Федеральная служба геодезии и картографии России

СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР
ГЕОИНФОРМАЦИИ И ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ
(Центр "Сибгеоинформ")

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ, КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИНСТРУКЦИИ, НОРМЫ И ПРАВИЛА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ФОТОКОМ 1.1 ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ

МИ УЯВИ 19.02-97

Новосибирск 1996

gost.e-ecolog.ru

АННОТАЦИЯ

УДК 528.735.2:002.1(083.93)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ФОТОКОМ 1.1 ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ (проект), Новосибирск, 1996.-21 с.

Настоящие методические указания разработаны центром "Сибгеоинформ" по заказу Роскартографии впервые. Методические указания разработаны на основе анализа технической литературы и производственного опыта, а также выполненных экспериментальных исследований.

Указания предназначены для инженерно-технического персонала производственных организаций Роскартографии и могут использоваться при техническом проектировании аэрофототопографической съёмки с применением комплекса программ ФОТОКОМ 1.1.

Методические указания составлены канд. техн. наук С.С.Перловым под руководством д-ра техн. наук И.Т.Антипова.

Методические указания опробованы при опытно-производственной эксплуатации в ПО "Инжгеодезия", утверждены директором центра "Сибгеоинформ" и рекомендованы к передаче производственным организациям отрасли.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Настоящие методические указания разработаны на основе анализа технической литературы и производственного опыта, а также выполненных экспериментальных исследований. Указания предназначены для инженерно-технического персонала производственных организаций Роскартографии и могут использоваться при техническом проектировании аэрофототопографической съёмки.

1.2 Основные понятия и термины, применённые в методических указаниях, приведены в разделе 2 и приложении А.

1.3 Методические указания основаны на использовании комплекса программ (КП) ФОТОКОМ 1.1 и IBM PC AT.

1.4 Методические указания разработаны в дополнение к программному документу "SU 589.257 085 4.00293-01 13 01 Комплекс программ для технологической обработки фотограмметрических измерений на профессиональных ПЭВМ. ФОТОКОМ 1.1. Описание программы. Описание применения. Части 1, 2, 3 и 10".

1.5 В части регламентации выбора и обоснования параметров аэрофотосъёмки и фототриангуляционных сетей в зависимости от требуемой точности фотограмметрического сгущения настоящие методические указания дополняют следующие действующие НТД:

- Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГКИНП-02-033-82.-М.: Недра, 1985.-152 с.;
- Инструкция по топографическим съёмкам в масштабах 1:10000 и 1:25000. Полевые работы.-М.: Недра, 1978.-80 с.;
- Руководство по обновлению топографических карт.-М: Недра, 1978.-60 с.;
- Инструкция по фотограмметрическим работам при создании топографических карт и планов.-М.: Недра, 1974.-80 с.

2 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Использование КП ФОТОКОМ 1.1 при техническом проектировании аэрофототопографической съёмки позволяет обосновать *параметры аэрофотосъёмки* и *фототриангуляционной сети* с учётом *ожидаемой точности исходных данных* и в соответствии с *заданной точностью фотограмметрического сгущения*.

2.2 К параметрам аэрофотосъёмки относятся

- масштаб аэрофотосъёмки;
- фокусное расстояние аэрофотоаппарата (АФА);
- базис фотографирования, зависящий от формата снимков и их продольного перекрытия;
- поперечное перекрытие снимков.

2.3 К параметрам фототриангуляционной сети относятся

- количество снимков в маршрутных сетях (маршрутах);

- количество маршрутов в блочной сети (блоке);
- количество и расположение каркасных маршрутов;
- количество и стандартность расположения точек фототриангуляционной сети;
- количество и схема расположения опознаков в маршрутах или блоке.

2.4 Точность исходных данных определяется
- точностью фотограмметрических измерений (стереоизмерений);
- наличием и полнотой данных о систематических погрешностях аэрофотоаппарата (АФА) и измерительного прибора (СК);
- точностью определения опорных данных.

Последние включают:
- бортовые данные, регистрируемые в процессе аэрофотосъёмки, в том числе пространственные координаты центров проектирования, полученные с помощью спутниковых систем GPS/ГЛОНАСС;
- опознаки;
- данные независимой подготовки снимков, которые могут включать: азимуты, длины линий и превышения между концами их, а также совокупности опознаков, принадлежащих одной или нескольким уровенным поверхностям.

2.5 Заданная точность фотограмметрического сгущения определяется видом топографо-геодезических работ, в составе которых выполняется сгущение, и выражается средними погрешностями положения точек фототриангуляционной сети в миллиметрах в масштабе картографирования (или в метрах на местности) и погрешностями высот точек сети в метрах на местности.

2.6 Процесс обоснования параметров аэрофотосъёмки и фототриангуляционной сети выполняется в два этапа.

На первом этапе определяются предварительные значения основных характеристик проектируемой аэрофототопографической съёмки по методике, изложенной в разделе 3.

К основным характеристикам относятся
- точность картографирования;
- точность фотограмметрического сгущения;
- точность опознаков;
- масштаб аэрофотосъёмки;
- фокусное расстояние АФА.

На втором этапе в соответствии с методикой, изложенной в разделе 4, выполняются уточняющие расчёты. При этом, с использованием КП ФОТОКОМ 1.1 моделируется по предварительным значениям основных характеристик и обрабатывается фототриангуляционная сеть с оценкой ожидаемой точности фотограмметрического сгущения, которая сравнивается с заданной точностью. При несовпадении точностей рассчитываются варианты с иными характеристиками и в результате анализа вариантов выбирается наиболее подходящий.

