

Особенности применения РЛС БО для стереоскопических оценок рельефа подстилающей поверхности

В.П. Синило, Т.С. Степанова

Фрязинский филиал института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, 141190, Московская обл., г.Фрязино, пл. Введенского, д.1. E-mail: sinilo@sunclass.ire.rssi.ru

Рассмотрены особенности применения радиолокационной стереометрии для получения оценок высоты деталей рельефа с помощью современных РСА с высоким пространственным разрешением. Приведена схема скрещивающейся стереометрии. Приведены результаты оценок рельефа поверхности Венеры (кратер Клеопатра) и поверхности Земли (район Байкала)

The specificity of modern high resolution SAR data application for estimation the topography heights by means of radar stereo survey are discussed. The scheme of stereo survey from crossed orbits is presented as well as reslts of surface heights estimations for Venus planet in Patera Cleopatra area and Earth in Baikal Lake area.

Многие годы радиолокационная стереометрия была неконкурентоспособна сначала по сравнению оптическими методами, позднее с радиоинтерферометрическими методами. Тем не менее при анализе радиолокационных изображений планет стереоскопическими методами были получены интересные результаты..[1]

Радиолокационная картина фиксирует наклонную дальность до объекта, а фотоизображение – угол обзора. Высокий уровень шумов и “инверсия” радиояркостного контраста при опозитной съемке затрудняет идентификацию объектов на радиолокационных изображениях.

Повышение пространственного разрешения орбитальных радиолокационных систем расширяет потенциальные возможности применения стереоскопических методов для исследования рельефа Земной поверхности.

В общем случае стереосъемка имеет два варианта взаимного расположения радиолокаторов при дистанционном зондировании: односторонний (1А) и опозитный (двусторонний) (1Б) На рисунке 1 представлены обе схемы стереоскопической съемки.

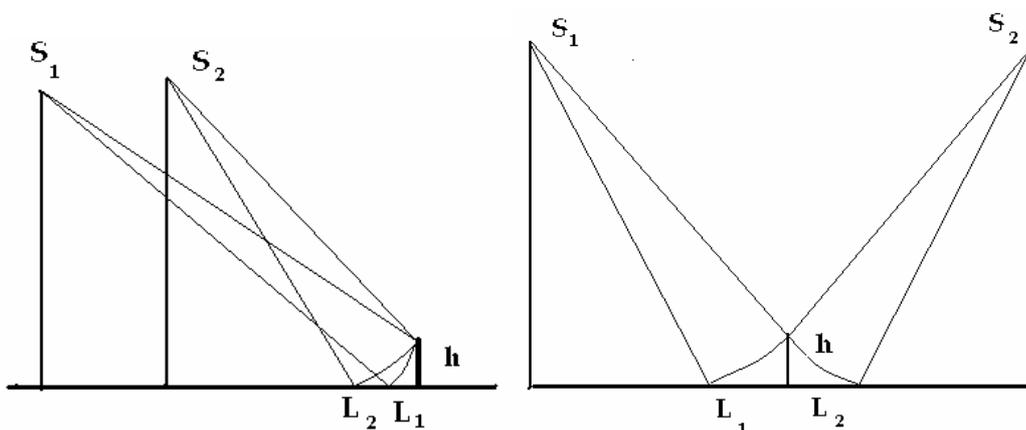


Рис. 1А

Рис. 1Б

S_1, S_2 – положение РЛС1 и РЛС2 соответственно во время съемки, h – объект на поверхности, L_1, L_2 - проекции изображения объекта на плоскость соответственно.

В случае односторонней съемки параллакс (смещение РЛС изображения детали рельефа на одной картине относительно изображения ее на другой картине) $\Delta=L_1 -L_2$.

В случае оппозитной (двусторонней) съемки параллакс $\Delta=L_1 +L_2$. В первом случае относительно легко распознаются радиояркие контрасты связанные с вариациями рельефа но требуется существенно разный угол падения. Во втором случае происходит “инверсия” радиояркого контраста связанного с вариациями рельефа.

Применение радиолокационной стереометрии не требует близких орбит, ограничений по времени и может применяться даже для комбинации различных РЛС систем.

С нашей точки зрения, заслуживает внимания методика скрещивающейся РЛС стереометрии. Схема представлена на рисунке 2.

