

AN APPLICATION OF PERSISTENT SCATTERER INTERFEROMETRY FOR EARTH SURFACE DEFORMATIONS MONITORING

Leonid S. Mikov

Institute of Computational Technologies SB RAS, Kemerovo Branch, Kemerovo, Russia

Abstract

The paper deals with the processing of multipass radar images series from the Sentinel-1A/1B spacecraft on the territory of the Kovdor iron ore deposit by persistent scatterer interferometry.

Keywords: persistent scatterer, radar interferometry, earth's surface deformation, radar data

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ УСТОЙЧИВЫХ ОТРАЖАТЕЛЕЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Миков Л.С.

Кемеровский филиал Института вычислительных технологий СО РАН, Кемерово

В работе рассматриваются вопросы обработки многопроходных серий радарных изображений с космического аппарата Sentinel-1A/1B на территорию Ковдорского железорудного месторождения с помощью метода интерферометрии устойчивых отражателей.

Ключевые слова: Устойчивые отражатели, радарная интерферометрия, деформации земной поверхности, радарные данные

Введение. В настоящее время для оценки деформаций земной поверхности на больших площадях (несколько сотен квадратных километров) активно используются спутниковые радарные данные. Обработка таких данных осуществляется, как правило, классическим методом дифференциальной радарной интерферометрии (DinSAR).

Принцип радарной интерферометрии заключается в следующем. Каждый пиксел спутникового снимка содержит информацию о действительной и мнимой части волны, отраженной от участка земной поверхности и принятой спутником. Таким образом, спутниковый снимок имеет две составляющие: действительную и мнимую часть, которые могут быть преобразованы в амплитудную (яркостную) и фазовую составляющие изображения. Отметим, что типичный размер участка земной поверхности в одном пикселе изображения превышает квадратный метр, что делает невозможным определение миллиметровых смещений по яркостной составляющей изображения. Для этой цели используется анализ фазовых составляющих набора снимков.

На основе набора фазовых составляющих SAR-изображений, полученных спутником в разные моменты времени (с периодичностью, например, один снимок в сутки), рассчитывается изменение фазовой составляющей с течением времени. Изменение фазовой составляющей связано линейной зависимостью с разностью хода волны, отраженной от поверхности и, таким образом, появляется возможность измерять вертикальные смещения объектов земной поверхности, сравнимые с длиной волны сигнала спутника, имеющей порядок нескольких сантиметров. [1]

Дальнейшим развитием метода DinSAR стали методы, использующие для обработки серии радарных снимков за длительный период времени - несколько месяцев. Одним из таких методов является метод устойчивых отражателей (Persistent Scatterer или PS).

Метод PS – это метод расчет смещений точечных целей, являющихся постоянными отражателями для радиолокационного спутника. Позволяет измерить детальные смещения на объектах инфраструктуры. Применяется, как правило, для территорий с городской местностью.

Метод устойчивых отражателей основан на анализе серии парных интерферограмм, построенных относительно одного фиксированного снимка, называемого «мастером». За счёт конечной разрешающей способности антенны, значение в каждом пикселе интерферограммы является векторной суммой отражений спутникового сигнала от всех объектов, попавших в ячейку разрешения. Если отражающие объекты в пределах пикселя смещаются хаотически, например, если область покрыта густой растительностью, то суммарное отражение будет меняться случайным образом и суммарная фаза не будет коррелированной. Если же в пределах ячейки находится объект с более сильным отражением (например, скальный выступ, крыша дома, ствол дерева или просто открытое пространство между деревьями), то его вклад будет доминировать над случайными отражениями от остальных объектов, например, от растительности. Если такое соотношение сохраняется на протяжении всего периода съёмки, то данный пиксель может быть идентифицирован как «устойчивый отражатель». [2]



Рис. 1. Район исследований. Изображение Google Maps.

