

УСКОРЕННАЯ ГЕНЕРАЛИЗАЦИЯ РЕЛЬЕФА С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ

В.Д. Оленьков, А.Д. Бирюков, Н.Т. Тазеев

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Представлено описание методики ускоренной генерализации рельефа местности для построения карт ветрового режима. Методика базируется на результатах экспериментальных исследований данных о цифровых моделях местности/рельефа с помощью специального программного обеспечения. Полученные трехмерные параметрические и полигональные модели рельефа местности могут быть использованы как для ускоренной обработки и генерализации с помощью специального программного обеспечения, так и для непосредственного исследования и расчета аэрационных режимов методами вычислительной гидродинамики.

Актуальность использования ЦМР в вопросах исследования аэрационного режима территорий обусловлена необходимостью перехода на современные методы исследования и верификации теоретических материалов. Цель создания таких трехмерных представлений данных о рельефе состоит в ускорении обработки информации о рельефе, а также в переходе в электронные форматы работы с трехмерными данными о рельефе.

Ключевые слова: градостроительство, аэрация, карта аэрационного режима, цифровая модель рельефа, трёхмерная модель рельефа, генерализация.

Введение

Одним из важнейших аспектов проблемы загрязнения окружающей среды крупных городов является загрязнение воздушного бассейна. Тщательный и всесторонний учет природно-климатических факторов в градостроительном проектировании способен в значительной степени улучшить условия проживания населения и обеспечить здоровую городскую среду. Наиболее серьезно дела обстоят в крупных промышленных центрах, которыми являются многие города Урала.

Оптимальный способ оздоровления воздушного бассейна – учет аэрационного режима местности, при котором исследуются закономерности движения воздуха в зависимости от рельефа местности и метеорологических условий. Аэрация населенных мест – это естественное регулируемое проветривание территории городов, поселков, сельских населенных мест [1].

Для проведения оценки ветрового режима используются карты ветрового режима, составляемые на основе данных о рельефе и природно-климатических параметрах местности. Для этих целей рельеф местности необходимо генерализовать, т. е. упростить и привести к виду табличных аналогов [2, 3]. Генерализованный рельеф представляет из себя совокупность простых поверхностей, отражающую наиболее характерные особенности рельефа местности. Использование такой упрощенной модели местности значительно облегчает составление карт ветрового режима. Генерализация рельефа повсеместно используется при решении широкого спектра задач в областях градостроения и архитектуры, в частности, при изучении вопросов аэрации и ветрового режима различных территорий [4].

Однако генерализация рельефа – непростая задача, требующая от проектировщика определенных умений и навыков в работе с картографическими материалами.

В настоящее время существует два принципиально различных метода генерализации рельефа:

- обобщение качественных и количественных характеристик при построении карт рельефа;
- использование цифровых моделей местности/рельефа и специального программного обеспечения.

Первый метод основывается на анализе картографических материалов, проводимом непосредственно проектировщиком, от которого требуется высокая точность и профессионализм. Этот метод требует значительных временных и трудовых затрат.

Второй метод подразумевает использование находящихся в открытом доступе данных о цифровой модели рельефа (здесь и далее ЦМР или Digital Elevation Model (DEM) в западном обозначении) и цифровой модели местности (ЦММ) для построения по двумерной карте высот трехмерного представления нужного участка рельефа местности или же извлечение этих данных для последующей обработки и нанесения горизонталей рельефа. ЦМР в отличие от ЦММ содержат информацию о высоте непосредственно поверхности земли, без учета зданий и растительности. Глобальные ЦМР и ЦММ в основном строятся по данным стереоскопической, оптической и интерферометрической радиолокационной космической съемки [5].

1. Получение и анализ исходных данных

Существуют различные сервисы и источники, предоставляющие данные о цифровой модели рельефа в открытом доступе. Обобщенные данные о самых известных ЦМР приведены в таблице.

1. Точность моделей выражена через показатели LE90 [6] и СКО. LE90 – пороговое значение для 90 % расхождений. СКО – среднеквадратическая ошибка (вычисленная по расхождениям значений высот между исследуемой глобальной и эталонной моделями).

2. В таблице для каждой из моделей приведены усредненные показатели точности для всего мира либо из спецификаций, либо из отчетов, содержащих результаты масштабных проверок моделей на многочисленных участках, расположенных на разных континентах. От территории к территории точность каждой модели варьируется в зависимости от источника данных, от уклона рельефа, от характера поверхности.

3. Горизонтальный размер ячейки приводится в угловых секундах, поскольку это постоянная величина. Размер ячейки в метрах колеблется в зависимости от географической широты.

Важно отметить, что точность и репрезентативность данных измерений неоднократно проверялись в научных трудах различными учеными [7], которые пришли к выводам о пригодности данных, полученных самым грубым методом (STRM) для создания контурных линий горизонталей на топографических картах масштаба 1:50 000 и мельче, следовательно, для остальных моделей данные результаты будут превышены.

