МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

У Т В Е Р Ж Д А Ю
Проректор по учебной работе

_____ **П.Е. Троян**

«___» _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Уровень основной образовательной программы магистратура

Направление(я) подготовки (специальность) 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль Программное обеспечение вычислительных машин, систем и компьютерных сетей

Форма обучения очная

Факультет ФСУ, Факультет систем управления

Кафедра АСУ, Кафедра автоматизированных систем управления

Курс 2

Семестр 4

Учебный план набора 2015 года и последующих лет

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной работы	Семестр 4	Всего	Единицы
1.	Лекции	**18**	**18**	**часов**
2.	Лабораторные занятия	**54**	**54**	**часов**
3.	**Всего аудиторных занятий**	**72**	**72**	**часов**
4.	Из них в интерактивной форме	**26**	**26**	**часов**
5.	**Самостоятельная работа студентов (СРС)**	**144**	**144**	**часов**
6.	Всего (без экзамена)	**216**	**216**	**часов**
7.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена	**-**	**-**	**часов**
8.	**Общая трудоемкость**	**216**	**216**	**часов**
	(в зачетных единицах)	**6**	**6**	**ЗЕТ**

Диф. зачет: 4 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 8274

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 2 от « 19 » 12 2016 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВО) третьего поколения по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», утвержденного 30.10.2014 г. №1420.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры АСУ,
протокол № 5 от “ 12 ” февраля 2016 г.

Разработчик, ассистент каф. АСУ _____ А.К. Лукьянов

Зав. обеспечивающей кафедрой АСУ
д.т.н., профессор _____ А.М. Кориков

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами специальности.

Декан, к.т.н., доцент _____ П.В. Сенченко

Заведующий профилирующей и
Выпускающей кафедрой АСУ,
д.т.н., профессор _____ А.М. Кориков

Эксперты:
Доцент каф. АСУ, к.т.н. _____ А.И. Исакова

Согласована на портале № 8274

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей» читается в 4 семестре и предусматривает чтение лекций, проведение лабораторных занятий, получение различного рода консультаций.

Целью дисциплины преподавания дисциплины является ознакомление студентов с принципами функционирования нейрокомпьютерных сетей, освоение студентами методик обучения нейрокомпьютерных сетей, обучение студентов использованию теории нейрокомпьютерных сетей на практике.

Формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области нейросетевого моделирования технических и социально-экономических систем.

Основной **задачей изучения дисциплины** является приобретение студентами теоретических знаний и практических навыков в применении методов проектирования и использования нейрокомпьютерных сетей, разработки на их основе ПО для решения практических задач. Курс нейрокомпьютерных сетей в большей мере ориентируется на задачи прикладного характера, удовлетворяющий современным потребностям. В связи с этим особое внимание уделяется проблемам постановки задач и методам их решения с использованием современной вычислительной техники и программного обеспечения.

В результате изучения курса студенты должны свободно владеть математическим аппаратом построения и выбора алгоритмов обучения нейронных сетей.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей» (ОАДПНС) относится к числу дисциплин общенаучного цикла (по выбору). Успешное овладение дисциплиной предполагает предварительные знания дисциплин: Математический анализ, Численные методы, Методы оптимизации, Теория вероятностей и математическая статистика, Математическое моделирование, Алгоритмы и анализ их сложности и Архитектура вычислительных комплексов в объеме, предусмотренном специальностью «Прикладная математика и информатика», а также навыки программирования на языках высокого уровня, а также математических пакетов Matlab, NeuroSolution**.**

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей» направлен на формирование следующих компетенций:

профессиональные компетенции (ПК):

- знанием методов научных исследований и владение навыками их проведения (**ПК-2**),
- владением существующими методами и алгоритмами решения задач распознавания и обработки данных (**ПК-4**),
- владением существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов (**ПК-5**).

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- классические и неклассические подходы к построению нейронных сетей;
- методы построения устойчивых алгоритмов обучения нейронных сетей.

Уметь:

- пользоваться разработанными моделями нейронных сетей для формализации и решения различных технических и социально-экономических задач;

Владеть:

- математическим аппаратом построения устойчивых моделей нейронных сетей;
- навыками программирования на языках высокого уровня, а также работы в математических пакетах Matlab, NeuroSolution**..**

Согласована на портале № 8274

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	**72**				**72**
В том числе:	–				–
Лекции	18				18
Лабораторные работы (ЛР)	54				54
Практические занятия (ПЗ)	не предусмотрен				не предусмотрен
Семинары (С)	–				–
Коллоквиумы (К)					
Курсовой проект (работа) (аудиторная нагрузка)	не предусмотрен				не предусмотрен
Другие виды аудиторной работы					
Самостоятельная работа (всего)	**144**				**144**
В том числе:	–				–
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)	–				–
Расчетно-графические работы	–				–
Реферат	–				–
Другие виды самостоятельной работы					
Проработка лекционного материала	18				18
Подготовка к лабораторным занятиям	54				54
Самостоятельное изучение тем теоретической части	72				72
Подготовка к экзамену	**–**				**–**
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)					
Общая трудоемкость час	**216**				**216**
зач. ед.	**6**				**6**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

