

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ
(ФГБОУ ВО ГУЗ)**

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ФГБОУ ВО ГУЗ

Д.А. Лавров



2025 г.

**ПРОГРАММА
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**ПО ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ
ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
1.6.19 АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ,
ФОТОГРАММЕТРИЯ**

Область науки

Группа научных специальностей

Отрасль науки

1. Естественные науки

1.6 Науки о Земле и окружающей среде

Технические

Москва, 2025

Разработчик (разработчики): зав. кафедрой дистанционного зондирования и цифровой картографии, к.т.н., доцент по научной специальности 1.6.19 (25.00.34) Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия, Л.А. Гаврилова;

(занимаемая должность, инициалы, фамилия)

Подпись _____ « 24 » 11 2025 г.

профессор кафедры дистанционного зондирования и цифровой картографии, к.т.н., доцент по научной специальности 1.6.19 (25.00.34) Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия, А.Н. Лимонов

(занимаемая должность, инициалы, фамилия)

Подпись _____ « 24 » 11 2025 г.

А.Н. Лимонов (А.Н. Лимонов)

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область науки:

Естественные науки

Группа научных специальностей:

1.6. Науки о Земле и окружающей среде

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:
технические

Шифр научной специальности:

1.6.19 Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия

1.2 Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине (далее – «специальная дисциплина») по научной специальности 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия – разработана в соответствии с:

- Федеральным законом о внесении изменений в Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации от 30.12.2020 № 517-ФЗ»;

- Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)»;

- Приказом Министерства образования и науки РФ от 28.03.2014 г. № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня» (с изменениями, внесёнными приказом Минобрнауки России от 05.08.2021 № 712);

- Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «Положение о присуждении ученых степеней»;

- Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.2021 № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утверждённое приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093;

- Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.08.2021 № 786 «Об установлении соответствия направлений подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) научным специальностям, предусмотренным номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени, утверждённой приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

от 24 февраля 2021 г. № 118»;

- Программы-минимум кандидатского экзамена, утверждённой приказом Министерства образования и науки от 08.10.2007 № 274. (зарегистрирован Минюстом России 19.10.2007 г., рег. № 10363);

- Приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учётом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»;

- Паспортом научной специальности 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия;

- Уставом ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»;

- Локальными нормативными актами ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству»;

1.3 Программа кандидатского экзамена регламентирует цель, задачи, содержание, организацию кандидатского экзамена, порядок работы экзаменационной комиссии, порядок оценки уровня знаний соискателя ученой степени кандидата технических наук, и включает перечень вопросов, выносимых на кандидатский экзамен, рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену, в том числе, перечень литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для подготовки к кандидатскому экзамену.

1.4 Кандидатский экзамен по специальной дисциплине представляет собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата технических наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по конкретной научной специальности, отрасли науки (географические), по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

2. ЦЕЛЬ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Целью проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине является оценка степени подготовленности соискателя учёной степени кандидата наук (аспиранта/прикрепленного лица) к проведению научных исследований по научной специальности 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (технические науки), по которой подготавливается или подготовлена диссертация:

– проверка сформированности умений в сфере технической науки по научной специальности, использования междисциплинарных установок и общенаучных понятий в решении комплексных задач теории и практики в конкретной научной исследовательской деятельности;

– владение основными методами, способами и технологиями проведения научных исследований по научной специальности 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия на уровне, позволяющем получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач в области специальных дисциплин;

– получение практических навыков аргументации в обосновании научного статуса и актуальности конкретной исследовательской задачи, в работе с внеэмпирическими методами оценки выдвигаемых проблем и гипотез.

Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения учёной степени кандидата наук.

3. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ В ХОДЕ СДАЧИ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

В ходе сдачи кандидатского экзамена необходимо оценить:

– способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области научной специальности аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия.

– способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, применения искусственного интеллекта;

– способность осуществлять анализ научно-теоретических основ в области научной специальности, её предмета, методологии, современного методического и понятийного аппарата;

– способность научно-методически обосновать необходимые рекомендации и предложения по внедрению результатов исследования в научной и производственной областях знаний.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине по научной специальности 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия проводится в устной форме по билетам.

Экзаменационный билет включает в себя три теоретических вопроса и дополнительные вопросы по теме диссертационного исследования.

Продолжительность устного ответа на экзамене – 20–30 минут, время на подготовку к ответу на экзаменационный билет – до 40 минут.

Комиссия по приёму кандидатского экзамена по специальной дисциплине правомочна принимать кандидатский экзамен по специальной дисциплине, если в её заседании участвуют не менее 3 специалистов, имеющих учёную степень доктора наук (не менее 1 доктора наук) и кандидата наук по научной специальности, соответствующей специальной дисциплине.

Решение, принятое комиссией, оформляется протоколом.

Университет вправе применять дистанционные образовательные технологии при проведении кандидатского экзамена. Особенности проведения кандидатских экзаменов с применением дистанционных образовательных технологий определяются локальным нормативным актом Университета.