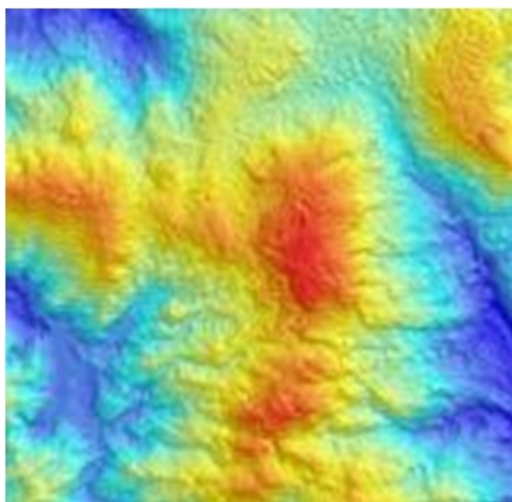
В результате проведенного сравнительного анализа представленных сервисов наиболее подходящим источником оказался сервис ASF (Alaska satellite Facility) как свободная реализация доступа к данным ЦМР ALOS AW3D, построенной на базе данных со спутника ALOS [8, 9]. Данный сервис позволяет получить более детальные снимки и данные о ЦМР, нежели классическая SRTM модель (рис. 1).

Данный портал позволяет получить высококачественные спутниковые снимки местности, а также готовые и обработанные карты высот для различных участков местности и разных дат съемки. На рис. 2 цветными обозначениями показаны перекрытия снимков разных дат.

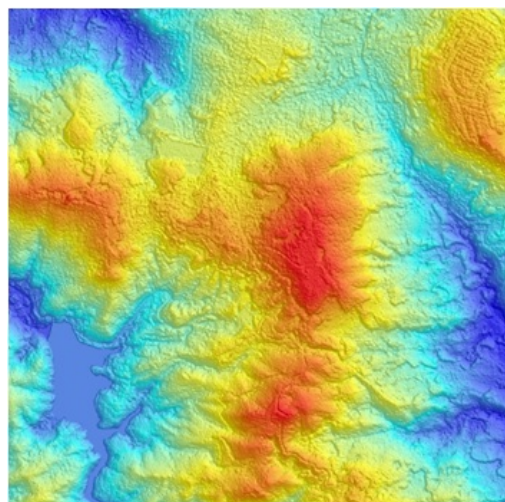
С помощью данного источника может быть получен пакет снимков в формате GeoTIFF [10], включающий в себя двумерную DEM высокого разрешения для Челябинской области и растровым разрешением 6000 пикселей. Фактическое разрешение полученной из DEM карты ЦМР составляет 12,5 м на один пиксель. Каждый пиксель двумерной DEM карты несет в себе информацию о возвышении данной точки в 32 битном числе. После импорта в программный комплекс QGIS можно с помощью встроенных инструментов легко выделить необходимый участок карты и нанести на нее изолинии горизонталей [11] с различным шагом, в данном случае через 10 и 8 метров (рис. 3, 4).

Обзор и сравнение различных сервисов-источников ЦМР

Сервис-источник	Тип распространения	Разрешение сетки arcsec	Точность по высоте LE90	
			Абсолютная	Относительная
GEO Elevation Services	Коммерческая	1''	4 м	2 м
NextMap World 10 и World 30	Коммерческая	1''	от 10 м (точность зависит от источника данных и от территории)	
ALOS AW3D	Коммерческая/есть бесплатная реализация	0,4''	от 5 м	
SRTM	В свободном доступе	3''	не менее 16	не менее 10 м
ASTER GDEM	В свободном доступе	1''	12–30 м	



а)



б)

Рис. 1. Сравнение детализации ЦМР земли модели SRTM (а) и ALOS (б)

