

УДК 528.88  
AGRIS P01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/11>

## ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ МЕСТНОСТИ КАК БАЗОВЫЙ ЭЛЕМЕНТ КОРПОРАТИВНОЙ ГИС (НА ПРИМЕРЕ ГЕОПАРКА ТОРАТАУ)

©*Нигматуллин А. В.*, ORCID: 0009-0005-5257-5601, SPIN-код: 7577-9597, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия, [nigmatullin.a2016@yandex.ru](mailto:nigmatullin.a2016@yandex.ru)

©*Гончар А. Д.*, ORCID: 0009-0007-8880-7595, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия, [agonch4r@yandex.ru](mailto:agonch4r@yandex.ru)

©*Атнабаев А. Ф.*, ORCID: 0000-0002-1775-7830, SPIN-код: 7651-3116, Researcher: E-3008-2014, канд. техн. наук, Уфимский университет науки и технологий, г. Уфа, Россия, [aaf1981@mail.ru](mailto:aaf1981@mail.ru)

## DIGITAL TERRAIN MODEL AS A BASIC ELEMENT OF CORPORATE GIS (USING THE EXAMPLE OF THE TORATAU GEOPARK)

©*Nigmatullin A.*, ORCID: 0009-0005-5257-5601, SPIN-code: 7577-9597,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, [nigmatullin.a2016@yandex.ru](mailto:nigmatullin.a2016@yandex.ru)

©*Gonchar A.*, ORCID: 0009-0007-8880-7595, Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, [agonch4r@yandex.ru](mailto:agonch4r@yandex.ru)

©*Atnabaev A.*, ORCID: 0000-0002-1775-7830, SPIN-код: 7651-3116, Researcher: E-3008-2014, Ph.D., Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia, [aaf1981@mail.ru](mailto:aaf1981@mail.ru)

*Аннотация.* Работа посвящена исследованию методов получения трехмерных моделей местности с использованием современных технологий дистанционного зондирования Земли. Рассмотрены различные методики, включая интерполяцию точек высот и изолиний, использование космических снимков и лидарную съемку средствами беспилотных летательных аппаратов. Приведены аргументы в пользу применения лидарной съемки для создания цифровой модели рельефа в контексте создания корпоративной геоинформационной системы для геопарка «Торатау».

*Abstract.* The scientific article is devoted to the study of methods for obtaining three-dimensional terrain models using modern technologies of remote sensing of the Earth. Various techniques are considered, including interpolation of elevation points and isolines, the use of satellite images and lidar photography by means of unmanned aerial vehicles. The arguments in favor of using lidar photography to create a digital terrain model in the context of creating a corporate geoinformation system for the Toratau geopark are presented.

*Ключевые слова:* геоинформационные системы, цифровая модель рельефа, геопарк «Торатау», дистанционное зондирование, трехмерная модель, беспилотный летательный аппарат.

*Keywords:* geographic information systems, digital terrain model, Toratau Geopark, remote sensing, three-dimensional model, unmanned aerial vehicle.

Современные технологии дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предоставляют уникальные возможности для изучения и визуализации природных объектов. Одной из задач ДЗЗ является создание трехмерных моделей местности, что имеет широкое применение в

самых различных областях. Одной из таких областей является представление пространственно-распределенных объектов. Можно сказать, что ДЗЗ — это неотъемлемая часть пространственно-распределенных данных и полученные данные используются в любой корпоративной ГИС, а значит, что ДЗЗ — это также неотъемлемая часть любой корпоративной ГИС. Типичным представителем объектов такого типа является геопарк «Торатау», общая площадь которого составляет более 4 000 км<sup>2</sup>.

Геопарк «Торатау» представляет из себя уникальный природный объект с высоким биоразнообразием и геологическими особенностями, что делает его привлекательным не только для туристов, но и для научных исследователей. В данном геопарке решается широкий спектр задач, связанных с обработкой пространственно-распределенных данных и в связи с этим целесообразно создать корпоративную ГИС, в рамках которой может быть реализована трехмерная модель местности, построенная на базе цифровой модели рельефа (ЦМР). При чем ЦМР содержит информацию только о высоте рельефа, то есть не учитывая растительность [1, 2].

Таким образом, наличие высококачественной ЦМР является необходимым требованием для 3D визуализации пространственно-распределенных объектов и решения других проблем в корпоративной ГИС геопарка «Торатау».

*Методы получения ДЗЗ для построения 3D модели в геопарке «Торатау».* В настоящее время трехмерные модели можно создавать различными методами, например:

*Интерполяция точек высот и изолиний.* В настоящее время геоинформационные системы позволяют проводить операцию интерполяции точек высот по множеству методов, например — метод Кригинга, метод сплайн-интерполяции и другие. На Рисунке 1 представлен фрагмент изолиний и точек высот, а также получившаяся ЦМР. Данный метод можно применять в областях, где не требуется серьезная точность, так как могут возникать расхождения и ошибки между реальными значениями и получившийся ЦМР.

