

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

---

**ИНСТИТУТ ЭКОНОМИКИ, МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
кафедра Макроэкономики**

**УТВЕРЖДЕНА**  
на заседании кафедры Макроэкономики  
Протокол от «03» июня 2019 г. № 10

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
(Авторский курс)**

Индекс Б1.В.ДВ.06.02 «Нейросетевое моделирование экономических процессов»

по направлению подготовки 38.04.01 Экономика

направленность «Поведенческая экономика»

квалификация Магистр

очная форма обучения

Год набора - 2019

Москва, 2019 г.

**Автор(ы)–составитель(и):** к.э.н. доц. кафедры макроэкономики Перевышин Ю.Н.

Заведующий кафедрой

Макроэкономики к.э.н., доцент кафедры макроэкономики Шагас Н.Л.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы.....   | 4  |
| 2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО .....  | 4  |
| 3. Содержание и структура дисциплины .....   | 4  |
| 4. Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся и фонд оценочных средств промежуточной аттестации по дисциплине.....   | 5  |
| 5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....  | 18 |
| 6. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине ..... | 20 |
| 7. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы .....  | 20 |

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

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

| Код компетенции | Наименование компетенции  | Код этапа освоения компетенции | Наименование этапа освоения компетенции  |
|-----------------|---|--------------------------------|--|
| ПК-ПЭ-4         | способность составлять прогноз основных социально-экономических показателей деятельности предприятия. | ПК-ПЭ-4.У                      | углубление (расширение) сформированной компетенции при условии выбора дисциплины по выбору, элективной дисциплины и/или факультатива |

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

| ОТФ/ТФ профессиональные действия  | Код этапа освоения компетенции | Результаты обучения   |
|---|--------------------------------|---|
| ведение научно-исследовательской работы   | ПК-ПЭ-4.У                      | следующих знаний:<br>нейросетевое моделирование<br>следующих умений:<br>разработки обучения нейросети<br>следующих навыков:<br>решения задач нейросетевого моделирования с применением пакета Wolfram Mathematica |
| принятие управленческих решений на основе критериев социально-экономической эффективности |                                |   |

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

### Объем дисциплины

3 ЗЕ, 32 ак. часа на контактную работу с преподавателем, 36 ак. часов на самостоятельную работу обучающихся;

### Место дисциплины в структуре ОП ВО

Б1.В.ДВ.06.02 «Нейросетевое моделирование экономических процессов», 1 курс, 2 семестр.

– дисциплина реализуется после изучения дисциплин:

- Эконометрика (продвинутый уровень) 1
- Эконометрика (продвинутый уровень) 2
- Микроэкономика (продвинутый уровень) 1
- Макроэкономика (продвинутый уровень) 1
- Инструментальные методы экономического анализа – 1
- Инструментальные методы экономического анализа – 2

– дисциплина может реализоваться частично или полностью с применением ЭО и/или ДОТ. Учебные материалы дисциплины размещаются по адресу [lms.ranepa.ru](https://lms.ranepa.ru)

– форма промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

## 3. Содержание и структура дисциплины

| № п/п | Наименование тем (разделов) | Объем дисциплины (модуля), ак. час./ час. |   |    | Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной |
|-------|-----------------------------|---|---|----|---|
|       |                             | Всего                                     | Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий** | СР |   |

|                          |   |               | Л             | ЛР | ПЗ             | КСР | аттестации      |
|--------------------------|---|---------------|---------------|----|----------------|-----|-----------------|
| Очная форма обучения     |   |               |               |    |                |     |                 |
| Тема 1                   | Введение в нейросетевое моделирование                           | 14            | 2             |    | 4              |     | ДЗ              |
| Тема 2                   | Процессы обучения   | 14            | 2             |    | 4              |     | ДЗ              |
| Тема 3                   | Однослойный персептрон  | 14            | 2             |    | 4              |     | ДЗ              |
| Тема 4                   | Многослойный персептрон   | 14            | 2             |    | 6              |     | КР (Темы 1-4)   |
| Тема 5                   | Кластеризация объектов с использованием самоорганизующихся карт | 12            | 2             |    | 4              |     | ДЗ              |
| Промежуточная аттестация |   | 4             |               |    |                |     | Зачет с оценкой |
| <b>Всего:</b>            |   | <b>108/81</b> | <b>10/7,5</b> |    | <b>22/16,5</b> |     | <b>36/27</b>    |

Примечание:\* формы текущего контроля успеваемости: домашнее задание (ДЗ), контрольная работа (КР).  
Примечание \*\*: в рамках указанной контактной работы с обучающимися учебные занятия могут проводиться с использованием ДОТ и/или ЭО

