

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра картографии и геоинформатики**

**Авторы-составители: Герасимов Александр Петрович  
Шихов Андрей Николаевич**

Рабочая программа дисциплины

**АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ И ФОТОГРАММЕТРИЯ**

Код УМК 90509

Утверждено  
Протокол №3  
от «20» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Аэрокосмическое зондирование и фотограмметрия

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **21.03.03** Геодезия и дистанционное зондирование  
направленность Дистанционное зондирование

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Аэрокосмическое зондирование и фотограмметрия** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**21.03.03** Геодезия и дистанционное зондирование (направленность : Дистанционное зондирование)

**ПК.12** способность к созданию цифровых моделей местности и других объектов, в том числе по результатам наземной фотограмметрической съемке и лазерному сканированию и к активному использованию инфраструктуры геопространственных данных

**ПК.15** способность к разработке проектной исполнительской геодезической документации и материалов прогнозирования (документов) в области геодезии и дистанционного зондирования

**ПК.27** готовность к исследованию новых геодезических, фотограмметрических приборов и систем, аппаратуры для аэрокосмических съемок

**ПК.30** способность к созданию трехмерных моделей физической поверхности Земли и крупных инженерных сооружений

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование (направленность: Дистанционное зондирование)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	56
<b>Проведение лекционных занятий</b>	14
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	28
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	88
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (3) Итоговое контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (10 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Аэрокосмическое зондирование и фотограмметрия.**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока 1 «Обязательные дисциплины» образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление 21.03.03. Геодезия и дистанционное зондирование

Профиль Дистанционное зондирование Земли

### **Введение. История развития методов фотограмметрической обработки данных дистанционного зондирования.**

Введение. Дистанционное зондирование и фотограмметрия, цель и задачи курса, связь с другими дисциплинами картографического профиля. Основные термины и определения. История развития методов фотограмметрии (аналоговая, аналитическая, цифровая фотограмметрия). Фотограмметрические методы обработки аналоговых и цифровых изображений.

### **Источники данных дистанционного зондирования: космическая съемка, аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты.**

Источники данных дистанционного зондирования Земли: космическая съемка, аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты. Физические и технологические основы съемки. Геометрические и стоимостные характеристики получаемых данных, области применения, особенности обработки и используемые программные продукты. Современные тенденции развития космической съемки, аэрофотосъемки, съемки с беспилотных аппаратов.

### **Теоретические основы фотограмметрической обработки одиночного снимка.**

Теоретические основы фотограмметрической обработки одиночного снимка. Принципы построения изображения и геометрические свойства снимков, полученных различными съемочными системами. Виды геометрических искажений снимков. Системы координат снимка. Элементы внешнего и внутреннего ориентирования. Формулы связи координат соответственных точек снимка и местности. Прямая и обратная фотограмметрическая засечка.

### **Методы геометрической коррекции и ортотрансформирования космических снимков. Оценка точности трансформации.**

Методы геометрической коррекции и ортотрансформирования космических снимков. Географическая привязка снимков. Методы трансформации изображений (сдвиг, поворот, аффинное, проективное, полиномиальное преобразования). Методы устранения искажений, вызванных рельефом. Использование строгой модели камеры. Коэффициенты рационального полинома RPC (аппроксимационный метод). Универсальная модель линейного сенсора. Оценка точности трансформации. Среднеквадратическая ошибка,  $SE_{90}$ ,  $LE_{90}$ . Особенности ортотрансформирования данных с существующих съемочных систем сверхвысокого разрешения. Уровни обработки данных ДЗЗ (базовый, стандартный, ортотрансформированный).

### **Создание мозаик снимков, ортофотопланов и фотокарт на основе космических снимков сверхвысокого разрешения.**

Создание мозаик снимков, ортофотопланов и фотокарт на основе космических снимков сверхвысокого разрешения. Программные продукты для создания мозаик. Методы тональной балансировки снимков. Требования к точности геодезической привязки ортофотопланов и фотокарт. Области применения.

