

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЛУЖБЫ  
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»**

---

Институт бизнеса и делового администрирования

Кафедра менеджмента

Утверждена

на заседании кафедры менеджмента

Протокол от «29» июня 2017 г. № 4

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Индекс ФТД.В.04 «Нейросетевое моделирование»

по направлению подготовки 38.04.02 Менеджмент

направленность «Прорывные финансовые и цифровые технологии»

квалификация Магистр

очная форма обучения

Год набора - 2018

Москва, 2018 г.

**Автор(ы)–составитель(и):** Бологов Ярослав Владимирович, к.э.н., Ведущий инженер анализа данных Института прикладного анализа данных Делойта

Заведующий кафедрой менеджмента ИБДА, доктор экономических наук, профессор  
Гапоненко Александр Лукич.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание и структура дисциплины
4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины
6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
  - 6.1. Основная литература
  - 6.2. Дополнительная литература
  - 6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
  - 6.4. Нормативные правовые документы
  - 6.5. Интернет-ресурсы
  - 6.6. Иные источники
7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы

1.1. Дисциплина «Нейросетевое моделирование» обеспечивает овладение следующими компетенциями:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код этапа освоения компетенции	Наименование этапа освоения компетенции
ПК-4	способность управлять организациями, подразделениями, группами (командами) сотрудников, проектными сетями	ПК-4.1	способен управлять организациями, подразделениями, группами (командами) сотрудников, проектными сетями
ПК ОС-13	способность принимать управленческие решения на основе анализа структурированных и неструктурированных данных	ПК ОС-13.1	способен принимать управленческие решения на основе анализа структурированных и неструктурированных данных
ОК-1	способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу	ОК-1.1	Обладает абстрактным мышлением, анализом и синтезом

1.2. В результате освоения дисциплины у студентов должны быть сформированы:

ОТФ/ТФ профессиональные действия	Код этапа освоения компетенции	Результаты обучения
создание и управление продуктов/проектов в финансовой сфере на основе информационных технологий и экономико-математических моделей	ПК ОС-13.1	<p>следующих знаний:</p> <p>нейросетевое моделирование</p> <p>следующих умений:</p> <p>разработки обучения нейросети</p> <p>следующих навыков:</p> <p>решения задач нейросетевого моделирования с применением пакета Wolfram Mathematica</p>

## 2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО

### Объем дисциплины

1 ЗЕ/36 ак. часа/27 астроном. час, на контактную работу с преподавателем 26 ак. часов/19,5 астр. час, на самостоятельную работу обучающихся 2 ак час/1,5 астр.час.

### Место дисциплины в структуре ОП ВО

ФТД.В.04 «Нейросетевое моделирование», 2 курс, 3 семестр.

дисциплина реализуется после изучения дисциплин:

- Эконометрика
- Микроэкономика
- Макроэкономика

– форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

### 3. Содержание и структура дисциплины

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Объем дисциплины (модуля), ак. час./ час.					СР	Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий					
			Л	ЛР	ПЗ	КСР		
Очная форма обучения								
Тема 1	Введение в нейросетевое моделирование	7	2		3		-	ДЗ
Тема 2	Процессы обучения	7	2		3		-	ДЗ
Тема 3	Однослойный персептрон	7	2		3		-	ДЗ
Тема 4	Многослойный персептрон	7	2		3		1	ДЗ
Тема 5	Кластеризация объектов с использованием самоорганизующихся карт	8	2		4		1	ДЗ
Промежуточная аттестация								Зачет с оценкой
Всего:		36/27	10		16/12		2/1,5	

Примечание\* – формы текущего контроля успеваемости: домашнее задание (ДЗ), контрольная работа (КР).

#### Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в нейросетевое моделирование.

Знакомство с основными терминами и определениями. Модели искусственных нейронов. Типы функций активации. Архитектура сетей.

Тема 2. Процессы обучения.

Задача адаптивной фильтрации. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона. Линейный фильтр, построенный по методу наименьших квадратов. Алгоритм минимизации среднеквадратической ошибки. Алгоритм обратного распространения ошибки.

