



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«МИРЭА — Российский технологический университет»

РТУ МИРЭА

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

_____ Н.И. Прокопов
« ____ » _____ 20 ____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

2.1.2 «Цифровые технологии в технических системах»

Научная специальность

2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

Форма обучения

Очная

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Цифровые технологии в технических системах» являются:

1. Формирование у обучающихся знаний о современных цифровых технологиях и тенденциях их развития.

2. Приобретение обучающимися знаний и умений, необходимых для выполнения научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ в области цифровизации процессов обработки информации и управления в технических системах.

3. Приобретение навыков применения современных цифровых технологий для решения задач компьютерной обработки информации, принятия решений и управления.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Цифровые технологии в технических системах» является обязательной дисциплиной образовательного компонента блока «Дисциплины (модули)» учебного плана научной специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

3. Требования к результатам освоения дисциплины «Цифровые технологии в технических системах»

В ходе освоения дисциплины «Цифровые технологии в технических системах» идет дальнейшее формирование элементов (знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности) аспиранта:

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования;

способность к пониманию основных проблем в своей предметной области, выбору методов и средств их решения;

способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой своих исследований;

способность анализировать состояние научно-технической проблемы, систематизировать и обобщать научно-техническую информацию по теме исследований;

способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследований.

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

современное состояние и тенденции развития цифровых технологий;

принципы построения и общие характеристики передовых цифровых технологий: мобильной связи 5G, интернета вещей, киберфизических систем;

методологию мягких вычислений Л. Заде, Data Mining и машинного

обучения.

Уметь:

применять современные цифровые технологии в разработках и эксплуатации автоматизированных информационно-управляющих и автоматических систем;

разрабатывать алгоритмы компьютерной обработки информации, принятия решений и управления с использованием нечеткой логики, методов Data Mining и машинного обучения.

Владеть:

навыками разработки алгоритмов нечеткого вывода на языке программирования Python;

навыками решения задач Data Mining и машинного обучения с применением языка Python.

4. Содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Цифровые технологии в технических системах» составляет 3 зачетных единицы (108 акад. часов).

4.1. Распределение объема дисциплины по разделам (темам), семестрам, видам учебной работы и формам контроля.

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль		
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.				
1	2	1	4	2	2			2		Устное собеседование	
2	2	2	4	2	2			2		Устное собеседование	
3	2	3	4	2	2			2		Устное собеседование	
4	2	4	4	2	2			2		Устное собеседование	
5	2	5	4	2	2			2		Устное собеседование	
6	2	6	4	2	2			2		Устное собеседование	
6	2	7	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
6	2	8	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
6	2	9	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	
7	2	10	4	2	2			2		Устное собеседование	
7	2	11	6	2		2		2	2	Выполнение практических заданий	

№ раздела	Семестр	Неделя семестра	Объем (в акад. час.)							<div> <div>Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)</div> <div>Формы промежуточной аттестации (по семестрам)</div> </div>
			Всего	Контактная работа (по видам учебных занятий)				СР	Контроль	
				Всего	ЛК	ПР	СР под рук.			
7	2	12	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий
8	2	13	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий
8	2	14	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий
8	2	15	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий
8	2	16	8	2		2		2	4	Выполнение практических заданий
9	2	17	4	2	2			2		Устное собеседование
10	2	18	4	2	2			2		Устное собеседование
По материалам курса			8						8	Экзамен
Всего в 2 семестре:			108	36	18	18	0	36	36	
Всего:			108	36	18	18	0	36	36	

4.2. Наименование и содержание разделов дисциплины

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
1	Цифровизация. Основные направления.	Понятие цифровизации. Суть и задачи цифровизации. Уровень цифровизации. Виды цифровизации. Цифровые технологии. Оцифровка и цифровая трансформация. Цифровые технологии в контексте промышленной революции Industria 4.0.
2	Мобильные сети пятого поколения (5G).	Стандарт 5G. Архитектура сети 5G. Ключевые показатели стандарта 5G. Многоэлементные цифровые антенные решётки (Massive MIMO). Формирование луча (beamforming). NOMA (неортогональный множественный доступ). Сравнение технологий 5G и 4G. Области применения 5G. Три сценария оказания услуг мобильной связи. Визуальная и дополненная реальность. Беспилотные автомобили.
3	Промышленный интернет вещей (IIoT).	Технологии Интернета вещей (IoT). Дефицит адресов и переход к IPv6. Технология беспроводной связи LoRa для IoT. Промышленный интернет вещей (IIoT).

