

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗНОВРЕМЕННЫХ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ НА МЕСТНОСТИ

Л. А. Белозерский, Н. И. Мурашко, Л. В. Орешкина

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

e-mail: murnic@mail.ru, laura_or@tut.by

На основании результатов проводимых разработок автоматических программно-информационных систем поддержки мониторинга по изменениям состояний наземных объектов выявлены проблемы использования спутниковых снимков, полученных российским космическим аппаратом «Канопус-В» и белорусским космическим аппаратом, – основных источников информации дистанционного зондирования Земли. Рассматриваются пути преодоления проблем и перспективы совершенствования различных сторон комплекса задач.

Ключевые слова: система поддержки мониторинга; спектрзональные изображения; геодезическая привязка; периодичность съемки.

PROBLEMS OF USING MULTI-TEMPORAL SATELLITE IMAGES IN THE TASK OF AUTOMATIC CHANGES DETECTION OF EARTH SURFACE

L. A. Belazerski, N. I. Murashko, L. V. Areshkina

United Institute of Informatics Problems of NAS

Minsk, Belarus

The data of satellite constellation Canopus-B and Belarusian spacecraft are the main source of information for Earth remote sensing tasks of state changes of ground facilities. Problems of using satellite imagery Canopus-B and BSA by the results of carried out research of automatic program-monitoring information support system are analyzed. Ways to overcome the problems and prospects for improving of the various parties the related tasks complex are considered.

Keywords: system of monitoring support; multispectral images; geodetic connection; periodicity of satellite imaging.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка программно-информационных систем автоматического обнаружения наземных изменений по данным спутникового дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) обычно ориентируется на полную автоматизацию всего поля операций темати-

ческих преобразований изображений разновременной съемки. Соответствующий процесс должен начинаться с автоматического входного контроля изображений, получаемых от наземного сегмента съемки, и заканчиваться представлением подготовленного отчета по характеристикам обнаруженных изменений. В реализации автоматически выполняемых составляющих этого процесса невозможно не учитывать особенностей съемки, обусловливаемых конструкцией космического сегмента дистанционного зондирования Земли и первичной обработки данных, осуществляемой наземным сегментом. В ряде случаев отдельные из упоминаемых особенностей составляют проблемы автоматизации, преодоление которых требует значительных усилий, поиска новых решений. Но иногда они обнаруживают и неустранимые недостатки, препятствующие достижению требуемого результата. Подобные ситуации возникают при тематической обработке данных съемки космическими аппаратами «Канопус-В» и белорусским космическим аппаратом (БКА).

ПРОБЛЕМА ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ПРИВЯЗКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Одна из основополагающих характеристик спутниковой съемки, определяющей ее применимость в поиске обнаруживаемых объектов на земной поверхности, – точность топографической привязки многоспектральных изображений, получаемых в их первичной обработке уровня В [1]. Отсутствие данных об упомянутой точности в их составе приводит к невозможности обоснования ряда применений программно-информационных систем.

Исследование точностных характеристик и реализация технологии фотограмметрической обработки снимков, полученных космическими аппаратами «Канопус-В» и белорусским космическим аппаратом, выполнены в геоинформационном агентстве «Иннотер» [2, с. 564–589]. Было показано, что среднеквадратическая ошибка привязки применительно к ситуации отсутствия опорных точек (уравнивание по предложенным RPC коэффициентам) достигает 62 м при средней систематической погрешности геодезической привязки микрокадров 17,83 м. Другие источники [3] утверждают, что оптимистическая оценка этой ошибки составляет не менее 60 м, т. е. максимальная ошибка от съемки к съемке может колебаться как минимум в пределах ± 180 м. Пространственная разрешающая способность используемых средств дистанционного зондирования Земли составляет 2,1 м для панхроматического и 10,5 м – для спектрально-нальных снимков.