Тема 3. Однослойный персептрон.

Графическая и аналитическая модель персептрона. Обучение персептрона. Теорема о сходимости персептрона. Применение персептрона для разбиения объектов на две группы.

Тема 4. Многослойный персептрон.

Задача исключаящего ИЛИ (XOR). Модели многослойного персептрона. Распознавание образов с помощью многослойного персептрона. Прогнозирование экономических переменных с помощью многослойного персептрона.

Тема 5. Кластеризация объектов с использованием самоорганизующихся карт.

Карты самоорганизации: процесс конкуренции, процесс кооперации, процесс адаптации. Упорядочивание и сходимость. Классификация множеств. Карты Кохонена.

#### 4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине

##### 4.1. Формы и методы текущего контроля успеваемости.

4.1.1. В ходе реализации дисциплины ФТД.В.04 «Нейросетевое моделирование» используются следующие методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

Тема (раздел)	Методы текущего контроля успеваемости
Тема 1	Домашнее задание 1
Тема 2	Домашнее задание 2
Тема 3	Домашнее задание 3
Тема 4	Домашнее задание 4
Тема 5	Домашнее задание 5

4.1.2. Зачет проводится с применением следующих методов (средств): в виде письменной контрольной работы/аналитического эссе (эссемент)

##### 4.2. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

###### Типовые оценочные материалы по теме 1

Домашнее задание 1.

1. Покажите, что производная логистической функции активации  $\varphi(v) = \frac{1}{1+e^{-av}}$  описывается выражением  $\frac{d\varphi}{dv} = a\varphi(v)(1 - \varphi(v))$ . Чему равно значение этой производной в точке  $v=0$ ?
2. Нечетная сигмоидальная функция активации задается формулой:  
 $\varphi(v) = \frac{1-e^{-av}}{1+e^{-av}} = \tanh\left(\frac{av}{2}\right)$  покажите, что производная этой функции описывается выражением  $\frac{d\varphi}{dv} = \frac{a}{2}(1 - \varphi^2(v))$ . Чему равно значение этой производной в точке  $v=0$ ?
3. Нейрон  $j$  получает входной сигнал от четырех других нейронов, уровни возбуждения которых равны 10; -20; 4; -2. Соответствующие синаптические веса связей этого нейрона равны 0,8; 0,2; -1; -0,9. Вычислите выходное значение нейрона  $j$ , если функция активации логистическая. (Предполагается, что порог отсутствует). Приведите иллюстрацию прохождения сигнала через  $j$ -ый нейрон в виде полного направленного графа.
4. Сконструируйте полную рекуррентную сеть с четырьмя нейронами, в которой нейроны не имеют обратных связей сами с собой.
5. Изобразите архитектурный граф нейронной полносвязной сети прямого распространения с 5 входными сигналами, 4 нейронами в скрытом слое, 3 нейронами выходного слоя.
6. Пусть функция стоимости имеет вид:  
 $E(w) = 0.5\sigma^2 - 0.82w_1 - 0.35w_2 + 0.91w_1^2 + 0.91w_2^2$ ,  
где  $\sigma^2$  – константа,  $w_j$  – синаптические веса.  
а) найдите оптимальные значения  $w_1$  и  $w_2$ , при которых функция ( $E(w)$ ) достигает своего минимального значения;  
б) используя метод наискорейшего спуска, определите значения синаптических весов на первой и второй итерациях (предполагается, что в начальный момент синаптические веса равны нулю  $w_1(0)=0$ ;  $w_2(0)=0$ ); значение параметра скорости обучения  $\eta=0,3$ ;  $\eta=0,7$ .  
в) используя метод Ньютона определите значения синаптических весов на первой и второй итерациях.

###### Типовые оценочные материалы по теме 2

Домашнее задание 2.

