

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института
магистратуры


« 17 » мая 2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института


« 17 » мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Инструменты анализа данных

Направление подготовки

09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность программы

Интеллектуальный анализ данных и процессов

Квалификация
Магистр

Форма обучения
очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и
автоматизированных систем

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. N 918
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 20__ году.

Составители: к.т.н. ЖК (П.С. Кабелянц)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры
Программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

« 14 » мая 2021 г., протокол № 7

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент ВМ (В.М.Поляков)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована на заседании кафедры
Программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

« 14 » мая 2021 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент ВМ (В.М.Поляков)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 17 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент АН (А.Н. Семернин)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
	ПК-1 Способен к управлению программно-техническими, технологическими и человеческими ресурсами в ходе разработки и эксплуатации программного обеспечения интеллектуального анализа данных и процессов	ПК-1.1. Знать принципы управления инфраструктурой коллективной среды разработки программных средств интеллектуального анализа данных и процессов	Знания
		ПК-1.2. Уметь осуществлять поиск и подбор ресурсов для организации разработки и эксплуатации программного обеспечения анализа данных	Умения
		ПК-1.3. Владеть методами и навыками руководства персоналом и прочими ресурсами для решения поставленной профессиональной задачи по анализу данных и процессов	Навыки
	ПК-3 Способен выполнять анализ и постановку новых задач в области разработки математического, алгоритмического и программного обеспечения интеллектуального анализа данных и процессов	ПК-3.1. Знать теоретические основы, принципы построения и технологии разработки интеллектуального программного обеспечения	Знания
		ПК-3.2. Уметь осуществлять постановку задач разработки программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Умения
		ПК-3.3. Владеть навыками экспериментальных исследований эффективности программных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Навыки

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1.	Управление проектированием информационных систем
2.	Анализ данных и процессов
3.	Проектное обучение
4.	Технологическая (проектно-технологическая) практика

5.	Преддипломная практика
6.	Государственная итоговая аттестация

2. Компетенция ПК-3

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины ²
1.	Интеллектуальные системы реального времени
2.	Научно-исследовательский семинар
3.	Инструменты анализа данных
4.	Математическое моделирование
5.	Компьютерная математика
6.	Инструменты анализа данных
7.	Проектное обучение
8.	Технологическая (проектно-технологическая) практика
9.	Научно-исследовательская работа
10.	Преддипломная практика
11.	Государственная итоговая аттестация

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единиц, 144 часа.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	53	53
лекции	17	17
лабораторные	34	34
практические		
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ³	2	2
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	91	91
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа по подготовке к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	91	91

Экзамен		
---------	--	--

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ⁴
1	Многомерный регрессионный анализ. Постановка основной задачи линейного регрессионного анализа. Метод наименьших квадратов оценивания коэффициентов регрессии и оценка их значимости. Интервальные оценки коэффициентов регрессии. Оптимальный выбор матрицы плана. Задача статистического прогноза.	1	2	4	8
2	Дисперсионный анализ. Постановка задачи. Однофакторный дисперсионный анализ. Понятие о многофакторном анализе.	2	2	4	8
3	Факторный анализ. Общая и матричная постановка задачи. Алгоритм метода главных компонент. Проблема интерпретации факторов.	2	2	4	8
4	Дискриминантный анализ. Постановка задачи классификации. Задача классификации в случае двух классов. Линейное различающее правило. Задача классификации в случае, когда количество классов больше двух.	2	2	-	8
5	Временные ряды. Общие положения. Критерии случайности. Тренд и сезонность.	2	2	-	8
6	Введение в интеллектуальный анализ данных. Понятие, цели, основные задачи Data mining и Big data. Связь Big data и Data mining. Отличительные особенности интеллектуальной обработки данных от традиционной статистической.	1	1	6	4
7	Поиск ассоциативных правил. Задача поиска ассоциативных правил. Постановка, примеры, алгоритмы извлечения ассоциативных правил. Алгоритм Apriori.	2	2	2	8

8	Классификация и кластеризация данных. Задача классификации данных. Постановка, примеры, алгоритмы. Отличие от задачи кластеризации. Задача кластеризации данных. Алгоритм k-средних. Входные и выходные данные, особенности реализации. Алгоритм k-means++.	2	2	4	8
9	Эвристический поиск. Эвристические алгоритмы оптимизации. Постановка задачи оптимизации в Big data. Сравнение с классическими алгоритмами оптимизации. Глобальный и локальный поиск. Случайный поиск. Алгоритм имитации отжига. Генетические алгоритмы (ГА). Вещественное кодирование хромосом в ГА.	3	2	4	12
ВСЕГО		17	17	34	72

