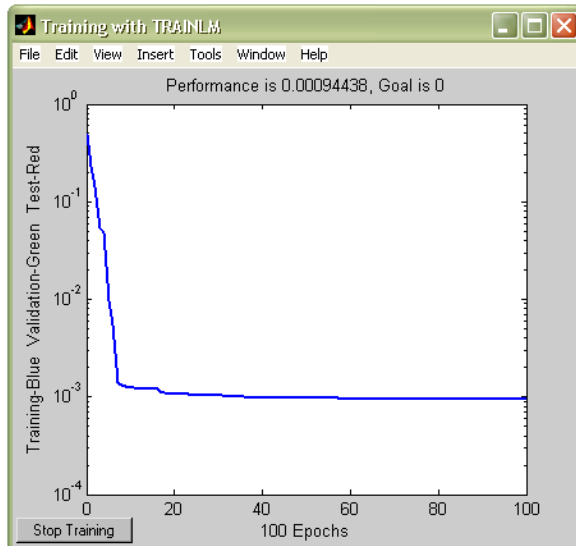


Рис. 13. Изменение ошибки сети в процессе обучения

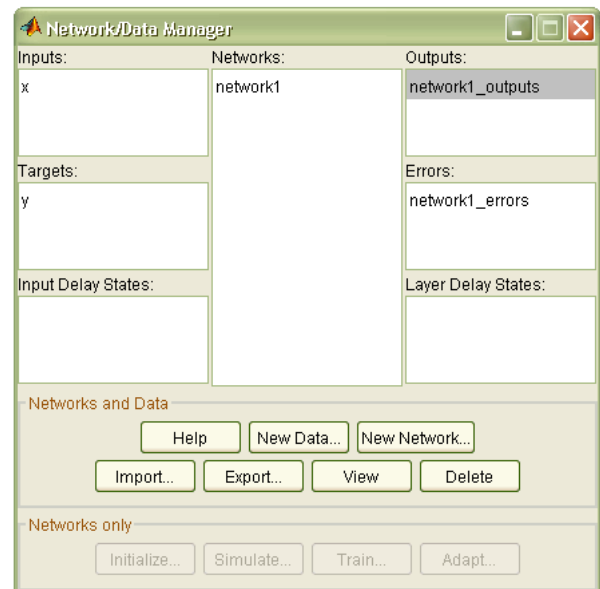


Рис. 14. Окно Network/Data Manager

Результаты обучения можно просмотреть в окне *Network/Data Manager*, выбрав кнопку *Manager*. Появится окно (рис. 14), в котором, активизируя имена последовательностей выходов *network1\_outputs* или ошибок *network1\_errors*, можно просмотреть результаты, используя кнопку *View*.

Следует отметить, что в данном случае точность аппроксимации, заданной функции получилась не очень высокой – максимальная абсолютная погрешность составляет 0.055, относительная – 5.5%, в чем можно убедиться, просмотрев значения ошибок *network1\_errors* или выходов *network1\_outputs* сети (рис. 15).

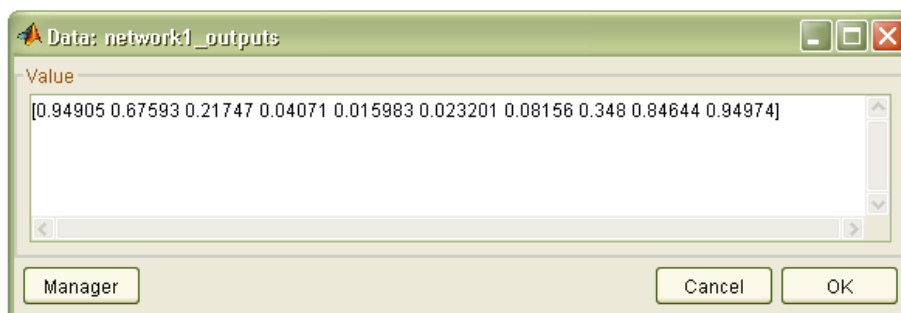


Рис. 15. Значения выходов сети

Для просмотра структурной схемы сети необходимо, выбрав имя сети (*network1*), воспользоваться кнопкой *View* (рис. 16).