Таблица 5.1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лаборат. занятия	Практич. занятия	Самост. работа студентов	Всего часов	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
1	2	3	4	5	7	8	9
1.	История появления нейронных сетей.	2			8	10	ПК-2, ПК-4, ПК-5
2.	Формальные нейроны искусственных нейронных сетей.	2	10		20	32	ПК-2, ПК-4, ПК-5
3.	Модели нейронов и методы их обучения	2	6		16	24	ПК-2, ПК-4, ПК-5
4.	Правило Хебба. Дельта-правило. Адалин. Однослойная нейронная сеть.	2	6		16	24	ПК-2, ПК-4, ПК-5
5	Однонаправленные многослойные сети сигмоидального типа	2	6		16	24	ПК-2, ПК-4, ПК-5
6.	Ассоциативные сети.	2	6		16	24	ПК-2, ПК-4, ПК-5
7	Рекуррентные сети на базе персептрона	2	6		14	22	ПК-2, ПК-4, ПК-5
8	Сеть с самоорганизацией корреляционного типа и на основе конкуренции.	2	6		14	22	ПК-2, ПК-4, ПК-5
9	Вероятностная нейронная сеть.	2	6		16	24	ПК-2, ПК-4, ПК-5
ИТОГО		**18**	**54**		**126**	**216**	

Согласована на портале № 8274

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Таблица 5.2

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ПК)
1	2	3	4	5
1.	История появления нейронных сетей.	Биологические основы функционирования нейрона. Первые модели нейронной сети. Прикладные возможности нейронных сетей. Определение искусственных нейронных сетей. Свойства биологических и искусственных нейронных сетей. Способы реализации нейросетей. Типы задач, решаемых нейронными сетями. Недостатки и ограничения нейронных сетей (НС).	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
2.	Проблемы практического использования искусственных нейронных сетей и их свойства	Основные определения для НС. Межнейронные связи. Искусственный нейрон. Архитектуры НС. Предварительный подбор архитектуры сети. Подбор оптимальной архитектуры сети. Методы наращивания сети. Подбор обучающих выборок. Добавление шума в обучающие выборки. Распознавание и классификация образов. Нейронная сеть для сжатия данных. Идентификация динамических объектов	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
3.	Модели нейронов и методы их обучения	Постановка задачи обучения НС. Классификация законов и способов обучения. Персептрон. Сигмоидальнйы нейрон. Нейрон типа «адалайн». Инстар и оутстар Гроссберга. Нейроны типа WTA. Модель нейрона Хебба. Стахостическая модель нейрона. “Проклятие размерности”. Избыточность входных данных. Генетические алгоритмы. Отбор входных данных для обучения сети с помощью генетических алгоритмов.	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
4.	Радиальные нейронные сети	Математические основы. Радиальная нейронная сеть. Методы обучения радиальных нейронных сетей. Пример использования радиальной сети. Методы подбора количества базисных функций: эвристические методы, метод ортогонализации Грэма-Шмидта.	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
5.	Однонаправленные многослойные сети сигмоидального типа	Однослойная сеть. Многослойный персептрон. Структура персептронной сети. Алгоритм обратного распространения ошибки. Градиентные алгоритмы обучения сети: основные положения, алгоритм наискорейшего спуска, алгоритм переменной метрики, алгоритм Левенберга-Марквардта, алгоритм сопряженных градиентов. Подбор коэффициента обучения. Методы инициализации весов.	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
6.	Ассоциативные сети	Линейный ассоциатор. Закон обучения Хебба. Рекуррентные ассоциативные сети. Сеть Хопфилда. Алгоритм функционирования сети Хопфилда, емкость памяти. Сеть “Brain State in a Box”. Двунаправленная ассоциативная память. Стохастическое обучение. Машина Больцмана.	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
7.	Рекуррентные сети на базе персептрона	Перцептронная сеть с обратной связью: структура сети RMLP, алгоритм обучения сети RMLP, подбор коэффициента обучения, коэффициент усиления сигнала. Рекуррентная сеть Элмана: структура сети, алгоритм обучения сети Элмана, обучение с учетом момента.	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
8.	Сеть с самоорганизацией корреляционного типа и на основе конкуренции.	Нейронные сети встречного распространения. Сети Кохонена. Обучение слоя Кохонена. Примеры обучения сети Кохонена. Применение сети Кохонена для сжатия данных. Слой Гроссбера: обучение слоя Гроссбера, модификации. Энергетическая функция корреляционных сетей. Нейронные сети PCA: математическое введение, определение первого главного элемента, алгоритм определения множества главных компонентов.	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
9.	Вероятностная нейронная сеть.	Сети, использующие статистический подход. Метод «модельной закалки». Пример алгоритма минимизации функции. Машина Больцмана. Архитектура нейронной сети PNN. Пример модульной нейронной сети.	2	ПК-2, ПК-4, ПК-5
ИТОГО			**18**	