3 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ

3.1 Предварительные значения основных характеристик проектируемой аэрофототопографической съёмки определяются, в зависимости от вида работ и применяемой технологии съемки, либо с использованием перечисленных 1.5 НТД, либо по аналогии с ранее выполненными объектами, либо в результате технологических расчетов.

3.2 Создание и обновление графических составительских оригиналов карт и планов

3.2.1 При создании и обновлении графических составительских оригиналов топографических карт и планов с применением универсальных стереофотограмметрических приборов, на основе фотопланов или приведённых снимков значения основных характеристик следует определять руководствуясь НТД, перечисленными в 1.5.

3.2.2 Действующими НТД установлены следующие точностные характеристики топографических карт и планов.

Средние погрешности в плановом положении изображений объектов и чётких контуров местности относительно ближайших пунктов геодезической основы не должны превышать 0.5 мм в масштабе карты или плана, а в горных районах 0.75 мм (0.7 мм для планов). На планах территорий с капитальной и многоэтажной застройкой средние погрешности точек капитальных сооружений не должны превышать 0.28 мм.

Таблица 1

Значения в долях основного сечения рельефа

Характеристика картографируемой территории	Знаменатель масштаба плана или карты						
	500	1000	2000	5000	10000	25000	50000
Плоскоравнинная с уклонами до 2^0	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.32	0.30
То же в залесённых районах	0.38	0.38	0.50	0.50	0.35	0.24?	0.60
Всхолмлённая с уклонами до 4^0	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.40
Пересечённая с уклонами до 6^0	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.40	0.40
То же в залесённых районах	0.50	0.50	0.50	0.50	0.48	0.60	0.80
Низкогорная и среднегорная	0.42	0.42	0.42	0.42	0.64	0.64	0.64
То же в залесённых районах	0.63	0.63	0.63	0.63	0.95	0.95	1.28
Высокогорная территория	-	-	-	-	-	0.64	0.64

Средние погрешности отображения рельефа горизонталями относитель-

но ближайших пунктов геодезической основы не должны превышать значений, указанных в таблице 1. Погрешности подписываемых на картах высот точек в среднем на 28 % меньше погрешностей горизонталей.

3.2.3 Средняя погрешность фотограмметрического сгущения в плане не должна превышать 0.4 мм в масштабе картографирования для отдельного маршрута и 0.3 мм для уравненного блока.

При создании и обновлении планов территорий с капитальной многоэтажной застройкой фотограмметрическое сгущение следует выполнять со средней погрешностью в плане не более 0.2 мм.

Средние погрешности фотограмметрического сгущения по высоте приведены в таблице 2. В залесённых районах допустимо снижение точности в 1.5 раза.

Таблица 2

Значения в долях основного сечения рельефа

Условия картографирования	Фототриангуляцион. сеть	
	Маршрут	Блок
1. При съёмках с сечением 1 м и в масштабах 1:1000 и 1:500 с сечением 0.5 м	0.28	0.20
2. При съёмках с сечением 2 и 2.5 м и в масштабах 1:5000 и 1:2000 с сечением 0.5 м	0.35	0.25
3. При съёмках с сечением 5 и 10 м	0.50	0.35

3.2.4 Полная погрешность опознаков складывается из погрешности геодезического определения и погрешности опознавания на снимках.

Плановые опознаки должны определяться относительно ближайших пунктов геодезической основы со средней погрешностью, не превышающей 0.1 мм в масштабе карты или плана. На планах местности, закрытой лесной и кустарниковой растительностью, указанная погрешность увеличивается в полтора раза. Средняя погрешность опознавания также не должна превышать 0.1 мм.

Высотные опознаки, проектируемые при стереофототопографической съёмке, должны определяться со средними погрешностями относительно ближайших пунктов геодезической основы 0.1 от основной высоты сечения рельефа при съёмках в масштабах 1:10000 и 1:25000 и 0.08 сечения при съёмке в масштабе 1:50000. В этом масштабе разрешается увеличить погрешность в низко- и среднегорных районах до 0.12 и в высокогорных районах до 0.13 высоты основного сечения.

При картографировании в крупных масштабах средняя погрешность геодезического определения высоты опознака не должна превышать 0.07 от основной высоты сечения рельефа.

Средняя погрешность опознавания в любом случае не должна превы-

шать 0.1 основной высоты сечения рельефа.

При обновлении топографических карт (планов) в качестве опорных при фотограмметрическом сгущении используются старые опознаки, т.е. полученные при создании обновляемой карты (плана), а также сохранившиеся чёткие контурные точки обновляемой карты (плана). Точность последних должна соответствовать нормируемой точности карты (плана).

3.3 Технологические расчёты при создании и обновлении цифровых карт и планов

3.3.1 При техническом проектировании аэрофототопографических работ по созданию или обновлению цифровых карт и планов (топографических, кадастровых или иных) с применением аналитических фотограмметрических приборов (АФП) или цифровых фотограмметрических станций (ЦФС) выполняется расчёт параметров аэрофотосъёмки и обоснование технологии работ в соответствии с требованиями технических условий (задания) на производство работ.

3.3.2 Исходными данными для расчётов являются содержащиеся в технических условиях заданные средние или средние квадратические погрешности определения чётких контурных точек в плане (V_{ST} или M_{ST}) и по высоте (V_{ZT} или M_{ZT}) в метрах на местности.