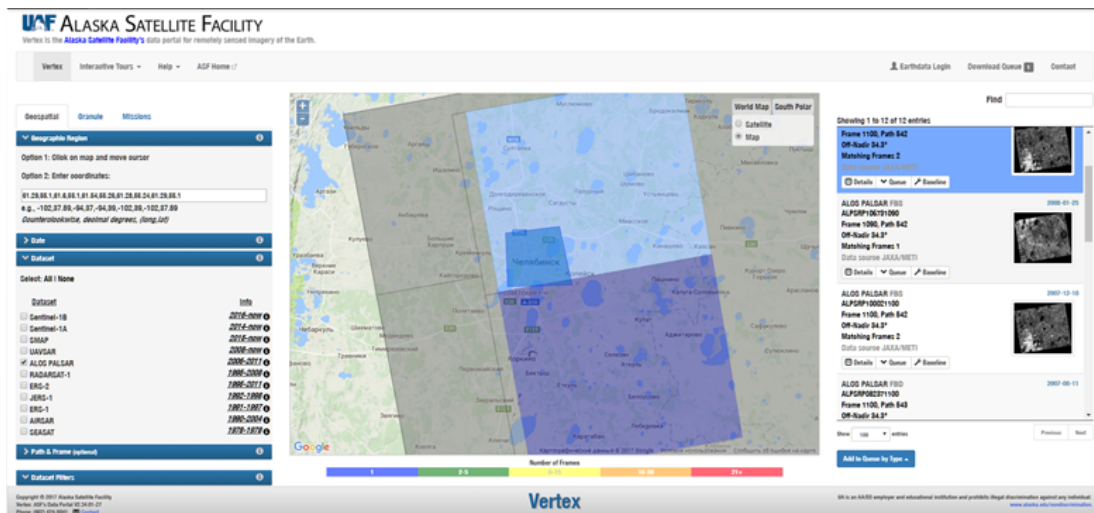


Рис. 2. Интерфейс портала ASF для получения снимков ЦМР

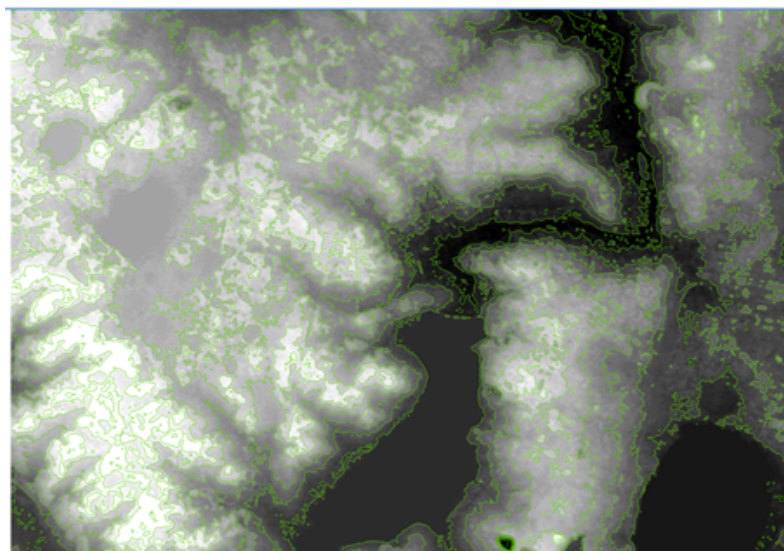


Рис. 3. Изображение карты рельефа с наложенными изолиниями с шагом 10 метров

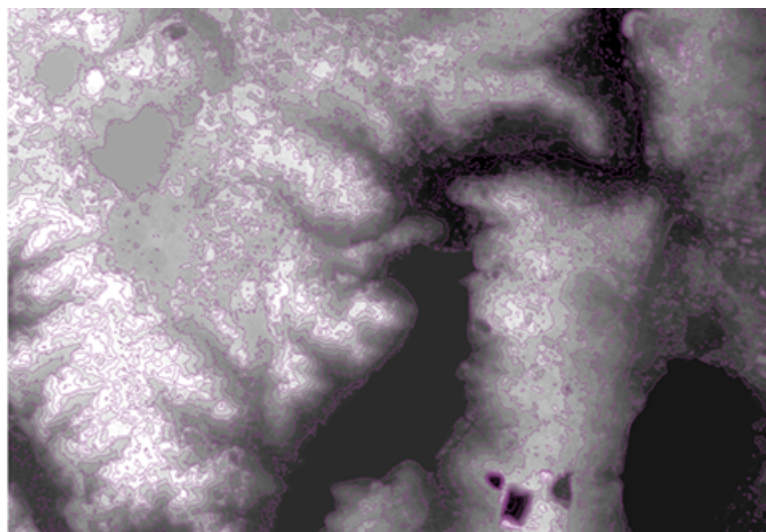


Рис. 4. Изображение карты рельефа с наложенными изолиниями с шагом 8 метров

Для повышения наглядности в ПО реализована возможность применить к изображению различные псевдоцветные градиентные фильтры, что позволяет более явно разделить разности высот, присвоив цветовые обозначения для разных значений (рис. 5).

Все DEM-данные содержат информацию не только о высотах точек, но и об их географических координатах, при этом в полученных файлах могут применяться различные системы координат. Программный комплекс QGIS [12], находящийся в открытом доступе, содержит в своем составе весь необходимый инструментарий для работы с различными картами любой сложности в виде двумерных растровых или векторных слоев с автоматическими привязками к координатам. Благодаря данным особенностям данное ПО позволяет подгружать для текущих координат на

экране дополнительные слои, содержащие в себе актуальные динамические карты с различных открытых источников стандартов Open Street Map или Google Maps [13]. Данные динамические слои подгружаются в потоковом режиме через сеть интернет путем выбора из библиотеки изображений карт необходимых тайлов (участков изображения карты), перекрывающих текущую область на экране с соответствующим масштабом и координатами.

Так, произведя обрезку карты Челябинской области до укрупненного участка, можно подгрузить под окрашенный слой с DEM картой слой с актуальной картой местности. Изменив прозрачность DEM слоя, можно обнаружить полное совпадение данных о рельефе и фактического местоположения неровностей, что говорит о достоверности информации о координатах в ЦМР (рис. 6).