Более того, в отличие от зарубежных аналогов взаимные привязки панхроматических и спектрально-нальных изображений одной съемки (преимущественно для БКА) не совпадают. Эти отличия, по опыту рассмотрения сопровождающих файлов снимков, чаще всего не превышают 10–12 м. В отдельных случаях встречаются и серьезные отклонения в большую сторону. Так, для съемки 09.09.2013 г. разница привязок составляла более 1 км, что было признано ошибкой обработки. Однако такая же ситуация повторилась (съемка 09.08.2015 г.). Здесь, в частности, были обнаружены отличия по координате X – 11192 м, а по координате Y – 4164 м. Вопреки этому в приведенном случае панхроматическое и спектрально-нальные изображения совпадали по отображаемой местности, не подтверждая такого рода отличий. Это значит, что в сложившейся ситуации (больших отклонений при отсутствии знаний о точности сопровождающей топографической привязки), во-первых, невозможно отдать предпочтение какому-либо из сопоставляемых изображений как более точному; во-вторых, нет уверенности,

что упомянутые выше незначительные отклонения – это ошибочные значения, реально имеющие более существенные значения.

Проблему ограничения в точности привязок усугубляют различия размеров информационных частей панхроматического и спектрозональных изображений «Канопус-В» и белорусским космическим аппаратом. Источник их – отличия полос захвата указанных съемок (23 и 20 км). В результате такой особенности приходится отказаться от традиционного использования панхроматического изображения как ведущего во всей тематической обработке с его преимуществом в разрешающей способности. Причина – невозможность как контроля охвата съемкой заданного участка, так и выделения области повышенного внимания при мониторинге, реплицируемой на спектрозональные изображения той же съемки.

ПРОБЛЕМА ПЕРИОДИЧНОСТИ НАБЛЮДЕНИЯ

Очередным препятствием в реализации автоматических программно-информационных систем поддержки мониторинга является период повторного наблюдения каждого из спутников, который хотя бы составляет 15 суток [2]. Для незначительного количества безоблачных дней, обусловливаемых климатическими особенностями районов мониторинга, это оказывается критичным для съемки в надир. Поэтому даже использованию существенных углов отклонения от этого положения, как показывает практика работы с рассматриваемыми спутниками, соответствует настолько низкая периодичность съемки одного и того же района, что имеющиеся опорные данные для обнаружения изменений по разновременной съемке устаревают. С одной стороны, это происходит в силу большого числа естественных антропогенных изменений за время между ними. С другой стороны, стареют опорные данные в связи с тем, что интересующие изменения, контролируемые программно-информационной системой, могут оказаться давно произошедшими и уже известными из наземных источников.

Кроме того, вынужденное таким образом отличие углов съемки от положения в надир ведет к увеличению помех в решении задачи сопоставления разновременных изображений, заставляющих повышать порог для снижения уровня ложных тревог, что, в свою очередь, ведет к пропускам действительных изменений.

Считается [3], что использование группировки «Канопус-В» и белорусским космическим аппаратом может обеспечивать снижение приведенной выше периодичности. Практически – это редкое явление.

Решение проблемы, связанной с различием полос захвата земной поверхности панхроматической и спектрозональных съемок, наиболее просто достигается отказом от ведущей роли панхроматического изображения в пользу одного из спектрозональных изображений. На этой основе исключаются затруднения в проведении:

- входного контроля степени охвата съемкой заданного участка мониторинга;
- аппроксимации области мониторинга и репликации ее на другие изображения одной съемки и все изображения последующих съемок [4].

ПРОБЛЕМЫ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Серьезное препятствие в реализации заключительной стадии тематической обработки данных «Канопус-В» и белорусским космическим аппаратом в составе программно-информационных систем, ориентированной на классификацию изменений,

представляют снимки в виде так называемых «сырых значений» яркости DN (Digital Number). В таком формате страдает корректность сопоставления отличающихся по времени пар одновременных съемок. Особенно наглядно рассматриваемый недостаток отражает несопоставимость изменений во времени, например такого параметра, как нормализованный вегетационный индекс, определяемый по двум парам съемок одного и того же участка земной поверхности. Отличающиеся в результате отсутствия радиометрической калибровки диапазоны зарегистрированных яркостей опорных изображений каждой из указанных пар окажутся причиной ложных несовпадений или отличий, в то время как в паре изображений, более поздней по времени съемки, эти изменения должны были бы совпадать или иметь противоположный знак.

