



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Высшая геодезия и фотограмметрия»

Практикум

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине

«Фотограмметрия и дистанционное зондирование»

для обучающихся по направлению
подготовки 21.03.02 «Землеустройство и
кадастры»

Авторы
Самсонова Н.В.,
Гермак О.В.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 «Землеустройство и кадастры».

Изложены подробные пояснения и рекомендации к выполнению лабораторных работ.

Авторы



к.э.н., зав. кафедрой «ВГиФ»
Самсонова Н.В.,



ассистент кафедры «ВГиФ»
Гермак О.В.



Оглавление

Введение	5
Лабораторная работа №1 Проектирование задания для аэрофотосъёмки участка	6
Лабораторная работа №2 Оценка качества аэрофотоматериалов	13
Лабораторная работа №3 Геометрический анализ аэрофотоснимка	17
Лабораторная работа №4 Расчёт искажений, вызванных наклоном аэрофотоснимка и влиянием рельефа земной поверхности	22
Лабораторная работа №5 Камеральное дешифрирование аэрофотоснимков	27
Лабораторная работа №6 Графическое трансформирование аэроснимков	30
Лабораторная работа №7 Изготовление контурного плана по аэроснимкам	33
Литература	34
Приложение 1 Бланк технического проекта	35
Приложение 2 Журнал оценки аэрофотосъёмочного материалов	36
Приложение 3 Требования к результатам воздушного фотографирования для топографических целей	37
Приложение 4 Общие требования к оформлению чертежей	38
Приложение 5 Определение смещений за угол наклона в положение точек аэрофотоснимка	39



Фотограмметрия и дистанционное зондирование

Приложение 6	Определение смещений за рельеф в положение точек аэроснимка	39
Приложение 7		39
Приложение 8	Таблица дешифровочных признаков некоторых топографических объектов	40
Приложение 9	Таблица характеристик дешифровочных признаков.....	43



ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены в соответствии с программой курса «Фотограмметрия и дистанционное зондирование» для обучающихся по направлению подготовки 120700.62 «Землеустройство и кадастры», утверждены кафедрой высшей геодезии и фотограмметрии.

Содержат задания и указания для выполнения лабораторных работ.

Разработаны с учётом возросших требований к качеству подготовки бакалавров.

Выполнение заданий основано на использовании знаний по геодезии, физике, высшей математике, геометрии и др.

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

Цель методических указаний – ознакомить студентов с теоретическими основами и способами использования данных дистанционного зондирования Земли для целей землеустройства и ведения кадастров, а также при мониторинге земельных ресурсов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЁМКИ УЧАСТКА

Цель работы: изучить основные сведения об аэрофото-съемке, составить технический проект для производства аэрофото-съемки участка.

Исходные данные:

1. Лист топографической карты масштаба 1:100000.
2. Координаты углов границ объекта аэрофото-съемки.
3. Фокусное расстояние АФА f .
4. Масштаб аэрофото-съемки 1: m .
5. Масштаб изготавливаемого плана 1: M .
6. Скорость полёта самолёта W .
7. Формат аэроснимка / 18×18 см.

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 аэрофото-съемки.
4. Составить бланк технического проекта (прил. 1).
5. Нанести на рабочую карту зелёным цветом оси аэро-съемочных маршрутов и центры фотографирования.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Аэрофото-съемка 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 аэрофотома-териалов.

Аэрофото-съемку обычно проводят с бортов самолётов и вертолётов различных типов. Для этого на летательном аппарате устанавливают *аэрофотоаппарат* (АФА). По положению оптической оси АФА в пространстве аэрофото-съемку 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*.

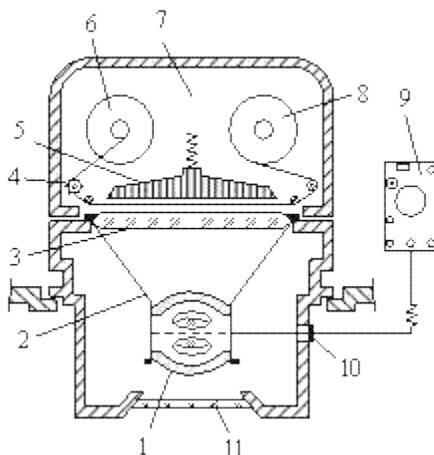
Для картографических целей в основном применяют плановую аэросъёмку. Она может быть:

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). Здесь 1 – объективы; 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.



РиРис. 1. Схема аэрофотоаппарата АФА-ТЭС

Плановая аэросъёмка площади для картографических целей выполняется по определённым техническим условиям. Обычно её производят в более мелком масштабе по сравнению с заданным

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

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 $H_{абс}$, 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 – 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):

$$H_{абс} = H + A_{cp} \quad (4)$$

и высоту полета над аэродромом:

$$H_o = H_{абс} + A_A, \quad (5)$$

где A_A – отметка аэродрома.

Для составления проекта задания на аэросъёмку площади необходимо знать масштаб аэросъёмки, масштаб изготовления

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

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 (A_{\min}) и максимальную (A_{\max}) отметки и находят уровень средней плоскости съёмочного участка:

$$A_{cp} = \frac{A_{\max} + A_{\min}}{2} \quad (6)$$

Определяют максимальное превышение местности над средней плоскостью участка съёмки:

$$h = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{2} \quad (7)$$

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:

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

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:

$$\left. \begin{aligned} q &= b_x \cdot b_y \\ Q &= B_x \cdot B_y = b_x \cdot b_y \cdot m^2 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

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:

$$\left. \begin{aligned} b_x &= \frac{l(100 - P_x)}{100} \\ b_y &= \frac{l(100 - P_y)}{100} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где l – размер стороны аэроснимка, равный 18 см.

$$\left. \begin{aligned} B_x &= b_x \cdot m \\ B_y &= b_y \cdot m \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

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* τ_{\max} по формуле:

$$\tau_{\max} = \frac{\delta_\phi}{W} M, \quad (12)$$

где W – путевая скорость полёта.

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

$$t = \frac{B_x}{W}. \quad (13)$$

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

$$S = L_x \cdot L_y. \quad (14)$$

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

$$K = \frac{L_y}{B_y} + 1. \quad (15)$$

Также вычисляют число аэронегативов в маршруте по формуле:

$$n = \frac{L_x}{B_x} + 1. \quad (16)$$

Тогда расчётное число аэронегативов на всей площади участка будет:

$$N = K \cdot n. \quad (17)$$

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 и 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:

$$T_S = \frac{L_S}{W}, \quad (18)$$

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.

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

Средняя продолжительность съёмочного дня 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 $l_{ап} = 0.19M$. Здесь 0.19 – размер кадра с межкадровым промежутком, выраженный в метрах. На каждую катушку аэроплёнки предусматривается 4 м технологических отходов. Зная длину катушки аэроплёнки k , можно определить необходимое количество катушек:

$$n_k = \frac{l_{ап}}{k - 4}, \quad (19)$$

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

$$d_y = \frac{B_y}{M_k}, \quad (20)$$

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.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АЭРОФОТОМАТЕРИАЛОВ

Цель работы: выполнить оценку качества материалов, полученных по результатам аэрофотосъёмки.

Исходные данные:

1. Аэроснимки.
2. Топографическая карта на участок съёмки.

Содержание работы:

1. Пронумеровать аэроснимки и регистрограммы, занести сведения о материалах аэросъёмки в журнал (прил. 2).
2. По материалам аэрофотосъёмки выполнить визуальную оценку фотографического качества аэроснимков.
3. Составить накидной монтаж из аэроснимков.
4. Определить продольные перекрытия аэроснимков в маршруте.
5. Определить поперечные перекрытия между маршрутами.
6. Определить прямолинейность маршрутов.
7. Определить непараллельность базиса фотографирования сторонам аэроснимков («ёлочку»).
8. Результаты оценки качества аэросъёмочных материалов привести в журнале оценки аэрофотосъёмочных материалов (прил. 2).

