Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Выборнова Любовь Алексеевна
Должность: Ректор
Дата подписания: 26.10.2026 13:14:04
Уникальный программный ключ:
c3b3b9c625f6c113afa2a2c42baff9e05a38b76e

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Поволжский государственный университет сервиса» (ФГБОУ ВО «ПВГУС»)

Высшая школа интеллектуальных систем и кибертехнологий

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ»

Направление подготовки:
27.03.02 «Управление качеством»

Направленность (профиль):
«Управление качеством»

Квалификациявыпускника:**бакалавр**

Тольятти 2024

Рабочая программа дисциплины *«Проектирование нейронной сети»* разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования - *бакалавриат* по направлению подготовки *27.03.02 «Управление качеством»*, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 31 июля 2020 г. № 869.

Рабочая программа дисциплины «*Проектирование нейронной сети*» разработана в соответствии с Профессиональным стандартом «Специалист по большим данным»,утверждённым приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 06 июля 2020 № 405н.

Составители:

д.э.н., профессор	Л.В. Глухова
(ученая степень, ученое звание)	(ФИО)
к.п.н., доцент	С.Д. Сыротюк
(ученая степень, ученое звание)	(ФИО)

РПД обсуждена на заседании Высшей школы интеллектуальных систем и кибертехнологий

«06» __09__ 2024_ г., протокол № 2__

Директор ВШИСиКТ к.э.н., доцент Филиппова О.А.

(уч.степень, уч.звание) (ФИО)

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

-формирование у обучающихся компетенций, необходимых для решения задач всфере искусственного интеллекта;

-формирование у обучающихся универсальных компетенций, направленных наразвитие навыков проектирования нейронных сетей.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**	**Планируемые результаты обучения по дисциплине**	**Основание (ПС)** *для профессиональных компетенций
УК-6. Способенуправлять своимвременем,выстраивать иреализовыватьтраекториюсаморазвития наоснове принциповобразования втечение всей жизни	ИУК-6.1. Определяет приоритетысобственной деятельности,личностного развития,образовательного ипрофессионального роста; подбирает способы решения исредства развития, в том числе вцифровой среде ИУК-6.2. Владеет технологиями инавыками управления своейпознавательной деятельностью иее совершенствования на основесамооценки, самоконтроля ипринципов самообразования втечение всей жизни	**Знает:** основы машинного обучения и искусственного интеллекта, включая основные концепции, алгоритмы и методы, принципы работы нейронных сетей, понятия: архитектура, функция активации, оптимизация и регуляризация **Умеет:** собирать, обрабатывать и анализировать данные для обучения нейронных сетей, включая знание методов предобработки данных; работать с большими объёмами данных и базами данных; проектировать и обучать нейронные сети, включая выбор и настройку их архитектуры, а	DataScientist, Инженер искусственного интеллекта (базовый уровень) Требования рынкатруда Требованияработодателей Обобщение отечественного изарубежного опыта

		также обучение на различных наборах данных **Владеет:** навыками моделирования нейронных сетей, в системе MATLAB	

2.МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина относится к *части, формируемой участниками образовательных отношений*,Блока 1. Дисциплины (модули) программы бакалавриата (Модуль дополнительной специализации(по выбору) «Нейросетевые технологии искусственного интеллекта»).

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем и структура дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4з.е. (144час.)**их распределение по видам работ и семестрам представлено в таблице.

Виды учебных занятий и работы обучающихся	Трудоемкость, час
Общая трудоемкость дисциплины, час	**144**
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий (всего), в т.ч.:	**46/10**
занятия лекционного типа (лекции)	18/4
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	28/6
лабораторные работы	-
Самостоятельная работа всего, в т.ч.:	**98/130**
Самоподготовка по темам (разделам) дисциплины	98/130
Выполнение курсового проекта /курсовой работы	-
Контроль (часы на экзамен, зачет)	**-/4**
Промежуточная аттестация	**зачет**

Примечание: *-/-объем часов соответственно для очной, заочной формобучения*

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

В процессе освоения дисциплины может применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

В процессе освоения дисциплины обучающиеся обеспечены доступом к электронной информационно-образовательной среде и электронно-библиотечным системам.

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Контактная работа			Самостоятельная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
УК-6. ИУК-6.1 ИУК-6.2	**Тема 1. Обзор и анализ в областипроектирования элементовнейронных сетей** 1.Особенности автоматизированногопроектирования искусственныхнейронных сетей 2. Модель нейрона. 3. Многослойные сети прямого распространения: Многослойный. Нерешённые проблемы. Самоорганизующиеся карты Кохонена. Модели теории адаптивного резонанса. Схема нейрона	4/1				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС) Тестирование по темам лекционных занятий
	Практическаяработа № 1. Проектирование структуры экспертной или информационно-аналитической системы по индивидуальному заданию с использованием методологии SADT			4/1		Отчёт по практической работе
	Самостоятельная работа				10/26	Самостоятельное изучение учебных материалов
УК-6. ИУК-6.1 ИУК-6.2	**Тема 2. Основные программные средства реализации нейронных сетей**	4/1				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС) Тестирование по темам лекционных занятий
	Практическая работа № 2. Проектирование системы логического вывода знаний в области информационной безопасности на основе продукционной модели и методов нечеткой логики в Excel			4/1		Отчёт по практической работе
	Практическая работа № 3. Технология разработки информационно-аналитической или экспертной системы на основе инструмента MATLAB			4/1		Отчёт по практической работе
	Самостоятельная работа				18/26	Самостоятельное изучение учебных материалов

Планируемые результаты освоения: код формируемой компетенции и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Контактная работа			Самостоятельная работа, час	
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час		
УК-6. ИУК-6.1 ИУК-6.2	**Тема 3. Архитектуры нейронных сетей**. Описание структуры и организации сети, включая количество слоёв, нейронов в каждом слое, функции активации, методы оптимизации и другие параметры. Некоторые архитектуры: прямые, рекуррентные, свёрточные нейронные сети	4/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС) Тестирование по темам лекционных занятий
	Практическая работа №4. Моделирование системы логического вывода при работе с Базой Знаний			4/1		Отчёт по практической работе
	Самостоятельная работа				20/26	Самостоятельное изучение учебных материалов
УК-6. ИУК-6.1 ИУК-6.2	**Тема 4. Парадигмы обучения нейронных сетей**. Основные понятия обучения, парадигма обучения с учителем, без учителя или смешанная. Методы обучения нейронных сетей: обратное распространение ошибки, методы Больцмана, Коши, Хебба и другие.	4/0,5				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС) Тестирование по темам лекционных занятий
	Практическая работа №5. Моделирование работы однослойного персептрона			4/1		Отчёт по практической работе
	Самостоятельная работа				20/26	Самостоятельное изучение учебных материалов
УК-6. ИУК-6.1 ИУК-6.2	**Тема 5. Обучение нейронных сетей**. Процесс определения оптимальных значений параметров сети, которые минимизируют ошибки на обучающих данных	2/1				Лекция-визуализация (в т.ч. в ЭИОС) Тестирование по темам лекционных занятий
	Практическая работа №6. Обучение многослойного персептрона с помощью алгоритма обратного распространения ошибки			4/0,5		Отчёт по практической работе
	Практическая работа №7. Моделирования алгоритмов обучения ИНС без учителя			4/0,5		Отчёт по практической работе
	Самостоятельная работа				30/26	Самостоятельное изучение учебных материалов
	ИТОГО	**18/4**		**28/6**	**98/130**	

Примечание: *-/-объем часов соответственно для очнойи заочной форм обучения*

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общие методические рекомендации по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплины в форме курса, составленного на основе результатов научных исследований, проводимых университетом, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов **образовательных технологий:**

-балльно-рейтинговая технология оценивания;

- электронное обучение;

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре – 100.

