

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 » _____ 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор института



« 17 » _____ 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Машинное обучение

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 202_ году.

Составитель: к.т.н. ПК (П.С.Кабаляц)
(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 № 8

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 17 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент (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-2 Способен к разработке и сопровождению программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	ПК-2.1. Знать принципы и методики создания интеллектуальных систем	Знания
		ПК-2.2. Уметь осуществлять организационное и технологическое обеспечение разработки программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Умения
		ПК-2.3. Владеть навыками разработки инструментов и методов анализа программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Навыки

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-2

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Технологии искусственного интеллекта
2.	Машинное обучение
3.	Цифровая обработка сигналов
4.	Глубокое обучение
5.	Нейронные сети и системы
6.	Нечеткое моделирование
7.	Системы поддержки принятия решений
8.	Основы семантического анализа
9.	Проектное обучение
10.	Учебная технологическая (проектно-технологическая) практика
11.	Производственная преддипломная практика
12.	Государственная итоговая аттестация

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Форма промежуточной аттестации: зачет.

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

групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	91	91
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	91	91
Зачет	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 1 Семестр 2

№ 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
1	<p>Метрические методы классификации и кластеризации. Постановка задач обучения по прецедентам. Объекты и признаки. Типы шкал: бинарные, номинальные, порядковые, количественные. Типы задач: классификация, регрессия, прогнозирование, кластеризация. Примеры прикладных задач. Основные понятия: модель алгоритмов, метод обучения, функция потерь и функционал качества, принцип минимизации эмпирического риска, обобщающая способность, перекрестная проверка. Метод ближайших соседей и его обобщения. Подбор числа соседей по критерию перекрестной проверки. Обобщенный метрический классификатор, понятие отступления. Метод потенциальных функций, градиентный алгоритм. Обучение без учителя. Иерархические кластер-процедуры. Алгоритм K-средних и его модификации (алгоритм K-медиан и алгоритм K-центроидов). Связь задач кластеризации и классификации.</p>	2		4	6

2	<p>Линейные методы классификации: метод опорных векторов и классификация с помощью нейронной сети.</p> <p>Метод опорных векторов. Оптимальная гиперплоскость, разделяющая классы. Понятие зазора между классами (margin). Случаи, когда возможно линейно разделить классы, и случаи, когда линейно разделить классы невозможно. Кусочно-линейная функция потерь. Задача квадратичного программирования и сопряженная задача. Понятие опорных векторов. Функция ядра (kernel functions), теорема Мерсера. Способы конструктивного построения ядер. Примеры ядер. Метод релевантных векторов RVM. Регуляризации для отбора признаков: LASSO SVM, Elastic Net SVM, SFM, RFM.</p> <p>Основная модель нейронной сети и градиентные методы. Линейный классификатор, непрерывные аппроксимации пороговой функции потерь. Связь с методом максимума правдоподобия. Метод стохастического градиента, персептрон Розенблатта, правило Хебба. Теорема Новикова о сходимости. Описание функций многих переменных с помощью функций от одной переменной: теоремы Колмогорова, Стоуна и т.п. Эвристики: инициализация весов, порядок предъявления объектов, выбор величины градиентного шага, «выбивания» из локальных минимумов. Метод стохастического среднего градиента SAG. Проблема мультиколлинеарности и переобучение, редукция весов (weight decay). Байесовская регуляризация. Принцип максимума совместной правдоподобия данных и модели. Настройка порога решающего правила по критерию количества ошибок I и II рода.</p>	2		4	12
3	<p>Метод регрессионного и компонентного анализа. Прогнозирование временных рядов.</p> <p>Задача регрессии, многомерная линейная регрессия. Метод наименьших квадратов, его вероятностный и геометрическая интерпретации. Сингулярное разложение. Проблемы мультиколлинеарности и переобучение. Регуляризация. Гребневая регрессия. Лассо Тибширани, сравнение с гребневой регрессии. Нелинейная параметрическая регрессия. Локально взвешенный метод наименьших квадратов и оценка Надарая-Ватсона. Выбор функции ядра. Выбор ширины окна сглаживания. Сглаживания с переменной шириной окна. Проблема выбросов и Робастные непараметрическая регрессия. Неквадратични функции потерь. Метод наименьших модулей.</p> <p>Метод главных компонент и преобразования Карунена-Лоева, его связь с сингулярным разложением. Линейная модель метода главных компонент. Геометрическая интерпретация.</p> <p>Прогнозирование временных рядов. Модели временных рядов: тренд, случайная и периодические</p>	2		4	15

