

ФОТОГРАММЕТРИЯ

План:

1. Фотограмметрия и её применение в различных областях деятельности человека
2. Стереоскопическое наблюдение и измерение снимков.
3. Фотограмметрические приборы и системы
4. Источники, влияющие на точность фотограмметрической обработки снимков
5. Системы координат и элементы ориентирования снимков
6. Формулы преобразования систем координат
7. Технологические процессы при создании и обновлении карт по снимкам
8. Получение цифровой и графической информации об объекте по снимкам
9. Создание топографических карт по материалам наземной стереофототопографической съёмки
10. Создание карт по космическим снимкам

Название происходит от греческих слов photos (свет), gramma (запись) и metreo (измеряю), что в вольном переводе означает измерение изображений объектов, записанных с помощью света.

Если хотят подчеркнуть, что при измерении использовалось объёмное изображение объекта, то на основе греческого слова stereo (пространственный) такие измерения называют **стереоскопическими** или **стереофотограмметрическими**.

Фотограмметрия позволяет определить по снимкам исследуемого объекта его форму, размеры и пространственное положение в заданной системе координат, а также его площадь, объём, различные сечения на момент съёмки и изменения их величин через заданный интервал времени.

Фотограмметрическая обработка снимков имеет следующие преимущества:

- 1) по снимкам объекта можно получить числовую информацию о нём такой густоты, какой практически невозможно достичь при непосредственных промерах;
- 2) числовую и графическую информацию об объекте можно получить, не вступая с ним в контакт, когда объект недоступен для человека или находится в среде, опасной для его жизни;
- 3) оператор-фотограмметрист находится в благоприятных для человека кабинетных условиях.

Фотограмметрию используют в различных областях науки, техники и производства:

- для определения деформаций сооружений и их отдельных частей, происходящих в ходе эксплуатации и с течением времени;
- для определения характеристик движущихся объектов: транспортных средств, ковша экскаватора, ракет, снарядов, элементарных частиц при проведении ядерных исследований и т.п.;
- при изысканиях железных и автомобильных дорог, трасс трубопроводов, линий электропередач и других линейных объектов;
- при гидротехнических, гляциологических, геологических, географических изысканиях и исследованиях; - при реставрации памятников архитектуры, скульптурных монументов, уникальных предметов;

- для фиксации и составления плана дорожно-транспортного происшествия или места преступления;
- для определения по снимкам, полученным в электронном микроскопе, характеристик микрорельефа, полированных поверхностей;
- для лечения сетчатки глаз и установки контактных линз, изготовления зубных протезов, изучения внутренних органов человека и его внешней формы.

Основные события в истории фотограмметрии

Появлению фотограмметрии предшествовал многовековой период возникновения и совершенствования графического способа получения перспективных изображений местности и преобразования их в план.

Для этого использовалась камера-обскура (темная), являвшаяся прообразом фотокамеры. Описания работы с ней имеются в трудах Леонардо да Винчи (Leonardo da Vinci, 1500 г.) и немецкого астронома и математика И.Кеплера (J.Kepler, 1611 г.).

Для удобства работы на свету была разработана камера-клара (светлая). Внутри камеры стояло поворачивающееся зеркало, которое отклоняло лучи либо вверх на матовое стекло, прикрытое козырьком, либо вниз через отверстие в дне камеры на полочку, прикреплённую снизу. Лист бумаги укладывался либо на матовое стекло, либо на полочку.

В 1852 г. французский топограф, инженер-майор Эме Лосседа (Aime Laussedat) первым в мире выполнил фотосъёмку местности с целью создания по снимкам плана местности.

С этого года начинается история фотограмметрии, хотя это название появилось позже. Э.Лосседа назвал свой способ **метрофотография**, т.е. измерительная фотография.

Т.к. съёмка производилась для топографических целей, её называли фототопографической.

В 1858-1859 гг. под руководством Э.Лосседа с учётом набранного опыта была изготовлена первая в мире съёмочная система, приспособленная для наземных фототопографических съёмок и названная фототеодолит. Его конструкция представляла собой сочетание фотокамеры и теодолита.

В 1858 г. **французский фотограф Ф.Турнашон (F.Tournachon)**, публиковавший свои статьи под псевдонимом Надар (Nadar), первым в мире выполнил фотосъёмку местности с воздушного шара.

В 1858 г. **немецкий архитектор А.Мейденбауэр (F.Meydenbauer)** использовал фотосъёмку для составления планов зданий и тем самым положил начало прикладному применению фотограмметрии, в данном случае в архитектуре. Он же предложил название фотограмметрия.