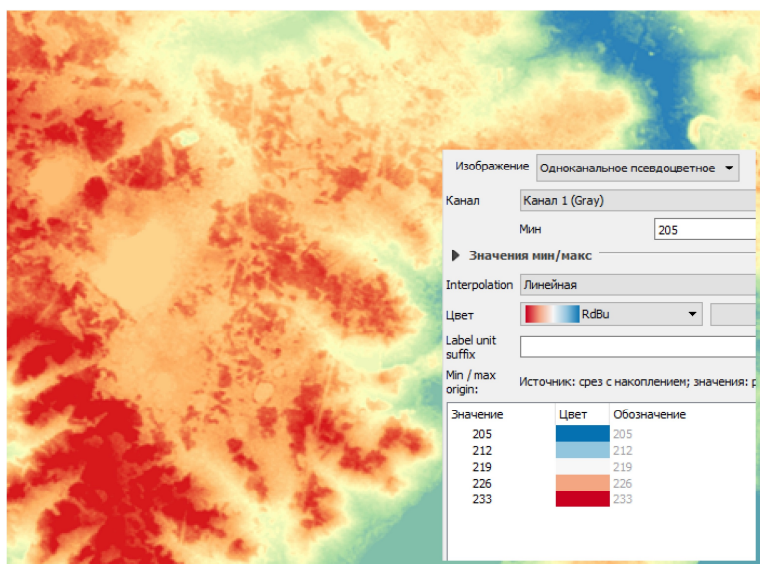


Рис. 5. Наложение псевдоцветного градиента на карту высот

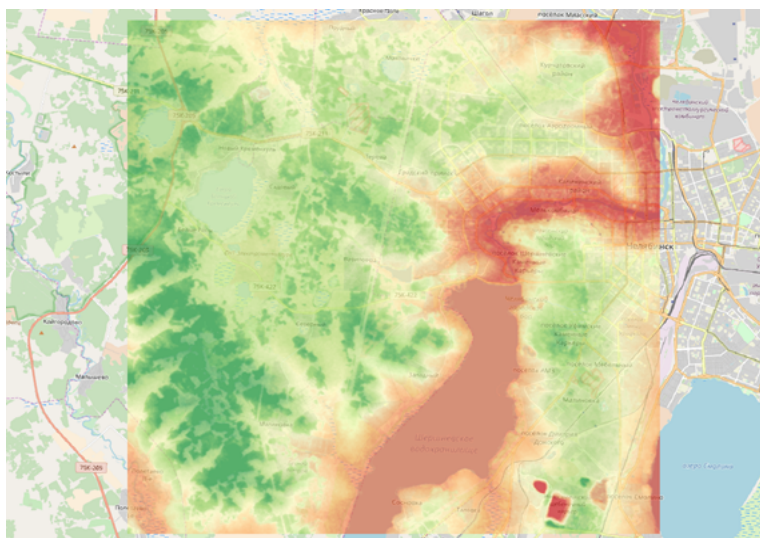


Рис. 6. Наложение карты высот на слой Open Street Map с прозрачностью

Градостроительство и архитектура

2. Обзор аналогичных методик

Существует ряд методик, позволяющих получить трехмерную модель рельефа в классическом геометрическом представлении. Все эти методики отличаются по назначению конечной трехмерной модели и могут быть разделены на следующие группы:

1. Получение точного полигонального твердотельного представления Dem карты.
2. Художественная визуализация в реальном времени с помощью карты высот.
3. Извлечение двумерных линий горизонталей из исходной ЦМР с последующей обработкой для получения редактируемой компьютерной трехмерной модели.

В данной статье рассмотрена методика извлечения изолиний (или горизонталей) из исходной ЦМР, дающая возможность получить редактируемую параметрическую трехмерную модель рельефа из группы векторных линий горизонталей с установленными величинами высот каждой из них.

Идея развивает уже известную методику получения параметрических трехмерных моделей рельефа [14] путем ручного извлечения двумерных контуров профилей рельефа необходимого участка местности с определенным шагом, с дальнейшей обрисовкой двумерного эскиза в любом CAD редакторе и последующим применением операции loftования для объединения группы профилей в трехмерную гладкую поверхность (рис. 7, 8).

Способ ручного построения профилей имеет ряд недостатков: в частности, выполнение операций происходит вручную, и подобрать шаг дискретизации рельефа с достаточной точностью проблематично, кроме того погрешность выполнения финальной модели несет комплексный характер и содержит в себе погрешность замера, отрисовки и погрешность выбора шага ввиду ручного способа снятия характеристик. Кроме того, полученная трехмерная модель рельефа не будет содержать в своем составе линий горизонталей и, хотя существует способ нанести их уже непосредственно в ре-