3.3.3 Для расчётов рекомендуются эмпирические формулы

$$\begin{aligned} V_{ST} &= 1.5m * M_{xy}; \\ V_{ZT} &= 2.4m * M_{pq} * F_k / b; \\ M_{ST} &= 1.9m * M_{xy}; \\ M_{ZT} &= 3.0m * M_{pq} * F_k / b, \end{aligned} \qquad (1)$$

где m - знаменатель масштаба аэрофотосъёмки;

M_{xy}, M_{pq} - средние квадратические погрешности измерения координат и параллаксов точек снимков;

F_k - фокусное расстояние АФА;

b - базис фотографирования, при стандартно задаваемом продольном перекрытии, равном 60 %, рассчитываемый по формуле

$$b = 0.41,$$

где l - формат снимков.

3.3.4 Средние квадратические погрешности измерения координат и параллаксов точек снимков (M_{xy}, M_{pq}) оцениваются по результатам вычислительной обработки блочных фототриангуляционных сетей на ранее выполненных аналогичных объёктах работ с использованием КП ФОТОКОМ 1.1.

3.3.5 С использованием формул (1) расчёт выполняется в следующем порядке.

3.3.5.1 Вычисляется знаменатель предельно мелкого масштаба аэрофотосъёмки, исходя из заданной точности в плане, по формуле

$$m_1 = V_{ST}/1.5M_{xy} = M_{ST}/1.9M_{xy} \qquad (2)$$

3.3.5.2 Масштаб m_1, рассчитанный по критерию точности в плане, не должен быть мельче предельно мелкого масштаба m_2, определённого по критерию дешифрируемости заданного содержания цифрового плана. Если $m_1 > m_2$, то принимается m_2.

3.3.5.3 При определении предельно мелкого масштаба по критерию дешифрируемости заданного содержания следует руководствоваться опытом ранее выполненных аналогичных работ или рекомендациями НТД для топографических карт и планов, приведенными в таблице 3.

Таблица 3

Масштаб карты, плана	Предельно мелкий масштаб аэрофотосъёмки	Масштабный коэффициент
1:25000	1:35000	1.4
1:10000	1:20000	2
1:5000	1:20000	4
1:2000	1:12000	6
1:1000	1:10000	10
1:500	1:6000	12

3.3.5.4 Если точность по высоте не регламентирована, то фокусное расстояние АФА определяется путём выбора наиболее длиннофокусного из числа имеющихся. При этом высота фотографирования, вычисленная по формуле

$$H = m_2 * F_k, \qquad (3)$$

не должна превышать практический потолок носителя аэрофотоаппарата:

тип носителя	мотодельтоплан	АН-2	АН-30	ТУ-134сх
практический потолок, м	2000	4500	8000	11600
диапазон скоростей, км/час	60-70	155-170	350-400	750-850

В случае превышения практического потолка, выбирается АФА с меньшим фокусным расстоянием.

3.3.5.5 Если задана точность по высоте, то фокусное расстояние рассчитывается по формуле

$$F_k' = V_{ZT} * b/2.4 m_2 * M_{pq} = M_{ZT} * b/3.0 m_2 * M_{pq} \quad (4)$$

и сравнивается с фокусными расстояниями имеющихся АФА. Принимается значение F_k, ближайшее к F_k', и по формуле

$$m = m_2 * F_k'/F_k . \quad (5)$$

вычисляется новое значение знаменателя масштаба аэрофотосъёмки.

3.3.5.6 Выбор аэрофотоаппарата с конкретным фокусным расстоянием F_k, наиболее близкого к F_k', производится из числа имеющихся с учётом следующего. При скорости полета свыше 300 км/час (АН-30) аэрофотосъёмку масштаба крупнее 1:15000 необходимо производить с использованием аэрофотоаппарата с компенсацией сдвига изображения. Из зарубежных к таким относятся аэрофотоаппараты типа RMK-A и LMK-1000 с фокусными расстояниями 152, 210, 305 и 600 мм и форматом кадра 23х23 см. Из отечественных следует использовать АФА-ТК с компенсацией сдвига изображения или не имеющие компенсации АФА-ТЭС (ТЭА) с фокусным расстоянием 100 мм или ТЭ-35 и форматом 18х18 см, обладающие лучшими характеристиками по фотограмметрической дисторсии, разрешающей способности и минимальной выдержке по сравнению с другими АФА.

3.3.5.7 С использованием значения F_k, выбранного по 3.3.5.6, по формуле (3) вычисляется высота полета. Проверяется условие безопасности полёта над наиболее высокими местными предметами, которое регламентируется соответствующими правилами гражданской авиации. Например, для самолёта АН-2 минимальная высота полёта над высокими местными предметами составляет 400 м.

3.3.5.8 Примеры

1 Необходимо создать цифровой план со средней погрешностью положения чётких контурных точек 0.15 м на населённый пункт с малоэтажной капитальной застройкой. Основное сечение рельефа 0.5 м при уклонах местности до двух градусов.

Р а с ч е т:

Пусть по ранее выполненным аналогичным работам имеются оценки M_{xy}=0.014 мм и M_{pq}=0.011 мм.

V_{ST}=0.15 м; m_1=0.15/1.5*0.014=7143; m_2=6000; $m_1 > m_2$; принимается m_2.

