

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ ПОЛИГОНОВ ДЗЗ: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, ПРИНЦИПЫ И КОНЦЕПЦИИ

С.В. Абламейко³, Б.И. Беляев⁴, Я.И. Зельк², Л.В. Катковский⁴, В.И. Лялько¹,
М.А. Попов¹, Л.В. Подгородецкая², В.А. Яценко²

¹Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАНУ, Киев;

²Институт космических исследований НАНУ и НКАУ, Киев;

³Белорусский государственный университет, Минск;

⁴Институт прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко Белорусского
государственного университета, Минск

Анализируются современное состояние и перспективы использования системы полигонов ДЗЗ. Рассматриваются актуальная проблема разработки новой концепции системы полигонов ДЗЗ и принципов их использования, а также вопросы обоснования требований к системе полигонов ДЗЗ. Показывается необходимость создания научно-методического и геоинформационного обеспечения, баз данных для калибровки спутниковой аппаратуры и валидации данных ДЗЗ.

Введение

Системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) приобрели значительное развитие и существенно влияют на жизнедеятельность общества [1]. Основными направлениями использования данных ДЗЗ являются: сельское хозяйство, экология, сфера обороны, системы мониторинга чрезвычайных ситуаций, системы наблюдения приграничных районов, топографическое обеспечение, землеустройство и коммунальное хозяйство. Накопленный опыт свидетельствует, что наиболее рациональный путь получения достоверных спутниковых данных – это создание специально оборудованных полигонов ДЗЗ. По этому пути уже достаточно длительное время идет большинство стран, имеющих собственные спутники ДЗЗ (США, Франция, Россия и др.). В частности, программа Министерства сельского хозяйства РФ предусматривает оценку состояния посевов и прогноза урожая на основе использования подобных полигонов.

1. Современное состояние

Полигоны дистанционного зондирования Земли предназначены для решения задач обработки, анализа и тематической интерпретации данных ДЗЗ [1, 2]. В зависимости от функционального назначения полигоны делятся на контрольно-калибровочные и тестовые. Основная масса полигонов располагается на суше, обычно на базе заповедников, лесных хозяйств, ботанических садов и исследовательских хозяйств. С помощью полигонов разрабатываются и отрабатываются методические подходы к апробации и сертификации аэрокосмических технологий решения тематических задач ДЗЗ, в частности предотвращения стихийных бедствий, выполняется важная задача калибровки бортовых приборов. Тестовые полигоны также используются для создания и наполнения компьютерных баз данных спектральных характеристик естественных и искусственных объектов. Для этого на полигонах создаются или выбираются тестовые участки.

2. Цели и задачи

Основная цель состоит в разработке новой концепции, научно-методического и геоинформационного обеспечения национальных систем полигонов ДЗЗ и баз данных для дистанционного мониторинга.

Среди основных задач можно выделить следующие:

- системный анализ мирового опыта решения задач мониторинга стихийных бедствий с использованием данных ДЗЗ;
- обоснование концепции геоинформационного обеспечения системы полигонов ДЗЗ;
- формулирование требований к системе полигонов ДЗЗ;
- разработка структуры системы геоинформационного обеспечения полигонов ДЗЗ;
- определение и обоснование характеристик аппаратуры ДЗЗ оптического диапазона;
- обоснование состава системы полигонов ДЗЗ;
- разработка методического и технического обеспечения тестово-калибровочного полигона;
- исследования спектральных излучательно-отражательных свойств основных естественных и искусственных объектов;
- формирование баз спектральных измерений;
- определение и обоснование набора индикаторов состояния экосистем для дистанционного мониторинга стихийных бедствий;
- определение требований к методическому обеспечению, необходимому для реализации методик выполнения контрольно-калибровочных работ;
- проведение экспериментов по оценке параметров и характеристик снимков избранного космического аппарата с применением объектно-ландшафтной территории.

3. Концепции и принципы создания полигонов

В целом существующие концепции полигонов ДЗЗ ориентированы на решение двух больших групп задач. Одна группа задач связана с послестартовой настройкой параметров бортовых сенсоров с целью обеспечения оптимального режима съемки в процессе мониторинга земной поверхности и уточнения значений элементов внешнего ориентирования. Другая группа задач связана с разработкой и сертификацией методик обработки, анализа и интерпретации получаемых данных ДЗЗ.

Фундаментальные и прикладные исследования, которые направлены на разработку новых методов калибровки систем ДЗЗ космического базирования с использованием полигонов различных типов, проведены в Украине по заказу Национального космического агентства Украины (НКАУ).

В рамках создаваемой в Украине концепции предусматривается разработка новых методов и программного обеспечения для определения разрешающей способности и оценивания характеристик многоспектральной аппаратуры ДЗЗ оптического диапазона для космических аппаратов (КА) серии «Сич».

