

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине
«Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах»
для студентов направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры

Ставрополь
2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.

Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах и ее содержание.

Геометрические основы фотограмметрии

Теория одиночного снимка

Пространственная фототриангуляция

Способы наблюдений и измерения стереомодели

Дешифрирование снимков

Введение

Актуальность учебной дисциплины «Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах», реализуемой в рамках программы бакалавриата, обусловлена необходимостью формирования у будущих специалистов теоретических знаний, практических умений и навыков.

Методические указания содержат задания и указания для выполнения практических работ по аэрогеодезии, изучающей методы получения и обработки информации о земной поверхности с летательных аппаратов.

Выполнение заданий основано на использовании знаний по геодезии, физике, высшей математике, топографии.

При выполнении практических работ следует пользоваться материалами, приведёнными в приложениях, а также дополнительной литературой.

Цель методических указаний – ознакомить студентов с теоретическими основами и способами использования материалов аэросъёмки при решении инженерных задач в процессе изысканий.

В государственном стандарте по направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры (бакалавриат) очной формы обучения «Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах» относится к дисциплинам формируемыми участниками образовательных отношений. Ее освоение происходит в 7 семестре ОФО, в 8 семестре ЗФО.

В результате усвоения тем и разделов дисциплины, работы на практических занятиях у обучающихся должны сформироваться следующие компетенции:

ПК-13 - Способен использовать современные программные средства и технологии при проведении инженерно-геодезических изысканий.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЁМКИ УЧАСТКА. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЭРОФОТОМАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить основные сведения об аэрофотосъёмке, составить технический проект для производства аэрофотосъёмки участка, научиться составлять накидной монтаж и выполнять оценку материалов аэросъёмки.

Исходные данные:

1. Лист топографической карты масштаба 1:М.
2. Фокусное расстояние АФА f , мм.
3. Масштаб аэрофотосъёмки 1:м.
4. Масштаб изготавливаемого плана 1:М.
5. Скорость полёта самолёта W , км/ч.
6. Формат аэроснимка l 18×18 см.
7. Допустимый линейных сдвиг изображения δ , мм.
8. Альбом аэроснимков.

Содержание работы:

1. Определить на полётной карте границы съёмочного участка, выделить их линиями чёрного цвета.
2. Красным квадратиком отметить на полётной карте условное месторасположение аэродрома и определить его отметку.
3. Выполнить расчёт основных параметров аэрофотосъёмки.
4. Составить бланк технического проекта (прил. 1).
5. Нанести на рабочую карту зелёным цветом оси аэросъёмочных маршрутов и центры фотографирования.
6. Пронумеровать аэроснимки и занести сведения о материалах аэросъёмки в журнал (прил. 2).
7. По материалам аэрофотосъёмки выполнить визуальную оценку фотографического качества аэроснимков.
8. Составить накидной монтаж из аэроснимков.
9. Определить продольные перекрытия аэроснимков в маршруте.
10. Определить поперечные перекрытия между маршрутами.
11. Определить прямолинейность маршрутов.
12. Определить непараллельность базиса фотографирования сторонам аэроснимков («ёлочку»).
13. Определить углы наклона аэроснимков.
14. Результаты оценки качества аэросъёмочных материалов привести в журнале оценки аэрофотосъёмочных материалов (прил. 2).

15. Наметить границы рабочей площади на аэроснимках.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Аэрофотосъёмка заключается в фотографировании с воздуха земной поверхности. Она состоит из следующих процессов:

- 1) лётный – полёт над снимаемой территорией по заранее разработанным техническим условиям;
- 2) аэрофотографический – фотографирование местности по разработанным ранее техническим условиям и руководство полётом;
- 3) фотолабораторный – проявление аэрофильмов; изготовление аэроснимков и репродукций с накидного монтажа;
- 4) фотограмметрический – регистрация аэронегативов, составление накидного монтажа и оценка качества аэрофотоматериалов.

Аэрофотосъёмку обычно проводят с бортов самолётов и вертолётов различных типов. Для этого на летательном аппарате устанавливают аэрофотоаппарат (АФА). По положению оптической оси АФА в пространстве аэрофотосъёмку делят на плановую, когда отклонение оптической оси от отвесной линии не превышает 3° , и перспективную (наклонную), когда оптическую ось АФА устанавливают под заданным углом наклона к горизонту.

В случае использования при плановой аэросъёмке гироскопической стабилизации АФА, осуществляемой с помощью гироскопов, угол отклонения оптической оси не превышает 20° . Такой вид плановой аэросъёмки называют гиростабилизированным.

Для картографических целей в основном применяют плановую аэросъёмку. Она может быть:

- 1) многомаршрутной (аэрофотосъёмка площади) – при которой фотографируют значительную площадь земной поверхности путём проложения ряда прямолинейных и взаимно параллельных аэрофотосъёмочных маршрутов;
- 2) маршрутной – при которой проводят съёмку узкой полосы местности с одного маршрута;
- 3) одинарной – когда получают одиночный аэрофотоснимок фотографируемого объекта.

Плановую аэрофотосъёмку выполняют аэрофотоаппаратом (АФА), установленным на борту летательного аппарата. АФА, предназначенный для съёмки территории с целью картографирования, представляет собой сложный высокоточный прибор (рис. 1).