### Задание 1.

Имеется информация о логарифме заработной платы и стаже 20 работников. Используя модель линейного нейрона и алгоритм обучения, основанный на минимизации среднеквадратической ошибки, необходимо оценить коэффициенты в следующем уравнении:  $\ln wage_i = \beta_1 + \beta_2 exp_i + \beta_3 exp_i^2 + \varepsilon_i$ ,  $i=1, \dots, 20$  (Скорость обучения взять из интервала 0,1-0,3). На основе полученных результатов определить заработные платы, которые необходимо назначить пяти сотрудникам с заданными характеристиками.

Этапы работы:

1. Графически представить модель линейного нейрона, определить свободные параметры модели (те которые будут меняться в процессе обучения)
2. Привести исходные статистические данные к сопоставимому виду (нейронная сеть хорошо себя ведет, если значения входящих сигналов не очень большие, например, лежат в диапазоне от 0 до 1 или от -1 до 1)
3. Обнулить синаптические веса, провести первую итерацию алгоритма обучения для первого наблюдения, определить изменение синаптических весов, провести вторую итерацию алгоритма, ..., провести 20 итерацию.
4. Начать 2-ю эпоху обучения, проведя 21 итерацию, в качестве входа взять первое наблюдение.
5. Провести 200 эпох обучения нейронной сети, убедиться, что алгоритм сошелся. В качестве итоговых синаптических весов взять их среднее значение в 200-й эпохе обучения.
6. Определить зарплаты оставшихся 5-ти работников.

### Задание 2.

Есть информация о 4-х социально-экономических показателях регионов РФ. О 24 регионах известно, что 12 из них относятся к классу привлекательных для проживания (класс 1), а оставшиеся 12 – не привлекательных для проживания (класс 0). 15 регионов подлежат классификации. На основе персептрона Розенблата определите, к какому классу относится каждый из этих 15 регионов.

Этапы работы:

1. Привести данные к сопоставимому виду.
2. Построить и обучить персептрон с пороговой функцией активации (убедиться, что персептрон сходится, скорость обучения взять из интервала 0,1-0,3).

Провести классификацию регионов.

### Типовые оценочные материалы по теме 3

Домашнее задание 3. Типовые задачи

Нейронная сеть имеет два входных элемента, два нейрона в скрытом слое и два нейрона в выходном слое (т.е. архитектура сети – 2-2-2).

Исходные весовые коэффициенты заданы матрицами

$$\{w_{ji}\} = \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ -2 & 3 \\ -2 & 3 \end{pmatrix}; \{\tilde{w}_{kj}\} = \begin{pmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 2 \\ -4 & 2 \end{pmatrix}$$

Из внешней среды поступает сигнал (0,1; 0,9), желаемый выход сети (0,3; 0,6), скорость обучения 0,3.

Функция активации каждого вычислительного элемента (нейрона)  $\varphi(v_j) = \frac{1}{1+e^{-v_j}}$ ,  $\tilde{\varphi}(\tilde{v}_k) = \frac{1}{1+e^{-\tilde{v}_k}}$ .

Задания:

1. Изобразите архитектурный граф этой сети (не забудьте о пороговых элементах).
2. Вычислите выходной сигнал сети и ошибку каждого выходного нейрона.
3. Используя алгоритм обратного распространения ошибки, вычислите изменения ВСЕХ весовых коэффициентов.

Повторите пункты 2-3 для того же входного и желаемого выходного сигнала сети.

#### Типовые оценочные материалы по теме 4

Примеры контрольных работ

##### Задача 1

Представлена информация о следующих показателях за период с января 2009 года по декабрь 2015 года:

x1	Темп прироста кредитов нефинансовым организациям резидентам, в % к соответствующему периоду прошлого года
x2	Безработица, %
x3	Темп прироста индекса промышленного производства (ИПП), в % к соответствующему периоду прошлого года
x4	Ставки по депозитам физических лиц сроком от 6 месяцев до года
x5	Ставки по кредитам юридических лиц сроком от 6 месяцев до года
x6	Темп прироста индекса эффективного номинального курс рубля, % к соответствующему периоду прошлого года
x7	Темп прироста долларовой цены на нефть Urals, % к соответствующему периоду прошлого года

Необходимо получить прогноз переменных  $x_1$ ,  $x_4$  и  $x_5$  на все месяцы 2016 года, на основе имеющейся информации и построения и обучения нейронной сети с одним скрытым слоем.