4.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала.

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации или в ЭИОС университета.

В ходе лекционных занятий рекомендуется конспектирование учебного материала. Возможно ведение конспекта лекций в виде интеллект-карт.

Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения (конспектируются).

Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям / лабораторным работам и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

4.3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа/ на практических занятиях

Практические (семинарские) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;

- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;

- *подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.*

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает: изучение материала на практических занятиях:№1, №2, №3, №4, №5, №6, №7.

4.5. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

Самостоятельная работа студентов включает:

1. *Изучение учебной литературы по курсу.*
2. *Работу с ресурсами Интернет*
3. *Самостоятельное изучение учебных материалов*

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный учебный курс, созданный в ЭИОС университета http://sdo.tolgas.ru/.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Вся литература, включенная в данный перечень, представлена в виде электронных ресурсов в электронной библиотеке университета (ЭБС). Литература, используемая в печатном виде, представлена в научной библиотеке университета в объеме не менее 0,25 экземпляров на одного обучающегося.

Основная литература

1. Андрейчиков, А. В.Интеллектуальные информационные системы и методы искусственного интеллекта : учеб.для вузов по инженерному делу, технологиям и технич. наукам по направлениям подгот. магистратуры / А. В. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. - Документ read. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 530 с. - (Высшее образование - Магистратура). - Прил. - URL: https://znanium.com/read?id=417737 (дата обращения: 21.12.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-16-107381-0. - Текст : электронный.URL: https://znanium.com/read?id=417737

2. Хливненко, Л. В.Практика нейросетевого моделирования : учеб.пособие / Л. В. Хливненко, Ф. А. Пятакович. - Изд. 2-е, стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. - 197 с. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - URL: https://reader.lanbook.com/book/173811 (дата обращения: 17.03.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-8114-8264-1 : 0-00. - Текст : электронный.URL: https://reader.lanbook.com/book/173811

3. Ростовцев, В. С.Искусственные нейронные сети : учебник / В. С. Ростовцев. - Изд. 4-е, стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2024. - 214 с. - URL: https://reader.lanbook.com/book/364517 (дата обращения: 11.03.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-47362-5. - Текст : электронный.URL: https://reader.lanbook.com/book/364517

Дополнительная литература

4. Советов, Б. Я.Интеллектуальные системы и технологии : учеб.для студентов вузов по направлению подгот. 230400 "Информ. системы и технологии" / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. - Москва : Академия, 2013. - 319 с. : схем. - (Высшее профессиональное образование. Бакалавриат. Информатика и вычислительная техника). - ISBN 978-5-7695-9572-1 : 600-00. - Текст : непосредственный.

5. Остроух, А. В.Системы искусственного интеллекта : монография / А. В. Остроух, Н. Е. Суркова. - Изд. 4-е, стер. - Документ Reader. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2024. - 228 с. - URL: https://reader.lanbook.com/book/379988 (дата обращения: 25.12.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-507-47478-3. - Текст : электронный.URL: https://reader.lanbook.com/book/379988

5.2. Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, интернет-ресурсы

1. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: Справочная правовая система. - Режим доступа: http://www.consultant.ru/.
2. Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://elib.tolgas.ru./ - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа:http://znanium.com/. – Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система «Издательство Лань» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/. – Загл. с экрана.

5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://elibrary.ru/defaultx.asp. - Загл с экрана.

6. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://openedu.ru/. - Загл с экрана.

7. Polpred.com. Обзор СМИ. Полнотекстовая, многоотраслевая база данных (БД) [Электронный ресурс]. - Режим доступа:http://polpred.com/. – Загл. с экрана.

8. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.viniti.ru. – Загл. с экрана.

9. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://uisrussia.msu.ru/. – Загл. с экрана.

10. Официальная статистика. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.gks.ru/ – Загл. с экрана.

11. Финансово-экономические показатели Российской Федерации [Электронный ресурс]. - Режим доступа: https://www.minfin.ru/ru/statistics/ – Загл. с экрана.

5.3. Программное обеспечение

Информационное обеспечение учебного процесса по дисциплине осуществляется с использованием следующего программного обеспечения (лицензионного и свободно распространяемого), в том числе отечественного производства:

№ п/п	Наименование	Условия доступа
1.	Microsoft Windows	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
2.	Microsoft Office	из внутренней сети университета (лицензионный договор)
3.	СДО MOODLE	из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет (лицензионный договор)
4.	Браузер	из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет (свободно распространяемое)

6. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИЛИНЕ

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Занятия лекционного типа. Учебные аудитории для занятий лекционного типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия (презентации по темам лекций), обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие данной программе дисциплины.

Занятия семинарского типа. Учебные аудитории для занятий семинарского типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Промежуточная аттестация. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

Самостоятельная работа. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интеренет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде университета. Для организации самостоятельной работы обучающихся используются:

компьютерные классы университета;

библиотека (медиазал), имеющая места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет.

Электронная информационно-образовательная среда университета (ЭИОС). Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) http://sdo.tolgas.ru/ из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории университета, так и вне ее.

ЭИОС университета обеспечивает:

доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик;

формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

В случае реализации образовательной программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:

фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения образовательной программы;

проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;

взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети "Интернет".

7. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре – 100.

Шкала оценки результатов освоения дисциплины, сформированности результатов обучения

Форма проведения промежуточной аттестации	Шкалы оценки уровня сформированности результатов обучения		Шкала оценки уровня освоения дисциплины		
	Уровневая шкала оценки компетенций	100 бальная шкала, %	100 бальная шкала, %	5-балльная шкала, дифференцированная оценка/балл	недифференцированная оценка
Зачет	допороговый	ниже 61	ниже 61	«неудовлетворительно» / 2	не зачтено
	пороговый	61-85,9	61-69,9	«удовлетворительно» / 3	зачтено
			70-85,9	«хорошо» / 4	зачтено
	повышенный	86-100	86-100	«отлично» / 5	зачтено

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами (по накопительному рейтингу).Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

***Результат обучения считается сформированным (повышенный уровень)**, если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний, использует в ответе дополнительный материал; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 86 до 100, что соответствует повышенному уровню сформированности результатов обучения.*

***Результат обучения считается сформированным (пороговый уровень)**, если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 61 до 85,9, что соответствует пороговому уровню сформированности результатов обучения.*

***Результат обучения считается несформированным**, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений,*

качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже 61, что соответствует допороговому уровню.

Формы текущего контроля успеваемости

Формы текущего контроля	Количество контрольных точек	Количество баллов за 1 контр. точку	Макс. возм. кол-во баллов
Отчёт по практической работе	7	10	70
Тестирование по темам лекционных занятий	5	4	20
Творческий рейтинг (участие в конференциях, олимпиадах и т.п.)	1	10	10
Итого по дисциплине			**100 баллов**

Система оценивания представлена в электронном учебном курсе по дисциплине http://sdo.tolgas.ru/.

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

8.2.1. Типовые задания к практическим работам

Практическая работа № 1. Проектирование структуры экспертной или информационно-аналитической системы по индивидуальному заданию с использованием методологии SADT

Типовая задача для практической работы № 1 по построению фрагмента информационно-аналитической системы:

Пусть ***U*** – множество дисциплин, изучаемых в текущем семестре. Присвойте номер каждой дисциплине и, выступая в роли эксперта, запишите нечеткие множества:

A – мне нравится эта дисциплина

B – я не понимаю эту дисциплину

C – мне не нравится эта дисциплина

D – Я хотел бы изучать эту дисциплину глубже

Представьте разложения каждого из нечетких множеств по множествам уровня.

