

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета, профессор
С.Б. Вениг
12 2019 г.



Рабочая программа дисциплины
«Автоматизированные системы научных исследований»


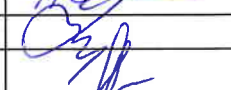


Направление подготовки магистратуры
11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль подготовки магистратуры
«Диагностика нано- и биомедицинских систем»

Квалификация выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов,
2019 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Постельга А.Э.		03.12.19
Председатель НМК	Михайлов А. И.		03.12.19
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.		03.12.19
Специалист Учебного управления	Юшинова И. В.		03.12.19г.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Автоматизированные системы научных исследований» является формирование у магистрантов комплекса профессиональных знаний и умений по разработке и созданию автоматизированных систем научных исследований с использованием современных компьютерных технологий.

Задачами освоения дисциплины являются:

- усвоение знаний основных проблем в области построения автоматизированных систем научных исследований, теоретических основ построения автоматизированных систем научных исследований, аппаратной базы автоматизированных систем научных исследований;
- овладение умениями и навыками определять цели и осуществлять постановку задач построения автоматизированных систем научных исследований, эффективно использовать автоматизированные системы в научных исследованиях,
- овладение методами разработки с использованием современных языков программирования и обеспечения программной реализации эффективных алгоритмов решения задач автоматизации научных исследований.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Автоматизированные системы научных исследований» относится к обязательным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» и изучается магистрантами дневного отделения факультета nano- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению «Электроника и наноэлектроника», профиль подготовки «Диагностика nano- и биомедицинских систем», в течение 3-го учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные магистрантами знания по физике, математике, информатике, твердотельной электронике, основам математического моделирования в твердотельной электронике и подготавливает к изучению таких дисциплин, как актуальные проблемы современной электроники и наноэлектроники, элементы и приборы наноэлектроники, видеотехнологии автоматизированного контроля, а также к прохождению научно-исследовательской практики.

3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-1. Способен проводить оценку направлений научного развития исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологиче-	1.1_М. ПК-1. Разбирается в основах структурирования и систематизации информации. 2.1_М. ПК-1. Выявляет тенденции развития науч-	<u>Знать</u> основные принципы построения автоматизированных систем научных исследований, методы регистрации видеосигнала, основные методы цифровой обработки изображений, основ-

<p>скими процессами и оборудованием</p>	<p>ных исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием. 3.1_М. ПК-1. Применяет средства поиска информации в информационных сетях.</p>	<p>ные проблемы в области построения автоматизированных систем научных исследований, основные проблемы в области построения автоматизированных систем научных исследований; основы структурирования и систематизации информации; подходы к обеспечению технологии и организации процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур на предприятии (в подразделении)</p>
<p>ПК –3. Способен планировать, организовывать и контролировать процессы измерений параметров наноматериалов и наноструктур</p>	<p>1.1_М. ПК-3. Планирует проведение работ по измерению параметров и процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур. 2.1_М. ПК-3. Обеспечивает технологию и организацию процессов измерений параметров наноматериалов и наноструктур на предприятии (в подразделении). 3.1_М. ПК-3. Собирает, анализирует, обобщает и проводит статистическую обработку данных</p>	<p><u>Уметь</u> определять цели и осуществлять постановку задачи построения автоматизированных систем научных исследований, разрабатывать автоматизированные системы научных исследований для решения различных задач науки и техники, разрабатывать с использованием современных языков программирования и обеспечивать программную реализацию эффективных алгоритмов решения сформулированных задач; выявлять тенденции развития научных исследований и разработок, связанных с перспективными материалами, технологическими процессами и оборудованием; собирать, анализировать, обобщать и проводить статистическую обработку данных</p> <p><u>Владеть</u> методами цифровой обработки результатов измерений для обработки и анализа результатов научных исследований, получаемых в информационных системах, владеть современными языками программирования высокого уровня; методикой поиска информации в информационных сетях; методикой планирования проведения работ по измерению параметров и процессов модификации</p>