V_{ZT}=0.125 м; F_k'=0.125*72/2.4*6000*0.011=57 мм; ближайший из имеющихся F_k=100 мм; m_3=6000*57/100=3420; H_3=342 м.

Аэрофотосъёмку следует выполнять с применением мотодельтаплана. Если его нет, то применим АН-2, для которого H_{min}=400 м.

Принимается: H=400 м; F_k=100 мм; 1:m=1:4000, но необходимы дополнительные технологические меры к обеспечению повышенной точности стереоизмерений по высоте. Одной из таких мер является требование безусловного обеспечения продольного перекрытия в пределах 56-62 %. Кроме того, необходимо выполнить более детальные расчёты в соответствии с методикой, изложенной в разделе 4.

2 Те же условия, но для территории с многоэтажной капитальной застройкой. Применение F_K=100 мм привело бы к множеству мертвых зон и поэтому необходимо использование F_K=350 мм. В этом случае принимается m_2=6000 и H=2100 м. При такой высоте аэрофотосъёмки рельеф с сечением 0.5 м стереоскопически рисовать нельзя, поэтому необходимо применить его наземную съёмку или увеличить высоту сечения рельефа.

3.3.6 При аналитическом и цифровом способах аэрофототопографической съёмки рисовка контуров и рельефа выполняется по тем же диапозитивам (негативам) и на тех же измерительных приборах, что и фотограмметрическое сгущение. Съёмочные пикеты могут наблюдаться и вычисляться либо совместно с точками фототриангуляционной сети, либо как дополнительные точки, вставляемые в сеть, либо раздельно от точек сети. Принципиальное отличие точек сети от пикетов состоит в том, что первые, как правило, наблюдаются два раза по разным стереопарам (связующие и общие точки) и увязываются в сеть. Таким образом на них выявляются и устраняются грубые погрешности, а точность процентов на двадцать более высокая, чем однократно наблюдённых пикетов.

На этом основании точность фотограмметрического сгущения устанавливается на 20 % выше точности картографирования, т.е.

$$V_{SC}=0.8V_{ST};\ V_{ZC}=0.8V_{ZT};\ M_{SC}=0.8M_{ST};\ M_{ZC}=0.8M_{ZT}. \qquad (6)$$

3.3.7 Точность геодезического определения и опознавания опознаков устанавливается вдвое более высокой, чем точность фотограмметрического сгущения. Общая погрешность опознаков должна быть на 30 % выше точности фотограмметрического сгущения, т.е.

$$V_{SO}=0.7V_{SC};\ V_{ZO}=0.7V_{ZC};\ M_{SO}=0.7M_{SC};\ M_{ZO}=0.7M_{ZC}. \qquad (7)$$

3.3.8 Если при обновлении цифрового плана используются не старые опознаки, удовлетворяющие требованию (7), а контурные точки обновляемого плана, то точность таких опознаков равна нормируемой точности плана. Поэтому число опознаков должно резко (в 2-4 раза) увеличиться, они должны равномерно располагаться по территории, но использоваться лишь для геодезического ориентирования, без уравнивания, небольших высокоточных блочных сетей сгущения. Таким образом, при обновлении

$$V_{SO}'=V_{ST};\ V_{ZO}'=V_{ZT};\ M_{SO}'=M_{ST};\ M_{ZO}'=M_{ZT}, \qquad (8)$$

при сохранении условия (6).

4 УТОЧНЯЮЩИЕ РАСЧЁТЫ

4.1 Расчёт окончательных, наиболее подходящих характеристик проектируемой аэрофототопографической съёмки включает

а) *моделирование,* с использованием предварительных значений основных характеристик, полученных на первом этапе по методике, изложенной в 3, *и обрабатку* фототриангуляционной, как правило, блочной сети с *оценкой* ожидаемой точности сгущения;

б) *сравнение* полученной оценки ожидаемой точности с заданной точностью сгущения.

При совпадении точностей в пределах 20-25 %, расчёт завершается и принимаются предварительные значения основных характеристик.

При несовпадении заданной и полученной точностей изменяются условия моделирования и этапы "а" и "б" повторяются до указанного совпадения точностей.

Примечание - При принятии особо ответственных решений рекомендуется этап "а" повторить трижды с использованием при моделировании различных исходных случайных чисел и усреднить полученные оценки ожидаемой точности.

4.2 Изменение условий моделирования выполняется за счёт либо основных характеристик, либо варьированием технологическими приёмами:

- использованием бортовых данных, если их точность соответствует точности фотограмметрических измерений;
- изменением количества точек на снимках и величины поперечного перекрытия;
- назначением каркасных маршрутов для повышения точности сгущения или с целью сокращения количества опознаков;
- назначением независимой привязки с теми же целями;
- изменением точности, количества и схемы расположения опознаков;
- назначением и совместной обработкой двух залётов. В реальных условиях одним из них будет старый залёт, а вторым - новый, проектируемый. При обновлении это позволяет практически исключить погрешности переопознавания старых опознаков и существенно повысить точность сгущения за счёт двойных независимых измерений при условии достаточно большого количества хорошо переопознанных общих точек обоих залётов;
- применением АФА с меньшими систематическими погрешностями и стереокомпараторов с меньшими случайными погрешностями.

Если указанные изменения условий моделирования экономически не целесообразны или не обеспечивают заданную точность, то необходимо повышать точность фотограмметрических измерений и использовать при расчёте соответствующие значения M_{xy} и M_{pq}.

