

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 28.10.2023 16:58:09

Уникальный программный идентификатор:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8ca6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

Институт землеустройства и агротехнологий

Кудрявцева Т.Л., Авраменко А. А.

ФОТОГРАММЕТРИЯ И ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ

Учебное пособие для обучающихся
по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры
ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

УДК 528.7

ББК 26.12

Ф 815

Рецензенты: С.А. Глуговский, кадастровый инженер ООО «УссурГео»

В.Н. Децик, к.г.н., доцент кафедры водоснабжения и водоотведения

Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры ФГБОУ ВО Приморская ГСХА/ ФГБОУ ВО Приморская ГСХА; сост.Т.Л. Кудрявцева, А.А. Чепцова.–Уссурийск, 2015. - 100 с.

Учебное пособие «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» представляет собой учебное издание, предназначенное для реализации требований к уровню подготовки и методике освоения знаний, направленное на развитие навыков самостоятельной работы обучающихся и способствующее более успешному освоению профессиональных компетенций. Основной целью учебного пособия является расширение, углубление знаний, обучающихся и лучшее освоение дисциплины.

Учебное пособие состоит из раздела теоретического материала, контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

© Кудрявцева Т.Л., Авраменко А.А.,
2021

© ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2021

Введение

Применение современных высокоэффективных технологий при производстве и обновлении топографических планов и карт позволяет должным образом производить землеустроительные и кадастровые работы в кратчайшие сроки и с высоким качеством. Одним из таких методов является использование фотограмметрических измерений для дистанционного зондирования территорий.

Целью дисциплины «Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории» является обучение бакалавров использованию материалов аэрофотосъёмки и космической съёмки для решения многочисленных задач в области землеустройства и кадастров, в том числе при инвентаризации земель и недвижимости, установлении границ землепользования, при межевании земель, а также при переносе проекта на местность.

По результатам освоения учебного курса студент должен:

Знать: основы теории центральной проекции, в которой строится изображение на аэроснимках и космических снимках; основные параметры аэросъёмки, принципы, методы и признаки дешифрирования, методы и способы корректировки топографических планов и карт по материалам аэросъёмки и космическим снимкам.

Уметь: выполнять расчёт параметров аэросъёмки, производить оценку качества аэроснимков, выполнять дешифрирование аэроснимков и космических снимков полевым, камеральным и комбинированным методом, вносить изменения в контурную часть планов и карт различными методами.

Владеть: способностью распознавать по изображению на аэроснимках и космических снимках все элементы ситуации, сопоставлять с планами и картами и производить необходимую их корректировку в соответствие с результатами дистанционного зондирования территории.

1 Основы фотограмметрии

Фотограмметрия позволяет определить по снимкам исследуемого объекта его форму, размеры и пространственное положение в заданной системе координат, а также его площадь, объём, различные сечения на момент съёмки и изменения их величин через заданный интервал времени. Название дисциплины происходит от греческих слов photos (свет), gramma (запись) и metreo (измеряю), что в вольном переводе означает измерение изображений объектов, записанных с помощью света.

1.1 Предмет фотограмметрии, её содержание и задачи

Фотограмметрия - техническая наука о методах определения метрических характеристик объектов и их положения в двух- или трехмерном пространстве по снимкам, полученным с помощью специальных съемочных систем. Такими системами могут быть традиционные фотографические камеры, а также системы, использующие иные законы построения изображения и иные (кроме фотографических слоев) регистраторы электромагнитных излучений. Основная задача фотограмметрии - топографическое картографирование, а также создание специальных инженерных планов и карт, например кадастровых.

Фотограмметрические методы позволяют также экономично и достаточно точно решать непосредственно по снимкам некоторые прикладные задачи, например, измерять площади участков местности, определять их уклоны, получать количественные характеристики эрозионных процессов, выполнять вертикальную планировку с определением объема земляных работ и др.

Создание космических летательных аппаратов и съемочных систем, работающих в более широком диапазоне электромагнитных излучений с оперативной доставкой по радиоканалам результатов съемки на пункты

приема, активизировало развитие этого направления. Оно получило название «дистанционное зондирование».

Под дистанционным зондированием понимают неконтактное изучение Земли (планет, спутников), ее поверхности и недр, отдельных объектов, динамических процессов и явлений путем регистрации и анализа их собственного или отраженного электромагнитного излучения. Регистрацию можно выполнять с помощью технических средств, установленных на аэро- и космических летательных аппаратах, а также, в частных случаях, на поверхности земли, например при исследовании динамики эрозионных и оползневых процессов, в гляциологии и др.

Принципиально к дистанционному зондированию можно отнести известные методы исследования недр Земли - сейсморазведку и гравиразведку, эхолотию дна водоемов и др. В изучении земельных ресурсов, кадастре, земельном и экологическом мониторинге используются методы зондирования только с помощью электромагнитных излучений.

Дистанционное зондирование, интенсивно развиваясь, выделилось в самостоятельное направление использования снимков. Международное фотограмметрическое общество (МФО), в которое входил СССР и входит ныне Россия, в 1980 г. преобразовано в Международное общество фотограмметрии и дистанционного зондирования (МОФ и ДЗ).

Взаимосвязь основных направлений использования снимков и наименования направлений при решении задач фотограмметрии может быть представлена схематично в следующей последовательности:

- 1) метрическая обработка аэро- и космоснимков;
- 2) создание планов и карт;
- 3) решение инженерных задач.

В свою очередь дистанционное зондирование подразделяется:

- 1) на непосредственно дешифрирование (распознавание);
- 2) изучение отдельных объектов и явлений, процессов на земной поверхности.

Дешифрирование (интерпретация) технологически входит одновременно и в фотограмметрию, и дистанционное зондирование территории. В дистанционном зондировании преобладает роль дешифрирования.

1.2 История развития фотограмметрии

Технической основой формирования фотограмметрии явилось изобретение в 1839 г. французом Даггером фотографии. В 1851 -1859 гг. француз Э. Ласседа разрабатывает графический вариант составления планов сооружений по их наземным фотографиям. Создание средств воздухоплавания предоставило возможность перейти от наземной инженерной фотосъемки к аэрофотосъемке. В 1858 г. французом Ф. Надаром получены первые фотоснимки с воздушного шара. Это был важный шаг в развитии фотограмметрии - аэрофотоснимок по своей геометрии приблизился к плану местности. Первые аэрофотоснимки с воздушного шара в России были получены 18 мая 1886 г. А. М. Кованько. Город Петербург снимали аэрофотоаппаратом В. Н. Срезневского с высот 800, 1200 и 1350 м. В 1910 г. летчик Гельгар получил первые в России фотоснимки с самолета. Первое время аэрофотосъемку применяли в основном в целях военной разведки. Эти действия относятся к направлению, которое в 1960 г. назовут дистанционным зондированием.

В 1922 г. в нашей стране была предпринята попытка решения гражданских задач с помощью аэрофотосъемки - исследовали возможность выполнения лесотаксационных работ по снимкам. Опыт оказался удачным. В 1924 г. Н. М. Алексапольский, П. П. Соколов, В. С. Цвет-Колядинский и другие ученые под руководством М. Д. Бонч-Бруевича создали и организовали работу государственного технического бюро «Аэросъемка». Через год бюро выполнило аэрофотосъемку в Можайском районе Московской области. В результате было доказано, что создание контурных

планов и карт в масштабах 1:2000- 1:50000 имеет преимущество перед наземной съемкой в производительности, детальности и универсальности получаемых материалов.

С 1926 г. начали производственные аэросъемки для картографирования территорий в различных регионах страны под руководством Н. Н. Веселовского, В. Ф. Дейнеко, Н. Н. Степанова и др. В 1931 г. было организовано технико-производственное предприятие «Сельхозаэрофотосъемка» для картографирования сельскохозяйственных территорий РСФСР. Позже аналогичные предприятия были созданы и в других республиках. В 1932 г. все они объединились в единый центр Всесоюзную контору «Сельхозаэрофотосъемка», с 1970 г. которая преобразована во Всесоюзный институт сельскохозяйственных аэрогеодезических изысканий (ВИСХАГИ). В 1994 г. эта организация преобразована в Российский проектно-изыскательский институт земельно-кадастровых съемок - «Росземкадастрсъемка»; с 1996 г. - «Госземкадастрсъемка».

В середине тридцатых годов на смену комбинированному способу приходит дифференцированный способ картографирования по материалам аэрофотосъемки. Контурной основой остается тот же фотоплан, но горизонтали проводят камерально с помощью стереометров (СТД-1 и СТД-2), созданных Ф. В. Дробышевым. Эти приборы были компактными, дешевыми и высокопроизводительными. Трансформирование результатов измерения превышений точек местности, в этих приборах выполняли с помощью коррекционных устройств. В сороковые-пятидесятые годы были созданы (и их широко использовали в нашей стране) так называемые универсальные стереофотограмметрические приборы - стереографы Ф. В. Дробышева (СД) и стереопроекторы Г. В. Романовского (СПР). Принцип работы их заключается в построении и измерении геометрической модели местности по снимкам. Приборы рассмотренного класса в международной практике относят к классу аналоговых стереоприборов. Эти приборы

использовали и для сгущения сети опорных точек при разреженной привязке снимков (аналоговая фототриангуляция).

Возникновение и развитие электронно-вычислительной техники существенно повлияло на технологию фотограмметрической обработки снимков. Разрабатывают и широко применяют способы пространственной аналитической фототриангуляции (А. Н. Лобанов, Ф. Ф. Лысенко, Б. К. Малявский, И. Ф. Антипов и др.). Наступает период создания и использования аналитических стерео-фотограмметрических приборов. Трансформационные функции в них выполняют компьютеры. В СССР был создан прибор этого класса – стереоанаграф (Г. А. Зотов и др.). Этот период (шестидесятые-восьмидесятые годы) – переходный к этапу цифровой фотограмметрии. Цифровые технологии обработки снимков являются основными при выполнении картографических и инженерных работ. Эти технологии имеют существенные преимущества перед ранее использовавшимися, например: они не требуют использования сложного дорогого специализированного оборудования; позволяют решать по снимкам автоматизированно разнообразные инженерные задачи, в том числе и при землеустройстве, а также автоматизировать некоторые процессы при картографировании территорий.

Освоение космического пространства послужило мощным катализатором в развитии съемочной техники и технологий обработки получаемых данных в интересах картографирования и, в основном, дистанционного зондирования.

Космические съемки в интересах различных ведомств, стали выполнять регулярно с обитаемых и необитаемых космических летательных аппаратов. Одновременно расширялся спектр специальных аэрофотосъемок для решения дистанционным методом различных задач, в том числе и сельскохозяйственного назначения.

В 1937 г. в Московском институте землеустройства создали кафедру аэрофотогеодезии (основатель и первый заведующий В. Ф. Дейнеко).

В 1955 г. Вышел в свет, в 1968 г. был переиздан учебник В. Ф. Дейнеко «Аэрофотогеодезия», предназначенный для подготовки инженеров-землеустроителей. Эта дисциплина рассматривает основы теории перспективы, технологию получения и полной обработки аэрофотоснимков. В 1971 г. дисциплина была переименована в соответствии с международным стандартом и стала называться «Фотограмметрия и дешифрирование снимков», а с 2001 г. «Фотограмметрия и дистанционное зондирование». Фотограмметрию и дистанционное зондирование под разными названиями изучают в высших и средних учебных заведениях, готовящих специалистов по различным направлениям землеустройства, кадастра природопользования, архитектуре, проектированию линейных сооружений и др.

1.3 Основы аэрофотосъёмки

Для получения снимков земной поверхности применяются как традиционные методы классической аэрофотосъёмки с использованием самолётов и получением результатов на плёнке или на цифровых носителях, так и с использованием беспилотных устройств различной конструкции. Значительное распространение получило и применение результатов космической съёмки.

По сравнению с топографическими планами и картами аэроснимки и космоснимки обладают значительными преимуществами, в том числе:

- объективностью и достоверностью данных о состоянии земной поверхности на конкретный момент времени;
- снижением затрат времени и средств на получение нужной информации;
- возможностью выполнять оперативный мониторинг происходящих изменений на земельных участках.

Создание планов и карт является одним из первоначальных этапов в работах по организации сельскохозяйственных территорий. Для этого используют плановые материалы различных масштабов от 1:2000 до 1:50000,

а в некоторых случаях - и более мелкого масштаба. Выбор масштабов плановых картографических материалов, их содержание зависят от поставленных задач (составление схем районной планировки, межхозяйственное или внутривладельческое землеустройство, учет земель, различные обследования территории, составление проектов планировки и застройки населенных пунктов и др. работы), от географического расположения объекта, а также от состава угодий землепользования и их размеров, степени интенсификации сельскохозяйственного производства, приемов использования земли, техники и т.п.

Аэрофотогеодезические методы изготовления картографического материала позволяют не только ускорить процесс получения карты или плана, но и успешно использовать аэроснимки и космоснимки при составлении схем планировки сельских районов, формировании землепользований, обследовании территорий и др.

При аэрофотосъемке необходимо выдержать ряд параметров, которые в дальнейшем при обработке будут обеспечивать необходимое качество изготовления планов и карт; возможность изучать и измерять качественные и количественные характеристики земной поверхности.

Масштаб аэрофотосъемки

Главный масштаб изображения, построенного в аэрофотоаппарате (рис. 1), определяется формулой:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H}, \quad (1)$$

где m - знаменатель масштаба,

f - фокусное расстояние объектива аэрофотоаппарата,

H - высота фотографирования,

AB и ab - расстояния между точками на местности и их изображениями на снимке.

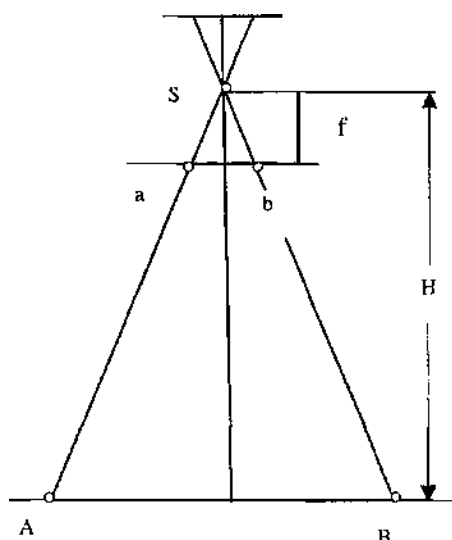


Рисунок 1 - Масштаб аэроснимка

Из формулы (1) следует, что масштаб аэрофотоснимка относительно средней предметной плоскости можно вычислить по формуле:

$$m = \frac{H}{f}. \quad (2)$$

Фокусное расстояние аэрофотоаппарата

Фокусное расстояние f - расстояние от задней узловой точки схода проектирующих лучей объектива до плоскости формирования изображения. Является одной из величин, определяющих масштаб изображения. Объективы, применяемые при аэрофотосъемке, по длине фокусного расстояния условно делят на короткофокусные (50-140 мм), среднефокусные (140-350 мм) и длиннофокусные (более 350 мм).

Длина и ширина участка съёмки

Аэрофотосъемочные маршруты прокладывают на местности во время аэрофотосъёмки согласно ориентирам (на каждом маршруте выбирают входные и выходные ориентиры, хорошо опознаваемые сверху) и карт также по координатам при наличии современного навигационного оборудования (рис. 2).

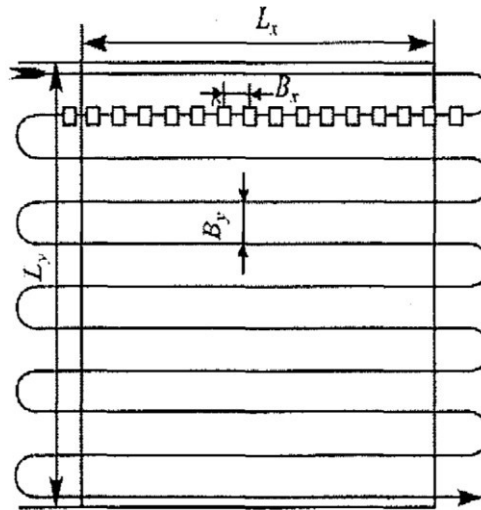


Рисунок 2 - Схема аэрофотосъемки участка

Первый маршрут прокладывают вдоль северной или южной границы съемки так, чтобы он перекрывал эту границу не менее чем на четверть рабочей площади аэроснимка.

Ширина участка аэрофотосъемки L_y зависит от количества аэрофотосъемочных маршрутов и расстояния между ними B_y . Длина и ширина участка (L_x и L_y) определяются по топографическим картам путем измерения или вычисления.

Максимальное превышение на участке

Максимальное превышение на участке необходимо учитывать при вычислении продольного и поперечного перекрытий аэроснимков; определяется как разность максимальной и минимальной отметок местности (рис. 2) в пределах аэросъемочного участка по формуле:

$$h = H_{max} - H_{min} \quad (3)$$

Контрольные вопросы:

1. Что изучает фототопография?
2. Какие направления исследований выделяют в фотограмметрии?

3. Какую задачу решает фототопография?
4. В каких областях науки и техники применяется фотограмметрия?
5. История развития фотограмметрии.
6. История возникновения и развития дистанционных методов изучения Земли.

2 Физические основы аэро- и космических съёмок

2.1 Основные понятия, термины и определения

Аэро- и космические съемки – первые технические этапы при решении фотограмметрических задач и дистанционного зондирования.

При этом выполняют измерение отраженного или собственного электромагнитного излучения. Измеряют и регистрируют объект с помощью различных датчиков или съемочных систем.

Под съемочной системой понимают технические средства, с помощью которых регистрируют электромагнитное излучение.

Аэро- и космические съемки Земли разделяют на пассивные и активные.

При пассивной съемке информацию получают двумя способами: первый – путем регистрации отраженного от объекта солнечного светового потока, второй – измерением радиационного потока, излучаемого самим объектом.

При активной съемке поверхность исследуемого объекта облучается с борта аэро- или космического летательного аппарата с помощью искусственного облучателя.

Аэро– и космические съемки представляют собой сложный комплекс инженерных, технических и организационных мероприятий, в состав которых входят работы по наземному обеспечению получения и последующей предварительной обработке изображений (снимков).

При дистанционном зондировании Земли наиболее широко применяют

пассивные съемочные системы (фотографические и оптико-электронные), а из активных – радиолокационные системы бокового обзора и лазерные системы.

Материалы аэро- и космических съемок имеют ряд преимуществ по сравнению с топографической съемкой, благодаря которым решают многочисленные задачи изучения поверхности Земли. К таким преимуществам можно отнести:

1. Оперативность получения метрической и смысловой информации об изучаемой территории;
2. Объективность и документальность этой информации;
3. Экономическую эффективность получения информации по материалам аэро- и космических съемок;
4. Возможность регулярных наблюдений за изменениями, происходящими на изучаемой территории.

Цифровая модель местности (ЦММ) представляет собой многомерную цифровую запись информации о местности на магнитном носителе. В цифровых информационных потоках информация хранится поэлементно.