Вопросы для обсуждения:

1. Какова типовая структура экспертной системы?
2. Чем отличается интеллектуально-аналитическая от экспертной системы?
3. В чем особенность процессного подхода по методологии SADT?
4. Что подразумевает процесс проектирования?
5. Что должно содержаться в документе Техническое задание (ТЗ)?
6. Что должно содержаться в документе Технический проект (ТП)?
7. На какие стадии укрупненно можно разбить технический проект?
8. Как получить процессную модель (AS-IS) на основе методологии SADT? Какое инструментальное средство можно предложить для проектирования?
9. Чем отличается модель TO-BE от модели AS-IS?
10. Как можно оценить уровень завершенности этапа проектирования?
11. Какую структуру экспертной или информационно-аналитической системы вы выбрали по индивидуальному заданию? Пояснить и обосновать свой выбор.
12. Какие принципы и методы анализа предметной области исследования были использованы?
13. Какие принципы функционирования информационно-аналитических и экспертных систем были использованы?
14. Какие преимущества интеллектуальных технологий и систем были выбраны после предпроектного исследования?
15. Какой результат выполнения практической работы был достигнут?

Практическая работа № 2. Проектирование системы логического вывода знаний в области информационной безопасности на основе продукционной модели и методов нечеткой логики в Excel

Типовая задача для выполнения практической работы № 2.

Цель работы: Получение практических навыков по проектированию модели Мамдани в EXCEL. Заданы диапазоны изменения входных и выходных множеств для индивидуальной типовой задачи

Ход работы:

Шаг 1. Построение входных и выходных нечетких множеств.

1. Ввожу адреса ячеек, в которых хранятся параметры функций принадлежности.

2. В ячейках A10:A110 ввожу значения из диапазона от 20 до 120.

3. Далее в ячейках B10:D110 ввожу формулы для расчета треугольных функций принадлежности.

4. После ввода формул для заполнения всего диапазона значений выполняю автозаполнение.

5. Затем строю график первого нечеткого множества.

6. Для построения второго нечеткого множества в ячейках F10:F110 ввожу значения из диапазона от 200 до 300.

7. Далее в ячейках G10:I110 ввожу формулы для расчета треугольных функций принадлежности второго нечеткого множества

Шаг 2. Фаззификации входных нечетких множеств.

1. Для реализации данного шага, необходимо с помощью ВПР в зависимости от четких значений параметров x1 и x2 найти степени принадлежности входных нечетких множеств.
2. Для определения степеней принадлежности в ячейки AH117:AK119 ввожу формулы.

3. В результате данной операции в ячейках AI117:AI119 и AK117: AK119 будут отображены значения степеней принадлежности к входным нечетким множествам.

Шаг 3. Создание базы нечетких правил.

1. Чтобы определить степень возможности каждого правила в программе Excel делаю матрицу нечетких отношений.

2. После этого определяю степени усечения выходных термов. Для этого в ячейках AL122:AL126 ввожу формулы.

Шаг 4. Аккумуляция

1. В ячейках AB10:AB110 ввожу диапазон значений от 500 до 600.

2. В ячейках AC10:AG10 ввожу значения. После этого делаю автозаполнение.
3. После формирования заключений нечетко-логического вывода, получается график аккумуляции.

Шаг 5. Агрегация

1. В ячейках AI10:AI110 ввожу значения и после этого делаю автозаполнение.

2. На экране монитора получается следующее изображение таблицы для агрегации.

3. Графическая интерпретация полученных результатов агрегации позволяет выделить итоговый диапазон изменений.

Шаг 6. Дефаззификации

1. Чтобы выполнить данный шаг в ячейках AJ10:AJ110 ввожу значения и после этого делаю автозаполнение. В результате воспользуемся алгоритмом Мамдани.

2. В ячейке AJ112 формируется выходное значение, полученное с помощью модели Мамдани. Задается уровень погрешности для системы логического вывода.
AI112 =ЕСЛИОШИБКА(AJ112;500)
3. Далее с помощью языка программирования VBA моделирую работу нечеткого вывода.
4. Для этого нужно нажать клавиши Alt + F11 и выбрать команду Insert – Module.
5. В модули вставляю следующий программный код:

```
Sub hard_Def()
On Error GoToErrorHandler
Dim i As Integer, R As Integer, j As Integer, var As Double, columNum As Integer
columNum = 45
For j = 200 To 300 Step 5
columNum = columNum + 1
 R = 119
 For i = 20 To 120 Step 5
ThisWorkbook.Worksheets("Defuzzy").Range("ai" & (116)).Value = i
ThisWorkbook.Worksheets("Defuzzy").Range("ak" & (116)).Value = j
```

```
var = ThisWorkbook.Worksheets("Defuzzy").Range("ai" & (112))
GoTo lab:
ErrorHandler:
 var = 0
Resume Next
lab:
ThisWorkbook.Worksheets("Defuzzy").Cells(R, columNum).Value = var
 R = R + 1
 Next i
Next
End Sub
```

6. В результате выполнения данного программного кода в ячейках AT119:BN139 появляются значения, отражающие системы логического вывода.

Вопросы для обсуждения:

1. Почему в качестве проектирования компонентов экспертной системы была выбрана продукционная модель?
2. Почему в качестве интеллектуальных технологий были выбраны методы искусственного интеллекта, в частности, методы нечеткой логики и построения системы логического вывода?
3. Пояснить суть работы с нечеткой логикой. Какие математические операции допустимы?
4. В чем суть нечеткой логики. Почему именно этот математический аппарат был выбран.
5. В чем состоит идея алгоритма Мамдани?
6. Пояснить алгоритм формирования системы нечеткого вывода.
7. Пояснить процесс формирования базы правил и базы знаний. Перечислить основные этапы формирования системы логического вывода.
8. Обосновать выбор инструментального средства Excel
9. Что такое синапсы? Как они влияют на нейро-сетевую модель?
10 Показать пример формирования продукционной модели, если известны интервалы нечетких оценок для трех входных и одной выходной переменной.

Практическая работа № 3. Технология разработки информационно-аналитической или экспертной системы на основе инструмента MATLAB

Типовая задача для выполнения практической работы № 3.

Происходит дальнейшее выполнения типовой задачи в среде Matlab.

Происходит обучение работы нейронной сети. Полученной в типовой практической работе № 2.

Вопросы для обсуждения:

1. В чем особенность Технического задания для продолжения решения предыдущей задачи (результат практической работы № 2) в среде MATLAB. Какую основную цель преследует продолжение работы в среде MATLAB на основе инструмента MATLAB FuzzyLogicToolbox
2. Кратко описать, в чем состоит работа построенной нейронной сети?
3. Пояснить роль синапсов (весов нейронов).
4. Показать функционирование фрагмента нейронной сети на отрезке фаззификации-дефаззификации.

5. Обосновать выбор функций принадлежности: треугольной, трапецеидальной, гауссовой.

6. Обосновать описание терм-множеств и правил извлечения знаний.

7. Сформулировать полученную базу знаний для решения поставленной задачи.

8. Показать результаты формирования системы логического вывода в Excel и в MATLAB FuzzyLogicToolbox.

9. Обосновать полученное решение на соответствие ТУ. Чем отличается ТЗ и ТУ.

10. Сформировать концептуальную идею технологии разработки информационно-аналитической или экспертной системы на основе аппарата нечеткой логики и алгоритма Мамдани.

Практическая работа№ 4. Моделирование системы логического вывода при работе с Базой Знаний

Типовая задача для выполнения практической работы № 4.

Реализация проектного решения для ТЗ на проектирование собственного индивидуального задания на основе полученного опыта предыдущих практических работ.

