

Халилов Д.Б.

ассистент

преподаватель кафедры «Инженерная геоматика»

Ташкентский Архитектурно строительный университет, Ташкент,

Узбекистан

СОЗДАНИЕ КАРТЫ ГОРОДА ТАШКЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ SENTINEL-1

Аннотация: В этой статье представлен набор данных Sentinel-1, предназначенный для интерпретации городских изображений SAR, связанных с контентом, включая четко определенную иерархическую схему аннотаций, сбор данных, хорошо зарекомендовавшие себя процедуры для составления и организации набора данных, а также свойства, визуализации и приложения этого набора данных. Рассмотрена обработка данных спутника Sentinel-1 в Snap. Рассмотрены ошибки, возникающие при радиометрическом съёмке.

Ключевые слова: Дистанционное зондирование Земли; спутниковая система Sentinel-1; мониторинг урбанизации; динамика изменения города; радар с синтезированной апертурой (SAR)

Khalilov D.B.

Assistant

Lecturer of the Department of Engineering Geomatics

Tashkent University of Architecture and Civil Engineering, Tashkent,

Uzbekistan

CREATION OF A MAP OF THE CITY OF TASHKENT USING SENTINEL-1 SATELLITE DATA

Abstract: The Sentinel-1 mission provides a freely available capability for urban imagery interpretation based on synthetic aperture radar (SAR) data with a

defined resolution, which is of paramount importance for Earth observation. In parallel with the rapid development of advanced technologies, especially deep learning, we urgently need a large-scale SAR dataset supporting urban imagery interpretation. This paper presents the Sentinel-1 dataset designed for content-related urban SAR imagery interpretation, including a well-defined hierarchical annotation scheme, data collection, well-established procedures for dataset compilation and organization, and the properties, visualizations, and applications of this dataset. The processing of Sentinel-1 data in Snap is discussed. Errors arising from radiometric surveying are discussed.

Keywords: *Earth remote sensing; Sentinel-1 satellite system; urbanization monitoring; urban change dynamics; synthetic aperture radar (SAR).*

Повторите данные об авторе, название, аннотацию и ключевые слова на английском

Введение

Европейский союз и Европейское космическое агентство (ESA) с программой Copernicus и, в частности, свободный доступ к данным спутниковых миссий Sentinel, подтолкнули интерес к разработке передовых методов мониторинга Земли. Эта работа сосредоточена на данных миссии радара Sentinel-1. Sentinel-1 получает изображения в C-диапазоне, охватывая 250 на 180 км в своем стандартном режиме сбора данных (широкая интерферометрическая полоса). Данные Sentinel-1 характеризуются высоким временным разрешением (цикл повторного посещения 6 дней) и умеренным пространственным разрешением (размер пикселя 14 на 4 м). Этот новый датчик предлагает улучшенную возможность сбора данных для мониторинга деформаций по сравнению с предыдущими датчиками C-диапазона (ERS-1/2, Envisat и Radarsat), значительно увеличивая потенциал мониторинга. Покрытие Sentinel-1 хорошо подходит для широкомасштабного мониторинга с использованием дифференциально-

интерферометрического радара с синтезированной апертурой (DInSAR) и интерферометрии постоянного рассеивателя (PSI) [1].

DInSAR включает использование по крайней мере пары изображений комплексного радиолокатора с синтезированной апертурой (SAR) для измерения деформации поверхности. Несколько методов DInSAR были разработаны за последние пару десятилетий. Методы PSI, которые основаны на больших стеках сложных изображений SAR, доказали свою эффективность и широко применяются [2]. Оба метода DInSAR и PSI используют фазу изображений SAR. Большинство методов PSI предполагают наличие только одного доминирующего рассеивателя на ячейку разрешения. Это предположение может быть недействительным при наблюдении наземных сцен с выраженным расширением в направлении высоты, для которых более одного рассеивателя могут попадать в одну и ту же ячейку разрешения диапазона и азимута. Это, например, происходит при наличии зданий разной высоты, чьи отраженные сигналы интерферируют в одной и той же ячейке разрешения, или в городских зонах остановок [3]. В таких областях методы PSI, которые предполагают наличие одного доминирующего рассеивателя, обычно испытывают потерю измерений деформации. Это потенциальное ограничение можно преодолеть с помощью методов TomoSAR [4]. Фактически, в таких методах использование стека комплекснозначных интерферометрических изображений делает возможным разделение рассеивателей, интерферирующих в пределах одной и той же ячейки разрешения диапазона и азимута. Это достигается путем синтеза апертур вдоль направления возвышения, что приводит к разрешению по возвышению, чтобы обеспечить полный профиль отражательной способности сцены по азимуту, диапазону, возвышению и средней скорости деформации [5]. Что касается методов PSI, TomoSAR, в дополнение к положению рассеивателей в трехмерном пространстве и их средней скорости деформации, также обеспечивает их распределение

