

УДК 528.85

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОТБОРА И ПАСПОРТИЗАЦИИ ТЕСТОВЫХ ОБЪЕКТОВ И ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДАННЫХ ДЗЗ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КАЛИБРОВОЧНЫХ И ВАЛИДАЦИОННЫХ РАБОТ

А. И. Смягликова, Е. С. Курзенков, О. А. Семенов

УП «Геоинформационные системы», Минск, Беларусь

Проанализированы требования к тестовым объектам для калибровки спектрометрии, геометрии и валидации пространственного разрешения. Сформулированы методики и выполнена программная реализация отбора, паспортизации тест-объектов по космическим данным ДЗЗ, оценки качества данных и характеристик целевой аппаратуры космического аппарата на основе данных авиационных съемок.

Введение

Целевая аппаратура космических комплексов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в процессе летных испытаний и штатной эксплуатации нуждается в подтверждении заявленных параметров качества как на этапе государственных испытаний, так и в реальных условиях орбитальной эксплуатации космических аппаратов. Без всестороннего оперативного контроля параметров целевой аппаратуры и качества получаемых материалов космического наблюдения невозможно эффективное решение целевых задач ДЗЗ [1]. Важную роль в системе получения требуемой информации по материалам ДЗЗ играют объективный контроль и оценка характеристик качества исходных космических снимков и производной продукции, так как от них зависит эффективность использования данных ДЗЗ.

Наиболее перспективным в контексте решения поставленных задач является использование тестовых участков, базовыми элементами которых являются тест-объекты природного и антропогенного происхождения. Калибровка спектрометрии происходит по тестовым полигонам, калибровка геометрии – по опорным точкам, валидация пространственного разрешения – по линиям, имеющим название «резкий край» [2].

Основная часть

Выбор тест-объектов для калибровки спектрометрии, геометрии и валидации пространственного разрешения целевой аппаратуры регламентируется требованиями, определяющими необходимость обеспечения достоверного выявления топологических признаков и детального исследования свойств интересующих объектов, получения точной информации об их спектральных характеристиках, использования в качестве измерительной основы для проведения калибровок и валидации.

Разработанные в представленной работе методики основаны на системном подходе и учитывают требования ГОСТР 59474-2021. Отработка методик проводилась по спутниковым данным белорусского космического аппарата для территории ГПУ НП «Нарочанский» Мядельского района Минской области с использованием геоинформационного программного обеспечения (ПО) QGIS версии 3.16.1 и SAGA GIS версии 8.1.1.

Сформулированные требования к тестовым объектам [2] отражены в таблице.

Требования к тест-объектам для калибровки и валидации

Калибровка спектрометрии	Калибровка геометрии	Валидация пространственного разрешения
<p>1. Излучательно-отражательные характеристики полигонных объектов должны быть достаточно стабильными во времени.</p> <p>2. Тестовые участки и калибровочные объекты должны иметь размер не менее 110 пикселей.</p> <p>3. В границах полигона изменение яркости по каналам не должно превышать 5 % и по синему каналу – 10 %</p>	<p>1. Опорными точками должны быть объекты, не подверженные изменениям с течением времени (перекрестки дорог, углы зданий, взлетных полос, стадионов и т. д.).</p> <p>2. Контрольные точки должны располагаться на контрастных объектах.</p> <p>3. Покрытие контрольными точками должно быть равномерным.</p> <p>4. Контрольные точки должны находиться на углах и в центре изображения</p>	<p>1. Буферная область от границы перепада яркости должна быть такой, чтобы можно было зафиксировать устоявшееся значение яркости по обе стороны от границы.</p> <p>2. Длина переходного участка должна составлять не менее десяти пикселей для точности оценки равной 10 %, и не менее 20 пикселей для 5 %.</p> <p>3. Угол наклона «резкого края» должен составлять не более 50° от перпендикуляра к направлению съемки.</p> <p>4. Контраст на границе перепада должен превышать восемь единиц</p>

Поиск тестовых объектов для калибровки спектрометрии осуществляется по мультиспектральному спутниковому снимку. На первом этапе формируются изолинии, отделяющие области с разностью яркостей пикселей не более восьми единиц по каждому из калибруемых каналов. Далее изолинии преобразуются в полигоны и фильтруются по площади и коэффициенту плотности границ. В границах отобранных полигонов определяются значения средней яркости и диапазона яркостей. Затем вычисляются координаты центроидов полигонов. Выходной полигональный `grkg`-файл содержит тестовые полигоны со статистикой и координатами центроидов.

