ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70664— 2023

Дистанционное зондирование Земли из космоса

ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Общие требования к стереообработке

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем» (АО «Российские космические системы») по заказу Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос»

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 321 «Ракетно-космическая техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 июля 2023 г. № 520-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сокращения 3
5 Требования к исходным данным для стереообработки 3
6 Порядок выполнения стереообработки 5
7 Требования к оценке качества продуктов стереообработки 8
8 Требования к программному обеспечению стереообработки и отчетной документации 10
Приложение А (справочное) Методы стереоскопического наблюдения при измерении снимков стереопары 11
Приложение Б (справочное) Основные виды и рекомендуемые форматы хранения продуктов стереообработки 12
Библиография 13

Введение

Стереообработка данных дистанционного зондирования Земли из космоса является технологическим процессом, позволяющим создавать такие продукты, как трехмерные модели объектов, цифровые модели высот земной поверхности, включая цифровые модели рельефа и цифровые модели поверхности и др.

Продукты стереообработки, изготовленные на основе данных дистанционного зондирования Земли из космоса, успешно применяются как в российской, так и зарубежной практике при решении прикладных задач картографического обеспечения, навигационных задач для обеспечения принятия управленческих и хозяйственных решений.

Создание продуктов стереообработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса связано с необходимостью соблюдения определенных технических условий при проведении стереосъемки из космоса, а также применения специальных алгоритмов и программного обеспечения в технологических процессах обработки исходных данных стереосъемки.

Разработка и совершенствование технологий обработки исходных данных стереосъемки требует четкого определения понятий и требований к ее проведению (см. [1], [2], [3]). В отечественной нормативно-технической документации до 2015 года действовала подробная инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов, которая, тем не менее, не рассматривала в качестве основного источника данные дистанционного зондирования Земли из космоса.

Настоящий стандарт разработан с целью регламентации порядка выполнения стереообработки из космоса, включая требования к исходным данным дистанционного зондирования Земли из космоса и к оценке качества результатов стереообработки.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дистанционное зондирование Земли из космоса

ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА

Общие требования к стереообработке

Remote sensing of the Earth from space. Remote sensing data of the Earth from space.
General requirements for stereo processing

Дата введения — 2024—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к проведению стереообработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса, включая требования к исходным данным, аппаратно-программному обеспечению, порядку фотограмметрической обработки, оценке качества результатов стереообработки, и приводит типологию основных продуктов стереообработки.

Настоящий стандарт предназначен для организаций и специалистов, осуществляющих обработку данных дистанционного зондирования Земли из космоса, оказывающих услуги с использованием данных дистанционного зондирования Земли из космоса.

Настоящий стандарт не распространяется на данные дистанционного зондирования Земли из космоса, получаемые с космических комплексов (космических систем) гидрометеорологического, океанографического и гелиогеофизического назначения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 22268 Геодезия. Термины и определения

ГОСТ Р 51606 Карты цифровые топографические. Система классификации и кодирования цифровой картографической информации. Общие требования

ГОСТ Р 51833 Фотограмметрия. Термины и определения

ГОСТ Р 59080 Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Продукты обработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса стандартные. Требования к составу и документированному описанию

ГОСТ Р 59562—2021 Съемка аэрофототопографическая. Технические требования

ГОСТ Р 59753 Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Термины и определения

ГОСТ Р 59754 Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Обработка данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Термины и определения

ГОСТ Р 70154 Дистанционное зондирование Земли из космоса. Программное обеспечение обработки данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Типовой функционал

ГОСТ Р 70662 Дистанционное зондирование Земли из космоса. Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Служебные форматы

ГОСТ Р 70670 Дистанционное зондирование Земли из космоса. Данные дистанционного зондирования Земли из космоса. Требования к спецификации

Издание официальное

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 22268, ГОСТ Р 51833, ГОСТ Р 59753, ГОСТ Р 59754, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **стереопара космических снимков:** Два перекрывающихся космических снимка одного и того же участка земной поверхности, полученных при различных положениях их центров оптического проектирования.

3.2 **планово-высотное обоснование:** Сеть плановых, высотных или планово-высотных опознаков.

3.3 **стереовекторизация:** Векторизация элементов рельефа и объектов местности по стереомодели в стереорежиме.

3.4 **стереомодель:** Объемное изображение, наблюдаемое стереоскопическими методами на стереопаре.

3.5 **базис стереосъемки:** Отрезок прямой, соединяющий центры оптического проектирования космических снимков, образующих стереопару.