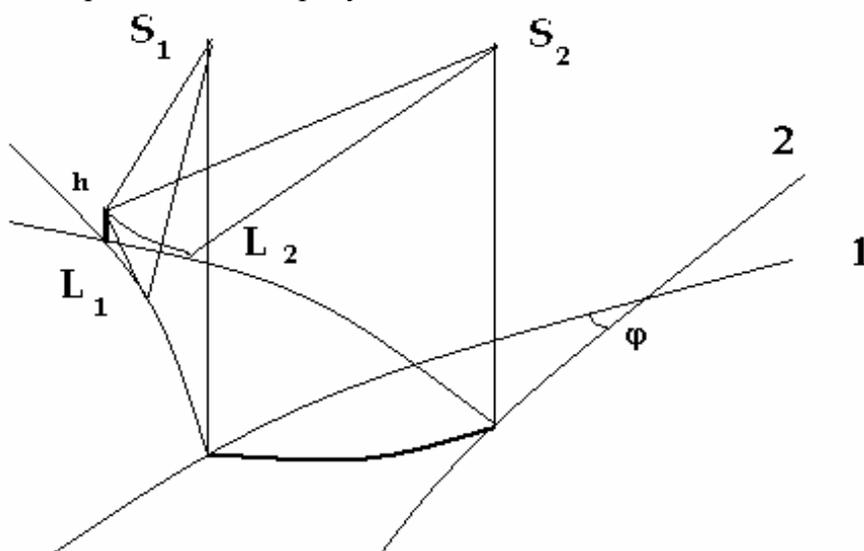


Рис. 2.

S_1 и S_2 - положение РЛС в момент съемки объекта h , 1 и 2 подспутниковые трассы соответственно., L_1 и L_2 проекции изображения объекта на сферу, φ – угол между подспутниковыми трассами на сферической поверхности.

В этом случае пересечение плоскостей визирования РЛС систем дает нам положение объекта на поверхности и две оценки параллакса, для каждого аппарата в отдельности. Точность определения параллакса зависит от разрешения по азимуту.

Уникальная миссия по радиолокационному картографированию поверхности Венеры в 1983 1984 гг. привела к созданию первого Атласа Венеры. В качестве исходного материала для формирования фотокарт служили полосы синтезированного радиояркого изображения в орбитальной системе координат. Полосы многократно перекрывались в северных широтах, однако это никак не использовалось. Методы односторонней радиолокационной стереометрии позволяют использовать перекрытия для уточнения высот отдельных деталей рельефа.[2]

На рисунке 3 представлена схема определения высоты рельефа.

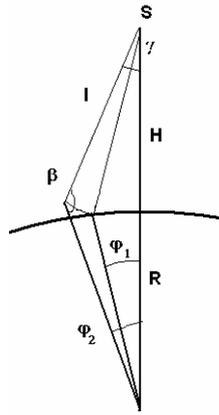


Рис. 3.

γ - угол визирования, H – высота полета, R – радиус планеты, φ - угловая координата относительно плоскости орбиты

Для вычисления высоты h можно использовать простые тригонометрические выражения:

$$l = \sqrt{R^2 + (R + H)^2 - R(R + H)\cos\varphi_1}$$

$$\sin\beta = \frac{H + R}{l} \sin\varphi_2$$

$$\gamma = 180^\circ - \beta - \varphi_2$$

$$h + R = l \frac{\sin\gamma}{\sin\varphi_2}$$

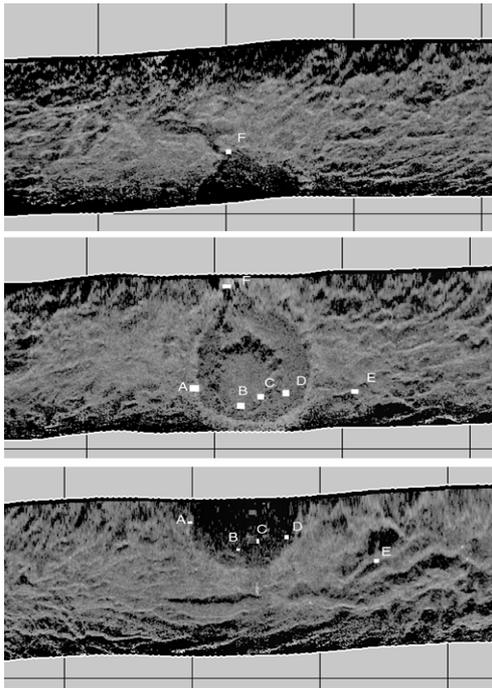


Рис. 4.

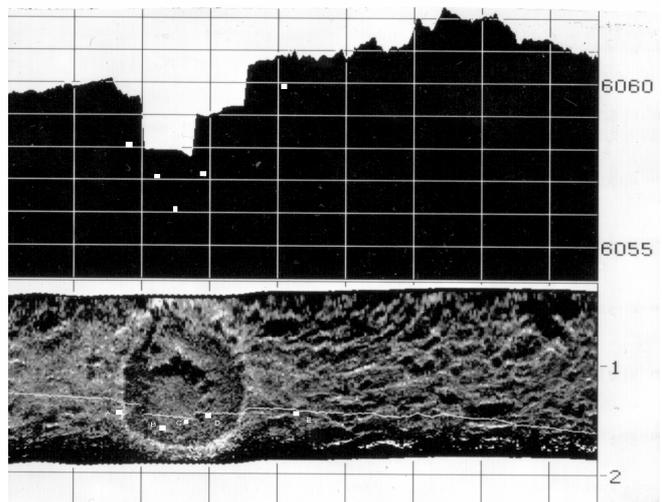


Рис. 5.