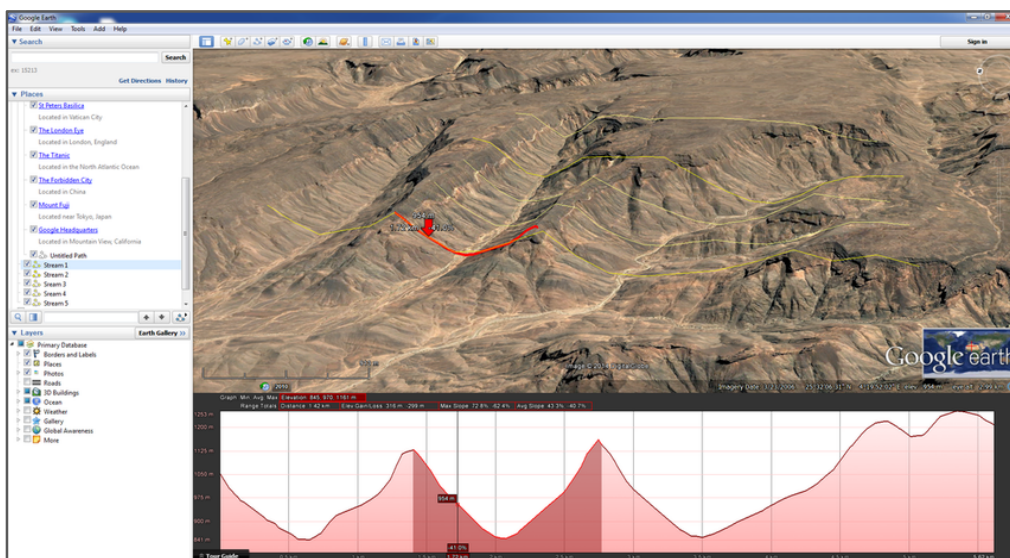


Рис. 7. Процесс ручного получения контурной линии профиля рельефа

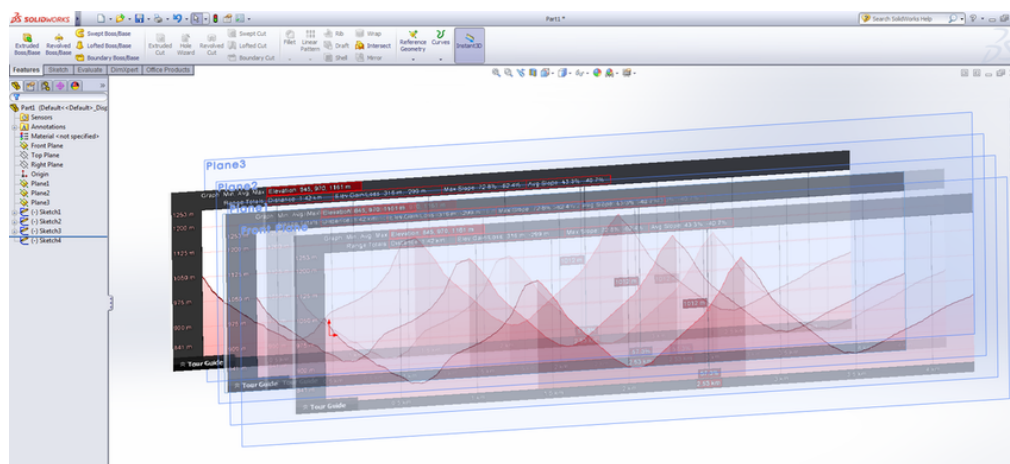


Рис. 8. Процесс обрисовки изображений профилей в CAD пакете

дакторе, это слишком длинный путь. Таким образом, опираясь на эти замечания, можно прийти к выводу, что данный метод в целом довольно опосредованно подойдёт для решений задач генерализации.

3. Описание методики

Рассмотрим методику непосредственного извлечения изолиний из исходной ЦММ для получения параметрической трёхмерной модели рельефа с возможностью наглядного прямого редактирования в целях ускорения задач генерализации. Суть методики заключается в уже рассмотренном выше наложении на двумерную DEM карту линий горизонталей с необходимым шагом, но на этот раз с сохранением информации о возвышении линии горизонтали в отдельном поле с последующим считыванием этих данных в любом векторном редакторе.

У данной методики существует масса вариантов реализации с помощью различного программного обеспечения, в данном случае рассматривается решение задачи встроенными средствами пакета QGIS. В частности, такого рода функционал реализуется с помощью различных модулей и скриптов из библиотеки GDAL [15] (Geospatial Data Abstraction Library). Стандартными средствами ПО поддерживается экспорт векторных линий горизонталей в DXF файл, но без сохранения возвышения каждой из изолиний.

Для сохранения информации о возвышении каждой линии горизонтали и последующего экспорта данной информации в трёхмерный DXF файл необходимо создать специальное поле для сохранения этих значений при выполнении операции извлечения линий горизонталей (рис. 9). Полученные значения возвышения ассоциируются с номером каждой изолинии.

Для дальнейшего экспорта векторных данных используется модуль ogr2ogr из библиотеки

GDAL, работа с модулем возможна как в текстовом, так и в графическом режиме. Вызов модуля осуществляется командой с ключами параметров, в данном случае необходимо указать стандартные параметры входного и выходного файла, их формат и расположение, а также один дополнительный атрибут – `zfield {ColumnWithZValue}`, где значение в скобках есть имя переменной с информацией о возвышении той или иной изолинии.

После выполнения данной команды на выходе получается 3dDXF файл, который может быть открыт CAD редактором. При включении любого вида, ортогонального плоскости изолиний, отчетливо видно, что информация о возвышении сохранена корректно (рис. 10).

Полученный в ходе данных манипуляций файл может быть использован в качестве основы для построения трёхмерной параметрической модели рельефа с помощью инструментов лофтования [16], присутствующих в любом современном CAD пакете. Суть данных инструментов заключается в объединении векторных линий горизонталей в гладкую параметрическую трёхмерную модель с учетом их высоты (рис. 11).

Полученная таким образом трёхмерная модель пригодна для обычного двумерного редактирования каждой горизонтали стандартными средствами. Так, загрузив в качестве слоя-подложки топографическую карту данного участка или снимок местности, можно провести правки линий горизонтали, удалить лишние линии или упростить уже существующие. Данный процесс в общем виде иллюстрирует суть процесса генерализации рельефа [17].

При этом все манипуляции удобнее делать еще на этапе подготовки с помощью исходного ПО для генерации горизонталей.