При проведении кандидатского экзамена с применением дистанционных образовательных технологий Университет обеспечивает идентификацию личности аспирантов/прикреплённых лиц и контроль соблюдения требований, установленных локальным нормативным актом.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ, ВЫНЕСЕННЫХ НА КАНДИДАТСКИЙ ЭКЗАМЕН

5.1. Теоретические основы аэрокосмических исследований Земли, фотограмметрии

- Теоретические основы аэрокосмических исследований Земли:

Аэро- и космические системы дистанционного зондирования

Классификация аэрокосмических систем дистанционного зондирования. Принцип формирования изображения с помощью оптико-электронной сканерной съёмочной системы. Системы координат сканера. Принцип формирования изображения с помощью оптико-механической сканерной съёмочной системы. Системы координат сканера. Методы получения стереопар сканерных изображений. Математическая модель сканерных изображений. Строгая математическая модель сканерных изображений. Приближенная математическая модель сканерных изображений. Аппроксимация элементов внешнего ориентирования (ЭВО) различными полиномами. Связь координат

точек местности и сканерного изображения, выраженная через дробно-рациональные функции (RPC-коэффициенты). Связь координат точек местности и сканерного изображения, выраженная через аппроксимирующие функции. Определение RPC-коэффициентов. Определение координат точек местности по одиночному сканерному изображению. Определение координат точек объекта по стереопаре сканерных снимков.

Принцип формирования радиолокационных изображений. Системы координат. Методы получения стереопар радиолокационных изображений. Определение координат точек объекта по одиночному радиолокационному изображению. Определение координат точек объекта по стереопаре радиолокационных изображений. Радиолокационная интерферометрия. Определение координат точек местности для случая, когда измеряются элементы внешнего ориентирования (ЭВО) сенсора во время съемки. Фототриангуляция по сканерным изображениям. Ортофототрансформирование изображений, полученных сканерными съемочными системами. Особенности обработки космических изображений, полученных отечественным аппаратом Ресурс-П. Особенности обработки космических изображений, полученных отечественным аппаратом «Канопус-В».

Воздушное и наземное лазерное сканирование

Принцип действия воздушного лазерного сканера.

Устройство и технические характеристики воздушных лазерных сканеров. Принцип действия воздушного лазерного сканера. Принцип действия наземного лазерного сканера. Объединение и внешнее ориентирование отдельных дискретных моделей в общую модель объекта. Визуализация трехмерных дискретных моделей. Мобильные лазерные сканерные системы. Устройство и технические характеристики наземных и мобильных лазерных сканеров. Создание 3D-моделей объекта по материалам наземного лазерного сканирования.

Аэрофототопографическая съемка

Методы аэрофототопографической съемки. Технологическая схема аэрофототопографической съемки. Обновление топографических карт. Цифровые фотограмметрические системы. Перспективные направления развития цифровых фотограмметрических систем.

- Теоретические основы фотограмметрии:

Теория одиночного кадрового снимка

Основные свойства кадрового снимка. Системы координат кадровой съемочной камеры (снимка). Системы координат цифровой съемочной камеры. Элементы внутреннего ориентирования кадровой съемочной камеры (снимка).

Определение поправок в координаты x и y изображений точек, исключаящих влияние фотограмметрической дисторсии.

Системы координат объекта. Элементы внешнего ориентирования снимка. Неопределенность определения угловых элементов внешнего ориентирования снимка. Использование кватернионов для исключения неопределенности. Формулы связи координат соответственных точек снимка и местности. Формулы связи координат соответственных точек местности и горизонтального снимка. Влияние погрешности определения высот точек местности на точность определения их плановых координат по одиночному снимку. Формулы трансформирования координат точек снимка.

Определение элементов внешнего ориентирования снимка по опорным точкам. Решение обратной фотограмметрической засечки без определения угловых элементов внешнего ориентирования снимка.

Наблюдение и измерение цифровых изображений. Способы измерения координат точек цифрового изображения с субпиксельной точностью. Переход из системы координат цифрового изображения в систему координат снимка. Фотограмметрические сканеры. Геометрическое и радиометрическое (фотометрическое) разрешение фотограмметрических сканеров. Позиционная точность фотограмметрических сканеров.

Теория пары кадровых снимков

Основы стереоскопического зрения. Острота монокулярного зрения первого рода. Острота монокулярного зрения второго рода. Стереоскопическое зрение. Острота стереоскопического зрения первого рода. Острота стереоскопического зрения второго рода.

Методы стереоскопического наблюдения и измерения цифровых снимков. Бинокулярный метод. Анаглифический метод. Поляроидный метод. Метод затворных очков.

Способы измерения координат и параллаксов соответственных точек на стереопаре снимков. Формулы связи координат точек местности и их изображений на стереопаре снимков (прямая фотограмметрическая засечка). Формулы связи координат точек местности координат их изображений на стереопаре снимков идеального случая съемки.

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. Элементы внешнего ориентирования модели. Определение элементов внешнего ориентирования модели по опорным точкам. Определение элементов внешнего ориентирования снимков

стереопары. Точность определения координат точек объекта по стереопаре плановых снимков.