		свойств наноматериалов и наноструктур
--	--	---------------------------------------

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу магистрантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лек	Лаб	Пр	СРС	
1.	Принципы построения систем автоматизированного сбора данных.	3	1			2	3	отчет
2.	Аппаратные средства для измерительных систем на основе ЭВМ.	3	1-2		4	2	6	отчет
3.	Сопряжение персонального компьютера с внешними устройствами.	3	3-5		6	2	6	отчет
4.	Построение систем автоматизированного видеоконтроля.	3	6-8		6	2	9	отчет
5.	Автоматизированный контроль в электронике и микроэлектронике.	3	9-11		6	2	10	отчет
6.	Автоматизированная система для контроля вибраций с помощью полупроводникового лазера.	3	12-14		6	4	10	отчет, контрольная работа

7.	Преобразование данных.	3	15-17		6	4	12	
	Итого:	3		0	34	18	56	
	Промежуточная аттестация	3						Зачет
	Общая трудоемкость дисциплины				108			

Содержание дисциплины

Введение. Этапы научных исследований. Особенности научных исследований. Развитие средств автоматизации экспериментальных исследований.

1. Принципы построения систем автоматизированного сбора данных.
 - 1.1. Основные компоненты автоматизированной системы научных исследований: преобразователи, модули сопряжения, платы АЦП и ЦАП, электронно-вычислительные устройства, программное обеспечение. Примеры конфигурации автоматизированной системы для персонального компьютера.
 - 1.2. Основы аналого-цифровой обработки электрического сигнала: усиление, фильтрация, скорость выборки, мультиплексирование, битовое разрешение, дифференциальная нелинейность, уровень шума, прямой доступ к памяти компьютера.
2. Аппаратные средства для измерительных систем на основе ЭВМ.
 - 2.1. Структура материнской платы РС: центральный процессор, сопроцессор, типы памяти: оперативная, кэш-память, логическое распределение оперативной памяти.
 - 2.2. Шины в персональном компьютере и их разрядность. Шина данных, адресная и шина управления. Подключение устройств к шине.
 - 2.3. Преобразование данных, минуя ОЗУ. Организация цикличности преобразования данных в буфере.
 - 2.4. Программное обеспечение: основные требования.
3. Сопряжение персонального компьютера с внешними устройствами.
 - 3.1. Расширение возможностей параллельного порта. Чтение восьмибитовых данных с помощью четырех линий.
 - 3.2. Расширение возможностей последовательного порта. Преобразователи уровней RS232/ТТЛ.
 - 3.3. Последовательный интерфейс RS232. Последовательная передача данных. Логическая структура последовательного порта. Логическая структура параллельного порта.
 - 3.4. Структурные схемы параллельного и последовательного портов. Контрольная работа.
4. Построение систем автоматизированного видеоконтроля.
 - 4.1. Обобщенная схема получения и обработки потока видеоданных.

- 4.2. ПЗС-матрица. Самосканирование. Управление трехфазным регистром. Устройства ввода и вывода зарядовых пакетов. Двумерная ПЗС-матрица. ПЗС с межстрочным переносом.
- 4.3. Функциональные особенности плат ввода видеосигналов в компьютер. AGP-ускоренный графический порт.
- 4.4. Основные функции преобразования видеоданных: построение гистограмм, эквализация, гранулометрия, частотный анализ, инверсия, фильтрация, морфологический анализ.
- 4.5. Обработка оптических изображений. Оцифровка изображений. Дискретизация непрерывного изображения. Квантование изображений.
- 4.6. Поэлементная обработка оптических изображений. Линейное контрастирование. Препарирование изображений. Преобразование с пороговой характеристикой. Построение гистограммы изображения. Обработка изображений скользящим окном. Медианная фильтрация. Контрольная работа.
5. Автоматизированный контроль в электронике и микроэлектронике.
 - 5.1. Видеоконтроль топологии интегральных схем.
 - 5.2. Анализ рисунка маски.
 - 5.3. Геометрическая проверка.
 - 5.4. Проверка соединений между схемами.
 - 5.5. Проверка электрических характеристик.
 - 5.6. Контроль распределения температур по поверхности интегральных микросхем.
6. Автоматизированная система для контроля вибраций с помощью полупроводникового лазера.
 - 6.1. Схема автоматизированной системы на полупроводниковом лазере.
 - 6.2. Динамика излучения полупроводникового лазера с внешней оптической обратной связью.
 - 6.3. Формирование автодинного сигнала в полупроводниковом лазере при движении внешнего отражателя.
 - 6.4. Восстановление амплитуды и спектра сложного движения объекта по интерференционному сигналу. Контрольная работа.
7. Преобразование данных.
 - 7.1. Ввод-вывод данных.
 - 7.2. Интерполяция: методы Лагранжа, сплайн функций.
 - 7.3. Частотный анализ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).
 - 7.4. Методы численной аппроксимации массива данных. Метод наименьших квадратов для линейной и нелинейной регрессий.
 - 7.5. Итоговая контрольная работа.