3.6 **фототриангуляция** (данные дистанционного зондирования Земли из космоса): Метод построения, ориентирования и уравнивания фотограмметрического блока из космических снимков с целью формирования стереопар.

3.7

опознак (координатный тест-объект): Точка объекта космической съемки с известными пространственными координатами, которую можно идентифицировать на космическом снимке.

Примечание — При оценке характеристик данных дистанционного зондирования Земли из космоса опознак может использоваться в качестве опорной или контрольной точки.

[ГОСТ Р 70157—2022, пункт 3.1]

3.8

связующая точка: Точка, связывающая два тождественных пикселя космических снимков стереопары в зоне перекрытия.

[ГОСТ Р 70663—2023, пункт 3.12]

3.9

цифровая модель высот земной поверхности: Совокупность данных о высотах участка земной поверхности с известными географическими координатами, представленная в цифровом виде.

[ГОСТ Р 70153—2022, пункт 3.11]

3.10

цифровая модель рельефа: Совокупность данных (плановых координат и высот) об участке земной поверхности, содержащая информацию о высотах поверхности Земли (без учета растительности, зданий и других объектов).

[ГОСТ Р 59478—2021, пункт 3.1.15]

3.11

цифровая модель поверхности: Совокупность данных (плановых координат и высот) об участке земной поверхности, содержащая информацию о высотах поверхности Земли, включая растительность, здания и другие объекты.

[ГОСТ Р 70153—2022, пункт 3.13]

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ДЗЗ — дистанционное зондирование Земли;

КА — космический аппарат;

ПВО — планово-высотное обоснование;

ПО — программное обеспечение;

СКО — среднеквадратическое отклонение;

ТЗ — техническое задание;

ЦА — целевая аппаратура;

ЦМП — цифровая модель поверхности;

ЦМР — цифровая модель рельефа;

GeoTIFF — открытый формат представления растровых данных с метаданными о географической привязке (geographic tagged image file format);

LAS — двоичный формат по стандарту ASCII (Log ASCII Standard);

RPC — коэффициенты рационального многочлена (rational polynomial coefficients);

TIFF — открытый формат представления растровых данных (tagged image file format).

5 Требования к исходным данным для стереообработки

5.1 Основными критериями выбора исходных данных ДЗЗ из космоса для проведения стереообработки являются:

- параметры ЦА ДЗЗ (пространственное разрешение, радиометрическое разрешение, спектральный диапазон);
- геометрия модели съемки (оценивается по значениям отношения базиса стереосъемки к высоте стереосъемки);
- временные характеристики съемки (период съемки по времени и (или) дате);
- детализация (оценивается по степени различимости объектов, в т. ч. на темных и светлых участках изображения);
- четкость и контрастность;
- отсутствие продольного сдвига, ухудшающего линейное разрешение более чем на 0,3 пикселя;
- отсутствие артефактов данных ДЗЗ из космоса (блюминг, переэкспозиция, смаз и др.);
- отсутствие дымки, облачности, производственных дымов, теней и других природных и антропогенных явлений, ухудшающих изобразительное качество космических снимков.

5.2 Значение отношения базиса стереосъемки к высоте стереосъемки должно быть в пределах диапазона 0,3—0,7, при этом для формирования стереопары допускается использовать космические снимки, полученные с одной или различных ЦА ДЗЗ, функционирующих на одной или на различных орбитах.

Примечание — Для равнинной местности показатель отношения базиса стереосъемки к высоте стереосъемки может смещаться к значению 0,45 (при малых перепадах высот — 0,7), для горной местности — к значению 0,3.

5.3 Для контроля точности и для уточнения параметров внешнего ориентирования космических снимков рекомендуется использовать ПВО, при проектировании которого определяются пространственные координаты и абсолютные высоты опознаков.

5.4 Опорные и контрольные точки должны:

- располагаться равномерно в пределах области интереса, в т. ч. в обособленных участках изображения, точках поворота (при обработке протяженных областей интереса) и в выступающих частях области интереса (при обработке областей интереса многоугольной формы);
- уверенно опознаваться на космических снимках.

Опорными и контрольными точками выступают пункты государственной геодезической сети, геодезической сети сгущения и реперные точки съемочной геодезической сети.

5.5 Требования к точности внешнего ориентирования космических снимков (стереомодели) определяют в зависимости от требуемой точности создаваемых продуктов стереообработки.