### **Теоретические основы фотограмметрической обработки стереоскопической пары снимков.**

Теоретические основы фотограмметрической обработки стереоскопической пары снимков. Рабочие формулы определения высот местности по стереоскопической паре плановых снимков. Способы измерения координат и параллакс соответственных точек на стереопаре снимков. Формулы связи

координат точек местности и координат их изображений на стереопаре снимков (прямая фотограмметрическая засечка). Определение координат точек местности по стереопаре снимков методом двойной обратной фотограмметрической засечки. Условие, уравнения и элементы взаимного ориентирования снимков. Определение элементов взаимного ориентирования пары снимков. Построение фотограмметрической модели. Внешнее ориентирование модели. Определение элементов внешнего ориентирования модели по опорным точкам. Определение элементов внешнего ориентирования снимков стереопары. Точность определения координат точек объекта по стереопаре снимков.

### **Методы стереоизмерений по снимкам. Стереобрабатывающие приборы и цифровые фотограмметрические системы.**

Методы стереоизмерений по снимкам. Стереобрабатывающие оптико-механические приборы (стереоскопы, стереокомпараторы, универсальные стереофотограмметрические приборы). Цифровые фотограмметрические системы (PHOTOMOD, INPHO, Талка, Геосистема). Принцип работы цифровых стереокорреляторов. Аппаратные средства, применяемые в цифровой фотограмметрии (специальные видеокарты, стереомониторы, стереочки).

### **Определение высот по стереопаре снимков. Создание цифровых моделей местности и цифровых карт на основе методов стереоизмерений.**

Определение высот по стереопаре снимков. Создание цифровых моделей местности и цифровых карт на основе методов стереоизмерений. Точность определения высот по оптическим стереоснимкам и методом радиолокационной интерферометрии. Глобальные цифровые модели рельефа, созданные по стереоснимкам и по данным радиолокационной съемки. Технология создания картографической продукции на основе стереоснимков.

### **Основы обработки данных воздушного лазерного сканирования**

Обработка данных воздушного сканирования. Особенности лидарной съемки, типы носителей съемочного оборудования. Создание LAS-файлов. Программные средства первичной обработки LAS-файлов (TerraScan). Создание ЦМР и ЦММ на основе данных LAS. их особенности. Отображение данных LAS. Фильтры земли и первого отраженного сигнала. Классификация данных LAS. Построение профилей по данным LAS. Методы фильтрации облака точек для построения ЦМР. Определение высоты полого леса по данным LAS. Автоматическое выделение зданий на основе данных LAS.

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Подготовка к итоговому КМ предполагает актуализацию полученных знаний, умений и навыков по основным темам курса: Источники данных дистанционного зондирования: космическая съемка, аэрофотосъемка, беспилотные летательные аппараты; Теоретические основы фотограмметрической обработки одиночного снимка.; Методы геометрической коррекции и ортотрансформирования космических снимков. Оценка точности трансформации; Создание мозаик снимков, ортофотопланов и фотокарт на основе космических снимков сверхвысокого разрешения; Теоретические основы фотограмметрической обработки стереоскопической пары снимков; Методы стереоизмерений по снимкам; Стереобрабатывающие приборы и цифровые фотограмметрические системы; Фотограмметрические исследования по разновременным стереопарам снимков.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Браверман Б. А. Программное обеспечение геодезии, фотограмметрии, кадастра, инженерных изысканий: Учебное пособие/Браверман Б. А..-Москва:Инфра-Инженерия,2018, ISBN 978-5-9729-0224-8.-244. <http://www.iprbookshop.ru/78231.html>
2. Лозовая, С. Ю. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территорий : практикум. Учебное пособие / С. Ю. Лозовая, Н. М. Лозовой, А. В. Прохоров. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. — 168 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/28415>

### Дополнительная:

1. Новаковский Б. А.,Прасолов С. В.,Прасолова А. И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей/Б. А. Новаковский, С. В. Прасолов, А. И. Прасолова.-М.:Науч. мир.,2003, ISBN 5-89176-234-X.-64.-Библиогр.: с. 59-61
2. Книжников Ю. Ф.,Кравцова В. И.,Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований:учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "География" и специальностям "География" и "Картография"/Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина.- Москва:Академия,2011, ISBN 978-5-7695-6830-5.-410616.