Пространственная фототриангуляция

Назначение и классификация методов фототриангуляции. Маршрутная фототриангуляция методом продолжения. Устранение систематических искажений маршрутной сети по опорным точкам. Блочная фототриангуляция по методу независимых маршрутов. Построение и уравнивание маршрутной и блочной фототриангуляции по методу независимых моделей. Построение и уравнивание маршрутной и блочной фототриангуляции по методу связок. Построение и уравнивание маршрутной и блочной сетей фототриангуляции по методу связок с самокалибровкой. Уравнивание сети фототриангуляции на основе условий компланарности и равенства масштабных коэффициентов. Уравнивание сети фототриангуляции на основе условий коллинеарности проектирующих лучей связок. Технология построения сетей фототриангуляции. Особенности фототриангуляции по снимкам, полученным многокамерными съемочными системами. Особенности фототриангуляции по снимкам, полученным с беспилотных воздушных судов (БВС). Применение камер с щелевым затвором. Применение динамической опорной точки.

Автоматизация фотограмметрических измерений

Корреляционный метод измерения соответственных точек на паре снимков. Проблемы автоматического стереотождествления одноименных точек. Отождествление соответственных точек по методу наименьших квадратов с учетом геометрических и фотометрических несоответствий снимков. Вычисление градиента изображения. Методы, позволяющие сузить область поиска соответственных точек на смежных снимках. Использование априорной информации о параметрах съемки. Построение пирамиды изображений. Использование базисных линий на снимках стереопары. Поиск точек на стереопаре снимков идеального случая съемки (эпиполярных изображениях).

Фотограмметрические методы создания цифровых моделей поверхности, рельефа и местности

Регулярные и нерегулярные цифровые модели поверхности. Создание цифровой модели поверхности на основе корреляционного метода отождествления соответственных точек. Создание регулярной цифровой модели поверхности по паре снимков на основе корреляционного метода отождествления соответственных точек. Создание регулярной цифровой модели поверхности по множеству снимков на основе корреляционного метода отождествления соответственных точек. Создание цифровой 3D-модели поверхности на основе квазиглобального метода отождествления

соответственных точек. Создание регулярной цифровой модели поверхности на основе квазиглобального метода отождествления соответственных точек в пространстве объекта.

Создание цифровой модели рельефа (ЦМР). Построение ЦМР на основе метода триангуляции Делоне. Расчет требуемой плотности высотных пикетов цифровой модели рельефа. Расчет требуемой точности высот высотных пикетов цифровой модели рельефа. Создание цифровой модели местности (ЦММ).

Теоретические основы и методы цифрового трансформирования снимков

Методы цифрового трансформирования снимков. Цифровое ортофототрансформирование снимка. Цифровое ортофототрансформирование снимков застроенной территории. Метод использования «индексной матрицы». Цифровое ортофототрансформирование снимков с использованием цифровой модели поверхности (ЦМП). Создание цифровых фотопланов. Создание регулярной цифровой модели поверхности и истинного ортофотоплана на основе метода наименьших квадратов. Оценка точности цифровых ортофотопланов.

5.2 Методологический аппарат и инструментальные методы исследований

- **Системный подход и моделирование в дистанционном зондировании:** Применение системного анализа для изучения земельно-ресурсного потенциала территорий. Геоинформационное моделирование земельных ресурсов. Математические и статистические методы обработки материалов дистанционного зондирования.

- Геоинформационные системы (ГИС) и технологии:

Технологии географических информационных систем (ГИС) и перспективы их развития. Назначение, структура и функции ГИС. Этапы геоинформационного картографирования. Задачи проектирования картографических баз данных и банков данных. Создание тематических слоев карт на основе атрибутивных таблиц в БД и методов пространственного моделирования.

Сущность и понятия технологий web-картографирования. Виды web-приложений. Инфраструктура пространственных данных (ИПД). Трехмерное, анимационное и мультимедийное картографирование, создание и ведение геоинформационного пространства. Актуальные проблемы космического картографирования. Основные области применения, особенности обработки и дешифрирования снимков сверхвысокого разрешения, тепловых, радиолокационных, гиперспектральных, серий разновременных снимков при

моделировании и картографировании геосистем в ГИС. Новые подходы к созданию и ведению электронного (цифрового) геоинформационного пространства как составной части государственных программ информатизации общества и перехода на «цифровую экономику».

Методы исследований, решения пространственных задач по цифровым картам. Современные научно-технические приемы использования карт, снимков и других изображений.

Математико-картографическое моделирование. Теоретические и методологические основы. Модели структуры, взаимосвязей и динамики геосистем. Модели пространственных и содержательных характеристик структуры, взаимосвязей и динамики явлений. Многовариантность современного математико-картографического моделирования в компьютерной среде в целях наилучшего практического использования моделей. Пути оценки надежности моделирования. Значение и особенности использования ДДЗЗ в практической деятельности и в научных исследованиях.

- Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и методы мониторинга: Теоретические основы ДЗЗ. Основы дешифрирования аэро- и космических изображений. Общие принципы дешифрирования материалов аэро- и космических съёмок. Задачи дешифрирования. Материалы аэро- и космических съёмок, используемые при визуальном дешифрировании. Критерии достоверности дешифрирования. Классификация дешифрирования. Визуальный метод дешифрирования. Дешифровочные признаки, используемые при визуальном дешифрировании. Дешифрирование материалов аэро- и космических съёмок для создания планов (карт), используемых для землеустройства. Объекты, подлежащие тематическому дешифрированию. Общие вопросы технологии визуального дешифрирования. Подготовительные работы при дешифрировании. Досъёмка не изобразившихся на снимках объектов. Контроль дешифрирования. Дешифрирование материалов аэро- и космических съёмок для целей инвентаризации земель населённых пунктов. Задачи и содержание кадастрового дешифрирования. Подготовительный этап при кадастровом дешифрировании. Полевое обследование при кадастровом дешифрировании. Машинно-визуальный метод дешифрирования. Понятие о автоматизированном и автоматическом дешифрировании.

Методы дешифрирования космических и аэрофотоснимков для выявления изменений состояния земель. Технологии ведения мониторинга земель различных категорий. Использование данных ДЗЗ для обновления кадастровых карт и выявления нарушений.

Мониторинг земель дистанционными методами. Характеристика подсистем мониторинга земель дистанционными методами. Общие вопросы

мониторинга земель дистанционными методами. Экологический мониторинг земель дистанционными методами.

Дешифрирование материалов аэро- и космических съёмок при мониторинге и контроле за использованием земель сельскохозяйственного назначения. Выбор спектральных зон съёмки для повышения информативности изображений в целях отображения на них изучаемых объектов или явлений (наблюдений за видами и подвидами угодий, определение состава возделываемых сельскохозяйственных культур, выявление неиспользуемых земель, воздействия негативных факторов (болезни и вредители) на биопродукционные процессы и т.п.). Оценка состояния земель и растительного покрова с использованием вегетационных индексов. Базовые возможности, функции и инструменты ПК ENVI, применяемые для обработки мониторинговых данных дистанционного зондирования.

Использование данных дистанционного зондирования для картирования проявления и интенсивности деградационных процессов. Автоматизированное составление карт крутизны склонов, схемы овражной и гидрографической сети с определением эрозионных характеристик, опустынивания земель.

Использование данных дистанционного зондирования при мониторинге орошаемых земель. Классификационные показатели проявления процессов подтопления и переувлажнения, засоления и осолонцевания почв, инженерногеологических процессов.

5.3 Актуальные проблемы и перспективы развития в сфере научной специальности (технические науки)

- Современные вызовы и проблемы в сфере аэрокосмических исследований Земли:

Проблемы финансирования. Информационная закрытость. Проблемы с целеполаганием и законодательной базой. Недостаточное финансирование существующих космических программ.

- Цифровая трансформация: Концепция «Цифровая Земля» (Digital Earth). Создание цифрового двойника Земли, который позволяет моделировать и анализировать различные процессы и явления.

Концепция «Цифровая Земля - Сервисы». Создание бесшовного покрытия всей территории России спутниковыми снимками высокого разрешения (1 м) и предоставление этих данных через геоинформационный веб-портал.

Использование Big Data, искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа данных дистанционного зондирования Земли. Развитие сервисов на основе данных ДЗЗ и ГИС.

Разработка технологий создания цифровых двойников городских территорий и сельских агломераций фотограмметрическими методами по материалам аэро- и космических съёмок, а также наземных съёмок.

- Адаптация к глобальным изменениям:

Повышение эффективности управления территориями и ресурсами за счет использования актуальной спутниковой аналитики. Обеспечение безопасности информационных систем. Обеспечение импортозамещения всего комплекса используемого ПО, в том числе операционных систем и баз данных.

- Научные школы и перспективные направления исследований:

Основные научные школы в России по данной специальности. Формирование приоритетных направлений научных исследований (например, развитие методов космического мониторинга, создание интегрированных информационных систем, разработка методик создания цифровых двойников).

5.4 Специализированные проблемы в области научных исследований по специальности 1.6.19 Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (технические науки)

Повышение точности фотограмметрических моделей: Методы обработки аэрокосмических снимков для создания цифровых моделей местности (ЦММ) с высоким разрешением и точностью.

Создание систем мониторинга: Разработка комплексных систем для мониторинга состояния природных ресурсов, изменений ландшафта, а также для наблюдения за экологической обстановкой, стихийными бедствиями и техногенными объектами.

Инженерная фотограмметрия: Решение прикладных задач в области строительства, проектирования и эксплуатации сооружений, например, контроль деформаций, геодезическое обеспечение строительных работ и создание цифровых моделей объектов.

Интеграция данных: Создание и развитие интегрированных информационных систем, объединяющих аэрокосмические данные с другими геопространственными данными для комплексного анализа и принятия решений.

Обработка больших данных: Разработка методов автоматизированной обработки и анализа огромных массивов данных дистанционного зондирования Земли с применением технологий машинного обучения и искусственного интеллекта.