В России 18 мая 1886 г. первую фотосъёмку с воздушного шара произвел поручик **А.М.Кованько** (впоследствии генерал-лейтенант). В этом же году В.И.Срезневский создал первый в России фотоаппарат, предназначенный для воздушной фотосъёмки и являющийся прототипом аэрофотоаппарата.

В 1887-1889 гг. немецкий **профессор К.Коппе (C.Korpe)** создал фототеодолит, у которого впервые в мире на прикладной рамке были установлены координатные метки, которые закрепили на снимке координатную систему.

В 1891 г. инженер путей сообщений **Н.О.Виллер** впервые в России применил наземную фотосъёмку при изысканиях железных дорог на Кавказе. В 1892 г. немец **Ф.Штольц (F.Stolze)** предложил для стереоскопических измерений снимков способ мнимой марки, который впоследствии стали использовать в большинстве стереофотограмметрических приборов, в том числе и на современных цифровых фотограмметрических системах, работающих на базе компьютеров.

Для картографических целей используют фотосъёмку в видимой области оптического диапазона. В дополнение к этой съёмке при создании тематических карт используют инфракрасную и ультрафиолетовую съёмки.

Инфракрасная (тепловая) съёмка позволяет достаточно надёжно опознать объекты с учётом разности их температур. Съёмку в ближней инфракрасной зоне выполняют в дневное время. На снимках видны объекты, расположенные на земной поверхности.

Съёмку в средней инфракрасной зоне выполняют ночью, чтобы исключить влияние солнечного излучения. В результате получают изображения, характеризующие распределение температур в поверхностных слоях земли и воды. Особенность съёмки в дальней инфракрасной зоне состоит в том, что её можно выполнять и днём, и ночью, т.к. солнечное излучение не оказывает влияния.

Специфика ультрафиолетовой съёмки состоит в том, что обычные стекла поглощают практически почти все лучи этой области, пропуская только малую часть из ближней зоны. Поэтому для этой съёмки используют фотокамеру с объективом, линзы которого изготовлены из кварцевого стекла.

Радиолокационная съёмка используется в том случае, когда объект не виден в оптическом диапазоне из-за плотных облаков или ночью. Такие условия существуют, например, на полюсах Земли, на планете Венера и некоторых других космических телах. Из-за пониженной разрешающей способности радиолокационных снимков этот вид съёмки используют при создании мелкомасштабных карт на большие площади. Рентгеновская съёмка применяется для съёмок прикладного характера, например, при исследовании внутренней структуры различных объектов.

Цифровые карты

Техническая база аэрогеодезического производства позволяет создавать топографические карты в масштабах от 1:500 и мельче с помощью стереофототопографической съёмки по аэро-, наземным и космическим снимкам.

Современные карты как топографические, так и географические создаются, хранятся, обновляются и передаются пользователям в цифровой форме. Прежняя графическая форма топографических карт используется по просьбе пользователя или по другим причинам.

Основной конечной продукцией являются цифровая топографическая карта (ЦТК) и цифровой топографический план (ЦТП), а также цифровая топографическая фотокарта (ЦТФК), у которой информация в векторном виде наложена на растровое изображение местности.

Базы данных цифровых карт формируются как трёхмерные массивы координат X , Y , Z объектов местности, сопровождаемые семантической информацией о каждом объекте.

Цифровые карты позволяют создавать банки топографической и картографической информации, которая может быть использована многократно, полностью или частично по мере надобности. Такое возможно только при максимальном использовании компьютерной техники и цифровых методов обработки.

2. Стереоскопическое наблюдение и измерение снимков

Стереоскопическое наблюдение и измерение снимков — это методы, используемые в фотограмметрии для создания объёмного восприятия объектов по парам снимков (стереопарам) и определения их пространственных координат. Эти технологии позволяют получать информацию о форме, размерах и расположении объектов в пространстве на основе двух изображений, снятых с разных точек.

Стереоскопический эффект

Стереозэффект возникает при одновременном рассматривании двух изображений одного и того же объекта, снятых с разных точек (например, с концов базиса фотографирования). При этом каждый глаз видит «своё» изображение, а мозг объединяет их в единое объёмное восприятие. Разность положений одноимённых точек на снимках (продольный параллакс) преобразуется в физиологический параллакс, что создаёт ощущение глубины.

Способы стереоскопического наблюдения

Для разделения изображений стереопары и создания объёмного восприятия используются различные методы:

Анаглифический способ. Левое и правое изображения (анаглифы) печатаются на белом фоне прозрачными красками дополнительных цветов (например, красного и сине-зелёного) и рассматриваются через анаглифические очки со светофильтрами. Каждый глаз видит изображение только в своём цвете, что создаёт стереоэффект.