Поиск тестовых объектов для калибровки геометрии и валидации пространственного разрешения производится по панхроматическому спутниковому снимку. На этапе обработки снимка в ПО `SAGA GIS` формируется изображение, содержащее границы на перепадах яркости. Полученное изображение в формате `TIFF` экспортируется в ПО `QGIS`, где осуществляются выделение области интересов и векторизация растра в ее границах. На основе границ строятся линии через центры пикселей растра. С целью поиска тестовых объектов для геометрической калибровки полученные линии фильтруются по длине и продлеваются. На пересечениях продленных линий строятся точки с координатами в градусах. В процессе отбора извлекаются только лежащие на контрастных объектах. Затем для каждой точки строится буферная область. Выходной точечный `grkg`-файл содержит опорные точки с координаты, полигональный `grkg`-файл содержит буферы.

При поиске тестовых объектов для валидации пространственного разрешения из полученных линий выбираются только прямые линии, подходящие по длине и углу наклона к направлению съемки. Затем рассчитывается статистическая переходная характеристика и вычисляется контраст, по которому происходит отбор линий согласно требованиям (см. таблицу). Далее вычисляются координаты центров линий. Для каждой линии строится буферная область. Выходной линейный `grkg`-файл содержит «резкие края» со статистическими переходными характеристиками и координатами центров линий, полигональный `grkg`-файл содержит буферы.

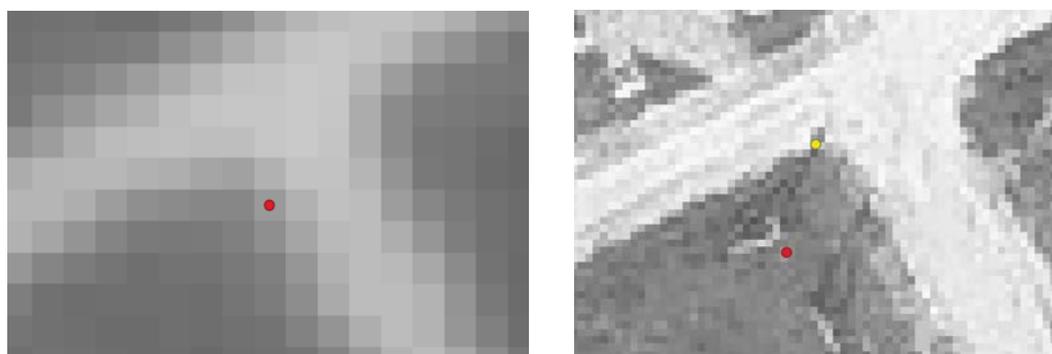
Модуль оценки качества данных ДЗЗ и характеристик целевой аппаратуры был разработан и реализован в ПО `QGIS`. Технология обрабатывалась по данным авиационной съемки курортного поселка Нарочь.

3. СРЕДСТВА, ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ, ГЕОСЕРВИСЫ НА ИХ ОСНОВЕ. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЯХ



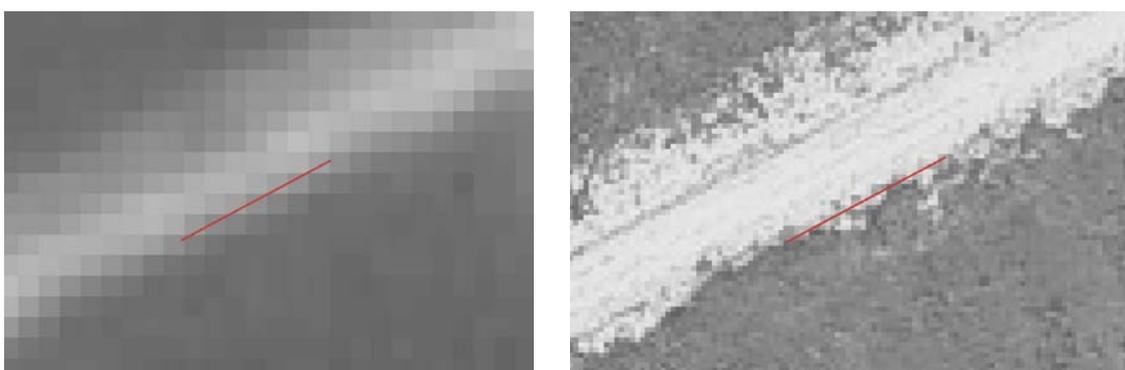
fid	R_sat_mean	R_orto_mean	G_sat_mean	G_orto_mean	B_sat_mean	B_orto_mean	x	y
1	93,054545...	78,89372999...	82,490909...	86,5737691...	45,736363...	81,95338131820...	26,7027...	54,9119...