интенсивности в трехмерном пространстве, что является дополнительной информацией, которую можно удобно использовать для выбора наиболее надежных рассеивателей в реконструированной сцене. Методы томографической обработки используют как фазу, так и амплитуду обратно рассеянного сигнала и состоят из решения задачи инверсии [6].

Материалы и методы.

Мы можем скачать данные со спутника Sentinel-1 с <https://search.asf.alaska.edu/>. Выбрав город Ташкент, ищем данные Sentinel-1, выбираем и скачиваем (рис. 1). Загруженные данные обрабатываются с помощью программы Snap. В данной программе мы выполняем такие задачи как радиометрическая калибровка, радиометрическое сглаживание рельефа, удаление теплового шума С-1, коррекция дальности и доплеровского рельефа.

Целью калибровки SAR является предоставление изображения, в котором каждое значение пиксела может быть напрямую связано с обратным рассеиванием сигнала радара сцены. Хотя не калиброванное изображение SAR вполне подходит для качественного применения, калиброванные изображения SAR необходимы для использования данных SAR.

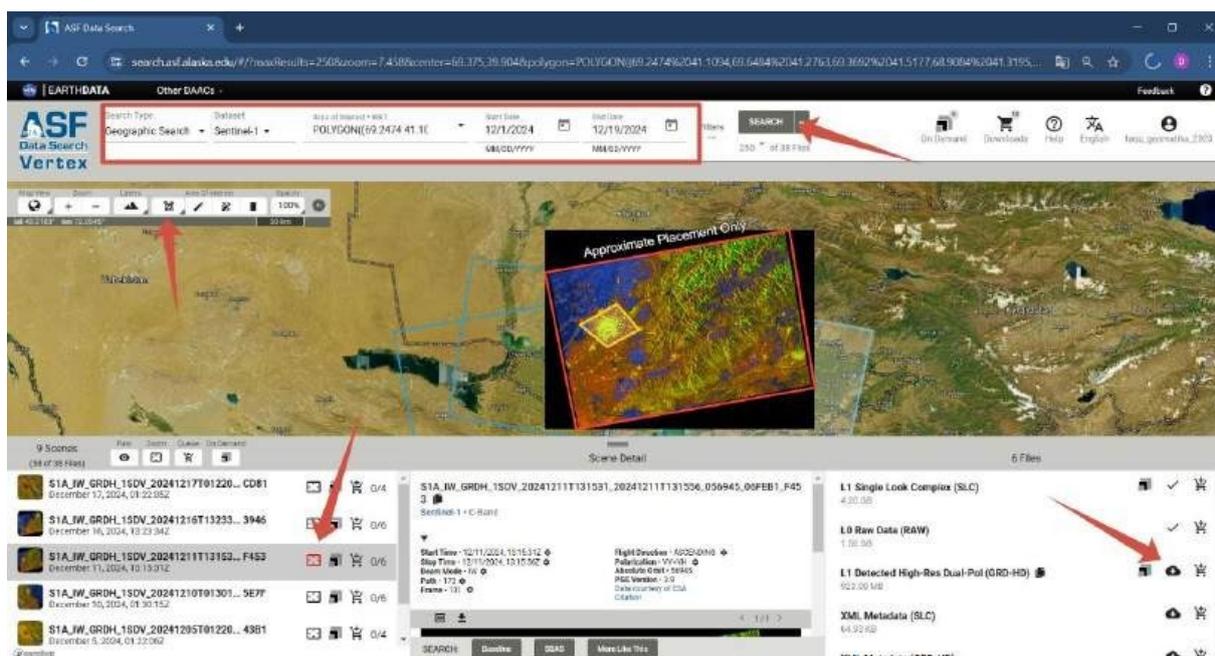


Рис.1. Загрузить данные Sentinel-1

Обычная обработка данных SAR, при которой получаются изображения Level 1, не включает радиометрическую коррекцию, при этом остаются значительные радиометрические смещения. Поэтому к изображениям SAR необходимо применять радиометрическую коррекцию, чтобы значения пикселей изображения правильно представляли рассеивание сигнала радара от отражающей поверхности. Радиометрическая коррекция также необходима для сопоставления изображений SAR, полученных при помощи различных сенсоров, или полученных от одного сенсора, но в различное время, в различных режимах или подвергшихся различной обработке.

