

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Основы цифровой обработки изображений
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии
	Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
	кафедра перспективных технологий для систем безопасности
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: Д.В. Рубан, преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры перспективных технологий для систем безопасности 19.03.2024

Аннотация

Односеместровый курс, рассчитанный на глубокое ознакомление слушателей с принципами и методами обработки и анализа цифровых изображений, в частности, цифровых изображений, полученных средствами дистанционного зондирования Земли из космоса.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование фундаментальных знаний в области методов обработки и анализа цифровых изображений, полученных средствами дистанционного зондирования Земли, создание основы для последующего изучения и проведения самостоятельных исследований в этой области.

Задачи дисциплины

- приобретение теоретических знаний в области цифровой обработки и анализа дискретных изображений применительно к задачам изучения Земли средствами дистанционного зондирования;
- приобретение практических навыков в области цифровой обработки и анализа дискретных изображений современными программно-техническими средствами.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или)	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения

разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения

ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- понятие цифрового изображения;
- основные технико-методологические подходы к обработке цифровых изображений;
- основные методы анализа цифровых изображений;
- основные понятия, определения, математические принципы и формулы, используемые при обработке и анализе цифровых изображений;
- основные направления применения цифровых изображений, полученных дистанционными методами спутниковой и аэрофотографической съемки.

уметь:

- применять на практике основные понятия, физико-математические модели и методы обработки и анализа изображений;
- осваивать современное программное обеспечение, предназначенное для обработки цифровых изображений;
- формулировать постановку задачи в области анализа изображений при работе с материалами дистанционного зондирования Земли;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики, связанные с обработкой и анализом изображений;
- разбивать алгоритмы обработки и анализа изображений на отдельные шаги.

владеть:

- навыками усвоения большого объема междисциплинарной информации в области физики атмосферы, анализа и обработки изображений, математики, технологий дистанционного зондирования, наук о Земле;
- навыками постановки и решения тематических задач в предметной области дистанционного зондирования;
- навыками использования математического и программного инструментария, примененного для обработки и анализа изображений.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основы цифровой обработки и анализа изображений.		2		12
2	Модели данных и пространство признаков в анализе изображения, преобразование изображений.		4		12
3	Анализ изображения посредством классификации.		4		12
4	Пространственно-спектральная сегментация и нейросетевой анализ изображений.		4		12

5	Решение отраслевых задач обработки данных дистанционного зондирования Земли.		16		12
Итого часов			30		60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Основы цифровой обработки и анализа изображений.

1.1. Задачи курса. Предмет цифровой обработки изображений. Примеры применения цифровой обработки изображений в различных областях. Формирование и применение изображений: изображения сформированные при помощи гамма-лучей, рентгеновские изображения, изображения в ультрафиолетовом диапазоне, в видимом и инфракрасном диапазоне, в микроволновом диапазоне, в диапазоне радиоволн, другие способы формирования изображений. Стадии и компоненты цифровой обработки изображений.

1.2. Основы теории цвета. Цветовой синтез. Цветовые модели: RGB, CMY и CMYK, HSI. Обработка изображений в псевдоцветах. Основы обработки цветных изображений. Цветовые преобразования. Спектральные образы объектов. Кривые спектральной яркости. Сегментация изображения, основанная на цвете.

1.3. Дискретизация и квантование изображения. Фундаментальные отношения между пикселями. Математический аппарат, применяемый в цифровой обработке изображений: поэлементные и матричные операции, линейные и нелинейные преобразования, арифметические операции, теоретико-множественные и логические операции, пространственные операции, векторные и матричные операции, преобразования изображений, вероятностные методы.

2. Модели данных и пространство признаков в анализе изображения, преобразование изображений.

2.1. Модели данных. Одномерный статистический анализ изображений. Гистограмма, нормальное распределение. Кумулятивная гистограмма. Статистические характеристики. Многомерный статистический анализ изображений. Сведение многомерной задачи до одномерной. Пространственный статистический анализ данных. Пространственная ковариация и ковариационная функция. Матрица сочетаний. Фрактальная геометрия.