Функция активации на всех нейронах скрытого слоя  $\varphi(v) = \frac{1}{1+e^{-v}}$ , на всех нейронах

выходного слоя  $\tilde{\varphi}(\tilde{v}) = th(\tilde{v}) = \frac{e^{2\tilde{v}}-1}{e^{2\tilde{v}}+1}$ .

При решении задачи необходимо:

- а) Описать процесс обработки данных перед обучением нейронной сети
- б) Представить итоговые значения синаптических весов.
- в) Привести прогнозное значение переменных, не забыв, что сеть обучалась на преобразованных данных, а руководство коммерческого банка интересуют фактические (непреобразованные) результаты.

##### Задача 2.

Приведена статистика о темпе роста индекса потребительских цен на товары и услуги (в % декабрь к декабрю прошлого года) по регионам РФ в период 1996-2015 годы. Задачей является разбиение регионов на однородные по темпу роста ИПЦ в рассматриваемый период группы (по каждому региону имеется 20-мерный вектор ИПЦ, надо распределить регионы по группам, в которых эти вектора близки друг к другу) с использованием нейронной сети. Количество групп выбрать из диапазона 4-8.

При решении необходимо:

- а) Указать количество групп, на которые будут разбиты регионы (хотелось бы, чтобы это число различалось у разных студентов).
- б) Представить итоговые значения центров кластеров.
- в) Привести таблицу с итоговым распределением регионов на группы.



### Задача 3

Рассматривается полносвязная нейронная сеть прямого распространения, имеющая два нейрона в скрытом слое и три в выходном, размерность пространства входов (без учета порога) равна 2. Нейроны выходного слоя получают сигналы только от нейронов скрытого слоя (порог для них отсутствует). Матрица значений синаптических весов сигнала от входного слоя к скрытому  $W = \begin{pmatrix} w_{01} & w_{02} \\ w_{11} & w_{12} \end{pmatrix}$ .

Матрица значений синаптических весов сигнала от скрытого слоя к выходному  $\tilde{W} = \begin{pmatrix} -0,3 & -0,6 & 0,4 \\ 0,9 & -0,1 & 1,2 \end{pmatrix}$

- Изобразите архитектурный граф рассматриваемой нейронной сети
- На вход сети подается учебный вектор  $(1; 0,9; 0,9)$ , желаемым откликом которого является вектор  $(0,1; 0,9; 0,1)$ , при этом выход первого нейрона скрытого слоя  $y_1=0.6$ , а второго  $y_2=0.8$ . Функция активации в каждом нейроне – сигмоид:  $\varphi(v) = \frac{1}{1+e^{-v}}$ . Вычислите выходы сети.
- Вычислите значения ошибок для каждого выходного элемента.
- Определите локальный градиент для каждого нейрона выходного слоя.
- Определите локальный градиент для каждого нейрона скрытого слоя.
- Вычислите изменение синаптических весов для сигнала, идущего от второго фактора входного слоя, если норма обучения 0,25.

### Задача 4

Докажите, что производная функции активации  $\varphi(v) = \frac{2}{1+e^{-v}} - 1$  имеет вид:  
 $\varphi'(v) = 0.5(1 - \varphi^2(v))$ . Какова область значений такой функции активации?

### Типовые оценочные материалы по теме 5

Домашнее задание 4. Типовые задачи

Задание 1.

Выполните стандартизацию данных

Проведите разбиение стран на 6 групп, используя подход на основе самоорганизующихся карт Кохонена.

- Радиус на начальном этапе принять равным 3. Через каждые 200 эпох радиус уменьшать на 1. Нейроны располагать в линию.
  - Норма обучения на начальном этапе 0,1; затем уменьшается с увеличением числа эпох по правилу:  $\eta(s) = 0.1e^{-\frac{s}{1000}} + 0.01$ , где  $s$  – номер эпохи.
  - Написать код в программе Wolfram Mathematica.
  - Сравнить состав кластеров с методом k-средних
- Отчет представляет из себя zip/tar архив с работающим кодом и текстовый файл с описанием центров кластеров, составом групп и сравнением результатов карт Кохонена и метода k-средних.