Пример — При использовании высокодетальных (менее 1 м) космических снимков для создания ЦМР точность их внешнего ориентирования должна обеспечивать остаточные расхождения (СКО) координат:

- на контрольных точках в соответствии с формулами:

$$0{,}6 \cdot \delta_{орт.}, \qquad (1)$$

где $\delta_{орт.}$ ***— требуемое (допустимое) СКО ортофотоплана (плановое), м;***

$$0{,}6 \cdot \delta_{ЦМР}, \qquad (2)$$

где $\delta_{ЦМР}$ ***— требуемое (допустимое) СКО ЦМР, м;***

- на опорных точках в соответствии с формулами:

$$0{,}4 \cdot \delta_{орт.}, \qquad (3)$$

$$0{,}45 \cdot \delta_{ЦМР}. \qquad (4)$$

5.6 Требования к конфигурации и точности определения пространственных координат и абсолютных высот опорных и контрольных точек устанавливают в зависимости от требуемой точности создаваемых продуктов стереообработки. Рекомендуется использовать опорные и контрольные точки с одинаковой точностью определения пространственных координат и абсолютных высот.

Пример — При использовании высокодетальных (менее 1 м) космических снимков для создания ЦМР точность определения пространственных координат и абсолютных высот опорных и контрольных точек должна соответствовать формулам (1) и (2).

$$0{,}2 \cdot \delta_{коорд.}, \qquad (1)$$

где $\delta_{коорд.}$ ***— требуемое (допустимое) СКО определения пространственных координат опорных и контрольных точек обрабатываемого участка в соответствии с ТЗ на продукт стереообработки (плановое), м;***

$$0{,}2 \cdot \delta_{h}, \qquad (2)$$

где δ_{h} ***— требуемое (допустимое) СКО определения абсолютных высот опорных и контрольных точек обрабатываемого участка в соответствии с ТЗ на продукт стереообработки (плановое), м.***

5.7 Определение пространственных координат и абсолютных высот опорных и контрольных точек проводят следующими способами (одним или несколькими):

- геодезическими измерениями по ГОСТ Р 59562—2021 (пункт 8.3.7);
- картометрическими измерениями, которые позволяют определить пространственные координаты и абсолютные высоты опорных и контрольных точек с требуемой точностью и однозначно идентифицировать объекты на местности;
- измерениями на основе ортофотопланов (полученных по материалам аэрофотосъемки) или материалов съемки сверхвысокого разрешения из космоса, позволяющих определить точность пространственных координат и абсолютных высот опорных и контрольных точек.

5.8 Рекомендуемые методы выбора опорных точек:

- при фотограмметрическом сгущении выбирают уверенно опознаваемые на данных ДЗЗ из космоса или картографических материалах точки на местности (получение значений пространственных координат и абсолютных высот);
- при построении стереомодели используют более пяти опорных точек в пределах области интереса. При этом четыре опорные точки должны размещаться в угловых зонах области интереса;
- при обработке данных ДЗЗ из космоса, формирующих несколько перекрывающихся космических снимков, уменьшают (при необходимости) количество опорных точек на космический снимок (минимальное количество — одна опорная точка).

5.9 Рекомендуемые методы выбора контрольных точек аналогичны выбору опорных точек по 5.8. Рекомендуется располагать контрольные точки равномерно по всей области интереса (не менее одной точки, но не более восьми точек на область интереса).

6 Порядок выполнения стереообработки

6.1 Стереообработка включает следующие этапы (см. рисунок 1):

- сбор исходных данных;
- подготовительные работы;
- фотограмметрическую обработку.