6. СТРУКТУРА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

6.1 Экзамен проводится в устной форме и включает три вопроса.

Необходимость в пересдачи кандидатского экзамена по Аэрокосмическим исследованиям Земли, фотограмметрии возникает только при смене отрасли науки, по которой планируется диссертационное исследование аспиранта.

На подготовку к ответу экзаменуемому отводится не менее 45 минут. Экзаменационная комиссия вправе задать экзаменуемому дополнительные вопросы.

На каждого экзаменуемого заполняется протокол приема экзамена, в который вносятся основные и дополнительные (при наличии) вопросы, заданные членами экзаменационной комиссии.

Оценка объявляется в конце экзамена после обсуждения комиссией ответов каждого из экзаменуемых.

6.2 Критерий оценки промежуточного контроля.

Оценка 5 «отлично» ставится, если аспирант:

- демонстрирует глубокие знания программного материала;
- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно излагает программный материал, не затрудняясь с ответом при видоизменении задания;
- свободно справляется с решением ситуационных и практических задач;
- грамотно обосновывает принятые решения;
- самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская ошибок;
- свободно оперирует основными теоретическими положениями по проблематике излагаемого материала.

Оценка 4 «хорошо» ставится, если аспирант:

- демонстрирует достаточные знания программного материала;
- грамотно и по существу излагает программный материал, не допускает существенных неточностей при ответе на вопрос;
- правильно применяет теоретические положения при решении ситуационных и практических задач;
- самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская существенных ошибок.

Оценка 3 «удовлетворительно» ставится, если аспирант:

- излагает основной программный материал, но не знает отдельных деталей;
- допускает неточности, некорректные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала;
- испытывает трудности при решении ситуационных и практических задач.

Оценка 2 «неудовлетворительно» ставится, если аспирант:

- не знает значительной части программного материала;
- допускает грубые ошибки при изложении программного материала;
- с большими затруднениями решает ситуационные и практические задачи.

Аспирант, получивший неудовлетворительную оценку за сдачу кандидатского экзамена, имеет академическую задолженность, которая ликвидируется в установленном порядке.

7. НЕОБХОДИМОСТЬ СОБЛЮДЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К КАНДИДАТСКОМУ ЭКЗАМЕНУ

Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине по научной специальности 1.6.19. Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (технические науки).

Глубина ответа: ответ на каждый вопрос должен демонстрировать не только знание фактов, но и понимание причинно-следственных связей, умение критически анализировать информацию и формулировать собственные выводы.

Связь с диссертацией: будьте готовы в рамках ответа на любой вопрос проиллюстрировать теоретические положения примерами из собственного диссертационного исследования.

Междисциплинарность: подчеркивайте связь землеустройства, кадастра и мониторинга с другими науками: почвоведением, геоморфологией, экономикой, правом, экологией.

Актуальность: включайте в ответы ссылки на современные нормативные акты, государственные программы и последние научные публикации.

Во время проведения кандидатского экзамена аспирантам/прикреплённым лицам, привлекаемым к его проведению, запрещается иметь при себе и использовать средства связи.

8. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1.6.19. АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ, ФОТОГРАММЕТРИЯ (ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Блок 1. Теоретические основы аэрокосмических исследований Земли, фотограмметрии

Аэро- и космические системы дистанционного зондирования

1. Классификация аэрокосмических систем дистанционного

зондирования.

2. Принцип формирования изображения с помощью оптико-электронной сканерной съемочной системы.

3. Связь координат точек местности и сканерного изображения, выраженная через дробно-рациональные функции (RPC-коэффициенты).

4. Связь координат точек местности и сканерного изображения, выраженная через аппроксимирующие функции.

5. Принцип формирования радиолокационных изображений. Системы координат.

6. Методы получения стереопар радиолокационных изображений.

7. Ортофототрансформирование изображений, полученных сканерными съемочными системами.

Воздушное и наземное лазерное сканирование

8. Принцип действия воздушного лазерного сканера.

9. Устройство и технические характеристики воздушных лазерных сканеров.

10. Принцип действия наземного лазерного сканера.

11. Устройство и технические характеристики наземных и мобильных лазерных сканеров.

12. Создание 3D-моделей объекта по материалам наземного лазерного сканирования.

Аэрофототопографическая съемка

13. Методы аэрофототопографической съемки.

14. Технологическая схема аэрофототопографической съемки.

15. Обновление топографических карт.

16. Цифровые фотограмметрические системы. Перспективные направления развития цифровых фотограмметрических систем.

Теоретические основы фотограмметрии. Теория одиночного кадрового снимка

17. Основные свойства кадрового снимка. Системы координат кадровой съемочной камеры (снимка). Системы координат цифровой съемочной камеры.

18. Системы координат объекта. Элементы внешнего ориентирования снимка.

19. Неопределенность определения угловых элементов внешнего ориентирования снимка. Использование кватернионов для исключения неопределенности.

20. Формулы связи координат соответственных точек снимка и

местности. Формулы связи координат соответственных точек местности и горизонтального снимка.