Цифровые модели местности являются базой для создания широкого спектра картографической продукции, используемой землеустроительными и кадастровыми службами.

Цифровые карты содержат значительно больший объем информации, нежели традиционные графические карты, благодаря послойному ее хранению. Кроме того, цифровые карты физически не устаревают, не ветшают. Поддержание информации о местности на современном уровне осуществляется ведением непрерывного мониторинга и картографического дежурства.

Фотоплан - фотографическое одномасштабное изображение местности в заданном, обычно стандартном масштабе, на которое нанесена координатная сетка. Как правило, фотопланы изготавливают в рамках трапеций государственной или условной разграфки или на территорию

отдельных землепользований.

На контурных фотопланах условными знаками показаны необходимые элементы ситуации, некоторые элементы естественного рельефа: бровки балок и оврагов, линии резкого изменения крутизны склонов, а также искусственные формы рельефа.

На топографических фотопланах условными знаками показана ситуация и нанесены горизонтالي. После удаления фотоизображения контурные и топографические фотопланы превращаются соответственно в контурные и топографические планы.

Ортофотоплан – фотографическое изображение местности в ортогональной проекции. Первоначально по экономическим соображениям ортофотопланы изготавливались преимущественно на горные территории. В настоящее время ортофотопланы получают на различные районы местности с любыми превышениями и формами рельефа.

3D - изображение – это изображение трёхмерных объектов на плоскости. Эта новая форма представления пространственной информации в настоящее время находит широкое применение в различных сферах научной и производственной деятельности.

2.2 Схема получения видеoinформации при аэро- и космических съемках

При съёмке радиационный поток проходит путь от источника излучения до объекта через атмосферу, где происходят его энергетические изменения.

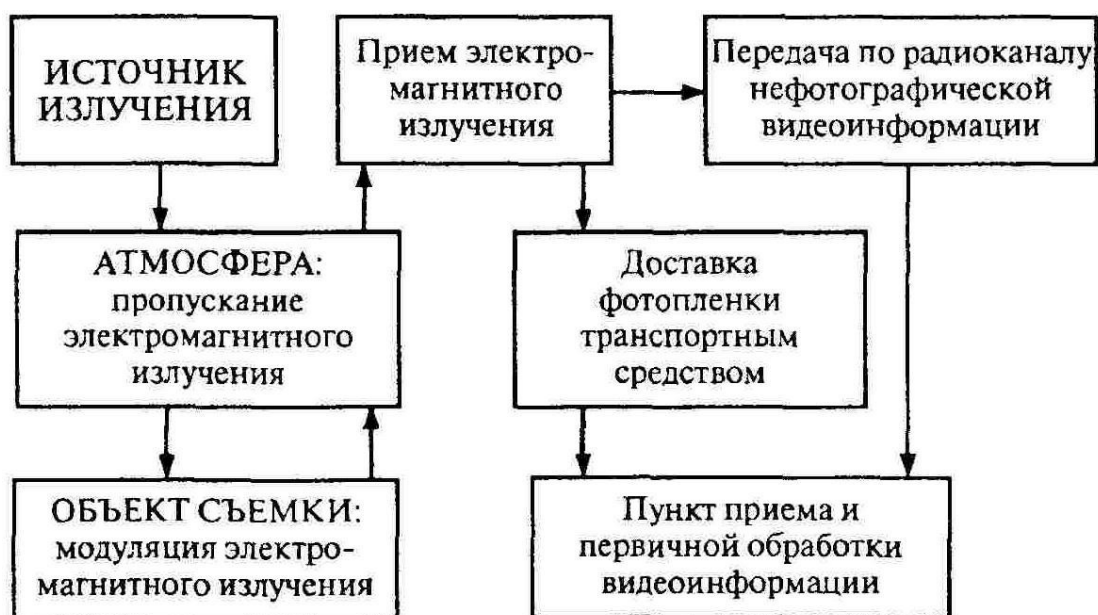


Рисунок 3 - Схема получения первичной видеоинформации

В результате взаимодействия с объектом часть радиационного потока отражается в пространство. Отражённый от объектов радиационный поток имеет иной спектральный состав, поляризацию и энергию.

Поэтому отражённый поток электромагнитного излучения несёт сведения о свойствах изучаемых объектов.

На пути от объекта до приёмника съёмочного устройства отражённое излучение объекта подвергается искажению под воздействием различных компонентов, входящих в состав атмосферы.

Излучение радиодиапазона искажается помехами, вызванными в основном радиомагнитным полем Земли.

В качестве приёмников излучения в съёмочных системах служат фотографические плёнки, фотоэлектрические и термоэлектрические элементы. Если съёмка выполняется с помощью радиосъёмочной аппаратуры, то для приёма радиоизлучения от объекта используют антенны.

Материалы съёмки поступают на пункты приёма. При выполнении фотографических съёмки здесь выполняется фотохимическая обработка фотоплёнки, изготавливаются контактные снимки. При съёмке

нефотографическими съёмочными системами, передающими результаты измерений излучения по радиоканалу, на пунктах приема записывают передаваемую информацию, проводят ее визуализацию и размножают цифровые изображения. На пунктах приема также оценивают изобразительное и фотограмметрическое качество материалов съёмок, выполняют фотометрическую и геометрическую коррекцию нефотографической видеоинформации. После этого результаты дистанционного зондирования передают потребителю на фотографических или магнитных носителях. На территории страны существует сеть региональных государственных и негосударственных пунктов приема космической информации. Потребитель информации практически одновременно с проведением съемки может получать интересующие сведения об объектах (так называемая съемка в реальном или близреальном времени).

Как видно, процедура получения видеоинформации достаточно сложная. На каждом этапе происходит искажение электромагнитного излучения, формирующего изображение. Знание особенностей этих искажений позволяет учитывать их при планировании, выполнении съёмок или при дальнейшей обработке материалов аэро- и космических съёмок.

Контрольные вопросы

1. Влияние атмосферы на оптические характеристики ландшафта и качество аэрофотоизображения.
2. Носители аэрофотосъёмочного оборудования. Беспилотные летательные аппараты.

3 Аэро- и космические съёмочные системы

3.1 Классификация съёмочных систем

Классифицировать съёмочные системы можно по различным критериям.

Съёмочные системы разделяют на:

- воздушные и космические;
- пассивные и активные;
- работающие в оптическом или радиодиапазоне;
- однозональные и многозональные. При выполнении многозональных съёмок получают одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения;
- фотографические и нефотографические съёмочные системы.

Фотографирование может выполняться на чёрно-белых или цветных фотоматериалах. Цвет изображения может быть натуральным или псевдоцветным (спектрзональное фотографирование);

- оперативные и неоперативные, в зависимости от способа и сроков доставки видеoinформации. Фотографические съёмочные системы являются неоперативными, так для доставки экспонированной плёнки требуется посадка летательного аппарата или спуск на Землю специального контейнера. Нефотографические системы относят к оперативным. С их помощью видеoinформация передаётся по радиоканалу в реальном времени съёмки, или записывается на магнитном носителе, с последующей передачей в эфир;

- использующие для построения изображения законы центральной проекции (кадровые - фотографические и телевизионные системы), строчно-кадровую развёртку (сканеры) и иные законы. В настоящее время при создании топографических крупномасштабных планов и карт фотограмметрическим методом используются в основном снимки, получаемые кадровыми аэрофотоаппаратами.

Классификация может быть продолжена исходя из многообразия конструкций и технических характеристик съёмочных систем.

В настоящее время при создании топографических крупномасштабных планов и карт фотограмметрическим методом используются в основном

снимки, получаемые кадровыми аэрофотоаппаратами.

3.2 Основные критерии съёмочных систем

Основные критерии, применяемые для оценки информационных возможностей съёмочных систем, следующие: линейная разрешающая способность, спектральная разрешающая способность, фотограмметрическая точность, фотометрическая точность.

Линейной разрешающей способностью съёмочной системы называют её возможность отдельно воспроизводить на снимке мелкие детали снимаемого объекта.

Под термином спектральная разрешающая способность съёмочной системы понимают минимальную ширину спектральной зоны, в которой производится съёмка. Ширина спектральной зоны определяется возможностью используемого сенсора воспринимать интегральный сигнал (уровень излучения), создаваемый в данной зоне. Для фотографических систем она приблизительно равна 40-50нм, для нефотграфических систем - 10-20нм и менее.

Фотограмметрическая точность съёмочных систем – критерий геометрического искажения получаемого снимка. Степень геометрического искажения определяется позиционной точностью построения оптического изображения и последующей деформации данного оптического изображения приёмником излучения. Существуют топографические и нетопографические съёмочные системы. Под топографическими понимаются такие системы, геометрические искажения в которых минимальны и практически не влияют на точность фотограмметрических преобразований. К этому же классу можно отнести съёмочные системы, имеющие значительные искажения геометрии построения изображения, но с известным законом (моделью) деформации. Используя модель деформации, можно учесть геометрические искажения снимка при цифровой фотограмметрической обработке. Для

нетопографических съёмочных систем главным является получение изображения с высокими изобразительными свойствами.

Под фотометрической точностью съёмочной системы понимают её способность пропорционально воспроизводить через уровень видеосигнала (в частности через оптическую плотность или цвет) соотношение яркостей элементов снимаемой местности.

Причинами, снижающими фотометрическую точность, могут быть: оптический тракт съёмочной системы, нестабильность работы её электронной цепи, непропорциональность регистрации сигналов сенсором и др. Съёмочные системы, обеспечивающие достаточную точность передачи пропорций яркостей снимаемых объектов по полю изображения, относят к фотометрическим.

Контрольные вопросы

1. Какие критерии положены в основу классификации съёмочных систем?
2. Что означает термин «фотограмметрическая точность» съёмочной системы?
3. Каков физический смысл понятий «линейная разрешающая способность» съёмочной системы, «разрешение» съёмочной системы?»

4 Фотографические съёмочные системы

4.1 Общие сведения

Фотографический способ регистрации электромагнитного излучения — один из основных способов при производстве съёмок земной поверхности с воздушных летательных аппаратов.

Знание свойств фотографических материалов, а также принципа и точности построения изображения в различных типах фотокамер позволяет

оптимизировать съемочный процесс и процесс использования получаемых снимков.

Достоинства фотографического способа получения и хранения информации заключаются в том, что:

- изображение представляет собой аналоговую модель снимаемого объекта в виде двумерного распределения функций его яркости (оптической плотности или цвета);

- достаточно строгая пропорциональность оптической плотности (цвета) на снимке яркостям объектов;

- фотографический процесс и возможность управления им изучены достаточно;

- фотографические сенсоры (фотоматериалы) имеют достаточно стабильные характеристики и свойства, что обеспечивает получение снимков необходимого качества;

- стоимость фотоснимков значительно ниже стоимости снимков, полученных нефотографическим способом;

- разрешающая способность получаемых изображений высока. Недостатки фотографического способа:

- ограничение спектральной зоны съемки (0,3... 1,1 мкм);

- необходимость проведения фотохимической обработки;

- неоперативность доставки получаемой информации;

- зависимость от погодных условий;

- необходимость проведения специальной процедуры ввода изображения при дальнейшей компьютерной обработке снимков.

4.2 Кадровые топографические аэрофотоаппараты

Существует большое число конструкций аппаратов. Аэро- и космические фотоаппараты можно классифицировать: по способу построения изображения, числу используемых спектральных зон (каналов), а

также по длине фокусного расстояния объектива, разрешающей способности, назначению и т.д.

Наибольшее применение имеют кадровые топографические аэрофотоаппараты (АФА).

В них имеется плоская поверхность, на которой строится изображение, неподвижный относительно нее объектив, главная оптическая ось занимает неизменное положение, перпендикулярно плоскости снимка, изображение строится в центральной проекции. Экспонирование площади снимка происходит одновременно.

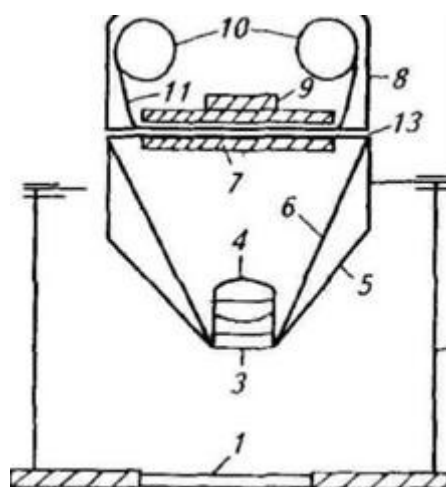


Рисунок 4 – Схема устройства аэрофотоаппарата

Блок-схема основных устройств показана на рисунке 4. Основными блоками его являются съемочная камера и кассета.

Съемочная камера состоит из оптического блока 6 и корпуса 5. В нижней части оптического блока расположен объектив 4 с закрепленным на нем светофильтром 3. В верхней части этого блока, в фокальной плоскости аэрофотообъектива, расположена прикладная рамка 13. Пленка в АФА располагается в кассете 8 на катушках 10.

В плоскости прикладной рамки в момент фотографирования происходит выравнивание аэрофотопленки. Существуют несколько способов выравнивания аэрофотопленки. Например, с помощью прижимного стола 9 аэрофотопленка прижимается к выравнивающему стеклу 7. В некоторых

типах АФА выравнивание пленки происходит за счет создания воздушного разрежения между пленкой и выравнивающим столом. Невыравнивание аэропленки приводит к геометрическим деформациям изображений и снижает разрешающую способность снимка. Управляют работой АФА с помощью пульта 12. Аэрофотокамера закрепляется в аэрофотоустановке 2 над стеклом, герметизирующим люк летательного аппарата.

На серединах сторон прикладной рамки (в некоторых конструкциях также в ее углах) имеются координатные метки, которые отображаются при съемке на каждом аэроснимке. Форма меток может быть различной, например, в виде острого угла, направленно-го к центральной части снимка, или в виде крестов. Прикладная рамка ограничивает размеры снимка. Наиболее широко применяемые форматы 18 x 18, 23 x 23 и 30x30 см. Формат кадра может быть не квадратным.

1 — стекло люка; 2 — аэрофотоустановка; 3 — светофильтр; 4 — объектив; 5 — корпус камеры; 6 — оптический блок; 7 — выравнивающее стекло; 8— приемная и передающая кассеты; 9 — прижимной стол; 10 — приемная и передающая катушки с аэропленкой; 7 —аэропленка; 12 — пульт управления; 13 — прикладная рамка.

В некоторых типах АФА (АФА-ТЭС) в плоскости прикладной рамки находится выравнивающее стекло, на поверхность которого наносят контрольные метки в виде сетки крестов с шагом 10 или 20 мм.

Толщина штрихов крестов — 2—3 мкм, а точность их нанесения — 2 мкм. Используя сетку крестов, учитывают искажения изображения на снимке.

Расстояния между координатными и контрольными метками (крестами) определяют при фотограмметрической калибровке АФА, результаты заносят в формуляр аэрофотоаппарата. Используют их для выявления и учета деформации аэрофотопленки, а также для построения системы координат снимка при фотограмметрической обработке снимков. По резкости изображения конт-рольных меток (крестов) оценивают качество

выравнивания аэропленки.

Кассета (съемная часть аэрокамеры) предназначена для размещения аэропленки, ее перемотки и отмеривания по размеру кадра, а также, как уже сказано ранее, выравнивания пленки в плоскость. Кассета в зависимости от толщины подложки вмещает аэропленку длиной 60 или 120 м, что соответствует для отечественных АФА 300 или 600 снимкам размером 18 x 18 см.

Аэрофотообъектив — оптико-механическое устройство, состоящее из оптической и механической части. Оптическая часть (собственно объектив) — это закрепленные в корпусе линзы различной кривизны и формы. Линзы подбирают с целью получения оптического изображения с заданными свойствами. Узлы механической части, затвор и диафрагма, размещаются в межлинзовом пространстве аэрообъектива.

Затвор — это устройство, регулирующее время (выдержку), в течение которого происходит экспонирование аэропленки. Выдержки в аэрофотоаппаратах изменяются от 1/40 до 1/1000 с и менее. Изменяются выдержки в аэрофотоаппаратах ступенчато (например, 1/125, 1/250, 1/500), что позволяет регулировать экспозицию кратно двум.

В момент открытия затвора летательный аппарат и вместе с ним аэрофотоаппарат совершают линейные и угловые перемещения относительно снимаемой местности. Это вызывает перемещение оптического изображения относительно аэрофотопленки. В результате происходит смаз фотографического изображения, уменьшающий резкость и разрешающую способность снимка на 30...50 %.

Смаз фотографического изображения можно уменьшить, уменьшив выдержку при съемке.

Однако есть предел уменьшения выдержки. Поэтому в некоторых типах аэрофотоаппаратов применяют устройства, называемые компенсаторами сдвига изображения. Смысл их работы заключается в том, что с помощью специальных устройств в момент экспонирования устраняют

перемещение оптического изображения относительно светочувствительного слоя. Помимо сдвигов оптического изображения, вызванных линейными и угловыми движениями летательного аппарата, на качество изображения оказывают влияние вибрационные сдвиги. Основная причина их появления — вибрации от работы моторов летательных аппаратов.

Диафрагма служит для изменения диаметра входного отверстия объектива. В аэрофотоаппаратах диаметр входного отверстия объектива регулирует величину светового потока, проходящего через объектив. Чем больше диаметр диафрагмы, тем больше освещенность экспонируемой аэрофотоплёнки. В практических целях для выражения размера отверстия объектива используют характеристику, называемую «относительным отверстием». Относительное отверстие объектива есть отношение диаметра входного (действующего) отверстия к фокусному расстоянию объектива.

В объективах используют стандартные дискретные значения относительных отверстий, знаменатели которых равны 2; 2,8; 4; 5,6; 8; 11; 16; 22; 32. Эти значения отмечают на кольце диафрагм, с помощью которого можно установить заданную величину относительного отверстия. Их рассчитывают таким образом, что переход к соседнему индексу диафрагмы изменяет освещенность светочувствительного фотоматериала в два раза.

Поэтому освещенность и выдержку можно изменять с шагом, кратным двум, что увеличивает шкалу дискретности экспонирования. Создание точной экспозиции при фотосъемке позволяет получить изображения с заданными изобразительными свойствами.

Основные характеристики аэрофотообъектива, определяющие метрические и изобразительные свойства снимков, — фокусное расстояние, дисторсия, разрешающая способность, угол поля изображения, светораспределение по полю изображения.

Неравномерность светораспределения приводит к тому, что объекты одинаковой яркости при отображении их в центре или на краю снимка имеют различную оптическую плотность (цвет).

Угол, образованный лучами, исходящими из задней узловой точки объектива и опирающимися на диагональ прикладной рамки АФА, называют углом поля изображения (рис. 3.2). По величине угла поля изображения аэрофотоаппараты подразделяют на узкоугольные (менее 15°), нормальноугольные ($15...60^\circ$), широкоугольные (более 60°).