Согласована на портале № 8274

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Предшествующие дисциплины									
1.	Современные проблемы информатики и вычислительной техники	+	+	+						
2.	Современные средства программирования					+		+		
3.	Вычислительные системы			+	+				+	+
	Последующие дисциплины									
5	Подготовка магистерской диссертации	+	+	+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Перечень компетенций	Л	Лаб	СРС	Формы контроля
ПК-2	+	+	+	Опрос на лекции, Тестовое задание, Проверка конспекта
ПК-4	+	+	+	Опрос на лекции, Устный ответ по лабораторной работе, Проверка конспекта
ПК-5	+	+	+	Опрос на лекции, Устный ответ по лабораторной работе, Проверка конспекта

Л – лекция, Лаб – лабораторные работы, СРС – самостоятельная работа студента

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе, с учетом требований к объему занятий в интерактивной форме.

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Формы / Методы	Лекции (час)	Лабораторные занятия (час)	Всего (час)
Работа в команде		12	**12**
Пресс-конференция	2		**2**
Поисковый метод		12	**12**
Итого интерактивных занятий			**26**

Примечание.

1. «Работа в команде» происходит при изучении программных продуктов, реализующих нейронные сети в лабораторной работе № 1.
2. «Поисковый метод» студенты используют при выборе алгоритмов обучения нейронной сети (лаб. работа № 2).
3. Основные результаты своих лабораторных работ (наиболее интересные исследования) студенты докладывают при помощи презентаций, устраивая подобие пресс-конференции.

7. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)	ОК, ПК
1.	2	Изучение программных продуктов, реализующих нейронные сети	10	ПК-2, ПК-4, ПК-5
2.	3, 4, 6	Изучение методов обучения нейронной сети для однослойной нейронной сети типа перцептрон	8	ПК-2, ПК-4, ПК-5
3.	5, 6	Изучение методов обучения нейронной сети для многослойной нейронной сети типа перцептрон	12	ПК-2, ПК-4, ПК-5
4.	8	Исследование сети Хопфилда	8	ПК-2, ПК-4, ПК-5
5.	9	Исследование самоорганизующихся сетей Кохонена	8	ПК-2, ПК-4, ПК-5
6.	5, 6, 8, 9	Исследование вероятностной нейронной сети.	8	ПК-2, ПК-4, ПК-5
ИТОГО			**54**	

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ) – не предусмотрены.

Согласована на портале № 8274

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудо-емкость (час.)	ОК, ПК	Контроль выполнения работы
1.	1 ÷ 9	Проработка лекционного материала	18	ПК-2, ПК-4, ПК-5	Опрос на лекции
2.	2 ÷ 9	Подготовка к лабораторным занятиям Изучение литературы по нейроинформатике. Пакеты программ Mathcad, MatLab, NeuroSolution.	36	ПК-2, ПК-4, ПК-5	Устный ответ по лабораторной работе, Защита лаб. работы
3	1 ÷ 9	Проработка тем для самостоятельного изучения	72	ПК-2, ПК-4, ПК-5	Опрос, Тестовое задание, Проверка конспекта
Итого			126		

Темы для самостоятельного изучения:

1. Работа головного мозга;
2. Недообучение и переобучение;
3. Зацикливание при обучении НС;
4. Методы ускорения обучения НС;
5. Параллельные алгоритмы;
6. Матричный подход к обучению;
7. Формирование выборок данных;
8. Типы архитектур НС;
9. Генетические алгоритмы;
10. Алгоритм муравьиной колонии.

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ – не предусмотрены.

11. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

Курс 2, семестр 4 Контроль обучения – Диф. зачет.

Максимальный семестровый рейтинг – **100 баллов.**

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую контрольную точку с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
Посещение занятий	4	4	4	**12**
Выполнение и защита результатов лабораторных работ	15	15	15	**45**
Тестовый контроль	10	10	10	**30**
Компонент своевременности	4	4	5	**13**
Итого максимум за период:	**33**	**33**	**34**	**100**
Нарастающим итогом	**33**	**66**	**100**	
ИТОГО				**100**

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно)	65 – 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно), (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

Согласована на портале № 8274

12. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

1. Боресков, А.В. Основы работы с технологией CUDA [Текст] : научное издание / А. В. Боресков, А. А. Харламов. - М. : ДМК Пресс, 2013. - 231 с. (13 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Замятин, Н.В. Нечеткая логика и нейронные сети [Текст] : учебное пособие / Н. В. Замятин ; рец.: И. А. Ходашинский, С. Н. Ливенцов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск: Эль Контент, 2014. - 146 с. (1 экз.)

