

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра информационных технологий и систем



С.И. Эминов

2017г.

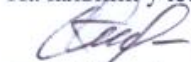
РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ И ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ

Учебный модуль по направлению подготовки
09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

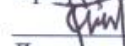
Начальник учебного отдела


16 11

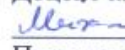
О.Б. Широколобова
2017 г.

Разработал

Заслуженный работник высшей школы,
Профессор кафедры ИТиС

 Г.М. Емельянов

Доцент кафедры ИТиС

 Д.В. Михайлов

Принято на заседании кафедры ИТиС

11 09 2017
Заведующий кафедрой

 А.Л. Тавриков

1 Цели и задачи учебного модуля

В соответствии с основной образовательной программой направления 09.03.01 *целью* данного учебного модуля (УМ) является изучение теоретических основ распознавания образов и обработки изображений (РО и ОИ), процесса машинного обучения и самообучения, а также приобретения навыков по работе с алгоритмами распознавания образов и обработки изображений.

В результате изучения модуля студенты должны:

- а) знать теоретические основы распознавания образов, машинного обучения, цифрового представления и обработки изображений;
- б) уметь самостоятельно разрабатывать алгоритмы РО и ОИ и создавать программы, реализующие данные алгоритмы;
- в) владеть методами предварительной обработки изображений, методиками организации и проведения машинных экспериментов по обработке сигналов и изображений с применением пакетов MatLab и Scilab.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Модуль “Распознавание образов и обработка изображений” для направления 09.03.01 относится к вариативной части образовательной программы и изучается в 8-м семестре.

Указанные компетенции формируются у студентов в ходе изучения следующих УМ:

- “Математика 1: Алгебра и геометрия”;
- “Математика 2: Математический анализ”;
- “Математика 3: Математическая логика и теория алгоритмов”;
- “Математика 4: Теория вероятностей и математическая статистика”;
- “Дискретная математика”;
- “Информатика”;
- “Моделирование систем”;
- “Численные методы и программирование”;
- “Алгоритмические языки и программирование”;
- “Структуры и алгоритмы обработки данных”;
- “Теория вычислительных процессов”;
- “Базы данных”;
- “Алгоритмические основы машинной графики”; □ “Обработка экспериментальных данных на ЭВМ”; □ “Производственная практика”.

Для изучения данного модуля студент должен обладать следующими компетенциями:

– Способность разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования (ПК-2).

В результате освоения УМ «Распознавание образов и обработка изображений» студент должен знать, уметь и владеть:

Код компет	Уровень освоения	Знать	Уметь	Владеть
енции	компетенции			
ПК-2	повышенный	– Технологию разработки алгоритмов и программ, методы отладки и решения задач на ЭВМ в различных режимах. – Основы объектноориентированного подхода к программированию. – Основы системного программирования. – Принципы построения современных операционных систем и особенности их применения. – Базы данных и системы управления базами данных для информационных систем различного назначения. – Основы Интернеттехнологий. – Методы и средства обеспечения информационной безопасности компьютерных систем.	– Инсталлировать, тестировать, испытывать и использовать программно-аппаратные средства вычислительных и информационных систем. – Ставить задачу и разрабатывать алгоритм ее решения, использовать прикладные системы программирования, разрабатывать основные программные документы согласно ЕСПД; – Работать с современными системами программирования, включая объектно-ориентированные. – Настраивать конкретные конфигурации операционных систем. – Разрабатывать инфологические и даталогические схемы баз данных. Работать с современными СУБД	–Теорией графов и теорией алгоритмов. – Языками процедурного и объектно-ориентированного программирования, навыками разработки и отладки программ не менее чем на одном из алгоритмических процедурных языков программирования высокого уровня. – Навыками работы с различными операционными системами и их администрирования. – Методами описания схем баз данных. – Навыками конфигурирования локальных сетей, реализации сетевых протоколов с помощью программных средств.

4 Структура и содержание УМ

4.1 Трудоемкость УМ и формы аттестации

В структуре УМ выделены следующие учебные элементы модуля (УЭМ): □ УЭМ1

Распознавание образов;

□ УЭМ2 Обработка изображений.

Учебная работа (УР)	Распределение по семестрам		Коды формируемых компетенций
	Очное обучение	Заочное обучение	
	8 семестр	9 семестр	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	6/5 ¹	6	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	216	216	
- лекции	33	8	ПК-2
- лабораторные занятия	55	12	
- аудиторная СРС	18	–	
- внеаудиторная СРС	92/56 ²	196	
Аттестация:	Экзамен 36	ДЗ	

4.2 Организация изучения дисциплины

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины даются в Приложении А

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра (контроль решения задач, лабораторных работ).

Семестровый – по окончании изучения УМ – осуществляется посредством экзамена и подсчетом суммарных баллов за весь период изучения УМ. В экзаменационный билет входят два теоретических вопроса.

Перечень вопросов к экзамену и пример экзаменационного билета в Приложении А.