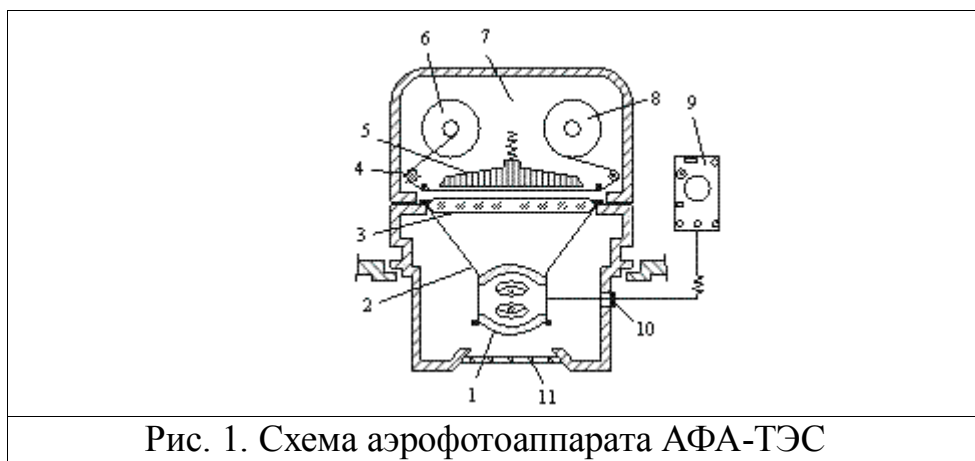


Рис. 1. Схема аэрофотоаппарата АФА-ТЭС

Здесь 1 – объектив; 2 – фотокамера с прикладной рамкой; 3 – выравнивающее стекло; 4 – мерный валик; 5 – прижимной стол; 6 – принимающая катушка (бобина); 7 – кассетная часть; 8 – подающая катушка; 9 – командный прибор; 10 – центральный затвор; 11 – светофильтр.

Плановая аэросъёмка площади для картографических целей выполняется по определённым техническим условиям. Обычно её производят в более мелком масштабе по сравнению с заданным масштабом изготовления плана местности. Если обозначить через $1/m$ масштаб аэрофотосъёмки, а через $1/M$ – масштаб составляемого плана, то коэффициент увеличения будет определяться по формуле:

$$K = \frac{m}{M}. \quad (1)$$

Кроме того, масштаб аэросъёмки зависит от величины фокусного расстояния f АФА и высоты фотографирования H .

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H}. \quad (2)$$

Высотой фотографирования называется расстояние, измеряемое по отвесной линии от центра объектива АФА, установленного на летательном аппарате, до определённой поверхности. В зависимости от поверхности, до которой измеряют высоту фотографирования, различают: абсолютную высоту фотографирования $H_{\text{абс}}$, где отсчётной поверхностью выступает основная уровенная поверхность; относительную высоту фотографирования H_o , измеряемую до поверхности, соответствующей уровню аэродрома; среднюю высоту фотографирования H , отсчитываемую до средней плоскости участка съёмки; истинную высоту фотографирования H_i – до горизонтальной плоскости, расположенной на уровне данной точки земной поверхности. Среднюю высоту фотографирования H вычисляют по формуле:

$$H = f \cdot m = f \cdot K \cdot M. \quad (3)$$

Кроме того, определяют высоту полёта над уровнем моря (абсолютную высоту фотографирования):

$$H_{абс} = H + A_{сп} \quad (4)$$

и высоту полета над аэродромом:

$$H_0 = H_{абс} + A_A, \quad (5)$$

где A_A – отметка аэродрома.

Для составления проекта задания на аэросъёмку площади необходимо знать масштаб аэросъёмки, масштаб изготовления плана и иметь топографическую карту местности более мелкого масштаба, чем заданный масштаб аэросъёмки. После тщательного изучения рельефа местности по карте всю площадь, подлежащую съёмке, делят на участки, для каждого из которых выписывают минимальную и максимальную отметки и находят уровень средней плоскости съёмочного участка.

Аэросъёмку площади выполняют с взаимным перекрытием смежных аэроснимков одного маршрута, которое называется продольным перекрытием P_x , и с взаимным перекрытием аэроснимков смежных маршрутов, называемым поперечным перекрытием P_y . Величины продольного и поперечного перекрытий выражаются в процентах по отношению к длине стороны аэроснимка; для производства аэросъёмки в масштабах от 1:10000 до 1:25000 их рассчитывают по формулам:

$$\left. \begin{aligned} P_x &= 62 + 50 \frac{h}{H} \\ P_y &= 34 + 50 \frac{h}{H} \end{aligned} \right\} \quad 8 \quad (6)$$

где h – максимальное превышение местности над средней плоскостью участка съёмки;

H – средняя высота фотографирования.

При масштабах аэрофотосъёмки 1:5000 – 1:10000 P_x увеличивают на 2%, а P_y – на 4%, а при 1:25000 – 1:35000 – на столько же уменьшают.

Из всей площади аэроснимка используют только его центральную часть, ограниченную средними линиями перекрытий и называемую рабочей площадью аэроснимка. Величина рабочей площади вычисляется по формуле:

$$\left. \begin{aligned} q &= b_x \cdot b_y \\ Q &= B_x \cdot B_y = b_x \cdot b_y \cdot m^2 \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где b_x и b_y – продольный и поперечный базисы фотографирования в масштабе снимка;

B_x и B_y – продольный и поперечный базисы фотографирования на местности.

Продольным базисом фотографирования называется расстояния между центральными точками смежных снимков. Поперечный базис фотографирования – расстояния между смежными маршрутами. Эти величины вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} b_x &= \frac{l(100 - P_x)}{100} \\ b_y &= \frac{l(100 - P_y)}{100} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

где l – размер стороны аэроснимка.

$$\left. \begin{aligned} B_x &= b_x \cdot m \\ B_y &= b_y \cdot m \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

Вследствие движения летательного аппарата изображение фиксируемой местности также движется, что приводит при фотографировании к смазу изображения (нерезкости). Предельную величину смаза изображения δ_ϕ принимают равной 0.05 мм. Для того, чтобы обеспечить выполнение данного условия, вычисляют необходимую максимальную выдержку экспозиции $\tau_{\max}$ по формуле:

$$\tau_{\max} = \frac{\delta_\phi}{W} M, \quad (10)$$

где W – путевая скорость полёта.

Интервал между экспозициями t определяет продолжительность полёта летательного аппарата со скоростью W , в течение которого он преодолеет расстояние B_x :

$$t = \frac{B_x}{W}. \quad (11)$$

Участок аэросъёмки обычно представляет собой прямоугольник со сторонами L_x по параллели и L_y по меридиану; тогда площадь участка будет:

$$S = L_x \cdot L_y. \quad (12)$$

Чтобы рассчитать общее число аэроснимков на весь участок съёмки, определяют число маршрутов K по формуле:

$$K = \frac{L_y}{B_y} + 1. \quad (13)$$

Также вычисляют число аэронегативов в маршруте по формуле:

$$n = \frac{L_x}{B_x} + 3. \quad (14)$$

Тогда расчётное число аэронегативов на всей площади участка будет:

$$N=K \cdot n. \quad (15)$$

Следует отметить, что для гарантированного покрытия всей съёмочной площади аэронегативами вычисленное количество аэроснимков в маршруте, а также количество маршрутов увеличивают на 1.