Из рассмотренных проблем нерешенными остаются:

- неопределенность ошибок топографической привязки изображений по данным съемок рассматриваемых космическим аппаратом, если они не только неизвестны и не сопровождают материалы первичной обработки, но и достигают иногда недопустимо больших величин;
- низкая периодичность космических съемок;
- отсутствие радиометрической калибровки шкал яркостей.

Конечно, в первом случае выходом из создавшегося положения можно считать традиционное использование опорных точек, привязанных с достаточной точностью к местности участков мониторинга, входящих в зону ответственности создаваемой программно-информационной системы автоматического обнаружения наземных изменений. Однако, к сожалению, часто отображаемая местность оказывается непригодна для их топопривязки по всей отображаемой площади (отсутствие характерных мест для расстановки, наземной недоступности их, расположение участка за государственной границей и т. п.). Отсюда единственный способ преодоления рассмотренной проблемы – существенное снижение ошибок привязки изображений в процессе первичной обработки их в наземном сегменте спутниковой съемки. При этом считается [3], что при использовании геометрической калибровки орбитальных данных возможно достижение точности в 1–2 пикселя.

Если же капитальная проблема тем или иным способом решена, то грубые ошибки привязки спектрозональных изображений могут быть устранены введением в цикл обработки их ко-регистрации с панхроматическим изображением той же съемки. Обычно такой методический прием используется для одновременных изображений, но в этом случае вынужденно приходится пользоваться им и здесь.

Во втором случае радикальный путь снятия проблем большой периодичности съемок, неблагоприятных климатических условий и отклонений от съемок в надир – разработка систем, состоящих из большого числа однотипных спутников глобального обзора.

В третьем случае (отсутствие радиометрической калибровки) преодоления проблемы можно добиваться путем обеспечения постоянства калибровки. Для этого потребуется любое полученное изображение сводить по контрасту и яркости с предшествующим, прежде чем его использовать в качестве опорного. Что же касается отличий от истинных получаемых при этом значений упомянутого вегетационного индекса, то их следует корректировать вручную. Однако в целом это сопряжено с постоянной работой по подбору эталонной съемки. Кроме того, нельзя не учитывать, что некоторая ошибка, скорее всего незначительная, всегда будет характерна для такого подхода, т. е. радиометрическая калибровка остается актуальной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если в создании программно-информационных систем поддержки мониторинга изменений наземных объектов ориентироваться на автоматизацию, то большая часть проблем, возникающих при использовании информации дистанционного зондирования Земли спутников «Канопус-В» и белорусским космическим аппаратом, может быть снята за счет применения реально возможных дополнительных мер. К нерешаемым проблемам пока относят:

- низкую точность привязки изображений первичной обработки уровня В, на повышение которой можно надеяться в неотдаленной перспективе;
- низкую периодичность съемок, снижение которой может быть рассчитано на отдаленную перспективу развития средств дистанционного зондирования Земли в направлении применения больших группировок однотипных спутников глобального обзора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы М. : Техносфера, 2008. 312 с.
2. Роберт А. Шовенгердт. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М. : Техносфера, 2013. 582 с.
3. Проблемные вопросы организации высокоточной геодезической привязки целевой информации от КА «Метеор-М» № 2 / Ермаков В. А. [и др.] // Актуальные проблемы создания космических систем дистанционного зондирования Земли / ОАО «Корпорация ВНИИЭМ» : тезисы докл. на третьей международной НТК М., 2015. С. 133–134.
4. Белозерский Л. А., Орешкина Л. В. Возможности аппроксимации дискретного описания области спутникового мониторинга земной поверхности // Проблемы управления и информатики. 2016. № 2. С. 1–9.