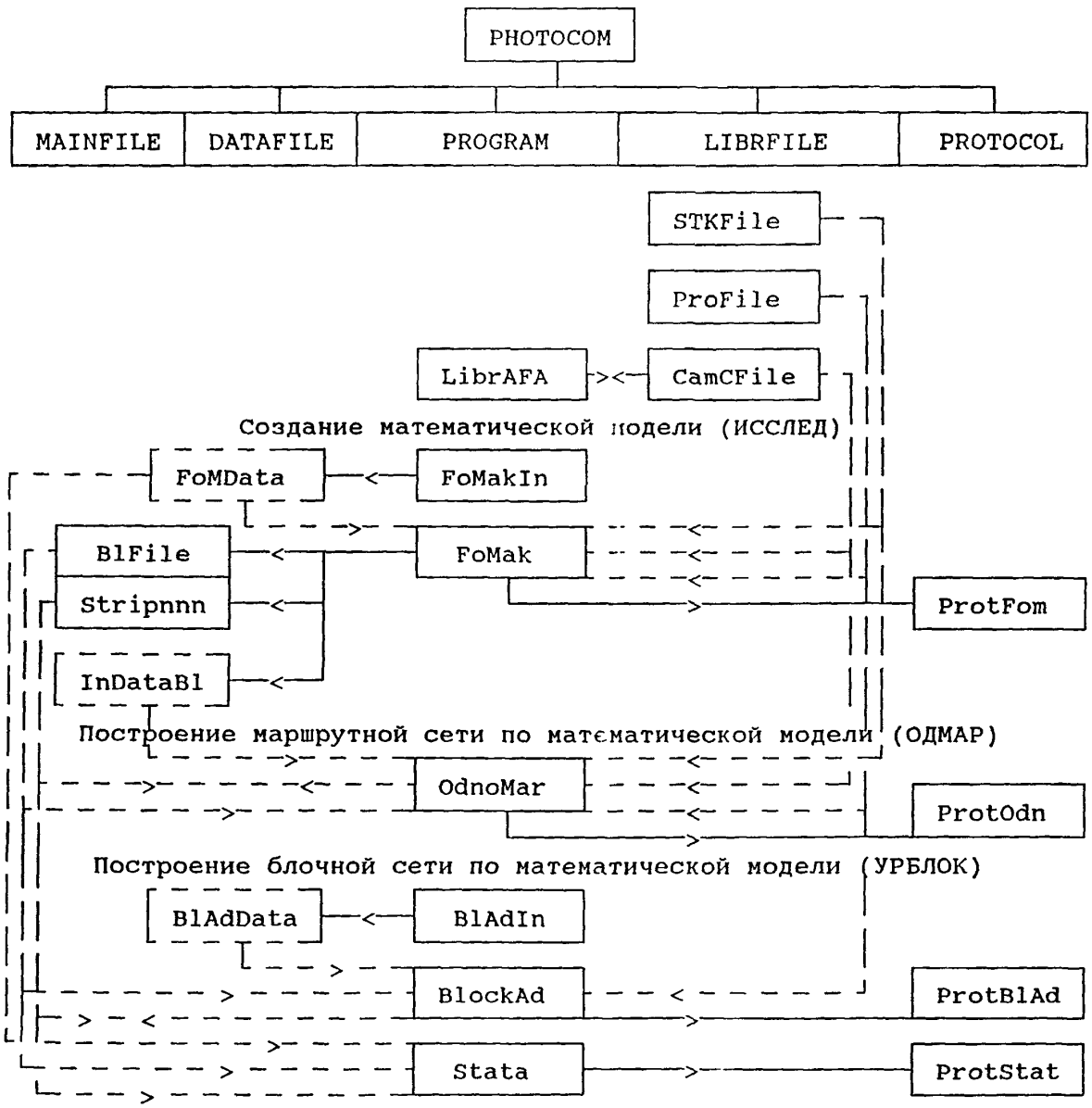
4.3 Уточнённые и обоснованные характеристики аэрофототопографической съёмки включаются в Технический проект. К ним относятся основные характеристики по 2.6, а также принятые технологические приёмы по 4.2. Технический проект разрабатывается в соответствии с "Временной инструкцией по составлению технических проектов и смет на топографо-геодезические работы" (М.: ОНТИ ЦНИИГАиК, 1974).

4.4 Моделирование, обработка и оценка фототриангуляционной сети выполняется с использованием КП ФОТОКОМ 1.1 по вычислительной схеме, приведённой в 4.4.1. При этом следует руководствоваться документацией

КП ФОТОКОМ 1.1 указанной в 1.4, а также его справочной системой help. Краткие рекомендации по подготовке исходных данных для создания математической модели блока приведены в 4.6.

4.5 Вычислительная схема

4.5.1 Вычислительная схема использования КП ФОТОКОМ 1.1 с применением математической модели при техническом проектировании приведена на рисунке 1. Нижеследующие пояснения даны исходя из предположения, что пользователь овладел навыками работы с КП ФОТОКОМ 1.1 и знаком с документацией на него.



Примечание - вычисления по программе Stata можно выполнять и после программы OdnoMar с целью оценки точности маршрутной фототриангуляции.

Рисунок 1

4.5.2 До начала моделирования необходимо иметь на винчестере компьютера библиотечные файлы проекций (ProFile), аэрофотоаппаратов (CamCFile) и стереокомпараторов (STKFile).