При необходимости можно экспортировать созданную нейронную сеть в рабочую область системы *MatLab* (нажав кнопку *Export* и далее, в открывшемся окне *Export or Save from Network/Data Manager* – кнопки *Select All* (Выбрать все) и *Export*) и получить информацию о весах и смещениях непосредственно в рабочем окне системы, выполнив команду:

```
>> network1.IW{1,1}, network1.b{1};
```



```
ans=
    1.9568
    1.9603
ans=
   -3.0678
    3.2779
```

и команду:

```
>> network1.IW{2,1}, network1.b{2};
ans=
    []
ans=
   23.4859
```

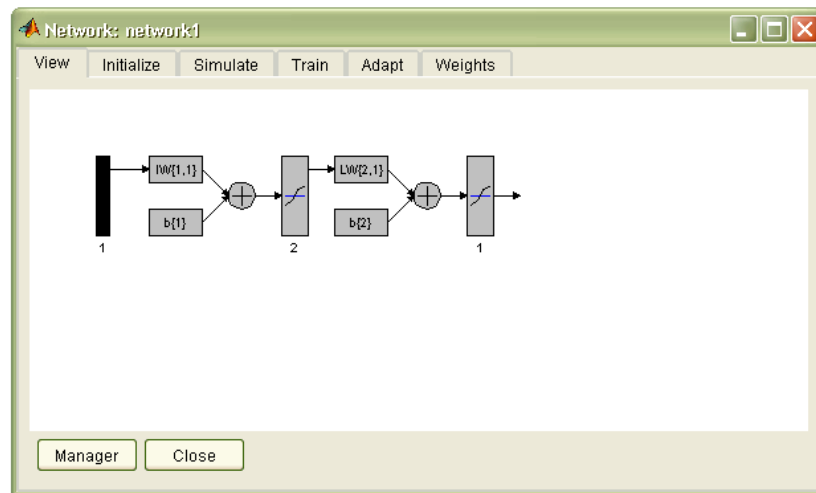


Рис. 16. Структурная схема созданной сети

Теперь можно построить модель НС в среде Simulink и отобразить ее схему (рис. 17):

```
>> gensim(network1)
```

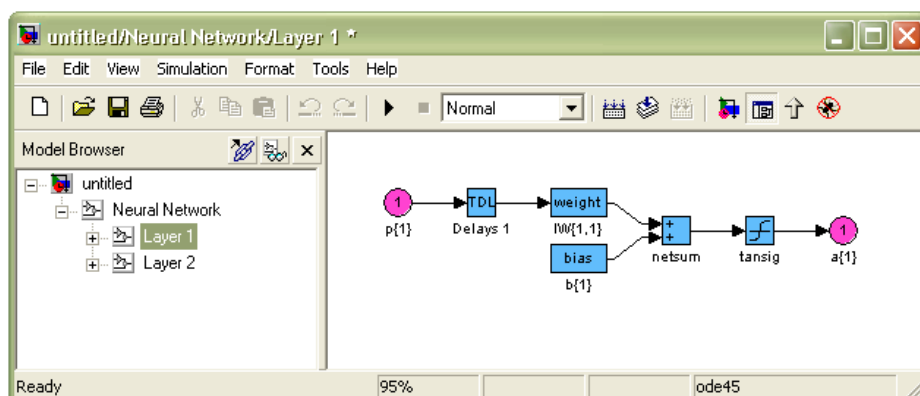


Рис. 17. Вид структурной схемы, созданной НС в среде Simulink

Эта схема является в полной мере функциональной схемой и может быть применена для моделирования нейронной сети.

## Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими сведениями работы.
2. Создать и обучить нейронную сеть из таблицы 1.
3. Оформить отчет.

## Содержание отчета

Курсовая работа должна содержать обзорную часть проблемы, иметь четкую постановку задачи, содержать теоретические исследования проблемы, материалы моделирования, результаты и выводы.

Требования к оформлению работы: полуторный интервал, 14 кегль, цитирование и сноски в соответствии с принятыми стандартами, правильность грамматики, орфографии, синтаксиса.

## 12. Курсовой проект

Курсовой проект не предусмотрен учебным планом.

## 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины «Модели и методы обучения нейронных систем» должны быть сформированы профессиональные компетенции ПК-3, ПК-12.