При увеличении угла поля изображения увеличивается неравномерность светораспределения от центра к краю и уменьшается разрешающая способность снимка. В узкоугольных АФА эти изменения выражены в меньшей степени. Для устранения неравномерности светораспределения, которая в широкоугольных аппаратах может быть значительной, применяют напыление объективов металлическим порошком, с плотностью слоя, уменьшающегося от центра к краю.

4.3 Нетопографические аэрофотоаппараты

АФА нетопографического назначения применяются для получения аэрофотоснимков с целью их топографического, геологического, ландшафтного и других видов специального дешифрирования. В этом случае решение измерительных задач по аэрофотоснимкам ограничивается определением цифровых характеристик отдешифрированных объектов (глубины оврагов, высоты деревьев и пр.). На этом основании требования короткофокусности (минимизации дисторсии) аэрофотоснимков, получаемых этими аэрофотоаппаратами, значительно снижаются.

1) Щелевые аэрофотоаппараты (АЩАФА)

При щелевом фотографировании (метод щелевой аэрофотосъемки разработан В. С. Семеновым в 1936 г.) изображение местности 1 получается в результате непрерывного экспонирования фотопленки 2, движущейся по направлению летательного аппарата; аэрофотопленка экспонируется при помощи объектива 4 через постоянно открытую щель 3, расположенную в

фокальной плоскости объектива перпендикулярно направлению летательного аппарата (см. рис. 5).

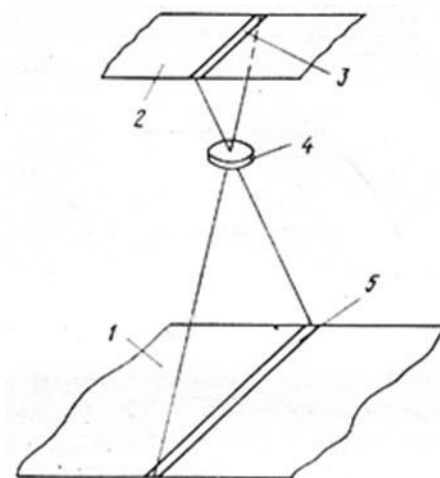


Рисунок 5 – Щелевое фотографирование местности

Скорости перемещения аэрофотоплёнки и летательного аппарата согласованы. Результатом фотографирования местности в этом случае являются не отдельные кадры, а сплошная лента - фотографическое изображение маршрута полета летательного аппарата, причем в поперечном направлении (по ширине аэрофотоплёнки) щелевой снимок представляет центральную проекцию, а в продольном - ортогональную проекцию фотографируемой местности.

Таким образом, в щелевом аэрофотоаппарате светочувствительный материал непрерывно экспонируется через щель, расположенную в фокальной плоскости объектива перпендикулярно к линии полета.

Отсюда можно сделать выводы:

1. Перемещение аэрофотоплёнки с определенной скоростью в направлении полета летательного аппарата исключает сдвиг, вызывающий нерезкость изображения.

2. Для сохранения заданной выдержки t необходимо с изменением скорости движения аэрофотоплёнки пропорционально изменять ширину щели, которая обычно изменяется от 1,5 до 10 мм.

3. Допустимая выдержка в щелевом аэрофотоаппарате, определяемая допустимым сдвигом, значительно больше допустимой выдержки при использовании кадровых аэрофотоаппаратов в тех же условиях.

4. В щелевом аэрофотоаппарате затвор отсутствует, регулирование экспозиции производится изменением ширины щели и диафрагмированием.

5. Изображение местности получается в виде сплошной ленты.

Щелевые аэрофотоаппараты бывают однообъективные и двухобъективные; они имеют две основные системы механизмов: систему механизмов синхронизации движения аэропленки и систему механизмов регулирования экспозиции (регулирование ширины щели). Управление этими механизмами выполняется в полуавтоматическом или чаще всего в автоматическом режиме работы.

2) Панорамные аэрофотоаппараты (ПАФА)

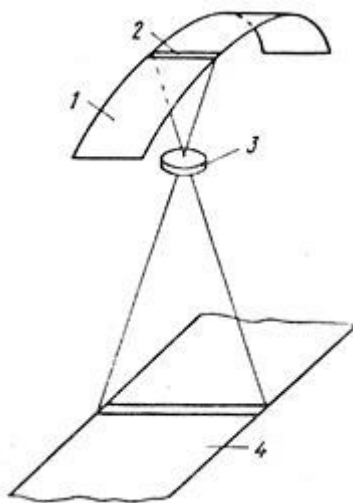


Рисунок 6 - Панорамное фотографирование участка местности

При панорамном фотографировании (рис. 6) участка местности 4 используется объектив 3, оптическая ось которого вращается вокруг оси, проходящей через заднюю узловую точку параллельно образующей цилиндра, на котором располагается фотопленка 1. При этом задняя узловая точка находится на оси цилиндра, которая обычно параллельна направлению полета; радиус цилиндра равен фокусному расстоянию объектива.

Панорамный аэроснимок получается путем последовательного перемещения щели 2 по поверхности аэрофотоплёнки и ее экспонирования. По форме это обычно прямоугольный снимок в виде кадра, но экспонирование аэрофотоплёнки происходит не одновременно, а последовательно в соответствии со скоростью вращения объектива. Таким образом, панорамный аэроснимок представляет собой развертку местности на цилиндрическую поверхность.

Панорамные аэрофотоаппараты бывают прямого сканирования, осуществляемого качанием (вращением) объектива, и косвенного сканирования, осуществляемого вращением призм или зеркал, установленных перед объективом.

Выдержка $t_{ск}$, получаемая в ПАФА, определяется скоростью вращения объектива $v_{об}$ или скоростью сканирования $v_{ск}$ и шириной щели $l_{щ}$, т. е.

$$t_{ск} = l_{щ} / v_{ск}$$

В современных ПАФА скорость сканирования $v_{ск}$ изменяется от 30 до 700 см/с, а ширина щели $l_{щ}$ от 1 до 10 мм; в соответствии с этим величина выдержки изменяется в очень широких пределах - от 1/30 до 1/15000 с.

Особенности панорамных аэрофотоаппаратов:

1. Используется только центральная часть поля зрения объектива, что способствует получению высоких изобразительных свойств панорамных снимков.

2. Скорость поворота проектирующего пучка при сканировании не зависит от путевой скорости W , что позволяет успешно использовать ПАФА для фотографирования с любого летательного аппарата.

3. Большая ширина снимаемой полосы местности (угол панорамирования составляет 140-180°).

4. Необходима точная синхронизация поворота проектирующего пучка с движением аэрофотоплёнки мимо щели при косвенном способе сканирования.

5. Сравнение ПАФА с многокамерными АФА и АФА в качающих аэрофотоустановках показывает, что трехобъективная система гораздо проще размещается в самолете, чем ПАФА, для вращения объектива или призмы которого необходим люк больших размеров, но аэрофильм, полученный ПАФА, гораздо удобнее для рассматривания, хотя менее удобен для определения координат.

6. Применение ПАФА для картографических целей ограничивается сложностью их калибровки (определение элементов внутреннего ориентирования) и недостаточной геометрической определенностью получаемых аэроснимков, что является следствием механических перемещений частей АФА во время экспонирования (неодновременностью экспонирования всего снимка), однако эти трудности не являются непреодолимыми.

Контрольные вопросы:

1. Аэрофотоаппараты и основные характеристики аэрофотообъектива.
2. Оптическая система АФА. Разрешающая способность оптических систем. Методы их определения.
3. Принцип панорамного фотографирования. Классификация панорамных АФА.

5 Фотографические материалы, применяемые при аэро- и космических съемках

5.1 Понятие о фотографическом процессе

Фотографический процесс, основанный на использовании галогенидосодержащих светочувствительных материалов, включает в себя несколько стадий, основными из которых являются стадия съемки, негативная и позитивная стадии.

Основная задача стадии съемки – это получение скрытого (невидимого) изображения на светочувствительном материале. Съемка осуществляется посредством фотокамеры – высокоточного оптического прибора. Фотокамера состоит из светонепроницаемого корпуса, исключаяющего постороннюю подсветку фотоматериала; объектива с приспособлением для наведения изображения на резкость; затвора, регулирующего доступ сформированного оптического изображения (света) к светочувствительному материалу; кассеты со светочувствительным материалом; приспособлением для визирования изображения объекта.

Объектив представляет систему линз, формирующих на светочувствительном материале изображение объекта съемки. Для получения четкого (резкого) изображения либо изготавливают фотокамеру с раздвижным корпусом, либо объектив (группа линз у объектива) должен перемещаться по резьбе, позволяя изменять его положение относительно светочувствительного материала.

Съемка ведется на светочувствительные материалы, изготавливаемые отечественной и зарубежной промышленностью. Основным светочувствительным веществом в них являются микрокристаллы галогенидов серебра, равномерно распределенные в водном растворе желатина. Этот состав наносят на бумагу, стекло или пленочную основу. При съемке на различных участках фотоматериала образуется невидимое глазом (скрытое) изображение.

После съемки экспонированный фотоматериал обрабатывают в темном или освещенном неактивным светом помещении. Обработка в первую очередь включает процесс проявления в специальном химическом растворе (проявителе), преобразующем невидимое изображение в видимое. Затем фотоматериал промывают и подвергают дальнейшей обработке в растворе фиксажа для удаления неэкспонированных и невосстановленных при проявлении галогенидов серебра. Этот этап обработки называется

фиксированием (закреплением). За фиксирование следуют окончательная промывка и сушка фотоматериала.

Процесс обработки дает изображения, плотности почернения которых пропорциональны количеству воздействовавшего на различные участки фотоматериала света. Однако их тональность обратна яркостям объекта съемки. Поэтому данную стадию обработки называют негативной, а получаемое изображение негативом.

С негатива изготавливают изображение, либо на фотобумаге, либо на фотопленке или фотопластинке. Этот процесс называют позитивным, поскольку получаемое в его ходе изображение соответствует яркостям фотографируемого объекта. Изображение на фотобумаге называют фотоснимком, а на фотопленке или фотопластинке – диапозитивом (слайдом).

Позитивный процесс состоит из двух этапов: экспонирования светочувствительного материала (фотопечати) и его химико-фотографической обработки. Печать ведется контактным или проекционным способом. В первом случае получают позитивы, соответствующие по размерам исходному негативу. Во втором случае изображение негатива может быть увеличено, уменьшено или получено в одинаковом с негативом масштабе. Для контактной печати используются специальные копировальные приборы и копировальные рамки, для проекционной – фотоувеличители.

Получить позитивное изображение, минуя негативную стадию, позволяет специальная химико-фотографическая обработка фотоматериала способом обращения. Фактически отсутствует стадия получения негатива в цифровом фотографическом процессе

5.2 Понятие о цветной фотографии

Число цветов и оттенков цветного изображения воспринимается глазами человека во много раз больше, чем число тонов черно-белого

изображения. Это предполагает получение большего объема информации при использовании цветной фотографии, что особенно важно при съемках земной поверхности.

Рассмотрим основные характеристики цвета: цветовой тон или оттенок, насыщенность цвета, светлота или относительная яркость.

Цветовой тон (иначе цвет) — это основной критерий, отличающий его от серого и белого. Насыщенность цвета есть степень разбавленности его белым. Светлота характеризует относительный цветовой контраст. Например, если одна часть цветной поверхности освещена, а другая находится в тени, то при одинаковой насыщенности они различаются по светлоте.

В основу цветной фотографии заложена выдвинутая М. В. Ломоносовым теория о трехкомпонентном цветовом делении зрения. В соответствии с этой теорией глаз человека имеет три группы колбочек, воспринимающих три основных цвета: синий (С), зеленый (З) и красный (К). С их помощью можно воспроизвести любой цвет путем смешивания. Схему смешения цветов можно анализировать на примере треугольника цветов (рис. 7).

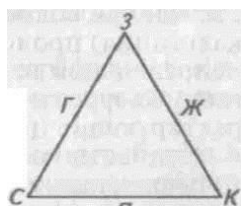


Рисунок 7 –Треугольник цветов

Буквами Г, Ж, П обозначены дополнительные цвета, соответственно голубой, желтый и пурпурный. С помощью цветного треугольника легко определить набор цветов для получения нужного цвета. Белый (Б) цвет получают сложением основных цветов $Б = С + З + К$, черный (Ч) — дополнительных $Ч = Г + Ж + П$. Заменяя основные цвета на дополнительные

и дополнительные на основные, возможны различные комбинации цветообразования:

$$\Gamma = C + Ж, Ж = З + К, П = C + К;$$

$$Б = C + Ж, Б = З + П, Б = \Gamma + К;$$

$$C = \Gamma + П, З = \Gamma + Ж, К = Ж + П.$$

Получение цветов в результате смешения основных называют аддитивным смешением. Смешение дополнительных цветов для получения основных путем вычитания из белого некоторых цветов называют субтрактивным синтезом цветов. Последний способ проще реализуется, и поэтому его применяют в цветной фотографии. В цветных фотографических материалах (фотопленках и фотобумагах) применяется принцип разделения и синтезирования цветов.

Цветные фотопленки и фотобумаги имеют по три элементарных фотослоя (рис. 8), а в некоторых случаях четыре.



Рисунок 8 – Схема цветного фотоизображения: I – цветной объект; II – цветная фотопленка; III – цветной негатив; IV – цветной позитивный материал: 1...6 элементарные слои

Каждый из слоев чувствителен к лучам определенного спектра: первый — к синим, голубым и пурпурным; второй — к голубым, зеленым и желтым;

третий — к желтым, красным и пурпурным. В каждом слое находятся красители, которые после химической обработки окрашивают его в дополнительный цвет. Первый слой окрашивается в желтый цвет, второй — в пурпурный, третий — в голубой. После химической обработки изображение объектов на цветном негативе будет иметь цвета, не соответствующие оригиналу. Их цвета получаются сложением цветов изображений объектов на элементарных слоях.

Цветной позитивный процесс аналогичен цветному негативному процессу. В результате цветовоспроизведение цветного позитива должно соответствовать цветовой гамме объекта. Это называют балансом цветов. При длительном хранении пленки, неправильной химической обработке, использовании при съемке не соответствующего по спектру освещения (например, пленка для съемки при солнечном освещении экспонируется в лучах ламп накаливания) происходит разбалансирование цветов, что приводит к неправильной передаче цветов объекта на позитивном изображении. Скорректировать цвета при печати можно, применив корректирующие цветные светофильтры.

Основные характеристики черно-белых фотоматериалов (светочувствительность, коэффициент контрастности, фотографическая широта, фактор зернистости и разрешающая способность) не меняют своих понятий в цветной фотографии. Методики их определения и формулы для их расчетов имеют некоторые отличия.

Существенный недостаток цветных изображений — пониженная по сравнению с черно-белыми материалами разрешающая *способность, что может ограничивать* области их применения. Объясняется это наличием трех элементарных светочувствительных слоев на фотоматериале.

Разновидность цветной аэрофотографии — спектральная фотография. Регистрируется изображение на двух или трех цветных слоях фотопленки. В отличие от цветного фотографирования в натуральных цветах

при спектральнозональной съемке получают изображения в ложных цветах, не соответствующих цветам объектов. Псевдоцвета изображений объектов позволяют добиться наибольших цветовых контрастов. Например, пашня может изобразиться красным или синим цветом. За счет повышения цветовых контрастов надежнее и легче выполняется визуальное выявление изображений малоконтрастных объектов на снимках.

Спектральнозональную съемку выполняют для изучения состояния посевов, лесов, при почвенном картографировании, при геологических исследованиях и т. д.

Для спектральнозонального фотографирования применяют цветные фотопленки с маркировкой СН — спектральнозональные негативные. Различные типы спектральнозональных пленок имеют элементарные слои, чувствительные к различным *зонам спектра*, в зависимости от спектральной отражательной способности изучаемых объектов выбирают тот или иной тип спектральнозональной фотопленки.

Печать спектральнозональных снимков выполняют контактным или проекционным способом. Химическая обработка для получения негативов и позитивов аналогична обработке цветных фотоматериалов.

Достоинство цветной и спектральнозональной фотографии — высокая энергетическая разрешающая способность, что позволяет получить большой объем информации на снимке.

При компьютерной обработке цветных снимков потребуется в три раза больше объема памяти для хранения цифрового цветного изображения. Это объясняется тем, что при вводе в компьютер цветного снимка, применяемый для этих целей цветной сканер, сканирует и представляет в цифровом виде изображение каждого элементарного слоя. Стоимость цветных снимков больше стоимости снимков, полученных на черно-белых фотоматериалах.

Развитие теории фотографии, совершенствование фотографических материалов и технических средств их фотохимической обработки позволило

повысить качество цветных изображений. Упростился и ускорился процесс получения цветных позитивов.

Контрольные вопросы:

1. Основные этапы сенситометрических исследований пленок.
2. Аэрофотопленка и фотобумага. Негативный и позитивный процессы.
3. Схема получения цветного изображения. Каковы преимущества и недостатки цветного изображения по сравнению с черно-белым.
4. Какие химические преобразования вещества являются основой фотографического процесса?
5. Влияние гранулометрических параметров пленок на их изобразительные и метрические свойства.

6 Нефотографические съемочные системы

К нефотографическим системам относят несколько классов съёмочных устройств, которые разработаны с целью расширения технических возможностей аэро- и космических методов изучения Земли.

Нефотографические съемочные системы отличаются от фотографических систем тем, что в них для регистрации электромагнитного излучения применяют иные сенсоры и другие способы передачи изображения. Нефотографические системы разработаны с целью расширения технических возможностей аэро- и космических методов изучения земной поверхности. Съёмочные системы, установленные на космических летательных аппаратах, позволяют получать информацию о процессах, проходящих на Земле в реальном или близреальном времени. Специфика космических полетов потребовала конструирования съёмочных систем специального вида: компактных, малой массы и энергопотребления, надежных в работе, с возможностью передачи без искажения информации на пункт приема непосредственно в процессе съемки и т.д. Съёмочные системы,

применяемые при космических съемках, успешно используют в съемочном процессе с самолетов и вертолетов.

В кадровых телевизионных (ТВ) системах по аналогии с кадровыми фотографическими системами изображение строится по закону центральной проекции. Существуют оптическая система, затвор, компенсатор сдвига изображения. Изображение формируется на фотоэлектрической поверхности (фотомишени), являющейся частью приемопередающего устройства — видикона. Фотомишень выполняет функции фотопленки, но в отличие от нее используется многократно. Оптическое изображение с помощью объектива строится на фотомишени. На ее поверхности образуется поле электрических зарядов. Величина заряда на элементарной площадке фотомишени пропорционален интенсивности падающего светового потока (экспозиции).