### 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 Б1.В.ДВ.06.02 «Нейросетевое моделирование экономических процессов» используются следующие методы текущего контроля успеваемости обучающихся:

| Тема (раздел) | Методы текущего контроля успеваемости |
|---------------|---------------------------------------|
| Тема 1        | Домашнее задание 1                    |

| Тема (раздел) | Методы текущего контроля успеваемости |
|---------------|---------------------------------------|
| Тема 2        | Домашнее задание 2                    |
| Тема 3        | Домашнее задание 3                    |
| Тема 4        | Контрольная работа (Темы 1-4)         |
| Тема 5        | Домашнее задание 4                    |

**4.1.2. Зачет проводится с применением следующих методов (средств):** в устной форме в виде собеседования по результатам решения задач в прикладном математическом пакете Wolfram Mathematica.

## 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:  
 $\varphi(v) = \frac{1-e^{-av}}{1+e^{-av}} = th\left(\frac{av}{2}\right)$  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.

В файле wage\_линейный\_нейрон.xlsx 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.

В файле Персептрон.xls представлена 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

В файле Прогнозирование кредитов.xlsx 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 x1, x4 и x5 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:

- Описать процесс обработки данных перед обучением нейронной сети
- Отправить на e-mail [perevyshin-yn@ranepa.ru](mailto:perevyshin-yn@ranepa.ru) файл с работающим кодом, который обучает нейронную сеть.
- Представить итоговые значения синаптических весов.
- Привести прогнозное значение переменных, не забыв, что сеть обучалась на преобразованных данных, а руководство коммерческого банка интересуют фактические (непреобразованные) результаты.

##### Задача 2.

В файле Региональная инфляция.xlsx 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:

- Указать количество групп, на которые будут разбиты регионы (хотелось бы, чтобы это число различалось у разных студентов).
- Отправить на e-mail [perevyshin-yn@ranepa.ru](mailto:perevyshin-yn@ranepa.ru) файл с работающим кодом, который обучает нейронную сеть.
- Представить итоговые значения центров кластеров.
- 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  $W = \begin{pmatrix} w_{01} & w_{02} \\ w_{11} & w_{12} \\ -0.8 & -0.3 \end{pmatrix}$ . Матрица значений

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

а) Изобразите архитектурный граф рассматриваемой нейронной сети

б) 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.

в) Вычислите значения ошибок для каждого выходного элемента.

г) Определите локальный градиент для каждого нейрона выходного слоя.

д) Определите локальный градиент для каждого нейрона скрытого слоя.

е) 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 из файла Country.xls.

Проведите разбиение стран из файла Country.xls. на 6 групп, используя подход на основе самоорганизующихся карт Кохонена.

а) Радиус на начальном этапе принять равным 3. Через каждые 200 эпох радиус уменьшать на 1. Нейроны располагать в линию.

б) 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.

в) Написать код в программе Wolfram Mathematica.

г) 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.

В файле Rus\_macro.xlsx 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:

а) 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.

| Код компетенции | Наименование компетенции  | Код этапа освоения компетенции | Наименование этапа освоения компетенции  |
|-----------------|---|--------------------------------|--|
| ПК-ПЭ-4         | способность составлять прогноз основных социально-экономических показателей деятельности предприятия. | ПК-ПЭ-4.У                      | углубление (расширение) сформированной компетенции при условии выбора дисциплины по выбору, элективной дисциплины и/или факультатива |

| Этап освоения компетенции | Показатель оценивания  | Критерий оценивания   |
|---------------------------|--|---|
| ПК-ПЭ-4.У                 | способен проводить оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на микро- и макроуровне с использованием нейросетей | понимает и объясняет нейросетевые модели, выбирает и обосновывает применение моделей в зависимости от условий, проводит самостоятельные расчеты |

#### 4.3.2. Типовые оценочные средства.

##### Зачет

##### Задача 1 (25 баллов)

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  $W = \begin{pmatrix} w_{01} & w_{02} \\ w_{11} & w_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.8 & -0.3 \end{pmatrix}$ . Матрица значений

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

а. Изобразите архитектурный граф рассматриваемой нейронной сети

б. 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.

в. Вычислите значения ошибок для каждого выходного элемента.

г. Определите локальный градиент для каждого нейрона выходного слоя.

д. Определите локальный градиент для каждого нейрона скрытого слоя.

е. Вычислите изменение синаптических весов для сигнала, идущего от второго фактора входного слоя, если норма обучения 0,25.

##### Задача 2. (25 баллов)

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?