### Уровни освоения компетенции

Индекс ПК-3	Формулировка: Знание методов оптимизации и умение применять их при решении задач профессиональной деятельности		
Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
Пороговый (удовлетворительный)	Знает: в неполном объеме методы оптимизации, включая основные понятия и модели нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей Умеет: в неполной мере применять методы оптимизации при решении задач	Лекции, коллоквиумы, лабораторные занятия, КР	Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись затруднения при ответе на дополнительные вопросы; не менее 60% правильных ответов при выполнении тестовых заданий;

	<p>профессиональной деятельности, в том числе на основе нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Владеет: в неполном объеме методами оптимизации, включая нечеткое математическое программирование и теорию нейронных сетей</p>		<p>не вполне законченные выводы в ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене</p>
<p>Продвинутый (хорошо)</p>	<p>Знает: с отдельными пробелами методы оптимизации, включая основные понятия и модели нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Умеет с незначительными пробелами применять методы оптимизации при решении задач профессиональной деятельности, в том числе на основе нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей</p> <p>Владеет: с отдельными пробелами методами оптимизации, включая нечеткое математическое программирование и теорию нейронных сетей</p>		<p>Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись небольшие неточности при ответе на дополнительные вопросы; не менее 75% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; имеются негрубые ошибки или неточности при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене</p>

<p>Высокий (отлично)</p>	<p>Знает: в полном объеме методы оптимизации, включая основные понятия и модели нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей          Умеет: в полной мере применять методы оптимизации при решении задач профессиональной деятельности, в том числе на основе нечеткого математического программирования и теории нейронных сетей          Владеет: системными знаниями методов оптимизации, включая нечеткое математическое программирование и теорию нейронных сетей</p>		<p>Лабораторные работы и КР выполнены без замечаний, студент свободно отвечает на дополнительные вопросы; не менее 90% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; студент умеет оперировать специальными терминами, использует в ответе дополнительный материал, иллюстрирует теоретические положения практическими примерами при ответе на экзаменационные вопросы</p>
--------------------------	--	--	--

### Уровни освоения компетенции

<p>Индекс ПК-12</p>	<p>Формулировка:          Способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p>
---------------------	--

Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
<p>Пороговый (удовлетворительный)</p>	<p>Знает: в неполном объеме методы и алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации          Умеет: в неполной мере применять методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и</p>	<p>Лекции, коллоквиумы, лабораторные занятия, КР</p>	<p>Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись затруднения при ответе на дополнительные вопросы; не менее 60% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; не вполне</p>

	<p>проектирования объектов автоматизации</p> <p>Владеет: в неполном объеме методами и алгоритмами решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p>		<p>законченные выводы в ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене</p>
Продвинутый (хорошо)	<p>Знает: с отдельными пробелами методы и алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> <p>Умеет: с незначительными пробелами применять методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> <p>Владеет: с отдельными пробелами методами и алгоритмами решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p>		<p>Лабораторные работы и КР выполнены с небольшими замечаниями, имелись небольшие неточности при ответе на дополнительные вопросы; не менее 75% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; имеются негрубые ошибки или неточности при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий на экзамене</p>
Высокий (отлично)	<p>Знает: в полном объеме методы и алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> <p>Умеет: в полной мере применять методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации</p> <p>Владеет: системными</p>		<p>Лабораторные работы и КР выполнены без замечаний, студент свободно отвечает на дополнительные вопросы; не менее 90% правильных ответов при выполнении тестовых заданий; студент умеет оперировать специальными терминами, использует в ответе дополнительный</p>

	знаниями методов и алгоритмов решения задач управления и проектирования объектов автоматизации		материал, иллюстрирует теоретические положения практическими примерами при ответе на экзаменационные вопросы
--	--	--	--

Практические работы считаются успешно выполненными в случае предоставления в конце занятий, отведенных на выполнение этой работы, отчета, включающего тему, ход работы, соответствующие рисунки и подписи (при наличии), и ответе на вопросы (защите) по теме работы. Шкала оценивания – «зачтено» / «не зачтено». «Зачтено» за практическую работу ставится в случае, если она полностью и правильно выполнена, и при этом обучающимся показано свободное владение материалом по дисциплине. «Не зачтено» ставится в случае, если практическая работа выполнена неверно и/или не полностью, и она возвращается студенту на доработку, а затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