Формы текущего контроля:

Форма	«удовлетворительно»	«Хорошо»	«отлично»
Собеседование – решение задач Макс. – 20 баллов	10 – 13 баллов – испытывает трудности при демонстрации знаний; испытывает трудности в определении терминов и описании алгоритмов действий	10 - 12баллов – допускает неточности при демонстрации знаний; недостаточно четко объясняет значение терминов и описании алгоритмов действий.	17 – 20 баллов – имеет целостное представление материала; четко объясняет значение всех терминов, четко и безошибочно описывает алгоритмы действий.

¹ Для 2014 года приема

² Для 2014 года приема

Собеседование – защита лабораторных работ – максимально 30 баллов	15 – 19 баллов – испытывает трудности при демонстрации знаний; испытывает трудности в	20 - 24 балла – допускает неточности при демонстрации знаний; недостаточно четко объясняет значение терминов и	25 – 30 баллов – имеет целостное представление материала; четко объясняет значение всех терминов, четко
	определении терминов и описании алгоритмов действий	описании алгоритмов действий.	и безошибочно описывает алгоритмы действий.
Итоговая аттестация – экзамен – максимально 50 баллов	25 – 32 балла – испытывает трудности при демонстрации знаний; испытывает трудности в определении терминов и описании алгоритмов действий	33 – 41 балл – допускает неточности при демонстрации знаний; недостаточно четко объясняет значение терминов и описание алгоритмов действий	42 – 50 баллов – имеет целостное представление материала; четко объясняет значение всех терминов, четко и безошибочно описывает алгоритмы действий

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

УЭМ1. Распознавание образов

- 1.1. Введение в распознавание образов.
- 1.2. Байесовский классификатор.
- 1.3. Оценка параметров и обучение с учителем.
- 1.4. Непараметрические методы.
- 1.5. Линейные методы классификации.
- 1.6. Обучение без учителя и группировка.

УЭМ2. Обработка изображений

- 2.1. Математическое описание непрерывных изображений.
- 2.2. Реальные системы восстановления изображений.
- 2.3. Реставрация и улучшение изображений.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено картой учебно-методического обеспечения (Приложение В).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для выполнения цикла лабораторных работ необходимы компьютеры с установленной операционной системой Microsoft Windows 7 Professional: тип лицензии Microsoft Dreamspark Premium? Dreamspark Order Number: 6002662108. Указанное оборудование имеется в распоряжении кафедры ИТиС. Рекомендуемое число компьютеров в учебном классе должно быть не менее 10.

В распоряжении кафедры ИТиС имеется 4 класса IBM-совместимых персональных компьютеров по 10 машин.

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В - Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А

А1. Методические рекомендации по организации изучения раздела учебного модуля УЭМ1 «Распознавание образов»

Тема 1.1 Введение в распознавание образов

Цель: введение в распознавание образов, анализ и понимание изображений.

Ключевые понятия

Классическая постановка задачи распознавания образов. Объекты, классы и признаки. Распознавание образов в задачах обработки изображений. Краткие исторические сведения по возникновению и становлению дисциплины РО и ОИ. Обзор целей и задач РО и ОИ.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [4,5,6] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Подготовиться к защите лабораторных работ №1–2.

Контрольные вопросы

1. В чём состоит суть задач классификации?
2. Назовите основные составляющие модели классификации.
3. Каковы основные предпосылки возникновения беспризнакового распознавания?
4. В чём суть описательного (дескриптивного) подхода в распознавании образов?

Тема 1.2 Байесовский классификатор

Цель: введение в байесовскую теорию принятия решений.

Ключевые понятия

Теория классификации. Общий случай классификатора Байеса. Понятие разделяющих функций. Нормальное распределение, двумерный и одномерный случай.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [1,2,5,7] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Подготовиться к защите лабораторной работы №3.

Контрольные вопросы

1. На каком предположении базируется байесовская теория принятия решений?
2. Какую вероятность называют априорной, а какую – апостериорной?
3. Какая величина называется условным риском?
4. Сформулируйте понятие решающего правила.
5. Что понимается под правдоподобием и отношением правдоподобия?
6. Какую функцию потерь называют симметричной (нуль-единичной)?
7. В чём особенность представления байесовского классификатора посредством системы разделяющих функций?
8. Что понимается под границами областей решений?
9. Чем определяется одномерная нормальная плотность распределения?
10. Как описывается многомерная нормальная плотность распределения?
11. Какую величину называют махлановским расстоянием?
12. Какой классификатор называют классификатором по минимуму расстояния?

13. В чём особенность классификатора на основе линейных разделяющих функций (линейной машины)?
14. В чём разница составной и последовательной составной задач принятия решений?

Тема 1.3 Оценка параметров и обучение с учителем

Цель: введение в оценку параметров как основу реализации обучения с учителем.