	компоненты. Выявление тренда с помощью сглаживания. Сглаживания с помощью средних и экспоненциальное сглаживание. Адаптивная авторегрессионная модель. Анализ глубины авторегрессии.				
4	<p>Байесовские методы классификации и дискриминантный анализ. Логистическая регрессия.</p> <p>Принцип максимума апостериорной вероятности. Оценивания плотности распределения. Наивный байесовский классификатор.</p> <p>Непараметрическое оценки плотности: ядерная оценка плотности Парзена-Розенблатта. Метод парзеновского окна. Выбор функции ядра. Выбор ширины окна, переменная ширина окна.</p> <p>Параметрическое оценивание плотности. Нормальный дискриминантный анализ. Многомерное нормальное распределение, геометрическая интерпретация. Выборочные оценки параметров многомерного нормального распределения.</p> <p>Линейный дискриминант Фишера. Связь с методом наименьших квадратов. Проблемы мультиколлинеарности и переобучение. Регуляризация ковариационной матрицы.</p> <p>Смесь распределений. EM-алгоритм: основная идея, понятие скрытых переменных. Критерий останковки. Стохастический EM-алгоритм. Смесь многомерных нормальных распределений. Сеть радиальных базисных функций (RBF) и применения EM-алгоритма для ее настройки.</p> <p>Логистическая регрессия. Гипотеза экспоненциальной функции правдоподобия классов. Оценка апостериорных вероятностей классов с помощью сигмоидной функции активации. Принцип максимума правдоподобия и логарифмическая функция потерь.</p>	2		4	10
5	<p>Логические методы классификации как комбинации простых классификаторов.</p> <p>Понятие закономерности и информативности. Разновидности закономерностей: конъюнкции пороговых предикатов (гиперпараллелепипед), синдромно правила, шары, гиперплоскости. Бинаризация признаков. Алгоритм разбиения области значений признака на информативные зоны.</p> <p>Решающие списки и деревья. Жадный алгоритм синтеза списка. Редукция решающих деревьев: предредукция и постредукция. Преобразование решающего дерева в решающий список.</p>	1		2	9
6	<p>Бустинг: композиция алгоритмов машинного обучения.</p> <p>Обучение коэффициентов комбинаций классификаторов и параметров композиций классификаторов. Бустинг в задачах классификации. Алгоритмы AdaBoost и AnyBoost. Голосование по большинству. Голосование по старшинству.</p>	1		2	14

7	Эвристические, стохастические и нелинейные композиции алгоритмов машинного обучения. Стохастические методы: бэггинг и метод случайных подпространств. Последовательный метод и иерархический методы построения смеси алгоритмов классификации.	1		2	7
8	Случайные леса из решающих деревьев классификации. Композиции решающих деревьев. Случайный выбор признаков в вершинах деревьев. Уменьшение корреляции между собой базовых алгоритмов-деревьев классификации. Задача ранжирования и методы машинного обучения. Алгоритм ПейджРанк. Ранговая классификация.	2		4	6
9	Рекомендательные системы и задача коллаборативной фильтрации. Транзакционные данные и матрица субъекты-объекты. Латентные методы и модель, учитывающая неявную информацию.	2		4	6
10	Тематическое моделирование и обучение с подкреплением. Задача тематического моделирования коллекции текстовых документов. Модель агент-среда.	2		4	6
	ВСЕГО	17		34	91

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Учебным планом не предусмотрены

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 3				
1	Метрические методы классификации и кластеризации.	Метод ближайших соседей и его обобщения. Подбор числа соседей по критерию перекрестной проверки. Иерархические кластер-процедуры. Алгоритм К-средних и его модификации (алгоритм К-медиан и алгоритм К-центроидов). Связь задач кластеризации и классификации.	4	5
2	Линейные методы классификации: метод опорных векторов и классификация с помощью нейронной сети.	Метод опорных векторов. Оптимальная гиперплоскость, разделяющая классы. Понятие зазора между классами (margin). Случаи, когда возможно линейно разделить классы, и случаи, когда линейно разделить классы невозможно. Метод стохастического	4	11