Рис. 1. Эталонные полигоны с таблицей атрибутов



id	xcoord	ycoord	Distance	orto_xcoord	orto_ycoord
21	26,69110718259...	54,9171945280911	7,513959696872...	26,69113651273...	54,91725987688...

Рис. 2. Эталонные точки с таблицей атрибутов



id	length	angle	left_5_s_mean	left_4_s_mean	left_3_s_mean	left_2_s_mean	left_1_s_mean	right_1_s_mean	right_2_s_mean	right_3_s_mean	right_4_s_mean	right_5_s_mean	left_5_or_mean
1	7,37965991...	61,69924...	97,71428571...	100,75	110,5	118,625	110,5	93,5	82,55555555...	79	79,375	79,14285714...	208,9057971...

left_4_or_mean	left_3_or_mean	left_2_or_mean	left_1_or_mean	right_1_or_mean	right_2_or_mean	right_3_or_mean	right_4_or_mean	right_5_or_mean	contrast_sat	contrast_orto	x	y
213,00714285...	226,3157894...	225,4244604...	205,6375838...	152,82993197...	144,29931972...	136,86046511...	136,28688524...	133,28965517...	8,333	14,732	26,690780...	54,916177...

Рис. 3. Эталонные «резкие края» с таблицей атрибутов

Технология оценки качества данных спектрометрии основана на поиске эталонных объектов на преобразованном панхроматическом авиационном снимке для сравнения с тестовыми объектами, полученными на этапе отбора и паспортизации. Изначально формируются изолинии, отделяющие области, в которых разность яркостей пикселей не превышает 50 единиц. Далее изолинии упрощаются, преобразуются в полигоны, подвергаются исправлению геометрии, фильтруются по площади. Затем находятся области пересечения полученных на предыдущем этапе полигонов и тестовых полигонов, полученный слой фильтруется по площади. Для получения сравнительных характеристик вычисляется средняя яркость в границах полученных полигонов по авиа- и космоснимкам, после чего высчитываются координаты центроидов. Выходной информацией является полигональный grkg-файл, содержащий полигоны с зональной статистикой по спутниковому и авиационному снимкам и координатами.

Технология оценки качества геометрии снимка и пространственного разрешения реализуется на основе преобразованного панхроматического авиационного снимка. На этапе обработки исследуемого снимка в ПО SAGA GIS формируется изображение, содержащее границы на перепадах яркости, которое обрезается по маске буферов точечных и линейных тест-объектов, полученных на этапе отбора и паспортизации. Далее обрезанное изображение векторизуется и на основе построенных полигонов строятся линии через центры пикселей изображения границ.

При поиске эталонных точек для сравнения с опорными полученные линии фильтруются по длине и продлеваются. На их пересечениях строятся точки с координатами в градусах. Выходной точечный grkg-файл содержит опорные точки с координатами относительно спутникового снимка, координатами соответствующей точки на авиационном снимке и расстоянием между ними.

Для поиска эталонных линий для сравнения с «резкими краями» из полученных линий выбираются только прямые линии, подходящие по длине и углу наклона к направлению съемки. На следующем этапе для каждой линии рассчитывается статистическая переходная характеристика и вычисляется контраст по спутниковому и авиационному снимкам. Выходной линейный grkg-файл содержит «резкие края» с координатами центров линий, статистическую переходную характеристику и контраст яркости для спутникового и авиационного снимков.

На рис. 1–3 представлены эталонные объекты на спутниковом и авиационном снимках.

Заключение

Разработанные программные модули повышают оперативность и точность обработки космических и авиационных данных ДЗЗ, позволяют автоматизировать процесс поиска тестовых и эталонных объектов для калибровок спектрометрии, геометрии и валидации пространственного разрешения. Предложенные методики будут уточняться и дорабатываться после полевых экспериментов.

Список литературы

1. Обработка данных дистанционного зондирования Земли: практические аспекты: [учеб. пособие] / В. Г. Коберниченко [и др.] ; под общ. ред. В. Г. Коберниченко. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 168 с.
2. Технологии определения целевой аппаратуры КК ДЗЗ [Электронный ресурс] / А. И. Бочарников [и др.] // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2015. – Т. 2, вып. 2. – С. 18–31. – Режим доступа: <https://goo.su/DBjq2j>. – Дата доступа: 25.05.2022.