Затворный (жидкокристаллический) способ. Используются очки с LCD-затворами, в которых стёкла становятся прозрачными поочерёдно, в соответствии со сменой видеостраниц на экране. Изображения левого и правого снимков формируются на страницах видеопамяти и поочерёдно выводятся на экран. Каждый глаз воспринимает только одно изображение в момент времени.

Оптический способ. Используются оптические системы, например зеркально-линзовые стереоскопы. Снимки устанавливаются перед глазами в положениях, соответствующих тем, в которых они были получены при съёмке. miigaik.ru +1

Чересстрочный способ. Изображения выводятся на экран по строкам: чётные строки — левого снимка, нечётные — правого.

Стереоскопическое измерение снимков

Стереоскопический способ измерения предполагает работу с геометрической моделью, построенной по паре смежных снимков. Он позволяет определять координаты как контурных, так и неконтурных точек. В фотограмметрии для этого используются два основных метода:

Способ действительной марки. В пространство модели вводится реальная марка (например, светящаяся точка), которая перемещается по высоте. Наблюдатель совмещает марку с интересующей точкой модели, и по её положению определяются координаты.

Способ мнимой марки (двух марок). Используются две реальные марки (например, Т-образной формы), которые накладываются на изображения левого и правого снимков. При стереоскопическом наблюдении они сливаются в одну пространственную марку, которую можно перемещать и совмещать с точками модели.

Для измерений применяются специальные приборы — стереокомпараторы и универсальные стереофотограмметрические приборы (УСП). Они включают координатно-измерительную систему, снимкодержатели и наблюдательную систему. Оператор последовательно наводит марку на различные точки изображений и фиксирует их положение графически или отсчитывает координаты по счётчикам

Стереофотограмметрические приборы

К ним относятся устройства, позволяющие определять размеры, форму и расположение объектов по их стереоскопическим снимкам. Среди них:

Wild Autograph A5 — стереофотограмметрический прибор, использовавшийся для картографирования территорий.

Planimat (планимат) — модель, в которой снимки при взаимном ориентировании оставались неподвижными. Позволяла вести измерения координат снимков с точностью до 5 микрометров.

СПР (стереопроектор Романовского) — применялся для картирования территории СССР в масштабах 1:25 000 и 1:10 000

3. Фотограмметрические приборы и системы

Фотограмметрические приборы и системы — это инструменты для определения метрических характеристик объектов (формы, размеров, пространственного положения), их площади, объёма, а также решения прикладных задач по фотоснимкам. Они используются в геодезии, картографии, геологии, археологии, строительстве, сельском хозяйстве, аэрокосмических технологиях и других сферах.

Виды фотограмметрических приборов

По принципу работы и конструкции:

Аналоговые (универсальные) стереофотограмметрические приборы. В них стереоскопическая модель объекта съёмки создаётся с помощью оптических, оптико-механических или механических устройств. Примеры: стереограф Ф. В. Дробышева (СД), стереопроектор Г. В. Романовского (СПР).

Аналитические (универсальные) стереофотограмметрические приборы. Стереоскопическая модель объекта съёмки создаётся аналитическим методом с использованием ЭВМ. К таким приборам относятся, например, стереоплоттер, стереоанаграф.

Цифровые фотограмметрические приборы. Обработывают изображения в цифровом виде.

По функциональному назначению:

Стереокompatator — для измерения прямоугольных координат одноимённых точек стереопары.

Монокompatator — для измерения прямоугольных координат точек на одиночном фотоснимке.

Маркирующий прибор — для отождествления и фиксации точек на фотоснимке.

Проекционный фотограмметрический прибор — для оптического проектирования фотоизображений на экран с целью получения стереоскопической модели съёмки.

Фототрансформатор — для преобразования изображения фотоснимка в горизонтальную проекцию в заданном масштабе.

Ортофототрансформатор — преобразует изображение фотоснимка из центральной проекции съёмки в ортогональную.

Орограф — для преобразования и отображения рельефа местности в графическом виде в виде штрихов.

Стереоскоп — для дешифрирования фотоснимков.

Дигитайзер — для считывания изображения фотоснимков с последующим воспроизведением его в цифровом виде.

Автоматизированное рабочее место фотограмметриста — комплекс фотограмметрических приборов, управляемых ЭВМ, для сбора, обработки и воспроизведения информации в графическом или цифровом виде.