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://scanex.ru/> Сайт группы компаний СканЭкс

<http://geomatica.ru/> Журнал "Геоматика"

<http://elibrary.ru/defaultx.asp> Научная электронная библиотека

<http://www.racurs.ru/> Сайт компании "Ракурс"

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Аэрокосмическое зондирование и фотограмметрия** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

Презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий)

Доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)

Доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Архив открытых геоданных портала GIS-LAB.INFO

ИПС «Законодательство России» [Электронный ресурс]: информационно-правовая система:

<http://pravo.gov.ru/ips/>

Консультант Плюс [Электронный ресурс]: справочно-правовая система: база данных. – Доступ из сети ПГНИУ

ПО: LibreOffice; комплект программ ArcGIS 10; QGIS; EasyTrace 8.65; Notepad ++; Google Chrome;

Mozilla Firefox; 7zip; Adobe Acrobat Reader DC; Google Earth; FileZilla Client 3.7.3; Blender 2.73.

ПО на ноутбук: ОС «Альт Образование» (Договор № ДС 003–2020).

Архивы кафедры картографии и геоинформатики и ГИС-центра ПГНИУ:

- Архив цифровых топографических карт масштаба 1:1000000, 1:500000, 1:200000, 1:100000 за 2002-2017 годы;
- Архив цифровых и печатных космических снимков (LandSat, SPOT, IRS, Sentinel-2) за 2007-2017 годы;
- Архив цифровых моделей рельефа и цифровых моделей местности;
- Архив периодической, учебной и технической литературы кафедры, в т.ч. электронные издания;
- Архив цифровых тематических электронных слоев баз пространственных данных;
- Архив печатной технической литературы по сопровождению лицензионных программных продуктов.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная

доска.

Для лабораторных занятий: компьютерный класс, оснащенный персональными ЭВМ. Состав оборудования определен в Паспорте компьютерного класса.

Для практических занятий: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для групповых и индивидуальных консультаций требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации требуется: проектор, экран, компьютер/ноутбук, меловая (и) или маркерная доска.