Краткие сведения и порядок выполнения работы

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 полежат 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.

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

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. 2, 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 R_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. 2, б) определяют *поперечное перекрытие* аэроснимков всех смежных маршрутов. Допустимые значения поперечных перекрытий R_y находят, руководствуясь прил. 3.

По накидному монтажу определяют непрямолинейность каждого съёмочного маршрута (рис. 3). Непрямолинейность опре-

деляется как отношение длины отрезка O_1A_n к величине наибольшего отклонения главной точки от этой прямой

$$\frac{l}{L} \quad (21)$$

и не должна быть более 2%.

Контроль параллельности базиса фотографирования стороне аэрофотоснимка осуществляется по измеренным при помощи транспортира углам φ между ними (рис. 4). На каждом аэро- снимке накальвают 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 аэро- фотосъёмки записывают в специальный журнал (прил. 2).

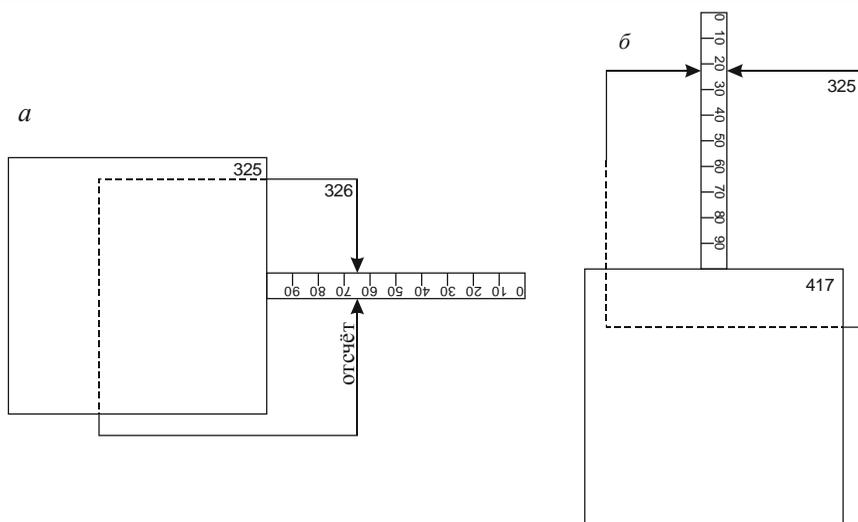


Рис. 2. Пример определения величин продольного (а) и поперечного (б) перекрытий снимков

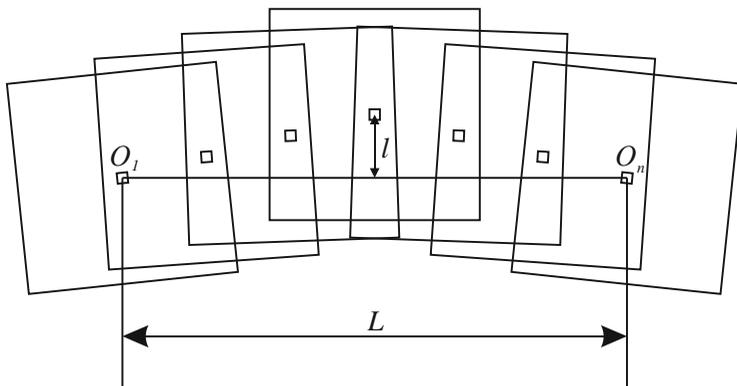


Рис. 3. Определение непрямолинейности маршрута

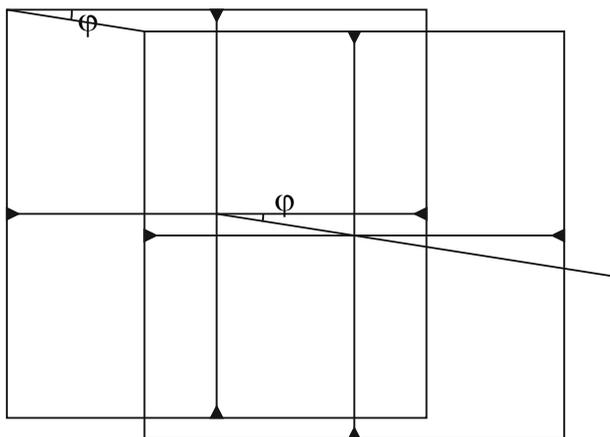


Рис. 4. Измерение непараллельности базиса фотографирования стороне аэроснимка

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АЭРОФОТОСНИМКА

Цель работы: изучить законы линейной перспективы при анализе аэрофотоснимков.

Исходные данные:

1. Элементы центральной проекции в соответствии с решаемой задачей.

Содержание работы:

1. Построить перспективы точки A и отрезка BD , расположенных в предметной плоскости, а также отвесного отрезка KK_0 по элементам центральной проекции α , $SN=H$, $So=f$ и координатам точек A, B, D, K_0, K .

2. По перспективам точки a и отрезка bd , расположенных в картинной плоскости, зная элементы центральной проекции α , $SN=H$, $So=f$ и координаты точек a, b, d , найти их соответственные элементы в предметной плоскости.

3. Оформить чертежи в соответствии с требованиями, приведёнными в прил. 4.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Построение изображения какого-либо объекта (предмета) на любой поверхности по определённому закону называется *проектированием*, а полученное изображение – *проекцией*.

Виды проектирования весьма разнообразны. В геодезии для получения плана небольшого участка земной поверхности все её точки проектируют отвесными лучами на горизонтальную плоскость. Такой способ проектирования называется *ортогональным*, а полученная проекция – *прямоугольной*.

Если точки пространства проектируют на какую-либо поверхность лучами, сходящимися в одной точке, называемой *центром проекции*, такой способ проектирования называется *центральной*, а полученный результат – *центральной проекцией* или *перспективой*; лучи, при помощи которых производится центральное проектирование, – *проектирующими лучами*. Совокупность проектирующих лучей, располагающихся в пространстве, называется *связкой* проектирующих лучей, а их общая точка – *узлом связки*.

Фотографирование является центральной проектированием; оптический центр объектива служит центром проекции, а фотопластинка – плоскостью, на которой строится изображение объекта по закону центрального проектирования.

При аэрофотосъёмке объектом фотографирования служит

земная поверхность, а результатом аэросъёмки является аэрофотоснимок (аэронегатив), представляющий собой центральную проекцию снятой местности.

При центральном проектировании используются следующие основные плоскости, прямые и точки, называемые *элементами центральной проекции* (рис. 6):

S – *центр проекции*, через который проходят все проектирующие лучи и плоскости (соответствует оптическому центру объектива АФА).

E – *предметная плоскость* (соответствует плоской горизонтальной местности).

P – *позитивная картинная плоскость (картина)*, расположена между S и E .

P' – *негативная картина* (центр проекции S располагается между плоскостями E и P') параллельна плоскости P , причём расстояние плоскостей P и P' от S одинаково.

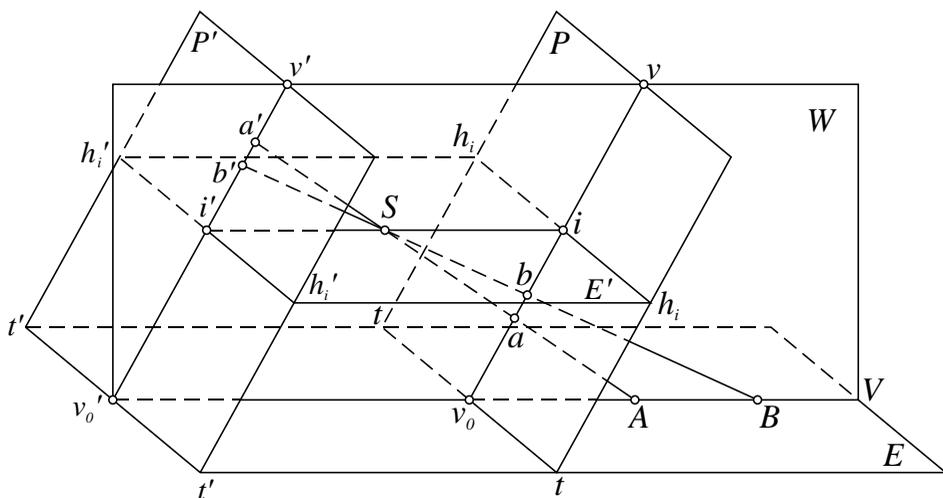


Рис. 6. Элементы центральной проекции

E' – *плоскость истинного горизонта*, проходит через центр проекции S параллельно предметной плоскости E .