Вопросы для обсуждения:

1. Дать обоснованное пояснение структуры формируемой базы знаний на основе системы логического вывода при решении конкретной задачи в выбранной предметной области исследования.
2. Обосновать все этапы формирования базы знаний и пояснить, как может быть описана модель представления знаний с помощью логики предикатов
3. Сформулировать обобщающее заключение по инновационно-аналитическим и экспертным системам, концептуальным подходам к их проектированию, принципам, методам, инструментальным средствам и языкам программирования.
4. Аналогично решению задачи в практической работе № 2 и № 3 написать программный модуль управления на языке Pyton.
5. Сформировать модель обучения сети на основе алгоритма обратного распространения.
6. Опишите пример и принципы выбора промежуточных слоев в многослойном персептроне MPL.
7. Обоснуйте выбор методов обучения нейронных сетей, которые можно рекомендовать к применению на практике по итогам выполнения индивидуального задания в рамках ТЗ, ТП и ТУ.
8. Подготовить научную публикацию по отдельным фрагментам выполненной практической работы и полученным практическим умениям и навыкам.

Практическая работа №5. Моделирование работы однослойного персептрона

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель работы - изучение основных принципов функционирования однослойного персептрона, получение практических навыков по его программной реализации.

1.2. Содержание работы

Практическая работа состоит из домашнего и практического заданий. Домашнее задание заключается в изучении основных положений теории искусственных нейронных сетей, принципов функционирования и моделирования однослойного персептрона. Практическое

задание включает разработку программных средств проектирования однослойного персептрона.

2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Основы теории искусственных нейронных сетей. Принципы функционирования и моделирования персептрона

Основу каждой искусственной нейронной сети (ИНС) составляют относительно простые, в большинстве случаев – однотипные, элементы (ячейки), имитирующие работу нейронов мозга. Каждый нейрон характеризуется своим текущим состоянием по аналогии с нервными клетками головного мозга, которые могут быть возбуждены или заторможены. Он обладает группой синапсов – однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов, а также имеет аксон – выходную связь данного нейрона, с которой сигнал (возбуждения или торможения) поступает на синапсы следующих нейронов. Общий вид нейрона приведен на рисунке 1.

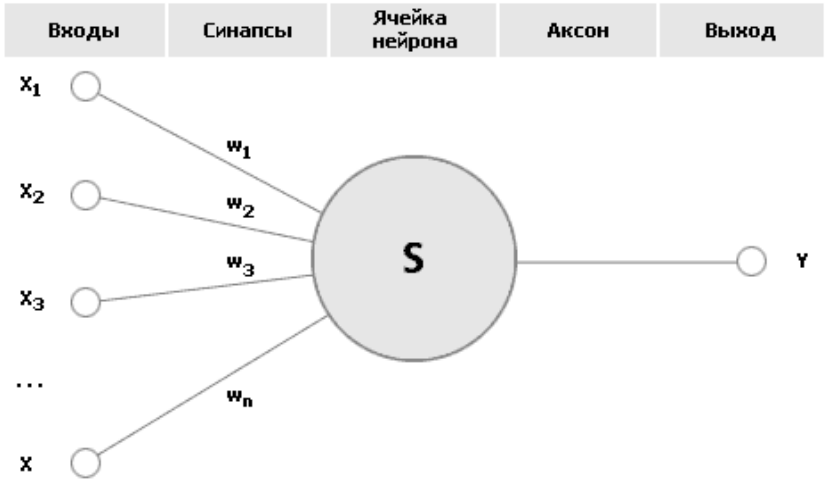


Рис. 1. Искусственный нейрон

Текущее состояние нейрона определяется, как взвешенная сумма его входов:

$$s = \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot w_i \ . \qquad (1)$$

Выход нейрона есть функция его состояния:

$$y = f(s) \ . \qquad (2)$$

Нелинейная функция f называется активационной и может иметь различный вид, как показано на рисунке 2.

Одной из наиболее распространеных является нелинейная функция с насыщением, так называемая логистическая функция или сигмоид (т.е. функция S-образного вида):

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\alpha x}} . \qquad (3)$$

При уменьшении αсигмоид становится более пологим, в пределе при α=0 вырождаясь в горизонтальную линию на уровне 0.5, при увеличении αсигмоид приближается по внешнему виду к функции единичного скачка с порогом T в точке x=0. Из выражения для

сигмоидаочевидно, что выходное значение нейрона лежит в диапазоне [0,1].

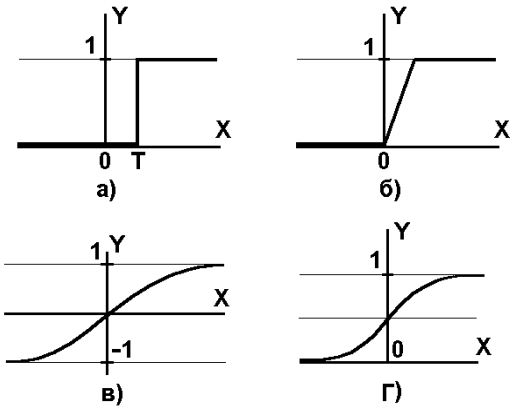


Рис. 2. а) функция единичного скачка; б) линейный порог (гистерезис); в) сигмоид – гиперболический тангенс; г) сигмоид – формула (3)

Одно из ценных свойств сигмоидной функции – простое выражение для ее производной:

$$f'(x) = \alpha \cdot f(x) \cdot (1 - f(x)). \qquad (4)$$

Следует отметить, что сигмоидная функция дифференцируема на всей оси абсцисс, что используется в некоторых алгоритмах обучения. Кроме того, она обладает свойством усиливать слабые сигналы лучше, чем большие, и предотвращает насыщение от больших сигналов, так как они соответствуют областям аргументов, где сигмоид имеет пологий наклон.

В качестве примера простейшей ИНС рассмотрим трехнейронныйперцептрон (рис.3), то есть такую сеть, нейроны которой имеют активационную функцию в виде единичного скачка. На n входов поступают некие сигналы, проходящие по синапсам на 3 нейрона, образующие единственный слой этой ИНС и выдающие три выходных сигнала:

$$y_j = f\left[\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot w_{ij}\right], \quad j=1...3 \quad . \qquad (5)$$

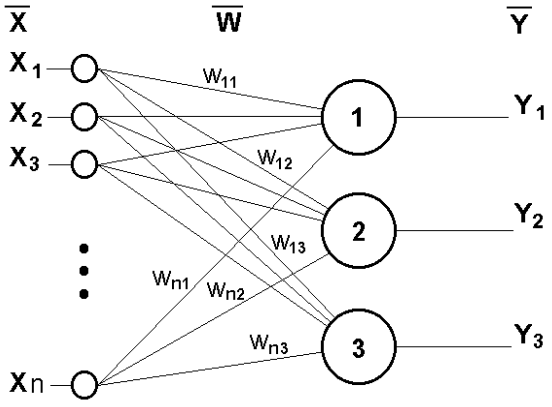


Рис.3. Однослойный перцептрон

Очевидно, что процесс функционирования ИНС, то есть сущность действий, которые она способна выполнять, зависит от величин синаптических связей, поэтому, разработчик сети должен найти оптимальные значения всех переменных весовых коэффициентов Этот этап называется обучением ИНС. На этапе обучения кроме параметра качества подбора весов важную роль играет время обучения. Как правило, эти два параметра связаны обратной

зависимостью и их приходится выбирать на основе компромисса.

Обучение ИНС может вестись с учителем или без него. В первом случае сети предъявляются значения как входных, так и желательных выходных сигналов, и она по некоторому внутреннему алгоритму подстраивает веса своих синаптических связей. Во втором случае выходы ИНС формируются самостоятельно, а веса изменяются по алгоритму, учитывающему только входные и производные от них сигналы.