Фотограмметрические системы

Стереофотограмметрический комплекс — совокупность фотограмметрических приборов для выполнения комплекса работ, включая получение ортофотопланов и рельефа местности. Включает как минимум стереофотограмметрический прибор, ортофототрансформатор и орограф.

Цифровая фотограмметрическая система — использует данные, которые хранятся и обрабатываются на компьютере. Цифровые изображения могут быть получены путём сканирования снимков, с помощью цифровых камер или сенсоров на борту спутников. Такие системы применяют сложное программное обеспечение для автоматизации задач, связанных с традиционной фотограмметрией.

Некоторые области применения

Геодезия и картография — создание топографических карт и геоинформационных систем (ГИС).

Геологические исследования — изыскания для понимания структуры земной коры и оценки природных ресурсов.

Экология и охрана окружающей среды — мониторинг состояния ледников, снежного покрова, почв, изучение процессов эрозии.

Строительство и проектирование — разработка проектов зданий и сооружений.

Археология — документирование археологических раскопок, создание 3D-моделей находок и объектов.

Аэрокосмические технологии — получение данных о земной поверхности, мониторинг природных ресурсов, анализ изменений в земной поверхности.

Сельское хозяйство — мониторинг состояния.

4. Источники, влияющие на точность фотограмметрической обработки снимков

Точность фотограмметрической обработки снимков зависит от множества факторов, которые можно разделить на несколько групп.

Ошибки, связанные со снимком

Отклонения от идеальной центральной проекции. Возникают из-за различных искажений, таких как атмосферная рефракция, дисторсия объектива, деформация фотоматериала, смещения точек из-за наклона снимка или рельефа местности, сдвиг изображения в плоскости прикладной рамки камеры.

Атмосферная рефракция. Искривление хода световых лучей из-за среды переменной плотности приводит к радиальному смещению изображений точек от точки надира.

Деформация фотоплёнки. Случайные деформации могут вызывать смещение точек изображения в произвольном направлении. Они обусловлены эластичными свойствами фотоплёнки и могут достигать величин порядка 10–20 мкм.

Клинообразность светофильтра. Непараллельность его плоскостей может исказить положение точек снимка.

Ошибки измерительных систем

Нестрогость программного обеспечения в цифровых фотограмметрических системах. Ошибки возникают из-за нечёткости алгоритмов обработки, нарушения теории обработки снимков.

Неправильная калибровка камер или ошибки в ориентации снимков. Систематические ошибки, которые снижают точность результатов.

Ошибки опознавания точек

Неправильное наведение измерительной марки на точки. Может существенно снизить точность фотограмметрических измерений.

Недостаточная маркировка точек перед съёмкой. Для точных работ важно заранее маркировать точки на объекте съёмки.

Методические ошибки обработки

Нарушение теории обработки снимков. Приводит к снижению точности результата и сокращению времени обработки.

Неправильный выбор методов и технологий, несоответствие применяемых инструментов особенностям объекта.

Недостаточный контроль качества на каждом этапе работы.

Ошибки опорных точек

Учитываются в зависимости от точности определения координат этих точек. Если точность координат опорных точек превышает точность фотограмметрических измерений в 2–3 раза, то координаты считаются верными. В противном случае точность определяется с учётом ошибок опорных точек.

Другие факторы

Внешние условия. Погодные изменения, вибрации, освещённость могут влиять на стабильность процесса съёмки и точность измерений.

Квалификация специалистов. Недостаток опыта и знаний у работников может приводить к превышению допустимых погрешностей.

Качество исходных данных. Например, при сканировании аэрофотоснимков искажения могут возникать во время обработки плёнки и хранения, а также из-за измерительных приборов сканирования.

Выбор программного обеспечения. Некоторые программы могут иметь ограничения по точности или требовать определённых вычислительных ресурсов.

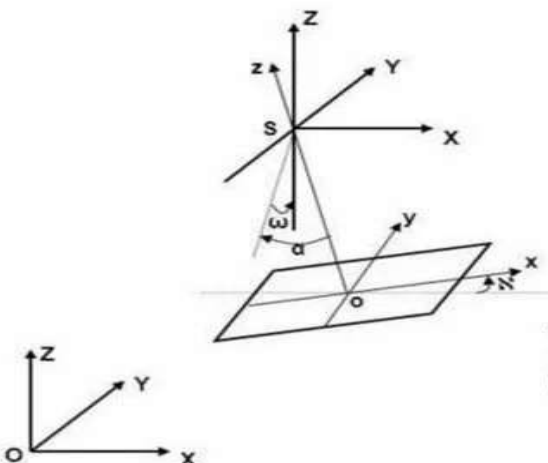
Для повышения точности фотограмметрической обработки важно учитывать все эти факторы, проводить калибровку оборудования, использовать современные программные алгоритмы для минимизации искажений, а также соблюдать регламенты проведения съёмки и контроля качества данных

5. Системы координат и элементы ориентирования снимков

СНИМКОВ

Системы координат и элементы ориентирования снимков — ключевые понятия в фотограмметрии, науке о методах определения метрических характеристик объектов и их положения в пространстве по снимкам.