Ключевые понятия

Оценка параметров и обучение с учителем. Оценка максимального правдоподобия: случай нормального распределения. Проблемы размерности.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [5,6,7] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Какое явление принято называть байесовским обучением?
2. В чём состоит содержательное различие обучения с учителем и обучения без учителя?
3. Что понимается под оценкой по максимуму правдоподобия для величины, задаваемой параметрическим вектором?
4. Дайте определение выборочного среднего.
5. Каким образом вычисляется несмещённая оценка ковариационной матрицы?
6. Какую плотность вероятности величины называют воспроизводящей плотностью?
7. В чём заключается рекурсивный байесовский подход к оценке параметров условных плотностей?
8. В каком случае говорят об идентифицируемой плотности вероятности?
9. В чём заключается эффект “проклятия размерности”?

Тема 1.4 Непараметрические методы

Цель: изучить фундаментальные непараметрические методы, наиболее значимые в статистической классификации образов.

Ключевые понятия

Оценка плотности распределения. Парzenовские окна. Оценка методом k_n ближайших соседей. Оценка апостериорных вероятностей. Правило ближайшего соседа. Аппроксимация путем разложения в ряд. Линейный дискриминант Фишера.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [5,6,7] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Подготовиться к защите лабораторной работы №4.

Контрольные вопросы

1. В чём состоит идея сглаженной плотности распределения?
2. На чём основан метод парzenовского окна?
3. Как выглядит парzenовская оценка плотности распределения?
4. В чём заключаются достоинства и недостатки оценок плотности распределения методом парzenовского окна?
5. На чём основана оценка методом k_n ближайших соседей?

6. Опишите основную идею правила ближайшего соседа.
7. В чём состоит расширение правила ближайшего соседа для k ближайших соседей?
8. Опишите простейший способ получения полиномиальных разделяющих функций.
9. Дайте определение базисной функции.
10. Дайте определение линейного дискриминанта Фишера.
11. Какие матрицы называют матрицами разброса внутри класса и между классами?
12. В чём заключается идея сокращения размерности задачи методом множественного дискриминантного анализа?

Тема 1.5 Линейные методы классификации

Цель: изучить процедуры и приёмы определения разделяющих функций, линейных либо по компонентам вектора $\mathbf{x}$, либо по некоторому заданному множеству функций от $\mathbf{x}$.

Ключевые понятия

Линейные разделяющие функции и поверхности решений. Минимизация персептронной функции критерия. Процедуры релаксаций. Минимизация квадратичной ошибки. Метод потенциальных функций.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [5,6,7] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под весовым вектором и величиной порога при задании разделяющей функции?
2. Какое решающее правило лежит в основе линейного классификатора для 2^x классов?
3. Что понимается под разделяющей гиперплоскостью?
4. Опишите процедуру построения линейной машины.
5. В каких случаях разделяющая поверхность имеет вид гиперсферы?
6. Дайте определение полиномиальной разделяющей функции.
7. Какие выборки называют линейно разделяемыми?
8. Какой весовой вектор называют разделяющим вектором?
9. В чём состоит основная идея метода градиентного спуска?
10. Дайте определение персептронной функции критерия.
11. В чём заключается суть метода минимальной квадратичной ошибки?
12. Покажите связь разделяющей функции, найденной по методу минимальной квадратичной ошибки, с линейным дискриминантом Фишера.

Тема 1.6 Обучение без учителя и группировка

Цель: введение в методологию машинного обучения без учителя (самообучения).

Ключевые понятия

Оценка параметров по методу максимального правдоподобия. Случай гауссовских распределений. Простая приближенная процедура. Группировка, меры подобия. Критерии расстояния. Итеративная оптимизация. Иерархическая группировка. Алгоритмы «ближний» и «дальний» сосед. Случай неизвестного числа групп.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [3,5,6,7] и дополнительную литературу по теме.

2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Подготовиться к защите лабораторной работы №5.

Контрольные вопросы

1. Какие функции плотности распределения выборок называют плотностью смеси?
2. Каково основное назначение процедур группировки (кластер-процедур)?
3. В чём заключается суть метода максимального правдоподобия?
4. Как выражается связь между байесовским решением и решением по максимуму правдоподобия для байесовского обучения без учителя?
5. Что понимается под подходом принятия направленных решений при обучении без учителя?
6. Приведите пример нормировки данных.
7. Какую группировку называют разделением с минимальной дисперсией?
8. В чём заключается идея использования внутригрупповых и межгрупповых матриц рассеяния при определении функции критерия качества группировки?
9. Что понимается под базовой процедурой минимальной квадратичной ошибки?
10. Какую последовательность разделений выборок на группы называют иерархической группировкой?
11. Что показывает дендрограмма?
12. Дайте сравнительное определение агломеративной и разделяемой иерархической процедуры группировки.
13. Сформулируйте определение минимального покрывающего дерева.
14. В чём заключается основная идея алгоритма «ближайший сосед»?
15. Какая группировка соответствует связанным компонентам в графе подобия?
16. Что понимается под многомерным масштабированием?
17. Что является целью анализа главных компонент?
18. В чём особенность уменьшения размерности данных методом главных компонент?

А2. Методические рекомендации по организации изучения раздела учебного модуля УЭМ2 «Обработка изображений»

Тема 2.1 Математическое описание непрерывных изображений.