4.5.3 Собственно создание математической модели блока предусматривает подготовку задания на моделирование (файл FoMData) с с помощью программы FoMakIn. Имея файл FoMData, можно запустить на исполнение программу FoMak, которая моделирует точки местности и снимков, формирует исходные данные для построения маршрутной фототриангуляции (файл InDataBl) и имитирует результаты создания идеальной фототриангуляционной сети (файлы BlFile и Stripnnn).

4.5.4 Маршрутная сеть по макетным данным создаётся программой OdnoMar, которая выбирает исходные данные из файла InDataBl. затем с помощью программы BlAdIn в обычном порядке (как и для реальных сетей) готовится задание на уравнивание блока (файл BlAdData) и выполняется уравнивание по программе BlockAd (и RaBlock).

4.5.5 Для оценки точности уравненной сети служит программа Stata. Оценка проводится на основании сравнения координат точек и элементов внешнего ориентирования уравенной сети с соответствующими величинами идеальной сети.

4.6 Рекомендации по подготовке исходных данных при создании математической модели блока

4.6.1 Математическая модель блока создаётся программой FoMak с использованием текстового файла FoMData, в кодированных строках которого содержатся исходные данные для моделирования. Полная совокупность исходных данных создаётся с использованием программы подготовки данных FoMakIn.

Совокупность данных можно разделить на три группы по уровню значимости для решения задачи определения характеристик проектируемой аэрофототопографической съёмки. Наиболее значимые данные следует заранее продумать и подготовить. Менее значимые и незначимые могут определяться в ходе диалога с программой FoMakIn.

4.6.2 Рассмотрим рекомендации при подготовке наиболее значимых данных. Курсивом в кавычках приведены коды и пояснения кодированных строк файла FoMData.

"*1.7. Количество залетов (от 1 до 3)* = "

При создании карты в настоящее время обычно проектируется один залёт. При обновлении, если

а) ранее выполненный залёт имеет характеристики не хуже проектируемого нового;

б) сохранились результаты измерений снимков и диапозитивы с обозначениями наблюдённых фотограмметрических точек,

возможна совместная обработка обоих залётов. В этом случае практически исключается погрешность переопознавания старых опознаков на новых

снимках.

Моделирование двух залётов с характеристиками старого и нового может дать существенное повышение точности результатов фотограмметрического сгущения. Однако следует учитывать, что этот эффект при моделировании достигается за счёт совмещения всех точек старой и новой сетей. Для обеспечения такого результата в реальных условиях необходимо переопознавание, с точностью не хуже точности фотограмметрических измерений, достаточно большого количества и равномерно распределённых общих для обоих сетей точек. Если это условие не выполнимо, при расчётах точности следует моделировать один залёт.

Для каждого залета параметры моделирования снимков могут задаваться различными. При этом снимки и маршруты второго и третьего залетов моделируются в пределах и с учетом смоделированного участка местности при построении основных маршрутов первого залета.

"*2.2. Знаменатель масштаба карты, тысячи (от 0.5 до 1000)* = "

"*2.3. Средняя погрешность положения точки на карте, мм (от 0.1 до 1.5)*= "

"*2.4. Средняя погрешность определения высоты точки, м (от 0.1 до 20)*="

Данные 2.2 (M), 2.3 (V_{ST}) и 2.4 (V_{ZT}) устанавливаются в соответствии с требованиями технических условий и НТД (см. 3). При задании погрешности положения в метрах на местности V_{ST} знаменатель масштаба карты вычисляется при V_{ST}=0.5 мм по формуле

$$M=2000V_{ST}. \qquad (9$$

"*4.1. Номер АФА (не более 7 символов)* = "

Если известен АФА, который будет использован при аэрофотосъёмке, то указывается его номер. Характеристика его (фокусное расстояние, формат кадра, систематические искажения и др.) заносится в библиотечный файл CamCFile. Если конкретный АФА не известен, то из числа возможных\вероятных к использованию следует указать номер АФА с большими систематическими погрешностями.

"*4.2. Знаменатель масштаба фотографирования, тысячи (от 0.5 до 1000)* = "

Знаменатель масштаба фотографирования указывается в соответствии с результатами технологических расчётов (см. 3).

"*4.7. Количество колонок точек на снимке (нечетное число от 3 до 99)* = "

"*4.8. Количество рядов точек на снимке (от 3 до 99)* = "

Рекомендуются следующие значения в зависимости от проектируемого среднего числа точек в стереопаре

	10	15	20
- количество колонок точек на снимке (k)	3	5	7
- количество рядов точек на снимке (r)	5	5	5

"*4.9. Из них в поперечном перекрытии* = "

При расчётном поперечном перекрытии 30-40 % назначается один ряд,

при 50 % - три ряда (из 5).

"*4.10. Количество маршрутов основных (не более 31)* = "

"*4.11. Число снимков в основных маршрутах (от 2 до 31)* = "

Эти данные рассчитываются по известным формулам технического проектирования исходя из размеров участка картографирования.

Следует выполнить проверки ограничений программы по формулам

$$K=k+0.5(k-1)*(s-3), \qquad (10)$$

$$R=(r-p)*n+1, \qquad (11)$$

где K - общее количество колонок в маршруте, которое не должно превышать 99;

s - число снимков в основном маршруте.