Поскольку сенсоры SAR смотрят на объект сбоку, близкорасположенные объекты выглядят ярче, а удаленные – темнее (рис.2.). Радиометрическое сглаживание terrain нормализует значения обратного рассеяния, чтобы отличия значений отражали свойства рассеяния поверхности.

Радиометрическое сглаживание terrain необходимо для получения значимого обратного рассеяния, которое может быть отнесено непосредственно к свойствам объектов рассеяния поверхности в изображении SAR на любом terrain.

Устранение теплового шума Sentinel-1. Эта растровая функция корректирует помехи обратного рассеяния, вызванные тепловым шумом, что приводит к получению более бесшовного изображения радара с синтезированной апертурой (SAR) Sentinel-1.

Для нормализации сигнала обратного рассеяния в пределах всего изображения SAR требуется исправление или удаление теплового шума, что имеет важное значение как для качественного, так и для количественного использования данных SAR.

Тепловой шум наиболее заметен на кросс-поляризационных изображениях SAR, таких как VH или HV, и на изображениях SAR с

низким обратным рассеянием. Для Sentinel-1 тепловой шум может проявляться как межполосные разрывы и наиболее заметен на сценах, охватывающих океан.

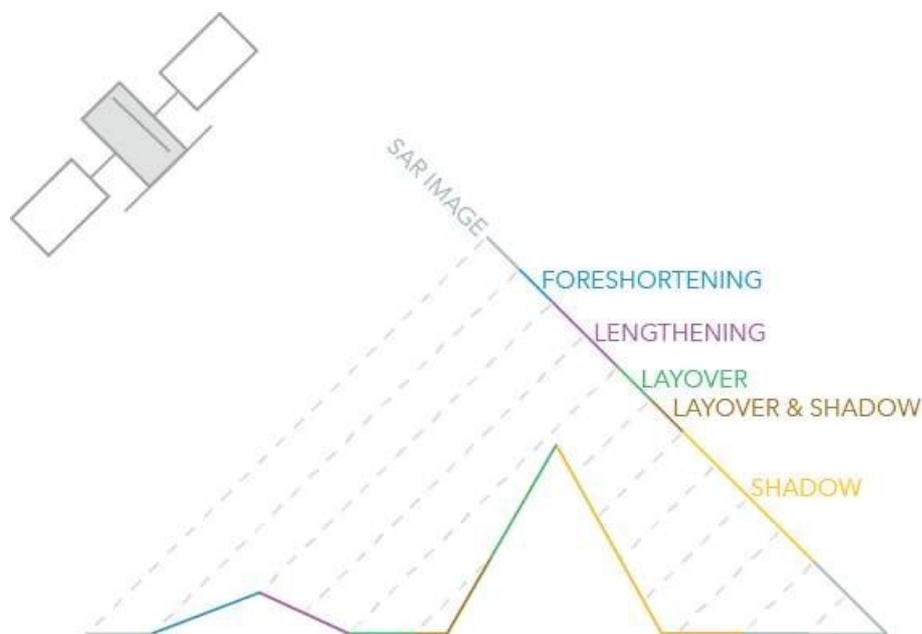


Рис.2. Радиометрическое сглаживание рельефа

Результаты и обсуждение

В этой статье я использовал данные спутника Sentinel-1 от 11 декабря 2024 года для радиометрических наблюдений города Ташкента. Исходные данные показаны на рис.3.