Цель: введение основных понятий математического представления непрерывных изображений и их дискретизации.

Ключевые понятия

Представление непрерывных изображений. Двумерные системы. Линейные операторы. Двумерное преобразование Фурье. Дискретизация непрерывных изображений. Реальные системы дискретизации изображений.

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [2,4] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. В чём различие между детерминированным и статистическим подходом к описанию изображений?
2. Что представляют собой координаты цвета?
3. Как определяется средняя по времени яркость изображения в точке с координатами (x, y) и пространственная яркость в момент времени t ?
4. Дайте определение двумерной δ -функции Дирака.
5. Какая двумерная система называется линейной?
6. Что понимается под импульсным откликом двумерной системы?
7. Какая линейная двумерная система называется пространственно-инвариантной?
8. Опишите операцию свёртки.
9. Как осуществляется обнаружение и выделение контуров (границ) на изображении?
10. Что понимается под спектром изображения?
11. Что является достаточным условием существования Фурье-спектра для функции, описывающей изображение?
12. В чём заключаются полезные функциональные свойства двумерного преобразования Фурье?
13. Чему равен Фурье-спектр двумерной автокорреляционной функции изображения?
14. Как связаны Фурье-спектры первых пространственных производных функции, описывающей изображение, с Фурье-спектром этой функции?
15. Чему равен Фурье-спектр функции, полученный в результате свёртки двух функций?
16. Какой случайный процесс, порождающий изображения, называется стационарным в строгом смысле?
17. Какой случайный процесс, порождающий изображения, называется стационарным в широком смысле?
18. Что представляет собой энергетический спектр стационарного изображения?
19. Какой вид имеет автоковариационная функция двумерного марковского процесса первого порядка?
20. Каким образом получаются пространственные отсчёты исходного изображения в идеальной системе дискретизации изображений?
21. Что представляет собой спектр дискретизованного изображения?
22. Что понимается под восстановлением дискретизованного изображения?
23. Как представляется пространственно-частотный спектр восстановленного непрерывного изображения?

24. Какими соображениями руководствуются, выбирая шаг дискретизации изображения?
25. Каким образом выбирается модель (тип) фильтра для восстановления исходного изображения?
26. В чём особенности дискретизации зашумлённых изображений?
27. Каковы последствия выбора недостаточной частоты дискретизации изображения?

Тема 2.2 Реальные системы восстановления изображений

Цель: изучить особенности восстановления изображений с применением различных вариантов интерполяционных функций, а также влияние неидеальности восстанавливающих фильтров.

Ключевые понятия

Способы воспроизведения изображений. Интерполяционные функции. Восстановление изображений.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [1,3,4,5] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение и опишите структуру некогерентной и когерентной оптической системы восстановления изображений.
2. В чём особенность использования электронно-оптических устройств в системах восстановления изображений?
3. Какую интерполяционную функцию даёт многократно повторяемая свёртка треугольной функции с прямоугольной?
4. К чему сводится непрерывный билинейный способ интерполяции изображений?
5. От чего зависит величина ошибки восстановления непрерывного изображения?
6. Как можно исследовать влияние неидеальности восстанавливающего фильтра на качество восстановления изображения?
7. Как численно оценивается потеря резкости, вызванная неидеальностью восстанавливающей функции?
8. Каким образом вычисляется ошибка восстановления изображения, связанная с внесением ложных высокочастотных составляющих спектра?

Тема 2.3 Реставрация и улучшение изображений

Цель: изучение методов организации повторяющихся и рекурсивных вычислений, а также приемов работы со списками в языке Пролог.

Ключевые понятия

Понятие субъективной и объективной оценки качества изображений. Преобразование гистограмм яркостей. Подавление шумов. Обработка с преобразованием. Медианная фильтрация.

Технологии и формы организации

Информационная лекция.

Приёмы: рассказ, пример, ответы на вопросы.

Задания для самостоятельной работы

1. Изучить основную [1,5] и дополнительную литературу по теме.
2. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Как можно оценить качество воспроизводимого изображения при его кодировании для хранения или передачи с минимумом возможного количества цифр?

2. Что характеризует верность воспроизведения изображения?
3. Что понимается под субъективной экспертизой качества изображения?
4. Назовите виды экспертных оценок качества изображения.
5. Что понимается под шкалой “общего качества”?
6. Какая шкала позволяет оценивать в баллах степень искажений от “незаметных” до “крайне нежелательных”?
7. К чему сводится процедура улучшения изображений?
8. Перечислите способы приведения диапазона яркостей выходного изображения в соответствие с диапазоном яркостей исходного.
9. В чём заключается суть обращённого и пилообразного контрастного масштабирования?
10. Дайте определение операции поразрядного среза.
11. Как выглядит гистограмма распределения яркостей типичного изображения естественного происхождения, подвергнутого линейному квантованию?
12. Что предусматривает метод видоизменения гистограммы яркостей?
13. Что является целью процедуры выравнивания гистограммы яркостей?
14. Каким образом на изображении могут проявляться шумы видеодатчиков и ошибки в канале передачи?
15. Каким образом реализуется сглаживание шума на основе пространственной низкочастотной фильтрации?
16. Дайте определение одномерного медианного фильтра.
17. В каких случаях медианный фильтр вызывает нежелательное подавление полезного сигнала?
18. В чём состоит идея каскадной медианной фильтрации?
19. Опишите механизм формирования и возможные сферы применения “ложных цветов”.
20. Что понимается под реставрацией изображений (проблемой реставрации)?