R - общее количество рядов точек на участке местности (в блоке), которое не должно превышать 99;

p - количество рядов точек в межмаршрутном перекрытии;

n - количество основных маршрутов.

Затем с учётом данных "*4.7 - 4.11*" составляется схема блока с нумерацией колонок и рядов и показом центров снимков.

"*4.12. Количество каркасных маршрутов (от 0 до __)* = "

Каркасные маршруты проектируются с целью сокращения наземного обоснования за счёт увеличения аэрофотосъёмки и фотограмметрических измерений на общих точках перекрывающихся маршрутов. Общее количество каркасных и основных маршрутов не должно превышать 31.

Если задан один каркасный маршрут, то он всегда проходит через середину основных. При задании двух каркасных маршрутов они автоматически располагаются по краям блока; при трёх и более - к ним добавляются маршруты, равномерно расположенные по всей длине основных маршрутов.

Количество снимков в каркасном маршруте подсчитывается по формуле

$$sn=2(R-r)/(r-1)+3. \qquad (12)$$

Предельно возможное количество каркасных маршрутов вычисляется по формуле:

$$Nm=K-k+1. \qquad (13)$$

"*5.1. Средняя погрешность показаний для плановых координат центров проектирования, м (от 0 до точности карты в плане)* = "

"*5.2. Средняя погрешность показаний бортовых данных по высоте, м (от 0 до точности карты по высоте)* = "

"*5.3. Средняя погрешность показаний радиовысотомера, м (от 0 до точности карты по высоте)* = "

Данные "*5.1, 5.2, 5.3*" выбираются из руководств по эксплуатации применяемых технических средств.

"6.1. Средняя квадратическая погрешность Mxy, мм (от 0.001 до 0.050) = "

"6.2. Средняя квадратическая погрешность Mpq, мм (от 0.001 до 0.050) = "

Ожидаемые средние квадратические погрешностей фотограмметрических измерений точек снимков Mxy и Mpq оценивается по результатам вычислительной обработки с использованием ПК ФОТОКОМ1.1 и моделей-аналогов аналогичных материалов (см. часть 2).

"6.5. Тип (1,2,3) или номер (2-7 символов) стереокомпаратора = "

Если известен измерительный прибор (стереокомпаратор), который будет использован для измерений снимков, то указывается его номер. Характеристика его (измеряемые величины, случайные погрешности и систематические искажения) заносится в библиотечный файл STKFile по результатам его калибровки с использованием КП ФОТОКОМ 1.1. Если конкретный стереокомпаратор не известен, то из числа возможных\вероятных к использованию следует указывать номер стереокомпаратора с большими случайными погрешностями. Если калибровка не выполнялась или измерительный прибор имеет гарантированную высокую точность, то укажите его тип.

"8.1. Средняя погрешность опознаков в плане, мм в м-бе карты (от 0 до точности карты в плане) = "

"8.2. Средняя погрешность опознаков по высоте, м (от 0 до точности карты по высоте) = "

Данные *"8.1, 8.2"* указывается в соответствии с результатами технологических расчётов (см. 3).

"8.3. Список опознаков (адреса, т.е. номера колонки и ряда, и типы)"

Список опознаков составляется с использованием схемы блока, созданной с учётом данных *"4.7 - 4.11"*.

"9. Признак наличия данных независимой привязки (Y/N) ="

Если проектируется независимая привязка, то с использованием выше указанной схемы блока составляются:

"11.1. Список линий с известными длинами "

"12.1. Список линий с известными азимутами "

"13.1. Список линий с известными превышениями концов ".

4.6.3 Данным второй группы значения присваиваются пользователем в ходе сеанса с программой FoMakIn, при необходимости используя систему help. К ним относятся следующие данные:

"1.1. Наименование блока (до 31 символа) = "

"1.2. Признак вывода исходных данных на дисплей (Y/N) = "

"1.3. Расширение для файлов с информацией на блок = "

"1.6. Исходное случайное число (8 цифр, не 8 нулей) = "

"3.1. Широта начальной точки участка, градусы (от +80 до -80) = "

"3.2. Долгота начальной точки участка, градусы (от 0 до 360) = "

"3.3. Высота средней плоскости, м (от -20 до 8000, но не 0) = "

"3.5. Превышение точек местности над средней плоскостью, % от высоты фотографирования (от 0 до 20) = ".

4.6.4 Данным третьей группы при решении задачи определения характеристик проектируемой аэрофототопографической съёмки присваиваются следующие выделенные значения:

"*1.4.* =" 0;	"*4.13.*=" 3;	"*6.6.* =" Y;
"*1.5.* =" 3;	"*4.5.* =" 5;	"*7.1.* =" 2;
"*2.1.* =" 1;	"*4.6.* =" 3;	"*7.2.* =" 2;
"*3.4.* =" пробел;	"*5.4.* =" пробел;	"*7.3.* =" Y;
"*3.6.* =" пробел;	"*5.6.* =" N;	"*7.4.* =" пробел;
"*3.7.* =" пробел;	"*5.10.*=" пробел;	"*7.5.* =" Y;
"*3.8.* =" 90;	"*5.11.*=" пробел;	"*7.6.* =" пробел;
"*3.9.* =" 3;	"*5.12.*=" пробел;	"*8.4.* =" Y;
"*4.3.* =" пробел;	"*6.3.* =" 3;	"*14.1.*=" N.
"*4.4.* =" пробел;	"*6.4.* =" Y;	

Примечание - Моделировать систематические погрешности фотоизображения "*6.4*" и стереокомпаратора "*6.6*" возможно только при наличии их в паспортах библиотечных файлов используемых приборов.