На рисунке 4 представлены фрагменты кратера Клеопатра в трех сеансах съемки.

На рисунке 5 представлен кратер Клеопатра с нанесенной на изображение подспутниковой трассой и оценки высоты рельефа высотомером. Белыми точками на графике и изображении отмечены детали рельефа, высота которых оценивалась стереометрическим методом.

Оценки высоты рельефа отдельных деталей кратера: А -- 7.4 - 7.5 км, В -- 6.1 км, С -- 5.0 - 5.3 км, D -- 6.8 - 6.9 км, Е -- 8.7 - 9.3 км, F -- 5.0 км

Стереометрические оценки рельефа оказались несколько ниже высотомерных. Точность определения высоты 300 – 400 м. пространственное разрешение -5 X 5 км.

Точность разрешения высотомера -150 -200 м, пространственное разрешение 20 X 50 км.

Высокое разрешение РЛС японской системы ALOS позволяет получить приемлемые по точности оценки высоты поверхности Земли. На рисунке 6 представлены фрагменты съемки окрестностей Байкала с двух сторон (оппозитная съемка), угол между трассами 18°. Инверсия контраста затрудняет идентификацию деталей рельефа. В этом случае можно рассматривать модель плоской поверхности - общий размер сцены 40 X 40 км. На рисунке крестом обозначен изгиб просеки, для которого была определена высота относительно уровня Байкала. Высота 470 м, точность определения 15 м, пространственное разрешение 4 X 12 м.

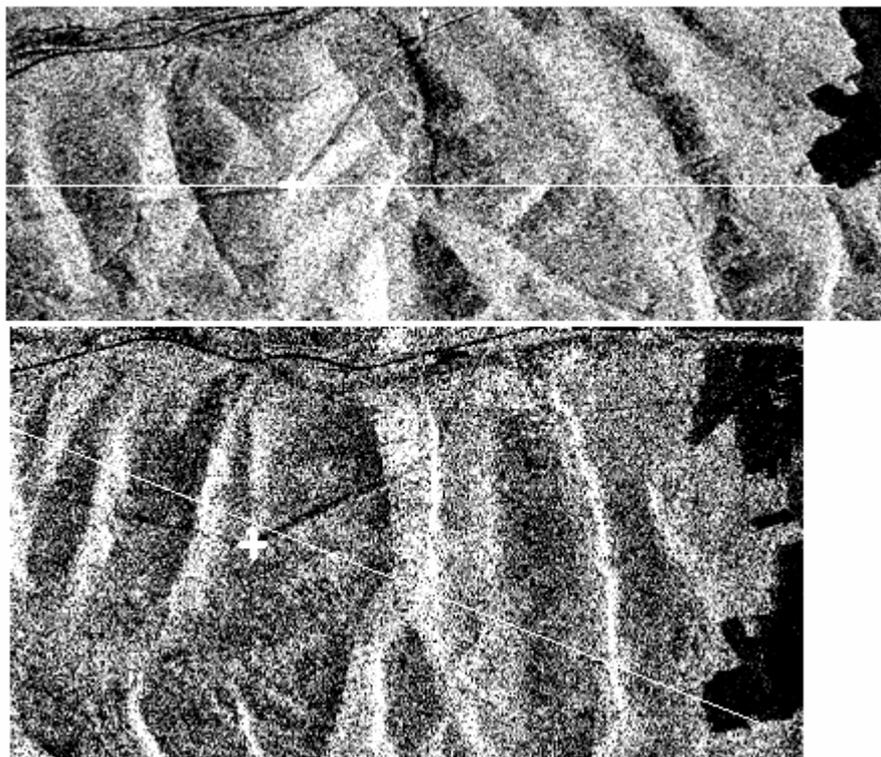


Рис. 6. Окрестности озера Байкал. Верхнее изображение – съемка справа, нижнее – съемка слева

Яркая линия – положение плоскости визирования одного сеанса на радиояркостном изображении другого.

Радиолокационная стереометрия позволяет извлечь дополнительную информацию из уникальных радиолокационных данных планет и может быть интересна для изучения рельефа и на Земле.

Литература

- 1 Connors, C. (1995), Determining heights and slopes of fault scarps and other surfaces on Venus using Magellan stereo radar, *J. Geophys. Res.*, 100(E7), 14,361–14,381.
- 2 Синоло В.П., Степанова Т.С. Радиолокационное картографирование планеты Венера в 1983 – 84 годах - создание базы данных на современных носителях, новые подходы к обработке. XXV Всероссийский симпозиум «РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИБОДНЫХ СРЕД» 17-19 апреля 2007 г. Стр. 94-98