21. Определение элементов внешнего ориентирования снимка по опорным точкам. Решение обратной фотограмметрической засечки без определения угловых элементов внешнего ориентирования снимка.

22. Наблюдение и измерение цифровых изображений. Способы измерения координат точек цифрового изображения с субпиксельной точностью.

23. Фотограмметрические сканеры. Геометрическое и радиометрическое (фотометрическое) разрешение фотограмметрических сканеров. Позиционная точность фотограмметрических сканеров.

Теория пары кадровых снимков

24. Основы стереоскопического зрения. Острота монокулярного зрения первого рода. Острота монокулярного зрения второго рода. Стереоскопическое зрение. Острота стереоскопического зрения первого и второго рода.

25. Методы стереоскопического наблюдения и измерения цифровых снимков. Бинокулярный метод. Анаглифический метод. Поляроидный метод.

26. Формулы связи координат точек местности и их изображений на стереопаре снимков (прямая фотограмметрическая засечка).

27. Определение координат точек местности по стереопаре снимков методом двойной обратной фотограмметрической засечки.

28. Условие, уравнения и элементы взаимного ориентирования снимков. Определение элементов взаимного ориентирования пары снимков.

29. Внешнее ориентирование модели. Элементы внешнего ориентирования модели. Определение элементов внешнего ориентирования модели по опорным точкам.

30. Точность определения координат точек объекта по стереопаре плановых снимков.

Пространственная фототриангуляция

31. Назначение и классификация методов фототриангуляции. Технология построения сетей фототриангуляции.

32. Маршрутная фототриангуляция методом продолжения. Устранение систематических искажений маршрутной сети по опорным точкам.

33. Блочная фототриангуляция по методу независимых маршрутов. Построение и уравнивание маршрутной и блочной фототриангуляции по методу независимых моделей.

34. Построение и уравнивание маршрутной и блочной фототриангуляции по методу связок. Построение и уравнивание маршрутной и блочной сетей фототриангуляции по методу связок с самокалибровкой.

35. Уравнивание сети фототриангуляции на основе условий компланарности и равенства масштабных коэффициентов.

36. Уравнивание сети фототриангуляции на основе условий коллинеарности проектирующих лучей связей.

37. Особенности фототриангуляции по снимкам, полученным многокамерными съёмочными системами.

38. Особенности фототриангуляции по снимкам, полученным с беспилотных воздушных судов (БВС).

Автоматизация фотограмметрических измерений

39. Корреляционный метод измерения соответственных точек на паре снимков. Проблемы автоматического стереотождествления одноименных точек.

40. Отождествление соответственных точек по методу наименьших квадратов с учетом геометрических и фотометрических несоответствий снимков.

41. Методы, позволяющие сузить область поиска соответственных точек на смежных снимках. Использование априорной информации о параметрах съемки. Построение пирамиды изображений.

42. Методы, позволяющие сузить область поиска соответственных точек на смежных снимках. Использование базисных линий на снимках стереопары. Поиск точек на стереопаре снимков идеального случая съемки.

Фотограмметрические методы создания цифровых моделей поверхности, рельефа и местности

43. Регулярные и нерегулярные цифровые модели поверхности. Создание регулярной цифровой модели поверхности по паре снимков на основе корреляционного метода отождествления соответственных точек.

44. Создание регулярной цифровой модели поверхности по множеству снимков на основе корреляционного метода отождествления соответственных точек.

45. Создание цифровой 3D-модели поверхности на основе квазиглобального метода отождествления соответственных точек.

46. Создание цифровой модели рельефа (ЦМР). Построение ЦМР на основе метода триангуляции Делоне.

47. Расчет требуемой плотности высотных пикетов цифровой модели рельефа. Расчет требуемой точности высот высотных пикетов цифровой модели рельефа.

48. Создание цифровой модели местности (ЦММ)

Теоретические основы и методы цифрового трансформирования снимков

49. Методы цифрового трансформирования снимков. Цифровое ортофототрансформирование снимка.

50. Цифровое ортофототрансформирование снимков застроенной территории. Метод использования «индексной матрицы».

51. Цифровое ортофототрансформирование снимков с использованием цифровой модели поверхности (ЦМП).

52. Создание регулярной цифровой модели поверхности и истинного ортофотоплана на основе метода наименьших квадратов. Оценка точности цифровых ортофотопланов.

Блок 2. Методологический аппарат и инструментальные методы исследований

Геоинформационные системы (ГИС) и технологии

53. Назначение, структура и функции ГИС. Этапы геоинформационного картографирования.

54. Создание тематических слоев карт на основе атрибутивных таблиц в БД и методов пространственного моделирования.

55. Сущность и понятия технологий web-картографирования. Виды web-приложений. Инфраструктура пространственных данных (ИПД).

56. Особенности обработки и дешифрирования снимков сверхвысокого разрешения, тепловых, радиолокационных, гиперспектральных, серий разновременных снимков при моделировании и картографировании геосистем в ГИС.