При выполнении аэросъёмки с запада на восток или с востока на запад первый аэросъёмочный маршрут прокладывают по северной границе съёмочного участка, последний – по южной, а оси маршрутов продолжают за границы участка на полтора-два базиса.

Чтобы определить расчётное время, необходимое для аэрофотосъёмки участка, нужно знать общую протяжённость всех аэросъёмочных маршрутов L_S и путевую скорость летательного аппарата. Тогда съёмочное время можно определить по формуле:

$$T_S = \frac{L_S}{W}, \quad (16)$$

где $L_S = K(L_x + B_x)$ – длина всех маршрутов с учётом обеспечения границ.

Различают лётное и съёмочное время. В лётное время, кроме съёмочного, входит время долётов от аэродрома до участка и обратно, включая время набора высоты, время на аэросъёмочные промеры, время на рекогносцировку объекта съёмки и на разведку погоды.

Средняя продолжительность съёмочного для принимается равной: 3 часа – в равнинных районах южнее 58° северной широты; 2.5 часа – в равнинных районах севернее 58° северной широты; в горных районах с высотами до 3000 м – 2 часа, свыше 3000 м – 1.5 часа.

Также к аэросъёмочным расчётам относят определение числа погонных метров аэроплёнки $l_{ап} = 0.19N$. Здесь 0.19 – размер кадра с межкадровым промежутком, выраженный в метрах. На каждую катушку аэроплёнки предусматривается 4 м технологических отходов. Зная длину катушки аэроплёнки l_k , можно определить необходимое количество катушек:

$$n_k = \frac{l_{ап}}{l_k - 4}, \quad (17)$$

где l_k выражено в метрах. Обычно используются катушки аэроплёнки длиной 60 м или 120 м в зависимости от общей длины аэросъёмочных маршрутов.

Аэрофотосъёмку выполняют в ясные безоблачные дни с хорошими атмосферными условиями. После получения задания проводят подготовку по-

лётной карты, на которую наносят границы участка, затем взаимно параллельные аэросъёмочные маршруты через расстояния, вычисляемые по формуле:

$$d_y = \frac{B_y}{M_k}, \quad (18)$$

где M_k – знаменатель масштаба полётной карты.

Аэросъёмочные маршруты прокладывают в натуре согласно ориентирам и карте. Чтобы не мешал солнечный свет, маршруты прокладывают вдоль параллелей. Первый маршрут совмещают с северной или южной границей участка съёмки. Аэронегативы последнего маршрута также должны перекрывать границы объекта.

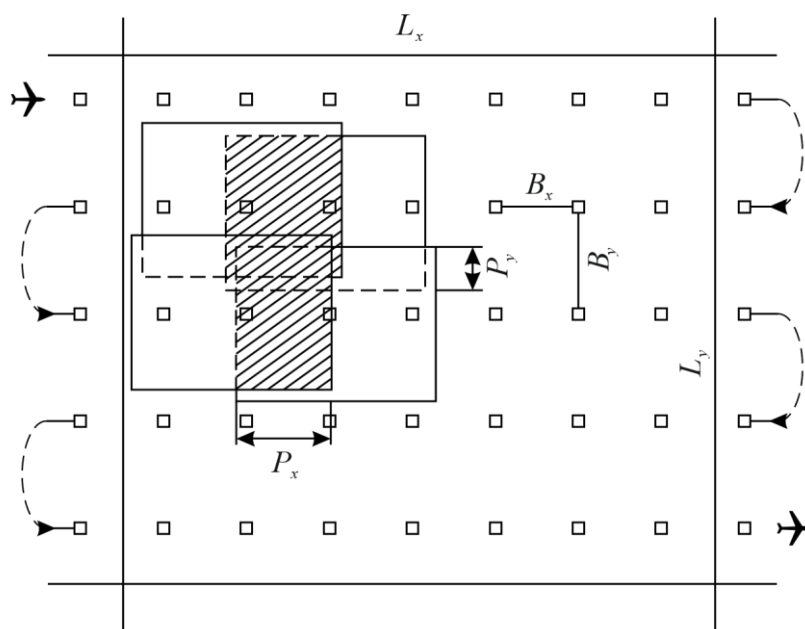


Рис. 2. Графический рабочий проект аэросъёмки

Выполненные расчёты служат основой для составления графического рабочего проекта аэросъёмки оп заданным маршрутам:

- 1) на топографическую карту наносят оси маршрутов аэросъёмки. Ось первого маршрута совмещают с северной границей съёмочного участка. Последующие маршруты наносят параллельно первому с расстояниями между ними, равными поперечному базису фотографирования в масштабе топоосновы;
- 2) на маршрутах наносят центры аэроснимков в соответствии с продольным базисом фотографирования в масштабе топоосновы. Центр первого снимка располагают за западной границей участка съёмки на расстоянии одного базиса фотографирования от неё;

3) на двух смежных маршрутах аэросъёмки показывают расположение четырёх перекрывающихся снимков в масштабе карты (по два снимка на маршруте, рис. 2).

После фотолабораторной обработки аэрофильмы нумеруют и регистрируют в журнале.

Номер аэрофотоснимка проставляется в северо-восточном углу. Например, $K - 347 \frac{28}{IV} 99 - 528$, где K-347 – шифр объекта; $\frac{28}{IV} 99$ – дата съёмки; 528 – номер аэрофотонегатива. Нумерации подлежат все аэронегативы. Вся подпись должна занимать поле размером не более 8×62 мм и вплотную примыкать к краю снимка.

При просмотре аэрофильмов выявляют и отмечают в журнале регистрации все дефекты фотоизображения: царапины, надрывы, изображения облаков и теней от них, нерезкость изображения, полосы, пятна и т.д.

При оценке фотографического качества аэронегативов вначале осуществляют визуальный контроль аэронегативов с использованием луп. Аэронегативы должны иметь по всему полю резкое изображение.