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
		Ключевые отличия IoT и PoT. Промышленный интернет вещей как сеть, состоящая из реальных объектов и их цифровых двойников.
4	Киберфизические системы.	Киберфизические системы (Cyber-Physical System, CPS). Предшественники CPS. Слияние интернета людей, вещей и сервисов. Архитектура CPS - 5C (connection, conversion, cyber, cognition, configuration). Интеллектуальные фабрики (Smart Factory). Виртуальный (цифровой) «двойник» актива в технологическом киберпространстве.
5	Компьютерные системы поддержки принятия решений.	СППР (DSS, Decision Support Systems). Подсистемы OLAP и Data Mining. Многомерная модель данных (гиперкуб): измерения и меры; операции: Срез, Вращение, Консолидация. Методология рассуждения по прецедентам (CBR - Case-Based Reasoning). Цикл рассуждения по прецедентам. Структура прецедента. Паттерн. Библиотека прецедентов. Поиск похожего прецедента. Адаптация.
6	Технологии мягких вычислений	Концепция мягких вычислений. Отличие от жестких вычислений. Методологические средства мягких вычислений: нечеткая логика, нейровычисления, байесовские сети доверия, эволюционные алгоритмы, фрактальный анализ.
7	Data Mining.	Задачи Data Mining: кластеризация, классификация, ранжирование, регрессионное оценивание, прогнозирование. Определение отклонений или выбросов (Deviation Detection). Задачи ассоциации (Associations) и последовательности (Sequence). Задача поиска ассоциативных правил. Транзакция. Ассоциативные правила. Поддержка. Достоверность.
8	Машинное обучение.	Свойство моделей машинного обучения: обобщающая способность, переобучение и недообучение. Граница принятия решений. Конструирование признаков. Взаимодействия (interactions) между признаками. Прямое кодирование категориальных переменных - кодирование с одним горячим состоянием. (one-hot encoding). Непрерывные признаки. Биннинг.
9	Технологии Big Data.	Большие данные (Big Data). Основные характеристики: пять «V». Технологии больших данных. Горизонтальная масштабируемость. Неструктурированные данные. Базы данных NoSQL. Модель распределенных вычислений MapReduce. Фреймворк Apache Hadoop. Технологии озер

Номер темы	Наименование темы	Содержание темы
		данных (data lake).
10	Мультиагентные технологии	Интеллектуальные агенты. Базовые свойства агентов. Реактивные и когнитивные агенты. Многоагентные системы. Типы взаимодействия агентов. Формы социальной организации агентов. Архитектура агентов.

4.3. Лабораторные работы (ЛБ)

Учебным планом не предусмотрены.

4.4. Практические занятия (ПР)

№ п/п	Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (в акад. часах)
1	6	Нечеткая логика.	2
2	6	Генетические алгоритмы.	2
3	6	Фракталы.	2
4	7	Регрессионные модели.	2
5	7	Кластеризация многомерных данных.	2
6	8	Машина опорных векторов.	2
7	8	Ансамблевые методы машинного обучения.	2
8	8	Нейронные сети.	2
9	8	Глубокое обучение.	2
Всего:			18

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Виды самостоятельной работы обучающегося, порядок и сроки ее выполнения:

- подготовка к лекциям и практическим занятиям с использованием конспекта лекций, материалов практических занятий и приведенных ниже (п 8.1 и 8.2) источников (в соответствии с расписанием занятий);
- оформление отчетов по выполненным практическим заданиям и теоретическая подготовка к их сдаче (в соответствии с расписанием занятий).

Перечень вопросов для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации — в соответствии с тематикой дисциплины.

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Описание показателей и критериев оценивания знаний, умений и владений на различных этапах их формирования, описание шкал оценивая

6.1.1. Показатели и критерии оценивания, используемые шкалы оценивания

Показатели оценивания	Критерии оценивания	Средства оценивания	Шкалы оценивания
Умение	Правильность выполнения учебных заданий, аргументированность выводов	Текущий контроль: выполнение устных/письменных заданий, тестирование Промежуточная аттестация: экзамен	Шкала 1
Знание	Правильность и полнота ответов, глубина понимания вопроса	Текущий контроль: выполнение устных/письменных заданий, тестирование Промежуточная аттестация: экзамен	Шкала 1
Владение	Обоснованность и аргументированность выполнения учебной деятельности	Текущий контроль: выполнение практического задания, тестирование Промежуточная аттестация: экзамен	Шкала 2

6.1.2. Описание шкал оценивания степени сформированности знаний, умений и владений