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Учебным планом не предусмотрены.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Кол-во часов	Кол-во часов СРС
семестр №3				
1	Многомерный регрессионный анализ	Метод наименьших квадратов оценивания коэффициентов регрессии.	2	2
2	Многомерный регрессионный анализ	Задача статистического прогноза	2	2
3	Дисперсионный анализ	Однофакторный дисперсионный анализ	4	4
4	Факторный анализ	Алгоритм метода главных компонент.	4	4
5	Введение в интеллектуальный анализ данных	Представление, извлечение и обработка данных в системах Big Data.	6	6
6	Поиск ассоциативных правил	Алгоритм Apriori.	2	5
7	Классификация и кластеризация данных	Алгоритм k-средних. Алгоритм k-means++.	4	4
8	Эвристический поиск	Алгоритм имитации отжига. Реализация генетического алгоритма с вещественным кодированием.	4	4
ИТОГО:			34	31

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Учебным планом не предусмотрены.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом не предусмотрены.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-1 Способен к управлению программно-техническими, технологическими и человеческими ресурсами в ходе разработки и эксплуатации программного обеспечения интеллектуального анализа данных и процессов

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ПК-1.1. Знать принципы управления инфраструктурой коллективной среды разработки программных средств интеллектуального анализа данных и процессов	Защита лабораторной работы, устный опрос, зачет
ПК-1.2. Уметь осуществлять поиск и подбор ресурсов для организации разработки и эксплуатации программного обеспечения анализа данных	Защита лабораторной работы
ПК-1.3. Владеть методами и навыками руководства персоналом и прочими ресурсами для решения поставленной профессиональной задачи по анализу данных и процессов	Защита лабораторной работы, устный опрос, зачет

2. Компетенция ПК-3 Способен выполнять анализ и постановку новых задач в области разработки математического, алгоритмического и программного обеспечения интеллектуального анализа данных и процессов.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.1. Знать: теоретические основы, принципы построения и технологии разработки интеллектуального программного обеспечения	Защита лабораторной работы, устный опрос, зачет
ПК-3.2. Уметь: осуществлять постановку задач разработки программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Защита лабораторной работы
ПК-3.3. Владеть: навыками экспериментальных исследований эффективности программных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Защита лабораторной работы, устный опрос, зачет

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
---	---------------------------------	---------------------------------------

п/п		
1	Метрические методы классификации и кластеризации.	Определение метрики. Виды метрик. Постановки задач классификации и кластеризации. Выбор функционала качества классификации. Метод классификации с помощью «ближайших соседей» и его обобщения. Подбор числа соседей по критерию перекрестной проверки. Алгоритм иерархической кластеризации. Алгоритм K-средних и его модификации.
2	Линейные методы классификации: метод опорных векторов и классификация с помощью нейронной сети.	Случай линейного разделения данных на классы. Понятие опорного вектора. Классификация с помощью опорных векторов в случае линейного разделения данных и алгоритм для нелинейного случая. Алгоритм классификации с помощью нейронных сетей.
3	Метод регрессионного и компонентного анализа. Прогнозирование временных рядов.	Метод главных компонент и редукция данных. Алгоритмы сглаживания временных рядов. Регрессия и авторегрессия.
4	Байесовские методы классификации и дискриминантный анализ. Логистическая регрессия.	Оценка распределения признаков в классах с помощью байесовского подхода. Вывод дискриминантной функции классификации в случае нормальных распределений классов. Логистическая регрессия.
5	Логические методы классификации как комбинации простых классификаторов.	Алгоритм разбиения области значений признака на информативные зоны. Решающие списки и деревья. Жадный алгоритм синтеза списка.
6	Бустинг: композиция алгоритмов машинного обучения.	Алгоритм обучения коэффициентов комбинаций классификаторов и параметров композиций классификаторов. Алгоритмы AdaBoost и AnyBoost. Голосование по большинству. Голосование по старшинству.
7	Эвристические, стохастические и нелинейные композиции алгоритмов машинного обучения.	Алгоритм бэггинга и метод случайных подпространств. Последовательный метод и иерархический методы построения смеси алгоритмов классификации.
8	Случайные леса из решающих деревьев классификации.	Композиции решающих деревьев. Случайный выбор признаков в вершинах деревьев. Уменьшение корреляции между собой базовых алгоритмов-деревьев классификации. Алгоритм ПейджРанк. Ранговая классификация.
9	Рекомендательные системы и задача коллаборативной фильтрации.	Транзакционные данные и матрица субъекты-объекты. Латентные методы и модель, учитывающая неявную информацию.
10	Тематическое моделирование и обучение с подкреплением.	Задача тематического моделирования коллекции текстовых документов. Модель агент-среда.