5 ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

5.1 Проверка применимости вышеизложенной методики уточняющих расчётов выполнена на реальных, уже завершённых, объектах путём сличения оценок точности координат точек блока-аналога и математической модели блока.

Методика оценки точности координат точек блока-аналога изложена в разделе 6.7.2 "Методических указаниях по использованию КП ФОТОКОМ 1.1 при фототриангулировании" и результаты её приводятся в таблице 50 протокола (ProtStat).

При создании модели блока по методике раздела 4 следует подобрать параметры моделируемого блока наиболее приближенные к параметрам реального блока. Значения принять равными реальным в строках 2.2, 2.3, 2.4, 4.2, 4.9, 4.10. Количество рядов точек (r) на снимке (строка 4.8) принять равным нечётному числу, ближайшему к значению среднего количества связующих точек. Количество колонок точек (k) на снимке (строка 4.7) вычислить по формуле

$$k=(2N-r)/r, \qquad (14)$$

где N - среднее количество точек на стереопару блока.

Число снимков в основных маршрутах (строка 4.11) принять равным числу снимков в наиболее протяжённом маршруте. Средние квадратические погрешности Mxy и Mpq (строки 6.1 и 6.2) принять равными значениям протокола ProtFom, полученного при формировании блока-аналога.

5.2 Из опыта установлено, что оценки блока-аналога и модельного хорошо согласуются при больших масштабных коэффициентах. Следовательно, методика уточняющих расчётов работоспособна при R=5-10.

5.3 При малых масштабных коэффициентах (R=0.8-2.5) погрешности координат точек местности модельного блока в 1.5-2 раза меньше соответствующих погрешностей блока-аналога. Причём по высоте различие оценок, как правило, больше.

Поэтому рекомендуется сначала провести проверку методики уточняющих расчётов на материалах 5-6 уже выполненных объектов с приблизительно равными масштабными коэффициентами и вывести для них средние коэффициенты соотношения оценок погрешностей блока-аналога и модельного блока раздельно в плане и по высоте. Затем использовать методику уточняющих расчётов, умножая получающиеся оценки ожидаемых погрешностей координат точек местности на эти средние коэффициенты.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

1 **Аэрофототопографическая съёмка** /1/ - комплекс процессов, выполняемых для создания и обновления топографических карт и планов с использованием материалов *аэрофотосъёмки*. Если при космофотосъёмке получены снимки центральной проекции, допускающие их стереофотограмметрические измерения, то они используются по технологии *аэрофототопографической съёмки*. Результатом АС могут быть традиционные составительские оригиналы карт и планов или их цифровые аналоги: *цифровые модели местности* или *цифровые карты*. По технологии АС создаются и обновляются также *специализированные* карты и планы, но с использованием иных требований к точности и содержанию, а возможно - иных условных знаков.

2 **Опознак** /2, 3/ - контурная *опорная точка* /1/, надёжно опознаваемая на местности и на всех перекрывающихся снимках. Пространственные геодезические координаты опознака могут определяться, в зависимости от необходимой точности, как в результате полевых геодезических измерений, так и снятием координат с более крупномасштабной или обновляемой карты. Опознаки могут иметь три координаты (планово-высотные), две координаты (плановые) или одну высоту (высотные опознаки). При независимой подготовке снимков в поле определяются не пространственные координаты опознаков, а взаимное положение пар опознаков, характеризуемое азимутом, длиной линии или превышением между концами линии, а также совокупности опознаков, принадлежащих одной или нескольким уровенным поверхностям местности.

3 **Подготовка снимков** /2, 4/ - это работы по определению опознаков в геодезической системе координат. В это понятие входят также работы по определению данных независимой (от геодезической системы координат) подготовки снимков. Цель подготовки снимков - включение в создаваемую фототриангуляционную сеть элементов геодезической сети в качестве исходной основы - соответствует понятию *привязки геодезической сети* /4/ и поэтому в литературе встречается термин *привязка снимков*.

4 **Снимок** - сокр. от термина *аэрофотоснимок топографический* /1/, т.е. аэрофотоснимок, предназначенный и пригодный для фотограмметрических измерений.

5 **Фототриангуляционная сеть** - сокр. от термина пространственная аналитическая фототриангуляционная сеть, полученная с использованием *фототриангуляции* /1/, как одного из способов фотограмметрического сгущения. В совокупности с фотополигонометрией ФС составляет понятие фотограмметрические сети.

6 **Фотограмметрическое сгущение** /1/. Используется в настоящем документе как сокращение от термина аналитическое пространственное фотограмметрическое сгущение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 21002-75 Фототопография. Термины и определения.

2. Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. ГКИНП-02-033-82.-М.: Недра, 1985.-151 с.

3. Инструкция по топографическим съёмкам в масштабах 1:10000 и 1:25000. Полевые работы.-М.: Недра, 1978.-80 с.

4. Топографо-геодезические термины: Справочник/ Б.С.Кузьмин, Ф.Я.Герасимов, В.М.Молоканов и др.-М.: Недра, 1989.-261 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение 3
2 Общие положения 3
3 Предварительные расчёты 5
4 Уточняющие расчёты 10
5 Практические рекомендации 17

Приложение А. Термины и определения 19

gost.e-ecolog.ru