

Д.Б. Никольский (Компания «Совзонд»)

В 2004 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «исследование природных ресурсов авиакосмическими средствами». С 2007 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время – специалист по обработке радиолокационных данных.

Передовые направления в обработке и применении радиолокационных данных

В настоящее время происходит активное развитие различных направлений и методик обработки радиолокационных данных (SAR-данных), причем большое число из них еще находится на экспериментальном, и даже на теоретическом уровнях. Рассмотрим наиболее перспективные из них с точки зрения практического использования.

1. SAR-данные – как пространственная основа.

Упор делается на минимизацию времени, проходящем между размещением заказа и поставкой данных заказчику. Причем речь идет как об изображениях (исправленных геометрически и радиометрически), так и о готовой конечной картографической продукции, такой как: топографические, ситуационные и тематические карты, карты изменений местности (в большей степени двухмерные). Изучение вертикальных просядок и подвижек является отдельным направлением. При этом обработка радиолокационных данных максимально автоматизируется (в первую очередь, в области выявления изменений на местности – change detection), что позволяет существенно сократить сроки предоставления готовой продукции. Таким образом, заказчик может получить обработанные актуальные данные и созданную по ним картографическую продукцию в сжатые сроки – в течение нескольких дней.

2. Измерение высот объектов местности, построение высокоточных ЦММ. Для решения этих задач используется радиолокационная интер-

ферометрия. Классическая методика интерферометрической обработки подразумевает использование данных, полученных при некоторых значениях базовых линий и, как правило, через определенный промежуток времени. Для достижения высокой точности, а также обеспечения полноты результирующей интерферограммы наиболее эффективно применение однопроходной интерферометрической съемки, которую практически невозможно реализовать для космических систем. В связи с этим разработчиками комплекса TerraSAR-X – TanDEM-X была предложена уникальная система из двух спутников, работающих в бистатическом режиме, которые будут вести однопроходную интерферометрическую съемку.

Для самолетных систем развивается другое направление – интерферометрия при различных значениях базовых линий (multi baseline interferometry). По сути, обрабатываются матрицы данных с различными базовыми линиями, что позволяет работать на высокодетальном уровне. Другая методика, подразумевающая использование серий интерферометрических изображений (минимум при двух базовых линиях), будет реализована в проекте TerraSAR-X – TanDEM-X. Также следует отметить, что для интерферометрической обработки данных сверхвысокого разрешения используются несколько отличные алгоритмы, чем при работе с данными среднего разрешения. В новой версии программного модуля



Рис. 1.
Иллюстрация методики SAR-tomography, представленная в среде GoogleEarth (цвет точек соответствует высотам объектов на местности)

SARscape (ПК ENVI), предлагаемого компанией «Совзонд», такая поддержка уже реализована.

Наряду с описанными методиками существует методика определения высот объектов на радиолокационных изображениях, которая называется SAR-tomography (рис. 1). Ее сущность заключается в определении высот объектов по серии изображений (около 5) и по одним и тем же объектам – отража-

телям (наподобие методики Persistent Scatterers). Используя данный метод, можно получить точные высоты объектов (как правило, объекты городской или промышленной застройки), но не цифровую модель местности.

3. Мониторинг деформаций различных объектов, выявление просадок. Методика определения просадок земной поверхности и сооружений на ней, основанная на совместном выявлении постоянных объектов (отражателей) на большой серии снимков (Persistent Scatterers), стала активно применяться относительно недавно. Причем для обработки использовались только снимки среднего пространственного разрешения. С появлением данных нового поколения с разрешением 1-3 м данная методика получила дальнейшее развитие, так как высокое разрешение обеспечивает на порядок большее количество объектов (отражателей) на 1 км², по которым выполняется определение величин деформаций, чем для данных среднего разрешения. Описанная методика развивается и в другом направлении: в целом принцип обработки остается неизменным, но объекты обработки (отражатели) выбираются на основе значений их когерентности (Coherence Scatterers).