А.3 Лабораторный практикум

Таблица 4.2 – Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, Ак.час
ЛРН№1	Разработка программной модели сцены из графических примитивов	11
ЛРН№2	Программная реализация движения и масштабирования сцены.	11
ЛРН№3	Создание модели для k классов.	11
ЛРН№4	Оценки статистических характеристик классов.	11
ЛРН№5	Разделяющие функции.	11

Темы лабораторных работ

№ ЛР	Тема
1	Разработка программной модели сцены из графических примитивов. Задание: Создать программную модель сцены, построенную из примитивов.

№ ЛР	Тема
2	Программная реализация движения и масштабирования сцены. Задание: Реализовать программно движение сцены «вверх-вниз», «вправо-влево» с заикливанием и по заданной кривой, и произвести масштабирование сцены (минимальный размер сцены – точка, максимальный – весь экран). Движение сцены и ее масштабирование должно происходить медленно и без скачков.
3	Создание модели для k классов. Задание: Создать модели для k классов. Исходными данными являются $P[i]$ и $n(m[i], E[i])$, $i = 1, \dots, k$, где $P[i]$ – вероятность появления i -го класса, $m[i]$ – вектор математических ожиданий для i -го класса, $E[i]$ – корреляционная матрица для i -го класса. Размерность вектора $m[i]$ равна d . Матрица $E[i]$ имеет размерность $d \times d$. Количество векторов в каждом классе – n (задается преподавателем).
4	Оценки статистических характеристик классов. Задание: Используя сгенерированные выборки для каждого класса, найти оценки $m[i]$, $E[i]$, $P[i]$ и определить длину выборки, необходимую для получения оценок k классов с заданной точностью ε .
5	Разделяющие функции. Задание: Построить разделяющие границы по методу Байеса и по методу min расстояний по найденным оценкам, а также по созданным моделям.

А4. Примерные варианты вопросов для собеседования по лабораторному практикуму

Лабораторная работа №1

1. Дайте определение функции интенсивности изображения.
2. Какой процесс называется взятием отсчётов (квантованием)?
3. В чём суть проблемы разбиения полутоновой шкалы на дискретные градации?
4. Какую функцию интенсивности называют дискретной, а какую – аналоговой?
5. Какой оператор называют перекрёстным оператором Робертса?
6. Сформулируйте понятие градиентного изображения.
7. В чём заключается суть процесса пространственного дифференцирования (взятия градиента, выделения контуров, повышения резкости)?

Лабораторная работа №2

1. В чём суть классического метода борьбы с шумом на изображении путём усреднения?
2. Что понимается под процессом регуляризации функций интенсивности изображений?
3. Какой метод сглаживания бинарных изображений называют логическим усреднением (логическим сглаживанием)?
4. В чём заключается идея прямого и обратного перспективного преобразования в

однородных координатах?

Лабораторная работа №3

1. В чём геометрический смысл задачи классификации?
2. Дайте определение разделяющей (решающей) границы в пространстве признаков.
3. Что понимается под вероятностями неверной (ошибочной) классификации?
4. Какую величину в теории статистических решений называют условным средним риском?
5. Каким образом вычисляется функция правдоподобия для некоторого заданного класса? Приведите примеры для реализованных в работе моделей.

Лабораторная работа №4

1. В чём особенность байесовской оценки параметров вероятностной модели класса?
2. Что понимается под состоятельной оценкой параметра?
3. Какую оценку называют несмещённой?
4. Что понимается под достаточной статистикой для оценивания параметра? Приведите пример на материале выполненных заданий.

Лабораторная работа №5

1. Что лежит в основе линейного классификатора для случая двух классов?
2. В каком случае поверхность решений представляется гиперплоскостью?
3. Дайте определение весового вектора и сформулируйте условие, при котором он рассматривается как разделяющий вектор (вектор решения).
4. Сформулируйте основную идею разделяющей функции Байеса (на примере выполненных заданий).
5. Какие статистики могут быть использованы в качестве меры близости при вычислении оценок минимального расстояния по вектору неизвестных параметров?
6. Что понимается под функцией правдоподобия?
7. В чём сходство и отличие байесовского оценивания и оценки максимального правдоподобия?