Таким образом, изображение представлено распределением электрических зарядов различной величины. Изображение сканируется электронным лучом, исходящим из электронного прожектора. В момент взаимодействия электронного луча с элементарной ячейкой происходит сложение зарядов. Суммарный заряд поступает на усилитель, после чего передается по радиоканалу на наземный пункт приема, где поступившие сигналы преобразуются в изображение. В процессе сканирования фотоэлектрическая поверхность очищается и, готова к приему нового оптического изображения. В случае, когда прямая радиосвязь невозможна, результаты съемки записываются на магнитный носитель и после входа в зону радиовидимости начинается передача информации. Изображение в кадровых ТВ-системах может быть получено одновременно в нескольких спектральных зонах. Для этого используют несколько видиконов, имеющих различную спектральную чувствительность фотоэлектрических поверхностей.

Недостатки кадровых ТВ-систем — большие геометрические и фотометрические искажения, низкая разрешающая способность, а также зависимость от погодных условий. Поэтому их используют при исследовании

больших территорий земной поверхности и поверхности океанов, изучении облачности и т. п. Из отечественных ТВ-систем можно назвать систему «метеор» с разрешением на местности от 1,25 x 1,25 км в центре до 2 x 2 км на краю снимка. Система RVR, установленная на LANDSAT (США), имеет три спектральных канала с разрешением на местности при съемке с высоты 930 км от 0,04 до 0,08 км.

Сканирующие съемочные системы (сканеры) отличаются от других прежде всего принципом построения изображения, которое строится путем построчного сканирования (просматривания) местности. Сканирующее устройство воспринимает отраженный (излученный) электромагнитный поток от элементарных площадок снимаемого объекта, расположенных вдоль строки. Размер площадки зависит от высоты съемки, мгновенного угла изображения оптической системы сканера и положения относительно оси сканирования. Угол захвата определяет ширину полосы на местности поперек направления полета. Переход от одной строки к другой (построчная развертка) происходит в результате поступательного движения летательного аппарата. Для исключения разрывов между строками скорость сканирования согласуют с высотой и скоростью полета. В качестве сканирующих устройств используют вращающиеся оптические элементы: плоские зеркала, зеркальные призмы, пирамиды и т. п.

В сканирующих системах применяют различные типы приемников электромагнитного излучения: тепловые (теплоэлектрические) и фотонные (фотоэлектрические). Первые работают на основе преобразования тепловой энергии в электрический сигнал, в фотонных сигнал определяется количеством поглощенных фотонов. Наибольшее применение получили сканеры, приемниками в которых служат линейки ПЗС (прибор с зарядной связью) или ПЗС-матрицы. Принцип работы ПЗС заключается в следующем. Светочувствительный слой представляет собой сетку кремниевых диодов, расположенную за оптической системой. Если диоды расположены в одну линию, то такую конструкцию называют линейкой ПЗС. Диоды,

расположенные несколькими линиями, представляют собой ПЗС-матрицу, размер которой определяется числом элементов (диодов) в линии и числом линий (строк).

Каждый кремниевый диод соединен с ячейкой хранения заряда. Когда световой поток в виде оптического изображения поступает на диод, генерируется электрический заряд, пропорциональный падающему потоку. Заряд переносится в ячейку хранения заряда (ячейку памяти). Информация последовательно считывается из ячеек памяти и преобразуется в цифровой код (цифровое изображение). Линейное разрешение зависит от размеров элементов (диодов) линейки ПЗС или ПЗС-матрицы. Их число в современных цифровых съемочных системах достигает 5000 x 5000 элементов и более, что обеспечивает разрешающую способность, близкую к фотопленкам. Различные типы сенсоров имеют различную спектральную чувствительность и охватывают спектральный интервал от видимой до дальней инфракрасной зоны (0,4... 16 мкм). Выбор приемника излучения и его спектральной чувствительности определяется необходимым спектральным интервалом съемки.

В сканерах, как правило, устанавливают несколько сенсоров, позволяющих получать изображение одновременно в различных спектральных каналах.

Результаты съемки в виде цифрового изображения передаются на пункт приема по радиоканалу. Если носитель находится вне радиовидимости, то проводится запись на магнитный носитель с последующей передачей по радиоканалу на Землю. Поступившие на пункт приема сигналы записываются на магнитный носитель. Далее может быть выполнено преобразование сигналов (визуализация) и получено аналоговое изображение, подобное фотографическому. Результаты съемок удобнее передавать пользователю на магнитных носителях, например, на СД-дисках, с последующей визуализацией на местах обработки снимков.

Широкое развитие и применение получили сканирующие системы, работающие в инфракрасной области излучения, — многоспектральные радиометры, радиометрические комплексы, тепловизионные системы и т. п. Совершенствование ИК-приемников, оптических систем, методов термометрии позволяет получать изображения в инфракрасной области, сопоставимые по своим параметрам с фотографическими изображениями. Принцип получения изображения основан на измерении температур объектов местности. В зависимости от физических и химических свойств снимаемые объекты могут быть «теплее» или «холоднее». Визуализированные результаты измерений температур имеют вид, аналогичный фотографическому изображению местности. Точность регистрации температуры различными системами составляет $0,1...0,005^\circ$. Съемку можно выполнять как в дневное время, так и в ночное. Разрешение на местности достигает, при малых высотах съемки $H = 200...300$ м, $0,01...0,12$ м.

Изображения, получаемые с помощью тепловых съемочных систем, используют в целях картографирования подземных коммуникаций, выявления техногенных нарушений сооружений (нефте- и газопроводов, теплосетей, зданий и т. п.) и изучении негативных экологических процессов (определение загрязнения почв и водных объектов нефтепродуктами, засоления почв, зон подтопления и т. п.).

Применение оптических генераторов излучения — лазеров — привело к разработке активных оптических съемочных систем. С помощью лазера облучают снимаемую поверхность. Отраженный от элементарной площадки (пикселя) сигнал принимает оптическая система. В результате съемки получают трехмерное цифровое изображение. Особенностью лазерного луча является его способность проникать через лиственный покров древесной растительности. Поэтому лазерные съемочные системы применяют для построения профилей рельефа на территориях, закрытых лесами. Они эффективны при обследовании линий электропередачи. Линейное разрешение лазерных систем значительно уступает фотографическим

системам. Точность определения координат зависит от высоты съемки. Например, при использовании системы ALMT-1020 с высоты полета носителя $H = 300$ м точность определения плановых координат равна 0,7 м, а высот точек местности — 10...12 м.

Использование радиоволн в качестве носителя информации об объектах земной поверхности привело к созданию радиофизических съемочных систем. Их разделяют на два класса: использующие метод активной радиолокации и регистрирующие собственное излучение объектов.

Из систем, относящихся к первому классу, наибольшее применение получили радиолокационные станции бокового обзора (РЛС БО). В основе их работы заложены принципы радиолокации. Генератор, установленный на борту летательного аппарата, вырабатывает радиоволны определенной длины, амплитуды, поляризации. С помощью антенны радиоизлучение направляется на земную поверхность. Длины радиоволн, используемые при съемке, находятся в диапазоне от 1 см до 1 м и более. Режим излучения может быть непрерывным или импульсным. После взаимодействия с объектами поверхности происходит модулирование несущего сигнала, изменяются его исходные характеристики. Степень модулирования определяется физическими и химическими свойствами объекта. Отраженный модулированный сигнал воспринимается приемной антенной. Принятые сигналы после усиления поступают на экран, где происходит построение визуализация результатов радиолокации. Яркость изображения объекта зависит от энергии возвратившегося сигнала.

Прямолинейность распространения радиоволн, их чувствительность к изменению рельефа при отражении создают определенную специфику радиолокационного изображения. Она выражается в значительной изменчивости яркости изображений и сложной геометрии снимка. Первичная обработка результатов съемки выполняется на борту летательного аппарата или на Земле.

Геометрические искажения уменьшаются в результате выполнения геометрической коррекции снимка. Результат съемки — непрерывная полоса радиолокационного изображения. Аэросъемку выполняют со стандартных высот = 3,5; 5; 6,5; 30,5 км при ширине полосы 15 и 37,5 км. Масштаб изображения в продольном и поперечном направлениях неодинаков. Разрешение РЛС БО уступает фотографическому.

Продольное разрешение зависит от размеров антенны и частоты используемых радиоволн. Усовершенствованные радиолокационные станции позволяют получить разрешение по полю снимка с самолета до 5 м, при съемке из космоса — до 20 м.

Преимущество радиолокационных съемок — их независимость от погодных условий. Снимать можно при сплошной облачности, в туман и даже дождь, поэтому РЛС-съемку называют «всепогодной». Она незаменима в районах, где погодные условия не позволяют использовать иные съемочные системы. Современные технологии обработки снимков делают возможным использование РЛС-снимков для картографических целей. Радиолокационную съемку применяют для изучения водных поверхностей, определения границ береговых линий, овражной сети, зон подтопления, состояния посевов и т. п.

Сверхвысокочастотная радиометрия относится к пассивным методам исследования поверхности Земли. Выполняют ее с помощью СВЧ-радиометров, измеряющих собственное излучение объектов в спектральном интервале 0,15...30 см в нескольких каналах. Способы построения изображения и передачи информации на наземные пункты приема аналогичны применяемым при РЛС-съемке. Линейное разрешение СВЧ-радиометров в зависимости от типа прибора может быть от нескольких метров до десятков километров и более. Точность определения температур уступает тепловым съемочным системам. Достоинство СВЧ-съемки — формирование воспринимаемого радиометрами сигнала в глубине

снимаемого объекта и возможность передачи информации о глубинных процессах.

В практике проведения аэро- и космических съемок часто применяют комплексное использование съемочных систем разных типов для получения разноплановой информации об исследуемых объектах.

Контрольные вопросы:

1. Преимущества кадровых телевизионных систем по сравнению с фотографическими?
2. Построение изображения в сканирующих системах. Преимущества и недостатки сканеров по сравнению с кадровыми съемочными системами.
3. Принцип получения изображения в тепловых съемочных системах.
4. В чем заключается метод активной радиолокации? Какие достоинства и недостатки имеют изображения, полученные с помощью радиолокационных станций?

7 Производство аэро- и космической съемки

7.1 Технические показатели аэрофотосъемки

В качестве основных носителей съёмочной аппаратуры применяют самолёты: АН-2, АН-30, ТУ-134СХ, ИЛ-20М.

В некоторых случаях съёмку производят с вертолётов, мотодельтопланов, управляемых по радио авиамodelей и воздушных шаров.

Съёмка должна выполняться в ясную солнечную погоду, при отсутствии облаков.

Комплекс аэрофотосъёмочных работ начинают с разработки технического задания (проекта), включающего технические параметры съёмки: границы участка съёмки, высоту и масштаб фотографирования, фокусное расстояние АФА, продольное и поперечное перекрытие снимков, тип аэрофотоплёнки, сроки съёмки и т.д.

В зависимости от выбранной технологии планово- картографическую продукцию можно изготовить на основе фотограмметрической обработки одиночного снимка либо стереопары. При использовании современных технических средств производства аэрофотосъёмки, таких как навигационная система GPS и компьютерная система управления полётом и работой аэрофотоаппарата типа ASCOD, разработка имеет свои особенности. Получают координаты проектируемых центров фотографирования, т.е. точек в которых происходит открытие затвора АФА (экспонирование). Для этого на топографическую карту масштаба $1: M=1:100\ 000$ наносят заданную границу участка (объекта) аэрофотосъёмки. Затем с помощью дигитайзера определяют координаты поворотных точек границы участка съёмки, которые вводятся в бортовой компьютер. В компьютер также вводятся масштаб аэрофотосъёмки, величина продольного и поперечного перекрытия, фокусное расстояние и формат снимков. По этим данным вычисляются координаты проектируемых центров фотографирования в системе координат WGS-84.

Фотосъёмку делят на плановую и перспективную.

Плановой называют аэрофотосъёмку, выполняемую при вертикальном положении оптической оси, при этом угол отклонения допускается до 3 градусов. При создании планов и карт крупного масштаба применяются снимки, полученные в результате проведения плановой аэрофотосъёмки.

При перспективной съёмке угол отклонения оптической оси от вертикали может достигать 45 градусов. Она выполняется для увеличения зоны захвата снимаемой местности при обзорных или рекогносцировочных работах.

При планово-перспективной съёмке используют несколько аэрофотоаппаратов одновременно - одним АФА производится плановая съёмка, другими перспективная. Это позволяет фотографировать полосу местности до горизонта.

По количеству и расположению снимков различают однокадровую

(одинарную), маршрутную и многомаршрутную (площадную) аэрофотосъёмку.

При однокадровой фотосъёмке получают одиночные снимки участков земной поверхности.

При маршрутной фотосъёмке изображение полосы местности представляется в виде некоторого количества снимков, полученных по направлению (маршруту) полёта летательного аппарата. Маршрут полёта может быть прямолинейным, криволинейным или ломаным. Это зависит от вида фотографируемого объекта и целей съёмки. Например, при обследовании или проектировании линейных объектов (дорог, трубопроводов, линий электропередач, каналов и т. п.) съёмка производится по криволинейным или ломаным маршрутам.

Многомаршрутная (площадная) фотосъёмка представляет собой получение снимков местности с нескольких параллельных маршрутов. Маршруты прокладываются чаще всего по направлениям восток-запад-восток или север-юг-север. Площадная аэрофотосъёмка применяется при картографировании или обследовании больших территорий.

Взаимное перекрытие снимков одного маршрута – это продольное перекрытие p_x . Оно рассчитывается по формуле:

$$p_x = (l_x 100\%) / l, \quad (4)$$

где: l - длина стороны снимка по направлению маршрута, l_x – размер перекрывающихся частей снимка.

Поперечное перекрытие p_y - это перекрытие снимков соседних маршрутов, которое обеспечивается расстоянием между ними. Поперечное перекрытие определяется по формуле:

$$p_y = (l_y 100\%) / l, \quad (5)$$

где: l_y - размер перекрывающейся части снимков двух смежных маршрутов. Минимальное поперечное перекрытие допускается 20%.

Контрольные вопросы:

1. Бортовые радиотехнические системы для управления аэрофотосъемочным процессом.
2. Параметры оценки фотографического качества аэрофотоснимков.

7.2 Особенности космической съемки

В настоящее время крупнейшие авиационные и космические компании участвуют в осуществлении собственных программ. Образовался рынок цифровых изображений. Потребитель, в соответствии с решаемой задачей, из публикаций или по Интернету, выбирает из предлагаемых каталогов или заказывает наиболее приемлемые для него материалы съёмки. В настоящее время на земных орбитах находятся несколько десятков космических летательных аппаратов с различными съёмочными системами на борту.

Наиболее известные и используемые в мире данные, получают с зарубежных космических аппаратов NOAA, LANDSAT, SPOT, IRS, RADARSAT, EROS, и др.

Съёмка с периодически запускаемых на орбиты спутников позволила создать архивы изображений на различные районы земной поверхности, что даёт возможность осуществлять мониторинг территорий и отдельных объектов и явлений. Серия спутников LANDSAT США функционирует с начала семидесятых годов 20 века. Съёмка проводится с высоты орбиты 900км.

В настоящее время разработаны и применяются для широкого пользования станции приёма и обработки изображений земной поверхности. Аппаратно-программные комплексы включают: персональные компьютеры, антенную систему, устройство сопряжения антенной системы с компьютером и программное обеспечение. С помощью параболической антенны, установленной на поворотном устройстве, производится приём передаваемых со спутника изображений. Программными средствами обеспечивается слежение за спутником, автоматический приём данных, их

визуализация, просмотр и оценка. Визуализация изображения производится в чёрно-белом или цветном варианте, осуществляется синтезирование зональных снимков. Проводится географическая привязка всего снимка или его фрагмента, а также программными средствами рассчитываются географические координаты для каждого пикселя изображения. Выполняется фотограмметрическое преобразование изображений, составляются накладки, в том числе из снимков различного разрешения. Программные средства позволяют выполнить тематическую обработку изображений и представить результаты обработки в картографическом виде.

Контрольные вопросы:

1. Классификация орбит КЛА. Элементы орбиты КЛА. Особенности фотосъемки с орбиты.
2. Отличия производства космических съемок от аэросъемок.
3. Космические носители аппаратуры дистанционного изучения земной поверхности.
4. Особенности фотограмметрической обработки космических снимков.

8 Геометрические свойства аэроснимка

8.1 Центральная проекция

При картографировании земной поверхности по материалам аэрофотосъемки основным способом является *проецирование изображения на поверхность по определенному закону*. Результат такого способа называется *проекцией*.

Естественными примерами проекции являются: картина, созданная по законам зрительного восприятия; фотографическое изображение, полученное в плоскости прикладной рамки съемочной камеры лучами, проходящими через объектив; изображение объекта на сетчатке глаза; топографическая карта и т. п.

Задачи организации территории, земельного и городского кадастров, инженерных изысканий и др. удобнее решать по планам, созданным по законам ортогонального проецирования при котором точки элементов ситуации проецируют на горизонтальную плоскость отвесными линиями с одновременным масштабированием.

На снимках, полученных с помощью кадровых съемочных систем, изображение строится по законам центрального проецирования.

1. *Проецирующие лучи* здесь представляют собой пучок линий, проходящих через единую точку — центр проекции.

2. *При центральном проецировании*, проекция точки пространства находится как след сечения проецирующего луча - прямой, проходящей от точки через центр проекции, с поверхностью, на которую выполняется проецирование.

3. *Центром проекции* называется точка, через которую проходят все проецирующие лучи.

4. *Плоскость, на которой строится изображение* объектов, называется картинной.

5. *Совокупность проецирующих лучей*, с помощью которых получено изображение в фокальной плоскости, называется связкой или пучком.

При фотографировании на негативе в соответствии с законами геометрии, создается перспективное изображение, построенное в центральной проекции, в которой лучи света, проходят через одну точку, называемую центром проекции.

При восстановлении изображения используют обратный процесс: проецирование имеющегося изображения на заданную плоскость.

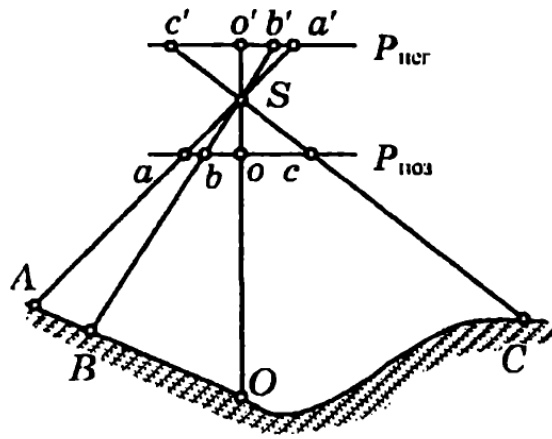


Рисунок 9 – Аэроснимок – центральная проекция

На рисунке 9 изображены точки местности A, B, C, O , центр проекции S и две картинные плоскости $P_{\text{нег}}$ и $P_{\text{поз}}$.

Изображения точек местности на плоскостях $P_{\text{нег}}$ и $P_{\text{поз}}$ получены путем центрального проецирования из центра проекции S , прямолинейными проецирующими лучами AS, BS, CS и OS .