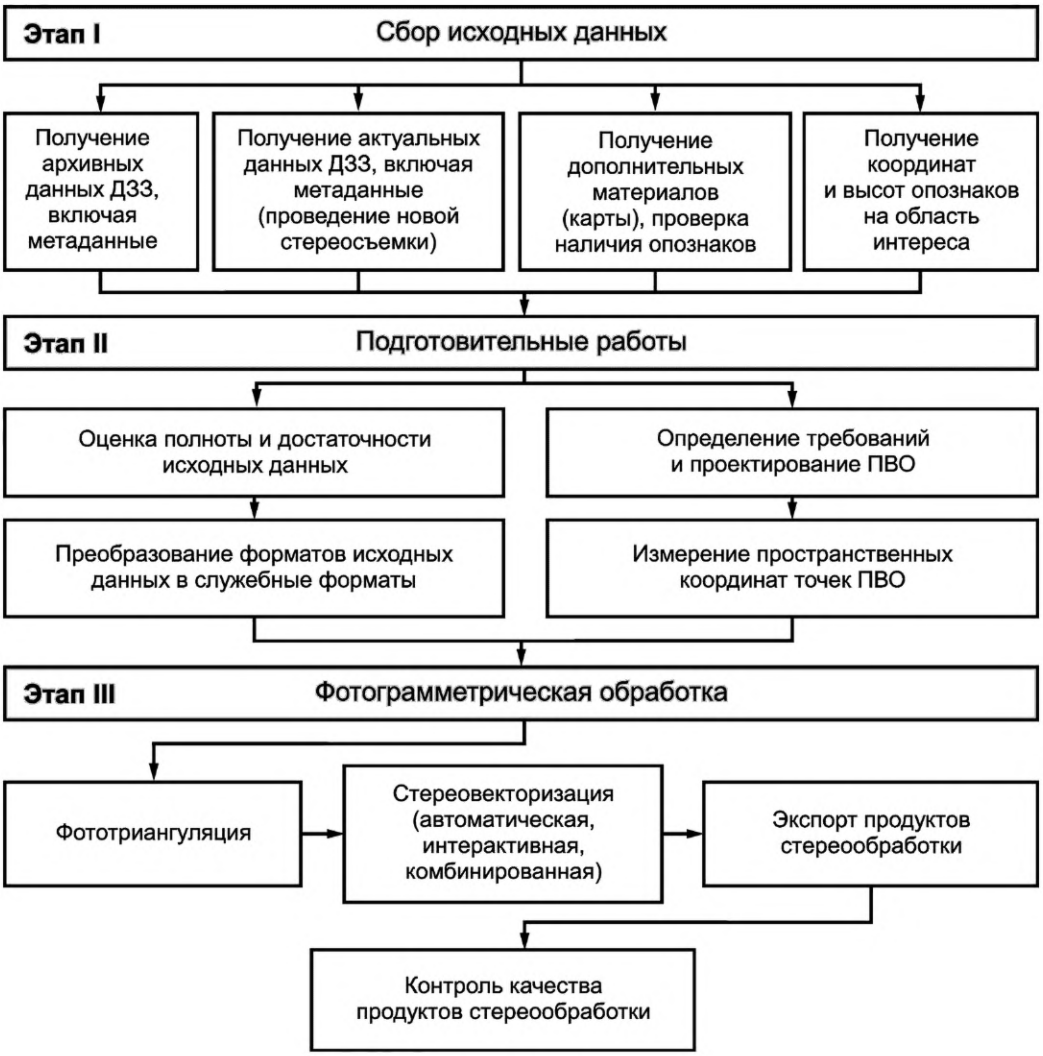


Рисунок 1

6.2 На этапе сбора исходных данных необходимо осуществить:

- получение архивных или актуальных данных ДЗЗ из космоса, включая метаданные и сопроводительную документацию (документированное описание согласно ГОСТ Р 59080, спецификацию данных ДЗЗ из космоса согласно ГОСТ Р 70670 и др.);
- получение картографических, тематических (метеорологические данные, гидрологические данные, карты землепользования и др.) или иных материалов для определения дополнительных сведений об области интереса;
- получение имеющихся пространственных координат и абсолютных высот опознаков для области интереса.

6.3 На подготовительном этапе необходимо осуществить:

- определение требований и проектирование ПВО (точность, конфигурация);
- проверку комплектности и целостности исходных данных;
- полную или выборочную проверку качества исходных данных (в зависимости от вида материалов и предъявляемых к ним требований);
- оценку полноты и достаточности исходных данных.

Примечание — При отсутствии достаточного количества исходных данных для проведения фотограмметрической обработки проводят дополнительную космическую съемку области интереса;

- измерения пространственных координат и абсолютных высот опорных и контрольных точек по 5.7;
- преобразование форматов полученных исходных данных в служебные форматы в соответствии с ГОСТ Р 70662, используемые для целей фотограмметрической обработки (при необходимости).

6.4 На этапе фотограмметрической обработки необходимо осуществить:

- фототриангуляцию (при необходимости);
- стереовекторизацию;
- экспорт продуктов стереообработки;
- контроль качества продуктов стереообработки.

6.5 Фототриангуляцию проводят для уточнения параметров внешнего ориентирования космических снимков в случае несоответствия исходной точности внешнего ориентирования космических снимков предъявляемым требованиям.