Система координат объекта. Элементы внешнего ориентирования снимка и пары снимков



$X_s, Y_s, Z_s, \omega, \alpha, \kappa$ - ЭВО

X_s, Y_s, Z_s - Координаты центра проекции

ω, α, κ - Углы поворота

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos Xx & \cos Xy & \cos Xz \\ \cos Yx & \cos Yy & \cos Yz \\ \cos Zx & \cos Zy & \cos Zz \end{pmatrix}$$

-Матрица поворота системы координат снимка относительно системы координат объекта (матрица направляющих косинусов)

В результате фотограмметрической обработки снимков координаты точек объекта должны быть получены в его **системе координат OXYZ**.

Если положение системы координат объекта не задано, например, при съёмке фасада здания, то координаты точек объекта определяют в **условной системе координат O'X'Y'Z'**, ориентацию которой задают с учётом конструкции объекта, или в **системе координат $S_{л}X_{м}Y_{м}Z_{м}$ фотограмметрической модели объекта**

Системы координат

В фотограмметрии применяются различные системы координат:

Система координат пространства объекта (OXYZ). Используется для определения положения точек фотографирования и точек снимаемого объекта.

Система координат снимка (o'xyz). Применяется для измерений плоских координат (x, y) точек на снимке. Для аналоговых снимков система задаётся координатными метками на прикладной рамке аппарата, для цифровых — системой координат матрицы светоприёмного устройства.

Пространственная система координат снимка (o'xyz). Используется для определения положения центра проекции S относительно снимка. В этом случае начало системы координат и оси x и y те же, что и в плоской системе, а ось z перпендикулярна плоскости снимка и дополняет систему до правой.

Вспомогательная система координат (Sxyz). Применяется для перехода от плоских координат снимка к пространственным.

Пространственная фотограмметрическая система координат. Взаимное положение точек местности определяют в этой системе. Начало системы и направления координатных осей выбирают произвольно, часто начало совмещают с центром проекции S или с какой-либо точкой местности.

Геоцентрическая система координат. Применяется для решения фотограмметрических задач на большие площади. Начало системы находится в центре земного эллипсоида.

Элементы ориентирования снимков

Элементы ориентирования делятся на две группы: **внутреннего** и **внешнего** ориентирования.

Элементы внутреннего ориентирования определяют положение центра проекции S относительно снимка. К ним относятся:

Фокусное расстояние фотокамеры (f).

Координаты главной точки снимка (x_0, y_0) — координаты точки пересечения перпендикуляра, проходящего через центр проекции, и плоскости снимка.

Эти параметры определяют в процессе калибровки фотокамеры. Также в процессе калибровки определяют параметры дисторсии фотокамеры, которая характеризует нарушение ортоскопии при построении изображения.

Элементы внешнего ориентирования определяют положение связки лучей относительно пространственной прямоугольной системы координат в момент фотографирования. Они включают:

Линейные элементы: координаты центра проекции S (X_s, Y_s, Z_s) по отношению к началу выбранной пространственной системы координат $OXYZ$.

Угловые элементы: три угла поворота (ν, φ, γ), которые определяют положение плоскости снимка (изображения) относительно осей выбранной системы координат. Угол ν называется наклоном (тангаж для самолёта) и определяет вращение вокруг оси ox , угол φ — разворотом (рысканье для самолёта) — вокруг оси oy , угол γ — креном — вокруг оси oz .

Для пары наземных снимков могут использоваться дополнительные элементы взаимного ориентирования, например, координаты левого конца базиса фотографирования, проекция базиса на горизонтальную плоскость, углы наклона оптических осей и другие.

Знание элементов ориентирования позволяет преобразовывать координаты точек снимка в пространственные координаты объекта, а также восстанавливать положение снимков в пространстве в момент фотографирования относительно принятой системы координат.

Формулы преобразования систем координат зависят от типа систем координат, характера преобразования (параллельный перенос, поворот, зеркальное отражение и т. д.) и взаимного расположения исходных и новых систем.