5.2.2. Перечень контрольных материалов

для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрены.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы)

для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме защиты лабораторных работ.

Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса студента и направлена на проверку степени усвоения материала и понимания теоретических сведений, используемых в процессе выполнения работы; для защиты необходимо представить в печатной (рукописной) форме отчет по лабораторной работе, выполненный самостоятельно и в соответствии со всеми требованиями, приведёнными в методических указаниях к выполнению лабораторных работ. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ приведен в таблицах.

1. Компетенция ПК-1. Способен к управлению программно-техническими, технологическими и человеческими ресурсами в ходе разработки и эксплуатации программного обеспечения интеллектуального анализа данных и процессов

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Типовые контрольные задания для текущего контроля
ПК-1.1. Знать принципы управления инфраструктурой коллективной среды разработки программных средств интеллектуального анализа данных и процессов	Вопросы при защите лабораторной работы: - метрики (еклидова Махаланобиса, Хемминга и др.); расстояние между классами (внутриклассовое и междуклассовое расстояния); функционалы качества классификации; - архитектуры нейронных сетей.
ПК-1.2. Уметь осуществлять поиск и подбор ресурсов для организации разработки и эксплуатации программного обеспечения анализа данных	Вопросы при защите лабораторной работы: - представление больших данных, разбиение данных на обучающую и тестовую выборку; - использование параллельных вычислений в алгоритмах машинного обучения.
ПК-1.3. Владеть методами и навыками руководства персоналом и прочими ресурсами для решения поставленной профессиональной задачи по анализу данных и процессов	Вопросы при защите лабораторной работы: - предварительная обработка данных, выявление выбросов, редукция данных, восстановление потерянных данных; - особенности программирования систем машинного обучения.

2. Компетенция ПК-3. Способен выполнять анализ и постановку новых задач в области разработки математического, алгоритмического и программного обеспечения интеллектуального анализа данных и процессов.

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Типовые контрольные задания для текущего контроля
ПК-3.1. Знать: теоретические основы, принципы построения и технологии разработки интеллектуального программного обеспечения	Вопросы при защите лабораторной работы: - методы построения обучаемых композиций классификаторов; - методы решения проблемы переобучения; - коллаборативная фильтрация.
ПК-3.2. Уметь: осуществлять постановку задач	Вопросы при защите лабораторной работы: - оценивание качества разработки интеллектуальной

разработки программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	системы.
ПК-3.3. Владеть: навыками экспериментальных исследований эффективности программных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Вопросы при защите лабораторной работы: - интерфейс основных библиотек анализа данных, особенности их настройки. .

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Показатель оценивания	Критерий оценивания
Знания	Знание основных терминов, понятий, структур
	Объем усвоенного материала
	Полнота ответов на поставленные вопросы
	Четкость изложения ответов на вопросы
Умения	Умение полно ответить на поставленный вопрос по лабораторной работе
	Умение дополнить и изменить свою программу в соответствии с поставленной задачей
	Умение разработать алгоритм по поставленному заданию
Навыки	Навык самостоятельной разработки приложения
	Навык работы с известными библиотеками анализа данных
	Навык правильности выбора алгоритма анализа данных

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание основных терминов, понятий, структур	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем усвоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на поставленные вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения ответов на вопросы	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Способность полно ответить на поставленный вопрос по лабораторной работе	Не способен ответить на поставленный вопрос по лабораторной работе	Способен полно ответить на поставленный вопрос по лабораторной работе
Умение дополнить и изменить свою программу в соответствии с поставленной задачей	Не умеет дополнить и изменить свою программу в соответствии с поставленной задачей	Умеет самостоятельно дополнить и изменить свою программу в соответствии с поставленной задачей
Умение разработать алгоритм по поставленному заданию	Не умеет разработать алгоритм по поставленному заданию	Умеет самостоятельно разработать алгоритм по поставленному заданию

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Навык самостоятельной разработки приложения	Не способен самостоятельно разработать приложение	Способен самостоятельно разработать приложение
Навык работы с известными библиотеками анализа данных	Не имеет навыка работы с известными библиотеками анализа данных	Имеет твердые навыки работы с известными библиотеками анализа данных
Навык правильности выбора алгоритма анализа данных	Не способен правильно выбрать алгоритм анализа данных	Способен правильно выбрать алгоритм анализа данных

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель. Мультимедийная установка, экран, доски
2.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий	Специализированная мебель. Компьютеры на базе процессоров Intel или AMD.