Полноценное редактирование исходных данных можно провести в пакете QGIS, который рас-

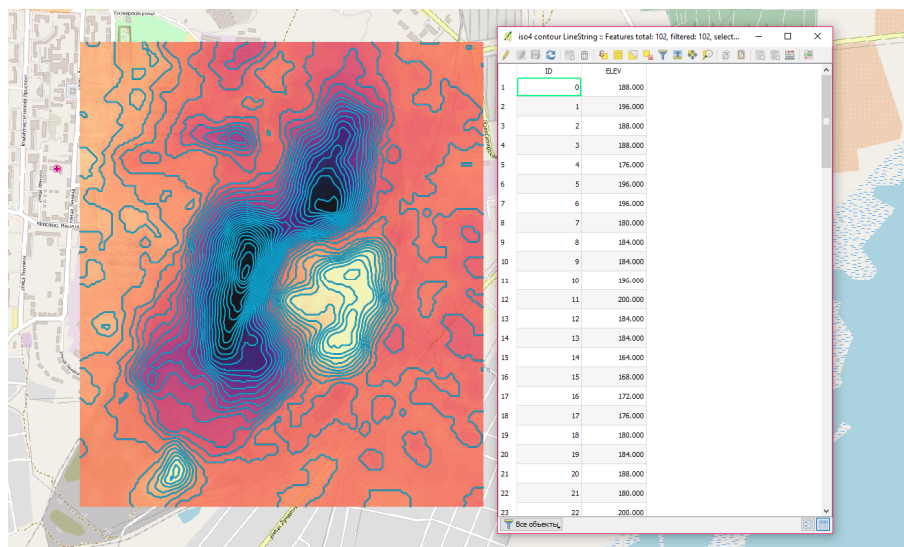


Рис. 9. Значения возвышения для горизонталей в поле ELEV

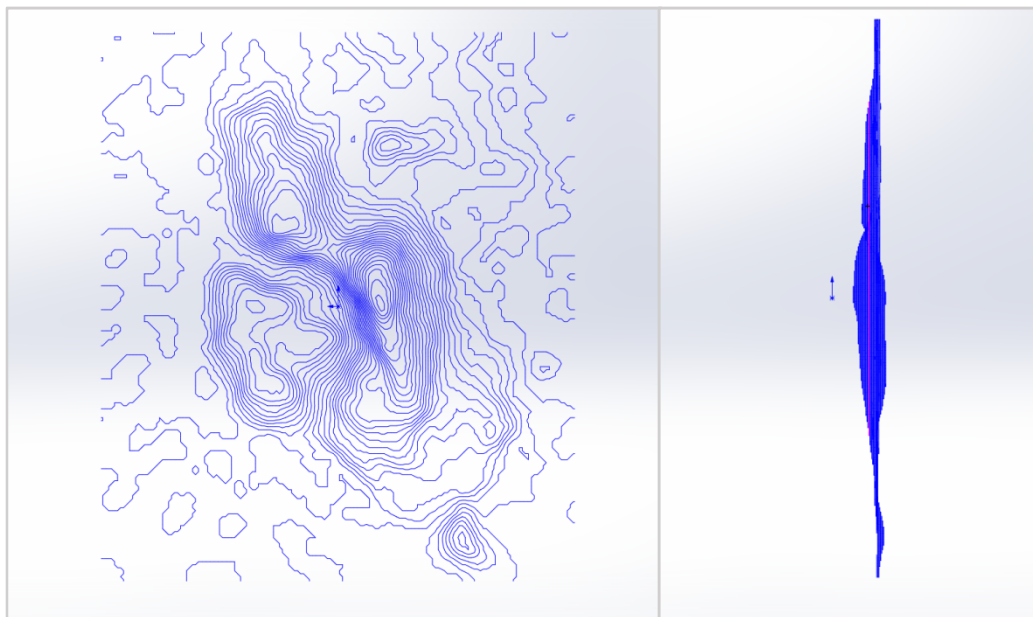


Рис. 10. Просмотр выходного файла в CAD редакторе

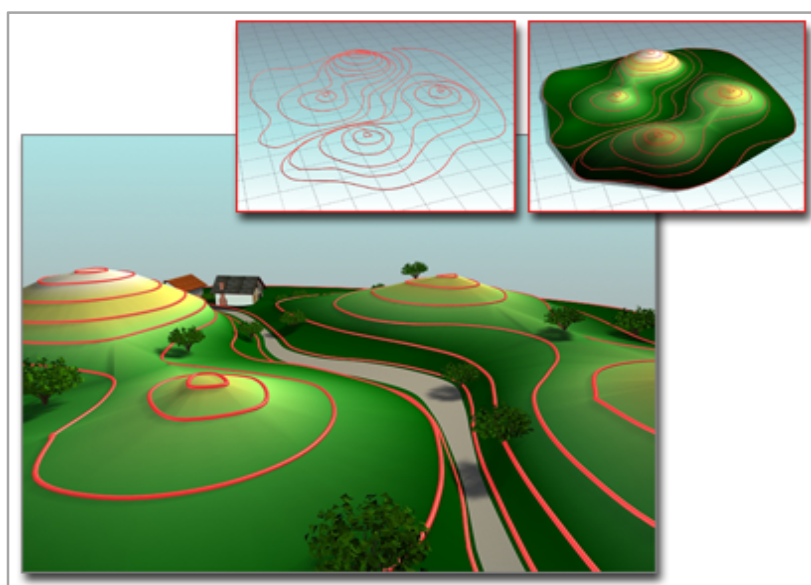


Рис. 11. Иллюстрация процесса объединения горизонталей в поверхность

полагает всеми базовыми инструментами векторного редактирования и позволяет работать с разными наборами линий горизонталей с различным шагом, в отдельных слоях.