57. Создание и ведение электронного (цифрового) геоинформационного пространства как составной части государственных программ информатизации общества и перехода на «цифровую экономику»

58. Математико-картографическое моделирование. Многовариантность современного математико-картографического моделирования в компьютерной среде. Пути оценки надежности моделирования.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) и методы мониторинга

59. Теоретические основы ДЗЗ. Основы дешифрирования аэро- и космических изображений. Общие принципы дешифрирования материалов аэро- и космических съемок. Задачи дешифрирования.

60. Классификация дешифрирования. Визуальный метод дешифрирования. Дешифровочные признаки, используемые при визуальном дешифрировании.

61. Дешифрирование материалов аэро- и космических съёмок для создания планов (карт), используемых для землеустройства.

62. Объекты, подлежащие тематическому дешифрированию.

63. Общие вопросы технологии визуального дешифрирования.

Подготовительные работы при дешифрировании.

64. Критерии достоверности дешифрирования. Контроль дешифрирования.

65. Дешифрирование материалов аэро- и космических съёмок для целей инвентаризации земель населённых пунктов.

66. Задачи и содержание кадастрового дешифрирования. Подготовительный этап при кадастровом дешифрировании. Полевое обследование при кадастровом дешифрировании.

67. Машинно-визуальный метод дешифрирования. Понятие о автоматизированном и автоматическом дешифрировании.

68. Методы дешифрирования космических и аэрофотоснимков для выявления изменений состояния земель. Технологии ведения мониторинга земель различных категорий.

69. Мониторинг земель дистанционными методами. Характеристика подсистем мониторинга земель дистанционными методами. Общие вопросы мониторинга земель дистанционными методами.

70. Дешифрирование материалов аэро- и космических съёмок при мониторинге и контроле за использованием земель сельскохозяйственного назначения.

71. Выбор спектральных зон съёмки для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур.

72. Оценка состояния земель и растительного покрова с использованием вегетационных индексов.

73. Использование данных дистанционного зондирования для картирования проявления и интенсивности деградационных процессов.

74. Автоматизированное составление карт крутизны склонов, схемы овражной и гидрографической сети с определением эрозионных характеристик, опустынивания земель.

75. Использование данных дистанционного зондирования при мониторинге орошаемых земель. Классификационные показатели проявления процессов подтопления и переувлажнения, засоления и осолонцевания почв.

Блок 3. Актуальные проблемы и перспективы развития в сфере научной специальности (технические науки)

Современные вызовы и проблемы в сфере аэрокосмических исследований Земли

76. Проблемы финансирования. Информационная закрытость. Проблемы с целеполаганием и законодательной базой. Недостаточное финансирование существующих космических программ.

Цифровая трансформация

77. Концепция «Цифровая Земля» (Digital Earth). Создание цифрового двойника Земли.

78. Концепция «Цифровая Земля - Сервисы».

79. Использование Big Data, искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа данных дистанционного зондирования Земли. Развитие сервисов на основе данных ДЗЗ и ГИС.

80. Разработка технологий создания цифровых двойников городских территорий и сельских агломераций фотограмметрическими методами по материалам аэро- и космических съёмок, а также наземных съёмок.

Научные школы и перспективные направления исследований

81. Основные научные школы в России по данной специальности. Формирование приоритетных направлений научных исследований.

Блок 3. Специализированные проблемы в области научных исследований по специальности 1.6.19 Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия (технические науки)

82. Повышение точности фотограмметрических моделей

83. Создание систем мониторинга состояния природных ресурсов, изменений ландшафта, экологической обстановки.

84. Инженерная фотограмметрия: контроль деформаций, геодезическое обеспечение строительных работ, создание цифровых моделей объектов.

85. Создание и развитие интегрированных информационных систем

86. Разработка методов автоматизированной обработки и анализа огромных массивов аэрокосмических данных с применением технологий машинного обучения и искусственного интеллекта.

Блок 4: Синтез знаний и методологии (вопросы повышенной сложности)

87. Концептуальная модель научного исследования по применению индексных изображений для мониторинга качественных характеристик почв, растительности, антропогенных объектов.

88. Оптимизация выбора параметров аэро- и космических съёмок для решения задач землеустройства, кадастра и мониторинга земель.

89. Методология создания цифровых моделей рельефа стереофотограмметрическим способом для рекультивации нарушенных земель и мониторинга эродированных и эрозионно опасных земель.

9. ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

Изучайте не только учебники, но и **Паспорт специальности 1.6.19** (ВАК РФ), где четко прописаны области исследований.

Обязательно ознакомьтесь с основными **законодательными актами** (Земельный, Градостроительный, Лесной, Водный кодексы и др.).

Анализируйте статьи в **рецензируемых научных журналах** из перечня ВАК («Землеустройство, кадастр и мониторинг земель», «Известия РАН. Серия географическая», «Геодезия и картография», и др.).

Будьте готовы обсуждать **методологию своего собственного диссертационного исследования** в контексте предложенных тем.

Перечень основной и дополнительной литературы

а) основная литература:

1. Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник для вузов: Гр. МСХ/ А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова.-М.: Академический проект, 2016.-297с.