2. Яхъяева, Гульнара Эркиновна. Нечеткие множества и нейронные сети : учебное пособие / Г. Э. Яхъяева. - 2-е изд., испр. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 315 с. [в библиотеке ТУСУР – 1]

3. Системы искусственного интелекта. Практический курс : учебное пособие для вузов / В. А. Чулюков [и др.] ; ред. И. Ф. Астахова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 ; М. : Физматлит, 2008. - 292 с. [в библиотеке ТУСУР – 1]

4. Идеи и решения фундаментальных проблем науки и техники : / В. В. Гладких, П. В. Гладких, В. П. Гладких. - СПб. : БХВ-Петербург, 2010. - 168 с. [в библиотеке ТУСУР – 1]

5. Нейронные сети: история развития теории : Учебное пособие для вузов / Ред. А. И. Галушкин, Я. З. Цыпкин. - М. : ИПРЖ "Радиотехника", 2001. – 840 с. [в библиотеке ТУСУР – 2 экз.]

6. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : пер. с польск. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. И. Д. Рудинский. - М. : Горячая линия-Телеком, 2004. – 383 с. [в библиотеке ТУСУР – 1 экз.]

7. Идеи и решения фундаментальных проблем науки и техники : / В. В. Гладких, П. В. Гладких, В. П. Гладких. - СПб. : БХВ-Петербург, 2010. - 168 с. [в библиотеке ТУСУР – 1]

12.3 Перечень пособий, методических указаний и материалов, используемых в учебном процессе

1. Катаев М.Ю. Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей. Методические указания по лабораторным работам, самостоятельной и индивидуальной работе магистров / М.Ю. Катаев. – Томск: ТУСУР, 2016. – 10 с. http://asu.tusur.ru/learning/090401p/d15/090401p-d15-labs.doc (электронный ресурс каф. АСУ ТУСУР)

Лицензионное программное обеспечение

Математические пакеты: Mathcad, MatLab, SciLab, NeuroSolution**.**

Internet-ресурсы:

http://poiskknig.ru – электронная библиотека учебников Мех-Мата МГУ, Москва
http://www.mathnet.ru.ru/ - общероссийский математический портал
http://onlinelibrary.wiley.com - научные журналы издательства Wiley&Sons
http://www.sciencedirect.com/ - научные журналы издательства Elsevier

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения теоретического (лекций) материала по дисциплине используются персональный ПК с проектором. Лабораторные занятия осуществляются в компьютерном классе с использованием математических пакетов Mathcad, MatLab и NeroSolutions Developers Edition (свободное ПО www.neurosolutions.com).

Согласована на портале № 8274

Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ П. Е. Троян

«__ _» _____ 2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Уровень основной образовательной программы магистратура

Направление подготовки 09.04.01 – Информатика и вычислительная техника

Магистерская программа: Программное обеспечение вычислительных машин, систем и компьютерных сетей

Форма обучения очная

Факультет систем управления

Кафедра автоматизированных систем управления

Курс 2

Семестр 4

Учебный план набора 2015 года и последующих лет

Диф. зачет 4 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 8274

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей» и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной «Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-2	знание методов научных исследований и владение навыками их проведения	**Знать:** - подходы и методы разработки концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач обработки данных с помощью нейронных сетей в детерминированной постановке; - подходы и методы разработки концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач обработки данных с помощью нейронных сетей в условиях неопределенности. **Уметь:** - обосновывать и применять подходы и методы разработки концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач обработки данных с помощью нейронных сетей в детерминированной постановке; - обосновывать и применять подходы и методы разработки концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач обработки данных с помощью нейронных сетей в условиях неопределенности. **Владеть:** - навыками разработки концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач обработки данных с помощью нейронных сетей в детерминированной постановке и в условиях неопределенности
ПК-4	владение существующими методами и алгоритмами решения задач распознавания и обработки данных	**Знает:** - парадигму и основные концепции развития обработки данных с помощью нейронных сетей; - современные и классические подходы к построению нейронных сетей. **Умеет:** - анализировать возможности и применимость нейронных сетей для обработки данных, - применять и модифицировать их для решения научных и прикладных задач, **Владеет:** - применения и модификации известных и самостоятельно разработанных способов обработки данных с помощью нейронных сетей самостоятельно и в составе научного коллектива. - самостоятельной разработки нейронных сетей,
ПК-5	владение существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов	**Знает:** - парадигму и основные концепции развития цифровой обработки сигналов с помощью нейронных сетей; - современные подходы и методы проведения научных исследований самостоятельно и в составе научного коллектива; **Умеет:** - анализировать возможности и применимость нейронных сетей для цифровой обработки сигналов, - разрабатывать новые нейронные сети при выполнении научных исследований на современном уровне. **Владеет:** - навыками выполнения научно-исследовательской работы, - применения и модификации известных и самостоятельно разработанных способов цифровой обработки сигналов с помощью нейронных сетей самостоятельно и в составе научного коллектива.