**Задача 3.** (25 баллов)

В таблице приведена информация о структуре государственных расходов в странах Европы, США, Канаде, Австралии. Исследователь знает, что бюджетную политику этих стран можно разделить на три группы, условные название которых «Социально-ориентированный бюджет», «Военно-ориентированный бюджет», «Бюджет, ориентированный на развитие человеческого капитала». При этом известно распределение 25 стран по этим группам. Задачей исследователя является отнесение оставшихся 9 стран (Болгария, Чехия, Франция, Мальта, Польша, Румыния, Испания, Швеция, Швейцария) к одной из трех групп. Решите эту задачу, применяя нейросетевое моделирование. [Задача решается при использовании пороговой функции активации, начальные значения весов

$W = \begin{pmatrix} 0,1 & -0,14 \\ -0,2 & 0,12 \\ -0,2 & -0,2 \\ 0,06 & -0,07 \end{pmatrix}$ , скорость обучения 0,2 (при этом решение не единственное)].

| № группы   | Страна         | Доля расходов государства на оборону в общих расходах | Доля расходов на образование и здравоохранение в общих расходах | Доля расходов на социальное страхование в общих расходах |
|--|----------------|---|---|--|
| Социально-ориентированный бюджет                           |                |   |   |  |
| 1 группа   | Luxembourg     | 16.85%  | 28.07%  | 55.07%   |
|  | Ukraine        | 17.74%  | 24.49%  | 57.78%   |
|  | Norway         | 18.35%  | 32.65%  | 49.00%   |
|  | Ireland        | 18.94%  | 34.09%  | 46.97%   |
|  | Slovenia       | 19.44%  | 31.19%  | 49.38%   |
|  | Denmark        | 19.49%  | 30.49%  | 50.02%   |
|  | Austria        | 19.69%  | 28.00%  | 52.30%   |
|  | Finland        | 19.78%  | 27.93%  | 52.29%   |
|  | Germany        | 20.38%  | 24.26%  | 55.35%   |
| Военно-ориентированный бюджет                              |                |   |   |  |
| 2 группа   | Netherlands    | 25.64%  | 25.33%  | 49.04%   |
|  | Bulgaria       | 26.62%  | 24.31%  | 49.07%   |
|  | Hungary        | 27.26%  | 24.77%  | 47.97%   |
|  | Italy          | 27.33%  | 25.43%  | 47.24%   |
|  | Greece         | 28.89%  | 17.73%  | 53.38%   |
|  | USA            | 38.00%  | 20.00%  | 42.00%   |
|  | Albania        | 32.73%  | 19.82%  | 47.45%   |
|  | Cyprus         | 33.28%  | 27.09%  | 39.63%   |
|  | Russia         | 38.75%  | 19.74%  | 41.51%   |
| Бюджет, ориентированный на развитие человеческого капитала |                |   |   |  |
| 3 группа   | Portugal       | 22.73%  | 31.68%  | 45.58%   |
|  | Latvia         | 23.78%  | 30.85%  | 45.36%   |
|  | Lithuania      | 21.92%  | 33.88%  | 44.20%   |
|  | Australia      | 23.18%  | 34.35%  | 42.47%   |
|  | Canada         | 23.08%  | 35.64%  | 41.27%   |
|  | Estonia        | 21.88%  | 36.08%  | 42.03%   |
|  | Iceland        | 20.80%  | 43.53%  | 35.67%   |
| Подлежат классификации                                     |                |   |   |  |
| Определил<br>ь в одну из<br>групп                          | Bulgaria       | 26.62%  | 24.31%  | 49.07%   |
|  | Czech Republic | 22.31%  | 26.53%  | 51.16%   |
|  | France         | 21.28%  | 28.83%  | 49.89%   |
|  |                |   |   |  |

|             |        |        |        |
|-------------|--------|--------|--------|
| Malta       | 23.57% | 27.00% | 49.43% |
| Poland      | 21.99% | 25.94% | 52.07% |
| Romania     | 23.80% | 24.45% | 51.75% |
| Spain       | 22.25% | 29.34% | 48.41% |
| Sweden      | 20.97% | 27.39% | 51.64% |
| Switzerland | 22.32% | 28.91% | 48.77% |

- а) Приведите графическую иллюстрацию используемой нейронной сети.  
б) Приведите итоговые значения синаптических весов, при которых достигается сходимость (т.е. все объекты обучающей выборки попадают в свой класс).  
в) Укажите, к какой группе относится каждая из стран, подлежащих классификации.