Курсовая работа считается успешно выполненной в случае предоставления отчета. Задание и требования к отчету соответствуют пункту 11 рабочей программы. Оценивание отчетов проводится по принципу «отлично» / «хорошо» / «удовлетворительно» / «неудовлетворительно». Положительная оценка выставляется по содержанию и уровню выполнения работы и только в случае, если отчет оформлен в соответствии с критериями:

- правильность оформления отчета;
- раскрытие/проработанность темы курсовой работы;
- количество использованных литературных источников.

В случае если какой-либо из критериев не выполнен, выставляется оценка «неудовлетворительно», и отчет возвращается на доработку, а затем вновь сдаётся на проверку преподавателю.

В конце семестра обучающийся письменно отвечает на тестовые задания, содержащие вопросы по изученному материалу. Оценивание тестовых заданий проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». В качестве критериев оценивания используется количество правильных ответов. При ответе более чем, на 60 % вопросов выставляется «зачтено», в случае меньшего количества правильных ответов ставится «не зачтено».

К экзамену по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- предоставлении и защите отчетов по всем практическим занятиям;
- предоставлении и защите отчета по курсовой работе;
- успешном написании тестовых заданий.

Экзамен сдается по билетам, в которых представлено 2 теоретических вопроса и 1 практическое задание из перечня «Вопросы для экзамена». Оценивание проводится по принципу «отлично» / «хорошо» / «удовлетворительно» / «неудовлетворительно».

«Отлично» ставится при правильном, полном и логично построенном ответе, умении оперировать специальными терминами, использовании в ответе дополнительного материала, иллюстрировании теоретического положения практическим материалом. «Хорошо» ставится, если при ответе имеются негрубые ошибки или неточности. В случае затруднения в использовании практического материала и не вполне законченных выводов или обобщений в ответе, ставится оценка «удовлетворительно».

«Неудовлетворительно» ставится при схематичном неполном ответе и неумении оперировать специальными терминами или их незнании.

### **Вопросы для зачета**

Зачет учебным планом не предусмотрен.

### **Вопросы для экзамена**

Теоретические вопросы:

1. Биологические предпосылки возникновения искусственных нейронных сетей. Биологически правдоподобные модели нейронов. Модели визуального восприятия.
2. Типы функций активации нейронов.
3. Представление нейронных сетей с помощью направленных графов. Архитектура сетей.
4. Обучение нейронных сетей. Обучение с учителем. Обучение без учителя.
5. Однослойный перцептрон. Обучение перцептрона.
6. Методы безусловной оптимизации. Метод наискорейшего спуска.
7. Многослойный перцептрон. Алгоритм обратного распространения ошибки. Проблемы алгоритма.
8. Сети Хопфилда. Архитектуры сетей с обратными связями. Алгоритмы обучения. Применения.
9. Рекуррентные сети. Слой Гроссберга. Слой Кохонена. Алгоритмы обучения. Сжатие данных.
10. Обобщенные сети на основе радиальных базисных функций.
11. Карты самоорганизации. Процессы конкуренции, кооперации и адаптации. Варианты самоорганизующихся карт.
12. Основные понятия ГА. Классический ГА.
13. Эволюционные алгоритмы. Эволюционные алгоритмы в нейронных системах.
14. Независимое применение ГА и нейронные систем.
15. Нейронные системы для поддержки ГА.
16. ГА для поддержки нейронных систем.
17. Применение ГА для обучения нейронных систем.
18. ГА для выбора топологии нейронных систем.
19. Система нечеткого вывода. Нечеткое управление. Процедуры фазификации и дефазификации.

20. Модули нечетко-нейронного управления типа Такаги-Сугено.
21. Алгоритм решения задач с помощью нейронных сетей.
22. Области применения и задачи, решаемые с помощью нейронных сетей.