W – *плоскость главного вертикала*, проходит через центр проекции S перпендикулярно к картинной P и предметной E плоскостям; образует в пересечении с плоскостью P главную вертикаль $юi$ и с плоскостью E – проекцию главной вертикали $юV$ (ли-

ния направления съёмки).

tt – основание картины (ось перспективы) – пересечение плоскостей P и E .

$h_i h_i$ – линия истинного горизонта – пересечение плоскостей E' и P .

SO – главный луч перпендикулярен к картине P (рис. 7) и лежит в плоскости W (соответствует оптической оси АФА).

o – главная точка картины (снимка) – пересечение главного луча SO с картиной.

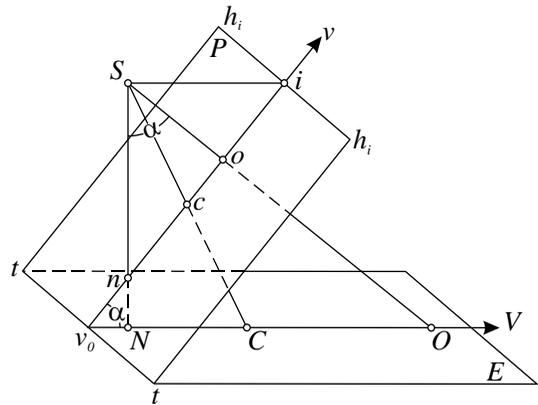


Рис. 7. Положение точек o, c, n, i

So – главное расстояние (соответствует фокусному расстоянию АФА f).

SN – высота центра проекции S – величина перпендикуляра, опущенного из центра S на предметную плоскость (лежит в плоскости W и соответствует высоте фотографирования H).

n – точка надира – пересечение отвесной прямой проведённой из S , с картинной плоскостью P .

N – проекция точки надира – пересечение отвесной прямой, проведённой из S , с плоскостью E .

α – угол наклона картины P – угол между плоскостями P и E или угол отклонения главного луча SO от отвесной прямой SN (соответствует углу наклона АФА).

c – точка нулевых искажений – пересечение биссектрисы угла $oSn = \alpha$ с плоскостью P .

Линии картины, параллельные её основанию tt , называются горизонталями, а сопряжённые и параллельные им прямые в предметной плоскости – проекциями горизонталей.

Из рис. 7 следует,

$$on = f \operatorname{tg} \alpha, \quad oc = f \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad oi = f \operatorname{ctg} \alpha. \quad (22)$$

Перспектива точки. Пусть в плоскости E задана точка A (рис. 8). Для получения её перспективы проведём проектирующий луч SA . Для нахождения места пересечения этого луча с картиной P воспользуемся проектирующей плоскостью, проходящей через SA . Для этого проведём произвольное направление $A\hat{t}_a$, считая его следом сечения плоскости E проектирующей плоско-

стью Q_A . Тогда пересечение $S\dot{i}_a$ плоскости Q_A с плоскостью E' пройдёт через S параллельно направлению $A\dot{t}_a$, так как плоскости E и E' параллельны.

Точки \dot{i}_a и \dot{t}_a принадлежат картине P и проектирующей плоскости Q_A , следовательно, прямая $\dot{i}_a\dot{t}_a$ является следом сечения картины P плоскостью Q_A .

Пересечение проектирующего луча SA с прямой $\dot{i}_a\dot{t}_a$ лежит в картине P и является перспективой a точки A .

Перспектива отрезка. Задачу нахождения перспективы отрезка AB можно решить с помощью одной проектирующей плоскости Q_{AB} , проходящей через отрезок AB и пересекающей плоскость E по прямой $A\dot{t}_{ab}$. Пересечение плоскости Q_{AB} с картиной P пройдёт по прямой $\dot{i}_{ab}\dot{t}_{ab}$ ($S\dot{i}_{ab} \parallel A\dot{t}_{ab}$). После проведения проектирующих лучей SA и SB в их пересечении с $\dot{t}_{ab}\dot{i}_{ab}$ получим перспективу ab отрезка AB .

При параллельном расположении прямых в предметной плоскости P их перспективы в общем случае при $a \neq 0$ будут сходиться в одной и той же соответствующей точке схода \dot{h}_i . Если прямые расположены в предметной плоскости параллельно линии направления съёмки v_0V , то точкой схода перспектив является главная точка схода \dot{i} .

Построение соответственных элементов в предметной плоскости E по их перспективам в картине P (обратная задача) осуществляется аналогично построениям при решении прямых задач. Различие заключается в том, что проектирующие плоскости вначале проводят через центр проекции S и перспективы точек или прямых, определяя направления перспектив $\dot{t}_a\dot{i}_a$ (рис. 8), а затем определяют пересечения проектирующей плоскости Q_A с плоскостями E' и E . Проектирующие лучи в этом случае проводят через перспективы точек, получая в пересечении с прямыми $A\dot{t}_a$ соответственные точки в предметной плоскости.

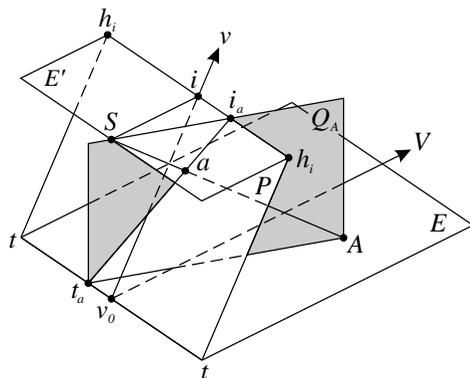


Рис. 8. Перспектива точки

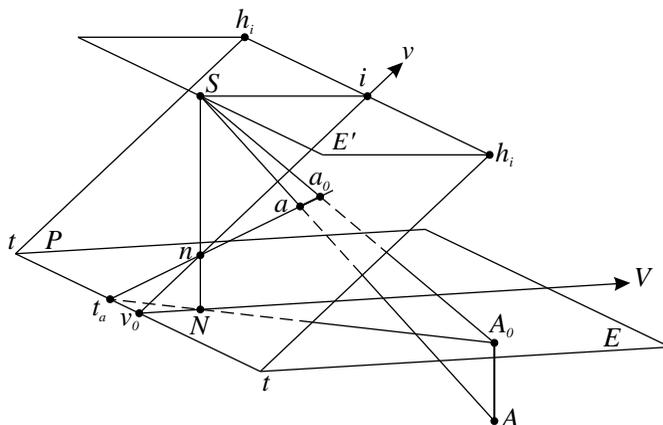


Рис. 9. Перспектива вертикальных отрезков

Перспектива отвесных отрезков строится с использованием проектирующей плоскости, проходящей через центр проекции S и заданный отвесный отрезок (рис. 9). Эта плоскость перпендикулярна к плоскости E и пройдет через отвесный луч SN . Пересечение проектирующей плоскости с плоскостью E пройдет через основание отвесного отрезка на предметной плоскости (точка A_0) и проекцию N точки надира n . Продлив направление A_0N до пересечения с основанием картины tt , получим точку t_a , принадлежащую предметной и картинной плоскостям. Точка надира n и точка t_a находятся в картине P и в соответствующей проектирующей плоскости. Следовательно, проектирующая плоскость пересекает картину по направлению, идущему через точку надира n ($t_a n$ см. рис. 9).