Преобразование прямоугольных (декартовых) координат

При переходе от одной прямоугольной (декартовой) системы координат к другой могут использоваться формулы, учитывающие угол между координатными векторами и ориентацию систем. Например, при переходе от одной правой декартовой системы к другой формулы могут зависеть от угла между осями.

В случае **параллельного переноса начала координат** (при неизменном базисе) формулы упрощаются: старые координаты точки выражаются через новые с учётом координат нового начала.

При **повороте координатных осей** с сохранением начала координат свободные члены в формулах исчезают.

Технологические процессы при создании и обновлении карт по снимкам включают комплекс камеральных и полевых работ, основанных на фотограмметрических методах, использовании аэро- и космических снимков, а также современных цифровых технологий.

Основные этапы создания и обновления карт

Подготовительные работы. Включают сбор, изучение и оценку исходных съёмочных и картографических материалов, материалов полевых топографо-геодезических работ, разработку технического проекта и редакционных указаний, подготовку технических средств и исполнителей. Исходными материалами могут быть материалы наземной, аэро- или космической съёмки (чёрно-белые, цветные или спектрзональные изображения), материалы планово-высотной подготовки снимков, топографические и специальные карты смежных масштабов, эталоны дешифрирования и другие данные.

Фотограмметрическое сгущение опорной геодезической сети. Это необходимо для трансформирования снимков и анализа их точности. Опорные точки опознаются на цифровых изображениях, а их координаты определяются с помощью спутниковых приёмников (например, GPS).

Трансформирование снимков. Преобразование космических или аэрофотоснимков в соответствии с выбранной системой координат. Для этого могут использоваться опорные точки, полученные по наземным геодезическим измерениям.

Дешифрирование снимков. Процесс отбора объектов, подлежащих нанесению на карты, путём их опознавания на изображениях. Включает выявление изменений местности путём сличения карты с новыми снимками, использование эталонов полевого дешифрирования и других материалов.

Перенос результатов дешифрирования на обновляемую карту. В зависимости от технологии могут использоваться различные основы: фотопланы, абрисные копии (прозрачные или непрозрачные), издательские оригиналы.

Полевое обследование. Проводится для уточнения и контроля дешифрирования, съёмки объектов, не изобразившихся на снимках, определения характеристик и названий. Может выполняться аэровизуально (с использованием вертолёта) или наземным способом.

Редактирование и оформление карты. Внесение изменений в цифровую карту, оформление составительского оригинала.

Особенности технологий в зависимости от типа снимков и условий
Космические снимки высокого разрешения часто используются для обновления контурной части карт, особенно когда изменениями в рельефе можно пренебречь.

Аэрофотосъёмка применяется при обновлении карт, при этом могут использоваться имеющиеся качественные материалы аэрофотосъёмки, если с момента их получения прошло не более определённого срока (в зависимости от типа района).

Цифровые методы обработки позволяют автоматизировать многие трудоёмкие процессы: формирование и графическое отображение объектов, контроль качества, построение цифровых моделей рельефа, создание ортофотоизображений и др.

Таким образом, технологические процессы при создании и обновлении карт по снимкам представляют собой комплекс взаимосвязанных этапов, основанных на фотограмметрии, использовании современных технологий и учёте специфики исходных материалов и условий местности.

8. Получение цифровой и графической информации об объекте по снимкам

Получение цифровой и графической информации об объекте по снимкам осуществляется в рамках **фотограмметрии** — научно-технической дисциплины, которая изучает способы определения метрических характеристик объектов и их положения в двух- или трёхмерном пространстве по фотографическим изображениям.

Основные принципы фотограмметрии

- Фотограмметрия позволяет определить по снимкам:
- форму и размеры объекта;
- пространственное положение в заданной системе координат;
- площадь, объём;
- различные сечения на момент съёмки и их изменения через заданный интервал времени.

Основной принцип — использование изображений для измерения расстояний, углов и площадей, а также для создания трёхмерных моделей объектов. Для этого применяются сложные алгоритмы обработки изображений, которые извлекают геометрическую информацию из снимков, сделанных с разных ракурсов.

В простейшем случае пространственные координаты точек объекта определяются путём измерений, выполняемых по двум или более фотографиям, снятым из разных положений. При этом на каждом изображении отыскиваются общие точки. Затем луч зрения проводится от местоположения фотоаппарата до точки на объекте. Пересечение этих лучей и определяет расположение точки в пространстве.

Виды съёмки

- В зависимости от среды производства съёмки различают:
- аэрофотосъёмку (с использованием самолётов, вертолётов);
- наземную съёмку;
- космическую съёмку;
- подводную съёмку.
- Также виды съёмки различают в зависимости от диапазонов электромагнитного и акустического спектров, в которых ведётся наблюдение.