Шкала 1. Оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений		
Цифр.	Оценка			
		Знать	Уметь	Владеть
1	Неудовлетворительно	Отсутствие знаний	Отсутствие умений	Отсутствие навыков
2	Неудовлетворительно	Фрагментарные знания	Частично освоенное умение	Фрагментарное применение
3	Удовлетворительно	Общие, но не структурированные знания	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение	В целом успешное, но не систематическое применение
4	Хорошо	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	В целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков
5	Отлично	Сформированные систематические знания	Сформированное умение	Успешное и систематическое применение навыков

Шкала 2. Комплексная оценка сформированности знаний, умений и владений

Обозначения		Формулировка требований к степени сформированности знаний, умений и владений
Цифр.	Оценка	
1	Неудовлетворительно	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
2	Удовлетворительно или неудовлетворительно (по усмотрению преподавателя)	Знать на уровне ориентирования , представлений. Субъект учения знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает их в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения
3	Удовлетворительно	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях
4	Хорошо	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения
5	Отлично	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Субъект учения знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания учебной дисциплины, его значимость в содержании учебной дисциплины

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования знаний, умений и владений в процессе освоения образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для текущего контроля (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках текущего контроля по дисциплине) по разделам дисциплины

Примеры вопросов по теме 1:

- Пояснить кривую Gartner Hype Cycle и фазы в цикле зрелости технологий.
- В чем отличие цифровизации от автоматизации?
- Цифровизация в области управление жизненным циклом продукта.

Примеры вопросов по теме 2:

- Использование режимов Device-to-Device в технологии 5G.
- Использование многоэлементных цифровых антенных решёток в составе базовых станций.
- Формирование луча (beamforming) в сетях 5G.

Примеры вопросов по теме 3:

- Ключевые отличия технологий IoT и PoT.
- Сетевое взаимодействие между машинами (M2M).
- Зачем нужны цифровые двойники физических объектов?

Примеры вопросов по теме 4:

- Понятие Киберфизических систем (Cyber-Physical System, CPS).
- Предшественники CPS.
- В чем суть слияния интернета людей, вещей и сервисов.
- Архитектура CPS - 5C (connection, conversion, cyber, cognition, configuration).
- Что такое Интеллектуальные фабрики (Smart Factory).

Примеры вопросов по теме 5:

- Назначение СППР (DSS, Decision Support Systems).
- Подсистемы OLAP и Data Mining.
- Многомерная модель данных (гиперкуб): измерения и меры; операции: Срез, Вращение, Консолидация.
- Сущность Методологии рассуждения по прецедентам (CBR - Case-Based Reasoning).

Примеры вопросов по теме 6:

- Концепция мягких вычислений, их отличие от жестких вычислений.
- Методологические средства мягких вычислений.

Пример практического задания по теме 6:

Привести пример практического использования средств мягких вычислений (нечеткая логика, нейровычисления, байесовские сети доверия, эволюционные алгоритмы, фрактальный анализ).

Примеры вопросов по теме 7:

- Задачи Data Mining: кластеризация, классификация, ранжирование, регрессионное оценивание, прогнозирование.
- Определение отклонений или выбросов (Deviation Detection).
- Задачи ассоциации (Associations) и последовательности (Sequence).
- Задача поиска ассоциативных правил.

Пример практического задания по теме 7:

В задаче оценки качества городской среды Московской области (рассматривается как задача классификации) в качестве категориального признака используется название города. Выполнить dummy-кодирование этого признака, используя список городов Московской области (73 города, данный список следует найти в интернете).

Примеры вопросов по теме 8:

- Свойство моделей машинного обучения (обобщающая способность, переобучение и недообучение).
- Что такое Граница принятия решений.
- В чем суть процесса Конструирования признаков.
- Взаимодействие (interactions) между признаками.
- Непрерывные признаки. Биннинг.

Пример практического задания по теме 8:

- Привести пример Прямого кодирования категориальных переменных - кодирования с одним горячим состоянием (one-hot encoding).

Примеры вопросов по теме 9:

- Что такое Большие данные (Big Data).
- Основные характеристики: пять «V».
- Технологии больших данных.
- В чем суть Горизонтальной масштабируемости.
- Понятие Неструктурированных данных.
- Модель распределенных вычислений.
- Технологии озер данных (data lake).

Примеры вопросов по теме 10:

- Интеллектуальные агенты, базовые свойства.
- Реактивные и когнитивные агенты.
- Многоагентные системы.
- Типы взаимодействия агентов.
- Архитектура агентов.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену (оценка сформированности элементов (знаний, умений, навыков) в рамках промежуточной аттестации по дисциплине).