2.2. Пространство признаков. Метод главных компонент. Спектральные преобразования снимков. Пространственные преобразования снимков. Морфологическая обработка изображений. Вейвлеты и кратномасштабная обработка.

3. Анализ изображения посредством классификации.

3.1. Процесс классификации изображения. Подбор материалов для классификации в зависимости от решаемой задачи. Понятие сходства объектов в пространстве признаков. Жесткая и мягкая классификация. Выделение признаков. Классификация дешифровочных признаков. Примеры дешифровочных признаков.

3.2. Обучение классификатора. Контролируемое обучение. Анализ разделимости. Неконтролируемое обучение. Алгоритм кластеризации методом К-средних. Гибридное контролируемое/неконтролируемое обучение.

3.3. Непараметрическая классификация. Классификатор срезов слоев. Классификатор на основе анализа гистограммы. Классификатор ближайших соседей. Классификатор искусственной нейронной сети. Алгоритм обратного распространения. Параметрическая классификация. Оценка параметров модели. Дискриминантные функции. Модель нормального распределения. Классификатор ближайшего среднего.

3.4. Дополнительные методы обработки цифровых изображений. Алгоритмы обнаружения изменений. Многозональные индексы и растровая калькуляция. Бинарная классификация по принципу максимальной энтропии.

4. Пространственно-спектральная сегментация и нейросетевой анализ изображения.

4.1. Пространственно-спектральная сегментация. Нарастивание областей. Сегментация многоканального изображения. Параметры сегментации. Постобработка результатов сегментации.

4.2. Распознавание на основе методов теории принятия решений. Статистически оптимальные классификаторы. Нейронные сети. Предпосылки нейросетевого анализа. Нейронные сети Бишоп. Нейронные сети Кохонена. Отображение Сэммона.

5. Решение отраслевых задач обработки данных дистанционного зондирования Земли.

5.1. Цифровая обработка и анализ спутниковых изображений для нужд аграрного сектора экономики и сельхозтоваропроизводителей.

5.2. Цифровая обработка и анализ спутниковых изображений для мониторинга морских акваторий и их экологической обстановки.

5.3. Цифровая обработка и анализ спутниковых изображений при мониторинге лесопокрытых площадей и оценке лесозменений.

5.4. Цифровая обработка и анализ спутниковых изображений и аэрофотосъемки при анализе городской застройки и ее динамике.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория. Персональные компьютеры и мультимедийное оборудование (проектор, экран, интерактивная доска).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Цифровая обработка изображений, Электронная версия печатной публикации / Р. Гонсалес, Р. Вудс. — Москва, Техносфера, 2012

2. Основы дистанционного зондирования [Текст] / У. Рис ; пер. с англ. М. Б. Кауфмана, А. А. Кузьмичевой - М.Техносфера,2006

Литература из фонда кафедры:

1. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В., Аэрокосмические методы географических исследований. Второе издание. Москва, Издательский центр «Академия». 2011.

Дополнительная литература

1. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений [Текст] / Н. А. Шовенгердт; пер. с англ. А. В. Кирюшина, А. И. Демьяникова - М.Техносфера,2013

Литература из фонда кафедры:

1. Форсайт Д.А. Понс Ж., Компьютерное зрение. Современный подход. Москва, Издательство Вильямс. 2004.

2. Кондратьев А.В., Методы обработки цифровой многоспектральной спутниковой информации. Санкт-Петербург, Издательство РГГМИ. 1997.

3. Кравцова В.И., Генерализация аэрокосмического изображения: континуальные и дискретные снимки. Москва, Издательство Московского Университета, 2000.