Существует великое множество различных алгоритмов обучения, которые, однако, делятся на два больших класса: детерминистские и стохастические. В первом из них подстройка весов представляет собой жесткую последовательность действий, во втором – она производится на основе действий, подчиняющихся некоторому случайному процессу.

Из рисунка функции единичного скачка видно, что пороговое значение T, в общем случае, может принимать произвольное значение. Более того, оно должно принимать некое произвольное, неизвестное заранее значение, которое подбирается на стадии обучения вместе с весовыми коэффициентами. То же самое относится и к центральной точке сигмоидной зависимости, которая может сдвигаться вправо или влево по оси X, а также и ко всем другим активационным функциям. Это, однако, не отражено в формуле (1), которая должна была бы выглядеть так:

$$s = \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot w_i - T \quad . \qquad (6)$$

Такое смещение обычно вводится путем добавления к слою нейронов еще одного входа, возбуждающего дополнительный синапс каждого из нейронов, значение которого всегда равняется 1. Присвоим этому входу номер 0. Тогда

$$s = \sum_{i=0}^{n} x_i \cdot w_i \quad , \qquad (7)$$

где $w_0 = -T$, $x_0 = 1$.

Очевидно, что различие формул (1) и (6) состоит лишь в способе нумерации входов.

Работа всех сетей сводится к классификации (обобщению) входных сигналов, принадлежащих n-мерному гиперпространству, по некоторому числу классов. С математической точки зрения это происходит путем разбиения гиперпространства гиперплоскостями (запись для случая однослойного перцептрона)

$$\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot w_{ik} = T_k \ , \ \mathrm{k=1...m} \quad . \qquad (8)$$

Каждая полученная область является областью определения отдельного класса. Число таких классов для одной ИНС перцептронного типа не превышает 2^m, где m – число выходов сети. Однако не все из них могут быть разделимы данной ИНС.

Например, однослойный перцептрон, состоящий из одного нейрона с двумя входами, представленный на рисунке 4, не способен разделить плоскость (двумерное гиперпространоство) на две полуплоскости так, чтобы осуществить классификацию входных сигналов по классам A и B (таблица).

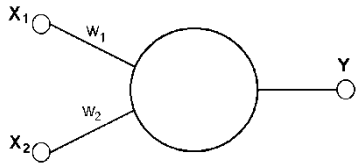


Рис. 4. Однонейронныйперцептрон

x_1	x_2	
	0	1
0	A	B
1	B	A

Уравнение сети для этого случая

$$x_1 \cdot w_1 + x_2 \cdot w_2 = T \qquad (9)$$

является уравнением прямой (одномерной гиперплоскости), которая ни при каких условиях не может разделить плоскость так, чтобы точки из множества входных сигналов, принадлежащие разным классам, оказались по разные стороны от прямой (рис. 5).

Рассмотрим вопрос обучения ИНС на примере однослойного перцептрона с рисунка 3.

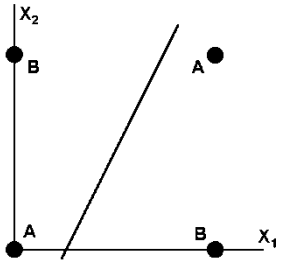


Рис.5. Визуальное представление работы ИНС

Рассмотрим алгоритм обучения с учителем.

1. Проинициализировать элементы весовой матрицы (обычно небольшими случайными значениями).

2. Подать на входы один из входных векторов, которые сеть должна научиться различать, и вычислить ее выход.

3. Если выход правильный, перейти на шаг 4.

Иначе вычислить разницу между идеальным и полученным значениями выхода:

$$\delta = Y_I - Y \quad . \qquad (10)$$

Модифицировать веса в соответствии с формулой:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \nu \cdot \delta \cdot x_i \quad , \qquad (11)$$

где t и t+1 – номера соответственно текущей и следующей итераций; ν – коэффициент скорости обучения, $0<\nu<1$; i – номер входа; j – номер нейрона в слое.

Очевидно, что если $Y_I > Y$ весовые коэффициенты будут увеличены и тем самым уменьшат ошибку. В противном случае они будут уменьшены, и Y тоже уменьшится, приближаясь к Y_I.

4. Цикл с шага 2, пока сеть не перестанет ошибаться.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Для выполнения практической работы необходимо:

1. Изучить теоретическое введение.
2. Разработать программные процедуры моделирования функционирования однослойного персептрона и его обучения на основе предложенного алгоритма
3. Протестировать программы на обучающей выборке данных.
4. Провести анализ влияния структуры и параметров сети на скорость обучения.

4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.1. Отчет по практическойаторной работе должен содержать:

- наименование и цель работы;
- описание процесса проектирования однослойного персептрона;
- листинг программы;
- результаты моделирования.

4.2. Контрольные вопросы к практической работе:

1. Объясните термины: нейрон, передаточная функция, входной нейрон, выходной нейрон, нейросеть.
2. Чем отличаются перцептроны с прямыми и обратными связями?
3. Чем отличается обучение с учителем от обучения без учителя?
4. Какие существуют методы обучения нейронных сетей?

Практическая работа №6.Обучение многослойного персептрона с помощью алгоритма обратного распространения ошибки

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель работы - изучение моделей функционирования и обучения многослойного персептрона на основе алгоритма обратного распространения ошибки.

1.2. Содержание работы

Практическая работа состоит из домашнего и практического заданий. Домашнее задание заключается в теоретическом изучении процесса функционирования многослойного персептрона и процедуры его обучения на основе алгоритма обратного распространения ошибки. Практическое задание заключается в разработке программных средств, реализующих алгоритм обратного распространения ошибки.

2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Многослойный персептрон. Алгоритм обратного распространения ошибки

Среди различных структур ИНС одной из наиболее известных является многослойная

структура, в которой каждый нейрон произвольного слоя связан со всеми аксонами нейронов предыдущего слоя или, в случае первого слоя, со всеми входами ИНС. Такие ИНС называются полносвязными. Когда в сети только один слой, алгоритм ее обучения с учителем довольно очевиден, так как правильные выходные состояния нейронов единственного слоя заведомо известны, и подстройка синаптических связей идет в направлении, минимизирующем ошибку на выходе сети. По этому принципу строится, например, алгоритм обучения однослойного перцептрона. В многослойных же сетях оптимальные выходные значения нейронов всех слоев, кроме последнего, как правило, не известны, и двух или более слойныйперцептрон уже невозможно обучить, руководствуясь только величинами ошибок на выходах ИНС. Один из вариантов решения этой проблемы – разработка наборов выходных сигналов, соответствующих входным, для каждого слоя ИНС, что, конечно, является очень трудоемкой операцией и не всегда осуществимо. Второй вариант – динамическая подстройка весовых коэффициентов синапсов, в ходе которой выбираются, как правило, наиболее слабые связи и изменяются на малую величину в ту или иную сторону, а сохраняются только те изменения, которые повлекли уменьшение ошибки на выходе всей сети. Очевидно, что данный метод "тыка", несмотря на свою кажущуюся простоту, требует громоздких рутинных вычислений. И, наконец, третий, более приемлемый вариант – распространение сигналов ошибки от выходов ИНС к ее входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Этот алгоритм обучения ИНС получил название процедуры обратного распространения. Именно он будет рассмотрен в дальнейшем.

Согласно методу наименьших квадратов, минимизируемой целевой функцией ошибки ИНС является величина:

$$E(w) = \frac{1}{2}\sum_{j,p}(y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p})^2 . \qquad (12)$$

где $y_{j,p}^{(N)}$ – реальное выходное состояние нейрона j выходного слоя N нейронной сети при подаче на ее входы p-го образа; d_{jp} – идеальное (желаемое) выходное состояние этого нейрона.

