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

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ОТДЕЛЕНИЕ ЭКОНОМИКИ
кафедра Эконометрики и математической экономики

УТВЕРЖДЕНА

на заседании кафедры Эконометрики и математической экономики

Протокол от «21» марта 2019 г. № 3

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Индекс Б1.В.ДВ.02.02. «Нейросетевое моделирование»

по направлению подготовки 38.04.02 Менеджмент

направленность «Финансы и Технологии»

квалификация Магистр

очная форма обучения

Год набора - 2019

Москва, 2019 г.

Автор(ы)–составитель(и): доцент, к.т.н. Стефановский Дмитрий Владимирович

Заведующий кафедрой
эконометрики и математической экономики, к. ф.-м. н, Носко В.П.

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-13	способен принимать управленческие решения на основе анализа структурированных и не структурированных данных	ПК-13.2.У	Сформировать способность принимать управленческие решения на основе нейросетевого моделирования

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-13.2.У	следующих знаний: нейросетевое моделирование следующих умений: разработки обучения нейросети следующих навыков: решения задач нейросетевого моделирования с применением пакета Wolfram Mathematica

2. Объем и место дисциплины в структуре ОП ВО

Объем дисциплины

2 ЗЕ/72 ак. Часа/54 астроном. час, 36 ак. часа/27 астроном. час на контактную работу с преподавателем, 28 ак. часов/ 21 астр. час на самостоятельную работу обучающихся;

Место дисциплины в структуре ОП ВО

Б1.В.ДВ.02.02. «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.						Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий				СР	
			Л	ЛР	ПЗ	КСР		
Очная форма обучения								
Тема 1	Введение в нейросетевое моделирование	12			8		4	ДЗ
Тема 2	Процессы обучения	12			8		4	ДЗ

№ п/п	Наименование тем (разделов)	Объем дисциплины (модуля), ак. час./ час.						Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
		Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий				СР	
			Л	ЛР	ПЗ	КСР		
Очная форма обучения								
Тема 3	Однослойный персептрон	12			8		4	ДЗ
Тема 4	Многослойный персептрон	12			8		4	КР (Темы 1-4)
Тема 5	Кластеризация объектов с использованием самоорганизующихся карт	16			4		12	ДЗ
Промежуточная аттестация		8						Зачет с оценкой
	Всего:	72/54			36/27		28/21	

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 исключающего 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.2.3. «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	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 программном продукте

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 $\frac{d\varphi}{dv} = a\varphi(v)\big(1 - \varphi(v)\big)$. 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 $\frac{d\varphi}{dv} = \frac{a}{2}\big(1 - \varphi^2(v)\big)$. 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 σ^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 η=0,3; η=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: $lnwage_i = \beta_1 + \beta_2 exp_i + \beta_3 exp_i^2 + \varepsilon_i$, i=1,…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

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

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 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:

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 $W = \begin{pmatrix} w_{01} & w_{02} \\ w_{11} & w_{12} \\ -0.8 & -0.3 \end{pmatrix}$. Матрица значений синаптических весов сигнала от скрытого слоя к выходному $\widetilde{W} = \begin{pmatrix} -0{,}3 & -0{,}6 & 0{,}4 \\ 0{,}9 & -0{,}1 & 1{,}2 \end{pmatrix}$

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

Проведите разбиение стран 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/rar 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:
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-13	способен принимать управленческие решения на основе анализа структурированных и не структурированных данных	ПК-13.2.У	Сформировать способность принимать управленческие решения на основе нейросетевого моделирования

Этап освоения компетенции	Показатель оценивания	Критерий оценивания
ПК-13.2.У	способен проводить оценки мероприятий в области экономической политики и принятия управленческих решений с использование нейросетей	понимает и объясняет нейросетевые модели, выбирает и обосновывает применение моделей в зависимости от условий, проводит самостоятельные расчеты

4.3.2. Типовые оценочные средства.

Зачёт

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 $W = \begin{pmatrix} w_{01} & w_{02} \\ w_{11} & w_{12} \\ -0.8 & -0.3 \end{pmatrix}$. Матрица значений синаптических весов сигнала от скрытого слоя к выходному $\widetilde{W} = \begin{pmatrix} -0{,}3 & -0{,}6 & 0{,}4 \\ 0{,}9 & -0{,}1 & 1{,}2 \end{pmatrix}$

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			
ть в од ну	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	2007-2011	3.49%	0.95%	0.19%	23.51%	8.28%
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.

10-бальная 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 использование 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 использование 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 использование 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 использование 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 использование нейросетей, отсутствие существенных неточностей в ответе.
5	Удовлетворительно	Зачтено	Знание оценки мероприятий в области экономической политики и принятия стратегических решений на макроуровне с использование 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 использование 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 использование 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 выполнение решения 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 нарушении 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 занятий, 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 самостоятельно 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

№ п/п	Указания
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.