4. Hoggar S.G., Mathematics of digital Images. Cambridge, Cambridge University Press. 2012.

5. Kohonen, T., Self-Organizing Maps. Third extended edition. New York, Springer-Verlag Press. 2001.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.imageprocessingplace.com/> - сайт, посвященный цифровой обработке изображений
2. <http://geo.mipt.ru/gva-group> - электронный образовательный ресурс кафедры СУМГФ
3. <http://earthexplorer.usgs.gov/> - каталог данных дистанционного зондирования Земли USGS
4. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Пакеты офисного программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint).

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение дисциплины требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала по конспектам и материалам занятий;
- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- разбор примеров и задач, предлагаемых студентам;
- подготовку к занятиям и дифференцированному зачёту.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется преподавателем в форме выборочных опросов и индивидуальных консультаций.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра перспективных технологий для систем безопасности
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Д.В. Рубан, преподаватель

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Основы цифровой обработки изображений» обучающийся должен:

знать:

- понятие цифрового изображения;
- основные технико-методологические подходы к обработке цифровых изображений;
- основные методы анализа цифровых изображений;
- основные понятия, определения, математические принципы и формулы, используемые при обработке и анализе цифровых изображений;
- основные направления применения цифровых изображений, полученных дистанционными методами спутниковой и аэрофотографической съемки.

уметь:

- применять на практике основные понятия, физико-математические модели и методы обработки и анализа изображений;
- осваивать современное программное обеспечение, предназначенное для обработки цифровых изображений;
- формулировать постановку задачи в области анализа изображений при работе с материалами дистанционного зондирования Земли;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики, связанные с обработкой и анализом изображений;
- разбивать алгоритмы обработки и анализа изображений на отдельные шаги.

владеть:

- навыками усвоения большого объема междисциплинарной информации в области физики атмосферы, анализа и обработки изображений, математики, технологий дистанционного зондирования, наук о Земле;
- навыками постановки и решения тематических задач в предметной области дистанционного зондирования;
- навыками использования математического и программного инструментария, примененного для обработки и анализа изображений.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ, устного опроса по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, а также индивидуальных консультаций.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Первый блок вопросов, разделы: «Основы цифровой обработки и анализа изображений», «Модели данных и пространство признаков в анализе изображения, преобразование изображений»:

1.1. Предмет цифровой обработки изображений. Примеры применения цифровой обработки изображений в различных областях.

1.2. Формирование и применение изображений: изображения сформированные при помощи гамма-лучей, рентгеновские изображения, изображения в ультрафиолетовом диапазоне.

1.3. Формирование и применение изображений: изображения в видимом и инфракрасном диапазоне.

1.4. Формирование и применение изображений: изображения в микроволновом диапазоне, в диапазоне радиоволн.

1.5. Стадии и компоненты цифровой обработки изображений.

1.6. Основы теории цвета. Цветовой синтез.

1.7. Цветовые модели: RGB, CMY и CMYK, HSI. Изображения в псевдоцветах.

1.8. Основы обработки цветных изображений. Цветовые преобразования.

1.9. Спектральные образы объектов. Кривые спектральной яркости.

1.10. Дискретизация и квантование изображения. Фундаментальные отношения между пикселями.

1.11. Математический аппарат, применяемый в цифровой обработке изображений: поэлементные и матричные операции, линейные и нелинейные преобразования, арифметические операции.

1.12. Математический аппарат, применяемый в цифровой обработке изображений: теоретико-множественные и логические операции, пространственные операции, векторные и матричные операции, преобразования изображений, вероятностные методы.

1.13. Модели данных.

1.14. Одномерный статистический анализ изображений. Гистограмма, нормальное распределение. Кумулятивная гистограмма. Статистические характеристики.

1.15. Многомерный статистический анализ изображений. Сведение многомерной задачи до одномерной.

- 1.16. Пространственный статистический анализ данных. Пространственная ковариация и ковариационная функция. Матрица сочетаний.
- 1.17. Пространство признаков.
- 1.18. Спектральные преобразования снимков. Метод главных компонент.
- 1.19. Пространственные преобразования снимков. Вейвлеты и кратномасштабная обработка.
- 1.20. Морфологическая обработка изображений.