Перспектива основания a_0 и вершина a отвесного отрезка получается в точке пересечения проектирующих лучей (SA_0 и SA) с прямой $t_a n$.

Перспективы любых других отвесных прямых также пройдут через *точку надира* n , являющуюся *точкой схода перспектив отвесных прямых*.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

РАСЧЁТ ИСКАЖЕНИЙ, ВЫЗВАННЫХ НАКЛОНОМ АЭРОФОТОСНИМКА И ВЛИЯНИЕМ РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы: изучить свойства одиночного снимка, смещение точек аэроснимка, вызванные его наклоном, а также рельефом местности.

Исходные данные:

1. Аэроснимок.
2. Элементы ориентирования аэроснимка.
3. План местности (фотоплан) с горизонталями в масштабе 1: M .

Содержание работы:

1. Определить на аэроснимке положение главной точки o . В соответствии с заданным углом κ провести на снимке главную вертикаль, принимаемую за ось абсцисс, положительное направление которой расположено в сторону точки схода i (рис. 10). Вычислить расстояния oc , on ; нанести на снимок точки c и n . Провести на снимке линию неискажённых масштабов h_c/h_c , принимаемую за ось ординат.
2. Определить высоту фотографирования H над средней предметной плоскостью в соответствии с формулой (29).

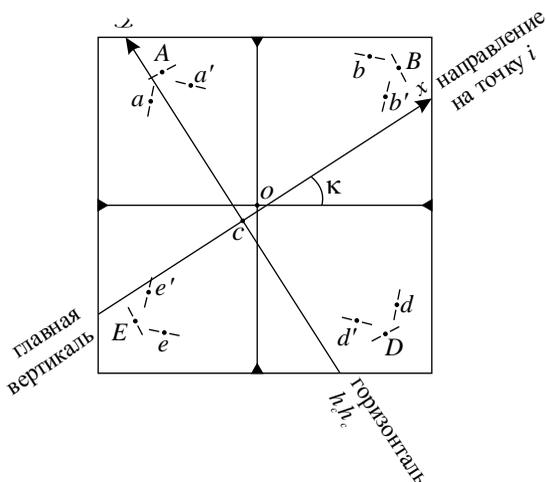


Рис. 10. Схема расположения точек на аэроснимке

3. Вычислить знаменатель главного масштаба аэроснимка относительно средней предметной плоскости.

4. Наклолоть в каждом углу аэрофотоснимка (не ближе 1 см от края) по три чёткие контурные точки (точки A, a, a' ; B, b, b' ; D, d, d' ; E, e, e' см. рис. 10). Величины отрезков $Aa, Aa', Bb,$

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

Bb' и т.д. должны быть 2 – 3 см; угол между отрезками при точках A, B, D, E должен примерно равняться 90° . Отметить на аэроснимке каждую наколотую точку чёрными штрихами, расположенными в створе с наколом перпендикулярно направлению, идущему из точки o , и подписать их. Эти же точки наколоть на плане (фотоплане).

5. Измерить на аэроснимке расстояния r_c с точностью до 1 мм, между точкой нулевых искажений c и наколотыми точками. Результаты измерений занести в графу 2 журнала (прил. 5).

6. Измерить на аэроснимке транспортиром углы φ при точке c между положительным направлением главной вертикали и направлениями, проходящими через наколотые точки, с точностью до 1° (графа 3). Выписать в графу 4 значения $\cos \varphi$ (прил. 5).

7. По формуле (27) вычислить величины смещений δ_α точек за угол наклона снимка α (графа 5).

8. Ввести в наколотые точки аэроснимка поправки за угол наклона (если они больше 0.2 мм). Оформить исправленные за угол наклона точки синей тушью точками со штрихами.

9. Определить путём интерполирования между горизонталями на плане (фотоплане) отметки наколотых точек. Полученные отметки занести в графу 2 журнала (прил. 6).

10. Вычислить превышения h этих точек относительно отметки средней плоскости A_{cp} (графа 3). Измерить с точностью до 1 мм расстояния r между точной надирой n и исправленными за угол наклона точками аэроснимка (графа 4). Вычислить по формуле (28) величины смещение за рельеф δ_h (графа 5).

11. Ввести поправки за рельеф (если они больше 0.2 мм) в исправленные за угол наклона точки аэроснимка. Оформить эти точки красной тушью; они свободны от искажений за угол наклона и рельеф местности.

12. Измерить на аэроснимке¹ и на плане (фотоплане) с точностью до 0.1 мм отрезки $Aa, Aa', Bb, Bb', Dd, Dd', Ee, Ee'$; занести результаты в графы 2 и 3 журнала (прил. 7).

13. Определить знаменатели масштабов аэроснимка по отрезкам Aa, Aa' и т.д. из формулы $m = \frac{l_{nn}}{l_{сн}} M$, где M – знаменатель масштаба плана (фотоплана); записать значения в графу 4. Вычислить знаменатели частных масштабов по отрезкам Aa и Aa', Bb

¹ На аэроснимке следует взять точки, не исправленные за угол наклона и рельеф.

и Bb' и т.д. (графа 5). Вычислить среднее из знаменателей частных масштабов (графа 6).

14. Определить частные масштабы аэроснимка по точкам, исправленным за угол наклона и рельеф местности. Полученные масштабы должны быть близка к главному масштабу, определённого относительно средней предметной плоскости (в пределах точности графических построений).

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Для горизонтального аэроснимка ($\alpha = 0$)

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} = const. \quad (23)$$

Таким образом, *горизонтальный аэроснимок плоской горизонтальной местности имеет постоянный масштаб $1/m$, равный главному масштабу аэрофотоснимка f/H , т.е. является планом.*

Наличие угла наклона аэроснимка α приводит к его разномасштабности.

Масштаб по горизонтали. Горизонталь в картинной плоскости и её проекция в предметной плоскости параллельны друг другу, т.е. масштаб по горизонтали $1/m_h$ равен отношению отрезка, расположенного на горизонтали, к его проекции на местности. Его можно вычислить по формуле

$$\frac{1}{m_h} = \frac{f}{H} \left(1 - \frac{x}{f} \sin \alpha \right). \quad (24)$$

Масштаб по главной вертикали. Масштаб по главной вертикали непрерывно меняется, для его определения в данной точке нужно взять отношение бесконечно малого отрезка dx на главной вертикали аэроснимка к соответствующему отрезку dX на местности. Тогда значение масштаба будет вычисляться по формуле:

$$\frac{1}{m_v} = \frac{f}{H} \left(1 - \frac{x}{f} \sin \alpha \right)^2. \quad (25)$$

Наличие угла наклона α вызывает смещение точек наклонного аэроснимка относительно соответственных точек горизонтального снимка. Горизонтальный снимок может быть рассмотрен как предметная плоскость, высота фотографирования над которой равна фокусному расстоянию f .

Вследствие угла наклона точки аэрофотоснимка смещаются

по направлениям, идущим из точки нулевых искажений c .

Величина смещения точки аэроснимка δ_a , которая называется *смещением точки за угол наклона*, равна разности расстояний от точки нулевых искажений c до соответственных точек наклонного и горизонтального аэрофотоснимков, т.е. (рис. 11)

$$\delta_a = ca - ca_0 = r_c - r_t. \quad (26)$$

Из анализа рис. 11 после преобразований получим формулу смещения точки за угол наклона:

$$\delta_a = -\frac{r_c^2 \sin \alpha \cos \varphi}{f - r_c \sin \alpha \cos \varphi}. \quad (27)$$

Из формулы (22) можно сделать ряд выводов:

1. Смещение δ_a тем больше, чем больше угол наклона α и чем меньше фокусное расстояние АФА f .