Способы получения цифровых изображений

Цифровые камеры. Позволяют получать снимки напрямую в цифровом формате без необходимости использования сканера.

Сканирование существующих фотографий. Преобразование аналоговых изображений в цифровой формат с сохранением геометрических, фотометрических и точностных характеристик.

Использование сенсоров на борту спутников (например, Landsat, SORT).

Программное обеспечение для обработки данных

Обработка изображений осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения. Некоторые популярные программы:

Agisoft Metashape. Позволяет воссоздавать текстурированные трёхмерные модели объектов, анализировать положение камер, строить облака точек и создавать геопривязанные ортофотопланы.

RealityCapture. Отличается высокой скоростью обработки данных, анализирует обычные фотографии и данные, полученные путём лазерного сканирования.

COLMAP. Бесплатная программа с открытым исходным кодом, позволяет работать в удобном для пользователя режиме — с традиционным графическим интерфейсом или из командной строки.

Meshroom. Опенсорсная программа с открытым исходным кодом, генерирует 3D-модели по изображениям объектов с разных ракурсов.

ТМ КРЕДО ФОТОГРАММЕТРИЯ. Программная система, которая включает функционал обработки фотографий, полученных аэрофотосъёмкой с помощью дрона и наземной съёмкой, а также получения облаков точек и ортофотопланов.

Дополнительные технологии и оборудование

Лазерные сканеры (например, Leica RTC360, FARO Focus) могут комбинироваться с фотограмметрией для повышения точности измерений.

GNSS RTK-системы обеспечивают высокоточное позиционирование.

Тотальные станции используются для геодезической привязки и контрольных измерений.

Области применения

- Фотограмметрия используется в различных сферах, например:
- геодезия и картография (создание топографических карт и геоинформационных систем);
- геологические исследования;
- археология (документирование археологических раскопок, создание 3D-моделей находок);
- строительство (создание планов и моделей зданий);
- сельское хозяйство (мониторинг состояния посевов);
- культурное наследие (создание виртуальных туров, цифровых копий артефактов).

Преимущества фотограмметрической обработки снимков: высокая плотность числовой информации, возможность получения данных без контакта с объектом (что важно, когда объект недоступен или опасен для человека), автоматизация процессов.

9. Создание топографических карт по материалам наземной стереофототопографической съёмки

Создание топографических карт по материалам наземной стереофототопографической съёмки — это комплекс камеральных работ, который включает подготовку данных, фотограмметрическую обработку снимков, создание цифровых моделей рельефа и контуров, а также формирование картографической продукции в цифровой и графической формах.

Основные этапы и процессы

Подготовительные работы. Включают сбор и анализ исходных материалов: материалов наземной съёмки (черно-белые, цветные или спектрзональные изображения), материалов планово-высотной подготовки снимков, а также дополнительных данных (топографические и специальные карты смежных масштабов, эталоны дешифрирования, справочники, словари и т. п.).

Фотограмметрическое сгущение опорной геодезической сети. На этом этапе выполняется уточнение координат и высот точек съёмочного обоснования.

Изготовление фотопланов. Фотопланы служат основой для создания контурной основы карт.

Основные этапы и процессы

Дешифрирование. Процесс идентификации объектов и элементов местности на снимках.

Стереоскопическая съёмка рельефа. Использование стереопар снимков для определения пространственного положения объектов и рельефа местности.

Сбор информации о контурах.

Может выполняться двумя способами:

Монокулярно — на цифровом фотограмметрическом приборе по ортофотоизображению или одиночному снимку с использованием имеющейся информации о рельефе.

Стерескопически — на аналитических или цифровых фотограмметрических приборах. Этот метод применяется при создании топографических карт и планов на всхолмлённые, горные и высокогорные районы, а также на территории с плотной многоэтажной застройкой.

Редактирование оригиналов карт (планов). Коррекция данных и уточнение информации.

Представление оригиналов карт и планов в цифровой и графической формах.

Применение материалов наземной стереофототопографической съёмки

При съёмке в масштабах 1:25 000 и 1:10 000 горных районов — для определения координат и высот точек съёмочного обоснования для аэроснимков или для составления оригинала карты на участки, где отсутствуют материалы аэросъёмки.

При съёмке в масштабах 1:5 000 и крупнее — для составления **топографических** и специализированных планов.

Также материалы наземной стереофототопографической съёмки могут использоваться при изысканиях дорог для составления крупномасштабных топографических планов, а также для построения продольных и поперечных профилей.