Визуальный контроль завершается оценкой физического состояния аэрофильмов и пригодности их для фотограмметрических измерений и дешифрирования. На аэронегативах должны отсутствовать полосы, пятна, надрывы, заломы, царапины, потёртости, сползание эмульсионного слоя, механические дефекты, блики, ореолы. Аэронегативы не должны иметь изображений производственных дымов, облаков и теней от них.

Материалы аэрофотосъёмки по фотографическому качеству оцениваются «хорошо», если не менее 85% аэронегативов имеют оценку по фотографическому качеству «хорошо» и полностью удовлетворяют требованиям Основных положений по аэрофотосъёмке.

Результаты оценки фотографического качества каждого аэронегатива заносятся в специальный журнал (прил. 2).

Накидным монтажом называется соединение контактных отпечатков по их продольным и поперечным перекрытиям в одном общем изображении местности. Снимки монтируют на большом фанерном или дощатом щите и закрепляют кнопками. Монтаж начинают с правого снимка верхнего маршрута. К нему монтируют способом мелькания справа налево сначала все снимки данного маршрута. Второй и последующие маршруты укладывают справа налево так, чтобы номера всех снимков были сверху, а идентичные контуры смежных аэроснимков совмещались в зонах продольного и поперечного перекрытий. Завершив накидной монтаж, приступают к оценке фотограмметрического качества материалов аэрофотосъёмки.

При помощи линейки (рис. 3, а) определяют продольные перекрытия аэроснимков каждого съёмочного маршрута. Линейку изготавливают на миллиметровой бумаге. Длина линейки равна формату аэроснимка и принимается за 100%. Продольное перекрытие снимков P_x должно удовлетворять требованиям, приведённым в прил. 3.

В прил. 3 h – наибольшее превышение точек местности над средней плоскостью съёмочного участка; H – высота полёта над средней плоскостью. При $h:H \geq 0.3$ продольное перекрытие не должно превышать 75%.

С помощью той же линейки (рис. 3, б) определяют поперечное перекрытие аэроснимков всех смежных маршрутов. Допустимые значения поперечных перекрытий P_y находят, руководствуясь прил. 3.

По накидному монтажу определяют непрямолинейность каждого съёмочного маршрута (рис. 3). Непрямолинейность маршрута E определяется отношением максимальной стрелки прогиба ΔL к длине маршрута L и выражается в процентах (рис. 4).

$$E = \frac{\Delta L}{L} 100\% \quad (19)$$

и не должна быть более 2%.

Контроль параллельности базиса фотографирования стороне аэрофото-снимка осуществляется по измеренным при помощи транспортира углам ϕ между ними (рис. 5). На каждом аэроснимке накалывают главную точку и переносят её на смежные снимки. Главную точку соединяют с координатной меткой и главной точкой соседнего аэроснимка и измеряют полученный угол при главной точке. Допустимые значения ϕ приведены в прил. 3.

Результат контроля фотограмметрического качества аэрофотосъёмки записывают в специальный журнал (прил. 2).

Углы наклона аэроснимков определяются по отклонению изображения пузырька круглого уровня от нуля в его центре. Цена деления концентрических окружностей круглого уровня составляет 1° . Углы наклона плановых аэроснимков не должны превышать 3° . Результаты определения углов наклона аэроснимков заносятся в специальный журнал (прил. 2).

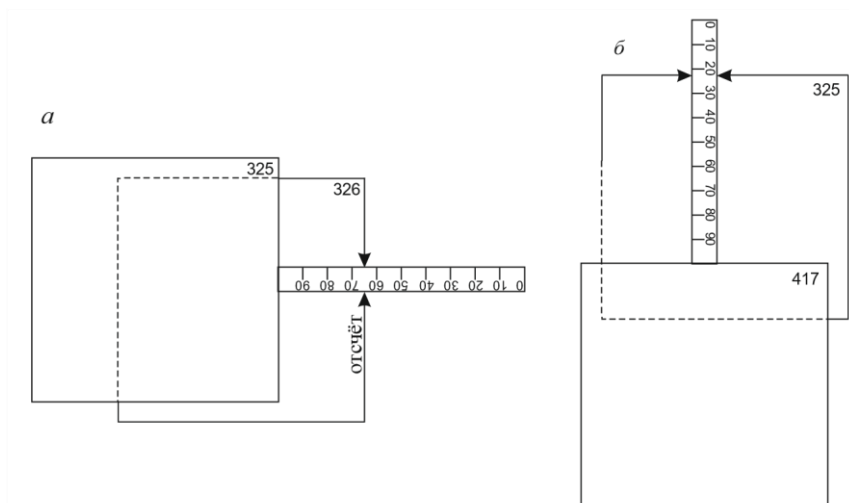


Рис. 3. Пример определения величин продольного (а) и поперечного (б) перекрытий снимков

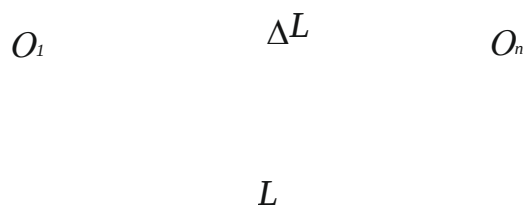


Рис. 4. Определение непрямолинейности маршрута

□

□

Рис. 5. Измерение непараллельности базиса фотографирования стороне аэроснимка

Рабочая площадь со всех четырёх сторон ограничивается линиями, проведёнными посередине продольных и поперечных перекрытий со смежными

аэрофотоснимками. Она составляет 2535% общей площади снимка. На этой части снимков проводится разбивка пикетажа, выполняется контурное и специальное дешифрирование. Кроме рабочей площади на снимках отмечаются:

- главные точки снимков – накалываются иглой, а на обратной стороне снимка обводятся кружком и подписываются «О»;
- начальные направления и размер базисов – обозначаются по краям лицевой стороны аэроснимков штрихами длиной 23 см. Над каждым штрихом надписывается измеренная величина базисов фотографирования.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 ОСНОВЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Цель работы: освоить способы распознавания и идентификации объектов по их изображениям, методику привязки и ориентирования аэроснимков относительно геодезической основы, нанесение контурной информации по фотоизображениям.