Суммирование ведется по всем нейронам выходного слоя и по всем обрабатываемым сетью образам. Минимизация ведется методом градиентного спуска, что означает подстройку весовых коэффициентов следующим образом:

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} \quad . \qquad (13)$$

Здесь w_{ij} – весовой коэффициент синаптической связи, соединяющей i-ый нейрон слоя n-1 с j-ым нейроном слоя n, η – коэффициент скорости обучения, $0<\eta<1$.

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \cdot \frac{dy_j}{ds_j} \cdot \frac{\partial s_j}{\partial w_{ij}} \quad . \qquad (14)$$

Здесь под y_j, как и раньше, подразумевается выход нейрона j, а под s_j – взвешенная сумма его входных сигналов, то есть аргумент активационной функции. Так как множитель dy_j/ds_j является производной этой функции по ее аргументу, из этого следует, что производная активационной функция должна быть определена на всей оси абсцисс. В связи с этим функция единичного скачка и прочие активационные функции с неоднородностями не подходят для рассматриваемых ИНС. В них применяются такие гладкие функции, как гиперболический тангенс или классический сигмоид с экспонентой. В случае гиперболического тангенса

$$\frac{dy}{ds} = 1 - s^2. \qquad (15)$$

Третий множитель $\partial s_j/\partial w_{ij}$, очевидно, равен выходу нейрона предыдущего слоя $y_i^{(n-1)}$.

Что касается первого множителя в (14), он легко раскладывается следующим образом:

$$\frac{\partial E}{\partial y_j} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{dy_k}{ds_k} \cdot \frac{\partial s_k}{\partial y_j} = \sum_k \frac{\partial E}{\partial y_k} \cdot \frac{dy_k}{ds_k} \cdot w_{jk}^{(n+1)}. \qquad (16)$$

Здесь суммирование по k выполняется среди нейронов слоя n+1.

Введя новую переменную

$$\delta_j^{(n)} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \cdot \frac{dy_j}{ds_j} \qquad (17)$$

получается рекурсивная формулу для расчетов величин $\delta_j^{(n)}$ слоя n из величин $\delta_k^{(n+1)}$ более старшего слоя n+1.

$$\delta_j^{(n)} = \left[\sum_k \delta_k^{(n+1)} \cdot w_{jk}^{(n+1)} \right] \cdot \frac{dy_j}{ds_j} \quad . \qquad (18)$$

Для выходного же слоя

$$\delta_l^{(N)} = (y_l^{(N)} - d_l) \cdot \frac{dy_l}{ds_l} \qquad (19)$$

Теперь мы можем записать (13) в раскрытом виде:

$$\Delta w_{ij}^{(n)} = -\eta \cdot \delta_j^{(n)} \cdot y_i^{(n-1)} \quad . \qquad (20)$$

Иногда для придания процессу коррекции весов некоторой инерционности, сглаживающей резкие скачки при перемещении по поверхности целевой функции, (20) дополняется значением изменения веса на предыдущей итерации

$$\Delta w_{ij}^{(n)}(t) = -\eta \cdot (\mu \cdot \Delta w_{ij}^{(n)}(t-1) + (1-\mu) \cdot \delta_j^{(n)} \cdot y_i^{(n-1)}) \ , \quad (21)$$

где μ – коэффициент инерционности, t – номер текущей итерации.

Таким образом, полный алгоритм обучения ИНС с помощью процедуры обратного распространения строится так:

1. Подать на входы сети один из возможных образов и в режиме обычного функционирования ИНС, когда сигналы распространяются от входов к выходам, рассчитать значения последних. Напомним, что

$$s_j^{(n)} = \sum_{i=0}^{M} y_i^{(n-1)} \cdot w_{ij}^{(n)} \ , \qquad (22)$$

где M – число нейронов в слое n-1 с учетом нейрона с постоянным выходным состоянием +1, задающего смещение; $y_i^{(n-1)} = x_{ij}^{(n)}$ – i-ый вход нейрона j слоя n.

$$y_j^{(n)} = f(s_j^{(n)}), \text{ где } f() \text{ – сигмоид.} \qquad (23)$$

$$y_q^{(0)} = I_q, \ , \qquad (24)$$

где I_q – q-ая компонента вектора входного образа.

2. Рассчитать $\delta^{(N)}$ для выходного слоя по формуле (19).

Рассчитать по формуле (20) или (21) изменения весов $\Delta w^{(N)}$ слоя N.

3. Рассчитать по формулам (18) и (20) (или (18) и (21)) соответственно $\delta^{(n)}$ и $\Delta w^{(n)}$ для всех остальных слоев, n=N-1,...1.

4. Скорректировать все веса в ИНС:

$$w_{ij}^{(n)}(t) = w_{ij}^{(n)}(t-1) + \Delta w_{ij}^{(n)}(t). \qquad (25)$$

5. Если ошибка сети существенна, перейти на шаг 1. В противном случае – конец.

Сети на шаге 1 попеременно в случайном порядке предъявляются все тренировочные образы, чтобы сеть, образно говоря, не забывала одни по мере запоминания других.

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Для выполнения практической работы необходимо:

1. Изучить теоретические основы функционирования многослойного персептрона и алгоритм обучения с использованием процедуры обратного распространения ошибки.
2. Разработать программные средства моделирования работы многослойного персептрона и его обучения на основе обратного распространения ошибки.
3. Провести тестирование программы на обучающем множестве для решения задачи распознавания буквенных образов.
4. Проанализировать процесс обучения и сделать выводы.

4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.1. Отчет по практической работе должен содержать:

- наименование и цель работы;
- описание алгоритма обучения многослойного персептрона на основе процедуры обратного распространения ошибки;
- листинг программы;
- результаты проектирования многослойного персептрона.

5. Контрольные вопросы к практической работе:

1. В чем заключается обучение нейросети и зачем оно необходимо?
2. К какому классу обучения относится обучение методом обратного распространения ошибки – к обучению без учителя или с учителем?
3. В чем суть метода обратного распространения ошибки?
4. Почему порядок предъявления примеров в обучающей выборке может влиять на качество обучения?
5. В чем преимущества метода обратного распространения ошибки?
6. В чем его недостатки?
7. Как влияет уменьшение количества входных нейронов на функционирование сети?
8. Какими свойствами должна обладать функция активации при использовании алгоритма обратного распространения ошибки?

Практическая работа № 7. Моделирования алгоритмов обучения ИНС без учителя

1. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

1.1. Цель работы – изучение и сравнительный анализ алгоритмов обучения ИНС без

учителя

1.2. Содержание работы

Практическая работа состоит из домашнего и практического заданий. Домашнее задание заключается в теоретическом изучении алгоритмов обучения ИНС без учителя и оценки параметров обучения ИНС. Практическое задание заключается в разработке программ моделирования алгоритмов обучения ИНС без учителя.

2. ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

Алгоритмы обучения ИНС без учителя

Рассмотренный ранее алгоритм обучения ИНС с помощью процедуры обратного распространения подразумевает наличие некоего внешнего звена, предоставляющего сети кроме входных так же и целевые выходные образы. Алгоритмы, пользующиеся подобной концепцией, называются алгоритмами обучения с учителем. Для их успешного функционирования необходимо наличие экспертов, создающих на предварительном этапе для каждого входного образа эталонный выходной. Главная черта, делающая обучение без учителя привлекательным, – это его "самостоятельность". Процесс обучения, как и в случае обучения с учителем, заключается в подстраивании весов синапсов. Некоторые алгоритмы, правда, изменяют и структуру сети, то есть количество нейронов и их взаимосвязи, но такие преобразования правильнее назвать более широким термином – самоорганизацией, и в рамках данной статьи они рассматриваться не будут. Очевидно, что подстройка синапсов может проводиться только на основании информации, доступной в нейроне, то есть его состояния и уже имеющихся весовых коэффициентов. Исходя из этого соображения и, что более важно, по аналогии с известными принципами самоорганизации нервных клеток, построены алгоритмы обучения Хебба.