Точки a, b, c, o и соответствующие им точки a', b', c', o' получены как следы пересечения проецирующих лучей с плоскостями $P_{\text{поз}}$ и $P_{\text{нег}}$ и являются центральными проекциями соответствующих точек местности.

Результатом центрального проецирования местности является изображение, построенное фотообъективом в фокальной плоскости проецирующими лучами, исходящие от точек местности.

Если удаления So' и So плоскостей $P_{\text{нег}}$ и $P_{\text{поз}}$ от центра проекции одинаковы и равны фокусному расстоянию съемочной камеры F , то построенные на них изображения различаются только порядком размещения точек, взаимное расположение которых зависит от их расстояния до местности, т. е. от высоты фотографирования.

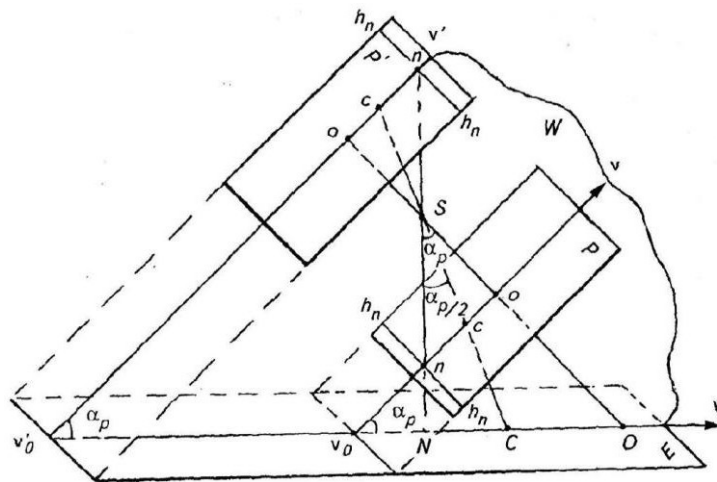


Рисунок 10 - Основные элементы центральной проекции

S — центр проекции — в фотограмметрии задняя узловая точка съемочной камеры;

- P' — картинная плоскость (негативная) — фокальная плоскость съемочной камеры;

- P — картинная плоскость позитивная;

- E — предметная плоскость — горизонтальная секущая плоскость снимаемого участка местности;

- o — главная точка картины — главная точка снимка, получаемая при пересечении главного луча (оптической оси) объектива съемочной камеры So с плоскостью картины;

- W — плоскость главного вертикала, проходящая через точку S перпендикулярно плоскостям P и E

- v_0v' — главный вертикаль — след пересечения плоскостей P (P') и W

- v_0V — проекция главного вертикали;

- n — точка надира — точка пересечения плоскости P (P') отвесным лучом;

- N — проекция точки надира — точки пересечения плоскости E отвесным лучом;

- α_p — угол наклона картины (снимка) — угол между плоскостями P (P') и E или лучами SO и SN ;

- s — точка нулевых искажений — точка пересечения плоскости P (P') биссектрисой угла oSn ;
- C — проекция точки нулевых искажений;
- $hnhn$ — горизонталь, проходящая через точку n , — линия в плоскости P (P'), перпендикулярная vOv .

Горизонтالي могут проходить через любую точку картины, например через точку o — ho или точку s — $hchs$.

В одной из систем координат снимка главную вертикаль vOv принимают за ось абсцисс, а любую из горизонталей — за ось ординат.

8.2 Влияние наклона снимка

На снимке равнинной местности (на рис. 11 плоскость E), полученном при отвесном положении оптической оси съёмочной камеры, элементы ситуации изобразятся без искажений. Сетка квадратов на местности, например, изобразится на снимке $P0$ подобной сеткой в масштабе: $1/m = f/H$

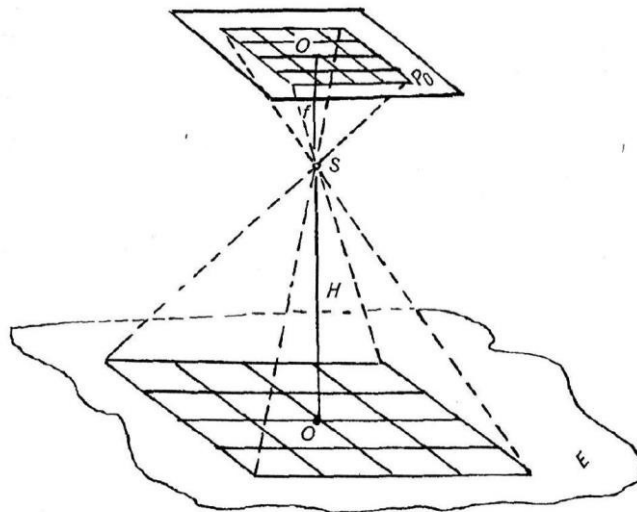


Рисунок 11 – Горизонтальный снимок равнинной местности

Наклон камеры на некоторый угол α нарушит подобие и изображение сетки квадратов перспективно преобразится.

На рисунке показаны: горизонтальный снимок $P0$, наклонный снимок P

и равнинная местность E в сечении их плоскостью главного вертикала.

Снимки P_0 и P пересекутся по горизонтали $hcsc$, так как $oS = o_0S = f$.

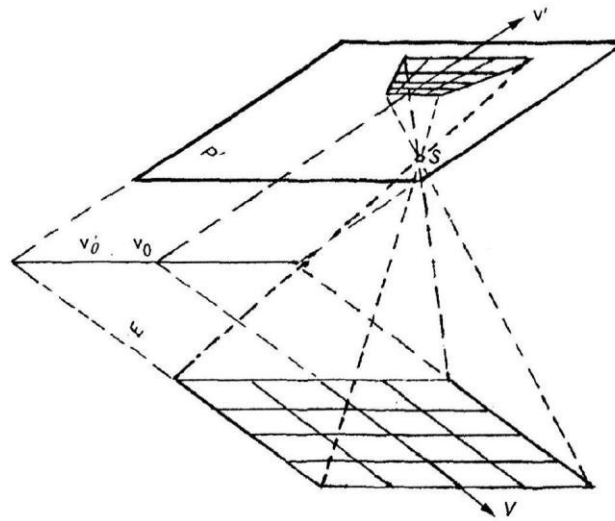


Рисунок 12 – Наклонный снимок равнинной местности

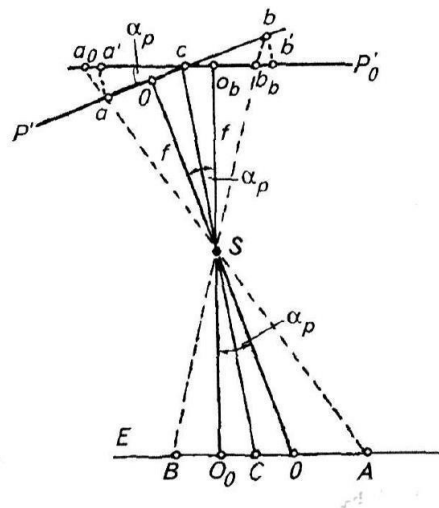


Рисунок 13 – Смещение точек снимка вследствие его наклона

Приняв за начало отсчетов общую для обоих снимков точку c , отложим на снимке P_0 отрезки $ca' = ca$ и $cb' = cb$.

В результате получим величины смещения изображения точек A и B соответственно $a_0a' = -\delta a$ и $b_0b' = +\delta a$

Значение δa для точек, расположенных не на главной вертикали, будет зависеть также от значения угла φ , отсчитываемого от положительного направления главной вертикали до направления, исходящего из точки c на

анализируемую точку, например на точку a , против хода часовой стрелки.

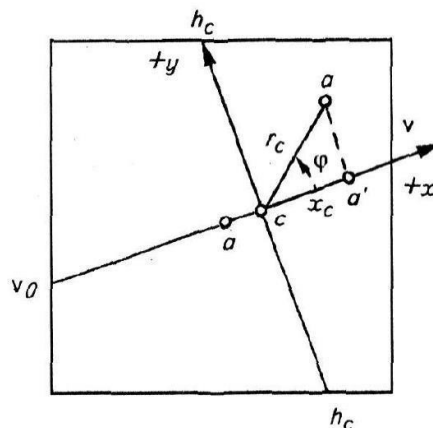


Рисунок 14 – Правило измерения углов φ при определении смещения точек снимка вследствие его наклона

В результате анализа формул искажений можно установить следующее:

- масштаб по главной вертикали изменяется более интенсивно;
- масштаб бесконечно малого отрезка по вертикали в точке c и любому другому направлению равен масштабу в той же точке по горизонтали. Этот масштаб называют главным;

- масштаб в части снимка с положительными абсциссами мельче, а в части с отрицательными абсциссами — крупнее главного.

Непостоянство масштаба снимка при p_0 приводит к искажению площадей.

Искажение площадей уменьшается с увеличением фокусного расстояния съёмочной камеры и соответственным увеличением высоты съёмки.

Площади участков или массивов участков, центры которых совмещаются с точкой нулевых искажений, не искажаются вследствие наклона снимка.

Поскольку положение горизонтали обычно не известно, то это заключение имеет чисто теоретическое значение. Но в частном случае площади участков, центр которых совмещается с главной точкой (строго —

с точкой с), за наклон снимка не искажаются.

Очевидно, искажения площадей участков за наклон снимка в определенных его частях будут близкими между собой и могут оказаться в пределах установленных норм (см. рис. 15). Это значит, что, используя частные масштабы зон, площади участков можно определять непосредственно по снимкам.

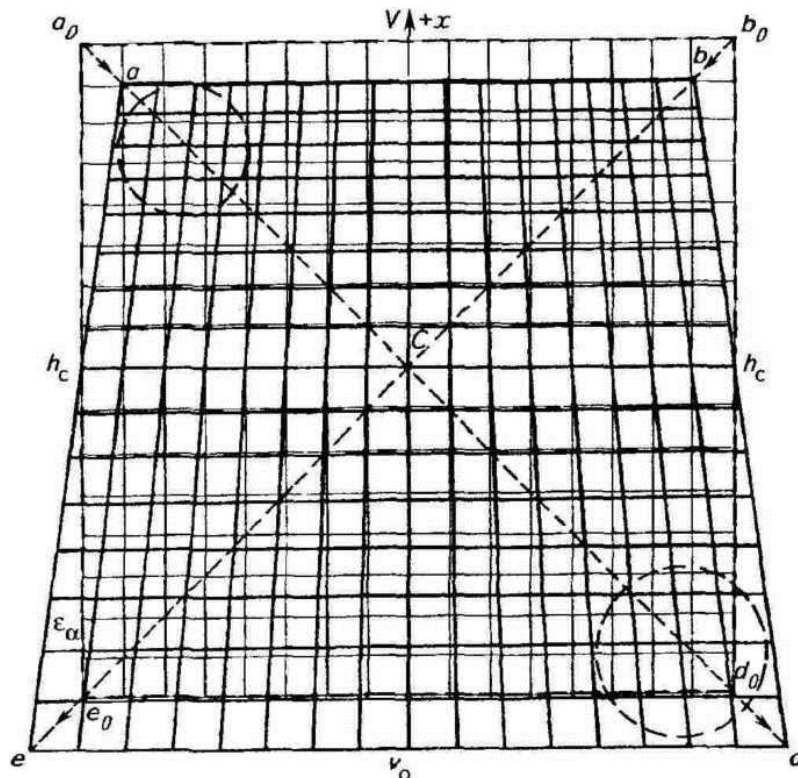


Рисунок 15 - Искажение сетки квадратов на плановом снимке при совпадении главной вертикали с направлением продольных сторон исходной сетки (прообраза)

8.3 Деформация фотографического материала

Деформация фотографического материала возникает при его фотохимической обработке и хранении материалов. Она проявляется в несовпадении расстояний между парами соответственных точек, измеренных на исследуемом фотоматериале до (l_0) и после (l) его фотографической обработки. Показателем деформации является величина отношения:

$$m = (l - l_0) / l_0, \quad (5)$$

где: m - показатель деформации фотографического материала;

l_0 - расстояние между парами соответственных точек, измеренных на исследуемом фотоматериале до его фотографической обработки;

l - расстояние между парами соответственных точек, измеренных на исследуемом фотоматериале после его фотографической обработки.

Различают: равномерную, неравномерную, случайную деформацию.

Влияние равномерной деформации полностью устраняется при фотограмметрической обработке с помощью преобразований координат точек. Для учета неравномерной деформации применяют полиномы или аффинные преобразования. Случайная деформация не подчиняется законам ни ортогонального, ни аффинного, ни полиномиального преобразования. Ее учет очень сложен, и на практике обычно создают такие условия хранения и обработки фотоматериала, при которых риск деформации сведен к минимуму. Единственным способом косвенного учета случайной деформации является определение ее значений в фиксированных точках сетки крестов и линейная интерполяция поправок. Он и используется в современных цифровых фотограмметрических системах.

Контрольные вопросы:

1. Горизонтальный и наклонный снимки. Факторы, влияющие на геометрию снимка.
2. Снимок как центральная проекция. Характеристики центральной проекции. Эпюры.
3. Основные элементы центральной проекции.
4. Смещение точек снимка вследствие влияния его наклона.
5. Изменение масштаба снимка вследствие его наклона.
6. Искажение площадей и направлений на наклонном снимке.
7. Влияние рельефа местности на изменение масштаба изображения отдельных участков местности.
8. Искажение площадей и направлений на снимке вследствие влияния

рельефа местности.

9 Процессы, обеспечивающие преобразование аэроснимка в цифровые модели местности

9.1 Аналитическое трансформирование снимков

Конечной целью фотограмметрической обработки снимков является преобразование их в заданную картографическую проекцию местности. В Российской Федерации, как известно, такой проекцией является конформная проекция Гаусса-Крюгера.

В фотограмметрии под трансформированием понимается преобразование аэро- или космических снимков, полученных в большинстве случаев в центральной проекции, в ортогональную или какую-либо иную картографическую проекцию.

Суть аналитического трансформирования заключается в преобразовании координат точек снимка в координаты соответствующих точек местности с использованием строгих математических зависимостей.

9.2 Цифровые модели рельефа

Цифровая модель рельефа (ЦМР) – это цифровое представление земной поверхности, как непрерывного явления, описывающее её с определённой точностью. Под ЦМР понимают множество точек с известными геодезическими координатами ($XГ$; $YГ$; $ZГ$) и правило определения высоты Z любой другой точки, не входящей в это множество. Точки с известными геодезическими координатами в данном случае принято называть высотными пикетами. Правило определения высоты называют правилом интерполяции высот или аналитической моделью рельефа (АМР).

Цифровые модели рельефа используют при изготовлении ортофотопланов, для создания оригинала рельефа в горизонталях и как

самостоятельный слой в геоинформационных системах (ГИС).

Методы построения цифровых моделей рельефа различаются по схемам расположения высотных пикетов и по способам интерполяции высот в промежутках между ними. По схемам расположения высотных пикетов ЦМР делятся на регулярные, полурегулярные и структурные. В регулярных моделях высотные пикеты расположены в узлах сеток квадратов, прямоугольников или равносторонних треугольников. Недостатком этих моделей является то, что наиболее значимые точки рельефа, находящиеся на линиях водоразделов, перегибах скатов могут оказаться между узлами сетки и не отобразиться на ЦМР. В связи с этим, важно выбрать оптимальный шаг сетки, так как с его увеличением растут погрешности ЦМР, а с уменьшением возрастает объём ЦМР, время и средства на её создание.

В полурегулярных моделях высотные пикеты располагают на поперечниках к заданным линиям. Пикеты могут находиться на поперечниках либо на одинаковых расстояниях друг от друга, либо на перегибах скатов. Полурегулярные ЦМР в основном используют при проектировании трасс линейных сооружений (дорог, линий электропередач, нефте- и газопроводов и т.п.) Для наиболее правильного описания характера рельефа меньшим количеством высотных пикетов создают структурные ЦМР. В этих моделях положение высотных пикетов определяется структурой рельефа – они выбираются в его характерных точках. Координаты высотных пикетов, используемых для построения ЦМР, могут быть получены в результате полевых геодезических измерений, по топографическим картам, по результатам воздушного и космического лазерного сканирования, путём стереофотограмметрической обработки снимков. Для определения отметок точек, находящихся между высотными пикетами, применяют различные способы линейного и нелинейного интерполирования. Цифровые модели рельефа используют при изготовлении ортофотопланов, для создания оригинала рельефа в горизонталях и как самостоятельный слой в геоинформационных системах (ГИС).

9.3 Устройства ввода – вывода изображений

Цифровые технологии фотограмметрической обработки снимков предусматривают использование специального комплекса технических средств – цифровых фотограмметрических рабочих станций (ЦФРС), включающих устройства ввода-вывода изображений и вычислительный комплекс.

Поскольку исходным материалом для технологий цифровой фотограмметрической обработки в большинстве случаев остаются аэрофотоснимки, их необходимо преобразовать в цифровой вид. Цифровое изображение может быть представлено в компьютере в двух вариантах: растровом и векторном.

Получение растрового изображения - поэлементная запись исходного изображения в трёхмерном коде: плановые координаты точки на изображении (x ; y) и закодированная оптическая плотность или цвет этой точки. Техническими средствами, осуществляющими растровое цифровое изображение, являются сканеры, сам процесс цифрового изображения сканером называется сканированием.

Устройства, позволяющие вывести на печать цифровую информацию, называются плоттерами или принтерами. Плоттеры выводят изображение на широкоформатные материалы (бумагу, плёнку, кальку). Для вывода малоформатных изображений используют принтеры.

Контрольные вопросы:

1. Системы координат, применяемые в фотограмметрии. Элементы внутреннего и внешнего ориентирования.
2. Трансформирование аэрофотоснимков и его виды. Аффинное трансформирование.
3. Раздельное определение элементов внешнего ориентирования снимка при фотограмметрической обработке его частей.

4. Элементы взаимного ориентирования пары снимков.
5. Определение пространственных фотограмметрических координат точек модели местности.
6. Устройство ввода – вывода изображения.
7. Понятие о 3D – изображении.

10 Ортофотопланы. Технология создания ортофотопланов

10.1 Ортофотоплан. Технологическая схема создания ортофотопланов

Ортофотоплан - это фотографический план местности на точной геодезической основе, полученный путем аэрофотосъемки или космической съемки.

Для получения ортофотоплана каждое исходное изображение трансформируется таким образом, чтобы убрать искажения, возникающие за счет рельефа и способа получения изображения. К таким искажениям относятся разномасштабность, относительное смещение объектов местности, проективные искажения. Затем *ортотрансформированный* набор изображений сшивается в единую бесшовную мозаику.

В зависимости от размера района работ и числа используемых для него снимков, возможно создание ортофотоплана по одному снимку либо по нескольким снимкам. На этапе создания ортофотоплана выполняются работы по сводке изображения на стыках трансформированных растров (сводка растров) и нарезка фрагментов трансформированного растра по номенклатурным листам.