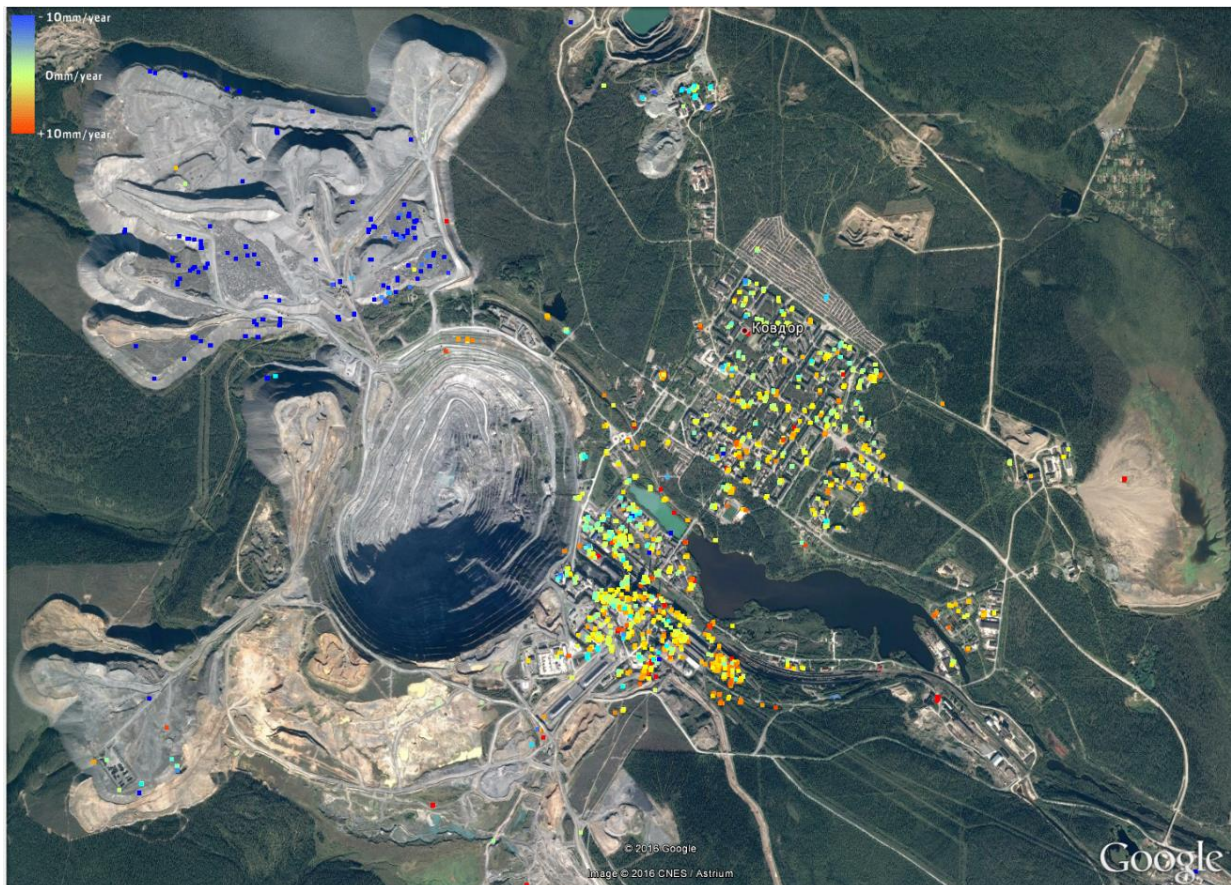


Рис. 2. Карта средних скоростей изменения вертикальных смещений.

Район исследований. Исследование проводилось на территории Ковдорского железорудного месторождения (Мурманская область) (рис. 1). Здесь находится крупное месторождение железной руды, добыча которой происходит открытым способом. Общий объем добычи составляет 16 млн. тонн в год.

Исходные данные. В качестве исходных данных были отобраны 33 радарных изображения с космического аппарата Sentinel-1A/1B за период с 11 ноября 2015 года по 23 декабря 2016 года. Интервал между съемками составил 12 дней. Данный космический аппарат осуществляет съемку в С-диапазоне с разрешением 5x20 метров/пиксель (в режиме Interferometric Wide Swath). Обработка производилась в программном комплексе SARscape 5.2 с параметром когерентности - 0,75. Такой высокий порог когерентности был выбран для уменьшения зашумленности результатов расчета.

Результаты расчетов. В ходе обработки исходного массива данных методом PS была построена карта средних скоростей изменения вертикальных смещений (рис.2), представляющая собой точечный векторный файл. Карта содержит 2550 точек, каждая из которых является устойчивым отражателем и имеет набор атрибутов, таких как географические координаты, средние скорости смещений, дата, значение когерентности и другие.

Итоговые средние скорости вертикальных смещений составили от -26,34 мм/год (синие точки, обозначающие опускание земной поверхности) до 18,96 мм/год (красные точки, обозначающие поднятия). Основная часть опускания земной поверхности отмечается на территории отвала №3, расположенного к северо-западу от карьера. Это связано с постоянным перемещением горных пород на этой территории. Территория городской застройки остается стабильным участком. Поднятия фиксируются непосредственно на территории Ковдорского горно-обогатительного комбината на участках хранения добытой руды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-45-420277- р_а).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рудаков К.В., Сандуляну Д.Н., Токмакова А.А. Определение движений объектов на земной поверхности методами SAR-интерферометрии // Компьютерные исследования и моделирование. 2015. С. 1-16.
- [2] Михайлов В.О., Киселева Е.А., Смольянинова Е.И. Мониторинг оползневых процессов на участке Северокавказской железной дороги с использованием спутниковой радарной интерферометрии в различных диапазонах длин волн и уголкового отражателя // Геофизические исследования. 2013. Т. 14, № 4. С. 5-22