2. Точки, расположенные между линией $h_c h_c$ и линией истинного горизонта $h_i h_i$, имеют смещения $-\delta_a$, направленные к точке нулевых искажений c .

3. Точки, расположенные между линией $h_c h_c$ и осью перспектив tt , имеют смещения $+\delta_a$, направленные от точки c .

При плановой аэрофотосъёмке максимальные смещения δ_a редко выходят за пределы 1 – 1.5 мм.

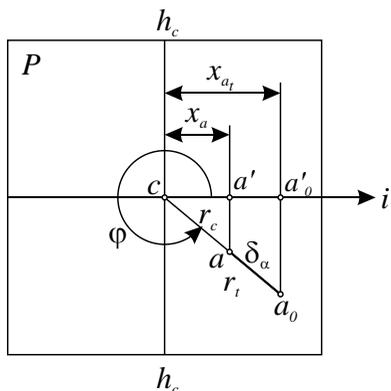


Рис. 11. Смещение точки аэроснимка за угол наклона

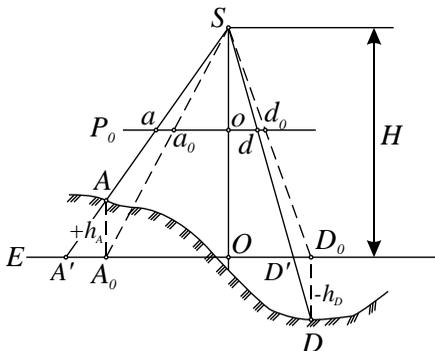


Рис. 12. Смещение точки 25

аэроснимка за рельеф

Аэрофотоснимок является изображением местности в центральной, план – в ортогональной проекции. Если угол наклона аэроснимка равен нулю, а местность равнинная, то аэроснимок и план (при равенстве масштабов) совпадают. Однако в случае неравного рельефа точки аэро-

снимка смещаются относительно соответственных точек в ортогональной проекции.

На рис. 12 показан горизонтальный аэроснимок P_0 неравной местности, высота фотографирования которого над начальной плоскостью E равна H . Точка A местности, расположенная выше плоскости E на величину превышения h_A , изобразилась на аэроснимке в точке a на расстоянии $oa = r$ от главной точки o .

Точка A_0 является ортогональной проекцией точки A на начальную плоскость E . Соединив точку A_0 с центром проекции S , в пересечении с аэроснимком получим точку a_0 . Отрезок aa_0 представляет собой смещение точки a , вызванное влиянием рельефа местности. Такое смещение называется *смещением точки за рельеф* и обозначается δ_h .

Так как точкой схода перспектив отвесных прямых является точка надира, что *рельеф местности вызывает смещение точек аэрофотоснимка по направлениям, идущим из точки надира* n .

В общем виде формула смещения за рельеф выглядит следующим образом:

$$\delta_h = \frac{rh}{H} = \frac{rh}{mf}. \quad (28)$$

При положительных превышениях точек местности соответственные точки аэроснимка смещаются за рельеф от надира (рис. 11), что приводит к увеличению масштаба изображения. При отрицательных превышениях, наоборот, точки аэроснимка смещаются к точке надира, что приводит к уменьшению масштаба изображения.

Начальная плоскость выбирается таким образом, чтобы смещения за рельеф в пределах всего аэроснимка были наименьшими. Этому условию обычно удовлетворяет соответствующая средняя предметная плоскость.

Для введения поправок за рельеф в положение точек аэроснимка необходимо знать высоту фотографирования. Отношение длин неискажённых отрезков определяет величину главного масштаба, а, следовательно

$$\frac{1}{m} = \frac{l}{L} = \frac{f}{H}. \quad (29)$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 КАМЕРАЛЬНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ

Цель работы: изучить свойства и признаки фотоизображений для распознавания и описания сфотографированных объектов при составлении контурных карт и планов.

Исходные данные:

1. Альбом с комплектом аэрофотоснимков, подлежащих дешифрированию.
2. Топографическая карта территории аэросъёмки.

Содержание работы:

1. Пронумеровать на каждом аэроснимке элементы ситуации и рельефа; составить контурную ведомость с пояснениями содержания пронумерованных объектов.
2. Согласно приложению 8 составить для одного из аэроснимков альбома таблицу характеристик основных и косвенных дешифровочных признаков (прил. 9).
3. Отграничить рабочие площади аэроснимков: наколоть вершины рабочей площади среднего снимка, выбранные точки обвести карандашом окружностью диаметром 3 – 4 мм; смежные наколы соединить линиями синей тушью (рис. 13).

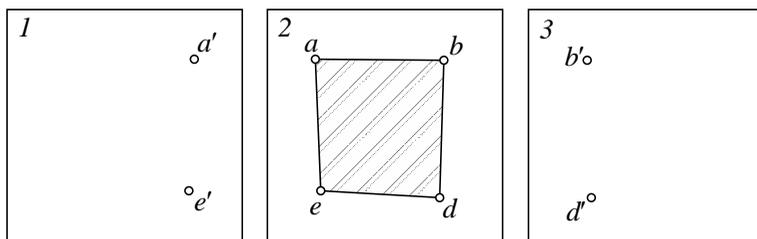


Рис. 13. Отграничение рабочей площади

4. Просмотреть последовательно все части аэроснимков и обвести твёрдым карандашом встречающиеся элементы рельефа (бровки оврагов, осыпи, ямы и т.п.) в пределах рабочей площади каждой пары снимков.

5. Вычертить коричневой тушью отдешифрированные элементы рельефа соответствующими условными знаками.

6. Произвести дешифрирование на аэроснимках (в пределах рабочей площади) элементов ситуации, содержание которых не вызывает сомнений, используя при этом дешифровочные при-

знаки фотоизображения и карту.

7. Вычертить тушью соответствующими условными знаками все отдешифрованные элементы местности.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Дешифрирование – распознавание на фотоизображении объектов местности, которые подлежат нанесению на план (карту), выявлению границ, качественных и количественных характеристик, а также вычерчиванию полученных результатов условными знаками. Кроме того, при дешифрировании определяют положение неизобразившихся на материалах аэросъёмки контуров и устанавливают названия рек, балок, населённых пунктов и т.п.

Аэроснимок, фотосхема, фотоплан являются информационной моделью местности, представляющей собой световую запись информации об объектах этой местности.

Различают несколько методов дешифрирования: визуальный, машинно-визуальный, автоматизированный.

Визуальное дешифрирование бывает полевым, камеральным и комбинированным.

При *полевым* дешифрировании определение границ и содержания объектов осуществляется путём сравнения фотоизображения с местностью.

При *камеральном* дешифрировании решаются те же задачи (без выезда в поле) путём логического анализа рассматриваемых изображений с использованием различных вспомогательных материалов, дополняющих информацию об объектах местности.

Полевое дешифрирование является наиболее достоверным, но малопроизводительным процессом, носящим сезонных характер. Камеральное дешифрирование более производительное и может выполняться в любое время года, однако оно не позволяет достаточно надёжно и полно дешифрировать все объекты местности, особенно сельскохозяйственные.

Для повышения производительности и достоверности дешифрирования сочетают камеральное дешифрирование с полевым. Такое дешифрирование называют *комбинированным*.

В зависимости от назначения различают топографическое и специальное дешифрирование. К специальным видам дешифрирования относят сельскохозяйственное, почвенное, лесотаксационное, геологическое и др.

При дешифрировании на фотоизображении объектов местности используют совокупность так называемых *прямых* и *косвенных дешифровочных признаков*, позволяющих выявлять содержание этих объектов.

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

К прямым дешифровочным признакам относятся: форма, размер, тон и текстура изображения объекта.

