

7. Evolutionary bi-objective optimization of a semi-arid vegetation dynamics model with NDVI and σ^0 satellite data / S. Mangiarotti, P. Mazzega, L. Jarlan // Remote Sensing of Environment. 2008. Vol. 112, iss. 4. P. 1365–1380.

8. Мониторинг зерновых культур на юге Западной Сибири по данным MODIS и ERS-2 / В. М. Брыксин, А. В. Евтюшкин, Г. А. Кочергин, Н. В. Рычкова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2007. Т. 4, № 2. С. 183–188.

References

1. Bouman B. A. M., Uenk D. Crop classification possibilities with radar in ERS-1 and JERS-1 configuration. Remote Sensing of Environment. 1992, vol. 40, Issue 1, pp. 1–13.

2. Blaes X., Vanhalle L., Defourny P. Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series. Remote Sensing of Environment. 2005, vol. 96, Issue 3–4, pp. 352–365.

3. Ulaby F., Allen C., Eger G., Kanemasu E. Relating the microwave backscattering coefficient to leaf area in-

dex. Remote Sensing of Environment. 1984, vol. 14, Issue 1–3, pp. 113–133.

4. B. A. M. Bouman, D. W. G. van Kraalingen, W. Stol and H. J. C. van Leeuwen. An Agroecological Modeling Approach to Explain ERS SAR Radar Backscatter of Agricultural Crops. Remote Sensing of Environment. 1999, Vol. 67, Issue 2, pp. 137–146.

5. Bryksin V. M., Yevtyushkin A. V., Rychkova N. V. Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. 2010, no. 1/2(65), pp. 89–93.

6. Manninen T., Stenberg P., Rautiainen M., Smolander H., Voipio P., Ahola H. Boreal forest LAI retrieval using both optical and microwave data of ENVISAT. Proceedings IGARSS'05 Symposium. Florence, Italy. 2005, Vol. 7, pp. 5033–5036.

7. Mangiarotti S., Mazzega P., Jarlan L., Mougin E., Baup F., Demarty J. Evolutionary bi-objective optimization of a semi-arid vegetation dynamics model with NDVI and σ^0 satellite data. Remote Sensing of Environment. 2008, V.112. Issue 4, pp.1365–1380.

8. Bryksin V. M., Yevtyushkin A. V., Kochergin G. A., Rychkova N. V. Sovremennye problemy dstantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2007, Vol. 4, no. 2, pp. 183–188.

© Евтюшкин А. В., Брыксин В. М., Рычкова Н. В., 2013

УДК 004

БАЗОВЫЕ ПРОДУКТЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ОСНОВЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ

М. А. Гусев¹, П. В. Денисов¹, И. И. Кирбижекова², А. В. Дмитриев²

¹Научный центр оперативного мониторинга Земли ОАО «Российские космические системы» Россия, 127490, Москва, ул. Декабристов, 51/25. E-mail: gusev_ma@ntsomz.ru

²Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8. E-mail: kirbizhekova@bk.ru

Представлены результаты работ по созданию в НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы» Банка базовых продуктов ДЗЗ в части радиолокационной информации. Приведены примеры продуктов, технологический цикл создания которых реализован в 2012 г. Представлены планы по дальнейшему развитию технологий.

Ключевые слова: банк базовых продуктов, дистанционное зондирование, потоковая обработка данных, РСА.

EARTH OBSERVATION ON SAR-DATA BASIC PRODUCTS

M. A. Gusev¹, P. V. Denisov¹, I. I. Kirbizhekova², A. V. Dmitriev²

¹Research Center for Earth Operative Monitoring of JSC “Russian Space Systems” 51/25 Dekabristov st., Moscow, 127490, Russia. E-mail: gusev_ma@ntsomz.ru

²Institute of Physical Material Science of Russian academy of Science, Siberian Branch 8 Sakhyanova st., Ulan-Ude, 670047, Russia. E-mail: kirbizhekova@bk.ru

This article presents the results of work on the creation of the data bank of basic products on SAR-data in Research Center for Earth Operative Monitoring of JSC “Russian Space Systems”. The article contains examples of products with technological cycle of production implemented in 2012, and plans for the further development of technologies.

Keywords: Basic products, data bank, remote sensing, stream processing, SAR.

В рамках реализации Федеральной космической программы России на период 2006–2015 гг. в НЦ ОМЗ ОАО «Российские космические системы» осуществляется разработка технологий формирования и ведения банка базовых продуктов ДЗЗ межведомственного использования (Банка БП). Основная задача нового сервиса Оператора – обеспечение российских потребителей информационными продуктами ДЗЗ – решается путем автоматизированного потокового создания, хранения и распространения БП.

БП предназначены для решения тематических задач природно-ресурсного и экологического мониторинга в ведомственных и региональных информационно-аналитических центрах. В качестве исходной информации для создания БП выступают как данные оптического диапазона, так и данные радиолокационного наблюдения.