Исходные данные:

1. Аэроснимки.
2. Топографическая основа участка съёмки. **Содержание работы:**
3. Выполнить топографическое дешифрирование аэроснимков в пределах их рабочих площадей.
4. Результаты дешифрирования оформить в соответствии с условными знаками.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Дешифрирование аэроснимков заключается в распознавании фотоизображений объектов местности, определении их характеристик и вычерчивании в условных знаках. При дешифрировании используют прямые (форма, размер, тон, структура изображения) и косвенные дешифровочные признаки, которые проявляются в взаимосвязи между объектами (взаимное расположение, тень, цвет и др.). Сочетание этих связей позволяет делать логические выводы по опознаванию объектов.

По назначению дешифрирование разделяют на:

- топографическое, при котором опознают и изучают ситуацию и рельеф местности;

- специальное или инженерное, при котором опознают и изучают объекты и элементы местности, наиболее важные для решения поставленной инженерной задачи.

Среди различных методов дешифрирования наиболее быстрым и недорогостоящим является камеральный метод. Наиболее трудоёмким и дорогим – полевой. Сочетание камерального и полевого методов называют комбинированным дешифрированием.

Дешифрирование выполняют в следующем порядке:

1. Населённые пункты.
2. Объекты социально-промышленного назначения.
3. Дорожная сеть.
4. Линии связи и электропередачи.
5. Гидрография.
6. Растительность.
7. Грунты, болота.

Особенности изображения объектов на аэроснимках

1. Населённые пункты – совокупность четырёхугольников, сети улиц, огородов.
2. Пашня – прямолинейность границ, характерные параллельные борозды, различная тональность изображения в зависимости от вида посева и времени года.
3. Железные дороги – перпендикулярность пересечения с автомобильными дорогами; на крупномасштабных снимках видны рельсы, шпалы, мачты контактной сети и т.п.
4. Автомобильные дороги – плавность поворотов, своеобразие их сопряжений с другими дорогами.
5. Грунтовые (просёлочные) дороги – это непрофилированные дороги без покрытия, накатанные транспортом. Грунтовые дороги выделяются в виде извилистых тонких белых линий различной толщины.
6. Полевые (лесные) дороги отличаются сильной извилистостью, неровностями и наличием объездов, ширина дорог – в одну колею. ЛЭП - опознаются по тёмным овальным пятнам опашек столбов или по изображению самих столбов в виде тёмных игл-чёрточек.
7. Реки – извилистые полосы различной толщины и плотности тона; ручьи выделяются своей извилистостью; озёра и пруды имеют однотонные поверхности, ограниченные замкнутыми криволинейными контурами.
8. Леса, кустарники – резко очерченная зернистая поверхность. Вид крон у лиственных деревьев округлый, у сосны – зубчатый, у ели и лиственницы – остроконечный.

9. Болота – по степени угнетённости деревьев в лесном массиве.

10. Рельеф – по характеру изображения гидросети, по тени и степени освещённости склонов.

11. Пункты геодезической сети – по конфигурации отчуждённых для них участков земли, по виду наземной части пункта и его тени.

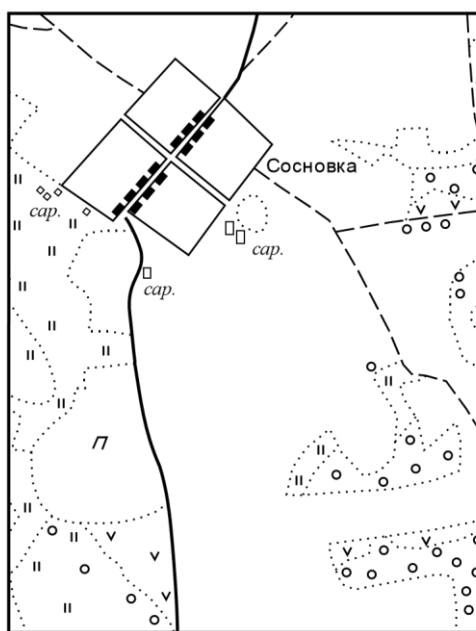


Рис. 6. Пример фрагмента дешифрирования

Камеральное топографическое дешифрирование аэроснимков выполняют с использованием топографических карт масштабов 1:10000 – 1:25000. Результаты дешифрирования вычерчивают на восковке, наложенной на снимок, либо на контактных отпечатках. Необходимые характеристики и пояснительные надписи берут с топографической карты. Пример оформления результатов дешифрирования представлен на рис. 6.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАСШТАБОВ АЭРОСНИМКОВ

Цель работы: ознакомиться со способами определения масштабов снимков, изучить принципы учёта разномасштабности аэроснимков, вызванной их наклоном и рельефом местности.

Исходные данные:

1. Аэроснимки.
2. Топографическая основа участка съёмки. **Содержание работы:**
3. Определить продольный, поперечный масштабы аэроснимков.

4. Вычислить процент разномасштабности смежных снимков.

5. Рассчитать средний масштаб для каждого аэроснимка.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Существует несколько способов определения горизонтальных масштабов аэроснимков:

1. по отношению фокусного расстояния АФА к высоте фотографирования (формула [2]);
2. по отношению длин соответственных отрезков на снимке и на топографической карте;
3. по отношению длин соответственных отрезков на снимке и на местности; при этом определяют продольный (вдоль оси маршрута), поперечный (поперёк оси маршрута) и средний масштабы.

При определении масштаба аэроснимков по сравнению длин отрезков снимка и топокарты выбирают идентичные точки на снимке и карте, измеряют расстояния между этими точками и вычисляют значение масштаба по формуле

$$\frac{1}{m} = \frac{l_{\text{сн}}}{l_{\text{к}} m_{\text{к}}}, \quad (20)$$

где $l_{\text{сн}}$ – длина отрезка на аэроснимке; $l_{\text{к}}$ – длина отрезка на карте; $m_{\text{к}}$ – знаменатель масштаба карты.

Масштабы аэроснимка определяют в двух направлениях: вдоль оси аэросъёмочного маршрута и поперёк него.

Разномасштабность определяется как разность длин идентичных отрезков на двух смежных аэроснимках. Отрезки нужно выбрать в зоне продольного или поперечного перекрытия примерно перпендикулярно к базису фотографирования.