Для самостоятельной работы: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченная доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Аэрокосмическое зондирование и фотограмметрия**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.27</b> готовность к исследованию новых геодезических, фотограмметрических приборов и систем, аппаратуры для аэрокосмических съемок</p>	<p>Знать: Физические принципы воздушного лазерного сканирования, области применения данных, преимущества в сравнении с другими методами ДЗЗ, существующие ограничения при создании цифровых моделей рельефа и местности Уметь: Обработать данные в LAS-формате, отображать их различными способами использовать фильтры для выделения земной поверхности, шума и пр., выполнять классификацию, выделение зданий и оценку высоты растительного полога Владеть: функциональными возможностями программных продуктов для обработки данных ВЛС, позволяющими решать практические задачи</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает Физические принципы воздушного лазерного сканирования, области применения данных, преимущества в сравнении с другими методами ДЗЗ, существующие ограничения при создании цифровых моделей рельефа и местности Не умеет Обработать данные в LAS-формате, отображать их различными способами использовать фильтры для выделения земной поверхности, шума и пр., выполнять классификацию, выделение зданий и оценку высоты растительного полога Не владеет функциональными возможностями программных продуктов для обработки данных ВЛС, позволяющими решать практические задачи</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания физических принципов воздушного лазерного сканирования, областей применения данных, преимуществ в сравнении с другими методами ДЗЗ, существующих ограничений при создании цифровых моделей рельефа и местности Демонстрирует частично успешные умения обрабатывать данные в LAS-формате, отображать их различными способами использовать фильтры для выделения земной поверхности, шума и пр., выполнять классификацию, выделение зданий и оценку высоты растительного полога Владеет некоторыми функциональными возможностями программных продуктов для обработки данных ВЛС, позволяющими решать практические задачи</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>В основном сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания физических принципов воздушного лазерного сканирования, областей применения данных, преимуществ в сравнении с другими методами ДЗЗ, существующих ограничений при создании цифровых моделей рельефа и местности</p> <p>В основном сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения обрабатывать данные в LAS-формате, отображать их различными способами использовать фильтры для выделения земной поверхности, шума и пр., выполнять классификацию, выделение зданий и оценку высоты растительного полога</p> <p>В целом результативное владение функциональными возможностями программных продуктов для обработки данных ВЛС, позволяющими решать практические задачи</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Глубокие и систематизированные знания физических принципов воздушного лазерного сканирования, областей применения данных, преимуществ в сравнении с другими методами ДЗЗ, существующих ограничений при создании цифровых моделей рельефа и местности</p> <p>Успешные и самостоятельно применяемые умения обрабатывать данные в LAS-формате, отображать их различными способами использовать фильтры для выделения земной поверхности, шума и пр., выполнять классификацию, выделение зданий и оценку высоты растительного полога</p> <p>Свободное владение функциональными возможностями программных продуктов для обработки данных ВЛС, позволяющими решать практические задачи</p>
ПК.15 способность к	Знать: Основные нормативные акты, регламентирующие	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные нормативные акты,</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>разработке проектной исполнительской геодезической документации и материалов прогнозирования (документов) в области геодезии и дистанционного зондирования</p>	<p>деятельность в области геодезии и дистанционного зондирования Земли. Основы разработки проектной документации. Требования к данным ДЗЗ, используемые при их выборе для решения прикладных задач.</p> <p>Уметь составлять проектную исполнительскую документацию (включая технические задания на выполнение работ) в области геодезии и ДЗЗ.</p> <p>Владеть терминологией в области ДЗЗ, необходимой для составления проектной исполнительской документации</p>	<p><b>Неудовлетворител</b></p> <p>регламентирующие деятельность в области геодезии и дистанционного зондирования Земли. Основы разработки проектной документации. Требования к данным ДЗЗ, используемые при их выборе для решения прикладных задач.</p> <p>Не умеет составлять проектную исполнительскую документацию (включая технические задания на выполнение работ) в области геодезии и ДЗЗ.</p> <p>Не владеет терминологией в области ДЗЗ, необходимой для составления проектной исполнительской документации.</p> <p><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных нормативных актов, регламентирующих деятельность в области геодезии и дистанционного зондирования Земли; основ разработки проектной документации; требований к данным ДЗЗ при их выборе для решения прикладных задач.</p> <p>Демонстрирует частично сформированные умения составлять проектную исполнительскую документацию (включая технические задания на выполнение работ) в области геодезии и ДЗЗ.</p> <p>Владеет минимумом терминологии в области ДЗЗ, необходимой для составления проектной исполнительской документации.