А5. Примерные варианты задач для собеседования по лабораторному практикуму

Примеры задач для собеседования по лабораторным работам №1–5

№ п/п	Задача
1.	Даны среднеквадратическое отклонение (σ), выборочная средняя ($\bar{x}_s$, нижний индекс от англ. <i>sample</i> – выборка) и объём выборки (n) нормально распределённого признака. Найти доверительные интервалы для оценки неизвестного математического ожидания $m(\bar{x}_s)$ с заданной надёжностью (доверительной вероятностью, γ). Примеры. 1) исходные данные: $\sigma = 2$, $\bar{x}_s = 5,40$, $n = 10$, $\gamma = 0,95$; правильный ответ: $4,16 < m(\bar{x}_s) < 6,64$; 2) исходные данные: $\sigma = 3$, $\bar{x}_s = 20,12$, $n = 25$, $\gamma = 0,99$; правильный ответ: $18,57 < m(\bar{x}_s) < 21,67$.
2.	Найти минимальный объём выборки, при котором с надёжностью 0,95 точность оценки математического ожидания нормально распределённого признака по

	выборочной средней будет равна 0,2, среднеквадратическое отклонение равно 2 . Правильный ответ: $n = 385$.
3.	Дано “исправленное” среднеквадратическое отклонение (s), выборочная средняя ($\bar{x}_s$) и объём (n) малой выборки нормально распределённого признака. Найти, пользуясь распределением Стьюдента, доверительные интервалы для оценки неизвестного математического ожидания с заданной надёжностью (γ). <u>Примечание.</u> Согласно определению, “исправленное” среднеквадратическое отклонение равно квадратному корню из “исправленной” дисперсии. Значение же последней получается умножением значения выборочной дисперсии на $n/(n-1)$. Примеры. 1) исходные данные: $s = 1,5$, $\bar{x}_s = 16,8$, $n = 12$, $\gamma = 0,95$; правильный ответ: $15,85 < m(\bar{x}_s) < 17,75$; 2) исходные данные: $s = 2,4$, $\bar{x}_s = 14,2$, $n = 9$, $\gamma = 0,99$; правильный ответ: $11,512 < m(\bar{x}_s) < 16,888$.
4.	Из генеральной совокупности извлечена выборка объёма $n = 50$. Найти несмещённую оценку генеральной средней для следующих исходных данных: $\begin{array}{cccc} x_i & 2 & 5 & 7 & 10 \\ n_i & 16 & 12 & 8 & 14, \end{array}$ где x_i – варианты выборки, n_i – частота варианты x_i. <u>Решение.</u> Несмещённой оценкой генеральной средней является выборочная средняя $\bar{x}_s = (\sum n_i x_i) / n = (16 \cdot 2 + 12 \cdot 5 + 8 \cdot 7 + 14 \cdot 10) / 50 = 5,76$.
5.	Найти выборочную среднюю по заданному распределению выборки объёма $n = 10$: $\begin{array}{cccc} x_i & 1250 & 1270 & 1280 \\ n_i & 2 & 5 & 3 \end{array}$ <u>Решение.</u> Будем рассматривать условные варианты $u_i = x_i - 1270$. Имеем распределение: $\begin{array}{cccc} u_i & -20 & 0 & 10 \\ n_i & 2 & 5 & 3 \end{array}$ Искомая выборочная средняя: $\bar{x}_s = C + \frac{\sum n_i u_i}{n} = 1270 + \frac{2 \cdot (-20) + 5 \cdot 0 + 3 \cdot 10}{10} = 1270 - 1 = 1269.$
6.	По выборке объёма $n = 41$ найдена смещённая оценка $D_s = 3$ генеральной дисперсии. Найти несмещённую оценку дисперсии генеральной совокупности. <u>Решение.</u> Искомая несмещённая оценка равна исправленной дисперсии: $s^2 = [n/(n-1)] \cdot D_s = (41/40) \cdot 3 = 3,075$
7.	Найти выборочную дисперсию по данному распределению выборки объёма $n = 10$:

$$x_i \quad 186 \quad 192 \quad 194$$

$$n_i \quad 2 \quad 5 \quad 3$$

Решение. Будем рассматривать условные варианты $u_i = x_i - 191$ (здесь из каждой варианты вычитается число $C = 191$, близкое к выборочной средней). В итоге имеем распределение условных вариантов:

$$u_i \quad -5 \quad 1 \quad 3$$

$$n_i \quad 2 \quad 5 \quad 3$$

Далее находим искомую выборочную дисперсию:

$$D_s = \left(\sum n_i u_i^2 \right) / n - \left[\left(\sum n_i u_i \right) / n \right]^2 = (2 \cdot 5^2 + 5 \cdot 1^2 + 3 \cdot 3^2) / 10 - [(2 \cdot (-5) + 5 \cdot 1 + 3 \cdot 3) / 10]^2 = 8,2 - 0,16 = 8,04.$$

Вопросы к экзамену

Контрольные вопросы.