**Задача 4.** (25 баллов)

В таблице представлена информация об усредненных за 5 лет социально-экономических показателях России и зарубежных стран.

| country     | 5-Years   | rgdpgrowth | empgrowth(-1) | hcgrowth(-1) | s(-1)  | g(-1)  |
|-------------|-----------|------------|---------------|--------------|--------|--------|
| Argentina   | 2002-2006 | 3.92%      | 0.49%         | 0.25%        | 21.72% | 14.09% |
| Argentina   | 2007-2011 | 7.12%      | 2.50%         | 0.52%        | 18.28% | 10.16% |
| Australia   | 2002-2006 | 3.42%      | 1.68%         | 0.12%        | 25.82% | 14.85% |
| Australia   | 2007-2011 | 3.08%      | 2.61%         | 0.18%        | 28.73% | 15.05% |
| Austria     | 2002-2006 | 2.11%      | 1.01%         | 0.51%        | 26.86% | 15.35% |
| Austria     | 2007-2011 | 1.81%      | 1.24%         | 0.39%        | 23.38% | 14.74% |
| Belgium     | 2002-2006 | 0.98%      | 1.44%         | 0.40%        | 24.30% | 17.97% |
| Belgium     | 2007-2011 | 2.34%      | 1.01%         | 0.36%        | 23.81% | 18.00% |
| Bangladesh  | 2002-2006 | 2.96%      | 2.06%         | 1.61%        | 20.33% | 8.00%  |
| Bangladesh  | 2007-2011 | 5.75%      | 2.89%         | 1.49%        | 24.96% | 6.28%  |
| Bulgaria    | 2002-2006 | 4.38%      | -2.05%        | 0.41%        | 11.17% | 31.84% |
| Bulgaria    | 2007-2011 | 5.03%      | 2.64%         | 0.37%        | 17.11% | 30.31% |
| Bolivia     | 2002-2006 | 6.51%      | 3.25%         | 0.93%        | 13.22% | 26.02% |
| Bolivia     | 2007-2011 | 4.99%      | 3.08%         | 1.31%        | 11.24% | 20.82% |
| Brazil      | 2002-2006 | 2.30%      | 1.92%         | 1.92%        | 18.33% | 26.04% |
| Brazil      | 2007-2011 | 4.77%      | 3.08%         | 1.26%        | 18.14% | 19.24% |
| Canada      | 2002-2006 | 2.53%      | 2.18%         | 0.58%        | 23.26% | 14.71% |
| Canada      | 2007-2011 | 1.00%      | 2.15%         | 1.19%        | 23.66% | 15.22% |
| Switzerland | 2002-2006 | 1.98%      | 1.19%         | 0.02%        | 26.50% | 8.08%  |
| Switzerland | 2007-     | 3.49%      | 0.95%         | 0.19%        | 23.51% | 8.28%  |

|                |           |        |        |        |        |        |
|----------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                | 2011      |        |        |        |        |        |
| Chile          | 2002-2006 | 8.31%  | 2.32%  | 0.47%  | 25.84% | 13.28% |
| Chile          | 2007-2011 | 4.32%  | 3.87%  | 0.82%  | 24.85% | 8.84%  |
| Cote d'Ivoire  | 2002-2006 | -2.37% | 2.34%  | 1.43%  | 6.25%  | 9.57%  |
| Cote d'Ivoire  | 2007-2011 | 0.70%  | 1.21%  | 0.83%  | 5.37%  | 7.76%  |
| Cameroon       | 2002-2006 | 2.30%  | 2.91%  | 0.88%  | 12.13% | 8.89%  |
| Cameroon       | 2007-2011 | 2.86%  | 2.77%  | 0.72%  | 16.07% | 9.90%  |
| Colombia       | 2002-2006 | 4.71%  | 2.53%  | 0.76%  | 17.51% | 11.76% |
| Colombia       | 2007-2011 | 5.78%  | 1.98%  | 0.51%  | 20.22% | 11.77% |
| Costa Rica     | 2002-2006 | 3.46%  | 4.42%  | 0.64%  | 10.63% | 12.60% |
| Costa Rica     | 2007-2011 | 4.41%  | 3.51%  | 0.29%  | 13.70% | 13.95% |
| Cyprus         | 2002-2006 | 3.12%  | 1.23%  | 0.18%  | 21.51% | 14.45% |
| Cyprus         | 2007-2011 | 3.91%  | 2.88%  | -0.50% | 24.11% | 17.05% |
| Czech Republic | 2002-2006 | 3.14%  | -1.22% | 0.66%  | 22.77% | 27.19% |
| Czech Republic | 2007-2011 | 1.87%  | 0.71%  | 0.88%  | 23.34% | 26.39% |
| Germany        | 2002-2006 | 1.17%  | 0.83%  | 1.39%  | 21.83% | 14.25% |
| Germany        | 2007-2011 | 1.81%  | -0.12% | 2.08%  | 17.93% | 14.84% |
| Denmark        | 2002-2006 | 1.26%  | 1.04%  | 0.08%  | 22.56% | 20.39% |
| Denmark        | 2007-2011 | 1.76%  | 0.26%  | 0.20%  | 23.34% | 20.61% |
| Ecuador        | 2002-2006 | 9.53%  | 2.40%  | 0.15%  | 20.29% | 20.05% |
| Ecuador        | 2007-2011 | 4.07%  | 3.60%  | 0.89%  | 26.49% | 11.96% |
| Egypt          | 2002-2006 | 2.71%  | 2.11%  | 1.64%  | 13.37% | 8.23%  |
| Egypt          | 2007-2011 | 5.12%  | 2.97%  | 1.21%  | 15.28% | 13.02% |
| Spain          | 2002-2006 | 4.63%  | 4.21%  | 1.34%  | 25.74% | 15.36% |
| Spain          | 2007-2011 | 1.05%  | 3.43%  | 0.60%  | 28.41% | 16.58% |
| Estonia        | 2002-2006 | 7.62%  | -1.38% | 1.16%  | 19.58% | 33.39% |
| Estonia        | 2007-2011 | 2.93%  | 2.44%  | 0.25%  | 27.79% | 26.31% |
| Finland        | 2002-2006 | 1.53%  | 2.23%  | 0.50%  | 23.24% | 17.47% |