</p> <p><b>Хорошо</b></p> <p>В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных нормативных актов, регламентирующих деятельность в области геодезии и дистанционного зондирования Земли; основ разработки проектной документации; требований к данным ДЗЗ при их выборе для решения прикладных задач.</p> <p>Демонстрирует в целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения составлять проектную исполнительскую документацию</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>документацию (включая технические задания на выполнение работ) в области геодезии и ДЗЗ. Хорошо ориентируется в терминологии в области ДЗЗ, необходимой для составления проектной исполнительной документации.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует высокий уровень знаний основных нормативных актов, регламентирующих деятельность в области геодезии и дистанционного зондирования Земли; основ разработки проектной документации; требований к данным ДЗЗ при их выборе для решения прикладных задач, и способен применять полученные знания на практике. Демонстрирует успешные умения составлять проектную исполнительную документацию (включая технические задания на выполнение работ) в области геодезии и ДЗЗ. Демонстрирует высокий уровень владения терминологией в области ДЗЗ, необходимой для составления проектной исполнительной документации.</p>
<p><b>ПК.30</b> способность к созданию трехмерных моделей физической поверхности Земли и крупных инженерных сооружений</p>	<p>Знать физические и технологические основы получения снимков с космических, авиационных носителей и БПЛА; особенности съемки в различных диапазонах спектра и области ее применения; виды искажений снимков и способы их устранения; виды геометрической коррекции снимков, математические основы фотограмметрической обработки снимков, и создания по ним цифровых моделей местности</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает физические основы получения снимков с космических, авиационных носителей и БПЛА, виды искажений снимков и геометрической коррекции, математические основы фотограмметрической обработки снимков</p> <p>Не умеет выполнять геометрическую коррекцию и ортотрансформирование снимков, ориентирование снимков по GPS-навигатору БПЛА, производить тональную балансировку и блочное уравнивание множества изображений, создавать ортофотопланы и трехмерные модели местности, оценивать их точность.</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>Уметь: выполнять геометрическую коррекцию и ортотрансформирование снимков, ориентирование снимков по GPS-навигатору БПЛА, производить тональную балансировку и блочное уравнивание множества изображений, создавать ортофотопланы и трехмерные модели местности, оценивать их точность</p> <p>Владеть: методами и технологиями фотограмметрической обработки одиночных снимков и стереоскопической пары снимков, создания цифровых моделей местности на основе снимков с БПЛА, специализированным программным обеспечением для обработки данных БПЛА и цифровыми фотограмметрическими системами</p>	<p><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не владеет методами и технологиями фотограмметрической обработки одиночных снимков и стереоскопической пары снимков, создания цифровых моделей местности на основе снимков с БПЛА, специализированным программным обеспечением для обработки данных БПЛА и цифровыми фотограмметрическими системами.</p> <p><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания физических основ получения снимков с космических, авиационных носителей и БПЛА, видов искажений снимков и геометрической коррекции, математических основ фотограмметрической обработки снимков.</p> <p>Демонстрирует частично сформированные умения выполнять операции по фотограмметрической обработке одиночных снимков, стереопар и снимков с БПЛА, а также определения точности результатов</p> <p>Владеет элементами фотограмметрической обработки одиночных снимков и стереоскопической пары снимков, создания цифровых моделей местности на основе снимков с БПЛА, специализированным программным обеспечением для обработки данных БПЛА и цифровыми фотограмметрическими системами.</p> <p><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания физических основ получения снимков с космических, авиационных носителей и БПЛА, видов искажений снимков и геометрической коррекции, математических основ фотограмметрической обработки снимков.</p> <p>В целом успешные, но содержащие</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>отдельные пробелы умения выполнять операции по фотограмметрической обработке одиночных снимков, стереопар и снимков с БПЛА, а также определения точности результатов</p> <p>Владеет большинством элементов технологии фотограмметрической обработки одиночных снимков и стереоскопической пары снимков, создания цифровых моделей местности на основе снимков с БПЛА. В целом успешно работает со специализированным программным обеспечением для обработки данных БПЛА и цифровыми фотограмметрическими системами.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания физических основ получения снимков с космических, авиационных носителей и БПЛА, видов искажений снимков и геометрической коррекции, математических основ фотограмметрической обработки снимков.</p> <p>Сформированные и самостоятельно применяемые умения выполнять геометрическую коррекцию и ортотрансформирование снимков, ориентирование снимков по GPS-навигатору БПЛА, производить тональную балансировку и блочное уравнивание множества изображений, создавать ортофотопланы и трехмерные модели местности, оценивать их точность</p> <p>Свободное владение методами и технологиями фотограмметрической обработки одиночных снимков и стереоскопической пары снимков, создания цифровых моделей местности на основе снимков с БПЛА, специализированным</p>



Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>программным обеспечением для обработки данных БПЛА и цифровыми фотограмметрическими системами</p>
<p><b>ПК.12</b> способность к созданию цифровых моделей местности и других объектов, в том числе по результатам наземной фотограмметрической съемке и лазерному сканированию и к активному использованию инфраструктуры геопространственных данных</p>	<p>Знать: теоретические основы создания цифровых моделей местности, теоретические основы лидарной съемки, знания способов и методов использования инфраструктуры геопространственных данных; основные картографические веб-сервисы и каталоги - источники данных дистанционного зондирования Земли.</p> <p>Уметь: по результатам как наземной фотограмметрической съемки, так и с помощью данных полученных в результате лазерного сканирования создавать планово-картографический материал, использовать полученный в результате съемок материал в своей производственной деятельности.</p> <p>Владеть: навыками использования инфраструктуры геопространственных данных, производства различных видов съемок, в том числе лазерного сканирования и фотограмметрической съемки, инструментами поиска, выбора и заказа данных, а также их предварительной обработки, геометрической коррекции и совмещения с другими источниками пространственной информации.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает теоретические основы создания цифровых моделей местности, теоретические основы лидарной съемки, знания способов и методов использования инфраструктуры геопространственных данных; основные картографические веб-сервисы и каталоги - источники данных дистанционного зондирования Земли.</p> <p>Не умеет по результатам как наземной фотограмметрической съемки, так и с помощью данных полученных в результате лазерного сканирования создавать планово-картографический материал, использовать полученный в результате съемок материал в своей производственной деятельности.</p> <p>Не владеет навыками использования инфраструктуры геопространственных данных, производства различных видов съемок, в том числе лазерного сканирования и фотограмметрической съемки, инструментами поиска, выбора и заказа данных, а также их предварительной обработки, геометрической коррекции и совмещения с другими источниками пространственной информации.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания теоретических основ создания цифровых моделей местности, теоретические основы лидарной съемки, способов и методов использования инфраструктуры геопространственных данных; основных картографических веб-сервисов и каталогов - источников данных дистанционного зондирования Земли.</p> <p>Демонстрирует частично успешные умения по результатам как наземной фотограмметрической съемки, так и с</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>помощью данных полученных в результате лазерного сканирования создавать планово-картографический материал, использовать полученный в результате съемок материал в своей производственной деятельности. Частичное владение навыками использования инфраструктуры геопространственных данных, производства различных видов съемок, в том числе лазерного сканирования и фотограмметрической съемки, инструментами поиска, выбора и заказа данных, а также их предварительной обработки, геометрической коррекции и совмещения с другими источниками пространственной информации.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>В основном сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теоретических основ создания цифровых моделей местности, теоретические основы лидарной съемки, способов и методов использования инфраструктуры геопространственных данных; основных картографических веб-сервисов и каталогов - источников данных дистанционного зондирования Земли.</p> <p>В основном сформированные, но содержащие отдельные пробелы умения по результатам как наземной фотограмметрической съемки, так и с помощью данных полученных в результате лазерного сканирования создавать планово-картографический материал, использовать полученный в результате съемок материал в своей производственной деятельности. В целом результативное владение навыками использования инфраструктуры геопространственных данных, производства различных видов съемок, в том числе лазерного сканирования и фотограмметрической съемки, инструментами поиска, выбора и заказа</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>данных, а также их предварительной обработки, геометрической коррекции и совмещения с другими источниками пространственной информации.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Глубокие и систематизированные знания теоретических основ создания цифровых моделей местности, теоретические основы лидарной съемки, способов и методов использования инфраструктуры геопространственных данных; основных картографических веб-сервисов и каталогов - источников данных дистанционного зондирования Земли.</p> <p>Успешные и самостоятельно применяемые умения по результатам как наземной фотограмметрической съемки, так и с помощью данных полученных в результате лазерного сканирования создавать планово-картографический материал, использовать полученный в результате съемок материал в своей производственной деятельности.</p> <p>Свободное владение навыками использования инфраструктуры геопространственных данных, производства различных видов съемок, в том числе лазерного сканирования и фотограмметрической съемки, инструментами поиска, выбора и заказа данных, а также их предварительной обработки, геометрической коррекции и совмещения с другими источниками пространственной информации.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.30</b> способность к созданию трехмерных моделей физической поверхности Земли и крупных инженерных сооружений	Методы геометрической коррекции и ортотрансформирования космических снимков. Оценка точности трансформации. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Студент показывает владение методами и инструментами ортотрансформирования снимков, создания ортофотопланов (ортомозаик) по снимкам сверхвысокого разрешения.
<b>ПК.12</b> способность к созданию цифровых моделей местности и других объектов, в том числе по результатам наземной фотограмметрической съемке и лазерному сканированию и к активному использованию инфраструктуры геопространственных данных <b>ПК.30</b> способность к созданию трехмерных моделей физической поверхности Земли и крупных инженерных сооружений	Определение высот по стереопаре снимков. Создание цифровых моделей местности и цифровых карт на основе методов стереоизмерений. <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Студент показывает владение методами и инструментами создания и редактирования цифровых моделей рельефа по стереопарам космических снимков сверхвысокого разрешения или аэрофотоснимкам.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.15</b> способность к разработке проектной исполнительной геодезической документации и материалов прогнозирования (документов) в области геодезии и дистанционного зондирования</p>	<p>Основы обработки данных воздушного лазерного сканирования <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Студент демонстрирует владение основными методами обработки данных воздушного лазерного сканирования, включая создание цифровых моделей рельефа и местности</p>
<p><b>ПК.12</b> способность к созданию цифровых моделей местности и других объектов, в том числе по результатам наземной фотограмметрической съемке и лазерному сканированию и к активному использованию инфраструктуры геопространственных данных <b>ПК.15</b> способность к разработке проектной исполнительной геодезической документации и материалов прогнозирования (документов) в области геодезии и дистанционного зондирования <b>ПК.27</b> готовность к исследованию новых геодезических, фотограмметрических приборов и систем, аппаратуры для аэрокосмических съемок <b>ПК.30</b> способность к созданию трехмерных моделей физической поверхности Земли и крупных инженерных сооружений</p>	<p>Итоговое контрольное мероприятие <b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Студент усвоил знания из разделов курса: «Источники данных ДЗЗ: космическая съемка, аэрофотосъемка, БПЛА»; «Теоретические основы фотограмметрической обработки одиночного снимка»; «Методы геометрической коррекции и ортотрансформирования . Оценка точности»; «Создание мозаик снимков, ортофотопланов и фотокарт на основе космических снимков»; «Теоретические основы фотограмметрической обработки стереопары снимков»; «Методы стереоизмерений по снимкам. Стереобрабатывающие приборы и ЦФС»; «Определение высот по стереопаре снимков. Создание цифровых моделей местности и цифровых карт на основе методов стереоизмерений».</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### **Методы геометрической коррекции и ортотрансформирования космических снимков. Оценка точности трансформации.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Создан ортофотоплан, величина ошибок соответствует требованиям допуска.	10
Проведена оценка точности ортотрансформирования по параметрам RMSE и CE90. Ошибки находятся в пределах допуска.	5
Тональная балансировка снимков выполнена успешно, крупных яркостных аномалий нет.	5