В силу особенностей метеобстановки и условий освещенности на значительной части территории Российской Федерации затруднительно использование оптических систем для создания большинства видов информационных продуктов ДЗЗ. Возможность проведения радиолокационной съемки вне зависимости от указанных факторов позволяет получать информацию о состоянии подстилающей поверхности и ее изменениях в пространстве и времени с высокой оперативностью по всей территории и делает БП на основе радиолокационной информации (БПР) незаменимым инструментом для организации всепогодного и круглосуточного мониторинга.

С 2011 г. в НЦ ОМЗ проводятся работы по созданию опережающего задела в области обработки информации с перспективных российских космических комплексов радиолокационного наблюдения. В сотрудничестве с ведущими научными и производст-

венными организациями разработаны пилотные технологии автоматизированного создания БП на основе радиолокационной информации (БПР).

Номенклатура БПР отвечает следующим направлениям целевого применения – сельское и лесное хозяйство, морская среда, чрезвычайные ситуации, экология. Отработка технологий проводится с использованием данных зарубежных систем ДЗЗ, в их числе ENVISAT, RADASAT-1/2, ALOS.

БПР, отражающие состояние подстилающей поверхности. Одной из типичных задач ДЗЗ является получение информации о состоянии подстилающей поверхности в заданный момент времени. Для этого предназначены карты типов поверхности на основе радиолокационных данных, полученных в режиме одновременной регистрации двух поляризаций (HH, HV) отраженного сигнала. К настоящему времени реализованы технологии получения трех разновидностей данного БПР в виде композитных изображений, имеющих разную изобразительную способность. Их отличие – в составе RGB-каналов. В двух каналах располагаются амплитудные HH- и HV-радиолокационные изображения, третий канал формируется по одной из трех схем: а) $\arctg(HH/HV)$; б) $(HH - HV) / (HH + HV)$; в) HH-HV. Выбор конкретного типа осуществляется экспертом в зависимости от поставленных задач дальнейшей тематической обработки.

На данном виде БПР уверенно дешифрируются границы залесенных территорий, различные по составу участки леса, безлесные территории с различной степенью шероховатости поверхности, разнородные сельскохозяйственные угодья. В качестве примера на рис. 1 представлена карта типов поверхности на основе данных Radarsat-2 по территории республики Бурятия.



Рис. 1. Карта типов поверхности на основе данных Radarsat-2

БПР, отражающие изменение подстилающей поверхности во времени. Важным достоинством радиолокационных изображений является возможность автоматизированного выделения по ним изменений подстилающей поверхности, произошедших между двумя съемками. Соответствующий вид БПР – карты изменений – позволяют дешифровать изменения, связанные с появлением/ликвидацией или изменением размеров полигонов ТБО, вырубок леса, лесными пожарами, проведением строительных работ, природным и техногенным воздействием на подстилающую поверхность, в том числе в результате чрезвычайных ситуаций, осуществлением сельскохозяйственной деятельности и вегетацией растений. Карты изменений создаются на основе двух амплитудных радиолокационных изображений, полученных на одной поляризации излучения, в виде композитного RGB-изображения со следующим составом каналов – $R:A2$, $G:(A1/A2)^2$, $B:A1$, где $A1$, $A2$ – амплитуды радиолокационных изображений за предпоследнюю и последнюю даты, соответственно.

БПР, отражающие состояние водной поверхности. Целесообразно выделить БПР, которые являются наиболее информативными при мониторинге состояния водной поверхности – карты сликов (пленочных загрязнений), карты подтоплений и карты состояния ледяного покрова.

При проведении мониторинга районов судоходства с использованием периодически получаемых карт сликов появляется, например, возможность оперативного выявления нефтеналивных судов, производящих нелегальную промывку танков и сброс загрязняющих веществ в воду. Карта сликов представляет из себя радиолокационное изображение водной поверхности с выделенными цветом областями минимального отражения радиолокационного сигнала (вероятные пленочные загрязнения) и бинарной маски, в которой

данным областям соответствуют максимальные, а окружающему фону – минимальные значения яркости пикселей.

Карты подтоплений являются четвертой разновидностью карт изменений и создаются на основе тех же исходных данных в виде RGB-изображения – $R:A2$, $G:A2$, $B:A1$, где $A1$, $A2$ – амплитуды радиолокационных изображений за предпоследнюю и последнюю даты, соответственно. Особенностью данного алгоритма формирования композитного изображения является отображение водных поверхностей на результирующем изображении оттенками синего цвета, что облегчает визуальное восприятие и дальнейшее дешифрирование специалистом предметной области. На рис. 2 представлена карта изменений, полученная на основе данных ASAR/ENVISAT по территории Алтайского края (г. Бийск). На данном БПР отчетливо дешифрируются территории, подтопленные в результате сильного паводка на реке Бия в мае 2006 г.

Карты состояния ледяного покрова представлены в виде RGB-изображений, в каналах которых размещены амплитудные радиолокационные изображения за последние 3 даты съемок. Данный вид БПР позволяет получать информацию о границах, характеристиках (возраст, сплоченность и т. д.) и динамике ледяного покрова. Это свойство крайне важно для обеспечения безопасности при навигации речных и морских судов, особенно, по Северному морскому пути. В виду зависимости проникающей способности радиоволн от их длины наибольшую информативность в данном случае имеют БПР, созданные на основе данных длинноволновых радиолокаторов (S-, L-, P-диапазонов).