Согласована на портале № 8274

2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1 Компетенция ПК-2

ПК-2: знание методов научных исследований и владение навыками их проведения

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	методы абстрактного мышления при установлении истины, методы научного исследования путём мысленного расчленения объекта (анализ) и путём изучения предмета в его целостности, единстве его частей (синтез)	с использованием методов абстрактного мышления, анализа и синтеза анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач и оценивать экономическую эффективность реализации этих вариантов	целостной системой навыков использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских работ, навыками отстаивания своей точки
Виды занятий	– Лекции; – Лабораторные занятия	– Лабораторные занятия; – Выполнение домашнего задания; – Самостоятельная работа студентов	– Лабораторные занятия; – Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	– Тест; – Контрольная работа; – Диф. зачет	– Подготовка и устная защита индивидуального домашнего задания (презентация); – Конспект самостоятельной работы	– Защита отчета по лабораторной работе, – Диф. зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.1.2..

Согласована на портале № 8274

Таблица 2.1.2. – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	Сформированные систематические знания методов абстрактного мышления, анализа и синтеза при решении исследовательских и практических задач	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач и оценивать экономическую эффективность реализации этих вариантов	Успешное и систематическое применение навыков методологического использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских работ, самостоятельного мышления, отстаивания своей точки зрения
ХОРОШО (базовый уровень)	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов к абстрактного мышления, анализа и синтеза при решении исследовательских и практических задач	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка экономической эффективности реализации этих вариантов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков методологического использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских работ, самостоятельного мышления, отстаивания своей точки зрения
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	Общие, но не структурированные знания методов абстрактного мышления, анализа и синтеза при решении исследовательских и практических задач	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка экономической эффективности реализации этих вариантов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков методологического использования абстрактного мышления при решении проблем, возникающих при выполнении исследовательских работ, самостоятельного мышления, отстаивания своей точки зрения

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.1.3.

Таблица 2.1.3. – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	– Знать на высоком уровне классификацию и содержание моделей нейронных сетей; – основные принципы и возможности обучения и использования нейронных сетей;	– Уметь на высоком уровне строить типовые нейронные сети с наиболее оптимальными парадигмами на основе содержательных постановок прикладных задач; – Выбирать наиболее оптимальные методы их обучения;	– Владеть на высоком уровне способами построения нейронных сетей; – практическими навыками обработки данных с помощью нейронных сетей.
ХОРОШО (базовый уровень)	– Знать на хорошем уровне классификацию и содержание моделей нейронных сетей; – основные принципы и возможности обучения и использования нейронных сетей;	– Уметь на хорошем уровне строить типовые нейронные сети с наиболее оптимальными парадигмами на основе содержательных постановок прикладных задач; – Выбирать наиболее	– Владеть на хорошем уровне способами построения нейронных сетей; – практическими навыками обработки данных с помощью нейронных сетей.

Согласована на портале № 8274

		оптимальные методы их обучения;	
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	– Недостаточно знает классификацию и содержание моделей нейронных сетей; – основные принципы и возможности обучения и использования нейронных сетей;	– Недостаточно умеет строить типовые нейронные сети с наиболее оптимальными парадигмами на основе содержательных постановок прикладных задач; – Выбирать наиболее оптимальные методы их обучения;	– Недостаточно владеет способами построения нейронных сетей ; – практическими навыками обработки данных с помощью нейронных сетей.

2.2 Компетенция ПК-4

ПК-4: владение существующими методами и алгоритмами решения задач распознавания и обработки данных.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	- парадигму и основные концепции развития обработки данных с помощью нейронных сетей; - современные и классические подходы к построению нейронных сетей.	- анализировать возможности и применимость нейронных сетей для обработки данных, - применять и модифицировать их для решения научных и прикладных задач.	- применения и модификации известных и самостоятельно разработанных способов обработки данных с помощью нейронных сетей самостоятельно и в составе научного коллектива. - самостоятельной разработки нейронных сетей,
Виды занятий	– Лекции; – Лабораторные занятия	– Лабораторные занятия; – Выполнение домашнего задания; – Самостоятельная работа студентов	– Лабораторные занятия; – Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	– Тест; – Контрольная работа; – Диф. зачет	– Подготовка и устная защита индивидуального домашнего задания (презентация); – Конспект самостоятельной работы	– Защита отчета по лабораторной работе, – Диф. зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.3.2..