6.5.1 Проведение фототриангуляции включает последовательное выполнение следующих этапов:

- формирование фотограмметрического блока из космических снимков;
- ориентирование снимков (внутреннее, взаимное, внешнее) и их последующее уравнивание методом в соответствии с 6.5.2.

Примечание — При ориентировании снимков связующие точки должны быть расположены равномерно по всей площади перекрытия области интереса, за исключением водных участков. Общее количество связующих точек на стереопару — не менее десяти;

- формирование внешне сориентированных космических снимков стереопары.

6.5.2 Метод уравнивания фотограмметрических блоков определяют в зависимости от исходных данных:

- данные бортовой аппаратуры КА ДЗЗ (строгий метод) — параметры ЦА ДЗЗ, данные о траектории движения, угловых скоростях вращения и др. данные, которые позволяют с достаточной точностью определить параметры внешнего ориентирования ЦА ДЗЗ из космоса и их изменения во времени;
- пространственные координаты и абсолютные высоты опорных точек (универсальный метод);
- метаданные (RPC-метод) — RPC-коэффициенты, которые описывают взаимосвязь точек на местности и на снимках стереопары.

6.6 Стереовекторизацию проводят с учетом следующих требований:

- элементы рельефа отрисовывают посредством стереоскопического трассирования поверхности стереомодели измерительной маркой;
- должна быть учтена высота растительности и ее взаимосвязь с высотой земной поверхности.

Примечание — Сведения о высоте растительности получают из материалов лесной таксации, полевых измерений, геоботанических карт и др.;

- одновременно с отрисовкой элементов рельефа определяют численные характеристики отдельных природных и антропогенных форм (высота обрывов, скал, курганов, насыпей, валов, глубина выемок, карьеров, зданий и сооружений и др.).

Примечание — В зависимости от типа продукта стереообработки отрисовка ряда элементов рельефа может быть исключена, например, при создании ЦМР нет необходимости в отрисовке зданий и сооружений.

6.6.1 При стереовекторизации допускается использовать один из следующих режимов:

- автоматический — высоты определяют автоматическими алгоритмами ПО фотограмметрической обработки без учета топологических взаимоотношений объектов на местности.

Примечания

1 Автоматический режим обработки позволяет осуществлять обработку множественных стереопар (триплетов и др.).

2 Алгоритмы автоматического построения позволяют создавать «плотные» цифровые модели высот земной поверхности с размером ячейки, равным размеру пикселя (пространственному разрешению) исходных изображений;

- интерактивный — высоты определяют экспертным методом с учетом топологических взаимоотношений объектов на местности;
- комбинированный — высоты определяют методом экспертного редактирования результатов автоматической стереовекторизации, который осуществляется как в стереорежиме, так и другими интерактивными средствами ПО фотограмметрической обработки (в т. ч. с применением автоматических средств фильтрации).

6.6.2 При проведении автоматической стереовекторизации допускается использовать один из следующих методов:

- локальный (нахождение оптимального отождествления фрагментов двух снимков вокруг интересующей точки);
- полуглобальный (нахождение оптимального отождествления для каждого пикселя базисной линии одного снимка стереопары соответствующему пикселю базисной линии другого снимка стереопары);
- глобальный (нахождение оптимального отождествления для всех пикселей стереопары снимков).

6.6.3 Интерактивную стереовекторизацию должен осуществлять специалист (оператор) с помощью:

- визуального наблюдения стереопары в стереорежиме (методы стереоскопического наблюдения при измерении снимков стереопары представлены в приложении А);
- дешифрирования объектов рельефа и местности с последующей отрисовкой их границ и пространственной конфигурации в виде пикетов (точечных объектов) и структурных линий (полилиний и полигонов) посредством определения и измерения пространственных координат узловых точек.

При проведении классификации стереовекторизуемых объектов рекомендуется использовать заранее разработанный или принятый классификатор, например, соответствующий требованиям ГОСТ Р 51606.

Примечания — Под измерением пространственных координат узловых точек понимается определение точки (пикета, узла структурной линии) на стереопаре и запись (сохранение) ее пространственных координат в файл.

6.6.4 По итогам стереовекторизации осуществляется экспорт следующих типов продуктов стереообработки:

- промежуточных (пикеты, облака точек, структурные линии и другие векторные объекты);
- итоговых (цифровые модели высот земной поверхности, трехмерные модели объектов).