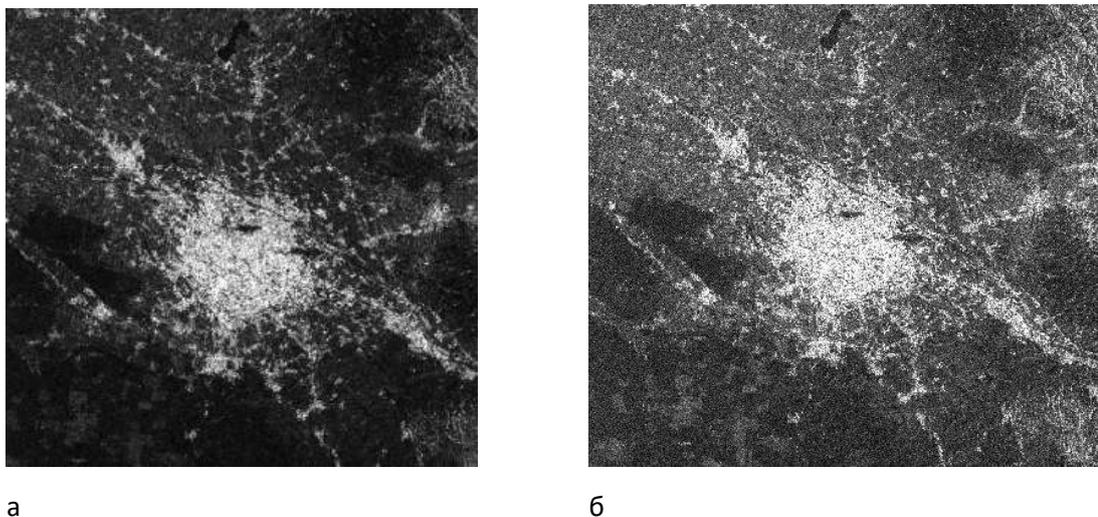


Рис.3. Интенсивность полосы VH (а) в сравнении с амплитудой полосы VH (б)

(город Ташкент)

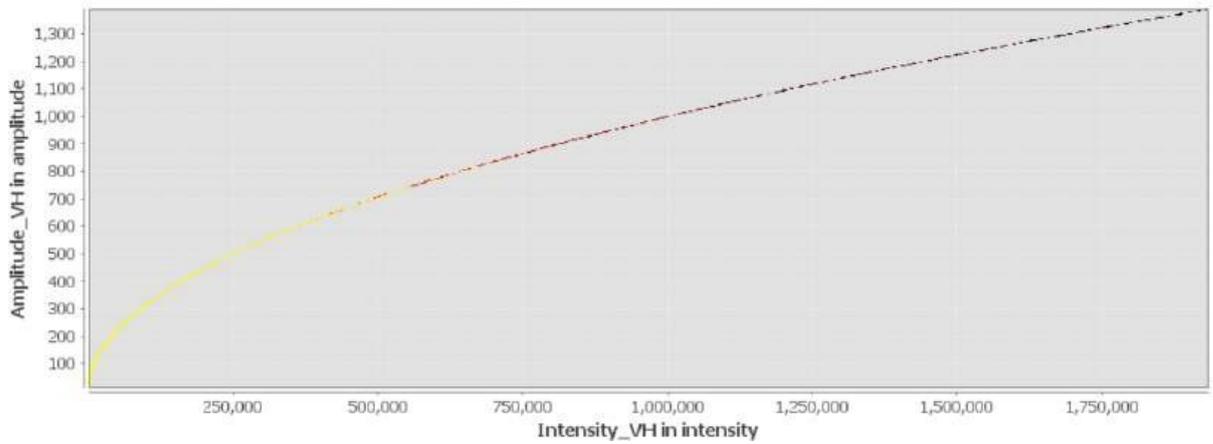


Рис.4. График рассеяния интенсивность полосы Vh в сравнении с амплитудой полосы Vh

По этапно используем обработки радиометрическая калибровка, радиометрическое сглаживание рельефа, удаление теплового шума C-1, коррекция дальности и доплеровского рельефа. После всех обработки результат показан на рис.5.