1. Промышленная революция Industry 4.0.
2. Стадии зрелости технологий. Цикл зрелости прорывных технологий Gartner Hype Cycle.
3. Киберфизические системы.
4. Концепция Интернета вещей (Internet of Things).
5. Технология Blockchain.
6. Что такое большие данные (Big Data)? Основные характеристики: пять «V».
7. Технологии больших данных. Горизонтальная масштабируемость.
8. Неструктурированные данные. Базы данных NoSQL.
9. Модель распределенных вычислений MapReduce.
10. Фреймворк Apache Hadoop.
11. Технологии озер данных (data lake).

12. Методология рассуждения по прецедентам (CBR - Case-Based Reasoning).
13. Принцип несовместимости Л.Заде. Нечеткое множество (НМ).
14. S- и T-нормы в нечеткой логике.
15. Нечеткая и лингвистическая переменные.
16. Нечеткие отношения. Композиция нечетких отношений (НО). Принцип обобщения Заде.
17. Нечеткие высказывания. Нечеткий логический вывод. Обобщенное правило вывода *modus ponens*.
18. Архитектура нечетких систем. База правил. Блоки фазификации, нечеткого логического вывода (НЛВ), дефазификации.
19. Алгоритм нечеткого вывода Мамдани, этапы агрегирования подусловий, активизации правил, аккумуляирования заключений.
20. Центроидный методы дефазификации.
21. Особенности генетических алгоритмов (ГА). Фенотип и генотип. Хромосомы. Функция пригодности.
22. Генетические операторы: отбора, кроссинговера, мутации.
23. Стандартный ГА (репродуктивный план Холланда).
24. Задачи Data Mining: регрессионное оценивание, классификация, кластеризация.
25. Data Mining. Определение отклонений или выбросов (Deviation Detection).
26. Задачи ассоциации (Associations) и последовательности (Sequence). Задача поиска ассоциативных правил.
27. Измерительные шкалы: номинальная, порядковая, интервалов, отношений, абсолютная.
28. Обучение с учителем и без учителя (самообучение).
29. Машинное обучение. Обобщающая способность (generalization). Недообучение и переобучение.
30. Машинное обучение. Тренировочный и тестовый наборы данных. Точность на этапах обучения и проверки.
31. Качество обучаемой модели. Функции потерь. Среднеквадратичная ошибка (mse). Правильность (ассигасу) модели.
32. Метод кросс-проверки обученной модели.
33. Кластеризация методом K-средних.
34. Прямое кодирование категориальных переменных - кодирование с одним горячим состоянием (dummy-кодирование, one-hot-кодирование).
35. Непрерывные признаки. Биннинг.
36. Расширение признакового пространства: взаимодействия и полиномы. Полиномиальная регрессия.
37. Линейный и ядерный метод опорных векторов (SVM).
38. SVM. Проблема добавления признаков. «Ядерный трюк». Полиномиальное и гауссовское ядро.

39. Деревья решений. Алгоритм CART. Индекс Gini. Чистые листы. Предварительная обрезка и пост-обрезка.
40. Ансамбли деревьев решений. Случайный лес. Бутстреп-выборка данных.
41. Градиентный бустинг деревьев решений. Слабые ученики.
42. Мелкие нейронные сети. Архитектура многослойного персептрона.
43. Градиентная схема обучения нейронных сетей. Цикличность алгоритмов обучения. Эпохи.
44. Обучение многослойных НС по методу обратного распространения ошибки (back-propagation).
45. Многослойные нейронные сети. Функция активации softmax.
46. Проблема локальных минимумов в градиентных методах обучения. Стохастические методы обучения.
47. Метод имитации отжига. Машина Больцмана.
48. Когнитрон.
49. Недостатки мелких нейронных сетей. Проблема исчезающего градиента. Паралич сети. Функция активации ReLU.
50. Глубокая НС.

6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Процедуры и средства оценивания элементов знаний, умений и владений по дисциплине «Цифровые технологии в технических системах»

Процедура проведения	Средство оценивания				
	Текущий контроль				Промежуточный контроль
	Выполнение устных заданий	Выполнение письменных заданий	Выполнение практических заданий	Выполнение тестовых заданий	Экзамен
Продолжительность контроля	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	По усмотрению преподавателя	В соответствии с принятыми нормами времени
Форма проведения контроля	Устный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	Письменный опрос	В письменной форме
Вид проверочного задания	Устные вопросы	Письменные задания	Практические задания	Письменный опрос	Экзаменационный билет
Форма отчета	Устные ответы	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме	Ответы в письменной форме
Раздаточный материал	Нет	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература	Справочная литература

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Дисциплина «Цифровые технологии в технических системах» предусматривает лекции и практические занятия. Успешное изучение

дисциплины требует посещения лекций, активной работы на практических занятиях, выполнения учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной и дополнительной литературой.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на практическое занятие и указания на самостоятельную работу.

При подготовке к лекционным занятиям аспирантам необходимо: перед очередной лекцией необходимо просмотреть конспект материала предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к лектору (по графику его консультаций) или к преподавателю на практических занятиях.

Практические занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, а также для контроля преподавателем степени подготовленности аспирантов по изучаемой дисциплине.

При подготовке к практическому занятию аспиранты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного практического занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы занятия;
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
- в ходе семинара давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;
- на занятии доводить каждую задачу до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Аспирантам, пропустившим занятия (независимо от причин), не имеющие письменного решения задач или не подготовившиеся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по теме, изучавшейся на занятии. Аспиранты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу экзаменационной сессии не допускаются к экзамену.

8. Ресурсное обеспечение дисциплины

8.1. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Прохоров А., Коник Л. Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание второе, исправленное и дополненное. — М.: ООО «КомНьюс Групп», 2019. — 368 с.
2. Шваб К. Четвертая промышленная революция. — М.: «Эксмо», 2016. — 138 с.
3. Технологии 5G: поэтапное внедрение и элементная база для абонентского оборудования [Электронный ресурс]. URL: <https://wireless-e.ru/gsm/tehnologiya-5g>.
4. Архитектура сети 5G [Электронный ресурс]. URL: <https://itechinfo.ru/content/архитектура-сети-5g>.
5. Андреев Ю.С., Третьяков С.Д., Промышленный интернет вещей. — СПб: Университет ИТМО, 2019. — 54 с.
6. Громаков Е.И., Сидорова А.А. Современные технологии. Киберфизические системы: учебное пособие. — Томск: ТПУ, 2021. — 166 с.
7. Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Основы нечеткой логики [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — М.: РТУ МИРЭА, 2019. — 88 с.
8. Чубукова И.А. Data Mining. — М.: НОУ «Интуит», 2016. — 471 с.
9. Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Нейросетевые алгоритмы обработки данных на языке Python: учебно-методическое пособие. — М.: МИРЭА — РТУ, 2019. — 76 с.

б) дополнительная литература:

10. Ценжарик М.К., Крылова Ю.В., Стешенко В.И. Цифровая трансформация компаний: стратегический анализ, факторы влияния и модели // Вестник СанктПетербургского университета. Экономика. Т. 36. Вып. 3. — С. 390-420.
11. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 336 с.
12. Прикладные нечеткие системы/ Под ред. Т.Тэрано, К.Асаи, М.Сугэно. — М.: Мир. 1993. — 368 с.
13. Жерон О. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. — СПб.: ООО «Альфа-книга», 2018. — 688 с.
14. Радченко И.А., Николаев И.Н. Технологии и инфраструктура Big Data. — СПб: Университет ИТМО, 2018. — 52 с.
15. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор) // Новости искусственного интеллекта, 1998, № 2. — С. 64-116.
16. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. — М.: O'Reilly Media, 2017. — 392 с.

17. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 320 с.
18. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. — 798 с.
19. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2016. — 1104 с.
20. Джулли А., Пал С. Библиотека Keras - инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и TensorFlow. — ДМК Пресс, 2017. — 294 с.
21. Теряев Е.Д., Петрин К.В., Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Агентные технологии в автоматизированных информационно-управляющих системах. Ч.І. Основы агентного подхода // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 7. — С. 11-27.
22. Теряев Е.Д., Петрин К.В., Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Агентные технологии в автоматизированных информационно-управляющих системах. Ч.ІІ. Агентные решения в задачах контроля и управления // Мехатроника, автоматизация, управление. № 10. 2010. — С. 25-34.

8.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины

1. <http://library.mirea.ru/>
научно-техническая библиотека РТУ МИРЭА
2. <https://e.lanbook.com/>
электронно-библиотечная системы (ЭБС) Издательства «Лань»

8.3. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:

- пакет офисных программ Microsoft Office;
- пакет офисных программ LibreOffice;
- среда для разработки программного обеспечения Qt Creator 5.6;
- дистрибутив Anaconda3 для Python 3.9 (Windows).

8.4. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

- учебная аудитория;
- компьютерный класс.