Перечень лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Построение автоматизированной системы с помощью программного продукта фирмы National Instrument.

Цель: Изучение основ построения автоматизированной системы с помощью программного продукта фирмы National Instrument

Лабораторная работа №2. Автоматизированная система для ввода аналогового сигнала с помощью звуковой карты

Цель: изучение основ построения автоматизированной системы на аппаратной основе персонального компьютера.

Лабораторная работа №3. Автоматизированная система видеоконтроля топологии интегральной микросхемы.

Цель: изучение основ построения автоматизированной системы для видеоконтроля топологии интегральной микросхемы серии K140УД6.

Примерная тематика практических занятий

1. Этапы научных исследований
2. Принципы построения систем автоматизированного сбора данных
3. Аппаратные средства для измерительных систем на основе ЭВМ
4. Сопряжение персонального компьютера с внешними устройствами
5. Построение систем автоматизированного видеоконтроля
6. Автоматизированный контроль в электронике им микроэлектронике
7. Автоматизированная система для контроля вибраций с помощью полупроводникового лазера.
8. Преобразование данных

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании дисциплины «Автоматизированные системы научных исследований» используются следующие образовательные технологии:

- Информационно-коммуникационные технологии
- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В процессе обучения предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: адресация аудитории вопросов и коллективный поиск ответов на них в форме дискуссий, встречи с известными специалистами и экспертами.

Лабораторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием ПК и мультимедийного проектора. При проведении лабораторных и практических занятий студентам демонстрируются интерактивные презентации, освещающие вопросы дисциплины.

На практических занятиях в компьютерном классе магистрантам предлагаются к решению ряд практических заданий по построению автоматизированных систем научных исследований.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы магистрантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Самостоятельная внеаудиторная работа магистрантов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра и заключается в изучении специальной литературы, а также технической документации к современным информационным системам.

Студентам рекомендуется ознакомиться с автоматизированными системами научных исследований и современными системами видеозаписи, представленными на рынке ведущими мировыми производителями. Для поиска информации необходимо использовать сеть Internet и тематические печатные и электронные каталоги.

Для ознакомления с методами и особенностями ввода и обработки информации с использованием ЭВМ под управлением Microsoft Windows рекомендуется обратиться к ресурсам MSDN (Microsoft Developer Network), доступной на лазерных дисках и по адресу www.msdn.com

Рекомендуется:

- при подготовке к выполнению и отчетам по лабораторным работам тщательно изучать описание работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю, иметь отдельную тетрадь по лабораторному практикуму, для выполнения заданий и оформления отчетов;
- при подготовке к практическим занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать литературу по теме занятия;

Наиболее подробно предлагается изучить следующие вопросы:

- Этапы научных исследований
- Принципы построения систем автоматизированного сбора данных
- Аппаратные средства для измерительных систем на основе ЭВМ
- Сопряжение персонального компьютера с внешними устройствами

- Автоматизированная система для контроля вибраций с помощью автодинов
- Преобразование данных

При реализации программы дисциплины «Автоматизированные системы научных исследований» магистрантам предлагается подготовить реферат.

Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Особенности автоматизированных научных исследований.
2. Современные принципы построения систем автоматизированного сбора данных.
3. Аппаратные средства для измерительных систем на основе ЭВМ: АЦП, ЦАП и др.
4. Структура персонального компьютера: центральный процессор, сопроцессор, типы памяти: оперативная, кэш-память, логическое распределение оперативной памяти.
5. Шины в персональном компьютере, мобильных устройствах и их разрядность.
6. Варианты сопряжения персонального компьютера с внешними устройствами.
7. Состав систем автоматизированного видеоконтроля.
8. Математические методы восстановления амплитуды и формы сложного движения объекта по интерференционному сигналу.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

Промежуточная аттестация проводится в форме *зачета* в 3-м семестре.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

1. Этапы научных исследований. Особенности научных исследований.
2. Принципы построения систем автоматизированного сбора данных.
3. Основы аналого-цифровой обработки электрического сигнала.
4. Аппаратные средства для измерительных систем на основе ЭВМ.
5. Структура материнской платы РС: центральный процессор, сопроцессор, типы памяти: оперативная, кэш-память, логическое распределение оперативной памяти.
6. Шины в персональном компьютере и их разрядность. Преобразование данных, минуя ОЗУ.
7. Сопряжение персонального компьютера с внешними устройствами.

8. Расширение возможностей параллельного порта. Чтение восьмибитовых данных с помощью четырех линий.
9. Последовательная передача данных.
10. Построение систем автоматизированного видеоконтроля.
11. Функциональные особенности плат ввода видеосигналов в компьютер.
12. Основные функции преобразования видеоданных
13. Обработка оптических изображений.
14. Поэлементная обработка оптических изображений.
15. Видеоконтроль топологии интегральных схем.
16. Формирование автодинного сигнала в полупроводниковом лазере при движении внешнего отражателя.
17. Восстановление амплитуды и спектра сложного движения объекта по интерференционному сигналу.
18. Преобразование данных. Ввод-вывод данных.
19. Интерполяция: методы Лагранжа, сплайн функций.
20. Частотный анализ. Быстрое преобразование Фурье (БПФ).
21. Методы численной аппроксимации массива данных.
22. Метод наименьших квадратов для линейной и нелинейной регрессий.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
3	0	20	20	20	0	10	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

3 семестр

Лекции

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия

Правильное выполнение лабораторных работ и грамотное оформление отчётов – от 0 до 20 баллов

Практические занятия:

Участие в обсуждении тем практических занятий:

не менее 91% тем – 20 баллов

от 61% до 90% тем – 10-19 баллов

от 31% до 60% тем – 5-9 баллов

менее 30% тем – 0-4 балла

Самостоятельная работа

Правильное выполнение не менее 91% заданий

на самостоятельную работу – 20 баллов

Выполнение от 61% до 90% заданий – 15-19 баллов

Выполнение от 31% до 60% заданий – 5-14 баллов

Выполнение менее 30% заданий – 0-4 балла

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Контрольная работа, реферат - от 0 до 10 баллов

Промежуточная аттестация (зачёт) – от 0 до 30 баллов

Зачёт проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «зачтено» оценивается от 10 до 30 баллов;

ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 9 баллов;

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 3 семестр по дисциплине «Автоматизированные системы научных исследований» составляет **100** баллов.

Таблица 2.1 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Автоматизированные системы научных исследований» в оценку (зачет):

60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) литература:

1. Измерения в LabVIEW [**Электронный ресурс**]: учебное пособие/ Баран Е.Д., Морозов Ю.В.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010.— 162 с.— ЭБС «IPRbooks»
2. Скрипаль А.В., Сагайдачный А.А., Калинин М.Ю., Добдин С.Ю., Астахов Е.И., Усанов Д.А. Автоматизированные системы научных исследований: учебное пособие / Саратов: Сар. Источник, 2015.- 51с. (в ЗНБ СГУ 5 экз.)
3. Скрипаль Ан.В., Абрамов А.В., Усанов Д.А., Скрипаль Ал.В. Автоматизированные системы научных исследований: Учеб. Пособие для студентов физ. фак. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2004. -144 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз.)
4. Организация ЭВМ и систем: учебник / Б. Я. Цилькер, С. А. Орлов. - М. ; СПб. [и др.] : Питер, 2007. – 667 с. **Гриф МО** (в ЗНБ СГУ 33 экз.)
5. Организация ЭВМ и систем: Учебник для вузов. 3-е изд. Стандарт третьего поколения [**Электронный ресурс**] / С.А. Орлов, Б.Я. Цилькер. - Санкт-Петербург : Питер, 2014. - 688 с. - ЭБС «АЙБУКС»
6. Вычислительная техника и программирование в измерительных информационных системах: учеб. пособие / А. Б. Путилин. - М. : Дрофа, 2006. – 447 с. (в ЗНБ СГУ 21 экз.)
7. Цифровая обработка сигналов и изображений в радиофизических приложениях: монография / под ред. В. Ф. Кравченко. – М.: Физматлит, 2007. – 544 с. (в ЗНБ СГУ 15 экз.)
8. Автоматизация испытаний и экспериментальных исследований [**Электронный ресурс**]: электрон. учеб. пособие / Д. С. Лежин. - Самара : Изд-во СГАУ, Б. г.. - 44 с.- ЭБС «РУКОНТ»
9. Новейшие методы обработки изображений: монография/ Под. общ. ред. А.А. Потапова. – М.: Физматлит, 2008. – 496 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз.)
10. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с. (в ЗНБ СГУ 4 экз.)
11. Цифровая обработка изображений [**Электронный ресурс**] : учебное пособие / Рафаэл Гонсалес, Ричард Вудс— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 1104 с. —ЭБС «IPRbooks»
12. Компьютерная микроскопия / В. Г. Пантелеев, О. В. Егорова, Е. И. Клыкова. - М. : Техносфера, 2005. – 303 с. (в ЗНБ СГУ 5 экз.)
13. LabVIEW для всех / Дж. Трэвис, Дж. Кринг. - М. : ДМК Пресс, 2011. - 903, [9] с. (в ЗНБ СГУ 7 экз.)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. LabVIEW 8.5
6. Каталог образовательных Интернет-ресурсов (<http://window.edu.ru>)
7. Усанов Д.А., Скрипаль Ал.В., Скрипаль Ан.В., Абрамов А.В. Видеотехнологии автоматизированного контроля. Саратов, 2010. – 101 с. (электронное издание).- Режим доступа: <http://solid.sgu.ru/rus/VideoTech2010.pdf> (дата обращения 28.08.19)

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Автоматизированные системы научных исследований» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, лабораторным оборудованием, мультимедийным проектором, интерактивной доской, наглядными демонстрационными материалами (презентации, программное обеспечение).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» с учётом профиля подготовки «Диагностика нано- и биомедицинских систем».

Автор:

к.ф.-м.н., доцент КФТТ А.Э. Постельга

Программа одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 03 декабря 2019 года, протокол № 4.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Рекомендуемая литература:

1. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7. / П. Ф. Бутырин. - Москва : ДМК Пресс, 2005. - 265 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
2. Вычислительные методы и программно-аппаратное обеспечение в научных исследованиях: [Сб.]. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1992. - 200 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
3. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в системе MATLAB. – М.: Техносфера, 2006. – 616 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
4. Ан П. Сопряжение ПК с внешними устройствами – М.: ДМК Пресс, 2001.- 320 с.
5. Гёлль П. Как превратить персональный компьютер в измерительный комплекс: Пер. с фр. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 144 с.
6. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. В 2-х кн. М.: Мир, 1982. Кн. 1–2.
7. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. – М.: Мир, 1982.
8. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов. – М.: Мир, 1988.
9. Jahne B. Digital Image Processing: Concepts, Algorithms, and Scientific Applications.- Berlin: Springer-Verlag, 1993