При этом сохраняются основные преимущества работы в данном пакете в виде сохранения привязки к геокоординатам и возможностью отображения опорного слоя динамических карт в качестве подложки.

Вывод

В статье была исследована практическая реализация методики ускоренной генерализации рельефа с помощью использования цифровой мо-

дели рельефа в качестве исходных данных. Была рассмотрена базовая реализация с применением методов ручного переноса профилей рельефа в трехмерное векторное представление. Данная реализация является лишь иллюстрацией принципиальной возможности использования ЦМР в качестве источника данных для генерализации.

Представленная в работе более продвинутая реализация методики заключается в использовании встроенного функционала современных пакетов для работы с картографическими материалами. С помощью бесплатного ПО была произведена обработка исходных двумерных DEM карт рельефа с обработкой операций извлечения модели уча-

стка рельефа в виде совокупности изолиний горизонталей с сохранением ассоциированной информации об их возвышении.

Полученная совокупность линий может быть использована для создания параметрической трехмерной модели рельефа в САД редакторах, а также дополнительной обработки непосредственно векторных линий горизонталей в целях решения прикладных задач по генерализации.

Данная методика позволяет, опираясь исключительно на бесплатные материалы и ПО, получить достаточно качественный и удобный в обработке результат из исходных двумерных данных с возможностью гибкой настройки качества выходной модели.

Полученные в ходе данного исследования результаты послужат хорошей основой для разработки методов применения данных о ЦМР в ходе решения прикладных задач смежного профиля, в частности, для создания полигональных трехмерных моделей рельефа для решения вычислительных задач или для создания художественных трехмерных моделей для визуализации.

Литература

1. Серебровский, Ф.Л. Аэрация населенных мест / Ф.Л. Серебровский. – М.: Стройиздат, 1985. – 172 с.
2. Реттер, Э.И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э.И. Реттер. – М.: Стройиздат, 1984. – 294 с.
3. Колбин, Д.С. Исследование ветрового режима с целью аэрации и ветрозащиты городских территорий / Д.С. Колбин, В.Д. Оленьков // *Вестн. ПНИПУ. Строительство и архитектура*. – 2011. – № 1. – С. 36–39.
4. Оленьков, В.Д. Аэрационный режим города и его учёт в градостроительном проектировании / В.Д. Оленьков, Д.С. Колбин // *Строительство и образование: сборник научных трудов*. № 14. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – С. 71–74.
5. *Terrain Analysis: Principles and Applications* // In Wilson, J.P., and Gallant, J.C. (Eds.). New York: Wiley, 2000. – Chapter 1. – P. 1–27. Retrieved 2007-02-16.
6. Тумаров, П.С. Характеристики точности CE и LE / П.С. Тумаров. – <http://www.racurs.ru>
7. Karwel, K. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland / K. Karwel, I. Ewiak // *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B7. – Beijing, 2008. – P. 169–172.
8. *An Unrestricted View: PALSAR Data at NASA's Alaska Satellite Facility (ASF) Distributed Active Archive Center (DAAC) Are Now Easier to Access* // *EARTHDATA*. – URL: <https://earthdata.nasa.gov/unrestricted-palsar-asf-daac> (дата обращения: 27.02.2018).
9. *Precise Global DEM Generation By ALOS PRISM*, *ISPRS Annals of the Photogrammetry* / T. Tadono, H. Ishida, F. Oda et al. // *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. – 2014. – Vol. II-4. – P. 71–76.
10. Ritter, N. *GeoTIFF Format Specification* / N. Ritter, M. Ruth. – 1995. – 95 p.
11. Семашко, К.И. *Руководство по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки* / К.И. Семашко. – М.: Стройиздат, 1986. – 59 с.
12. *Open Source GIS and Freeware GIS Applications* // *GISLounge*. – <https://www.gislounge.com/open-source-gis-applications/> (дата обращения: 27.02.2018).
13. http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Application_of_OpenStreetMap
14. *ANSYS Terrain Modelling // Computational Fluid Dynamics is the Future* – <http://cfd2012.com/ansys-modelling-terrain.html> (дата обращения: 27.02.2018).
15. *OpenEO: a GDAL for Earth Observation Analytics* // *r-spatial* – <http://r-spatial.org/2016/11/29/openeo.html> (дата обращения: 27.02.2018).
16. *Terrain Compound Object* // *AUTODESK* <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-DD179DF1-D38A-4AD9-A2C1-5B68A6718E48-htm.html> (дата обращения: 27.02.2018).
17. *Справочник проектировщика: градостроительство* / под ред. проф. В.Н. Белоусова. – М.: Стройиздат, 1978. – 367 с.

Оленьков Валентин Данилович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Градостроительство, инженерные сети и системы», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), olenkovvd@susu.ru, centernasledie@mail.ru

Бирюков Александр Дмитриевич, аспирант кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), scaurender@gmail.com

Тазеев Наиль Тимурович, магистрант кафедры «Строительные конструкции и сооружения», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tazeev.nail@gmail.com

Поступила в редакцию 19 февраля 2018 г.

