

Д.Б. Никольский (Компания «Совзонд»)

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

Области применения радиолокационных данных

Радиолокационные данные находят применение в различных областях, причем появление новых космических радиолокационных комплексов постоянно расширяет области применения SAR-данных. Рассмотрим преимущества использования радиолокационных данных при решении конкретных задач.

Создание и обновление топографических и тематических карт различных масштабов. Несмотря на то, что радиолокационные данные уступают по изобразительным свойствам снимкам в оптическом диапазоне, они обладают важным преимуществом – возможностью съемки вне зависимости от освещенности и метеоусловий. Поэтому при создании и обновлении топографических и тематических карт различных масштабов, в срочных случаях, радиолокационные данные являются востребованными и незаменимыми.

Построение высокоточных цифровых моделей местности. Интерферометрическая обработка радиолокационных данных позволяет получать цифровые модели местности для любых территорий, причем с высокой точностью (до нескольких метров по высоте), что является важным, так как актуальная информация о рельефе необходима для решения большого числа задач, от ортотрансформирования космических изображений до создания трехмерных моделей местности (рис. 1).

Мониторинг экологической обстановки водных поверхностей. Радиолокационные данные позволяют обнаруживать пространственное положение нефтяных разливов на различных водоемах (рис. 2), так как нефтяная пленка сглаживает обычно беспокойную водную поверхность и, как следствие, изображе-

ния этих участков морской и речной водной поверхности получают высококонтрастными.

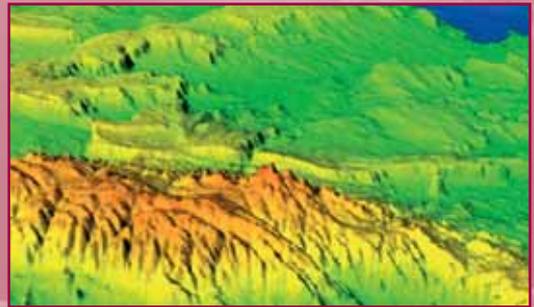


Рис. 1. Фрагмент трехмерной модели местности, построенной по данным ALOS/PALSAR



Рис. 2. Радиолокационное поляриметрическое изображение с четкими нефтяными разливами в акватории (TerraSAR-X)



Рис. 3.
Фрагмент карты оценки разрушений, произошедших в результате землетрясения, на основе данных TerraSAR-X



Рис. 4.
Карта с выявленными площадями вероятного затопления в результате паводка на основе данных с КА TerraSAR-X



Рис. 5.
Мультивременное композитное изображение, демонстрирующее различное состояние сельскохозяйственных угодий (Radarsat-1, разрешение 25 м)

Оценка ущерба при чрезвычайных ситуациях.

При возникновении каких-либо чрезвычайных ситуаций важным является максимальная скорость получения

пространственной информации о районе бедствия. Такую информацию, независимо от погодных и климатических условий, обеспечивают данные радиолокационной съемки (рис. 3). Помимо этого, ряд приложений позволяет прогнозировать возникновение тех или иных чрезвычайных ситуаций.

Мониторинг вертикальных смещений на территории нефтяных и газовых месторождений. Дифференциальная радиолокационная интерферометрия позволяет получать уникальные данные о просадках земной поверхности с высокой точностью, что является альтернативой дорогостоящим и трудозатратным наземным геодезическим измерениям.

Решение геологических задач. Радиолокационные данные являются ценным источником информации для геологов, так как они хорошо подчеркивают структурность поверхности, тем самым, отображая основные элементы рельефа местности. Также следует отметить, что для решения большого класса геологических задач активно используются результаты интерферометрической обработки изображений.

Мониторинг состояния лесных массивов. Радиолокационные данные, особенно получаемые при нескольких поляризациях, позволяют выделять площади лесных массивов, выявлять вырубку и гари, проводить оценочную классификацию лесов по составу пород и по высоте древостоев.

Предупреждение паводков. Радиолокационные данные и результаты их обработки успешно используются для выявления опасных в паводковом отношении районов. По картографической основе, получаемой по амплитудным изображениям, и данным о рельефе местности, определяемым по фазовым характеристикам снимка, проводится оценка площади вероятного затопления местности при оценке паводков (рис. 4).

Оценка состояния сельскохозяйственных угодий. Для этих целей радиолокационные данные применяются достаточно активно, так как изменения в состоянии полей/посевов существенно сказываются на изменении их отражательных свойств и четко прослеживаются на снимках (рис. 5). Наряду с этим, различные типы сельскохозяйственных культур по разному отображаются на поляриметрических изображениях, тем самым позволяя выполнять их дешифрирование по эталонам.

Мониторинг городской инфраструктуры. Данный тип задач предусматривает оценку стабильности

планового и высотного положения различных объектов и инженерных сооружений на территории городов. Речь идет, в первую очередь, о выявлении вертикальных просадок зданий, эстакад, мостовых, тоннельных сооружений и т. д. Для этих целей наибольшую эффективность обеспечивает использование методики Persistent Scatterers.

Проведение видовой разведки. Современные космические радиолокационные системы позволяют получать изображения с разрешением, сходным с оптическими снимками, и для обнаружения некоторых целей подходят даже лучше, чем данные в оптическом диапазоне. Кроме того, оперативность и всепогодность радиолокационной съемки делает эти изображения уникальными и незаменимыми (рис. 6).