2. Второй блок вопросов, разделы: «Анализ изображения посредством классификации», «Пространственно-спектральная сегментация и нейросетевой анализ изображения», «Решение отраслевых задач обработки данных дистанционного зондирования Земли»:

- 2.1. Процесс классификации изображения. Подбор материалов для классификации в зависимости от решаемой задачи.
- 2.2. Понятие сходства объектов в пространстве признаков. Жесткая и мягкая классификация.
- 2.3. Выделение признаков. Классификация дешифровочных признаков. Примеры дешифровочных признаков.
- 2.4. Обучение классификатора. Контролируемое обучение и неконтролируемое обучение.
- 2.5. Контролируемое обучение. Анализ разделимости.
- 2.6. Неконтролируемое обучение. Алгоритм кластеризации методом К-средних.
- 2.7. Гибридное контролируемое/неконтролируемое обучение.
- 2.8. Непараметрическая классификация. Классификатор срезов слоев. Классификатор на основе анализа гистограммы.
- 2.9. Непараметрическая классификация. Классификатор ближайших соседей. Классификатор искусственной нейронной сети. Алгоритм обратного распространения.
- 2.10. Параметрическая классификация. Оценка параметров модели. Дискриминантные функции.
- 2.11. Параметрическая классификация. Модель нормального распределения. Классификатор ближайшего среднего.
- 2.12. Дополнительные методы обработки цифровых изображений. Алгоритмы обнаружения изменений.
- 2.13. Дополнительные методы обработки цифровых изображений. Многозональные индексы и растровая калькуляция.
- 2.14. Дополнительные методы обработки цифровых изображений. Бинарная классификация по принципу максимальной энтропии.
- 2.15. Пространственно-спектральная сегментация. Нарращивание областей.
- 2.16. Сегментация многоканального изображения. Параметры сегментации. Постобработка результатов сегментации.
- 2.17. Распознавание на основе методов теории принятия решений. Статистически оптимальные классификаторы.
- 2.18. Нейронные сети. Предпосылки нейросетевого анализа.
- 2.19. Нейронные сети Бишопа. Нейронные сети Кохонена.
- 2.20. Отображение Сэммона.

Пример билетов для проведения дифференцированного зачета:

Билет № 1

1. Предмет цифровой обработки изображений. Примеры применения цифровой обработки изображений в различных областях.
2. Процесс классификации изображения. Подбор материалов для классификации в зависимости от решаемой задачи.

Билет № 2

1. Стадии и компоненты цифровой обработки изображений.
2. Контролируемое обучение. Анализ разделимости.

Билет № 3

1. Дискретизация и квантование изображения. Фундаментальные отношения между пикселями.
2. Параметрическая классификация. Оценка параметров модели. Дискриминантные функции.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при выполнении домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, выполнении домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины, выполнении домашних заданий, ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания при выполнении домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания при выполнении домашних заданий, но допускает в ответе или в решении задач много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, демонстрирует умение применять полученные знания на практике при выполнении домашних заданий, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении домашних заданий он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, при выполнении домашних заданий он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

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

Общее количество билетов дифференцированного зачета по дисциплине – 20 билетов.

В каждый билет дифференцированного зачета по дисциплине включены 2 вопроса:

- 1-й по материалам первого блока, разделы: «Основы цифровой обработки и анализа изображений», «Модели данных и пространство признаков в анализе изображений, преобразование изображений».
- 2-й по материалам второго блока, разделы: «Анализ изображения посредством классификации», «Пространственно-спектральная сегментация и нейросетевой анализ изображений».

Дифференцированный зачет проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам контрольных, самостоятельных работ/тестов по каждой теме.

Дифференцированный зачет по дисциплине проводится в виде защиты курсового проекта.

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.

Во время проведения дифференцированного зачета при подготовке ответов, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами и любой другой литературой.