Косвенными называются признаки, которые непосредственно, через одни объекты и их свойства, указывают на наличие других объектов или на их особенности и свойства, не получившие изображения на аэроснимках. К косвенным признакам относятся природные закономерности и взаимосвязи, существующие между отдельными компонентами и элементами ландшафтов, ландшафтными единицами и целыми ландшафтами, а также взаимосвязи и закономерности, существующие между природными условиями и человеческой деятельностью.

Косвенные признаки делятся на две группы.

К первой группе относятся природные закономерности и взаимосвязи, существующие между компонентами и элементами ландшафтов, например, связь растительности с рельефом, рельеф с гидрографией, почв с растительностью и рельефом и т.д.

Ко второй группе косвенных признаков относятся взаимосвязи и закономерности, существующие между хозяйственной деятельностью человека, природными объектами и явлениями. Примером таких взаимосвязей может служить характер распределения пахотных земель в зависимости от рельефа местности, состояния полевых и лесных дорог в зависимости от гранулометрического состава грунтов и их увлажнённости и т.д.

Логический анализ прямых и косвенных признаков повышает достоверность сущности дешифрируемых объектов.

Дешифрирование изображений рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- 1) населённые пункты;
- 2) линии связи и электропередач;
- 3) дорожная сеть;
- 4) гидрография;
- 5) растительность;
- 6) другие объекты.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ГРАФИЧЕСКОЕ ТРАНСФОРМИРОВАНИЕ АЭРОСНИМКОВ

Цель работы: привести изображение наклонного аэроснимка к горизонтальному положению с использованием взаимно проективных сеток по опорным точкам.

Исходные данные:

1. Комплект дешифрованных аэрофотоснимков.
2. Каталог геодезических координат трансформационных и контрольных точек.

Содержание работы:

1. Изготовить основу с трансформационными точками необходимого масштаба.
2. На дешифрованных аэроснимках и на основе по четырём соответственным трансформационным точкам построить проективные сетки.
3. Перенести по сеткам с аэроснимка на план контрольные точки и измерить величины несовпадения перенесённых точек с их координатным положением на основе, которые не должны превышать 1 мм.
4. По сеткам перенести в карандаше ситуацию с аэроснимка на основу.
5. Произвести корректуру плана сличением его контуров с контурами аэрофотоснимка. Выявленные при этом грубые ошибки и пропуски исправить.

Краткие сведения и порядок выполнения работы

Трансформированием называется преобразование наклонного аэроснимка в изображение, соответствующее горизонтальному аэроснимку заданного масштаба. В процессе такого преобразования устраняются смещения точек, вызванные наклоном аэрофотоснимка, и получаемое изображение (его называют *трансформированным*) при равнинной местности равнозначно плану.

Существует несколько видов трансформирования: аналитическое, фотомеханическое, оптико-графическое, графическое.

Трансформирование может выполняться двумя способами: по установочным элементам или по опорным точкам. В первом случае используют указанные элементы, определённые по элементам внешнего ориентирования аэроснимка; во втором – трансформационные точки аэроснимка, положение которых на основе получают либо с помощью наземных геодезических измерений, либо, как правило, камерально с помощью фототриангу-

ляции.

При графическом трансформировании на аэрофотоснимке и на изготовленной основе строят по четырём одноимённым трансформационным точкам взаимно проективные сетки. Затем с их помощью переносят дешифрованные контуры с аэроснимка на основу, устраняя тем самым смещения точек аэроснимка за его наклон. Получаемое на основе изображение при равнинной местности является планом.

Чтобы ошибки переноса не превышали допустимой средней ошибки положения точки плана (0.5 мм), величина сторон клеток сетки на основе не должна быть более 5 – 7 мм. Сетку строят на аэроснимке синей или зелёной тушью, а на основе – карандашом.

Известны различные способы построения проективных сеток. Наиболее распространённым является способ подобных фигур.

Способ подобных фигур. Пусть на аэрофотоснимке и на основе даны четыре соответственных точки a, b, c, d и a_0, b_0, c_0, d_0 (рис. 14). Соединяя их прямыми, получим два четырёхугольника с диагоналями, пересекающимися в соответственных точках k и k_0 .

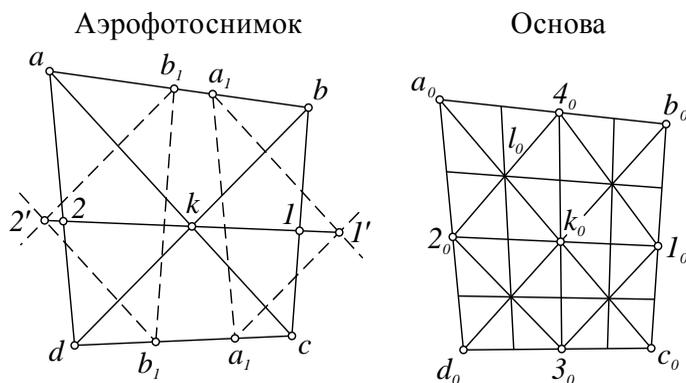


Рис. 14. Построение взаимно проективных сеток

Далее произведём начальные построения, заключающиеся в нахождении соответственных точек $1, 2, 3, 4$ и $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ аэроснимка и основы.

Для получения точек $1, 2$ построим прямую a_1a_1 , параллельную ad , и через полученные на сторонах ab и dc точки a_1 проведём прямые, параллельные диагоналям ac и bd , получая в пересечении точку $1'$. Затем построим прямую, параллельную bc , а через полученные на сторонах ab и dc точки b_1 проведём

Фотограмметрия и дистанционное зондирование

прямые, параллельные диагоналям, получая в пересечении точку $2'$. Соединяя $1'$ и $2'$ (прямая должна пройти через точку k), получим в пересечении с ad и bc точки $1, 2$.

Аналогичным образом находят положение точек $3, 4$ на аэроснимке и точек $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ на основе. Полученные точки лежат на прямых, проходящих через пересечение соответствующих сторон четырёхугольника.

После нахождения точек $1, 2, 3, 4$ и $1_0, 2_0, 3_0, 4_0$ переходят к построению проективных сеток. Для этого на основе в малых четырёхугольниках ($b_0 4_0 k_0 1_0$ и др.) проводят диагонали $1_0 - 4_0, 4_0 - 2_0, 2_0 - 3_0, 3_0 - 1_0$. Затем через пересечения построенных диагоналей с основными ($a_0 a_0, b_0 b_0$) проводят прямые. Их пересечения со сторонами малых четырёхугольников образуют новые вспомогательные точки, через которые следует провести диагонали. Построения продолжают до тех пор, пока стороны клеток не станут равны примерно $5 - 7$ мм.

Аналогичным образом строят на аэроснимке сетку, которая должна быть разбита на такое же количество клеток, что и на основе. Контролем правильности построения является пересечение соответствующих прямых (например, в точке k), при этом треугольники погрешностей не должны превышать $0.2 - 0.3$ мм.

Перед перенесением контуров с аэроснимка на основу с помощью контрольных точек проверяют правильность построения проективных сеток. Если эти точки по сеткам перенести с аэроснимка на основу, то несовпадение их с одноимёнными точками основы не должно превышать 1 мм. Контрольными точками могут служить избыточные трансформационные, а также центральные точки аэроснимков.

Затем дешифрованные элементы аэрофотоснимка переносят глазомерно по клеткам на основу.

После переноса производят корректуру (контроль) полученного плана, которая заключается в следующем.

1. Сличая дешифрованные аэроснимки с планом, убеждаются в отсутствии на нём пропусков и грубых ошибок. В случаях заметного нарушения примерного подобия контуров аэроснимка и плана проверяют правильность трансформирования.

2. Контролируют точность плана по расхождениям одноимённых контуров на границах сеток смежных аэроснимков. Расхождение чётких контуров не должны превышать 0.7 мм.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7 ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНТУРНОГО ПЛАНА ПО АЭРОСНИМКАМ

Цель работы: выполнить и оформить в условных знаках требуемого масштаба контурный план по результатам графического трансформирования аэрофотоснимков

Исходные данные:

1. Подготовленная и составленная графическая основа трансформирования аэроснимков.