Сигнальный метод обучения Хебба заключается в изменении весов по следующему правилу:

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha \cdot y_i^{(n-1)} \cdot y_j^{(n)} \quad , \qquad (26)$$

где $y_i^{(n-1)}$ – выходное значение нейрона i слоя (n-1), $y_j^{(n)}$ – выходное значение нейрона j слоя n; $w_{ij}(t)$ и $w_{ij}(t-1)$ – весовой коэффициент синапса, соединяющего эти нейроны, на итерациях t и t-1 соответственно; α – коэффициент скорости обучения. Здесь и далее, для общности, под n подразумевается произвольный слой сети. При обучении по данному методу усиливаются связи между возбужденными нейронами.

Существует также и дифференциальный метод обучения Хебба:

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha \cdot \left[y_i^{(n-1)}(t) - y_i^{(n-1)}(t-1)\right] \cdot \left[y_j^{(n)}(t) - y_j^{(n)}(t-1)\right]. \quad (27)$$

Здесь $y_i^{(n-1)}(t)$ и $y_i^{(n-1)}(t-1)$ – выходное значение нейрона i слоя n-1 соответственно на итерациях t и t-1; $y_j^{(n)}(t)$ и $y_j^{(n)}(t-1)$ – то же самое для нейрона j слоя n. Как видно из формулы (27), сильнее всего обучаются синапсы, соединяющие те нейроны, выходы которых наиболее динамично изменились в сторону увеличения.

Полный алгоритм обучения с применением вышеприведенных формул будет выглядеть так:

1. На стадии инициализации всем весовым коэффициентам присваиваются небольшие

случайные значения.

2. На входы сети подается входной образ, и сигналы возбуждения распространяются по всем слоям согласно принципам классических прямопоточных (feedforward) сетей, то есть для каждого нейрона рассчитывается взвешенная сумма его входов, к которой затем применяется активационная (передаточная) функция нейрона, в результате чего получается его выходное значение $y_i^{(n)}$, i=0...M_i-1, где M_i – число нейронов в слое i; n=0...N-1, а N – число слоев в сети.

3. На основании полученных выходных значений нейронов по формуле (26) или (27) производится изменение весовых коэффициентов.

4. Цикл с шага 2, пока выходные значения сети не застабилизируются с заданной точностью. Применение этого нового способа определения завершения обучения, отличного от использовавшегося для сети обратного распространения, обусловлено тем, что подстраиваемые значения синапсов фактически не ограничены.

На втором шаге цикла попеременно предъявляются все образы из входного набора.

Следует отметить, что вид откликов на каждый класс входных образов не известен заранее и будет представлять собой произвольное сочетание состояний нейронов выходного слоя, обусловленное случайным распределением весов на стадии инициализации. Вместе с тем, сеть способна обобщать схожие образы, относя их к одному классу. Тестирование обученной сети позволяет определить топологию классов в выходном слое. Для приведения откликов обученной сети к удобному представлению можно дополнить сеть одним слоем, который, например, по алгоритму обучения однослойного перцептрона необходимо заставить отображать выходные реакции сети в требуемые образы.

Другой алгоритм обучения без учителя – алгоритм Кохонена – предусматривает подстройку синапсов на основании их значений от предыдущей итерации:

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha \cdot \left[y_i^{(n-1)} - w_{ij}(t-1) \right]. \qquad (28)$$

Из вышеприведенной формулы видно, что обучение сводится к минимизации разницы между входными сигналами нейрона, поступающими с выходов нейронов предыдущего слоя $y_i^{(n-1)}$, и весовыми коэффициентами его синапсов.

Полный алгоритм обучения имеет примерно такую же структуру, как в методах Хебба, но на шаге 3 из всего слоя выбирается нейрон, значения синапсов которого максимально походят на входной образ, и подстройка весов по формуле (28) проводится только для него. Эта, так называемая, аккредитация может сопровождаться затормаживанием всех остальных нейронов слоя и введением выбранного нейрона в насыщение. Выбор такого нейрона может осуществляться, например, расчетом скалярного произведения вектора весовых коэффициентов с вектором входных значений. Максимальное произведение дает выигравший нейрон.

Другой вариант – расчет расстояния между этими векторами в p-мерном пространстве, где p –

$$D_j = \sqrt{\sum_{i=0}^{p-1} (y_i^{(n-1)} - w_{ij})^2}, \qquad (29)$$

где j – индекс нейрона в слое n, i – индекс суммирования по нейронам слоя (n-1), w_{ij} – вес синапса, соединяющего нейроны; выходы нейронов слоя (n-1) являются входными значениями для слоя n. Корень в формуле (29) брать не обязательно, так как важна лишь относительная оценка различных D_j.

В данном случае, "побеждает" нейрон с наименьшим расстоянием. Иногда слишком часто получающие аккредитацию нейроны принудительно исключаются из рассмотрения, чтобы

"уравнять права" всех нейронов слоя. Простейший вариант такого алгоритма заключается в торможении только что выигравшего нейрона.

При использовании обучения по алгоритму Кохонена существует практика нормализации входных образов, а так же – на стадии инициализации – и нормализации начальных значений весовых коэффициентов.

$$x_i = x_i / \sqrt{\sum_{j=0}^{n-1} x_j^2}\,, \qquad (30)$$

где x_i – i-ая компонента вектора входного образа или вектора весовых коэффициентов, а n – его размерность. Это позволяет сократить длительность процесса обучения.

Инициализация весовых коэффициентов случайными значениями может привести к тому, что различные классы, которым соответствуют плотно распределенные входные образы, сольются или, наоборот, раздробятся на дополнительные подклассы в случае близких образов одного и того же класса. Для избежания такой ситуации используется метод выпуклой комбинации. Суть его сводится к тому, что входные нормализованные образы подвергаются преобразованию:

$$x_i = \alpha(t) \cdot x_i + (1 - \alpha(t)) \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}\,, \qquad (31)$$

где x_i – i-ая компонента входного образа, n – общее число его компонент, $\alpha(t)$ – коэффициент, изменяющийся в процессе обучения от нуля до единицы, в результате чего вначале на входы сети подаются практически одинаковые образы, а с течением времени они все больше сходятся к исходным. Весовые коэффициенты устанавливаются на шаге инициализации равными величине

$$w_o = \frac{1}{\sqrt{n}}\,, \qquad (32)$$

где n – размерность вектора весов для нейронов инициализируемого слоя.

3. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Для выполнения практической работы необходимо:

1. Изучить теоретические основы проектирования алгоритмов обучения ИНС без учителя.
2. Разработать программные процедуры, реализующие сигнальный и дифференциальный алгоритмы обучения Хебба, алгоритм Кохонена.
3. Провести тестирование разработанных программных средств на выборке данных.
4. Сравнить алгоритмы обучения без учителя по быстродействию и скорости сходимости к эталонам.

4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

4.1. Отчет по практической работе должен содержать:

- наименование и цель работы;
- описание алгоритмов обучения ИНС без учителя;
- листинг программы;
- результаты работы программы проектирования алгоритмов обучения ИНС без учителя.

4.2. Контрольные вопросы к практической работе:

1. Для каких целей проводится нормализация вектора входных параметров при обучении

по алгоритму Кохонена?

2. Как меняются веса синапсов по правилу обучения Хебба?

3. Объясните в чем суть метода выпуклой комбинации при настройке весов в алгоритме Кохонена?