		градиента, персептрон Розенблатта		
3	Метод регрессионного и компонентного анализа. Прогнозирование временных рядов.	Задача регрессии, многомерная линейная регрессия. Нелинейная параметрическая регрессия. Метод главных компонент и преобразования Карунена-Лоева, его связь с сингулярным разложением. Линейная модель метода главных компонент. Модели временных рядов: тренд, случайная и периодические компоненты. Выявление тренда с помощью сглаживания.	4	12
4	Байесовские методы классификации и дискриминантный анализ. Логистическая регрессия.	Наивный байесовский классификатор. Нормальный дискриминантный анализ. Линейный дискриминант Фишера. Логистическая регрессия.	4	8
5	Логические методы классификации как комбинации простых классификаторов.	Алгоритм разбиения области значений признака на информативные зоны. Решающие списки и деревья. Жадный алгоритм синтеза списка.	2	12
6	Бустинг: композиция алгоритмов машинного обучения.	Обучение коэффициентов комбинаций классификаторов и параметров композиций классификаторов. Бустинг в задачах классификации. Алгоритмы AdaBoost и AnyBoost. Голосование по большинству. Голосование по старшинству.	2	10
7	Эвристические, стохастические и нелинейные композиции алгоритмов машинного обучения.	Стохастические методы: бэггинг и метод случайных подпространств. Последовательный метод и иерархический методы построения смеси алгоритмов классификации.	2	6
8	Случайные леса из решающих деревьев классификации.	Композиции решающих деревьев. Случайный выбор признаков в вершинах деревьев. Уменьшение корреляции между собой базовых алгоритмов-деревьев классификации. Задача ранжирования и методы машинного обучения. Алгоритм ПейджРанк. Ранговая классификация.	4	5
9	Рекомендательные системы и задача коллаборативной фильтрации.	Транзакционные данные и матрица субъекты-объекты. Латентные методы и модель, учитывающая неявную	4	5

		информацию.		
10	Тематическое моделирование и обучение с подкреплением.	Задача тематического моделирования коллекций текстовых документов. Модель агент-среда.	4	5
ИТОГО:			34	79

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-2 Способен к разработке и сопровождению программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Используемые средства оценивания
ПК-2.1. Знать принципы и методики создания интеллектуальных систем	Защита лабораторной работы, устный опрос, зачет
ПК-2.2. Уметь осуществлять организационное и технологическое обеспечение разработки программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Защита лабораторной работы
ПК-2.3. Владеть навыками разработки инструментов и методов анализа программно-информационных 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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
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. Примерные перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ приведен в таблицах.

1. Компетенция ПК-2. Способен к разработке и сопровождению программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов.

Наименование индикатора (показателя оценивания)	Типовые контрольные задания для текущего контроля
Знать принципы и методики создания интеллектуальных систем	Вопросы при защите лабораторной работы: - метрики (еклидова Махаланобиса, Хемминга и др.); расстояние между классами (внутриклассовое и междуклассовое расстояния); функционалы качества классификации; - архитектуры нейронных сетей; - методы построения обучаемых композиций классификаторов; - методы решения проблемы переобучения; - коллаборативная фильтрация.
Уметь осуществлять организационное и технологическое обеспечение разработки программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Вопросы при защите лабораторной работы: - представление больших данных, разбиение данных на обучающую и тестовую выборку; - использование параллельных вычислений в алгоритмах машинного обучения; - оценивание качества разработки интеллектуальной системы.
Владеть навыками разработки инструментов и методов анализа программно-информационных систем интеллектуального анализа данных и процессов	Вопросы при защите лабораторной работы: - предварительная обработка данных, выявление выбросов, редукция данных, восстановление потерянных данных; - интерфейс основных библиотек машинного обучения, особенности их настройки; - особенности программирования систем машинного обучения.

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 машинного обучения
	Навык правильности выбора алгоритма машинного обучения

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 машинного обучения	Не имеет навыка работы с известными библиотеками машинного обучения	Имеет твердые навыки работы с известными библиотеками машинного обучения
Навык правильности выбора алгоритма машинного обучения	Не способен правильно выбрать алгоритм машинного обучения	Способен правильно выбрать алгоритм машинного обучения

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	Python 3.7 (CPython)	Свободно распространяемое ПО
2	Anaconda (дистрибутив Python)	Свободно распространяемое ПО
3	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО
6	Интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio	Подписка Microsoft Imagine Premium id: 6f22ecb4-6882-420b-a39b-afba0ace820c.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Andrew Ng. Machine Learning Yearning. [Электронный ресурс] — Электрон. текстовые данные. (доступ свободный: <http://www.mlyearning.org/>)
2. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. — Springer, 2001.
3. Vapnik V.N. Statistical learning theory. — N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1998.
4. Вапник В. Н., Червоненкис А. Я. Теория распознавания образов. — М.: Наука, 1974.
5. Воронцов К. В. Лекции по алгоритмам кластеризации и многомерного шкалирования. [Электронный ресурс] — Электрон. текстовые данные. (доступ свободный: <http://www.ccas.ru/voron/download/Clustering.pdf>)
6. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. – М.: Финансы и статистика, 2003.
7. Шлезингер М., Главач В. Десять лекций по статистическому и структурному распознаванию. — Киев: Наукова думка, 2004.

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

1. Информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных, профессора МФТИ, д.ф.-м.н. Воронцова К.В. - <http://www.machinelearning.ru>
2. Блог профессора МГУ, д.ф.-м.н. Дьяконова А.Г. - <https://dyakonov.org>

7. 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