Создание фотоплана по одному снимку

Данный режим применяется, когда один снимок целиком покрывает номенклатурный лист создаваемого фотоплана. В этом случае сначала выполняем задачу трансформирования снимка. При этом перед выполнением трансформирования можно указать область трансформирования,

покрывающую требуемый номенклатурный лист. По окончании трансформирования необходимо выполнить нарезку растра по номенклатурным листам. Чтобы уменьшить объем растра, его можно оптимизировать.

Создание фотоплана по нескольким снимкам

Данный режим применяется при создании фотоплана из нескольких фрагментов разных снимков. Создаваемые цифровые ортофотопланы на отдельный номенклатурный лист часто располагается на нескольких фотоснимках. В результате на месте стыка фотоснимков образуется сдвиг изображения, что ухудшает фотометрические свойства создаваемого фотоплана. Для минимизации получаемого сдвига используется технология сводки растров. Под сводкой растров понимаем процесс дополнительного трансформирования пересекающихся растров с целью минимизации расхождения изображения в местах стыка пересекающихся растров.

Точность создания фотоплана при этом не ухудшается. Технология создания фотоплана из нескольких растров состоит из ряда этапов. На первом этапе выполняется трансформирование каждого исходного растра, фрагмент которого попадает на номенклатуру создаваемого фотоплана. На втором этапе выполняем сводку трансформированных растров. Для этого последовательно для всех сводимых растров выполняется измерение связующих точек. После этого выполняется трансформирование растров по опорным точкам и усредненным координатам связующих точек. В результате этих операций получаем новые трансформированные растры с минимизированным сдвигом на стыках. На третьем этапе открываем все сведенные растры и выполняем нарезку растра по номенклатурным листам.

10.2 Плановая высотная привязка аэрофотоснимков

Плановая привязка включает в себя, подготовку материалов, составление проектов, проекта привязки, закрепление опорных точек в

натуре.

Фотограмметрическая обработка как одиночного снимка, так и пары снимков предполагает наличие опорных точек. Опорные точки позволяют проводить трансформирование одиночных снимков и геодезическое ориентирование пространственных моделей местности. Геодезические координаты опорных точек можно получить с помощью геодезических измерений в поле или камерально фотограмметрическим методом.

Процесс опознавания на снимках точек местности и определение координат этих точек геодезическими методами называют привязкой аэрофотоснимков. В качестве опорных точек выбирают надежно идентифицируемые на снимках точки местности. Привязка, обеспечивающая каждый снимок или каждую стереопару опорными точками в количестве, необходимом для фотограмметрической обработки, называют сплошной, в противном случае — разреженной.

Если в результате привязки у каждой опорной точки определены все три геодезические координаты, то привязку называют планово-высотной, если только плановые координаты — плановой, если только высотная координата — высотной.

Привязка аэрофотоснимков состоит из нескольких этапов: подготовки материалов; составления проекта привязки; рекогносцировки и закрепления на местности опорных точек; полевых измерений; вычислительных работ; оформления материалов и сдачи работ.

10.3 Понятие о фототриангуляции

Фототриангуляция выполняется с целью определения элементов внешнего ориентирования снимков, координат и высот опорных точек в системе координат объекта, путем построения и внешнего ориентирования фотограмметрической модели объекта (местности) по снимкам, принадлежащим одному или нескольким перекрывающимся маршрутам.

Эти данные используются в качестве опорной и контрольной информации при выполнении процессов обработки стереопар или одиночных снимков на фотограмметрических приборах и системах.

В настоящее время построение сетей пространственной фототриангуляции осуществляется только аналитическим методом, а измерения снимков производится на стереокомпараторах, аналитических и цифровых стереофотограмметрических системах.

Фототриангуляцию можно разделить на:

1. Маршрутную, в которой построение сети фототриангуляции производится по снимкам, принадлежащим одному маршруту;
2. Блочную, в которой сеть фототриангуляции строится из отдельных стереопар или снимков, принадлежащих нескольким маршрутам.

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляют к опорной точке при ее выборе?
2. Для каких целей выполняют фототриангуляцию?
3. Каковы принципиальные отличия способов производства фототриангуляции?
4. Каково назначение связующих и опорных точек при фототриангуляции?

11 Дешифрирование материалов аэро- и космических съемок

11.1 Дешифрирование

Дешифрирование – это процесс распознавания: объектов, их свойств, взаимосвязей по их изображениям на снимке. Это и метод изучения и исследования объектов, явлений и процессов на земной поверхности, который заключается в распознавании объектов по их признакам, определении характеристик, установлении взаимосвязей с другими объектами.

Дешифровать снимок — это значит обнаружить, распознать, классифицировать и интерпретировать выявленный объект или явление.

Космический снимок содержит подробную информацию о состоянии объектов земной поверхности в момент съемки. Для дешифрирования снимков используют специальные методы и дополнительные данные, полученные из различных источников — карт, отчетов о полевых исследованиях и ранее полученных результатов анализа снимков той же территории. Дешифрирование основывается на определенных физических характеристиках объектов и явлений, а его результаты зависят от опыта оператора, типа распознаваемого объекта и качества снимка.

Дешифрирование определяют как процесс изучения снимков с целью идентификации объектов и оценки их значимости. Дешифрирование является сложной задачей, для решения которой необходимо выполнить ряд работ по классификации и подсчету количества объектов, измерению их параметров и определению границ.

Первым этапом дешифрирования является классификация объектов, в ходе которой оператор относит различные объекты на снимке к определенным классам или кластерам.

Следующий этап дешифрирования — подсчет количества объектов на снимке — во многом зависит от того, насколько точно была проведена их классификация.

Третий этап состоит в определении геометрических характеристик объекта: длины, площади, объема и высоты. К этому этапу относится и денситометрия — измерение яркостных характеристик объекта.

Последний этап заключается в определении контуров однородных по своим свойствам объектов или пространственных областей, которые при этом закрашиваются определенным цветом или штриховкой. Эту задачу проще выполнять при наличии у объектов четких границ и гораздо сложнее там, где свойства объектов изменяются плавно, например, на границе водоема и песчаных почв.

Все три этапа: обнаружение, распознавание и определение характеристик объектов имеют большое значение для успешного дешифрирования. Однако, особенно важен этап распознавания. Именно на этапе распознавания получается начальная «смысловая» информация. На предыдущем этапе – при обнаружении – готовится «почва» для успешного распознавания, а впоследствии результаты распознавания конкретизируются, дополняются и облекаются в форму, удобную для использования.

В зависимости от назначения дешифрирование делится на: топографическое и специальное (отраслевое или тематическое).

Топографическое дешифрирование – это работы по обнаружению, опознаванию и определению характеристик всех объектов местности, которые должны быть изображены на создаваемых или обновляемых картах или плана конкретно заданного масштаба.

Специальное дешифрирование, или отраслевое (тематическое) отличается от топографического тем, что в данном случае особо определяется специальная информация об определенных типах объектов снимаемой местности. Разновидностями специального дешифрирования являются: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, геологическое и др. В землеустройстве основным видом дешифрирования является сельскохозяйственное дешифрирование.

По месту производства дешифрирование подразделяется на полевое и камеральное.

Полевое дешифрирование производят непосредственно на местности путем сопоставления аэрофотоснимка с натурой. Метод полевого дешифрирования является наиболее надежным, но требует больших затрат времени, сил и средств.

Камеральное дешифрирование производят в лабораторных условиях. Преимущество этого метода состоит в его экономической эффективности. Кроме того, анализ аэроснимка проводится в условиях, обеспечивающих

более внимательное и детальное изучение фотоизображения с применением более сложных стационарных приборов. Камеральное дешифрирование всегда выполняют с привлечением дополнительных материалов (справочно-картографических, отдешифрованных в натуре избранных аэроснимков и др.). Недостаток камерального дешифрирования состоит в том, что оно не может обеспечить 100%-процентную полноту и достоверность полученной информации в силу специфики изображения местности на аэроснимках.

11.2 Классификация дешифрирования

Выделяют следующие методы: визуальный, машинно-визуальный, автоматизированный и автоматический. По технологии выполнения можно выделить следующие основные методы дешифрирования:

- *визуальный*, в котором информацию считывает со снимков и анализирует человек; в зависимости от места выполнения выделяют камеральный, полевой и комбинированный способы, которые можно поделить на варианты;

- *машинно-визуальный*, в котором с помощью компьютера или специализированных устройств выполняют предварительную обработку первичных снимков с целью облегчения их визуального дешифрирования.

Способами данного метода могут быть: синтезирование изображений, квантование уровней видеосигналов, фильтрация изображения и др.;

- *автоматизированный*, в котором интерпретационная обработка снимков выполняется машиной в диалоговом режиме — оператор выбирает способ обработки, выполняет «обучение» системы, контролирует качество работы классификатора, вносит коррективы в программы и др.

Дешифрирование можно классифицировать по содержанию информации, определяемой её тематической направленностью: топографическое или специальное. При топографическом дешифрировании

выявляют и отображают на материалах АКС элементы земной поверхности, подлежащие нанесению на топографические планы и карты. При специальном дешифрировании отображению подлежат объекты, относящиеся к сфере интересов решаемых тематических задач: почвенное, геологическое, земельно-кадастровое и т.п.

В визуальном методе дешифрирования можно выделить три основных способа: полевой, камеральный и комбинированный. Полевой способ дешифрирования выполняют, сличая снимок с местностью. Специалист при этом может находиться на земле (наземный вариант) или на борту летательного аппарата (аэровизуальный вариант). Полевое дешифрирование характеризуется наивысшей полнотой и достоверностью результатов. Однако ввиду сезонности и трудоемкости выполнения, а также повышенной себестоимости применяют его только в случаях, когда камеральное дешифрирование не обеспечивает нужного качества результатов. Камеральный способ дешифрирования заключается в логическом анализе изображения с использованием всего комплекса дешифровочных признаков (визуально-логический вариант). В процессе дешифрирования используют вспомогательные материалы (карты, данные о юридических границах землепользования и др.). Достоверность камерального дешифрирования повышается при использовании снимков-эталонов типичных участков, дешифрованных в поле (эталонный вариант). Комбинированный способ дешифрирования сочетает в себе процессы и технологические приемы предыдущих способов. В зависимости от последовательности их чередования могут быть выделены варианты. В одном из них предварительно выполняют камеральное дешифрирование, а затем полевую доработку сложных участков с попутным контролем результатов камерального дешифрирования. В другом — сначала выполняют избирательное полевое дешифрирование (обычно вдоль транспортных путей), а затем камеральное с использованием дешифрованных в поле снимков в качестве эталонов. Комбинированное дешифрирование сочетает в себе достоинства первых двух способов.

Визуальное дешифрирование представляет собой сложный многоэтапный процесс логического анализа изображений. Распознавание объектов и определение их характеристик часто сливаются в единый процесс с многократным чередованием анализа ситуаций в целом, а также их отдельных элементов и фрагментов.

11.3 Материалы съемки, используемые при визуальном дешифрировании

Для дешифрирования используют фотоснимки и другие изображения в исходном масштабе, увеличенные изображения, фотосхемы, стереофотосхемы, фотопланы, ортофотопланы и различные сочетания перечисленных материалов.

Контактные фотоснимки являются основным, наиболее дешевым и быстро изготавливаемым материалом. По ним и визуализированным изображениям, полученным с помощью нефотографических съемочных систем, решают многие задачи сельскохозяйственного назначения (картографические, поисковые, оперативного управления и др.).

Основные трудности использования первичных изображений:

- недостаточная дешифрируемость их при создании планов и карт;
- сложность регистрации подлежащих дешифрированию малых по размерам объектов;
- досъемка не изобразившихся объектов.

Увеличенные изображения обладают большей дешифрируемостью и позволяют повысить точность дешифрирования границ объектов.

Очевидно, что с увеличением снимков будет сокращаться и площадь одновременно анализируемого пространства при стереоскопическом и нестереоскопическом наблюдении их.

Фотосхемы позволяют расширить обзорность, сократить объем работ по согласованию результатов дешифрирования на смежных снимках. Если

необходимо, то их изготавливают из увеличенных снимков. С их помощью оперативно решают многие информационные задачи, например, при различных видах мониторинга, поисковых работах.

Стереофотосхемы восполняют недостаток фотосхем. Они позволяют анализировать рельеф на больших территориях. Получаемая информация важна при выполнении почвенных, мелиоративных и других задач, например при различных видах мониторинга, при выявлении закономерностей почвообразования, развития эрозионных процессов и др.

Фотопланы и ортофотопланы свободны от недостатков рассмотренных материалов. Дешифрирование изображений территорий с большим объемом досъемочных работ рационально выполнять именно на этих материалах. Это может случиться, например, при крупномасштабном картографировании поселений с многоэтажной застройкой, большим количеством зеленых насаждений, развитой сетью подземных коммуникаций. Недостатки рассматриваемых материалов — практическое исключение возможности непосредственного стереоскопического наблюдения их и некоторое снижение разрешающей способности.

11.4 Дешифрирование снимков населённых пунктов для целей кадастра и инвентаризации объектов недвижимости

Результаты, получаемые в процессе дешифрирования снимков, используют для создания базовых планов состояния и использования земель, информационных земельно-кадастровых баз данных и геоинформационных систем (ГИС). Планово-картографические материалы и информационные базы данных, хранящиеся на бумажной основе или на электронных носителях, являются основой для ведения Государственного кадастра недвижимости. Содержащиеся в них сведения используют при регистрации прав собственности, организации постоянного контроля за использованием земель, налогообложении и т.п. Наибольшее внимание Федеральная

землеустроительная служба и местная администрация уделяют территориям городов, поселков городского типа и сельским населённым пунктам.

При выполнении работ по дешифрированию руководствуются инструкциями и наставлениями, принятыми в производстве, а также техническим заданием, определяющим требования к содержанию и объёму получаемой информации. Дешифрирование выполняют полевым или комбинированным способом на увеличенных фотоизображениях. Масштаб увеличенных снимков (или их фрагментов) соответствует масштабу создаваемого кадастрового плана. Для сельских населённых пунктов используют масштаб 1:1000—1:2000, для городов — 1:500... 1:1000. В границах сельских населённых пунктов и городов подлежат дешифрированию следующие земельные участки:

- жилой застройки (земли под многоэтажными строениями и земли между ними, функционально связанные и закрепленные за зданиями и сооружениями, а также территории для их технологического обслуживания);
- общественной застройки (земли под учреждениями образования, науки, здравоохранения, культуры, искусства, общественного питания, торговли, гаражами и др.);
- земли общественного пользования (улицы, площади, проспекты, дороги, проезды, переулки, парки, лесопарки, бульвары, скверы, набережные, пляжи и др.);
- под промышленной, коммунальной и складской застройкой;
- транспорта, связи, инженерных коммуникаций (железные и автомобильные дороги, речной транспорт;
- земли под трубопроводами, линиями электропередач, под сооружениями радиовещания и телевидения и т. д.);
- природно-заповедного, природоохранного, оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения;
- водного фонда (занятые водными объектами: реками, озерами, водохранилищами, водоохранными зонами, гидротехническими и

водохозяйственными сооружениями и другими водными объектами);

- сельскохозяйственного назначения (сельскохозяйственные угодья, земли акционерных и фермерских хозяйств, колхозов, муниципальных и подсобных хозяйств, земли под коллективными садами и огородами и т. п.);

- запаса;

- военных объектов, режимных зон и иные земли;

- прочие земли (карьеры, копаные места, каменистые территории и т.

п.).

Классификатор объектов может быть расширен или уменьшен в зависимости от поставленной задачи.

Подготовительные работы при дешифрировании снимков

Дешифрирование снимков для целей кадастра и инвентаризации земель имеет свои отличительные особенности, обусловленные спецификой определяемой информации. Поэтому подготовительные работы — наиболее ответственный этап в технологическом комплексе работ. Просчеты, допущенные на этом этапе, могут привести к увеличению материальных и трудовых затрат, сроков выполнения работ и в итоге к увеличению стоимости конечной продукции.

На подготовительном этапе выполняют следующие виды работ:

- подбирают увеличенные снимки или их фрагменты на участки изучаемой территории; отграничивают рабочие площади на снимках, подлежащих дешифрированию;

- подбирают топографические материалы на участки работ: топографические планы (фотопланы) крупных масштабов 1:500... 1:5000, топографические карты масштаба 1:10 000, 1:25 000 и мельче, копии районных карт масштаба 1:50 000 с нанесенными кадастровыми номерами, специальные карты и планы (почвенные, геоботанические, лесные и т. п.);

- получают копии генеральных планов и другой градостроительной документации, перспективные планы развития и правила застройки городов и поселений;

- собирают материалы (копии) предыдущих инвентаризаций, документы и материалы по отводу земельных участков, выносу в натуру, установлению и восстановлению границ землевладений, землепользования и поселений;

- получают материалы обследований индивидуальных земельных участков и построек, выполненных бюро технической инвентаризации (БТИ), и материалы исполнительной съемки, в которых отражены сведения о землевладельцах, землепользователях;

- получают сведения о наличии зон ограничения и обременения по данным организаций, в ведении которых находятся линии электропередач, связи, трубопроводы, коммунальные сети и т. п.;

- составляют списки землепользователей (физических и юридических лиц);

- собирают на каждое поселение сведения о распределении земель по целевому назначению, оформляют в виде таблиц и заверяют подписью и печатью районной землеустроительной службой и местной администрации;

- проводят по данным районной землеустроительной службы разделение объекта на кадастровые зоны, массивы и кварталы; согласуют существующие и проектные границы поселений в архитектурно-планировочных управлениях (отделах).

Контрольные вопросы:

1. Дешифрирование снимков и его классификация.
2. Система прямых, косвенных и комплексных признаков дешифрирования.
3. Цель топографического дешифрирования снимков.
4. Как производится полевое дешифрирование снимков?
5. В чем достоинство камерального дешифрирования?
6. Порядок работ при камеральном дешифрировании снимков.
7. Материалы, используемые при визуальном дешифрировании.

Визуальный метод дешифрирования, его способы и основы.

8. Досъемка не изобразившихся на снимках объектов при дешифрировании.

9. Какие материалы и документы должны быть собраны при подготовке к сельскохозяйственному дешифрированию аэрофотоснимков? Каково их назначение?

12 Применение материалов аэро- и космических съёмок

12.1 Основные задачи, решаемые по материалам аэро- и космических съёмок

Задачи, решаемые с помощью материалов для целей землеустройства, кадастра недвижимости, экологии и мониторинга территорий, можно классифицировать следующим образом.

Создание фотограмметрическими методами цифровых моделей местности, используемых в качестве первого информационного слоя в геоинформационных системах (ГИС). Цифровая модель местности является базовым слоем, из которого с помощью программных средств выделяются слои определённого тематического содержания, например слой рельефа, дорожной сети, жилой застройки, сельскохозяйственных угодий, водных объектов, общественных построек и т.д.

Создание базовых планов состояния и использования земель.

Базовые планы и карты составляются на территории населённых пунктов, городов, районов, а также на регионы. Масштаб создаваемых планов зависит от требуемой точности метрических данных и информационной нагрузки, необходимой при решении поставленной задачи.

Базовые и тематические планы служат для:

- межевания, инвентаризации и кадастровой оценки земель различного назначения;
- оценки эффективности использования земель сельскохозяйственного

профиля, городских территорий и других направлений;

- обеспечения земельно-кадастровой информацией;
- проектирования перспективного развития территорий населённых пунктов, городов, промышленных зон и т.п.;
- выполнения проектно- изыскательских работ при проектировании инженерных коммуникаций. Для подобных целей также используются первичные модели.

На аэроснимках, фотосхемах и ортофотопланах могут быть нанесены проектные направления трубопроводов, линий электропередач и других линейных объектов;

- реконструкции и развития дорожной сети;
- выявления и оценки состояния подземных коммуникаций, трубопроводов, линий электропередач, зон подтопления и т.п. При этом информацию получают по материалам нефотографических съёмки (тепловых, радиолокационных, лазерных);
- информационного обеспечения планирования и управления земельными ресурсами;
- решения экономических и правовых вопросов, связанных с обеспечением межведомственного взаимодействия при формировании объектов недвижимости, регистрации прав на них и получении сведений об их использовании и состоянии;
- информационной поддержки рынка земли и недвижимости и др.

Совершенствование съёмочных систем, технологий обработки получаемых изображений, на основе развития компьютерной техники и программного обеспечения, позволяет значительно расширить круг решаемых задач для целей рационального использования земельных ресурсов.

12.2 Технологические схемы создания цифровых моделей местности

Технологическая схема представляет собой последовательность взаимосвязанных технических и организационных процессов, в результате выполнения которых получают цифровую модель местности. При создании моделей местности по материалам аэро- и космических съёмки традиционно выполняются следующие процессы:

- разработка технико-экономического проекта;
- выполнение аэро- или космической съёмки;
- геодезическая привязка снимков;
- дешифрирование снимков;
- фотограмметрическая обработка снимков и получение цифровых моделей местности.

Рассмотрим некоторые технологические схемы получения информационных моделей местности.

Технология создания сельского фотоплана на территории сельских населённых пунктов. Данная технология базируется на теоретическом обосновании и выводах. Сельскими фотопланы называются потому, что они используются для организации и управления сельскохозяйственным производством, обеспечивая достаточную точность определения длин линий и площадей. Технология создания подобных фотопланов предельно проста и экономична. Они изготавливаются и передаются пользователю в кратчайшие сроки после аэрофотосъёмки. Суть технологии заключается в минимизации влияния угла наклона снимка и рельефа при аэрофотографировании.

Технология создания базовых планов состояния и использования земель сельских населённых пунктов на основе обработки фрагментов увеличенных снимков.

Технологическая схема создания ортофотоплана способом цифровой стереофотограмметрической обработки снимков.

Отличительной особенностью данной технологии является

использование стереоскопической обработки снимков, при которой в полной мере учитывается рельеф местности. Методы цифровой фотограмметрии позволяют организовать процесс изготовления ортофотопланов с требуемой точностью, но меньшими материальными, трудовыми и временными затратами.

12.3 Понятие о 3D изображении

Цифровую модель местности можно визуализировать в виде традиционного планово-картографического материала, а также в виде трёхмерного пространственного изображения, так называемого 3D изображения.

В современном понимании 3D изображение – это изображение трёхмерных объектов на плоскости, дающее максимально возможное представление об их пространственных формах и размерах. Существует большое разнообразие проекций (ортогональная, аксонометрическая, изометрическая и др.), позволяющих изображать пространственные объекты на плоскости. Примером изображения трёхмерных объектов на плоскости в центральной проекции является фотоснимок этих объектов, полученный кадровым фотоаппаратом. Удачно выбранный ракурс, т.е. точка фотографирования и угол зрения, позволит извлечь максимум информации о форме, размерах и взаимном расположении объектов.

Современные технологии цифровой обработки аэрофотоснимков позволяют получать визуализированное изображение местности, аналогичное фотографическому, в любом ракурсе.

3D изображение создаётся на основе ранее построенной цифровой модели рельефа и ортофотоснимков. 3D изображение можно назвать макетным фотоснимком, поскольку его получают не фотографированием, а компьютерной графикой. Кроме того, 3D изображения дают возможность построить любое сечение: горизонтальной, вертикальной или иной

плоскостью. Также возможно построение сечения произвольной поверхностью. Подобные построения позволяют исследовать поведение интерполируемого признака на данных сечениях. 3D изображения широко используют в городском кадастре и градостроительстве, экологическом мониторинге, при изучении эрозионных процессов, при рекультивации нарушенных земель, т.е. в тех областях, где измерения проводятся в трёхмерном пространстве.

Контрольные вопросы:

1. Задачи, содержание и подготовительные работы при сельскохозяйственном дешифрировании.
2. Дешифрирование снимков поселений для целей кадастра и инвентаризации земель.
3. Особенности дешифрирования различных фотоматериалов.
Контроль качества дешифрирования.
4. Для каких целей необходимо построение ЦМР?
5. В каком режиме возможно построение цифровых моделей рельефа?
6. Как расположение зоны обработки снимка (центральная, периферийная) влияет на точность построения ЦМР?
7. Почему для создания 3D – изображения необходимо предварительно получить ортофотоизображение?

13 Технологии фотограмметрических способов съемки ситуации и рельефа при создании карт и планов

13.1 Выбор фотограмметрического способа съемки

Известно, что для создания карт и планов необходимо выполнить съемку ситуации и рельефа в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному масштабу инструкциями и условными знаками. Съемка может производиться геодезическим, фотограмметрическим и комбинированным

методами. В геодезии в основном применяется тахеометрическая съемка. В фотограмметрии используются два способа съемки ситуации: на универсальных приборах и с помощью фотопланов. Съемка рельефа производится либо на универсальных приборах, либо геодезическими методами. Таким образом, на универсальных приборах можно выполнять и съемку контуров, и рисовку рельефа. Этот способ применяется во всех случаях, если он обеспечивает точность и является экономичнее других способов.

Для съемки контуров при насыщенной ситуации объекта более производителен способ съемки с помощью фотопланов. Следует отметить, что в этом способе исключаются личные ошибки оператора при отображении контуров. Отсюда следует, что при большом количестве контуров съемку ситуации предпочтительнее выполнить с помощью фотопланов, а съемку рельефа – на универсальных приборах. В остальных случаях съемка и рельефа, и контуров выполняется на универсальных приборах. Если универсальный метод не обеспечивает точность по высоте, то съемка рельефа производится с помощью тахеометра, а контурную часть получают с помощью фотопланов либо с помощью универсальных приборов.

Конкретная фотограмметрическая технология съемки рельефа и контуров определяется в первую очередь требованиями к точности создаваемой карты (плана), а затем имеющимися приборами и характером картографируемой местности. Так, например, в высокогорных районах при высоких требованиях к точности отображения рельефа высотная часть создается тахеометром, а съемка ситуации – на универсальных приборах. Создание фотопланов для таких районов связано с большими трудностями и недостаточной точностью при сложных формах рельефа. Возможен также вариант съемки рельефа и контуров по снимкам наземной съемки.

13.2 Универсальный метод создания карт и планов

В основе фототопографических технологий лежит изучение и сбор информации об объектах по их двумерным или трехмерным моделям, построенным по изображениям объекта. Наиболее эффективно эта задача решается по трехмерным моделям, построенным на универсальных приборах (аналоговых, аналитических и цифровых). В 1980–90 гг. отечественное фотограмметрическое производство было оснащено аналоговыми универсальными приборами (стереопроекторы СПР-2, СПР-3, стереографы СД-3, СЦ, стереометрографы и топокарт-ортофот). Стереографы и стереопроекторы – универсальные приборы механического типа с преобразованными связками проектирующих лучей.

Аналоговые универсальные приборы обеспечивают точность создания карт и планов в масштабах 1:5 000, 1:10 000, 1:25 000 и мельче.

На аналоговых приборах предпочтение отдают второму способу, так как на этих приборах элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимков устанавливаются с недостаточной точностью. По условию компланарности построение модели включает следующие процессы:

- внутреннее и взаимное ориентирование снимков;
- горизонтирование и масштабирование модели местности.

После этого производится съемка контуров и рельефа. Оценка точности и контроль качества построения модели производится по остаточным поперечным параллаксам и расхождениям координат на опорных точках, а также по связям смежных моделей. В настоящее время аналоговые универсальные приборы практически вытеснены аналитическими и цифровыми стереоплоттерами.

Аналитические универсальные приборы (АУП) имеют значительные преимущества перед аналоговыми. Главные из них:

- высокая точность (1–2 мкм) за счет уменьшения инструментальных ошибок (благодаря использованию высокоточной оптико-механической

системы), за счет учета всех видов систематических ошибок и использования избыточных измерений;

- не накладывается никаких ограничений на элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимков;
- большая часть процессов автоматизирована;
- можно решать любые фотограмметрические задачи.

Учитывая достоинства АУП, производственные предприятия стремятся заменить аналоговые универсальные приборы аналитическими, несмотря на их высокую стоимость. Эти приборы используют в основном для крупномасштабных съемок. АУП незаменимы при обработке космических снимков. На предприятиях Российской Федерации в основном используют следующие аналитические приборы: Стереонаграф-4, SD-2000, SD-20, TRASTER, ASP, Дикомат.

13.3 Съёмка ситуации с помощью фотопланов

Небольшие участки местности в проекции Гаусса можно считать подобными ортогональной проекции. Известно, что изображение на горизонтальном аэрофотоснимке плоской горизонтальной местности подобно ортогональной проекции. Следовательно, из указанных аэрофотоснимков можно изготовить план или карту, выполнив монтаж таких снимков в пределах трапеции и дешифрирование. На реальных снимках имеется смещение точек за влияние угла наклона снимка и рельефа. Очевидно, что для создания фотоплана надо исправить снимки за влияние указанных факторов и привести их к масштабу карты (плана). Для этого выполняется трансформирование, заключающееся в преобразовании наклонного снимка в горизонтальный, или ортофототрансформирование, когда производится исправление изображения за влияние угла наклона снимка и рельефа.

Фотопланы имеют преимущества перед съёмкой ситуации на

универсальных приборах, которые заключаются в объективности отображения ситуации и высокой информативности. Эти качества фотопланов имеют большое значение для решения задач в сельском и лесном хозяйствах, при исследовании и охране природных ресурсов. Следует учитывать, что изготовление карт и планов на универсальных приборах повышает стоимость конечной продукции, однако при большой контурной нагрузке использование фотопланов выгодно и повышает качество карт и планов. Простое цифровое трансформирование снимков (без ортофототрансформирования) требует небольших затрат, поэтому цифровые фотопланы рационально применять более широко.

В фотограмметрии существовало и существует несколько способов трансформирования снимков:

- 1) трансформирование по опорным точкам;
- 2) фототрансформирование по установочным элементам;
- 3) ортофототрансформирование по зонам;
- 4) дифференциальное трансформирование;
- 5) цифровое трансформирование и ортотрансформирование.

Для осуществления первых трех способов трансформирования снимков в отечественном производстве используют фототрансформаторы «Seg 5», «Seg 6», «Rectimat B» и «Rectimat C». Принципиальное устройство всех фототрансформаторов одинаковое. Все они включают в себя следующие системы и механизмы:

- проектирующую систему (кассета для негатива, осветитель, объектив и экран);
- механизмы установки углов между негативом и экраном, механизм линейных перемещений (по вертикали) объектива и негатива;
- устройства для автоматической коррекции резкости изображения (перспективный и масштабный инверсоры);
- систему децентраций.

Наиболее совершенные фототрансформаторы оснащены счетно-

решающими устройствами для автоматической установки элементов трансформирования.

Из полученных трансформированных снимков монтируется фотоплан путем совмещения опорных точек на снимках с точками на основе. Части снимков за пределами полезной площади обрезают и снимки наклеивают на основу.

13.4 Наземная стереосъемка

Наземная стереосъемка (НСС) имеет некоторые преимущества перед аэрокосмической съемкой. При наземной съемке стационарных объектов экспозиция может иметь любые значения, следовательно, можно применять съемочные камеры с объективами малой светосилы, которые имеют высокое разрешение при незначительной дисторсии, т. е. наземные снимки имеют более высокие метрические характеристики, чем аэрофотоснимки. Кроме этого, при НСС линейные элементы внешнего ориентирования снимков могут быть получены с любой точностью. Если для съемки используют фототеодолиты, то устанавливаются с достаточной точностью угловые элементы ориентирования снимков. Все это позволяет получить количественные характеристики объектов с точностью более чем в 1,5 раза выше, чем по аэрофотоснимкам.

Недостатком НСС является низкая производительность. Однако при создании крупномасштабных карт и планов на горные районы при наличии отвесных скал и ущелий, когда при аэрофотосъемке возникают мертвые зоны, наземная стереосъемка незаменима.

Технология НСС складывается из следующих процессов:

- рекогносцировка (выбор точек фотографирования, обеспечивающих наилучший съемочный кадр);
- расчет базиса фотографирования, обеспечивающего требуемую точность и оптимальный стереоэффект;

- геодезические работы по определению координат точек фотографирования, координат контрольных точек, длины, угла наклона и дирекционного угла базиса фотографирования;
- горизонтирование и ориентирование фотокамеры (или цифровой камеры);
- фотосъемка или цифровая съемка.

Технология обработки наземных снимков с целью создания карт и планов аналогична технологиям, применяемым для аэроснимков, и осуществляется на тех же фотограмметрических приборах (кроме аналоговых приборов с преобразованными связками). При обработке снимков наземной съемки следует учитывать, что направление осей фотограмметрической системы координат по отношению к снимку отличается от направления осей фотограмметрической системы, применяемой для аэрофотоснимков. Это объясняется тем, что в наземной стереосъемке снимки занимают отвесное положение (или близкое к нему), а в аэрофотосъемке – положение, близкое к горизонтальному. Направление осей фотограмметрической системы, как правило, задают параллельно осям левого снимка стереопары.

Контрольные вопросы:

1. Аналоговые и аналитические измерительные стереоприборы.
2. Аналитические методы фотограмметрической обработки наземных снимков.
3. Подготовительные работы при наземной стереофотограмметрической съемке.
4. Полевые работы при наземной стереофотограмметрической съемке.
5. Использование методов наземной фотограмметрии при решении нетопографических задач.

14 Технология обновления топографических карт и планов

14.1 Общие положения

Топографические карты с течением времени постепенно перестают соответствовать местности, вследствие ее изменений, возникающих главным образом под влиянием деятельности человека. Задачей обновления карт является приведение их содержания в соответствие с современным состоянием местности. При обновлении, как правило, производится переиздание карт в принятой системе координат и в действующих условных знаках. В связи с тем, что с 1.01.2003 г. введена новая система координат СК-95, то все обновляемые карты подлежат переизданию в СК-95. Карты необходимо обновлять, если:

- изменились государственные границы;
- возникли новые населенные пункты или существенно изменились старые;
- построены новые промышленные предприятия, железные и шоссейные дороги;
- созданы водохранилища.

Обновление карт может выполняться:

- а) инструментально (на небольших территориях в крупных масштабах);
- б) по материалам более поздних крупномасштабных съемок;
- в) по материалам аэрофотосъемки (1:2 000–1:50 000);
- г) по материалам космической съемки (1:25 000 и мельче).

Обновление по срокам выполнения подразделяется на непрерывное обновление и периодическое обновление.

Кроме периодического обновления на районы интенсивного развития, где быстро происходит изменение местности, производится непрерывное обновление. Непрерывное обновление производится путем точного и детального нанесения изменений (по мере их возникновения) на дежурные карты масштаба 1:25 000 или 1:10 000. На прочие районы детальное

дежурство за всеми изменениями местности выполняется по картам масштаба 1:100 000. Внесение изменений и нанесение их на карты производится по картографическим материалам различных организаций. Дежурство за изменениями на местности ведут, как правило, окружные и межрегиональные управления и комитеты геодезии и картографии.

При обновлении карт по материалам аэрофотосъемки используют, как правило, имеющуюся геодезическую основу, а также съемочное обоснование (опознаки) и данные дешифрирования аэрофотоснимков, полученные при создании обновляемой карты. Также используют все картографические материалы, полученные после создания обновляемой карты. Решение об обновлении карты принимается на основе анализа ее точности и количества происшедших изменений.

Карта считается удовлетворяющей требованиям точности, если средние расхождения в плановом положении точек фотограмметрических сетей и соответствующих точек на карте не превышают 0,6 мм в равнинной местности и 0,9 мм – в горной. Средние расхождения высот не должны превышать $1/2$ высоты сечения рельефа.

14.2 Обновление карт по материалам аэрофотосъемки

В зависимости от рельефа местности, насыщенности контурами, количества и характера изменений местности, применяют три основных способа обновления топографических карт по материалам аэрофотосъемки.

1. Обновление карты на основе нового фотоплана. Изготавливается новый фотоплан по обычной технологии. После этого изготавливается светокопия с фотоплана с впечатанным рельефом. Затем выполняется камеральное дешифрирование на фотоплане и вычерчивание всей ситуации. Этот способ применяется в равнинной местности при изменении контурной нагрузки более 30 %.

2. Обновление карты по аэрофотоснимкам и копии оригинала карты на

прозрачном пластике. Способ применяется, когда количество изменений на местности менее 30 % и когда вычерчивание на копии карты новых элементов и удаление утраченных менее трудоемко, чем вычерчивание всей ситуации на новом фотоплане.

3. Обновление карт по модели, построенной на универсальном стереофотограмметрическом приборе. Этот способ применяется при обновлении карт на горные территории. Для внешнего ориентирования модели используются неизменившиеся четкие контуры обновляемой карты. В этом случае модель строят обычным способом, по которой и выполняется обновление карты.

14.3 Технология обновления карт по материалам космических съемок

Технология создания и обновления карт по материалам космических съемок имеет некоторые отличия от аэрофотограмметрических технологий. Это вызвано условиями получения космических снимков, а также особенностями их фотограмметрической обработки: во-первых, у космических снимков высоты фотографирования колеблются от сотен до нескольких тысяч километров; во-вторых, не всегда удается выдерживать заданное продольное и поперечное перекрытие снимков, так как съемочные аппараты движутся по эллиптическим орбитам; в-третьих, космические снимки охватывают значительную площадь поверхности, и поэтому необходимо учитывать кривизну Земли.

Смещение точек на кадровом космическом снимке, зависит от высоты фотографирования, фокусного расстояния, положения точек на снимке.