4. Каковы основные отличия метода интерполяции от метода аккредитации в алгоритме Кохонена?

8.3. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: *зачет (по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования).*

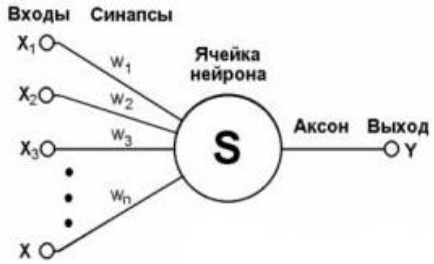
Устно-письменная форма по экзаменационным билетам предполагается, как правило, для сдачи академической задолженности.

Перечень вопросов для подготовки к зачету

УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

1. Модели искусственного нейрона. Функции активации. Нейрон с векторным входом.
2. Искусственные нейронные сети. Архитектура искусственных нейронных сетей. Набор средств для создания, инициализации, обучения, моделирования и визуализации сети.
3. Построения сетей различной архитектуры с помощью инструментального программного пакета NeuralNetworkToolbox системы MATLAB.
4. Методы и алгоритмы обучения искусственных нейронных сетей. Градиентные алгоритмы обучения.
5. Алгоритмы обучения, основанные на использовании метода сопряженных градиентов.
6. Архитектура персептрона и специальные функции для создания персептрона, настройки его весов и смещений.
7. Линейные нейронные сети. Настройки параметров по методу Вудроу-Хоффа.
8. Построение и обучение линейных сетей для классификации векторов, линейной аппроксимации, предсказания, слежения и фильтрации сигналов, идентификации и моделирования линейных систем.
9. Радиальные базисные сети общего вида.
10. Архитектуры радиальных базисных нейронных сетей общего вида и специальные функции для их создания и автоматической настройки весов и смещений.
11. Применение таких сетей для классификации векторов и аппроксимации функций.
12. Радиальные базисные сети типа GRNN.
13. Применение GRNN сетей для решения задач обобщенной регрессии, анализа временных рядов и аппроксимации функций.
14. Радиальные базисные сети типа PNN.
15. Решение задач классификации на основе подсчёта вероятности принадлежности векторов к рассматриваемым классам.
16. Самоорганизующихся слои Кохонена. Архитектуры самоорганизующихся нейронных слоев Кохонена и специальные функции для их создания, инициализации, взвешивания, накопления, активации, настройки весов и смещений, адаптации и обучения.
17. Применение самоорганизующихся слоев для исследования топологической структуры данных, их объединением в кластеры (группы) и распределением по классам.
18. Самоорганизующихся карты Кохонена.

19. Применение самоорганизующихся карт для решения задач кластеризации входных векторов
20. Самоорганизующихся LVQ-сети. Архитектуры самоорганизующихся нейронных сетей типа LVQ и специальные функции для их создания, настройки весов и обучения.
21. Рекуррентные нейронные сети Элмана.
22. Архитектуры рекуррентных нейронных сетей Хопфилда и специальные функции для их создания, взвешивания входов, накопления и активизации.
23. Применение сетей Хопфилда для решения задач распознавания образов и создания ассоциативной памяти.
24. Применение нейронных сетей для проектирования систем управления динамическими процессами
25. Какую роль выполняют знания синтаксического типа, что они характеризуют?
26. В чем суть семантического знания?
27. Для чего необходимо прагматическое знание, что оно предопределяет?
28. Какой вид знаний дает представление о структуре понятий?
29. Какую роль выполняют функциональные знания?
30. Как можно получить научные знания?
31. Что понимается под теоретическими знаниями и для чего они могут быть использованы?
32. Для чего нужен теоретический уровень научного знания, используемый при подготовке научных и технических материалов в рамках проведения исследований ?
33. В чем состоит сущность эмпирических знаний?
34. Какой вид знания можно отнести к формализованным?
35. Что представляет собой план научного исследования?
36. Назовите основные этапы научного исследования, которые выполняются в начале работы по предполагаемому направлению
37. Опишите общую структуру научной статьи
38. Что представляет собой программа научного исследования?
39. Поясните, что включает в себя подготовительный этап проведения научного исследования?
40. Привести пример состава предпроектного исследования для будущей информационно-аналитической системы
41. Что такое треугольник Фреге и для чего он нужен?
42. Укажите основные этапы, которые характерны при создании экспертных систем.
43. Приведите пример наиболее общих методов представления знаний в экспертных системах
44. Для чего необходимо в экспертной системе хранилище знаний ?
45. Какие методы работы со знаниями изучает инженерия знаний?
46. Какие методы используются при поиске решений в условиях неопределенности?
47. Что такое карта Кохонена и для чего она применяется?
48. Кратко описать, в чем состоит работа нейронной сети?
49. Описать кратко, что представлено на рисунке



50. Что такое нейронная сеть в самом общем понимании?
51. Пояснить, как может быть описана модель представления знаний с помощью логики предикатов.

52. Сформулировать понятия интеллектуального анализа данных и привести пример его применения.
53. Дать краткую характеристику методологии CRISP-DM
54. Как называется метод анализа данных, в котором целью является повышение точности предсказания.?
55. Дать определение информационно-аналитическому обеспечению.
56. Из каких компонентов состоит экспертная система?
57. Что такое инференционная машина и как ее разработать? Обосновать выбор ваших методов разработки инференционной машины.
58. На основе выполненного предпроектного исследования сделать обоснование выбора технологий и компонент создаваемой экспертной системы.
59. Опишите какие могут быть предприняты шаги по созданию экспертной системы в общем виде.
60. Для чего применяется «метод обратного распространения» и в чем его особенность?
61. Какую роль играют «веса» при построении нейронной сети?
62. Обоснуйте выбор методов обучения нейронных сетей, которые можно рекомендовать к применению на практике
63. Обоснуйте выбор BIAS? И особенности ее применения
64. Пояснить роль смещения в процессе обучения нейронной сети
65. В качестве архитектурно-технических решений предложено использовать информационно-аналитическую систему, дать ее определение.
66. Привести пример одного из классов методов искусственного интеллекта
67. Обзор известных программных и архитектурно-технических решений показал, что в качестве архитектуры нейронной сети выбирается многослойный персептрон. Дать обоснование такого выбора?
68. Для чего в нейронной сети можно применять формулу:

$$\frac{mN}{1+\log_2 N} \le W \le m\left(\frac{N}{n}+1\right)(n+m+1)+m$$

.

Описать назначение каждого из ее компонентов
69. Опишите пример и принципы выбора промежуточных слоев в многослойном персептроне MPL.
70. Опишите, как можно оценить адекватность имитационной модели (нечеткая модель) при выборе инструментального средства Пакет MATLAB FuzzyLogicToolbox
71. Приведите приме, какие навыки разработки архитектуры систем защиты информации могут быть сформированы методами разработки математических моделей?
72. Пояснить, какова особенность смешанного обучении нейронной сети.
73. Дать определение устойчивость нейронной сети
74. Какую роль играет кластеризация в области анализа данных и Data Mining, при моделировании защищенных автоматизированных систем?
75. Какой математический аппарат, инструментальные и программные средства могут быть использованы для проектирования информационно-аналитических и экспертных систем
76. Применение математических моделей интеллектуальных и информационно-аналитических систем при проектировании систем защиты информации включает Диаграммы Заде. Для чего они применяются?
77. Опишите, как формировать базу знаний и базу правил в области выбора конфигураций и состава информационно-аналитических и экспертных систем
78. Что является основой для проведения операций формирования нечеткого вывода
79. Описать практическое применение механизма нечеткого логического вывода в общем виде.
80. Пояснить, какова особенность смешанного обучении нейронной сети.