Технические средства и методы обработки

Цифровые фотограмметрические системы (ЦФС) — аппаратно-программные комплексы для фотограмметрической обработки снимков. Они позволяют автоматизировать многие задачи обработки, включая создание цифровых моделей рельефа, ортофотопланов, 3D-моделей и топографической основы карт.

Аналитические методы — использование стереокомпараторов и специальных программ на ЭВМ для вычисления координат точек и создания цифровых моделей местности. Этот метод считается наиболее универсальным и точным.

Оптико-механические методы — применение приборов типа стереоавтографа, стереопланиграфа или стереомертографа для составления топографических планов, профилей по заданным направлениям или определения координат отдельных точек местности.

Нормативное регулирование

Технические требования и допуски на фотограмметрические работы определяются на основе действующих нормативных документов к точности карт и планов. В России действуют стандарты и инструкции, регулирующие процессы создания топографических карт, включая требования к формату представления данных, точности и содержанию.

Таким образом, создание топографических карт по материалам наземной стереофототопографической съёмки — многоэтапный процесс, требующий тщательной подготовки исходных данных, выбора методов обработки и соблюдения технических и нормативных требований.

10. Создание карт по космическим снимкам

Создание карт по космическим снимкам — это процесс обработки данных дистанционного зондирования Земли, который позволяет получать детальные пространственные данные для картографирования, обновления карт, создания цифровых моделей местности и тематических карт.



Основные этапы создания карт по космическим снимкам

Сбор исходных данных и заказ снимков. Включает получение космических снимков с различных спутников (например, QuickBird, Ikonos, Landsat, SPOT) в нужном формате (например, GeoTiff).

Контроль соответствия координат. Проверяется соответствие координат точек снимка и местности с использованием опорных точек, координаты которых определяются с помощью GPS-технологий.

Трансформация и привязка. Снимки пересчитываются в нужную систему координат, выполняется их трансформирование (например, ортотрансформирование) для приведения к единой системе отсчёта.

Дешифрирование. Распознавание объектов на снимках, сбор семантической информации об объектах местности. Дешифрирование может быть полевым, камеральным или комбинированным.

Построение цифровой модели местности. На основе данных снимков и дополнительных данных (например, цифровых моделей рельефа) создаются цифровые модели местности, которые могут включать изолинии рельефа, цифровые карты и другие продукты.

Создание векторных слоёв и выпуск карты. Векторизация объектов, создание цифровых карт в специализированных программах.

Технологии и методы

Фотограмметрическая обработка. Основана на методах определения метрических характеристик объектов и их положения в пространстве по снимкам. Включает фототриангуляцию, построение цифровых моделей рельефа, создание фотопланов и ортофотопланов.

Выравнивание спектральных яркостей. При использовании нескольких снимков, полученных в разное время или с разных орбит, выполняется выравнивание спектральных яркостей для обеспечения однородности данных.

Компьютерная классификация. Автоматизированные методы классификации снимков для выделения тематических объектов (например, дорог, зданий, растительности).

Использование геоинформационных систем (ГИС). Результаты обработки часто интегрируются в ГИС для дальнейшего анализа и использования в различных задачах — от землеустройства до экологического мониторинга.

Программное обеспечение

Для обработки космических снимков применяются специализированные программные продукты, например:

PHOTOMOD — цифровая фотограмметрическая система, которая позволяет выполнять ориентирование стереопары, построение цифровых моделей рельефа, создание ортофотопланов и векторизацию.

ERDAS IMAGINE — программный комплекс с инструментами для обработки изображений, включая модуль IMAGINE OrthoBASE для фотограмметрической обработки космических снимков.

ENVI — программа для визуализации и обработки данных дистанционного зондирования, поддерживает геометрическую, радиометрическую и фотометрическую коррекцию, географическую привязку снимков.

Feature Analyst, Lidar Analyst — модули для автоматизированного дешифрирования объектов по космическим снимкам.

Особенности

Разрешение снимков. Космические снимки различаются по пространственному разрешению — от очень низкого до сверхвысокого. Выбор разрешения зависит от масштаба картографирования и задач.

Автоматизация процессов. Современные программные продукты стремятся к высокой степени автоматизации, что повышает производительность и точность обработки данных.

Обновление карт. Космические снимки часто используются для обновления топографических карт, особенно при необходимости фиксации изменений в контурной части.

Создание карт по космическим снимкам требует комплексного подхода, включающего подготовку данных, обработку, дешифрирование, верификацию и интеграцию результатов в геоинформационные системы.

Спасибо за внимание!