1. Краткие исторические сведения по возникновению и становлению дисциплины распознавания образов и обработки изображений.
2. Обзор целей и задач РО и ОИ.
3. Теория классификации.
4. Байесовский классификатор.
5. Общий случай классификатора Байеса.
6. Понятие разделяющих функций.
7. Нормальное распределение, двумерный и одномерный случай.
8. Оценка параметров и обучение с учителем.
9. Оценка максимального правдоподобия случай нормального распределения.
10. Проблемы размерности.
11. Непараметрические методы.
12. Оценка плотности распределения.
13. Парзеновские окна.
14. Оценка методом K ближайших соседей.
15. Аппроксимация путем разложения в ряд.
16. Линейные методы.
17. Линейный дискриминант Фишера.
18. Линейные разделяющие функции и поверхности решения.
19. Минимизация квадратичной ошибки.
20. Обучение без учителя и группировка.
21. Оценка параметров по методу максимального правдоподобия.
22. Случай Гаусовских распределений.
23. Простая приближенная процедура.
24. Группировка, меры подобия.
25. Критерии расстояния.
26. Итеративная оптимизация.
27. Иерархическая группировка.
28. Алгоритмы "ближний" и "дальний" сосед.
29. Случай неизвестного числа групп.
30. Математическое описание непрерывных изображений.
31. Линейные операторы.
32. Двумерное преобразование Фурье.
33. Дискретизация непрерывных изображений.
34. Реальные системы дискретизации изображений.
35. Реальные системы воспроизведения изображений.
36. Интерполяционные функции.
37. Восстановление изображений.
38. Квантование изображений.
39. Математическая постановка задачи квантования.
40. Понятие субъективной и объективной оценки качества изображений.
41. Реставрация и улучшение изображений.
42. Преобразование гистограмм яркостей.
43. Подавление шумов.
44. Обработка с преобразованием.
45. Медианная фильтрация.

Примеры экзаменационных билетов

Экзаменационный билет № 1

Дисциплина Распознавание образов и обработка изображений кафедра ИТиС

1. Подавление шумов.
2. Дискретизация непрерывных изображений.

Одобрено на заседании кафедры «__» _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой ИТиС _____ / А.Л. Гавриков /

Экзаменационный билет № 7

Дисциплина Распознавание образов и обработка изображений кафедра ИТиС

1. Нормальное распределение, двумерный и одномерный случай.
2. Понятие субъективной и объективной оценки качества изображений.

Одобрено на заседании кафедры «__» _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой ИТиС _____ / А.Л. Гавриков /

Экзаменационный билет № 13

Дисциплина Распознавание образов и обработка изображений кафедра ИТиС

1. Обучение без учителя и группировка.
2. Подавление шумов.

Одобрено на заседании кафедры «__» _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой ИТиС _____ / А.Л. Гавриков /

Таблица А.1 – Организация изучения учебного модуля «Распознавание образов и обработка изображений»

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы ¹
УЭМ1 Распознавание образов			
1.1 Введение в распознавание образов	– информационная лекция; – собеседование по решению задач	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2. Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3. Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
1.2 Байесовский классификатор	– информационная лекция; – собеседование-защита ЛР №1 –	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2. Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3. Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.

¹ Согласно Таблице 2 в Приложении В.

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы ¹
1.3 Оценка параметров и обучение с учителем	– информационная лекция; – собеседование по решению задач	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2. Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3. Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
1.4 Непараметрические методы	– информационная лекция; – собеседование – защита лабораторной работы №2	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2. Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3. Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
1.5 Линейные методы классификации	– информационная лекция; – собеседование по решению задач	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2. Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы ¹
			лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3.Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
1.6 Обучение без учителя и группировка	– информационная лекция; – собеседование – защита лабораторной работы №3)	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1.Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2.Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3.Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
УЭМ2 Обработка изображений			
2.1 Математическое описание непрерывных изображений	– информационная лекция; – собеседование по решению задач	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1.Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2.Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3.Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и Интернет-ресурсы ¹
			информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
2.2 Реальные системы восстановления изображений	– информационная лекция; – собеседование – защита лабораторной работы №4	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС); – собеседование (ауд. СРС)	1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2. Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3. Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
2.3 Реставрация и улучшение изображений	– информационная лекция; – собеседование решение задач, защита лабораторной работы №5	– подготовиться к собеседованию (внеауд. СРС) – собеседование (ауд. СРС)	1. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. 2. Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с. 3. Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.
Итоговая аттестация – экзамен	– экзамен	– подготовиться к итоговой аттестации	

Приложение Б
Технологическая карта
учебного модуля «Распознавание образов и обработка изображений»
семестр __8__, ЗЕТ_6__, вид аттестации_– экзамен, акад.часов – 216, баллов рейтинга – 300

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недел и сем.	Трудоемкость, ак.час					Форма текущего контроля успеv. (в соотv. с паспортом ФОС)	Макс. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия				СРС		
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС			
УЭМ1 (Распознавание образов):			–					
1.1 Введение в распознавание образов	1	3		5	2	14	собеседование решение задач для ЛР№1	20
1.2 Байесовский классификатор	2	3		6	2	14	собеседование (защита ЛР№1)	30
1.3 Оценка параметров и обучение с учителем	3	4		5	2	14	Собеседование решение задач для ЛР№2	20
1.4 Непараметрические методы	4	4		6	2	14	собеседование (защита ЛР№2)	30
1.5 Линейные методы классификации	5	4		5	2	14	Собеседование решение задач для ЛР№3	20
1.6 Обучение без учителя и группировка	6	4		6	2	14	собеседование (защита ЛР№3)	30
УЭМ2 (Обработка изображений):			–					
2.1 Математическое описание непрерывных изображений	7-8	3		5	2	14	Собеседование решение задач для ЛР№4	20
2.2 Реальные системы восстановления изображений	9-10	4		6	2	14	Собеседование Защита ЛР№4	30
2.3 Реставрация и улучшение изображений	11	4		11	2	16	Собеседование Решение задач к	20+30