Задание 2.

Представлены данные о некоторых макроэкономических переменных в российской экономике с 1999 по 2015 годы.

Задача: на основе многослойного персептрона построить модель, позволяющую прогнозировать темп прироста реального ВВП и ИПЦ.

Предполагается, что  $(gr_t, infl_t) = f(gr_{t-1}, infl_{t-1}, m2_{t-1}, Ex_{t-1}, g_{t-1}, unemp_{t-1}, inv_{t-1})$ .

Этапы выполнения работы:

- определить архитектуру сети;

- б) обработать данные надлежащим образом;
- в) обучить нейронную сеть на данных 1999-2014 гг. (для этого необходимо написать «код» для реализации алгоритма обратного распространения ошибки);
- г) на основе полученных синаптических весов вычислить выходы сети для данных 2015 г., построить прогноз.

#### 4.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

##### 4.3.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Показатели и критерии оценивания компетенций с учетом этапа их формирования.

ОТФ/ТФ профессиональные действия	Код этапа освоения компетенции	Результаты обучения
создание и управление продуктов/проектов в финансовой сфере на основе информационных технологий и экономико-математических моделей	ПК ОС-13.1	<p>следующих знаний:</p> <p>нейросетевое моделирование</p> <p>следующих умений:</p> <p>разработки обучения нейросети</p> <p>следующих навыков:</p> <p>решения задач нейросетевого моделирования с применением пакета Wolfram Mathematica</p>

##### 4.3.2. Типовые оценочные средства.

###### Шкала оценивания.

10-балльная шкала	Традиционная шкала	«Зачтено»/ «Не зачтено»	Определение
10	Отлично	Зачтено	Полные, глубокие и систематические знания оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей, знакомство с дополнительной литературой, полный и правильный ответ, творческий подход в понимании и изложении учебного материала.
9	Отлично	Зачтено	Полные, глубокие и систематические знания оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей, полный и правильный ответ
8	Отлично	Зачтено	Полные и систематические знания оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей, отсутствие существенных неточностей в ответе.
7	Хорошо	Зачтено	Достаточно полные и систематические знания оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей, отсутствие существенных неточностей в ответе.
6	Хорошо	Зачтено	Достаточно полные и систематические знания оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей, отсутствие существенных неточностей в ответе.

10-балльная шкала	Традиционная шкала	«Зачтено»/«Не зачтено»	Определение
5	Удовлетворительно	Зачтено	Знание оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и работы.
4	Удовлетворительно	Зачтено	Знание оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей в минимальном объеме, необходимом для дальнейшей учебы и работы.
3	Неудовлетворительно	Не зачтено	Имеются существенные погрешности при выполнении мероприятий текущего контроля.
2	Неудовлетворительно	Не зачтено	Имеются пробелы в знаниях оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использованием нейросетей, допущены существенные ошибки при ответе, необходима значительная дополнительная учебная работа.
1	Неудовлетворительно	Не зачтено	Не выполнены предусмотренные программой задания, необходимы дополнительные занятия по соответствующей дисциплине.
0	Неудовлетворительно	Не зачтено	Нарушение академических норм (плагиат и т.п.)

#### 4.4. Методические материалы по проведению промежуточной аттестации

Зачёт проводится в компьютерной аудитории, с установленным пакетом Wolfram Mathematica, с доступом в локальную сеть Академии и глобальную сеть Интернет. Студент выполняет решение задачи на компьютере, затем предоставляет решение преподавателю, по данному решению проводится собеседование со студентом.

При решении задачи необходимо:

- а) Описать процесс обработки данных перед обучением нейронной сети
- б) Написать код в программе Wolfram Mathematica, который обучает нейронную сеть.
- в) Представить итоговые значения синаптических весов
- г) Дать точечную оценку прогноза темпов роста российской экономики, не забыв, что сеть обучалась для данных, преобразованных методами из п. а.

Время подготовки решения задач не более 60 мин.

При решении задач студенту разрешается использовать электронную справочную документацию пакета Wolfram Mathematica, а также сайт wikipedia.org. Любые остальные электронные ресурсы и источники данных при проведении зачета запрещены. В случае нарушения данных правил студенту выставляется оценка «неудовлетворительно» (не зачтено).

#### 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

##### Методические указания по выполнению домашнего задания

Для успешного усвоения дисциплины и выполнения домашних заданий студенту необходимо регулярно заниматься самостоятельной работой: аудиторной и внеаудиторной. Перед выполнением домашних заданий студент должен проработать соответствующую тему лекционных занятий, занимаясь с конспектом лекций и соответствующими главами рекомендованной литературы.

##### Методические указания по подготовке к контрольной работе

При подготовке к контрольной работе необходимо проработать соответствующую тему в лекционных занятиях, занимаясь с конспектом лекций и главами рекомендованной литературы, выполнить домашнее задание.

Для более глубокого знакомства с изучаемым курсом студенту необходимо читать рекомендуемую научную литературу.

Методические указания о самостоятельной работе

№ п/п	Указания
1	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.1 стр.31-85
2	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.1, стр.31-85
3	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.1, стр.31-85. Разобрать задания, предназначенные для решения на практическом занятии.
4	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.2, стр. 89-171
5	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.2, стр. 89-171 Выполнить и сдать домашнее задание №1.
6	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.2, стр. 89-171 Разобрать задания, предназначенные для решения на практическом занятии.
7	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.3, стр. 172-219
8	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.3, стр. 172-219 Выполнить и сдать домашнее задание №2.
9	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.3, стр. 172-219 Построить в программе MS Excel модель однослойного персептрона, позволяющую решать задачу классификации линейно разделимых множеств
10	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.4, стр. 219-341
11	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.4, стр. 219-341 Выполнить и сдать домашнее задание №3.
12	Разобрать задания, предназначенные для решения на практическом занятии Изучить интерфейс программы Wolfram Mathematica
13	Построить модель многослойного персептрона в программе Wolfram Mathematica, позволяющую прогнозировать значения экономических показателей
14	Повторить материал источника [1] из списка основной литературы гл.1-4 Повторить решение типовых задач практических занятий, а также домашних работ
15	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.9, стр. 573-622
16	Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.9, стр. 573-622 Выполнить и сдать домашнее задание №4.
17	Построить самоорганизующуюся карту, в узлах которой находятся искусственные нейроны, в программе Wolfram Mathematica, позволяющую решать задачу классификации многомерных объектов.

**6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

**6.1. Основная литература.**

1. Галушкин, А.И. Нейронные сети: основы теории [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2012. — 496 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5144>.
2. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер.с польск.И.Д.Рудинского [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2013. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/11843>.
3. Гелиг, А.Х. Введение в математическую теорию обучаемых распознающих систем и нейронных сетей: учеб. пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.Х. Гелиг, А.С. Матвеев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : СПбГУ, 2014. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94673>

**6.2. Дополнительная литература.**

1. Джудит Харвиц, Алан Нагент, Ферн Халпер, Марсиа Кауфман Просто о больших данных «Эксмо» Библиотека Сбербанка 2015 г.

**6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы. Отдельного обеспечения не предусмотрено.**

**6.4. Нормативные правовые документы.**

Не предусмотрены

**6.5. Интернет-ресурсы.**

<http://www.aiportal.ru/downloads/books/1/>

**6.6. Иные источники.**

Не предусмотрены

**7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

Для проведения занятий необходим компьютерный класс, оснащённый компьютерами под управлением операционной системой Windows, с доступом в интернет и установленным прикладным программным обеспечением Wolfram Mathematica, Microsoft Office, Adobe Reader. Аудитории с доской, мелом или маркерами – для лекционных и части семинарских занятий.