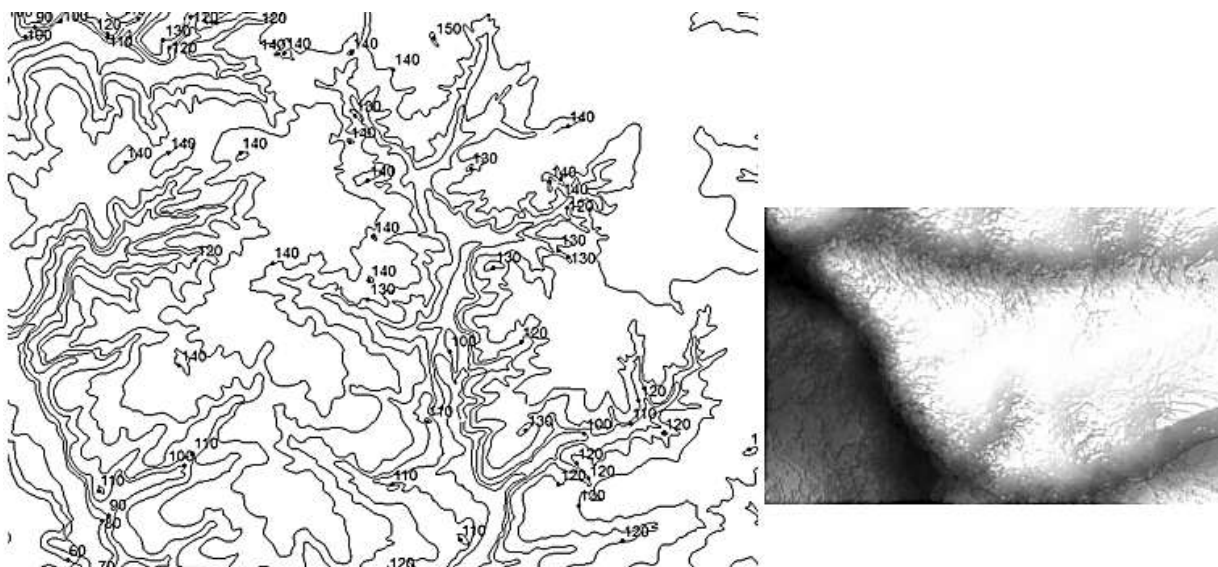


Рисунок 1. Фрагмент изолиний и точек высот и ЦМР на примере Омской области

*Использование космических снимков.* Безусловно, создание ЦМР по космическим снимкам используется в большинстве случаев при преследовании цели создания трехмерной модели местности. Однако, стоит отметить, что бесплатные спутниковые снимки, используемые для создания ЦМР, распространяются с разрешением до 10 метров на пиксель, что достаточно сильно искажает реальную картину на местности.

На Рисунке 2 представлен радиолокационный космический снимок со спутника Sentinel-1, на котором изображена часть геопарка «Торатау».

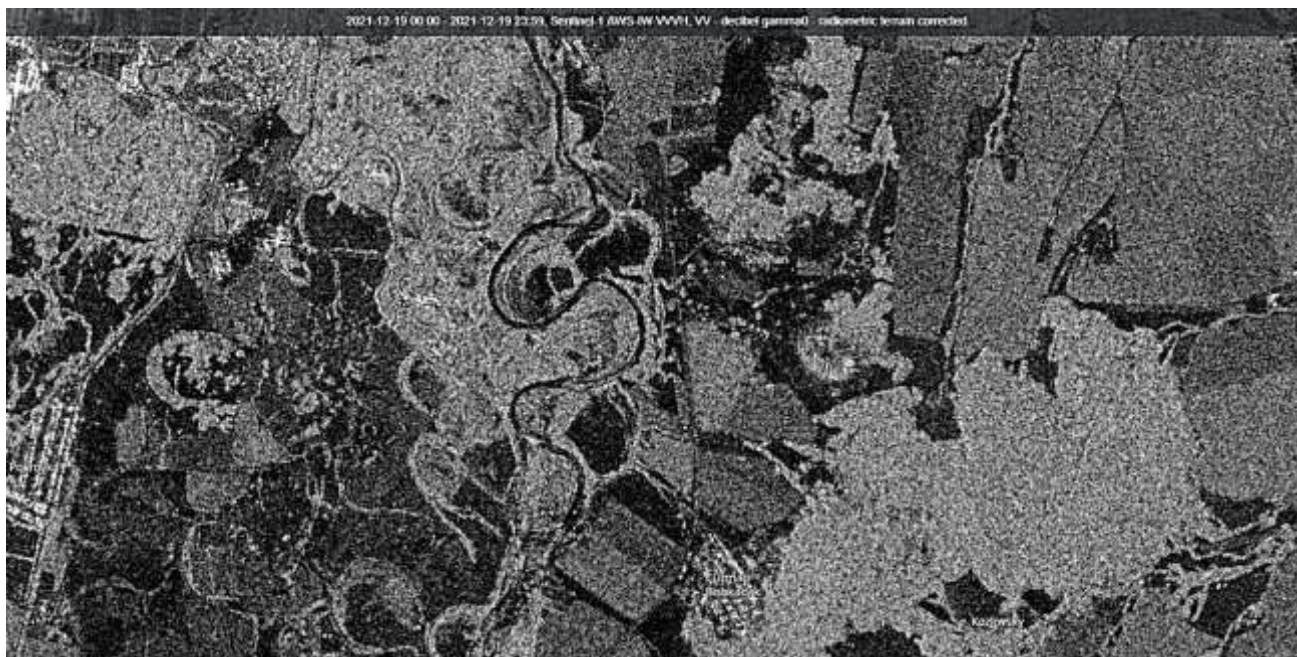


Рисунок 2. Радиолокационный снимок части территории геопарка «Торатау» со спутника Sentinel-1 от 19.12.2021

*Лидарная съемка средствами БПЛА.* Для выполнения лидарного сканирования местности на территории геопарка требуется установить на БПЛА специальное оборудование, которое зачастую стоит недешево. Однако, этот минус покрывается тем, что, установив это оборудование можно получить весьма точную модель рельефа, вплоть до 3 см на пиксель.

Выбор конкретного метода построения ЦМР по данным ДЗЗ зависит от контекста будущего использования. Учитывая сложность рельефа, пространственную распределенность объектов по всей территории геопарка имеет смысл рассмотреть способ создания ЦМР с помощью БПЛА.

*Создание ЦМР по данным, полученным с помощью БПЛА.* Для создания ЦМР беспилотный летательный аппарат должен иметь на борту специальную аппаратуру, а именно – БПЛА должен быть обеспечен лидаром. Также из особенностей съемки данным способом необходимо выделить, что положение камеры отличается от аэрофотосъемки с целью получения ортофотоплана, где камера располагается в надире. Камера должна быть расположена под углом в 30 или 45 градусов от земли, в зависимости от высоты полета.

Существует множество лидаров, которые предназначены для создания ЦМР. Сравнение популярных лидаров представлено в Таблице.

Таблица

#### ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИДАРОВ

Название	Вес	Количество точек в секунду	Точность измерения
DJI Zenmuse L1	~ 900 г	до 480 000 т/сек	до 3 см
GreenValley LIAIR V70	~ 1,1 кг	до 720 000 т/сек	до 5 см

Использование БПЛА при создании ЦМР является более эффективным и точным методом, чем интерполяция изолиний и точек высоты, а также создания ЦМР с помощью космических снимков. Благодаря возможности прямого наблюдения и съемки местности с воздуха, БПЛА позволяют получить более детальную и точную информацию о рельефе местности.

Для повышения качества и эффективности управления территориально-распределенными объектами, таким как геопарк «Торатау», необходимо создавать корпоративные ГИС. Неотъемлемой частью любой ГИС является трехмерная модель местности, которая позволяет в наглядном виде представлять различные ситуации, визуализировать пространственно-распределенные объекты и на их основе осуществлять информационную поддержку принятия решений.

*Список литературы:*

1. Павлова А. И. Анализ методов интерполирования высот точек для создания цифровых моделей рельефа // *Автоматрия*. 2017. Т. 53. №2. С. 86-94. EDN: YKFYZB. <https://doi.org/10.15372/AUT20170210>
2. Гончар А. Д., Нигматуллин А. В., Зверева Н. Н. Анализ и концептуальное проектирование геопортала "Янган-тау" // *Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении: сборник научных статей Всероссийской конференции*. Курск, 2023. С. 98-102. EDN VOCTFP.

*References:*

1. Pavlova, A. I. (2017). Analiz metodov interpolirovaniya vysot tochek dlya sozdaniya tsifrovyykh modelei rel'efa. *Avtometriya*, 53(2), 86-94. (in Russian). <https://doi.org/10.15372/AUT20170210>
2. Gonchar, A. D., Nigmatullin, A. V., & Zvereva, N. N. (2023). Analiz i kontseptual'noe proektirovanie geoportala "Yangan-tau". In *Avtomatizatsiya i modelirovanie v proektirovanii i upravlenii: sbornik nauchnykh statei Vserossiiskoi konferentsii, Kursk, 98-102*. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 08.05.2024 г.*

*Принята к публикации  
12.05.2024 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Нигматуллин А. В., Гончар А. Д., Атнабаев А. Ф. Цифровая модель местности как базовый элемент корпоративной ГИС (на примере геопарка Торатау) // *Бюллетень науки и практики*. 2024. Т. 10. №6. С. 86-89. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/11>

*Cite as (APA):*

Nigmatullin, A., Gonchar, A., & Atnabaev, A. (2024). Digital Terrain Model as a Basic Element of Corporate GIS (Using the Example of the Toratau Geopark). *Bulletin of Science and Practice*, 10(6), 86-89. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/103/11>