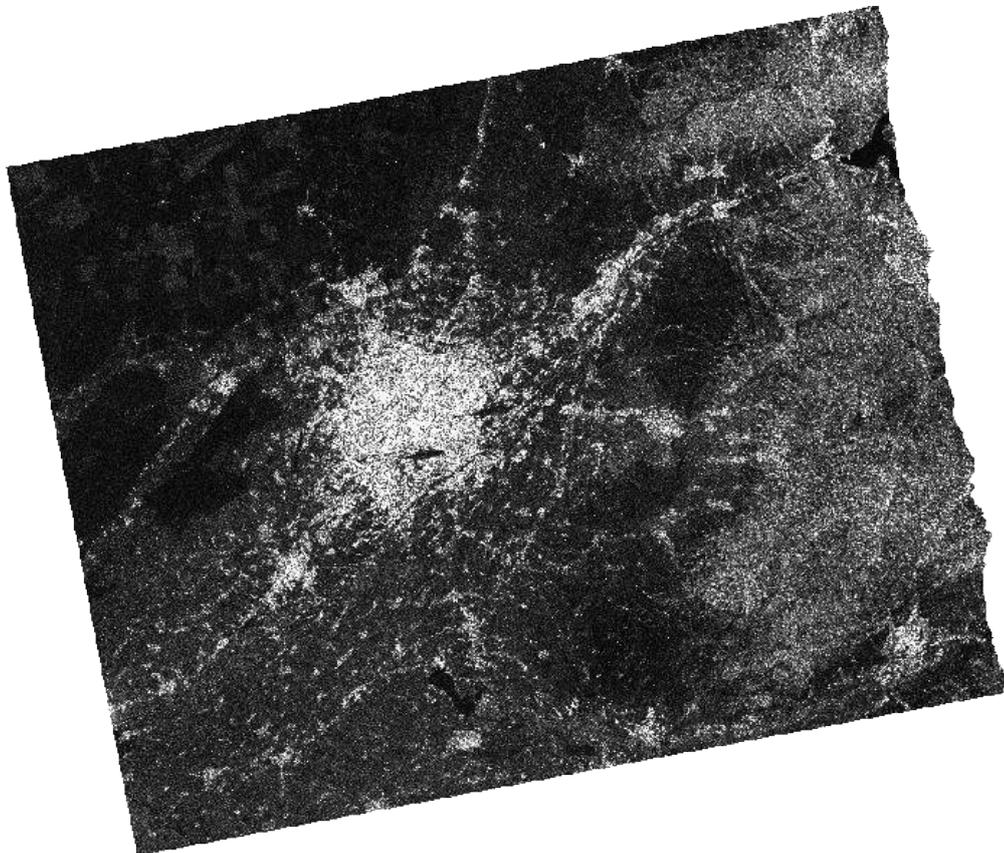


Рис.5. Карта города Ташкента после радиометрические обработки с помощью программы Snap