Цифровая модель высот земной поверхности в зависимости от природных условий снимаемой территории представляет собой либо ЦМП (в случае наличия растительности и зданий/сооружений), либо ЦМР (в случае отсутствия растительности и зданий/сооружений).

Экспорт продуктов стереообработки должен осуществляться в формате, соответствующем типу продукта (примеры форматов хранения основных видов продуктов стереообработки приведены в приложении Б).

6.7 Оценка качества промежуточных и итоговых продуктов стереообработки осуществляется в соответствии с требованиями, описанными в разделе 7.

7 Требования к оценке качества продуктов стереообработки

7.1 В ходе стереообработки на этапе фотограмметрической обработки необходимо контролировать точность ее проведения.

7.2 На этапе фототриангуляции ключевыми показателями точности являются:

- СКО расхождений измеренных пространственных координат на связующих точках относительно их уравненных значений;
- среднее значение остаточных расхождений пространственных координат и абсолютных высот на опорных и контрольных точках;
- максимальные значения расхождений измеренных пространственных координат на связующих точках;
- максимальные значения остаточных расхождений пространственных координат и абсолютных высотных отметок опорных и контрольных точек.

7.2.1 СКО расхождений измеренных пространственных координат на связующих точках относительно их уравненных значений не должно превышать одного пикселя.

7.2.2 Среднее значение остаточных расхождений пространственных координат и абсолютных высот на опорных и контрольных точках определяют в зависимости от величины пространственного разрешения исходных данных ДЗЗ из космоса.

Пример — При использовании высокодетальных (менее 1 м) космических снимков среднее значение остаточных расхождений пространственных координат на опорных точках обеспечивается:

- для создаваемого продукта стереообработки в соответствии с формулой

$$0{,}4 \cdot \delta_{\text{ппко}}, \qquad (1)$$

где $\delta_{\text{ппко}}$ ***— требуемое (допустимое) СКО планового положения контуров, м;***

- для контрольных точек в соответствии с формулой

$$0{,}6 \cdot \delta_{\text{ппко}}. \qquad (2)$$

При использовании высокодетальных (менее 1 м) космических снимков среднее значение остаточных расхождений высот на опорных точках обеспечивается:

- для создаваемого продукта стереообработки в соответствии с формулой

$$0{,}5 \cdot \delta_{\text{вто}}, \qquad (3)$$

где $\delta_{\text{вто}}$ ***— требуемое (допустимое) СКО высот точек, м;***

- для контрольных точек в соответствии с формулой

$$0{,}75 \cdot \delta_{\text{вто}}. \qquad (4)$$

Примечание — Требуемые (допустимые) значения СКО точности определения пространственных координат и абсолютных высот, как правило, задают в ТЗ на создание продукта стереообработки.

7.2.3 Максимальные значения расхождений измеренных пространственных координат на связующих точках не должны превышать средних значений более чем в 2,5 раза. Допускается наличие расхождений на связующих точках, значение которых превышает среднее расхождение более чем в два раза для не более чем 5 % общего числа связующих точек.

7.2.4 Максимальные значения остаточных расхождений пространственных координат и абсолютных высот опорных и контрольных точек не должны превышать средних значений более чем в 2,5 раза.

7.3 Если имеющиеся опознаки не обеспечивают требования к точности фототриангуляции (согласно 7.2) необходимо выполнить дополнительный набор опознаков. Дополнительный набор опознаков в виде контурных точек осуществляют по стереомоделям, полученным в результате первичного уравнивания фотограмметрических блоков, и с учетом требований 5.5—5.9. После определения пространственных координат и абсолютных высот дополнительных опознаков уравнивание фотограмметрических блоков проводят повторно.

7.4 На этапе стереовекторизации следует контролировать точность отрисовки векторных элементов, описывающих пространственное положение объектов на местности. Ключевыми показателями точности отрисовки векторных объектов являются:

- СКО планового положения контуров векторных элементов (узлов) относительно опорных и контрольных точек;
- максимальная ошибка планового положения контуров векторных элементов (узлов) относительно опорных и контрольных точек;
- СКО определения высот контуров векторных элементов (узлов) относительно опорных и контрольных точек;
- максимальная ошибка определения высот контуров векторных элементов (узлов) относительно опорных и контрольных точек.

7.5 Результаты стереовекторизации должны обеспечивать заданную точность измерения пространственных координат готового продукта стереообработки.