Содержание работы:

1. Трансформированный план из оформить в соответствии с условными знаками заданного масштаба.

2. В соответствии с координатами границ трансформированного плана определить номенклатуру, размеры рамки топографической трапеции и координаты углов внутренней рамки.

3. Нанести на контурный план географическую и прямоугольную сетки координат.

4. Вычертить внешнюю рамку и выполнить зарамочное оформление в соответствии с требованиями условных знаков заданного масштаба.

5. Оформить контурный план тушью в соответствующих цветах.

6. * При расположении участка съёмки на нескольких листах карты выполнить контроль сводки контуров по границам смежных трапеций.

Краткие сведения

Контурный (штриховой) план местности является конечной продукцией контурной аэросъёмки. Для его изготовления необходимо перенести результаты дешифрирования с аэроснимков или фотосхем на фотоплан (или дешифровать сам фотоплан) и затем устранить фотоизображение. На полученном в результате этих действий контурном плане ситуация местности показывается условными знаками.

Обычно на мозаичный фотоплан укладывают прозрачный пластик и вычерчивают на нём условными знаками элементы дешифрирования, проводя их границы по фотоизображению. В результате получают оригинал контурного плана с хорошим чистовым черчением.

После вычерчивания всех элементов оригинал контурного плана размножают различными способами на бумаге или в цифровом виде, предварительно приведя его к заданному масштабу. Для этого часто применяют офсетную печать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по дешифрированию аэрофотоснимков и фотопланов в масштабах 1:10000 и 1:25000 для целей землеустройства, государственного учёта земель и земельного кадастра. – М., 1978.
2. Основные положения по аэрофотосъёмке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов. – М.: Недра, 1982.
3. Условные знаки для топографических карт масштабов 1:25000, 1:50000, 1:100000. – М.: Военно-топографическое управление генерального штаба, 1983.
4. Таблицы координат Гаусса-Крюгера. – М., 1948.
5. *Буров М.И., Красноперцев Б.В., Михайлов А.П.* Практикум по фотограмметрии: учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1987.
6. *Куштин И.Ф., Бруевич П.Н., Лысков Г.А.* Справочник техника-фотограмметриста. – М.: Недра, 1988.
7. *Обиралов А.И., Гебгарт Я.И., Ильинский Н.Д.* Практикум по фотограмметрии и дешифрированию снимков: учеб. пособие для вузов. – М.: Недра, 1990.
8. *Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А.* Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник для вузов. – М.: КолосС, 2006.
9. *Самсонова Н.В.* Дистанционное зондирование и фотограмметрия (практикум): учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. Гос. Строит. ун-т, 2014.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 БЛАНК ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

Расчётная величина		№ п/п	Вычисления	Расчётное значение
Номер съёмочной трапеции				
m		1		
M		2		
$H, \text{ м}$		3		
$H_{\text{абс}}, \text{ м}$		4		
$H_{\text{ю}}, \text{ м}$		5		
$L_x, \text{ км}$		6		
$L_y, \text{ км}$		7		
$S, \text{ км}^2$		8		
Перекрытие	$P_x, \%$		9	
	$P_y, \%$		10	
Рабочая площадь	на снимке	$b_x, \text{ см}$	11	
		$b_y, \text{ см}$	12	
	на местности	$B_x, \text{ м}$	13	
		$B_y, \text{ м}$	14	
$Q, \text{ км}^2$		15		
n		16		
K		17		
N		18		
n_k		19		
$t, \text{ сек}$		20		
$T_{\text{max}}, \text{ сек}$		21		
$T_s, \text{ час}$		22		
$d_y, \text{ мм}$		23		

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 ЖУРНАЛ ОЦЕНКИ АЭРОФОТОСЪЁМОЧНОГО МАТЕРИАЛОВ

Дата съёмки	№ маршрута и конечных аэрооснимков в маршруте	№ измеряемых аэрофотоснимков	Продольное перекрытие, %	Углы наклона по уровню, градус	Непрямолинейность, %	«Ёлочка», градус	№ измеряемых аэрофотоснимков	Поперечное перекрытие, %	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Пример</i>									
8.VI. 2014	1.1-171	2-3	61	1	2.0	2	1-313	42	Фотографическое качество аэронегативов отличное
		11-12	63				2-342	35	
		18-19	63				3-341	33	
			
	170-171	61				170-173	36		
	2.172-343	172-173	58	1	3	1.5	343-344	36	то же
		173-174	58				342-345	30	
			
342-343		63				172-515	38		

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ВОЗДУШНОГО ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ

Допустимые продольные перекрытия аэрофотоснимков, %					
заданное	минимальное	$h : H < 0.2$	$h : H \geq 0.3$		
60	56	66	70		
80	78	83	85		
90	89	92	93		
<p>h – наибольшее превышение точек местности над средней плоскостью съёмочного участка; H – высота полёта над средне плоскостью съёмочного участка. При $h : H \geq 0.3$ продольное перекрытие не должно быть более 75%. Количество стереопар с максимальным продольным перекрытием аэроснимков не должно превышать 5% от общего количества стереопар на съёмочном участке.</p>					
Непрямолинейность маршрута		до 2% от длины маршрута			
Допустимые поперечные перекрытия аэрофотоснимков, %					
Масштаб аэрофотосъёмки	расчётное	минимальное	максимальное		
Мельче 1:25 000	30+70 h/H	20	+10		
1:25000 – 1:10 000	35+65 h/H	20	+15		
Крупнее 1:10 000	40+60 h/H	20	+20		
Максимальные углы непараллельности φ_{max} в зависимости от фокусного расстояния					
f , мм	≤ 100	140	200	350	500
φ_{max} , градус	5	7	10	12	14

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЧЕРТЕЖЕЙ

1. Задачи решаются графически на стандартных листах чертёжной бумаги формата А4.

2. После построения в карандаше вычерчиваются элементы предметной плоскости и плоскости истинного горизонта чёрным, картинной плоскости – красным, а проектирующие лучи – зелёным цветом.

3. Все основные точки, а также заданные точки и их проекции обводятся окружностями диаметром 1.0 – 1.5 мм соответствующим цветом и подписываются в предметной плоскости прописными буквами латинского алфавита (*A, B, C* и т.д.), а в картинной плоскости – строчными буквами (*a, b, c* и т.д.).

4. Используемые в линейной перспективе плоскости следует рассматривать как бесконечные, их ограничение является условным.

5. При решении задач используется позитивная картинная плоскость.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЙ ЗА УГОЛ НАКЛОНА В ПОЛОЖЕНИЕ ТОЧЕК АЭРОФОТОСНИМКА

$$f = \dots, H = \dots, \alpha = \dots, \sin \alpha = \dots$$

Номера точек	r_c , мм	φ°	$\cos \varphi$	δ_a , мм
1	2	3	4	5

ПРИЛОЖЕНИЕ 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СМЕЩЕНИЙ ЗА РЕЛЬЕФ В ПОЛОЖЕНИЕ ТОЧЕК АЭРОСНИМКА

$$H = \dots, A_{cp} =$$

Номера точек	A , м	$h = A - A_{cp}$, м	r , мм	δ_h , мм
1	2	3	4	5

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Отрезки	$l_{сн}$, мм	$l_{пл}$, мм	m	Знаменатель частного масштаба	Среднее из знаменателей частных масштабов
1	2	3	4	5	6