Для этого в средней части зоны перекрытия по обе стороны от базиса фотографирования на смежных снимках выбирают 4 хорошо определяемые идентичные точки, измеряют расстояния l_1 и l_2 между ними. Разномасштабность аэроснимков определяется по формуле:

$$\Delta m = \frac{l_1 - l_2}{l_1} 100. \quad (21)$$

Величину Δm определяют в двух направлениях: вдоль линии направления съёмки и поперёк маршрутов. Разномасштабность считается допустимой, если $\Delta m < 3\%$.

Наклон аэроснимков и рельеф местности приводят к искажению изображения точек на аэроснимках. Это отражается на масштабе снимков – в раз-

ных направлениях от будет разным. Поэтому при работе с аэроснимками определяют их средний масштаб.

Для этого на топокарте и на снимках опознают 4 соответственных точки. На аэроснимке эти точки стараются выбрать в противоположных углах. Линии, соединяющие эти точки попарно, должны располагаться как можно ближе к главной точке, а длина частей этих линий должна быть примерно одинаковой по обе стороны от главной точки аэроснимка (рис. 7).

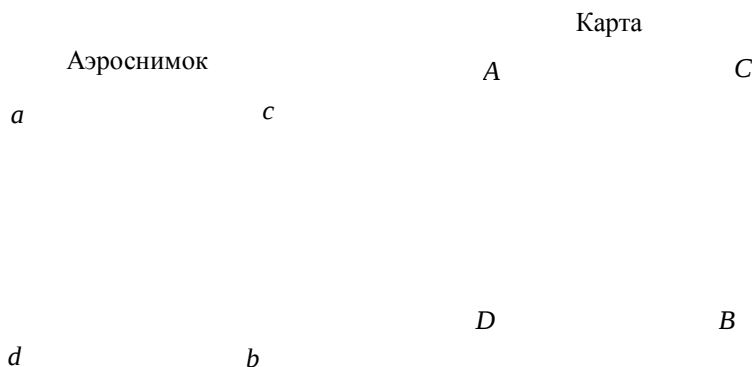


Рис. 7. Определение среднего масштаба аэроснимка

Опознав на топокарте соответственные точки, с помощью измерителя и масштабной линейки определяют длины отрезков.

Масштаб аэроснимка определится из формулы (20), а знаменатель среднего масштаба вычисляется по среднему значению знаменателей масштабов аэроснимка: $m_{\text{ср}} = \frac{m_1 + m_2}{2}$.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЙ И ОТМЕТОК ТОЧЕК ТРАССЫ. ПОСТРОЕНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

Цель работы: Ознакомиться с методикой определения превышений точек простейшими фотограмметрическими способами. Вычислить превышения и отметки точек местности. Составить и оформить продольный профиль трассы.

Исходные данные:

1. Аэроснимки.
2. Значения параметров аэросъемки из лабораторной работы №1.
3. Топографическая карта на участок съёмочных работ.

4. Горизонтальный m_g и вертикальный m_v масштабы продольного профиля.

Содержание работы:

1. С помощью топографической карты на аэроснимках выбрать трассу, содержащую поворотные точки.

2. Измерить абсциссы определяемых точек при помощи масштабной линейки и измерителя.

3. Вычислить продольные параллаксы для каждой пары соответственных точек трассы.

4. Определить превышения точек трассы относительно высотного опознака.

5. Вычислить отметки поворотных точек.

6. Все результаты измерений и вычислений занести в журнал (прил. 4).

7. Составить продольный профиль трассы, оформить на миллиметровой бумаге.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Вычисление превышений точек трассы относительно какойлибо опорной точки производится по формуле:

$$h = H_{\text{оп}} \frac{\Delta p_i}{b_x + \Delta p_i} 100, \quad (23)$$

где $H_{\text{оп}}$ – высота фотографирования над опорной точкой, которая определяется как разность между абсолютной высотой фотографирования (см. лабораторную работу №1) и высотной отметкой опорной точки; b_x – базис фотографирования в масштабе снимка;

Δp – разность продольных параллаксов относительно исходной точки трассы.

Для этого первоначально намечают положение главных точек снимков по координатным меткам и визуально опознают центры смежных снимков. Затем необходимо построить систему координат на левом и правом снимках по начальным направлениям (линиям, соединяющим главные точки), развернув систему координат каждого снимка, построенную по координатным меткам, на угол отклонения начальных направлений от оси абсцисс.

Пользуясь топокартой на участок съёмки, выбрать и отождествить на снимках точки трассы, пронумеровать их и занести в журнал (прил. 4). С помощью масштабной линейки и измерителя измеряют абсциссы определяемых

точек. Для этого необходимо уложить измеритель на левый снимок так, чтобы измеряемая линия была параллельна начальному направлению, а концы измерителя находились соответственно на точке трассы и оси ординат. По масштабной линейке определяют абсциссу данной точки с точностью до 0.1 мм и записывают значение $x_{\text{л}}$ в журнал.

Аналогичным образом измеряют абсциссы $x_{\text{п}}$ на правом снимке и также записывают в журнал.

Вычисляют для всех точек трассы продольные параллаксы p по формуле:

$$p = x_{\text{л}} - x_{\text{п}}, \quad (24)$$

и записывают результаты в журнал.

Приняв одну из точек трассы за исходную определяют относительно неё разности продольных параллаксов Δp и результаты вычислений также записывают в журнал.

Зная величины Δp и отметку опорной точки определяют превышения всех точек трассы относительно опорной по формуле (23), затем вычисляют отметки точек трассы.

По известным отметкам на миллиметровой бумаге строят продольный профиль трассы. Пользуясь топографической картой определяют дирекционные углы и углы поворотов оси трассы. В «подвале» профиля подписывают пикетаж, расположение и основные характеристики пересекаемых трассой наземных и подземных объектов, отметки земли точек

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы:

1. Борщ-Компанеев В.И. Геодезия, основы аэрофотосъемки и маркшейдерского дела. М, Недра, 1984, 448 с.
2. Гриднев, С. П. Практикум по геодезии / С. П. Гриднев ; под ред. Г. Г. Поклада. — М. : Академический проект, 2011 — 485 с.
3. Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение : учебное пособие / В. Е. Дементьев. — М. : Академический проект, 2011 г. — 591 с.
4. Михалев, Д. Ш. Инженерная геодезия : учебник для вузов. — 9-е изд. / Д. Ш. Михалев, Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, В. Д. Фельдман ; под ред. Д. Ш. Михалева. — М. : Академия, 2008. — 480 с.
5. Зотов Р. В. Аэрогеодезия: учебное пособие: в 2 книгах. Книга 1 / Р. В. Зотов. — Омск: СибАДИ, 2012. — 216 с., ил.

6. Коростелев И.Ф. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве. Екатеринбург, УГЛТА, 1993.
7. Коугия, В. А. Геодезические работы при строительстве мостов / В. А. Коугия, В. В. Грузинов, О. Н. Малковский, В. Д. Петров ; под ред. В. А. Коугия. — М. : Недра, 1986. — 258 с.
8. Кучко АС. Аэрогеодезия при лесоустройстве и лесоинженерных изысканиях: учеб.-метод. пособие. МЛТИ, М, 1978
9. Лобанов, А. Н. Фотограмметрия : учебник для вузов / А. Н. Лобанов, М. И. Буров, Б. В. Краснопевцев и др. — М. : Недра, 1987. — 309 с.
10. Матвеев, С. И. Высокочастотные цифровые модели пути и спутниковая навигация железнодорожного транспорта / С. И. Матвеев, В. А. Коугия. — М. : ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2005. — 304 с.
11. Матвеев, С. И. Инженерная геодезия (с основами геоинформатики) : учебник для вузов / С. И. Матвеев, В. А. Коугия, В. Д. Власов и др. ; под ред. проф. С. И. Матвеева. — М. : ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007. — 554 с.
12. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Фотограмметрия" (раздел Аэрофотограмметрия) для студентов специальности 0201 "Маркшейдерское дело". Свердловский горный институт. Составили Блюмин М.А, Свистунов М.К. Свердловск, 1991.
13. Паромонов, А. Г. Геодезия : учебное пособие / А. Г. Паромонов. — М. : МАКС, 2008. — 172 с.
14. Перфилов, В. Ф. Геодезия / В. Ф. Перфилов, Р. И. Скогорева, Н. В. Усова. — М. Высшая школа, 2008. — 350 с.
15. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев — М. : Академический проект, 2008. — 529 с.
16. Федоров, М. И. Инженерная аэрогеодезия / М. И. Федоров. — М. : Недра, 1988. — 222 с.
17. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия : учебник / Г. А. Федотов. — М. : Высшая школа, 2009. — 463 с.
18. Шилов П.И., Федоров В.И. Инженерная геодезия и аэрогеодезия. М., Недра, 1971.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по организации самостоятельной работы
по дисциплине
«Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах»
для студентов направления подготовки
21.03.02 Землеустройство и кадастры

Ставрополь
2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Общая характеристика самостоятельной работы

План-график выполнения самостоятельной работы

Вопросы собеседования

Список рекомендуемой литературы

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студента).

Самостоятельная работа студента является важным видом учебной и научной деятельности студента. Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования предусматривается значительный объем времени из общей трудоемкости дисциплины на самостоятельную работу. В связи с этим, обучение включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому самостоятельная работа должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

Концепцией модернизации российского образования определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, компетентного, ответственного, свободно владеющего своей профессией и ориентированного в смежных областях деятельности, способного к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности.

Решение этих задач невозможно без повышения роли самостоятельной работы студентов над учебным материалом, усиления ответственности преподавателей за развитие навыков самостоятельной работы, за стимулирование профессионального роста студентов, воспитание творческой активности и инициативы.

Самостоятельная работа студента предполагает, прежде всего, его

научно-исследовательскую и практическую деятельность, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят к самостоятельному выполнению профессиональных задач.

Цель самостоятельной работы – дополнение и углубление знаний, умений и навыков, формируемых на аудиторных занятиях по дисциплине «Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах», а также развитие аналитических и исследовательских умений, навыков использования справочных, научных, электронных и других источников информации.

В рамках самостоятельной работы по дисциплине «Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах» формируются компетенции:

ПК-13 – Способен использовать современные программные средства и технологии при проведении инженерно-геодезических изысканий

Сформированные компетенции проверяются на дифференцированном зачете в пятом семестре.

Самостоятельная работа проводится в виде собеседования. Основной целью этих видов самостоятельной работы является улучшение профессиональной подготовки специалистов высшей квалификации, направленное на формирование действенной системы фундаментальных и профессиональных знаний, умений и навыков, которые они могли бы свободно и самостоятельно применять в практической деятельности.

В ходе организации самостоятельной работы решаются следующие задачи:

- углублять и расширять их профессиональные знания;
- формировать у них интерес к учебно-познавательной деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

В ходе постановки целей и задач необходимо учитывать, что их выполнение направлено не только на формирование общеучебных умений и навыков, но и определяется рамками данной предметной области.

Коды реализуемых компетенций, индикатора (ов)	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки
ПК-13 И-2, И-3	Подготовка к практическим занятиям	Конспект	Собеседование
ПК-13 И-2, И-3	Самостоятельное изучение литературы по темам 1 – 6	Конспект	Собеседование

ПЛАН – ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Наименование тем дисциплины	Вид самостоятельной работы	Средства и технологии оценки
Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах и ее содержание.	Конспекты	Собеседование, опрос
Основы аэро- и космической фотосъемки	Конспекты	Собеседование, опрос
Геометрические основы фотограмметрии	Конспекты	Собеседование, опрос
Теория одиночного снимка	Конспекты	Собеседование, опрос
Теория пары снимков	Конспекты	Собеседование, опрос
Пространственная фототриангуляция	Конспекты	Собеседование, опрос
Способы наблюдений и измерения стереомодели	Конспекты	Собеседование, опрос
Традиционное трансформирование снимков	Конспекты	Собеседование, опрос
Дешифрирование снимков	Конспекты	Собеседование, опрос

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вопросы для собеседования

При изучении дисциплины «Аэрогеодезия в землеустройстве и кадастрах» предусмотрено изучение теоретического материала. Форма контроля данного вида СРС: собеседование.