Примечание — Рекомендуется указывать требуемую (допустимую) точность измерения пространственных координат выходного продукта стереообработки в ТЗ на создание продукта стереообработки.

7.6 Ключевыми показателями для оценки точности цифровой модели высот земной поверхности являются:

- СКО определения высот стереомодели относительно опорных и контрольных точек (по высоте);
- максимальная ошибка определения высот стереомодели относительно опорных и контрольных точек (по высоте).

7.7 В ходе контроля качества цифровой модели высот земной поверхности необходимо оценивать ее точность, а также плотность ее узлов с помощью:

- выявления участков, не обеспеченных узлами;
- определения средней плотности узлов;
- сравнения средней плотности узлов с требуемым (допустимым) значением плотности.

Примечание — Рекомендуется указывать требуемую (допустимую) плотность узлов цифровой модели высот земной поверхности в ТЗ на создание продукта стереообработки.

7.8 Минимально допустимая площадь участка, которая должна обеспечиваться узлами, рассчитывается по формуле (1) в соответствии с ГОСТ Р 59562—2021 (пункт 9.4.8).

$$S = \frac{9}{P}, \quad (1)$$

где S — площадь участка, м^2;

P — требуемая средняя плотность узлов, шт./м^2.

Исключением являются водные участки и области, занятые зданиями и сооружениями, где допустимо отсутствие узлов.

7.9 При выявлении участков, не обеспеченных узлами, следует установить причины их отсутствия и, в случае необходимости, осуществить измерения дополнительных узлов.

7.10 Точность полученной цифровой модели высот земной поверхности оценивают по остаточным расхождениям высот на опорных и контрольных точках.

7.10.1 СКО цифровой модели высот земной поверхности по высоте, вычисленное по расхождениям высот на опорных и контрольных точках, не должно превышать значение, указанное в ТЗ на создание продукта стереообработки.

7.10.2 Расхождения высот земной поверхности определяют как модуль разности между высотой контрольной точки и высотой, вычисленной в результате линейной интерполяции по значениям высоты ближайших точек сформированной цифровой модели высот земной поверхности, являющихся вершинами треугольника, в котором расположена контрольная точка.

8 Требования к программному обеспечению стереообработки и отчетной документации

8.1 Стереообработку данных ДЗЗ из космоса осуществляют с использованием цифровых фотограмметрических станций в специализированном ПО, соответствующем требованиям ГОСТ Р 70154, а также следующим требованиям:

- обеспечение возможности выполнения фототриангуляции методами, представленными в 6.6.2;
- наличие средства оценки и контроля точности на всех этапах фотограмметрической обработки;
- наличие функции автоматического и интерактивного контроля и редактирования результатов обработки, в т. ч. полученных автоматическим способом;
- обеспечение получения стереоэффекта без искажений фотограмметрических моделей;
- обеспечение проведения трехмерных измерений с субпиксельной точностью;
- обеспечение возможности послойного представления информации;
- обеспечение хранения атрибутивных данных.

8.2 ПО стереообработки данных ДЗЗ из космоса должно позволять автоматически формировать отчеты с данными о результатах выполненной фотограмметрической обработки в цифровой форме в формате электронного документа, который при необходимости может быть представлен в аналоговой форме в виде бумажного документа.

8.3 По результатам стереообработки разработчик формирует документированное описание продукта стереообработки в соответствии с ГОСТ Р 59080.

Приложение А
(справочное)

Методы стереоскопического наблюдения при измерении снимков стереопары

А.1 Бинокулярный метод

На экран монитора выводят изображения левого и правого снимков стереопары соответственно в его левой и правой частях. Наблюдение этих изображений оператор выполняет с помощью зеркального-линзового стереоскопа, установленного перед дисплеем компьютера.

А.2 Анаглифический метод

Метод основан на одновременном проектировании на экран монитора изображений левого и правого снимков стереопары, окрашенных соответственно в два основных цвета (красный — зеленый, синий — красный или синий — зеленый). При наблюдении снимков стереопары через очки, в которых перед левым и правым глазом установлены аналогичного цвета светофильтры, левым глазом оператор наблюдает левый снимок стереопары, а правым глазом — правый снимок стереопары.