ПРИЛОЖЕНИЕ 8 ТАБЛИЦА ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ НЕКОТОРЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Объекты	Чёрно-белое изображение	Цветное изображение	Текстура и структура	Дополнительные сведения
Верховые болота	Серый	Светлый желтовато-зелёный	Структура однородная, мелкозернистая. Текстура пятнистая при неровной поверхности и неодинаковом увлажнении, кружевная при обилии озёр, полосчатая при направленности поверхностного стока, концентрическая при расположении во впадинах. Контурные округлые, границы нечёткие	Низинные болота занимают центральные части пойм, низких трасс, котловин. Верховые характерны для плоских междуречий, высоких террас, межгорных седловин и водораздельных плоскодонных понижений. Полигональные болота выделяются по рисунку многоугольников. Это связано с избыточным увлажнением
Низинные болота	Серый и светло-серый	Зелёный и тёмно-зелёный		
Грядово-мочажинные болота	Серый	Светло-зелёный	Структура однородная, мелкозернистая. Текстура извилисто-полосчатая	Относятся к бугристым болотам, в которых приподнятые гряды чередуются понижениями рельефа с повышенным увлажнением. Зернистость гряд связана с их залесённостью
Лиственные угнетённые леса	Серый	Зелёный	Структура мелкозернистая. Текстура пятнисто-дугообразная	Приурочены к поймам и низким террасам долин, к понижениям на междуречьях или к берегам озёр. Между проекциями крон часто просматривается наземная растительность
Хвойные леса угнетённые	Тёмно-серый	Зелёный	Структура мелкозернистая. Текстура пятнисто-дугообразная, вытянутая	
Сосновые леса	Серый	Тёмно-зелёный	Структура равномерно-зернистая. Текстура округлая, шаровидная без провалов, характерных для еловых лесов	Приурочены к сухим склонам, песчаным равнинам, речным террасам.
Еловые и пихтовые леса	Светло-серый и серый	Тёмно-зелёный	Структура разнозернистая. Текстура вытянуто-конусообразная, тени иглообразные	Характерно расположение на склонах северных экспозиций и слабо дренированных плоских междуречьях
Лиственничные леса	Средне-серый	Изумрудно-зелёный	Структура мелкозернистая. Текстура вытянуто-эллипсообразная зубчатая	Тяготеют к слабо расчленённым междуречьям и территориям с наиболее суровыми условиями обитания
Берёзовые леса	Серый и тёмно-серый	Светло-зелёный	Структура расплывчато-крупнозернистая. Текстура неравномерно-пятнистая округлой формы	На снимках изображаются в виде сомкнутого полога с тёмными промежутками
Осиновые леса	Светло-серый и средне-серый	Светло-зелёный	Структура расплывчато-крупнозернистая. Текстура округло-ячеистая	У осин групповое расположение крон. Чаще растёт совместно с хвойными и лиственными деревьями, но образует чистые осинники
Лиственные леса смешанные	Серый	Светло-зелёный	Структура неясно-зернистая. Текстура пятнистая	Практически выделить породы деревьев можно только по оттенку
Смешанные леса	Тёмно-серый	Грязно-зелёный	Структура неясно-зернистая. Текстура неравномерно-пятнистая	Характерны для переходных, граничных ландшафтов и зон с разнообразным рельефом и почвенно-климатическими условиями

Лиственные кустарники и поросль леса	Серый	Зелёный	Структура среднезернистая. Текстура ячеисто-смазанная, поролончатая	Приурочены к поймам рек, днищам балок и оврагов, опушкам лесов
Полукустарники	Тёмно-серый	Зеленовато-серый	Структура мелкозернистая. Текстура ячеисто-смазанная	Характерная черта полукустарников – разреженность, данный вид относится к низкорослой растительности (0.5 – 1 м), приспособленной к засушливым районам
Полосы защитных насаждений	Тёмно-серый	Зеленовато-серый	Структура неясно-зернистая. Текстура прямолинейно-полосчатая	Распознаются по линейной форме и более тёмному тону на фоне полей. Часто располагаются вдоль дорог
Травяной покров степей и степных лугов	Светло-серый	Серо-зелёный	Структура равномерно-мелкозернистая. Текстура расплывчато-крапчатая	В лесостепи луговые степи преобладают в понижениях рельефа и имеют более тёмный тон. Степная растительность распространена на нераспаханных землях
Травяной покров лугов и увлажнённых луговых степей	Серый и тёмно-серый	Зелёный, тёмно-зелёный	Структура однородно-мелкозернистая. Текстура расплывчато-смазанная	Луговая растительность чаще приурочена к древесной растительности, преобладает в понижениях рельефа
Заросли камыша	Средне-серый	Серо-зелёный	Структура однородно-среднезернистая. Текстура поролончато-крапчатая	Относится к высокотравной влаголюбивой растительности, приурочены к берегам водоёмов или заболоченным землям
Поля с различными техническими культурами	От почти чёрного до почти белого	Зелёный (с оттенками)	Структура от мелкозернистой до крупнозернистой. Текстура прямоугольно-ячеистая, лоскутная	Выделяются резко выраженными правильным геометрическим видом контуров, ограниченным полосами, бороздами, межами, линиями изгородей
Фруктовые сады, ягодники	Серый	Зелёный и светло-зелёный	Структура крупнозернистая однородная. Текстура параллельно-полосчатая, ячеистая	Закономерное размещение однородных по тону и размеру пятен, наличие чётких рядов, ограждений. Приурочены к населённым пунктам, дорогам
Солончаки	От белого до тёмно-серого	Белый, красновато-серый	Структура мелкозернистая. Текстура крапчато-зигзагообразная	Приурочены к котловинам, глубоким западинам, к понижениям рельефа, связаны с испарениями с поверхности минерализованных грунтовых вод
Лишайники	Почти белый	Зеленовато-белесый	Структура гладкая. Текстура мелкопористая	Формы крутин: округлые с чёткими границами. Распространены на песчаных грунтах, приурочены к повышению микрорельефа
Водные поверхности	От белого до чёрного	Голубовато-серый, зеленовато-серый, зелёный с оттенками, синий с оттенками, кофейный с оттенками	Структура гладкая. Текстура плавно-пористая	Чем глубже река и меньше скорость течения, тем тон и цвет более насыщенный, тёмный. Песчаное и каменистое дно придают водотоку более светлый оттенок, глинистые илистые поверхности создают более тёмные оттенки

<p>Автострады, асфальтовые шоссе</p>	<p>От средне-серого до тёмно-серого</p>	<p>Белесовато-серый</p>	<p>Структура мелкозернистая, текстура параллельно-полосчатая</p>	<p>Выделяются относительно спрямлёнными контурами, плавными изгибами, тёмной проезжей частью и более светлой полосой кювет</p>
<p>Грунтовые дороги и грейдеры</p>	<p>Светло-серый</p>	<p>Белесый</p>	<p>Структура среднезернистая. Текстура извилисто-полосчатая</p>	<p>Выделяются светлыми полосами проезжей части. Полосы отчуждения у грунтовых дорог отсутствуют. У грейдерных дорог просматривается чёткая колея, ширина дороги одинаковая на всём протяжении. Во влажном состоянии темнеют</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

ТАБЛИЦА ХАРАКТЕРИСТИК ДЕШИФРОВОЧНЫХ ПРИЗНАКОВ

Район аэрофотосъёмки – ...

Дата фотографирования – ...

Масштаб аэрофотографирования – ...

№ аэрофотоснимка – ...

Номер объекта	Наименование объекта	Прямые дешифровочные признаки				Косвенные признаки	Специфичность признака	Постоянство признака	Степень надёжности камерального дешифрирования, %
		тон	текстура изображения	форма	размер, см ²				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Пашня	зелёный (с оттенками)	прямоугольно-ячеистая, лоскутная	геометрический вид контура	12	Следы уборки урожая	Текстура, форма	Форма, размеры, текстура изображения	90-100
42	Сенокос	зелёный, тёмно-зелёный	пятнистая, расплывчато-смазанная	округлая	16	Скирды сена	Текстура	Текстура изображения, тон	85-95