Таблица 2.2.2. – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	парадигму и основные концепции развития обработки данных с помощью нейронных сетей, современные подходы и методы	анализировать возможности и применимость развития обработки данных с помощью нейронных сетей, применять и модифицировать их для решения научных и	навыками выполнения научно-исследовательской работы, самостоятельной разработки нейронных сетей, применения и модификации известных и самостоятельно разработанных

Согласована на портале № 8274

	проведения научных исследований, современные и классические подходы к построению нейронных сетей.	прикладных задач, разрабатывать новые нейронные при выполнении научных исследований на современном уровне.	развития способов обработки данных с помощью нейронных сетей для получения новых научных и прикладных результатов.
ХОРОШО (базовый уровень)	современные методы и подходы к обработке данных с помощью нейронных сетей в научных исследованиях сложных.	сравнивать и обосновывать выбор нейронных сетей, описанных в современной научно-технической периодической литературе, разрабатывать модификации существующих способов обработки данных с помощью нейронных сетей, применять их в научных исследованиях для решения конкретных проблем.	основными подходами и методами научных исследований в выбранной области научно-исследовательской работы, навыками применения самостоятельной разработки нейронных сетей, применения и модификации известных и самостоятельно разработанных развития способов обработки данных с помощью нейронных сетей для получения новых научных и прикладных результатов.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	основы методологии и примеры использования обработки данных с помощью нейронных сетей.	анализировать возможности основных способов обработки данных с помощью нейронных сетей, описанных в классической научно-технической литературе, формулировать и обосновывать систему гипотез и применять существующие методы и подходы для обработки данных с помощью нейронных сетей.	навыками создания простых нейронных сетей, выбора, обоснования и применения архитектуры нейронных сетей.

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.2.3.

Таблица 2.2.3. – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	– Знать на высоком уровне классификацию нейронных сетей; – основные принципы и возможности обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Уметь на высоком уровне интерпретировать результаты обработки данных с помощью нейронных сетей; – практически применять методы обработки данных с помощью нейронных сетей; – оценивать точность результатов обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Владеть на высоком уровне методами обработки данных с помощью нейронных сетей при исследовании 'задач естествознания и техники; – практическими навыками моделирования и реализации нейронных сетей.
ХОРОШО (базовый уровень)	– Знать на хорошем уровне классификацию нейронных сетей; – основные принципы и возможности обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Уметь на хорошем уровне интерпретировать результаты обработки данных с помощью нейронных сетей; – практически применять методы обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Владеть на хорошем уровне методами обработки данных с помощью нейронных сетей при исследовании 'задач естествознания и техники; – практическими навыками моделирования и реализации

Согласована на портале № 8274

		– оценивать точность результатов обработки данных с помощью нейронных сетей;	нейронных сетей.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	– Недостаточно знает классификацию нейронных сетей; – основные принципы и возможности обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Недостаточно умеет интерпретировать результаты обработки данных с помощью нейронных сетей; – практически применять методы обработки данных с помощью нейронных сетей; – оценивать точность результатов обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Недостаточно владеет методами обработки данных с помощью нейронных сетей при исследовании 'задач естествознания и техники; – практическими навыками моделирования и реализации нейронных сетей..

2.3 Компетенция ПК-5

ПК-5 владение существующими методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов.

Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	– парадигму и основные концепции развития цифровой обработки сигналов с помощью нейронных сетей; – современные подходы и методы проведения научных исследований самостоятельно и в составе научного коллектива.	– анализировать возможности и применимость нейронных сетей для цифровой обработки сигналов, – разрабатывать новые нейронные сети при выполнении научных исследований на современном уровне.	– навыками выполнения научно-исследовательской работы, – применения и модификации известных и самостоятельно разработанных способов цифровой обработки сигналов с помощью нейронных сетей самостоятельно и в составе научного коллектива.
Виды занятий	– Лекции; – Лабораторные занятия	– Лабораторные занятия; – Выполнение домашнего задания; – Самостоятельная работа студентов	– Лабораторные занятия; – Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	– Тест; – Контрольная работа; – Диф. зачет	– Подготовка и устная защита индивидуального домашнего задания (презентация); – Конспект самостоятельной работы	– Защита отчета по лабораторной работе, – Диф. зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 2.3.2.