ACCELERATED GENERALIZATION OF THE RELIEF WITH THE USE OF THE DIGITAL ELEVATION MODEL

V.D. Olenkov, olenkovvd@susu.ru, centernasledie@mail.ru

A.D. Birjukov, crayrender@gmail.com

N.T. Tazeev, tazeev.nail@gmail.com

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The description of the technique, the accelerated generalization of the terrain for the construction of maps of the wind regime, is presented. The technique is based on the results of experimental studies of data on digital terrain/relief models using special software. The obtained three-dimensional parametric and polygonal terrain models can be used both for accelerated processing and generalization with the help of special software, and for direct investigation and calculation of aeration modes by methods of computational hydrodynamics.

The urgency of using DEM in researching the aeration regime of the territories is due to the need to switch to modern methods of research and verification of theoretical materials. The purpose of creating such three-dimensional representations of relief data is to accelerate the processing of information about the terrain, as well as in the transition to electronic formats for working with three-dimensional data on the relief.

Keywords: town planning, aeration, aeration mode map, digital relief model, three-dimensional relief model, generalization.

References

1. Serebrovskiy F.L. *Aeratsiya naseleennykh mest* [Aeration of Localities]. Moscow, Strojizdat Publ., 1985. 172 p.
2. Retter E.I. *Arkhitekturno-stroitel'naya aerodinamika* [Architectural and Construction Aerodynamics]. Moscow, Strojizdat Publ., 1984. 294 p.
3. Kolbin D.S., Olen'kov V.D. [A Study of the Wind Regime for the Purpose of Aeration and Wind Protection of Urban Areas]. *PNRPU Construction and Architecture Bulletin*, 2011, no. 1, pp. 36–39.
4. Olen'kov V.D., Kolbin D.S. [Aeration Town Regime and its Registration in Urban Design]. *Stroitel'stvo i obrazovanie: sbornik nauchnykh trudov* [Construction and Education: a Collection of Scientific Papers]. Ekaterinburg, 2011, no. 14, pp. 71–74 (in Russ.).
5. Wilson J.P., Gallant J.C. [Terrain Analysis: Principles and Applications]. New York, Wiley, 2000, Chapter 1, pp. 1–27. ISBN 0-471-32188-5. Retrieved 2007-02-16.
6. Titarov P.S. [CE and LE Accuracy Characteristics]. Moscow, Rakurs Publ., 2008. 4 p.
7. Karwel K., Ewiak I. [Estimation of the Accuracy of the SRTM Terrain Model on the Area of Poland]. [The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences]. Beijing, 2008, vol. XXXVII, part B7, pp. 169–172.
8. [An Unrestricted View: PALSAR Data at NASA's Alaska Satellite Facility (ASF) Distributed Active Archive Center (DAAC)]. Available at: <https://earthdata.nasa.gov/unrestricted-palsar-asf-daac> (accessed: 27.02.2018).
9. Tadono T., Ishida H., Oda F., Naito S., Minakawa K., Iwamoto H. [Precise Global DEM Generation by ALOS PRISM, ISPRS]. [Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences], 2014, vol. II-4, pp. 71–76.
10. Ritter N., Ruth M. GeoTIFF Format Specification, 1995. 95 p.
11. Semashko K.I. *Rukovodstvo po otsenke i regulirovaniyu vetrovogo rezhima zhiloy zastroyki* [Manual on the Assessment and Regulation of Wind Conditions for Residential Buildings]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986. 59 p.
12. [Open Source GIS and Freeware GIS Applications. GISLounge]. Available at: <https://www.gislounge.com/open-source-gis-applications/> (accessed: 27.02.2018).
13. Available at: http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Applications_of_OpenStreetMap.
14. [ANSYS Terrain Modelling. Computational Fluid Dynamics is the Future]. Available at: <http://cfd2012.com/ansys-modelling-terrain.html> (accessed: 27.02.2018).

15. [Open EO: a GDAL for Earth Observation Analytics. R-Spatial]. Available at: <http://r-spatial.org/2016/11/29/openeo.html> (accessed: 27.02.2018).
16. [Terrain Compound Object. AUTODESK]. Available at: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2016/ENU/3DSMax/files/GUID-DD179DF1-D38A-4AD9-A2C1-5B68A6718E48-htm.html> (accessed: 27.02.2018).
17. Belousov V.N. *Spravochnik proektirovshchika. Gradostroitel'stvo* [Handbook of the Designer. Town Planning]. Moscow, Strojizdat Publ., 1978. 367 p.

Received 19 February 2018

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Оленьков, В.Д. Ускоренная генерализация рельефа с помощью использования цифровой модели местности / В.Д. Оленьков, А.Д. Бирюков, Н.Т. Тазеев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2018. – Т. 18, № 2. – С. 18–27. DOI: 10.14529/build180203

FOR CITATION

Olenkov V.D., Birjukov A.D., Tazeev N.T. Accelerated Generalization of the Relief with the Use of the Digital Elevation Model. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2018, vol. 18, no. 2, pp. 18–27. (in Russ.). DOI: 10.14529/build180203