							ЛР№5, защита ЛР№5	
Итоговая аттестация:						36	экзамен	50
Итого:		33	0	55	18	128		300

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины в соответствии с положениями «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов, итоговой аттестации выпускников»:

- оценка «удовлетворительно» – 150-179
- оценка «хорошо» – 180-269
- оценка «отлично» – 270-300

Приложение В

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля Распознавание образов и обработка изображений

Направление (специальность) 09.03.01

Формы обучения очная, заочная

Курс 4 Семестр 8

Часов: всего 6 ЗЕ, лекций 33, лаб. раб. 55, СРС ауд. 18, СРС - 128

Обеспечивающая кафедра: ИТиС

Таблица 1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ
Учебники и учебные пособия	
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. М.: Техносфера, 2006. – 616 с.	3
3. Новейшие методы обработки изображений [Текст] / под общ. ред. А.А. Потапова. М.: Физматлит, 2008. – 496 с.	1
4. Яне Б. Цифровая обработка изображений [Текст] / Б. Яне. М.: Техносфера, 2007. – 584 с.	1
5. Шапиро Л. Компьютерное зрение [Текст] / Л. Шапиро, Дж. Стокман. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.	2
7. Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.	1
Учебно-методические издания	
Рабочая программа учебного модуля «Распознавание образов и обработка изображений»	

Таблица 2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание
1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. / У. Прэтт // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/image/page/409334	
2. Патрик Э. Основы теории распознавания образов: пер. с англ. / Э. Патрик // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1095153	
3. Дуда Р. Распознавание образов и анализ сцен: пер. с англ. / Р. Дуда, П. Харт // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/image/page/409298	
4. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений: пер. с англ. / [Т.С. Хуанг, Дж.-О. Эклунд, Г.Дж. Нуссбаумер и др.; под ред. Т.С. Хуанга] // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1095166	
5. Розенфельд А. Распознавание и обработка изображений с помощью вычислительных машин: пер. с англ. / А. Розенфельд // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1095167	
6. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В.А. Сойфера // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1004878	
7. Кнут Д. Искусство программирования. В 4-х т. Т.2: Получисленные алгоритмы: пер. с англ. / Д. Кнут // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1095237	
8. Крамер Г. Математические методы статистики: пер. с англ. / Г. Крамер // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1095190	
9. Кибернетический сборник, новая серия, выпуск 27 // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1095252	
10. Емельянов Г.М. Распознавание образов и обработка изображений: краткий курс лекций / Г.М. Емельянов // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/dep/t/515278/i.454744/?id=3119	
11. Емельянов Г.М. Распознавание образов и обработка изображений: методические указания по выполнению курсовой работы / Г.М. Емельянов // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/image/page/423721	
12. Емельянов Г.М. Распознавание образов и обработка изображений: лабораторный практикум. Методические указания / Г.М. Емельянов // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/35788	
13. Михайлов Д.В. Теоретические основы, методы и алгоритмы формирования знаний о синонимии для задач анализа и сжатия текстовой информации: дис. док. физ.-мат. наук: 05-13-17 / Д.В. Михайлов // MachineLearning.ru	http://www.machinelearning.ru/wiki/images/a/a1/Thesis_mdv.pdf	
14. Воронцов К.В. Лекции по статистическим (байесовским) алгоритмам классификации / К.В. Воронцов // Портал ВЦ РАН	http://www.ccas.ru/voron/download/Bayes.pdf	
15. The Concept Explorer	http://conexp.sourceforge.net	
13. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике / В.Е. Гмурман // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1097143	
14. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов: пер. с англ. / Л. Рабинер, Б. Гоулд // Портал НовГУ	http://www.novsu.ru/file/1097960	

Таблица 3 – Обеспечение УМ дополнительной литературой

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ
Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений: пер. с англ. [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2006. – 1072 с. [2005]	6
Шестаков К.М. Теория принятия решений и распознавание образов: курс лекций [Текст] / К.М. Шестаков. Минск: БГУ, 2005. – 184 с.	1
Лбов Г.С. Устойчивость решающих функций в задачах распознавания образов и анализа разнотипной информации [Текст] / Г.С. Лбов, В.Б. Бериков. Новосибирск: Изд-во Института математики, 2005. – 218 с.	1

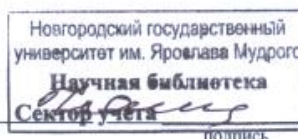
Действительно для учебного года 2017-2020г

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность



подпись

_____ Калнина Н.А.
расшифровка