Таблица 2.3.2. – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции по этапам

Показатели и	Знать	Уметь	Владеть

Согласована на портале № 8274

критерии			
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	**особенности** влияния различных способов описания физико-механических процессов на выбор и обоснование разработки концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач обработки данных с помощью нейронных сетей.	обрабатывать данные с помощью нейронных сетей физико-механических процессов как детерминированные, так и в условиях различных типов неопределенности (стохастической, статистической, нечеткой и интервальной).	опытом построения нейронных сетей различных типов.
ХОРОШО (базовый уровень)	основные отличия детерминированного описания объектов моделирования и их описании в условиях неопределенности.	обрабатывать детерминированные данные с помощью нейронных сетей физико-механических процессов.	опытом построения нейронных сетей основных типов.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	**особенности** влияния различных способов описания физико-механических процессов на выбор и обоснование разработки концептуальных и теоретических моделей научных проблем и задач математического моделирования.	обрабатывать детерминированные данные с помощью нейронных сетей простейших физико-механических процессов.	опытом построения нейронных сетей некоторых типов.

Согласована на портале № 8274

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 2.3.3.

Таблица 2.3.3. – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	– Знать на высоком уровне классификацию нейронных сетей; – основные принципы и возможности обработки данных с помощью нейронных сетей, методику постановки и проведения модельного эксперимента;	– Уметь на высоком уровне интерпретировать результаты обработки данных с помощью нейронных сетей; – практически применять обработку данных с помощью нейронных сетей для решения различных задач; – оценивать точность результатов обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Владеть на высоком уровне – методами обработки данных с помощью нейронных сетей при исследовании 'задач естествознания и техники; – практическими навыками построения нейронных сетей.
ХОРОШО (базовый уровень)	– Знать на хорошем уровне классификацию нейронных сетей; – основные принципы и возможности обработки данных с помощью нейронных сетей, методику постановки и проведения модельного эксперимента;	– Уметь на хорошем уровне интерпретировать результаты обработки данных с помощью нейронных сетей; – практически применять обработку данных с помощью нейронных сетей для решения различных задач; – оценивать точность результатов обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Владеть на хорошем уровне – методами обработки данных с помощью нейронных сетей при исследовании 'задач естествознания и техники; – практическими навыками построения нейронных сетей
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	– Недостаточно знает классификацию нейронных сетей; – основные принципы и возможности обработки данных с помощью нейронных сетей, методику постановки и проведения модельного эксперимента;	– Недостаточно умеет интерпретировать результаты обработки данных с помощью нейронных сетей; – практически применять обработку данных с помощью нейронных сетей для решения различных задач; – оценивать точность результатов обработки данных с помощью нейронных сетей;	– Недостаточно владеет – методами обработки данных с помощью нейронных сетей при исследовании 'задач естествознания и техники; – практическими навыками построения нейронных сетей.

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы: типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе, приведенном ниже.

3.1 Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 8274

1) Изучение программных продуктов, реализующих нейронные сети
2) Изучение методов обучения нейронной сети для однослойной нейронной сети типа перцептрон
3) Изучение методов обучения нейронной сети для многослойной нейронной сети типа перцептрон
4) Исследование сети Хопфилда
5) Исследование самоорганизующихся сетей Кохонена
6) Исследование вероятностной нейронной сети.

3.2 Вопросы для контроля знаний

1) Признаки интеллектуальности информационных систем. Отличие интеллектуальных задач от обычных информационных задач. Примеры интеллектуальных задач в экономике.
2) Основные виды интеллектуальных задач. Структура исследований в области искусственного интеллекта. Основные классы интеллектуальных информационных систем. Общие черты интеллектуальных технологий обработки информации.
3) Знания как особая форма информации. Отличие знаний от данных. Декларативные и процедурные знания. Модели знаний. Базы знаний (БЗ).
4) Технологии оперативной аналитической обработки (OLAP), области их применения.
5) Понятия «фактов» и «измерений» в технологиях оперативной аналитической обработки (OLAP). Многомерное представление данных в технологиях оперативной аналитической обработки.
6) Основные принципы организации инструментов оперативной аналитической обработки (OLAP-анализаторов).
7) Понятие интеллектуального анализа данных (Data Mining). Проблема «сырых данных».
8) Шаблоны, выявляемые методами интеллектуального анализа данных (Data Mining). Примеры из области экономических знаний.
9) Инструментальные средства интеллектуального анализа данных, их виды.
10) Экспертные системы. «Неявные знания», проблема их формализации и использования. Сферы применения экспертных систем.
11) Принципиальная структура экспертной системы, назначение ее элементов.
12) Инструментальные средства построения экспертных систем.
13) Генетические алгоритмы, их сущность, области применения.
14) Основные стадии генетического алгоритма, их сущность.
15) Искусственные нейронные сети. Основные направления применения нейросетевых технологий в экономике. Принципиальные отличия обработки информации методами искусственных нейронных сетей и алгоритмической обработки «формальными» методами.
16) Основные классы задач, решаемые методами искусственных нейронных сетей (ИНС).
17) Принципиальная модель искусственного нейрона (нейрон МакКалока-Питтса).
18) Активационная функция искусственного нейрона. Виды активационных функций. Активационные функции, применяемые в искусственных нейронных сетях типа MLP (многослойный персептрон) и самоорганизующихся картах Кохонена.
19) Виды искусственных нейронных сетей (ИНС) по типам обучения. Процесс обучения ИНС. Понятие «эпохи» обучения.
20) Искусственные нейронные сети типа MLP (многослойный персептрон). Принципиальная схема сети MLP. Связи в сетях MLP. Назначение скрытых слоев.
21) Проблема переобучения искусственных нейронных сетей типа MLP (многослойный персептрон). Способы преодоления проблемы переобучения.
22) Основные алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей типа MLP (многослойный персептрон), их различия.
23) Степень обучения и степень обобщения как характеристика качества обучения искусственных нейронных сетей типа MLP (многослойный персептрон). Показатели оценки данных характеристик.
24) Типовые задачи, решаемые с помощью искусственных нейронных сетей типа MLP (многослойный персептрон). Задачи классификации и задачи аппроксимации.
25) Визуальные методы и количественные показатели оценки качества обучения искусственных нейронных сетей типа MLP (многослойный персептрон).
26) Самоорганизующиеся карты Кохонена, их назначение, возможности и направления применения в экономике.
27) Принципиальная схема нейронной сети, лежащей в основе самоорганизующихся карт Кохонена.