А.3 Поляроидный метод

Перед экраном монитора устанавливается поляризационный фильтр, изменяющий ось поляризации на 90° синхронно со сменой изображения левого и правого снимков стереопары на экране монитора. Стереоскопическое наблюдение осуществляется с помощью очков с поляризационными фильтрами. Ось поляризации фильтра, устанавливаемого перед левым глазом, параллельна оси поляризации экрана при проектировании изображения левого снимка стереопары, а ось поляризации фильтра, устанавливаемого перед правым снимком стереопары, параллельна оси поляризации при проектировании изображения правого снимка стереопары. В этом случае правый глаз оператора наблюдает только изображение правого снимка стереопары, а левый глаз — левого. Для комфортного наблюдения стереомодели используют мониторы с частотой развертки не менее 120 Гц.

В другом варианте поляроидного метода стереонаблюдения используются два монитора: на левом формируется изображение левого снимка стереопары, а на правом — зеркальное изображение правого снимка стереопары. На левом и правом мониторах формируются поляризованные изображения с взаимно перпендикулярными осями поляризации. Оператор наблюдает изображения с помощью поляризационных очков через полупрозрачное зеркало.

А.4 Затворные очки

В этом случае для стереоскопического наблюдения используются очки, в которых перед левым и правым глазами оператора установлены жидкокристаллические затворы, которые прозрачны при отсутствии подачи на них напряжения и не прозрачны при подаче напряжения. На экран монитора попеременно проектируются изображения левого и правого снимков стереопары, а на затворы синхронно подается напряжение. При проектировании на мониторе изображения левого снимка стереопары подается напряжение на правый фильтр, а при проектировании изображения правого снимка стереопары — на левый. Таким образом, правый глаз оператора наблюдает изображение правого снимка стереопары, а левый глаз — левого.

Приложение Б
(справочное)

Основные виды и рекомендуемые форматы хранения продуктов стереообработки

Таблица Б.1

Продукт	Тип продукта	Векторный формат хранения (расширение)	Растровый формат хранения (расширение)
Пикеты (плотность — 1 шт. на 2×2 пикс.)	промежуточный	Autocad (*.dwg) Bentley Microstation (*.dgn) LAS (*.las) Photomod (*.x-data) Panorama (*.sxf) MapInfo (*.tab) Shape (*.shp) и др.	Не поддерживается
Облака точек (плотность — 1 шт. на 1×1 пикс.)	промежуточный	LAS (*.las)	Не поддерживается
Структурные линии/ векторные объекты (точечные, полилинейные, полигональные)	промежуточный	Autocad (*.dwg) Bentley Microstation (*.dgn) Photomod (*.x-data) Panorama (*.sxf) MapInfo (*.tab) Shape (*.shp) и др.	Не поддерживается
ЦМР / ЦМП (шаг сетки — 5×пикс. стереомодели и более)	итоговый	Autocad (*.dwg) Bentley Microstation (*.dgn) Photomod (*.x-data) Panorama (*.sxf) MapInfo (*.tab) Shape (*.shp) и др.	TIFF (*.tif) GeoTIFF (*.tif) Erdas Imagine (*.img) и др.
Плотная ЦМР / плотная ЦМП (шаг сетки — 1×пикс. стереомодели)	итоговый	Autocad (*.dwg) Bentley Microstation (*.dgn) Photomod (*.x-data) Panorama (*.sxf) MapInfo (*.tab) Shape (*.shp) и др.	TIFF (*.tif) GeoTIFF (*.tif) Erdas Imagine (*.img) и др.
Трехмерные модели объектов	итоговый	Autocad (*.dwg) Bentley Microstation (*.dgn) Photomod (*.x-data) OBJ geometry format (*.obj) STL (*.stl) и др.	Не поддерживается

Библиография

[1] DIN 18740-4:2017-04 Фотограмметрические продукты. Часть 4. Требования к цифровым камерам авиационного и космического базирования
(Photogrammetric products — Part 4: Requirements for airborne and spaceborne digital cameras)

[2] DIN 18740-3:2022-08 Фотограмметрические продукты. Часть 3. Требования к ортоизображению
(Photogrammetric products — Part 3: Requirements for the ortho image)

[3] DIN 18740-6:2014-12 Фотограмметрические продукты. Часть 6. Требования к цифровым моделям рельефа
(Photogrammetric products — Part 6: Requirements for digital elevation models)

УДК 528.8:006.354

ОКС 35.240.70
49.140

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли из космоса, данные дистанционного зондирования Земли из космоса, фотограмметрия, фототриангуляция, стереообработка, стереопара

Редактор *М.В. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 17.07.2023. Подписано в печать 24.07.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 1,90.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru