

ПОЛУЧЕНИЕ ДАННЫХ О РЕЛЬЕФЕ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ДДЗ

Е. С. Фруль, А. Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет, пр. Независимости 4,
г. Минск, Беларусь, zhenyafrul@yandex.ru*

Применены самые современные способы получения ЦМР. Проведен сравнительный анализ точности ЦМР на базе опытного участка. Построены матрицы ошибок опытного участка и выявлены основные недостатки космической радиолокационной съёмки. Материалы данного исследования помогут при возникновении проблем получения данных о рельефе земной поверхности при проведении исследований в различных областях, особенно в почвоведении.

Ключевые слова: рельеф; LIDAR; Sentinel-1; цифровая модель рельефа; DEM.

OBTAINING DATA ON THE RELIEF OF THE EARTH'S SURFACE USING REMOTE SENSING DATA

E. S. Frul, A. L. Kindeev

*Belarusian State University, 4 Nezavisimosti Ave.,
Minsk, Belarus, zhenyafrul@yandex.ru*

The most modern methods of obtaining DEM have been applied. A comparative analysis of the accuracy of the DEM on the basis of the experimental site was carried out. Error matrices of the experimental site are constructed and the main disadvantages of space radar survey are revealed. The materials of this study will help in case of problems with obtaining data on the relief of the Earth's surface when conducting research in various fields, especially in soil science.

Keywords: relief; LIDAR; Sentinel-1; DEM.

Рельеф является одним из ключевых факторов многих географических исследований. Цифровые модели рельефа позволяют быстро и удобно получать большое количество различных показателей и использовать их для моделирования сложных природных явлений, например водная эрозия, паводки, подтопления территорий, лесные пожары и т.д. [2].

На сегодняшний день существует большое количество способов получения данных о рельефе земной поверхности. К ним можно отнести следующие способы: тахеометрическая съёмка, построение ортофотопланов, радиолокационная съёмка, воздушно-лазерное сканирование. У всех способов есть свои недостатки, а также сильные стороны.

Основной задачей данной работы выступило получения ЦМР с помощью радарных снимков Sentinel-1 и сравнение полученных данных с ЦМР, созданной с помощью LIDAR.

Объектом исследования является опытный участок, заложенный на территории Барановичского района Брестской области. Участок является действующим сельскохозяйственным полем местного К(Ф)Х. Данная территория расположена в пределах Новогрудской возвышенности, которая входит в состав Западно-Белорусской подобласти Центральнобелорусских возвышенностей и гряд. Новогрудская возвышенность представляет собой ледораздел между неманским и минским потоками и характеризуется монолитностью очертаний и четкой ограниченностью глубокими речными долинами [3].

Для исследования был выбран именно этот район, т.к. именно в пределах его представлены ключевые особенности рельефа Новогрудской возвышенности. На исследуемом участке проведена высокоточная лидарная съёмка, которая и послужила эталоном точности данных.

Безусловно, технология LIDAR имеет очень высокую точность данных, но из-за этого мы имеем проблему небольшой производительности. За 1 день с помощью БПЛА можно отснять около 300 га территории и для этого необходимо организовать выездную экспедицию, поэтому для проведения исследований областного или районного масштаба данная технология окажется нерентабельной, всё зависит от целей исследования и ожидаемых результатов [1].

Поэтому для исследования было решено использовать данные находящиеся в открытом доступе с радарных спутников. Основными преимуществами этих данных являются:

Всепогодность. Для радара на спутнике неважно наличие облачности и время суток, он может работать в любых условиях и получать достаточно точные данные.

Площадь покрываемой территории. Спутники Sentinel покрывают всю Землю всего за 6 дней по сравнению с сотнями гектаров у лидарной съёмки.

Доступность данных. Данные находятся в открытом доступе и не нужно тратить никаких средств на дорогостоящее оборудование.

Sentinel-1A и Sentinel-1B – европейские радиолокационные спутники. Первые спутники, запущенные в рамках космической программы Copernicus Европейского Космического Агентства (ESA). Находясь на одной орбите, оба спутника имеют возможность снять всю территорию Земли в течение 6 дней. На 2021 г. запланирован запуск спутника Sentinel-1C, а в дальнейшем – Sentinel-1D. Основные характеристики съёмочной аппаратуры Sentinel-1 приведены в таблице.

Характеристики съёмочной аппаратуры Sentinel-1

Режим съемки	Пространственное разрешение, м x м	Ширина полосы съемки, км
Strip Map Mode	5 x 5	80
Interferometric Wide Swath	5 x 20	250
Extra-Wide Swath Mode	25 x 100	400
Wave-Mode	5 x 20	20 км x 20 км

Обработка снимков проводилась в программном продукте SeNtinel Application Platform (SNAP). Для получения ЦМР из “сырых” данных необходимо выполнить следующую последовательность процессов: Read > Calibration > Terrain Flattening > Thermal Noise Removal > Terrain Correction > Write [4].

Для облегчения и автоматизации получения результатов при помощи инструмента Graph Builder сделана цепочка выполнения всех предыдущих шагов с заданными параметрами. Данное решение в значительной степени ускоряет получение конечных результатов, т.к. обработка снимка сводится к необходимости в одном окне выбрать все необходимые параметры и дождаться последовательного завершения всех процессов.

В качестве исходных данных для сравнения точности построения ЦМР (рисунки 1-3) использовались космоснимки спутников Sentinel-1, TanDEM-X, SRTM, а также лидарные данные полученные во время самостоятельных исследований.

За эталонные значения было принято использовать данные лидарной съёмки, как наиболее точные и достоверные. Для каждой ЦМР необходимо построить матрицы ошибок. Для этого использовался инструмент калькулятор растров. Так как у всех ЦМР разные пространственные разрешения, то ЦМР полученные на основе данных LIDAR необходимо усреднять. Для этого использовался инструмент изменить разрешение. Из-за таких манипуляций могут возникать погрешности в вычислениях, но они будут незначительные и их невозможно избежать. На рисунках 4-7 представлены матрицы ошибок, которые отражают разницу высот между эталонными значениями, и полученными по данным спутников.

ЦМР, построенная по данным Sentinel-1, имеет пространственное разрешение 5м, что является самым высоким разрешением среди всех спутников. Из матрицы и гистограммы распределения ошибок (рис. 8-11), видно следующее: основная масса ошибок сконцентрирована в промежутке от -2 м до 2 м. Производителем спутника как раз заявлена данная точность.

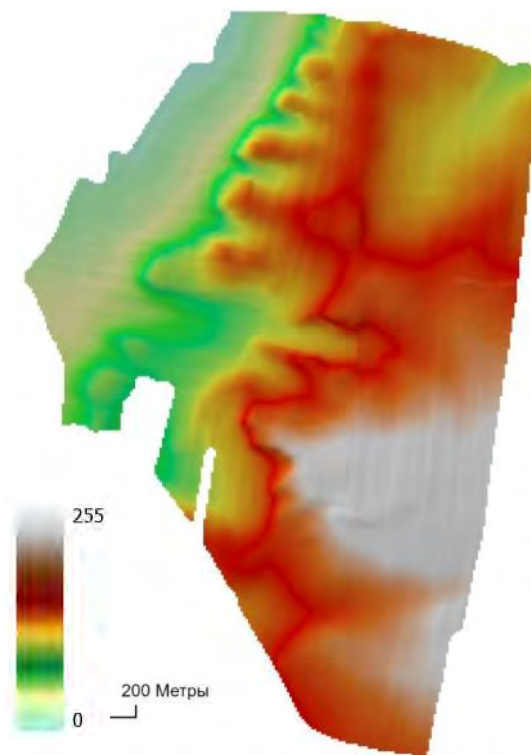


Рис. 1. ЦМР по данным LIDAR
(разрешение 5м)

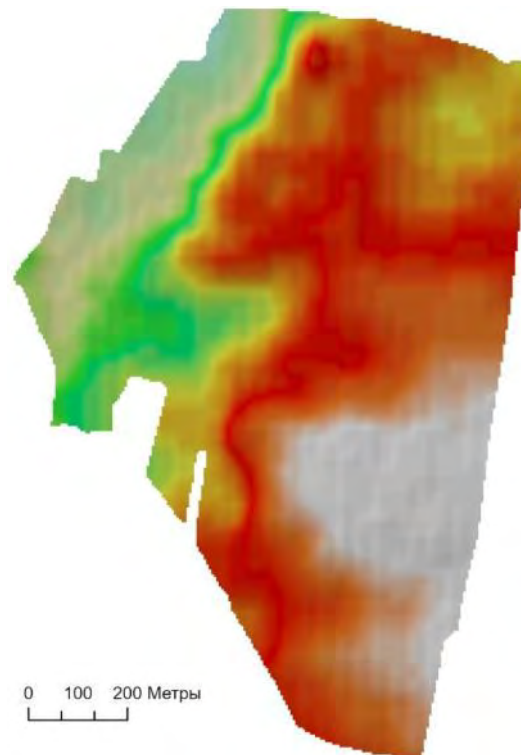


Рис. 2. ЦМР по данным Sentinel-1
(разрешение 5м)

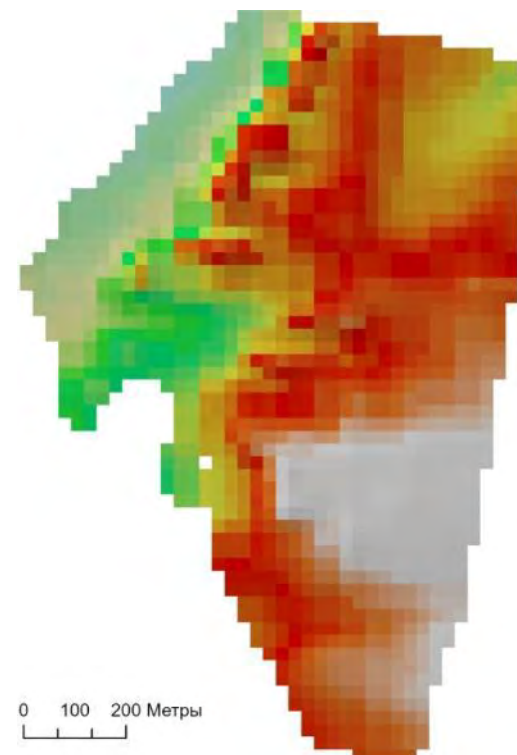


Рис. 3. ЦМР по данным
TanDEM-X, (разрешение 25м)

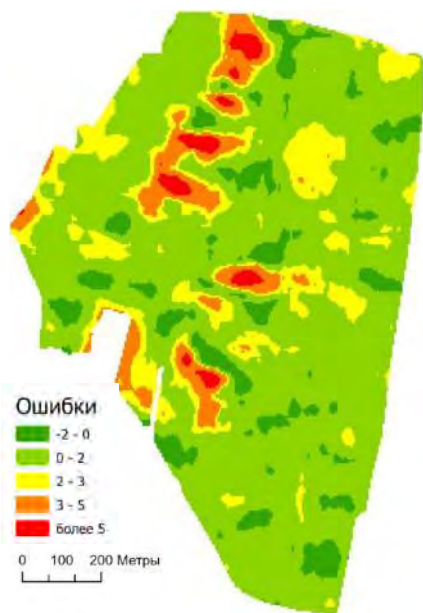


Рис. 4. Матрица ошибок для Sentinel-1 (разрешение 5м)

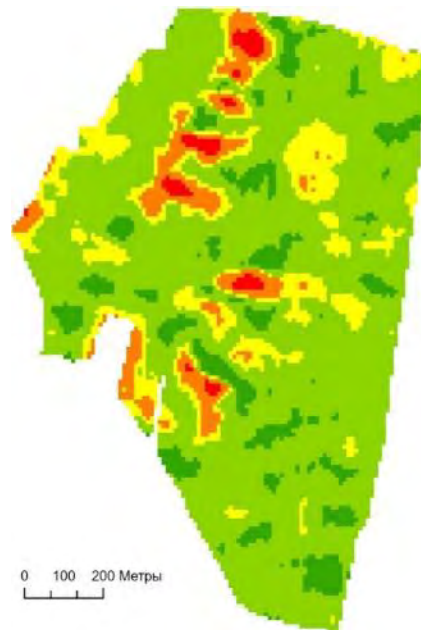


Рис. 5. Матрица ошибок для Sentinel-1 (разрешение 10м)



Рис. 6. Матрица ошибок для TanDEM-X (разрешение 25м)

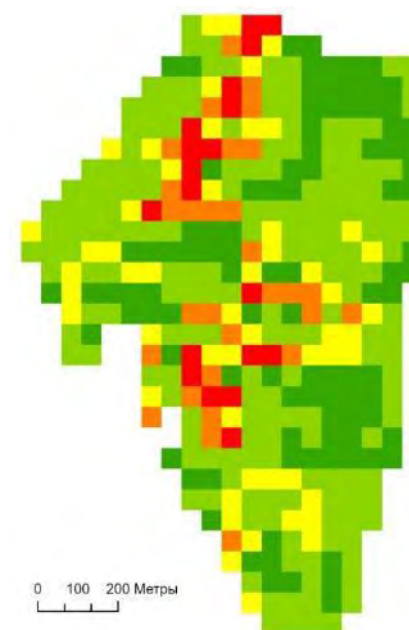


Рис. 7. Матрица ошибок для SRTM (разрешение 50м)

Ошибки, выходящие за пределы этого диапазона, обусловлены наличием эрозионных форм рельефа, расположенных под древесно-кустарниковой растительностью. Такие ошибки также могут быть вызваны попаданием сканирующего луча в теневую сторону склона. Для нивелирования данной ошибки существует возможность получения ЦМР с помощью интерферограммы полученной на основе данных снимков, полученных под разным углом.

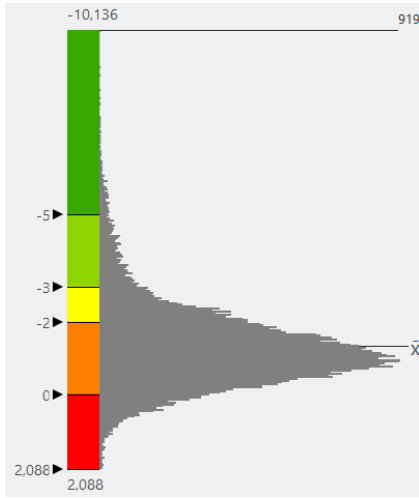


Рис. 8. Гистограмма распределения ошибок Sentinel-1 (5м)

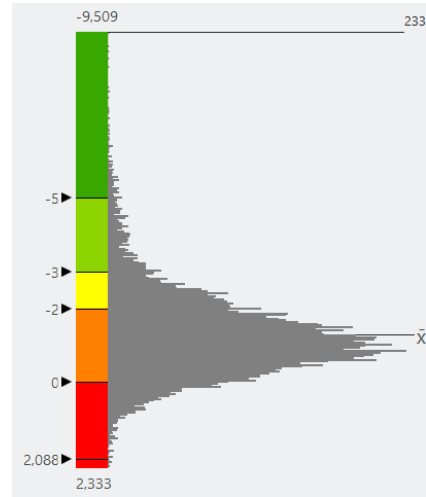


Рис. 9. Гистограмма распределения ошибок Sentinel-1 (10м)

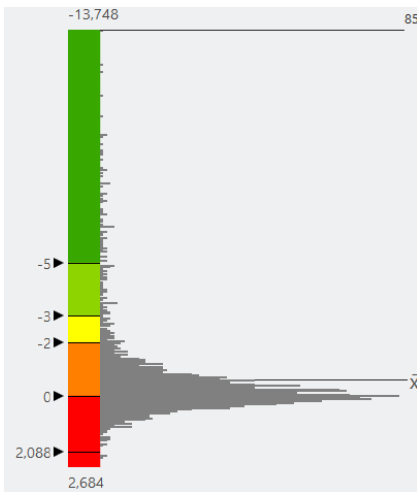


Рис. 10. Гистограмма распределения ошибок TanDEM-X (25м)

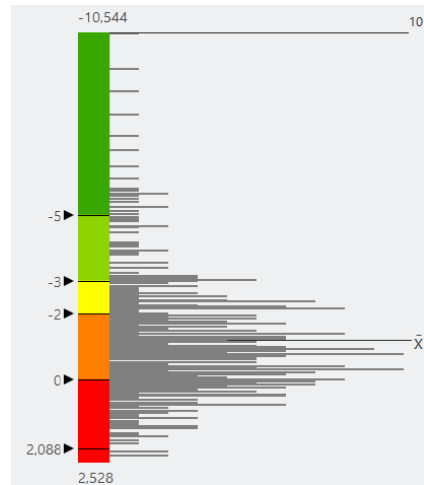


Рис. 11. Гистограмма распределения ошибок SRTM (50м)

ЦМР, построенная по данным TanDEM-X, имеет пространственное разрешение 25м. По точности данных она превосходит все другие спутники. Гистограмма распределения ошибок указывает, что большинство

ошибок попадает в диапазон ± 2 м. Но разрешение для использования в исследованиях водной эрозии достаточно низкое.

Данные SRTM являются самыми худшими по точности и пространственному разрешению. Поэтому они совсем не подходят для использования в изучении таких небольших участков.

В целом, в результате исследования было выяснено, что для исследования даже на локальном уровне, вполне подходят данные о рельефе полученные благодаря космическим спутникам.

Библиографические ссылки

1. Применение воздушного лазерного сканирования в археологических исследованиях на территории Беларуси / А. А. Сазонов [и др.] // ГИС-технологии в науках о Земле : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 нояб. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: А. А. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2022. С. 283-287.

2. Червань А. Н., Черныш А. Ф., Устинова А. М. Геоинформационное моделирование в почвозащитной организации агроландшафтов Беларуси. Институт почвоведения и агрохимии.

3. Геоморфология Беларуси: учебное пособие для студентов географических и геологических специальностей / О. Ф. Якушко [и др.]. Мн.: БГУ, 1999. 173 с.

4. DEM generation with Sentinel-1 [Электронный ресурс]. URL: <https://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX>. (дата обращения: 04.11.2023).