|                |           |        |        |       |        |        |
|----------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Finland        | 2007-2011 | 2.30%  | 1.04%  | 0.41% | 22.66% | 18.52% |
| France         | 2002-2006 | 0.78%  | 1.74%  | 1.17% | 18.33% | 19.61% |
| France         | 2007-2011 | 1.72%  | 0.59%  | 0.53% | 19.65% | 19.86% |
| United Kingdom | 2002-2006 | 1.93%  | 1.21%  | 0.44% | 18.37% | 15.60% |
| United Kingdom | 2007-2011 | 0.02%  | 0.93%  | 0.48% | 17.54% | 17.83% |
| Greece         | 2002-2006 | 3.74%  | 1.00%  | 0.45% | 24.07% | 18.09% |
| Greece         | 2007-2011 | -0.78% | 2.29%  | 1.31% | 24.91% | 18.44% |
| Hong Kong      | 2002-2006 | 3.49%  | 1.89%  | 0.05% | 31.01% | 5.53%  |
| Hong Kong      | 2007-2011 | 3.05%  | 0.25%  | 0.81% | 26.09% | 5.23%  |
| Croatia        | 2002-2006 | 4.65%  | -1.55% | 0.38% | 18.95% | 24.03% |
| Croatia        | 2007-2011 | 1.90%  | 0.85%  | 0.55% | 25.48% | 22.79% |
| Hungary        | 2002-2006 | 2.33%  | 1.07%  | 0.91% | 18.81% | 30.43% |
| Hungary        | 2007-2011 | 1.69%  | -0.25% | 0.34% | 20.66% | 27.67% |
| Indonesia      | 2002-2006 | 3.04%  | 0.86%  | 1.05% | 18.23% | 15.86% |
| Indonesia      | 2007-2011 | 5.88%  | 0.90%  | 0.89% | 22.19% | 15.51% |
| India          | 2002-2006 | 8.23%  | 1.77%  | 0.95% | 19.11% | 19.19% |
| India          | 2007-2011 | 8.29%  | 2.33%  | 0.98% | 26.28% | 18.46% |
| Ireland        | 2002-2006 | 5.48%  | 5.57%  | 0.29% | 24.18% | 12.78% |
| Ireland        | 2007-2011 | -0.03% | 2.85%  | 0.50% | 22.79% | 12.20% |
| Iceland        | 2002-2006 | 2.88%  | 2.15%  | 0.62% | 26.89% | 22.07% |
| Iceland        | 2007-2011 | -1.34% | 1.50%  | 0.76% | 35.03% | 22.82% |
| Israel         | 2002-2006 | -0.39% | 2.73%  | 0.35% | 28.55% | 25.48% |
| Israel         | 2007-2011 | 2.77%  | 2.12%  | 0.17% | 22.06% | 26.08% |
| Italy          | 2002-2006 | -0.11% | 1.18%  | 0.66% | 24.36% | 14.65% |
| Italy          | 2007-2011 | 0.63%  | 1.43%  | 0.48% | 25.12% | 15.07% |
| Jamaica        | 2002-2006 | 1.48%  | -0.51% | 1.16% | 16.95% | 29.92% |
| Jamaica        | 2007-2011 | 0.26%  | 3.53%  | 0.57% | 19.52% | 34.48% |
| Japan          | 2002-2006 | 0.98%  | -0.71% | 0.48% | 29.06% | 14.75% |