Согласована на портале № 8274

28) Процесс обучения самоорганизующихся карт Кохонена, его стадии.
29) Визуальная интерпретация результатов обучения самоорганизующихся карт Кохонена.
30) Назначение специальных отображений результатов обучения самоорганизующихся карт Кохонена: матрица расстояний, матрица плотности попадания, проекция Саммона.

3.3 Вопросы для диф. зачета (для студентов, не выполнивших программу семестра)

1. Сеть Кохонена, Обучение сети Кохонена. Метод динамических ядер;
2. Сети Хопфилда, Функционирование сети;
3. Ортогональные сети;
4. Краткий обзор нейронных сетей;
5. Нейрон ;
6. Различимость входных данных, Классификация компонентов входных данных;
7. Оценка способности нейронной сети решить задачу;
8. Оценка константы Липшица сети;
9. Нелинейный сигмоидный преобразователь;
10. Адаптивный сумматор;
11. Предобработка, облегчающая обучение;
12. Конструирование нейронных сетей;
13. Элементы нейронной сети;
14. Функционирование нейронной сети;
15. Методы построения двойственных сетей;
16. Правила остановки работы сети;
17. Архитектуры сетей;
18. Модификация синаптической карты (обучение);
19. Примеры сетейи алгоритмов их обучения;
20. Персептрон Розенблатта;
21. Оценка обучающего множества. Вес примера;
22. Глобальные и локальные оценки;
23. Задача обучения сети, Описание алгоритмов обучения;
24. Неградиентные методы обучения (Метод случайной стрельбы, Метод покоординатного спуска, Подбор оптимального шага, Метод случайного поиска, Метод Нелдера-Мида);
25. Градиентные методы обучения (Метод наискорейшего спуска, Квазиньютоновские методы);
26. Упрощение архитектуры нейронной сети;
27. Уменьшение числа входных сигналов;
28. Сведение параметров нейронной сети к выделенным значениям;
29. Определение персептрона;
30. Обучение персептрона. Правило Хебба.

3.4 Домашние индивидуальные задания по теме

1) Конструирование нейронных сетей в Mathlab..
2) Использование многослойных персептронов для прогнозирования.
3) Обучение и тестирование нейронной сети.

3.5 Темы контрольных работ

1) Построение и применение многослойных персептронов
2) Применение сетей Кохонена для кластеризации данных.
3) Построение нейронных сетей Хопфилда и Хемминга.

3.6 Темы для самостоятельной работы

a. Работа головного мозга;
b. Недообучение и переобучение;
c. Зацикливание при обучении НС;
d. Методы ускорения обучения НС;
e. Параллельные алгоритмы;
f. Матричный подход к обучению;

Согласована на портале № 8274

g. Формирование выборок данных;
h. Типы архитектур НС;
i. Генетические алгоритмы;
j. Алгоритм муравьиной колонии.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

4.1 Основная литература

1. Боресков, А.В. Основы работы с технологией CUDA [Текст] : научное издание / А. В. Боресков, А. А. Харламов. - М. : ДМК Пресс, 2013. - 231 с. (13 экз.)

4.2 Перечень пособий, методических указаний и материалов, используемых в учебном процессе

1. Катаев М.Ю. Обработка и анализ данных с помощью нейронных сетей. Методические указания по лабораторным работам, самостоятельной и индивидуальной работе магистров / М.Ю. Катаев. – Томск: ТУСУР, 2016. – 10 с. http://asu.tusur.ru/learning/090401p/d15/090401p-d15-labs.doc (электронный ресурс каф. АСУ ТУСУР)

Согласована на портале № 8274