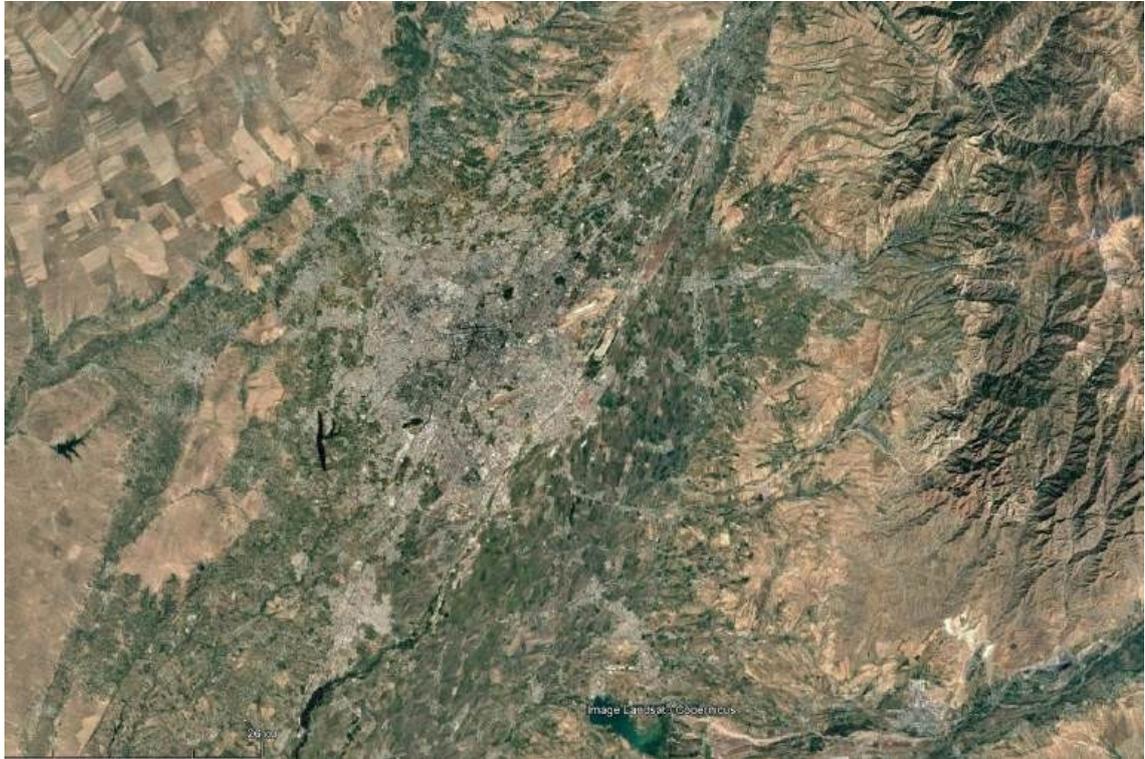


Рис.6. Карта города Ташкента (Источник Google Earth Pro)

Вывод

В данном исследовании представлен комплексный графический подход к построению города Ташкента с радиометрических данных с использованием метода сглаживающего фильтра, призванного минимизировать составляющую ошибки исходного уравнения. Благодаря гарантированному получению снимков независимо от облачности, солнечного освещения и высокой периодичности, радиолокационная съемка Sentinel-1 — ценный источник информации для картографирования удаленных и труднодоступных районов. В результате проведения экспериментальных работ сформирован общий подход к использованию снимков Sentinel-1 для картографирования урбанизации. В первую очередь, исходные РЛ данные требуют создания производных

многополяризационных или многовременных изображений, пригодных для визуального и автоматизированного дешифрирования. Автоматизированное дешифрирование наиболее эффективно выполняется при использовании многовременного изображения, составленного из разносезонных снимков в горизонтальной поляризации, однако его результаты нуждаются в редактировании с опорой на визуальный анализ. Сложность однозначной интерпретации радиолокационных изображений требует привлечения разнообразных дополнительных источников – карт и космических снимков в оптическом диапазоне.

Использованные источники:

1. Budillon, A. & Crosetto, M. & Johnsy, Angel & Monserrat, O. & Krishnakumar, Vrinda & Schirinzi, Gilda. (2018). Comparison of Persistent Scatterer Interferometry and SAR Tomography Using Sentinel-1 in Urban Environment. Remote Sensing. 10. 10.3390/rs10121986.

2. Crosetto, M.; Monserrat, O.; Cuevas-González, M.; Devanthéry, N.; Crippa, B. Persistent Scatterer Interferometry: A review. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 2016,115, 78–89. [CrossRef]

3. Gini, F.; Lombardini, F.; Montanari, M. Layover solution in multibaseline SAR interferometry. IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst. 2002, 38, 1344–1356.

4. Reigber, A.; Moreira, A. First Demonstration of Airborne SAR Tomography Using Multibaseline L-band Data. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2000,38, 2142–2152. [CrossRef]

5. Lombardini, F. Differential tomography: A new framework for SAR interferometry. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2005,43, 37–44. [CrossRef]

Fornaro, G.; Lombardini, F.; Pauciuolo, A.; Reale, D.; Viviani, F. Tomographic processing of interferometric SAR data: Developments, applications, and future research perspectives. IEEE Signal Process. Mag. 2014, 31, 41–50.