Вопросы

1. Что такое аэрогеодезия и каково её значение в землеустройстве?
2. Какие методы аэрогеодезии используются для получения пространственной информации?
3. Каковы основные этапы аэрогеодезического исследования в контексте землеустройства?
4. Какие технологии используют в аэрогеодезии для дистанционного зондирования?
5. Какова роль аэрофотосъемки в кадастровых исследованиях?
6. В чем заключается отличие между аэрофотосъемкой и спутниковыми снимками?
7. Каковы основные преимущества и недостатки использования аэрогеодезических данных в кадастре?
8. Как осуществляется обработка аэрофотоснимков для получения кадастровой информации?
9. Какие программы и программные пакеты применяются для анализа аэрогеодезических данных?
10. Как аэрогеодезия влияет на процессы землеустройства и планирование земельной политики?
11. Что такое цифровая модель рельефа и как она создаётся с помощью аэрогеодезии?
12. Какие существуют стандарты и нормы для проведения аэрогеодезических работ в кадастре?
13. Как осуществляется верификация и калибровка данных, полученных с помощью аэрогеодезии?
14. Какова роль ГИС-технологий в интеграции аэрогеодезических данных в землеустроительные процессы?
15. Какие экологические аспекты могут быть учтены при использовании аэрогеодезических методов в земельном кадастре?
16. Что такое параллельная фотосъемка и как она используется в фотограмметрии?
17. Какие параметры камеры являются ключевыми для фотограмметрии?
18. Объясните, что такое фотограмметрическая модель и как она создаётся.
19. Каковы основные принципы трехмерного восстановления объектов на основе фотоснимков?
20. Что такое стереофотографирование и как оно применяется в фотограмметрии?
21. Какие существуют виды фотограмметрии и в чем заключаются их различия?

22. Как определяется координатная система в фотограмметрии?
23. Объясните значение фокуса и расстояния от объекта до камеры в процессе фотосъемки.
24. Как осуществляется калибровка фотограмметрической камеры?
25. Какие факторы могут повлиять на качество фотограмметрических данных?
26. Что такое точечная облачная модель и как она генерируется в фотограмметрии?
27. Каковы основные этапы обработки фотограмметрических данных?
28. Что такое параллакс в контексте фотограмметрии и как он используется для определения высоты объектов?
29. Каковы современные технологии и программные средства, используемые в фотограмметрии?
30. Что такое фототриангуляция и какова её основная цель в геодезии?
31. Каковы основные компоненты процесса пространственной фототриангуляции?
32. Опишите принципы работы пространственной фототриангуляции.
33. В чем заключается отличие между планиметрической и пространственной фототриангуляцией?
34. Какие параметры необходимо учитывать при выборе контрольных точек для фототриангуляции?
35. Объясните, что такое стереоскопическая модель и как она используется в фототриангуляции.
36. Как осуществляется расчет координат контрольных точек в процессе пространственной фототриангуляции?
37. Какие методы и алгоритмы применяются для обработки данных, полученных в ходе фототриангуляции?
38. Как влияют ошибки в измерениях на точность результатов фототриангуляции?
39. Что такое аэрофотосъемка и какую роль она играет в фототриангуляции?
40. Какова роль ГИС в процессе пространственной фототриангуляции?

Список рекомендуемой литературы

Перечень основной литературы:

1. Борщ-Компанеев В.И. Геодезия, основы аэрофотосъемки и маршейдерского дела. М, Недра, 1984, 448 с.
2. Гриднев, С. П. Практикум по геодезии / С. П. Гриднев ; под ред. Г. Г. Поклада. — М. : Академический проект, 2011 — 485 с.

3. Дементьев, В. Е. Современная геодезическая техника и ее применение : учебное пособие / В. Е. Дементьев. — М. : Академический проект, 2011 г. — 591 с. 2. Михалев, Д. Ш. Инженерная геодезия : учебник для вузов. — 9-е изд. / Д. Ш. Михалев, Е. Б. Ключин, М. И. Киселев, В. Д. Фельдман ; под ред. Д. Ш. Михалева. — М. : Академия, 2008. — 480 с.
4. Зотов Р. В. Аэрогеодезия: учебное пособие: в 2 книгах. Книга 1 / Р. В. Зотов. — Омск: СибАДИ, 2012. — 216 с., ил.
5. Коростелев И.Ф. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве. Екатеринбург, УГЛТА, 1993.
6. Коугия, В. А. Геодезические работы при строительстве мостов / В. А. Коугия, В. В. Грузинов, О. Н. Малковский, В. Д. Петров ; под ред. В. А. Коугия. — М. : Недра, 1986. — 258 с.
7. Кучко АС. Аэрогеодезия при лесоустройстве и лесоинженерных изысканиях: учеб.-метод. пособие. МЛТИ, М, 1978
8. Лобанов, А. Н. Фотограмметрия : учебник для вузов / А. Н. Лобанов, М. И. Буров, Б. В. Краснопевцев и др. — М. : Недра, 1987. — 309 с.
9. Матвеев, С. И. Высокочастотные цифровые модели пути и спутниковая навигация железнодорожного транспорта / С. И. Матвеев, В. А. Коугия. — М. : ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2005. — 304 с.
10. Матвеев, С. И. Инженерная геодезия (с основами геоинформатики) : учебник для вузов / С. И. Матвеев, В. А. Коугия, В. Д. Власов и др. ; под ред. проф. С. И. Матвеева. — М. : ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007. — 554 с.
11. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Фотограмметрия" (раздел Аэрофотограмметрия) для студентов специальности 0201 "Маркшейдерское дело". Свердловский горный институт. Составили Блюмин М.А, Свистунов М.К. Свердловск, 1991.
12. Паромонов, А. Г. Геодезия : учебное пособие / А. Г. Паромонов. — М. : МАКС, 2008. — 172 с.
13. Перфилов, В. Ф. Геодезия / В. Ф. Перфилов, Р. И. Скогорева, Н. В. Усова. — М. Высшая школа, 2008. — 350 с.
14. Поклад, Г. Г. Геодезия : учебное пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев — М. : Академический проект, 2008. — 529 с.
15. Федоров, М. И. Инженерная аэрогеодезия / М. И. Федоров. — М. : Недра, 1988. — 222 с.
16. Федотов, Г. А. Инженерная геодезия : учебник / Г. А. Федотов. — М. : Высшая школа, 2009. — 463 с.
17. Шилов П.И., Федоров В.И. Инженерная геодезия и аэрогеодезия. М., Недра, 1971.