Практические задания:

1. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = x^2/2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
2. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 3x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
3. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 2x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
4. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = x^2 + 1$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
5. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 2x^2 - 2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
6. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = x^2 - 0,5$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
7. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = x^2/3 - 3$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
8. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = x^2 + 2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
9. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
10. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 1,3x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
11. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 2,5x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
12. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 3,5x^2 - 1$  при задании векторов входа на отрезке  $[0, 1]$ .
13. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 2,5x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
14. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 1,5x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
15. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 5x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
16. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = -2,5x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
17. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 0,5x^2 + 1$  при задании векторов входа на отрезке  $[0, 1]$ .
18. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = 3,75x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .



19. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = -1,5x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .
20. Создайте и обучите, используя ППП Matlab, нейронную сеть для выполнения операции  $y = -5x^2$  при задании векторов входа на отрезке  $[-1, 1]$ .

### Тестовые задания по дисциплине

1. Какая из перечисленных моделей нейронных сетей описывается полностью связным неориентированным графом?
  - a. Многослойный перцептрон
  - b. Модель ART Гроссберга-Карпендера
  - c. Модель Хопфилда
  - d. Сеть Кохонена
2. Что такое «энергетическая функция» нейронной сети?
  - a. Целевая функция, оценивающая состояние нейронной сети
  - b. Функция оценки энергии, аккумулированной в сети и необходимой для решения задачи
  - c. Функция, для вычисления которой предназначена нейронная сеть
3. Где хранится информация в нейронной сети при рассмотрении ее с позиций коннекционизма?
  - a. В порогах нейронов
  - b. В весах связей между нейронами
  - c. В памяти нейроподобных элементов
  - d. В памяти компьютера, связанного с нейронной сетью
4. Чем принципиально отличается функционирование нейронной сети как механизма хранения знаний от других методов представления (хранения) знаний, рассматриваемых в инженерии знаний?
  - a. Наличием параллелизма обработки знаний
  - b. Тем, что знания не надо формализовать (описывать) при их запоминании
  - c. Тем, что хранимые знания трудно визуализировать
  - d. Тем, что знания представляются на входе сети в виде чисел
5. Какую из ниже перечисленных моделей нейронных сетей можно назвать самообучаемой сетью (обучаемой без учителя)?
  - a. Модель Хопфилда
  - b. Многослойный перцептрон с обучением обратным распространением ошибки
  - c. Модель Гроссберга (ART)
  - d. Модель Кохонена
6. Почему функционирование нейронной сети является решением задачи оптимизации? Потому что в процессе функционирования сети:
  - a. Минимизируется энергетическая функция
  - b. Минимизируется количество активных нейронов
  - c. Максимизируется вероятность правильного ответа сети
7. Моделированию какого из нижеперечисленных понятий соответствует искусственная нейронная сеть?
  - a. Вербальное мышление

- b. Сознание
  - c. Образное мышление
  - d. Сверхсознание
  - e. Метазнания
  - f. Нейролингвистическое программирование
8. Какой главный недостаток нейронных сетей?
- a. Отсутствие логики в работе
  - b. Отсутствие четкого алгоритма принятия решений
  - c. Отсутствие возможности объяснить принятие решений сетью
  - d. Неоднозначность в принятии решений сетью
9. Какое главное достоинство применения нейронных сетей?
- a. Не надо формализовывать процедуры принятия решений сетью
  - b. Можно распараллелить процесс функционирования сети
  - c. Можно обрабатывать сигналы нейронной сетью
  - d. Возможность решения задач в условиях помех
10. Что является результатом обучения нейронных сетей при коннекционистском подходе?
- a. Изменение весов связей между нейронами
  - b. Изменение порогов нейронов
  - c. Появление новых нейронов и связей между ними
  - d. Изменение функций активации нейронов
11. Какое из перечисленных ниже применений является несвойственным для нейронных сетей (в настоящее время)?
- a. Диагностика в медицине
  - b. Решение шахматных задач
  - c. Анализ и синтез речи
  - d. Распознавание образов
  - e. Предсказание курса акций
12. Какая из нижеперечисленных особенностей искусственных нейронных сетей делает их потенциально конкурентоспособными по сравнению с естественным человеческим мозгом?
- a. Отсутствие необходимости платить зарплату
  - b. Отсутствие ограничений на размерность решаемой задачи
  - c. Отсутствие страха перед сложными задачами
  - d. Отсутствие апломба и претензий к работодателю
13. В чем выражается емкость нейронной сети?
- a. В литрах
  - b. В кубических сантиметрах
  - c. В количестве нейронов
  - d. В количестве запомненных сетью образов
  - e. В количестве примеров, предъявленных сети в процессе обучения
14. Что является наиболее трудоемкой задачей при применении нейронных сетей?
- a. Постановка задачи и подготовка исходных данных
  - b. Обучение сети
  - c. Интерпретация ответа нейронной сети

15. Какая из нижеперечисленных передаточных функций (функций активации) не используется в моделях нейронных сетей?