Классическая дифференциальная интерферомет-

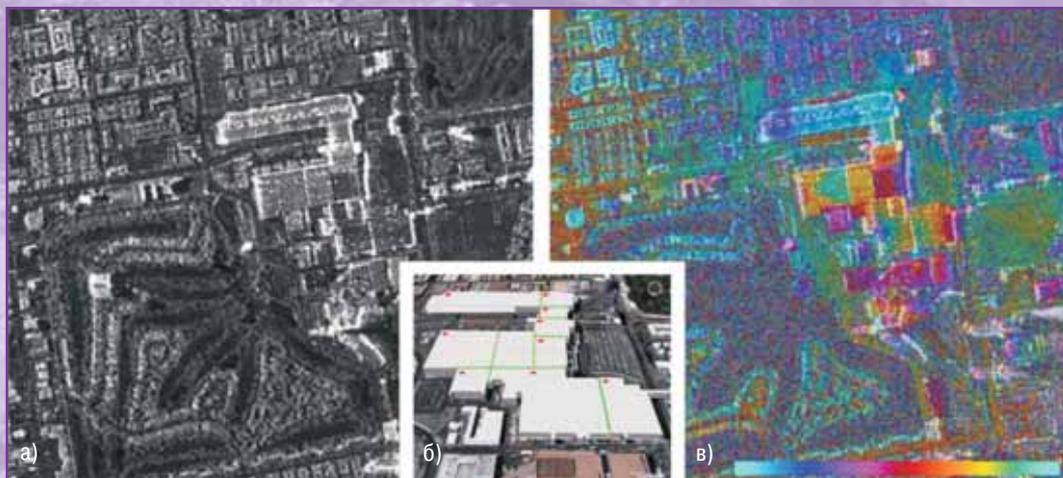


Рис. 2.
Пример мониторинга деформаций здания конгресс-центра (Лас-Вегас, США): а) амплитудное изображение; б) модель исследуемого здания; в) интерферограмма

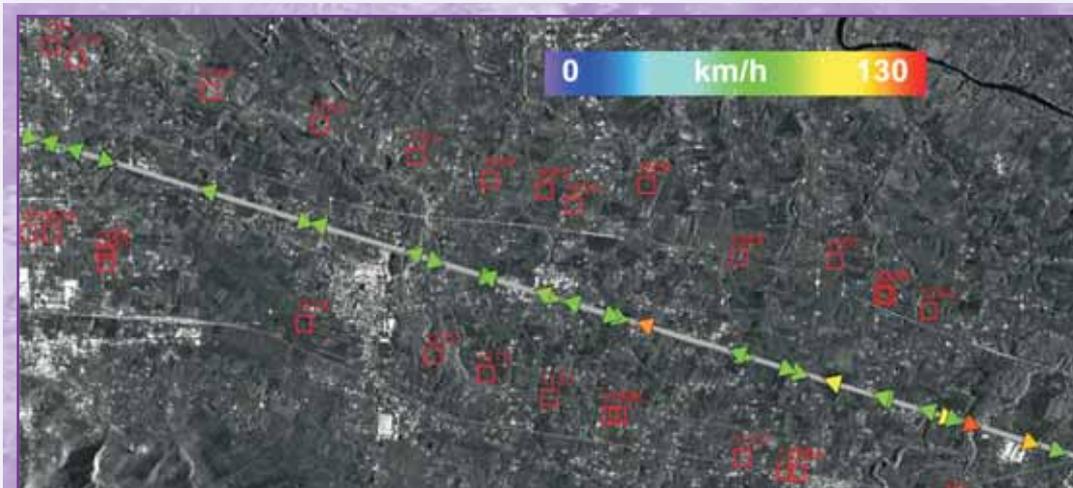


Рис. 3.

Графическое представление методики определения скоростей автомобилей по данным TerraSAR-X в экспериментальном режиме съемки DRA

рия также остается актуальной для данных сверхвысокого разрешения. Изменения коснулись масштабов обработки: появилась возможность исследовать деформации отдельных крупных сооружений. На рис. 2 приведен пример мониторинга деформаций здания конгресс-центра (Лас-Вегас, США) по данным TerraSAR-X, выполненным в режиме съемки SpotLight. На интерферограмме (рис. 2), полученной за 44 дня, видны вертикальные смещения – одна цветовая полоса соответствует величине смещения в 1,55 см.

4. Определение скорости быстро движущихся объектов. По радиолокационным спутниковым данным можно уверенно определять скорость быстро движущихся объектов, например, автомобилей. Для этого используется методика – интерферометрия вдоль орбиты (Along-track Interferometry). Интерферометрическая пара представляет собой два изображения, полученных с одной орбиты, но с различными фазовыми центрами. Для отработки алгоритма использовались данные TerraSAR-X экспериментального режима Dual-Receive Antenna (DRA), при котором «разделение» на две субантенны (поддержка такого режима есть и у спутника Radarsat-2) позволяет получить два фазовых центра. В данном

случае определяющей является временная базовая линия, составляющая миллисекунды или секунды. Полученные изображения обрабатываются совместно. Так как имеется задержка во времени и объекты движутся со значительной скоростью, появляется возможность получить смещение этих объектов относительно их реального положения и направления движения, которое определяет скорость (методика основана на доплеровском смещении). На рис. 3 приведен пример, иллюстрирующий данную методику. Цветные стрелки на трассе показывают скорость и направление движения, а красные квадраты обозначают автомобили, по которым, собственно, и определяется скорость.