14.4 Цифровые технологии обновления карт по аэроснимкам

До 1990-х гг. процесс составления и обновления карт выполнялся

ручными или полуавтоматическими способами и полностью зависел от опыта и квалификации фотограмметристов и картографов. В настоящее время завершается переход на цифровые методы составления и обновления карт. Процесс обновления карт по традиционной технологии делится на три этапа: – подготовительные работы; – собственно обновление карт; – воспроизведение обновленной карты. Применение цифровых методов сохраняет трехэтапность процесса обновления. На первом этапе создается топографическая основа по материалам новой аэрофотосъемки в виде цифрового ортофотоплана. На втором этапе производится наложение предварительно отсканированной и векторизованной карты на растровое фотоизображение фотоплана. На этом этапе обновления осуществляется векторизация по растровому изображению фотоплана вновь появившихся объектов, корректировка сохранившихся и выявление утраченных объектов. На заключительном этапе выполняется окончательное нанесение обновляемых объектов и удаление утраченных объектов с обновляемой карты. Современные цифровые технологии обновления карт базируются на тех же технических средствах.

Данная технология обновления предусматривает перевод графических оригиналов обновляемых карт в цифровой вид. Для этого производится сканирование оригиналов и векторизация карт. Обновление цифровой топографической карты выполняется по стереопарам снимков, одиночным снимкам, ортофотопланам. В процессе обновления контурная часть карты приводится в полное соответствие со снимками нового залета. Процесс обновления сводится к трем видам работ:

- исключение из базы данных отсутствующих на снимках объектов;
- включение в базу вновь появившихся объектов;
- внесение изменений в семантику.

Контрольные вопросы:

1. Методика обновления планов и карт по материалам аэрофотосъемки.

Степень старения картоматериала.

2. Методика обновления планов и карт с использованием материалов новой аэрофотосъемки.

3. Новые технологии в создании цифровых топографических карт и планов с использованием цифровых фотограмметрических станций и приборов.

15 Мониторинг недвижимости дистанционными методами

15.1 Характеристика подсистем мониторинга объектов

недвижимости

Система мониторинга недвижимости в общем виде состоит из наземной, авиационной и космической подсистем. При мониторинге недвижимости каждая из подсистем обеспечивает получение определённой информации, соответствующей тематики, геометрической и смысловой точности. Решение комплексных задач может решаться при использовании комбинаций соответствующих подсистем.

Космическая подсистема используется для федерального регионального мониторинга земель на территориях площадью тысяча и более квадратных километров.

Состоит из:

- космических летательных аппаратов;
- бортовой аппаратуры дистанционного зондирования;
- средств передачи информации, получаемой при зондировании;
- средств приёма, регистрации и хранения информации на специальных пунктах, расположенных на Земле;
- технических и программных средств отраслевой и межотраслевой обработки получаемой информации.

Авиационная подсистема используется для проведения мониторинга на региональном и локальном уровнях.

Съёмки проводятся с высотных (тяжёлых), средневысотных и низколетающих (лёгких) воздушных аппаратов.

Высотные летательные аппараты: ТУ-134СХ, АН-30, ИЛ-20 и другие средства, применяются при съёмке достаточно больших площадей. Они оборудованы комплексами автоматического самолётовождения, использующие для навигации данные GPS аппаратуры. Самолёты подобного класса, представляют собой летающие лаборатории, на которые устанавливается комплекс различной аппаратуры дистанционного зондирования.

Средневысотные самолёты АН-2, АН-28, ВСХС и другие используют для аэрофотосъёмки, аэровизуальных наблюдений, съёмок с использованием видеоаппаратуры.

Низколетающие летательные аппараты (ЛА) используют для проведения локального мониторинга земель. Широко применяют мотодельтапланы и беспилотные дистанционно управляемые ЛА.

Подсистема наземных наблюдений предназначена для сбора наземной информации, обеспечивающей систему мониторинга земель.

Функции данной подсистемы заключаются в следующем:

- определение основных показателей и характеристик категорий земель,
- сбор информации о состоянии земель для решения тематических задач;
- обеспечение дистанционного мониторинга земель опорной информацией для организации баз данных. Данная информация используется при обучении интерпретационных систем (автоматизированный метод дешифрирования). Выполняется оценка дешифрирования материалов аэро- и космических съёмок.
- калибровка технических средств дистанционного зондирования, учёт влияний атмосферы, географическая (геодезическая) привязка материалов аэро- и космических съёмок, организация пунктов первичной обработки данных, подготовка экспресс- информации.

15.2 Общие вопросы технологии мониторинга земель дистанционными методами

Методика мониторинга земель может быть представлена в виде определенных последовательных действий, отвечающих смыслу понятия «мониторинг», — периодическое, с некоторым временным интервалом, получение информации об изучаемом объекте или явлении, анализ и прогнозирование его развития. Полученные данные учитывают при разработке управленческих и технических мероприятий.

Проведение мониторинга земель включает несколько укрупненных процессов, обеспечивающих получение необходимой информации: разработка общей стратегии исследования; сбор фондового материала; выбор программного и технического комплекса; получение периодических материалов дистанционного зондирования; сравнение, анализ и прогнозирование изучаемых объектов и явлений.

Разработка общей стратегии исследования является подготовительным этапом мониторинга земель. На район изучения подбирают все фондовые материалы, включая материалы аэро- и космических съемок прошлых лет, планово-картографический материал, результаты различных обследований территории, статистический материал и т. п. На основе анализа фондовых данных выявляют динамику изменений объекта исследования, что позволяет определить оптимальную периодичность проведения съемок. Иерархический уровень мониторинга (федеральный, региональный или локальный) предъявляет требования к точности и генерализации конечной информации. Определяют способ дистанционного зондирования (наземный, авиационный или космический) и тип съемочной аппаратуры.

Задачи, решаемые при мониторинге земель, относятся к разряду создания различных тематических информационных слоев, т. е. к созданию информационной земельно-кадастровой базы данных. Эффективность процедур работы с огромным количеством получаемой информации,

доступность к этой информации, возможность ее визуализации, обмена внутри базы и экспорта-импорта в другие информационные системы и т. п. определяет выбор конкретной, используемой при данном мониторинге геоинформационной системы.

Производство аэро- или космических съемок — наиболее важный этап мониторинга земель. Съемки проводят в определенные на подготовительном этапе периоды времени. Космические съемки выполняют на основании заявок, в которых помимо дат съемок указывают тип используемой аппаратуры, спектральную зону съемки, формат представляемых результатов и т. п. Наземные и воздушные съемки проводят специализированные фирмы и предприятия, в соответствии с разработанными техническими заданиями в целях мониторинга земель.

Изображения подвергаются фотограмметрической обработке и дешифрированию, с целью получения топографических и тематических планов, карт заданных масштабов, а также их электронных аналогов в ГИС в виде соответствующих геоинформационных слоев. Результаты определений характеристик земель, полученных специальной измерительной аппаратурой, наносят на топографическую основу для пространственной привязки. По нанесенным данным выделяют границы распространения изучаемого параметра земель.

Используя фондовые материалы и материалы новых съемок, программными средствами ГИС проводят сравнение разновременных данных. В результате их анализа выявляют изменения в положениях границ, площадей, качественного состава, использования и правового статуса категорий земель. Особо выделяют экологические изменения земель, вызванные техногенными процессами.

Контрольные вопросы:

1. Использование наземной, авиационной и космической подсистем в системе мониторинга недвижимости.

2. Понятие Государственного мониторинга земель.
3. Как используют данные дистанционного мониторинга?

16 Вопросы для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы

1. Исторический обзор развития фотограмметрии.
2. Фототопография и фототопографические съемки.
3. Прикладная фотограмметрия.
4. Классификация съемок и съемочных систем. Виды аэро- и космических съемок.
5. Влияние атмосферы на оптические характеристики ландшафта и качество аэрофотоизображения.
6. Носители аэрофотосъемочного оборудования. Беспилотные летательные аппараты.
7. Аэрофотоаппараты и основные характеристики аэрофотообъектива.
8. Оптическая система АФА. Разрешающая способность оптических систем. Методы их определения.
9. Кассеты АФА. Основные требования, предъявляемые к кассетам. Способы выравнивания аэропленки.
10. Аэрофотозатворы и предъявляемые к ним требования. Теория аэрофотозатворов. Автоматическое регулирование экспозиции.
11. Принцип панорамного фотографирования. Классификация панорамных АФА.
12. Влияние фотографического качества материалов на технологию аэрофотогеодезических работ.
13. Сенситометрические исследования фотоматериалов. Характеристические кривые.
14. Аэрофотопленка и фотобумага. Негативный и позитивный процессы.

15. Черно-белые, цветные и спектрональные аэрофото пленки. Их метрология, приборы и методы определения характеристик.
16. Химико-фотографическая обработка цветных и черно-белых аэрофото пленок, оборудование и методы.
17. Оценка качества аэрофотографического изображения аэрофильмов.
18. Многозональная фотосъемка. Принцип выбора спектральных каналов. Требования к многозональным АФА.
19. Сканерные методы съемки местности. Способы сканирования. Приемники излучения сканерных съемочных систем.
20. Инфракрасные методы съемки. Основы тепловой съемки, устройство принцип работы тепловых съемочных систем. Особенности теплового изображения.
21. Радиолокационный принцип получения изображения местности. Классификация РЛС. РЛС бокового обзора. Факторы, влияющие на качество РЛС изображения.
22. Телевизионные методы зондирования, их классификация. Общая характеристика телевизионных систем зондирования.
23. Бортовые радиотехнические системы для управления аэрофотосъемочным процессом.
24. Параметры оценки фотографического качества аэрофотоснимков.
25. Классификация орбит КЛА. Элементы орбиты КЛА. Особенности фотосъемки с орбиты.
26. Отличия производства космических съемок от аэросъемок.
27. Космические носители аппаратуры дистанционного изучения земной поверхности.
28. Особенности фотограмметрической обработки космических снимков.
29. Горизонтальный и наклонный снимки. Факторы, влияющие на геометрию снимка.
30. Снимок как центральная проекция. Характеристики центральной проекции. Эпюры.

31. Основные элементы центральной проекции.
32. Смещение точек снимка вследствие влияния его наклона.
33. Изменение масштаба снимка вследствие его наклона.
34. Искажение площадей и направлений на наклонном снимке.
35. Влияние рельефа местности на изменение масштаба изображения отдельных участков местности.
36. Искажение площадей и направлений на снимке вследствие влияния рельефа местности.
37. Стереоскопическое зрение и стереоскопический эффект. Стереопары.
38. Стереоскопическая и геометрическая модели местности.
39. Поперечный и продольный параллаксы точек снимка.
40. Аналоговые измерительные стереоприборы.
41. Преимущества применения фотосхем при аэровизуальном дешифрировании.
42. Назначение и классификация стереофотограмметрических систем.
43. Цифровые и аналитические стереофотограмметрические системы.
44. Метрические свойства увеличенных снимков.
45. Геометрические особенности увеличенной части снимка.
46. Системы координат, применяемые в фотограмметрии. Элементы внутреннего и внешнего ориентирования.
47. Трансформирование аэрофотоснимков и его виды. Аффинное трансформирование.
48. Раздельное определение элементов внешнего ориентирования снимка при фотограмметрической обработке его частей.
49. Элементы взаимного ориентирования пары снимков.
50. Определение пространственных фотограмметрических координат точек модели местности.
51. Устройство ввода – вывода изображения.
52. Понятие о 3D – изображении.
53. Плано-высотная привязка аэрофотоснимков.

54. Пространственная аналитическая фототриангуляция.
55. Расчет параметров аэрофотосъемки при фотограмметрической обработке одиночного снимка.
56. Расчет параметров аэрофотосъемки при стереофотограмметрической обработке снимков.
57. Аналитические методы фотограмметрической обработки наземных снимков.
58. Подготовительные работы при наземной стереофотограмметрической съемке.
59. Полевые работы при наземной стереофотограмметрической съемке.
60. Использование методов наземной фотограмметрии при решении нетопографических задач.
61. Дешифрирование снимков и его классификация.
62. Система прямых, косвенных и комплексных признаков дешифрирования.
63. Материалы, используемые при визуальном дешифрировании.
Визуальный метод дешифрирования, его способы и основы.
64. Дешифровочные признаки, используемые при визуальном дешифрировании.
65. Генерализация информации при дешифрировании.
66. Способы определения положения построек на дешифрируемых снимках при инвентаризации земель.
67. Задачи, содержание и подготовительные работы при сельскохозяйственном дешифрировании.
68. Объекты дешифрирования при создании базовых карт земель масштаба 1:10 000...1:25 000 и их признаки.
69. Выбор съемочных систем и условий съемки для выполнения дешифровочных работ при составлении кадастровых карт и планов.
70. Технологии дешифрирования и контроль результатов.
71. Топографическое дешифрирование и его сравнительная характеристика.
72. Ландшафтное дешифрирование.

73. Дешифрирование снимков поселений для целей кадастра и инвентаризации земель.
74. Дешифрирование земель, не участвующих в сельскохозяйственном производстве.
75. Особенности дешифрирования изображений сельских населенных пунктов.
76. Особенности дешифрирования различных фотоматериалов. Контроль качества дешифрирования.
77. Методика обновления планов и карт по материалам аэрофотосъемки. Степень старения картоматериала.
78. Методика обновления планов и карт с использованием материалов новой аэрофотосъемки.
79. Понятие о машинно-визуальном методе дешифрирования.
80. Понятие об автоматизированном методе дешифрирования.
81. Синтезирование цветных изображений. Выбор съемочной системы для сельскохозяйственного дешифрирования.
82. Технология выбора спектральных зон при дистанционном зондировании.
83. Почвенное картографирование по материалам аэро- и космических съемок.
84. Геоботаническое дешифрирование и дистанционное наблюдение за состоянием сельскохозяйственных культур.
85. Дистанционные поиски грунтовых вод.
86. Использование материалов аэро- и космических съемок при создании геоинформационных систем.
87. Использование материалов аэро- и космических съемок для определения водной эрозии и составлении проектов рекультивации.
88. Задачи, решаемые с помощью мониторинга земель дистанционными методами.
89. Основные этапы технологической схемы дистанционного мониторинга.
90. Особенности методологии дистанционного экологического мониторинга.

91. Экологическое дешифрирование аэрокосмических изображений разных видов.

**Варианты заданий для выполнения контрольной работы
обучающимися заочной формы**

Вариант задания выбирается по предпоследней и по последней цифре номера зачетной книжки.

Пред послед няя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,40, 67,83	2,41, 57,84	3,42, 58,90	4,43, 59,91	5,44, 60,85	6,45, 61,86	7,46, 62,87	8,47, 63,88	9,48, 64,89	10,49, 65,81
1	11,50, 91,37	12,51, 90,62	13,52, 89,25	14,53, 88,69	15,54, 87,70	16,55, 86,71	17,56, 85,72	18,57, 84,73	19,58, 83,74	20,59, 82,75
2	21,60, 81,76	22,61, 80,12	23,62, 79,13	24,63, 78,14	25,64, 77,15	26,65, 1,41	27,66, 2,42	28,67, 3,43	29,68, 4,44	30,69, 5,45
3	31,70, 6,46	32,71, 7,26	33,72, 8,20	34,73, 9,40	35,74, 10,47	36,75, 11,48	37,76, 12,49	38,77, 13,50	39,78, 14,51	40,89, 15,52
4	41,80, 16,25	42,81, 17,26	43,82, 18,27	44,83, 19,28	45,84, 20,30	46,85, 21,31	47,86, 22,32	48,87, 23,33	49,88, 24,34	50,79, 25,35
5	51,90, 26,36	52,91, 27,37	53,68, 28,38	54,69, 29,77	55,70, 30,78	56,4, 31,79	57,5, 32,88	58,6, 33,46	59,7, 34,47	60,8, 35,48
6	61,30, 23,41	62,31, 4,85	63,32, 40,79	64,33, 41,80	65,34, 12,2	66,35, 13,3	67,36, 14,48	68,37, 15,88	69,38, 16,85	70,39, 17,89
7	71,20, 6,46	72,21, 5,50	73,22, 37,46	74,23, 55,86	75,24, 45,8	76,25, 41,56	77,26, 42,54	78,27, 35,48	79,28, 43,11	80,29, 53,68
8	81,10, 26,51	82,11, 52,38	83,12, 56,39	84,13, 57,40	85,14, 58,41	86,15, 59,42	87,16, 60,43	88,17, 61,44	89,18, 62,45	90,19, 63,46
9	91,47, 64,14	1,48, 65,17	2,49 66,25	3,50, 67,26	4,51, 68,37	5,52, 69,40	6,53, 70,27	7,54, 71,28	8,55, 72,22	9,56, 73,21

Список использованной литературы

1. Изместьев, А.Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Г. Изместьев. – Электрон.текст. дан. – Кемерово: КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 2013. – 107 с. – Режим доступа: www.e.lanbook.com.
2. Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1: 10000 и 1:25000 (полевые работы). М., Недра, 1978 г.
3. Инструкция по межеванию земель. Комитет Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству. // М., Недра, 1996 г.
4. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГИТА)-02-036-02. М. ЦНИИГАиК.2002.
5. Куштин, И.Ф. Геодезия: учеб.-практич. пособие / И.Ф. Куштин, В.И. Куштин.— Ростов н/Д.: Феникс, 2009.— 910 с.
6. Кусов, В.С. Основы геодезии, картографии и космоаэросъемки: учебник / В.С. Кусов. – 3-е изд. – М.: Академия, 2014. – 256 с.
7. Курошев, Г.Д. Топография: учебник / Г.Д. Курошев.— 2-е изд., стереотип. — М. Академия, 2014 .— 192 с.: ил.
8. Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М.: КолосС, 2008. – 334 с.
9. Руководство по кадастровым съемкам сельских населенных пунктов фотограмметрическими методами. М., РосНИЦ, 1994 г.
10. Руководство по дешифрированию аэроснимков при кадастровых работах в сельских населенных пунктах. М., РосНИЦ, 1995 г.

Содержание

Введение	3
1 Основы фотограмметрии	4
2 Физические основы аэро- и космических съёмок	13
3 Аэро- и космические съёмочные системы	17
4 Фотографические съёмочные системы	20
5 Фотографические материалы, применяемые при аэро- и космических съёмках	30
6 Нефотографические съёмочные системы	37
7 Производство аэро- и космической съёмки	44
8 Геометрические свойства аэроснимка	48
9 Процессы, обеспечивающие преобразование аэроснимка в цифровые модели местности	57
10 Ортофотопланы. Технология создания ортофотопланов	60
11 Дешифрирование материалов аэро- и космических съёмок	63
12 Применение материалов аэро- и космических съёмок	73
13 Технологии фотограмметрических способов съёмки ситуации и рельефа при создании карт и планов	77
14 Технология обновления топографических карт и планов	84
15 Мониторинг недвижимости дистанционными методами	88
16 Вопросы для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы	92
Список использованной литературы	98

Кудрявцева Тамара Леонидовна
Чепцова Анастасия Александровна

Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Подписано в печать _____ 2021 г. Формат 60x90 1/16. Бумага писчая.

Печать офсетная. Уч.- изд.л. 6,3. Тираж ___ экз. Заказ _____

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА
Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т Блюхера, 44
Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВО Приморская ГСХА
692500, г. Уссурийск, ул. Раздольная, 8