Проводятся исследования и оцениваются параметры природных тест-объектов для определения первичных технических характеристик систем наблюдения «Сич-2» на территории Украины, в частности в районе расположения Национального центра управления и испытаний космических средств (Евпатория). Планируется оценить характеристики существующих международных природных полигонов для калибровки

спектральных каналов систем ДЗЗ «Сич-2». Создается база данных характеристик участков, планируемых к использованию в качестве тестовых объектов. Исследуются характеристики международных тестовых объектов. Разрабатываются предложения по принципам построения полигонов для калибровки оптических систем ДЗЗ с использованием природных и искусственных объектов и метрологического обеспечения.

В рамках создаваемой концепции предполагается формулировка технических предложений по методам калибровки бортовой аппаратуры ДЗЗ. Разрабатываются следующие методики: измерений и определения характеристик атмосферы над тестовыми объектами ККП; измерений характеристик тест-объектов ККП; определения разрешающей способности многоспектральных систем ДЗЗ «Сич-2»; амплитудной калибровки спектральных каналов систем ДЗЗ «Сич-2».

Предусмотрена тестовая калибровка систем ДЗЗ по данным «Сич-2» с учетом международных требований, апробация разработанных методик калибровки на примере КА «Landsat-5 TM», формирование базы данных характеристик тестовых объектов и тестирования геоинформационного обеспечения ККП.

В Беларуси разработана методика подспутниковых измерений спектральных характеристик подстилающих поверхностей, которая предназначена для обеспечения полетных спектро-энергетических калибровок спутниковых спектрозональных систем изображения.

Методика разработана в рамках НИОКР «Разработать методики и аппаратуру для проведения полетных калибровок белорусских космических аппаратов (БКА) с разрешением менее 10 м по наземным тестовым объектам» (шифр «Полетные калибровки») по программному мероприятию «Разработка конструкторской документации, создание технологий и экспериментальных программных средств многоцелевой тематической обработки комплексной информации от средств космического наблюдения и наземного контроля с обеспечением коррекции результатов комплексной обработки путем полигонных измерений. Формирование моделей ситуационного отображения и конечных информационных продуктов» научно-технической программы Союзного государства «Разработка базовых элементов, технологий создания и применения орбитальных и наземных средств многофункциональной космической системы» («Космос-НТ»).

Методика состоит из двух частей, включающих проведение наземных и авиационных измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ) отражения эталонных калибровочных участков полигона, и представляет собой систематизированную совокупность приемов и операций, которые необходимо выполнить для практической реализации двухуровневых измерений.

В качестве эталонно-калибровочного полигона используется территория в районе учебной географической станции «Западная Березина» Белгосуниверситета [3]. Полигон имеет следующее назначение:

– наземное обслуживание белорусских средств аэрокосмических наблюдений в интересах решения хозяйственных и прикладных задач Беларуси, в том числе калибровка аппаратуры ДЗЗ, валидация иконических и параметрических данных ДЗЗ, проведение мониторинговых и синхронных с дистанционными наблюдений земных покровов, проведение трехуровневых экспериментов, планирование экспериментов;

– разработка новых методик дистанционных исследований земных покровов с использованием средств аэрокосмического базирования [4] и повышение надежности дешифрирования данных ДЗЗ;

– обеспечение на коммерческой основе интересующими наземными данными аэрокосмических средств ДЗЗ иной принадлежности;

– проведение совместно с заинтересованными организациями комплексных и многоуровневых экспериментов ДЗЗ.

Выбор полигона основывается на том, что эта станция имеет соответствующую инфраструктуру для обеспечения работ, возможности для ежегодного обновления имеющихся топографических и ландшафтных карт, а также карт растительности, землеустройства, лесоустройства, почвенных и геоморфологических.

Для спектрально-энергетической калибровки разработаны требования к составу калибровочных средств оптического диапазона, периодически проводятся синхронные многоуровневые эксперименты. При этом используются специализированные методики измерений и обработки данных характеристик тестовых участков.

Концепция полигонов ДЗЗ должна учитывать следующие аспекты: результаты анализа современного состояния метрологического обеспечения аппаратуры ДЗЗ; международные требования к проведению контрольно-калибровочных работ; рекомендации о включении в состав ККП тестовых объектов, расположенных на территориях Украины, Беларуси и за рубежом; оптимальные решения по созданию наземной инфраструктуры ККП с учетом возможности использования природных и тестовых объектов международного уровня (СЕОС и др.); методики контрольно-калибровочного обеспечения для определения различия и характеристик спектральных каналов многоспектральной аппаратуры ДЗЗ; результаты анализа калибровки систем ДЗЗ КА «Сич-2» и целевой аппаратуры БКА, а также апробации методик на примере систем ДЗЗ КА «Landsat-5 TM».