|                    |           |        |        |       |        |        |
|--------------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Japan              | 2007-2011 | -0.36% | -0.18% | 0.46% | 24.73% | 17.13% |
| Kazakhstan         | 2002-2006 | 13.54% | 0.17%  | 1.24% | 13.75% | 23.37% |
| Kazakhstan         | 2007-2011 | 10.47% | 1.89%  | 0.24% | 22.13% | 14.72% |
| Kenya              | 2002-2006 | 1.43%  | 2.50%  | 0.70% | 11.20% | 11.70% |
| Kenya              | 2007-2011 | 4.26%  | 2.10%  | 0.73% | 13.35% | 12.21% |
| Korea, Republic of | 2002-2006 | 4.66%  | 0.56%  | 0.66% | 30.10% | 11.62% |
| Korea, Republic of | 2007-2011 | 2.58%  | 1.50%  | 0.63% | 32.77% | 13.31% |
| Sri Lanka          | 2002-2006 | 3.79%  | 1.87%  | 0.95% | 18.86% | 20.41% |
| Sri Lanka          | 2007-2011 | 7.11%  | 2.85%  | 0.44% | 22.77% | 12.89% |
| Lithuania          | 2002-2006 | 5.77%  | -2.61% | 0.57% | 13.26% | 33.82% |
| Lithuania          | 2007-2011 | 2.60%  | 1.88%  | 1.09% | 16.38% | 28.67% |
| Luxembourg         | 2002-2006 | 5.63%  | 4.59%  | 0.45% | 29.78% | 10.62% |
| Luxembourg         | 2007-2011 | 3.00%  | 2.61%  | 0.33% | 29.07% | 12.42% |
| Latvia             | 2002-2006 | 5.50%  | 0.12%  | 0.65% | 15.35% | 33.07% |
| Latvia             | 2007-2011 | 3.53%  | 2.60%  | 1.05% | 23.87% | 28.49% |
| Morocco            | 2002-2006 | 0.59%  | 1.47%  | 1.23% | 26.22% | 10.60% |
| Morocco            | 2007-2011 | 3.91%  | 1.82%  | 1.08% | 34.13% | 9.53%  |
| Mexico             | 2002-2006 | 4.24%  | 2.46%  | 1.13% | 22.56% | 15.09% |
| Mexico             | 2007-2011 | 1.57%  | 2.15%  | 1.18% | 20.71% | 13.97% |
| Mongolia           | 2002-2006 | 14.89% | 1.61%  | 0.14% | 20.36% | 30.83% |
| Mongolia           | 2007-2011 | 7.14%  | 3.96%  | 0.36% | 26.65% | 33.02% |
| Malaysia           | 2002-2006 | 6.86%  | 2.01%  | 0.90% | 39.22% | 7.52%  |
| Malaysia           | 2007-2011 | 4.73%  | 1.82%  | 0.77% | 32.80% | 9.43%  |
| Netherlands        | 2002-2006 | 0.99%  | 2.43%  | 0.30% | 21.48% | 18.92% |
| Netherlands        | 2007-2011 | 1.98%  | 0.45%  | 0.14% | 17.96% | 19.96% |
| Norway             | 2002-2006 | 5.23%  | 1.46%  | 0.60% | 21.10% | 16.03% |
| Norway             | 2007-2011 | 2.96%  | 1.15%  | 1.13% | 18.21% | 13.56% |
| New Zealand        | 2002-2006 | 2.19%  | 1.42%  | 0.28% | 20.06% | 16.45% |