<https://www.labirint.ru/books/534286/>

2. Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Прикладная фотограмметрия: учебник для вузов: Гр. МСХ/ А. Н. Лимонов, Л. А. Гаврилова.-М.: Академический проект, 2016.-256с.

<https://www.ozon.ru/product/prikladnaya-fotogrammetriya-uchebnik-136526304/>

3. Шаповалов Д.А., Гаврилова Л.А., Лимонов А.Н. [и др.] Методы дистанционного зондирования и космическая навигация в технологиях точного земледелия (Монография), М.: ГУЗ, 2022 г., 423 с.

4. Михайлов А.П., Чибуничев А.Г. Фотограмметрия: Учебник для вузов / Под общ. ред. А.Г. Чибуничева. М.: Изд-во МИИГАиК, 2016. 294 с.

5. Национальный стандарт РФ. Технология аэрофототопографической съемки, выполняемой в целях создания топографических карт и планов и обеспечения кадастровых работ. М.: АО «Кодекс», 2021. 54 с.

6. Шовенгерд Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2013. 592 с.

б) дополнительная литература:

1. Конституция Российской Федерации

2. ГОСТ Р 51833–2001 Фотограмметрия. Термины и определения

3. ГОСТ Р 58854–2020 Фотограмметрия. Требования к созданию ориентированных аэроснимков для построения стереомodelей застроенных

территорий

4. ГОСТ Р 59328–2021 Аэрофотосъемка топографическая. Технические требования

5. ГОСТ Р 57258–2016 Системы беспилотные авиационные. Технические требования

6. ГОСТ Р 59562–2021 Съёмка аэрофототопографическая. Технические требования

7. Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник для вузов: Гр.МСХ/ А. И. Обиралов, А. Н. Лимонов, Л. А. Гаврилова.- М.: Колос, 2006.-333с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5953203594.html>

8. Обиралов А.И. Фотограмметрия: учебник. / А. И. Обиралов, А. Н. Лимонов, Л. А. Гаврилова - М.: Колос, 2002.-239с.

9. Родионов Б. И. Динамическая фотограмметрия. — М.: Недра, 1983 https://www.studmed.ru/rodionov-bn-dinamicheskaya-fotogrammetriya_e9b6680542a.html

10. Кадничанский С.А. Англо-русский словарь терминов по фотограмметрии и топографии. ООО «Гром», М.:2014 http://www.geoprofi.ru/news/News_6769_86.aspx

11. Кучко А. С. Фотография и специальные фотографические исследования. — М.: Недра, 1987.

12. Лобанов А. И. Фотограмметрия. — М.: Недра, 1987. <https://spbib.ru/catalog/-/books/11395513-fotogrammetriya>

13. Назаров А.С. Фотограмметрия – Мн.: ТетраСистемс,2006. https://www.studmed.ru/nazarov-as-fotogrammetriya-uchebnoe-posobie_b3ce39c2041.html

в) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Каждый обучающийся обеспечен доступом через сеть Интернет к электронным образовательным ресурсам, содержащим полные тексты изданий, используемых в образовательном и научном процессе.

1. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель: информ.-аналит. Журн. / Издательский Дом «ПАНОРАМА». Сайт <http://kadastr.panor.ru/magazines/zemleustroystvo-kadastr-i-monitoring>

2. Геодезия и картография: Научный рецензируемый Журн. / Издатель ППК «Роскадастр» Сайт <http://geocartography.ru/>

3. Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка: Научный рецензируемый Журн. / Издатель ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК) Сайт <https://miigaik.ru/gia>

4. Геопрофи: научно-технический журнал / Издатель — ИП Романчикова М.С. Сайт <https://www.geoprofi.ru/>

5. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: научно-технический журнал / Издатель Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) <http://jr.rse.cosmos.ru/>

а) информационные справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Электронный каталог СГАУ - <http://library.sgau.ru/>

2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»: <http://e.lanbook.com>

3. Электронно-библиотечная система Znanium.com - <http://znanium.com/>

4. Электронно-библиотечная система IPRbooks - <http://www.iprbookshop.ru/>

5. База данных международных индексов научного цитирования Scopus - <https://www.scopus.com/home.uri>

6. Зарубежная наукометрическая база данных Web of Science - https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=E31GVvBLHVEoWYhkPL7&preferencesSaved=

7. Электронно-библиотечная система издательства Юрайт - <https://biblioonline.ru/info/about>

8. Национальный цифровой ресурс РУКОНТ - <https://rucont.ru/>

9. Журналы РАН - <http://www.ras.ru/> <https://naukapublishers.ru/>

10. ЦНСХБ Россельхозакадемии - <http://www.cnsnb.ru/>

11. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

12. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки. – <http://diss.rsl.ru/>

13. Федеральная государственная информационная система территориального планирования (ФГИС ТП) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// fgistp.economy.gov. ru](http://fgistp.economy.gov.ru).

14. Информационно-правовые системы «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru/>

15. Информационно-правовые системы и «Гарант» <https://www.garant.ru/r>