- a. Пороговая
- b. Рациональная сигмоида
- c. Тангенциальная сигмоида
- d. Гиперболическая функция
- e. Гиперболический тангенс
- f. Экспоненциальная сигмоида

#### **14. Образовательные технологии**

Реализация компетентностного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

В учебном процессе при изучении дисциплины используются следующие формы проведения занятий:

- лекции с изложением определений основных понятий, изучаемых в рамках дисциплины, подробным описанием и доказательством наиболее важных свойств этих понятий и их взаимосвязей друг с другом;
- практические занятия с подробным изучением основных свойств понятий, изучаемых в рамках дисциплины, выяснением их взаимосвязей друг с другом в примерах и практических задачах;
- индивидуальные и коллективные консультации с активным участием обучающихся по наиболее сложным частям теоретического материала дисциплины;
- самостоятельная работа по выполнению заданий по основным разделам дисциплины;
- подготовка докладов на семинарских занятиях.

#### **15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Барский, А. Б. Введение в нейронные сети [Электронный ресурс]: учебное пособие / Барский А. Б. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 358 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52144>
2. Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях [Электронный ресурс]: учебное пособие / Болотова Л.С. – Москва: Финансы и статистика, 2012. Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785279035304.html>

3. Сысоев, Д. В. Введение в теорию искусственного интеллекта [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сысоев Д. В. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 171 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30835>

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

4. Жданов, А. А. Автономный искусственный интеллект [Электронный ресурс]: учебное пособие / Жданов А.А. – Москва: БИНОМ, 2015. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996325405.html>

5. Кудинов Ю.И. Интеллектуальные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кудинов Ю.И. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55089>

6. Семенов, А. М. Интеллектуальные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие / Семенов А. М. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013. – 236 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30055>

7. Тарков, М.С. Нейрокомпьютерные системы [Электронный ресурс]/ Тарков М.С. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22413>

#### ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

8. Информационные технологии: теорет. и приклад. науч.-техн. журн. – М.: Новые технологии, 2011- . – Выходит ежемесячно. – ISSN 1684-6400

9. Мехатроника, автоматизация, управление: теорет. и прикл. науч.-техн. журн. – М.: Новые технологии, 2011-2017. – Выходит ежемесячно. – ISSN 1684-6427

10. Системы управления и информационные технологии: науч.-техн. журн. – [Б. м.]: ООО «Научная книга», 2011-2017. – Выходит ежеквартально. – ISSN 1729-5068

#### ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

11. <http://aidt.ru/index.php?lang=ru> – журнал «Искусственный интеллект и принятие решений»

12. <http://www.radiotec.ru/catalog.php?cat=jr8> – журнал «Наукоемкие технологии»

13. <https://reslib.org/books/1213120> – Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский; пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007

14. <https://reslib.org/books/911604/> – Захаров, В.Н. Искусственный интеллект: в 3-х кн. Кн. 3. Программные и аппаратные средства: Справочник / Под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. – М.: Радио и связь, 1990

## ИСТОЧНИКИ ИОС

15. <https://portal3.sstu.ru/Facult/INETM/ST/09.04.01/m.1.3.1.2/default.aspx>

### **16. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима типовая лекционная аудитория, оснащенная доской, компьютером и проектором.

Для проведения практических занятий необходим типовой компьютерный класс, имеющий доступ к Интернету и оснащенный установленным программным обеспечением Microsoft Office, Acrobat Reader, Internet Explorer, средой Matlab и средами программирования Borland Delphi, Borland C++, Visual C++, C#..

Для выполнения самостоятельной работы студенты могут воспользоваться компьютерными классами кафедры, имеющими доступ к электронно-библиотечной системе, электронной библиотеке университета и электронной информационно-образовательной среде.