|                   |           |        |        |        |        |        |
|-------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| New Zealand       | 2007-2011 | 1.79%  | 3.04%  | 0.36%  | 22.91% | 17.41% |
| Peru              | 2002-2006 | 9.23%  | 1.80%  | 0.58%  | 23.08% | 13.35% |
| Peru              | 2007-2011 | 7.85%  | 3.30%  | 0.42%  | 21.20% | 8.36%  |
| Philippines       | 2002-2006 | 1.23%  | 1.41%  | 0.48%  | 21.31% | 12.13% |
| Philippines       | 2007-2011 | 4.64%  | 2.15%  | 0.46%  | 22.36% | 7.06%  |
| Poland            | 2002-2006 | 2.86%  | -1.10% | 0.37%  | 19.28% | 23.32% |
| Poland            | 2007-2011 | 5.52%  | 0.48%  | 0.32%  | 16.67% | 23.51% |
| Portugal          | 2002-2006 | 1.77%  | 1.99%  | 0.70%  | 30.47% | 15.90% |
| Portugal          | 2007-2011 | 0.90%  | -0.02% | 0.58%  | 27.03% | 18.06% |
| Paraguay          | 2002-2006 | 4.27%  | 2.58%  | 0.51%  | 15.76% | 9.06%  |
| Paraguay          | 2007-2011 | 5.97%  | 1.91%  | 2.59%  | 15.75% | 7.36%  |
| Romania           | 2002-2006 | 6.87%  | -2.71% | 0.36%  | 14.44% | 26.23% |
| Romania           | 2007-2011 | 6.06%  | -2.66% | 0.25%  | 17.96% | 23.93% |
| Russia            | 2002-2006 | 9.50%  | -0.23% | 1.07%  | 14.86% | 32.30% |
| Russia            | 2007-2011 | 5.95%  | 0.80%  | 0.28%  | 15.58% | 26.34% |
| Senegal           | 2002-2006 | 1.45%  | 2.99%  | 0.84%  | 14.18% | 11.58% |
| Senegal           | 2007-2011 | 2.49%  | 3.24%  | 0.93%  | 22.45% | 10.14% |
| Singapore         | 2002-2006 | 10.54% | 2.41%  | 1.20%  | 40.34% | 12.55% |
| Singapore         | 2007-2011 | 4.82%  | 1.74%  | 0.61%  | 31.75% | 16.82% |
| Slovak Republic   | 2002-2006 | 5.07%  | -1.10% | -0.07% | 20.98% | 28.44% |
| Slovak Republic   | 2007-2011 | 5.01%  | 0.86%  | 0.20%  | 20.76% | 27.96% |
| Slovenia          | 2002-2006 | 3.39%  | 0.48%  | 0.37%  | 26.96% | 17.94% |
| Slovenia          | 2007-2011 | 0.66%  | 0.75%  | 0.19%  | 29.08% | 18.19% |
| Sweden            | 2002-2006 | 1.42%  | 1.37%  | 0.43%  | 20.35% | 22.12% |
| Sweden            | 2007-2011 | 2.78%  | 0.45%  | 0.47%  | 18.33% | 22.28% |
| Thailand          | 2002-2006 | 5.62%  | 1.02%  | 0.61%  | 27.56% | 19.76% |
| Thailand          | 2007-2011 | 2.83%  | 2.45%  | 1.40%  | 27.25% | 16.58% |
| Trinidad & Tobago | 2002-2006 | 11.86% | 3.64%  | 0.55%  | 15.47% | 20.36% |



|                   |           |        |        |        |        |        |
|-------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Trinidad & Tobago | 2007-2011 | 4.29%  | 3.28%  | 0.50%  | 13.58% | 15.41% |
| Tunisia           | 2002-2006 | 0.78%  | 1.98%  | 1.54%  | 22.80% | 9.84%  |
| Tunisia           | 2007-2011 | 2.68%  | 1.59%  | 1.54%  | 27.87% | 9.44%  |
| Turkey            | 2002-2006 | 5.68%  | 0.19%  | 1.16%  | 16.66% | 14.50% |
| Turkey            | 2007-2011 | 5.27%  | -1.11% | 0.96%  | 16.08% | 17.17% |
| Taiwan            | 2002-2006 | 3.18%  | 0.70%  | 1.04%  | 27.80% | 14.00% |
| Taiwan            | 2007-2011 | 1.14%  | 1.51%  | 1.06%  | 23.72% | 14.11% |
| Ukraine           | 2002-2006 | 9.19%  | -1.99% | 0.45%  | 11.62% | 33.93% |
| Ukraine           | 2007-2011 | 4.26%  | 0.85%  | 0.54%  | 14.81% | 19.35% |
| Uruguay           | 2002-2006 | -0.07% | -1.66% | 0.69%  | 19.42% | 13.99% |
| Uruguay           | 2007-2011 | 7.51%  | 5.87%  | 0.05%  | 19.00% | 10.03% |
| United States     | 2002-2006 | 2.62%  | 1.43%  | 0.13%  | 22.34% | 9.55%  |
| United States     | 2007-2011 | 0.30%  | 1.09%  | 0.27%  | 22.34% | 10.97% |
| Venezuela         | 2002-2006 | 12.18% | 3.09%  | 0.84%  | 24.39% | 17.78% |
| Venezuela         | 2007-2011 | 4.14%  | 0.35%  | 1.15%  | 17.77% | 11.18% |
| Vietnam           | 2002-2006 | 7.33%  | 2.47%  | 1.11%  | 19.04% | 16.88% |
| Vietnam           | 2007-2011 | 8.22%  | 2.51%  | 1.31%  | 30.33% | 16.59% |
| South Africa      | 2002-2006 | 5.20%  | 3.90%  | -0.66% | 18.56% | 8.58%  |
| South Africa      | 2007-2011 | 3.89%  | 2.51%  | 0.79%  | 20.91% | 9.59%  |

rgdpgrowth – средний за 5 лет темп прироста реального ВВП,

empgrowth – средний за 5 лет темп прироста занятого населения,

hcgrowth - средний за 5 лет темп прироста человеческого капитала, измеренного по методологии Barro, Lee,

s –средняя за 5 лет норма сбережения,

g – средняя за 5 лет доля государственных расходов в ВВП,

(-1) – оператор запаздывания, т.е. информация о показателе относится к прошлому пятилетнему периоду.