Мониторинг автомобильного транспорта. В результате обработки радиолокационных данных высокого разрешения (TerraSAR-X) с использованием специализированных алгоритмов можно оценивать общую загруженность тех или иных участков магистралей, и даже определять скорость движения автомобилей, используя доплеровское смещение.

Обнаружение и мониторинг водных судов. Высокая отражательная способность металлических конструкций, в данном случае морских и речных судов, позволяет с высокой степенью достоверности обнаруживать корабли на радиолокационных изображениях даже среднего пространственного разрешения (рис. 7). Для данной задачи используется автоматизированная методика, позволяющая определить положение судна в конкретный момент времени, направление его движения, а также оценить габариты судна.

Решение задач в гляциологии. Здесь можно выделить два направления: это оценка ледовой обстановки (определение толщины льдов, их расположения и движения) и исследование различных типов ледников от небольших горных до мощных ледниковых куполов. С помощью радиолокационных данных четко определяются границы ледников, зоны наступления и отступления. В результате интерферометрической обработки радиолокационных данных можно по интерферометрическим полосам определить скорость движения ледников (рис. 8).

Практический опыт показывает, что для решения тех или иных задач лучше подходят либо радиолокационные данные, либо оптические, но для достижения наи-



Рис. 6. Фрагмент снимка территории аэропорта (TerraSAR-X, разрешение 1 м)



Рис. 7. Пример выявления морских судов на радиолокационном снимке (TerraSAR-X)



Рис. 8. Композитное изображение с ERS-1 и ERS-2 (амплитуда – суша, фаза – лед), демонстрирующее движение выводного ледника

большого эффекта, обеспечения полноты исследования, необходимо комплексное использование данных, получаемых в различных диапазонах.

ВЫБОР РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ

В таблице приведена информация, позволяющая выбрать наиболее подходящий тип радиолокационных данных для решения задач ряда актуальных направлений.

Для картографических целей подходят различные виды радиолокационных данных. Выбор TerraSAR-X обусловлен наличием сверхвысокого разрешения (1 м), что особенно важно при создании и обновлении топографических и тематических карт крупных масштабов (вплоть до 1:10 000). Кроме того, наличие режимов с высоким (3 м) и средним (16 м) разрешением позволяет создавать и обновлять карты в масштабах 1:25 000 и 1:100 000 соответственно.

Создание цифровых моделей местности возможно на основе радиолокационных данных, получаемых различными радиолокационными системами, при выполнении определенных условий, описанных ранее. В таблице рекомендуются данные ENVISAT-ASAR-IMAGE и ALOS-PALSAR-FBS, как наиболее надежные именно для выполнения интерферометрической обработки. Для данных Radarsat-1 необходимо дополнительное уточнение орбитальных параметров по наземным точкам. Интерферометрическая обработка TerraSAR-X (как впрочем, и Radarsat-2) в настоящее время только отрабатывается и не является приоритетной до запуска тандемного спутника (TanDEM-X). Одной из главных задач этой тандемной съемки будет являться создание глобальной высокоточной цифровой модели местности. Наряду с созданием ЦММ, данные ENVISAT-ASAR являются одним из наиболее оптимальных решений для выполнения дифференциальной интерферометри-

ческой обработки, с целью определения смещений на сантиметровом уровне. Данные ALOS-PALSAR не рекомендованы для решения этой задачи, потому что интерферометрические пары, получаемые этим радиолокационными системами, как правило, имеют значительную базовую линию и в большей степени подходят для создания ЦММ.

Определение смещений на миллиметровом уровне (Persistent Scatterers) – довольно новая методика и в настоящее время в программном комплексе SARscape реализована поддержка только указанных типов данных. Поддержка других типов данных будет добавлена в декабре 2008 г.

Для лесного и сельского хозяйства наиболее важным является возможность получения данных при нескольких поляризациях излучения, по наличию такой возможности и по необходимому разрешению и выбираются данные.

Для мониторинга строительства определяющим фактором является оперативность получения данных и разрешающая способность, на основании чего наилучшим вариантом является спутник TerraSAR-X.

Для мониторинга судов, также как и для предыдущего направления необходима оперативность получения данных, но в данном случае высокое разрешение обязательно, так как суда однозначно идентифицируются и на снимках с разрешением 30 м, поэтому данные Radarsat-1 и Radarsat-2, обладающие наилучшими возможностями по съемке, являются оптимальными для данного направления. Данные TerraSAR-X также отлично подходят для мониторинга судов, но уже в более крупном масштабе.

Рекомендации по выбору радиолокационных данных

Направление	SAR-система, режим съемки	Уровень обработки
Картография	TerraSAR-X, в зависимости от масштаба	Ортотрансформированные изображения
Цифровые модели местности	ENVISAT-ASAR, Image(W); ALOS-PALSAR, FBS (W)	RAW или SLC
Смещения на сантиметровом уровне	ENVISAT-ASAR Image (W)	
Вертикальные смещения на миллиметровом уровне	TerraSAR-X (HighSpot, SpotLight, StripMap), ERS-1,2 Image (W) ENVISAT-ASAR Image (W)	RAW, SLC и ортотрансформированные изображения
Лесное хозяйство	TerraSAR-X, Radarsat-2, ALOS-PALSAR	
Сельское хозяйство	Поляриметрические режимы (либо 2, либо 4 поляризации)	
Мониторинг строительства	TerraSAR-X, в зависимости от размеров объектов	
Мониторинг морских и речных судов	Radarsat-1,2, различные режимы, за исключением режимов ScanSAR, TerraSAR-X, все режимы	