Рис. 2. Карта подтоплений на основе данных ASAR/ENVISAT

В 2013 г. планируется провести работы по расширению номенклатуры БПР за счет автоматизации процесса классификации методом Клода-Поттье (Н-а-а-классификация). В настоящее время это один из наиболее эффективных методов классификации природных и искусственных объектов, использующий поляриметрические данные. Также принято решение о доработке технологий создания БПР на основе данных итальянской системы Cosmo-SkyMed как ближайшего аналога перспективного российского комплекса радиолокационного наблюдения «Обзор-Р» [1–5].

Библиографические ссылки

1. Банк базовых продуктов наблюдения Земли – геоинформационный сервис для регионов России / Селин В.А. [и др.] // Инноватор : межрегиональный журн. 2012. № 3 (13). С. 24–25.
2. Урличич Ю., Селин В., Емельянов К. О приоритетах практической реализации развития космической системы дистанционного зондирования Земли // Аэро-космический курьер: информ.-аналит. журн. 2012. № 6 (78). С. 15–21.
3. Костюк Е. А., Веремчук Ю. А., Денисов П. В. Перспективные технологии обработки космической радиолокационной информации в НКПОР оператора КС ДЗЗ / Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий : тр. IV Всерос. науч.-техн. конф. (15–17 июня 2011). 2012. С. 152–156.

4. Захаров А. И., Яковлев О. И., Смирнов В. М. Спутниковый мониторинг Земли: Радиолокационное зондирование поверхности. М. : КРАСАНД, 2012.

5. Кирбижекова И. И., Батуева Е. В., Дарижапов Д. Д. Н-А-а-классификация данных ALOS по дельте реки Селенга / Известия высших учебных заведений. Физика. 2010. № 9/2.

References

1. Selin V. A. [i dr.]. Jurnal «Innovator». Ulan-Ude, 2012, № 3 (13), pp. 24-25
2. Urlichich Yu., Selin V., Emelyanov K. Jurnal «Aerokosmichesky kuryer», Moscow, 2012, № 6 (78), pp. 15-21.
3. Kostyuk E. A., Veremchuk Yu. A., Denisov P. V. Trudy IV Vserossyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii “Aktualnye problemy raketno-kosmicheskogo priborostroyeniya i informatsionnykh tekhnology” (Proceedings of the 4th International Scientific Conference "Actual problems of missile-kosmieskogo instrumentation and information technology"). 15-17 July 2011. Moscow, 2012, pp. 152-156.
4. Zakharov A. I., Yakovlev O. I., Smirnov V. M. Sputnikovy monitoring Zemli: Radiolokatsionnoye zondirovaniye poverkhnosti (Satellite monitoring of the Earth: the radar sensing surface). Moscow, 2012, p. 248.
5. Kirbizhekova I. I., Batuyeva Ye. V., Darizhapov D. D. Jurnal “Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeny. Fizika” Tomsk, 2010.

© Гусев М. А., Денисов П. В., Кирбижекова И. И., Дмитриев А. В., 2013

УДК 629.78; 630.52:587/588

ЗОНДИРОВАНИЕ ЛЕСНОГО ПОКРОВА ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ ИМПУЛЬСНЫМИ ЛАЗЕРАМИ И ЦИФРОВЫМИ АЭРО- И КОСМИЧЕСКИМИ ФОТОАППАРАТАМИ СВЕРХВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ: ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ В СИБИРИ

А. И. Данилин¹, И. М. Данилин^{1,2}, Д. А. Свищев³

¹Институт леса имени В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук
Россия, 660036, Красноярск, ул. Академгородок, 50/28. E-mail: danil_kr@mail.ru

²Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М. Ф. Решетнева
Россия, 660014, Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31. E-mail: danilin@ksc.krasn.ru

³Восточно-Сибирский филиал Федерального государственного
унитарного предприятия «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект»
Россия, 660062, Красноярск, ул. Н. К. Крупской, 42. E-mail: lespres@post.kts.ru

Обсуждаются результаты исследований по использованию данных высокочастотной импульсной лазерной локации и цифровой аэро- и космической съемки сверхвысокого разрешения для целей таксации и мониторинга лесов в Красноярском крае в 2012 г. По данным воздушного лазерного сканирования, аэро- и космической съемки сверхвысокого разрешения и наземных измерений на пробных площадях, составлен цифровой план лесных насаждений опытного полигона. Разработаны и переданы в ФГУП «Рослесинфорг» для расширенной производственной апробации методические рекомендации по использованию воздушной лазерной и цифровой аэро- и космической съемки для целей таксации и мониторинга лесов в лесном фонде Российской Федерации. Обоснована необходимость продолжения исследований в части изучения возможностей интегрирования данных оптических сенсоров с радарами с синтезированной апертурой, разработки программных модулей автоматизированной обработки мультисенсорных данных дистанционного зондирования леса.

Ключевые слова: высокочастотная импульсная лазерная локация, цифровая аэро- и космическая съемка сверхвысокого разрешения, таксация и мониторинг лесов, Красноярский край.