5. Поляриметрическая интерферометрия (Pol-inSAR). Использование поляриметрических данных в настоящее время развито достаточно хорошо. Одна из главных тенденций в этой области касается интерферометрических многополяризационных данных, причем акценты в использовании данных такого типа в последнее время изменились. Если раньше поляриметрические данные применялись для интерферометрии с целью оптимизации и улучшения значений когерентности, то теперь основным направлением является исследование рас-

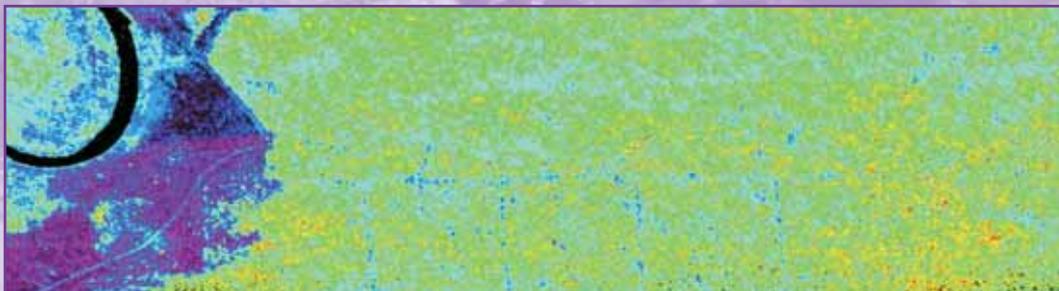


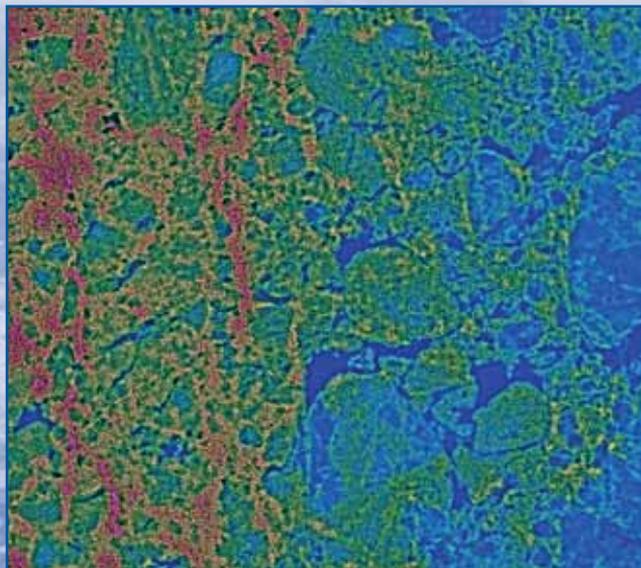
Рис. 4.
Карта (картограмма) высот растительности, построенная по данным интерферометрической многополяризационной съемки системой E-SAR в L-диапазоне

тительного покрова, в частности, определение высот деревьев. Комбинация интерферометрических и поляриметрических данных позволяет извлечь информацию о вертикальной структуре лесного покрова. На рис. 4 приведена карта с высотами растительного покрова. Описанная методика уже отработана на самолетных радиолокационных данных, а ее реализация на основе спутниковой съемки еще исследуется.

В статье рассмотрен только ряд наиболее интересных новых направлений применения радиолока-

ционных данных. В действительности возможных прикладных направлений гораздо больше. Так как данная отрасль развивается достаточно активно, в дальнейшем число сфер деятельности и объем конкретных задач, решаемых по данным дистанционного зондирования Земли в радиодиапазоне, будет только увеличиваться.

При подготовке статьи использованы материалы VII Европейской конференции, посвященной радиолокации с синтезированной апертурой EUSAR 2008 (2-5 июня 2008 г., Фридрихсхафен, Германия).



Буровая морская платформа, окруженная льдами. ALOS PALSAR, режим съемки FBS. Пространственное разрешение – 7 м. Сахалин, 2008 г.