### **Определение высот по стереопаре снимков. Создание цифровых моделей местности и цифровых карт на основе методов стереоизмерений.**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
На основе стереопары снимков создана цифровая модель местности, ее пространственное разрешение соответствует требованиям Технического задания	10
Определена фактическая погрешность уточненной ЦММ с помощью 10 маркеров с учетом собственных погрешностей измерений системой ВТП.	5
Определена погрешность ЦММ, созданной на основе снимков с известными центрами фотографирования (с уточнением с помощью маркеров на основе обычного приемника GNSS) относительно ЦММ, уточненной с помощью СВТП.	5

### **Основы обработки данных воздушного лазерного сканирования**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Студент демонстрирует владение терминологией в области ДЗЗ, необходимой для разработки технического задания, корректно составляет требования к исходным данным, методам их фотограмметрической обработки, а также итоговому продукту.	10
Студент готовит техническое задание на проект построения ортофотоплана населенного пункта. Техническое задание содержит все необходимые разделы.	10

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **4 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Студент владеет основными понятиями и терминами в области фотограмметрии, имеет представление о сходстве и различии методов фотограмметрической обработки аналоговых и цифровых изображений.	10
Студент знает теоретические основы фотограмметрической обработки одиночного снимка,	10

формулы связи координат соответственных точек снимка и местности.	
Студент знает теоретические основы фотограмметрической обработки стереоскопической пары снимков, рабочие формулы определения высот местности по стереоскопической паре плановых снимков, формулы связи координат точек местности и координат их изображений на стереопаре снимков	10
Имеет представление о методах стереоизмерений по снимкам, знает основы работы в цифровых фотограмметрических системах.	10