Необходимо построить и обучить нейронную сеть 4-4-1, которая на основе информации о прошлых усредненных за 5 лет значениях empgrowth, hcgrowth, s, g делает предсказание средних за 5 лет темпов прироста реального ВВП.

Спрогнозировать средние реальные темпы прироста ВВП в России за 2012-2016 гг., если средние за 2007-2011 значения входных переменных были равны empgrowth – 0,16%

hcgrowth – 0,22%  
s – 15,8%  
g – 25,58%

#### Шкала оценивания.

Оценка определяется по формуле:

$$I = H * h + M + F \quad (1)$$

где  $h$  – количество домашних заданий;  $H$  – количество баллов за домашнее задание,  $M$  – количество баллов за контрольную работу,  $F$  – количество баллов за зачет,  $I$  – накопленное количество баллов.

| Оценка по пятибалльной шкале | Оценка по десятибалльной шкале | Накопленное количество баллов (I) |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Отлично                      | 10                             | 90% от $I_{max}$ и выше           |
|                              | 9                              | 80% от $I_{max}$ и выше           |
|                              | 8                              | 70% от $I_{max}$ и выше           |
| Хорошо                       | 7                              | 60% от $I_{max}$ и выше           |
|                              | 6                              | 50% от $I_{max}$ и выше           |
| Удовлетворительно            | 5                              | 40% от $I_{max}$ и выше           |
|                              | 4                              | 30% от $I_{max}$ и выше           |
| Неудовлетворительно          | 3                              | 20% от $I_{max}$ и выше           |
|                              | 2                              | 10% от $I_{max}$ и выше           |
|                              | 1                              | Менее 10% от $I_{max}$            |

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

Зачет 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:

- Описать процесс обработки данных перед обучением нейронной сети
- Написать код в программе Wolfram Mathematica, который обучает нейронную сеть.
- Представить итоговые значения синаптических весов
- 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» (0 баллов).

В случае, если дисциплина полностью или частично проводилась с применением технологий электронного обучения и/или дистанционных технологий, зачет может производиться с использованием системы СДО Академии и применением прокторинга.

### 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

| №<br>п/п  | Тип<br>занятия | Указания   |
|---|----------------|--|
| Тема 1. Введение в нейросетевое моделирование                           |                |  |
| 1   | Л              | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.1 стр.31-85  |
| 2   | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.1, стр.31-85   |
| 3   | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.1, стр.31-85. Разобрать задания, предназначенные для решения на практическом занятии.  |
| Тема 2. Процессы обучения   |                |  |
| 4   | Л              | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.2, стр. 89-171   |
| 5   | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.2, стр. 89-171<br>Выполнить и сдать домашнее задание №1.   |
| 6   | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.2, стр. 89-171<br>Разобрать задания, предназначенные для решения на практическом занятии.  |
| Тема 3. Однослойный персептрон  |                |  |
| 7   | Л              | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.3, стр. 172-219  |
| 8   | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.3, стр. 172-219<br>Выполнить и сдать домашнее задание №2.  |
| 9   | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.3, стр. 172-219<br>Построить в программе MS Excel модель однослойного персептрона, позволяющую решать задачу классификации линейно разделимых множеств |
| Тема 4. Многослойный персептрон   |                |  |
| 10  | Л              | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.4, стр. 219-341  |
| 11  | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.4, стр. 219-341<br>Выполнить и сдать домашнее задание №3.  |
| 12  | ПЗ             | Разобрать задания, предназначенные для решения на практическом занятии<br>Изучить интерфейс программы Wolfram Mathematica  |
| 13  | ПЗ             | Построить модель многослойного персептрона в программе Wolfram Mathematica, позволяющую прогнозировать значения экономических показателей  |
| 14  | КР(КСР)        | Повторить материал источника [1] из списка основной литературы гл. 1-4<br>Повторить решение типовых задач практических занятий, а также домашних работ   |
| Тема 5. Кластеризация объектов с использованием самоорганизующихся карт |                |  |

| №<br>п/п | Тип<br>занятия | Указания  |
|----------|----------------|---|
| 15       | Л              | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.9, стр. 573-622   |
| 16       | ПЗ             | Проработать материал источника [1] из списка основной литературы гл.9, стр. 573-622<br>Выполнить и сдать домашнее задание №4.   |
| 17       | ПЗ             | 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.**

Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. Издательский дом Вильямс, 2006.

[https://books.google.ru/books?id=LPMr0iA0muwC&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.ru/books?id=LPMr0iA0muwC&printsec=frontcover&hl=ru&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

### **6.2. Дополнительная литература.**

Нейронные сети. Statistica Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных. Изд-во Горячая Линия – Телеком, 2008.

<http://hi-edu.ru/e-books/xbook716/01/borovikov.pdf>

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/>  
<http://lms.ranepa.ru>

### **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.