4. Методы калибровки и валидации

Минимальный перечень процедур включает калибровку: пространственного разрешения на местности, яркости, геометрических искажений и спектральных характеристик. В работе [5] описан новый метод валидации и созданный в Украине программно-аппаратный комплекс. В работе [6] описаны подходы к валидации моделей классификации гиперспектральных данных. Возможности новых подходов к анализу спектрограмм растительного покрова в задачах природопользования рассмотрены в работе [7]. Постановка задачи оценивания рисков и методы ее решения на основе разнородных геопространственных данных и технологий слияния данных, которые могут быть применены, в частности, к бортовым системам ДЗЗ КА «Сич-2», рассмотрены в [8].

Решению проблем стандартизации калибровочных измерений характеристик систем ДЗЗ и обеспечения достоверности информации способствует создание национального полигона калибровки систем ДЗЗ на базе существующей инфраструктуры НКАУ и сертификации ведомственных полигонов.

Исследования диапазонов покрытия экспериментальными данными возможных диапазонов выходных (бортовых) данных, проведенные авторами на примере спутника Landsat-5 TM, показывают, что в некоторых каналах охват возможного диапазона амплитуд изменения спектральных составляющих не превышает 50 %. Это свидетельствует о существовании проблемы подбора оборудования с требуемыми спектральными характеристиками.

5. Перспективы создания и использования тестовых полигонов

Одной из актуальных задач является разработка базы спектральных излучательно-отражательных характеристик основных естественных и искусственных объектов, методических подходов к апробации и сертификации аэрокосмических технологий для мониторинга стихийных бедствий, методов калибровки бортовых оптических датчиков

ДЗЗ в полете и методов валидации данных ДЗЗ. В состав тестово-калибровочного полигона планируется включить наземную инфраструктуру, программно-технический комплекс моделирования и обработки данных, эксплуатационную, конструкторскую и технологическую документацию, комплект контрольно-измерительной аппаратуры для полевых измерений и метрологическое обеспечение.

Заключение

Развитие полигонных исследований в Украине и Беларуси предполагает: 1) создание и/или обустройство полигонов ДЗЗ, доведение их до уровня международных требований; 2) объединение полигонов ДЗЗ в единую систему получения наземных данных в интересах дистанционных исследований, расширение этой системы на основе привлечения возможностей соседних стран; 3) имплементацию системы полигонов в международную сеть наземных средств калибровки бортовых аэрокосмических сенсоров и валидации дистанционных данных и методик.

Работа выполнена в рамках проекта № Ф41.2/022 «Электронная база спектрально-временных характеристик украинских и белорусских полигонов дистанционного зондирования Земли» при поддержке Государственного фонда фундаментальных исследований Украины, а также НИР Т11К-096 «Разработка методического обеспечения и электронной базы спектрально-временных характеристик украинских и белорусских полигонов дистанционного зондирования Земли» Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

Список литературы

1. Лялько, В.И. Полигоны ДЗЗ Украины и перспективы их использования в системе GEOSS / В.И. Лялько, М.А. Попов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Т. 2, вып. 5. – С. 548–556.
2. Чорний С.В., Яценко В.О. // Матеріали доповідей Другої Всеукраїнської конференції з запрошенням закордонних учасників «Аерокосмічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки» (GEO-UA 2010). – Київ, 2010. – С. 163.
3. Организация подспутникового полигона «Западная Березина» для полетных калибровок съемочных систем космических аппаратов / Л.В. Катковский и [др.] // Космічні спостереження в інтересах сталого розвитку та безпеки : збірник тез. II Всеукраїнськ. конф., Київ, Україна, 14-17 червня 2010 р.– Київ, 2010. – С. 35.
4. Беляев, Б. И. Оптическое дистанционное зондирование / Б. И. Беляев, Л. В. Катковский. – Минск : БГУ, 2006. – 456 с.
5. Modeling and Device Development for Chlorophyll Estimation in Vegetation / V. Yatsenko [et al.] // Advanced in Modeling Agricultural Systems – N. Y. : Springer, 2008. – P. 421–431.
6. Семенив, О.В. Валидация моделей классификации гиперспектральных данных / О.В. Семенив, Ю.В. Шатохина, В.О. Яценко // Проблемы управления и информатики. – 2008. – № 3. – С.113–119.
7. Артюшенко, М.В. Фрактальный анализ спектрограмм растительного покрова в задачах природопользования / М.В. Артюшенко, Л.В. Подгородецкая, А.Д. Федоровский // Доповіді Національної академії наук України. – 2010. – № 8. – С. 113–119.
8. Зельк Я.И. Оценка рисков стихийных бедствий на основе ансамблевой обработки и технологии слияния разнородных геопространственных данных / Н.Н. Куссуль, С.В. Скакун, А.Ю. Шелестов // Космічна наука і технологія. – 2011. – Т. 17, №1. – С. 60–64.