3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель. Компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронно-образовательную среду
----	---	--

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	(Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020
3	JavaJDK, NetBeansIDE, EclipseIDE, JavaDevC++ – пакеты для разработки программ на языке Java	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
4	CodeBlocks (компиляторы gcc),	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Открытая система анализа данных DLP (MyDLP)	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
56	Microsoft Visual Studio	Подписка Microsoft Imagine Premium id: 6f22ecb4-6882-420b-a39b-afba0ace820c.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Пальмов С.В. Интеллектуальный анализ данных [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Пальмов. — Электрон. текстовые данные. — Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 127 с. — (Доступ: <http://www.iprbookshop.ru/75376> - ЭБС «IPRbooks», по паролю).
2. Анализ данных качественных исследований [Электронный ресурс] : практикум / . — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2016. — 94 с. — (Доступ: <http://www.iprbookshop.ru/66014> - ЭБС «IPRbooks», по паролю).
3. Жуковский О.И. Информационные технологии и анализ данных [Электронный ресурс] : учебное пособие / О.И. Жуковский. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Эль Контент, 2014. — 130 с. — (Доступ: <http://www.iprbookshop.ru/72106> - ЭБС «IPRbooks», по паролю).
4. Афонин П.Н. Статистический анализ с применением современных программных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие / П.Н. Афонин, Д.Н. Афонин. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Интермедия, 2015. — 100 с. — (Доступ: <http://www.iprbookshop.ru/28030> - ЭБС «IPRbooks», по паролю).
5. Чубукова И.А. Data Mining [Электронный ресурс] / И.А. Чубукова. — Электрон. текстовые данные. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 470 с. — (Доступ: <http://www.iprbookshop.ru/56315> - ЭБС «IPRbooks», по паролю).

6. Уэс Маккинли Python и анализ данных [Электронный ресурс] / Маккинли Уэс. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Профобразование, 2017. — 482 с. — (Доступ: <http://www.iprbookshop.ru/64058> - ЭБС «IPRbooks», по паролю).
7. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов.—ЗАО Издательский дом «Питер», 2003 – 686 с.
8. Брусенцев А.Г. Анализ данных и процессов. Часть I: методы статистического анализа данных. – Учебное пособие. – Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2017. – 63 с.
9. Симчера В.М. Методы многомерного анализа статистических данных [Электронный ресурс]: учеб. пособие. – Москва: Финансы и статистика, 2008. – 400 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1005>
10. Маглеванный И.И. Математические основы первичной обработки экспериментальных данных [Электронный ресурс]: методические материалы по прикладной статистике / И.И. Маглеванный, Т.И. Карякина. – Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, «Перемена», 2015. – 42 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40738.html>
11. Прикладная математическая статистика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 113 с. – 2227-8397. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72166.html>
12. Берсегян М. С. Технология анализа данных Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А.А. Берсегян, М.С. Куприянов, В.В. Степаненко, И.И. Холод. – 2-е изд., перераб., и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
13. Барсегян А. Анализ данных и процессов / А. Барсегян. – 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
14. Марц Н. Большие данные. Принципы и практика построения масштабируемых систем обработки данных в реальном времени. / Н. Марц, Д. Уоррен. – М.: Вильямс, 2016.
15. Силен Д. Основы Data Science и Big Data. Python и наука о данных. / Д. Силен, А. Мейсман, М. Али. – СПб.: Питер, 2017.
16. Карпенко А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой: учебное пособие / А. П. Карпенко. — М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех») — Режим доступа: <http://ntb.bstu.ru>
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» — Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/>

6. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год без изменений

Протокол № _____ заседания кафедры от «_»_____ 20____ г.

Заведующий кафедрой _____ (Поляков В.М.)
подпись, ФИО

Директор института _____ (Белоусов А.В.)
подпись, ФИО