

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА
МЕСТНОСТИ И АЛГОРИТМ ЕЕ РАБОТЫ**

**THE METHODOLOGY OF FORMING A DIGITAL RELIEF MODEL
OF THE TERRAIN AND THE ALGORITHM OF ITS OPERATION**

Медведев И.Н., кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Medvedev I.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Стородубцева Т.Н., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Storodubtseva T.N., Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Шакирова О.И., ст. преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Shakirova O.I., senior lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация. В настоящее время наиболее значимыми информационными продуктами, создаваемыми на основе данных дистанционного зондирования Земли, становятся цифровые модели рельефа местности. В отличие от методического подхода, основанного на получении данных о рельефе местности с помощью оцифрованных топографических карт, для создания эталонной цифровой модели предложена методология, обеспечивающая высокую точность решения задачи координатной привязки опорных точек за счёт дифференциальной обработки навигационной информации, полученной двухчастотными приёмниками геодезического класса.

Abstract. At present, the most significant information products created on the basis of Earth remote sensing data are becoming digital models of terrain relief. In contrast to the methodical approach based on obtaining terrain relief data using digitized topographic maps, a methodology has been proposed for creating a reference digital model that ensures high accuracy in solving the problem of coordinate referencing of control points due to differential processing of navigation information obtained by dual-frequency geodetic receivers.

Ключевые слова: рельеф, местность, цифровая модель, геоинформатика, цифровая карта.

Keywords: relief, terrain, digital model, geoinformatics, digital map.

Первые эксперименты по созданию цифровой модели рельефа относятся к самым ранним этапам развития геоинформатики и автоматизированной картографии первой половины 1960-х гг. [1]. Одна из первых цифровых моделей рельефа местности была изготовлена в 1961 г. на кафедре картографии Военно-инженерной академии [2].

Впоследствии были разработаны методы и алгоритмы решения различных задач, созданы мощные программные средства моделирования, крупные национальные и глобальные массивы данных о рельефе, накоплен опыт решения с их помощью разнообразных научных и прикладных задач. В частности, большое развитие получило применение цифровой модели рельефа (ЦМР) для военных задач.

В настоящее время наиболее значимыми информационными продуктами, создаваемыми на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), становятся цифровые модели рельефа местности. В отличие от методического подхода, основанного на получении данных о рельефе местности с помощью оцифрованных топографических карт, для создания эталонной ЦМР предложена методология, обеспечивающая высокую точность решения задачи координатной привязки опорных точек за счёт дифференциальной обработки навигационной информации, полученной двухчастотными приёмниками геодезического класса.

Тематические цифровые карты создавались с использованием программных продуктов QGIS и MapInfo [3]. Исходными данными создания ГИС являлись отсканированные планшеты в формате JPG, таксационные описания в формате Word и таксационные характеристики насаждений, уточнённые в ходе наземных экспериментальных работ.

Алгоритм построения цифровых карт включает в себя следующие этапы [4, 5]:

1. Привязка растровых изображений (QGIS).
2. Трассировка растровых изображений (MapInfo).
3. Создание атрибутивной базы данных (QGIS).
4. Создание тематических цифровых карт (QGIS).

Методика формирования цифровой модели рельефа местности состоит из нескольких этапов. После проведения топографической съёмки или аэрофотосъёмки в свойства каждого снимка добавляются точные координаты на основании данных базовой станции и GNSS приемника, которые синхронизированы по времени. На втором этапе формирования ЦМР, в результате обработки полученных данных создается облако точек и опорные знаки. Отметки опорных точек вычисляются с использованием алгоритмов интерполяции или аппроксимации (рис. 1).

Создание цифровой модели рельефа лесных участков выполнено в программном комплексе Robur 8.3, путем экспорта данных полевых измерений, полученных с помощью электронного тахеометра. После запуска программы необходимо выполнить её настройку. Следующим этапом является создание проекта.

Перед началом подгрузки съёмки в программный комплекс подготавливается файл подгрузки в формате (.txt). Для корректного импорта в программу следует учитывать:

- 1 - разделитель значений (табуляция);
- 2 - разделитель между целой и десятичной частью числа (точка);

3 - разделитель между кодами, если к одной точке привязано несколько кодов.

В случае, если съёмочные точки не соответствуют данному виду, то необходимо создать файл Microsoft Excel. Далее следует выполнить импорт данных, путем указания пути к файлу со съёмкой.

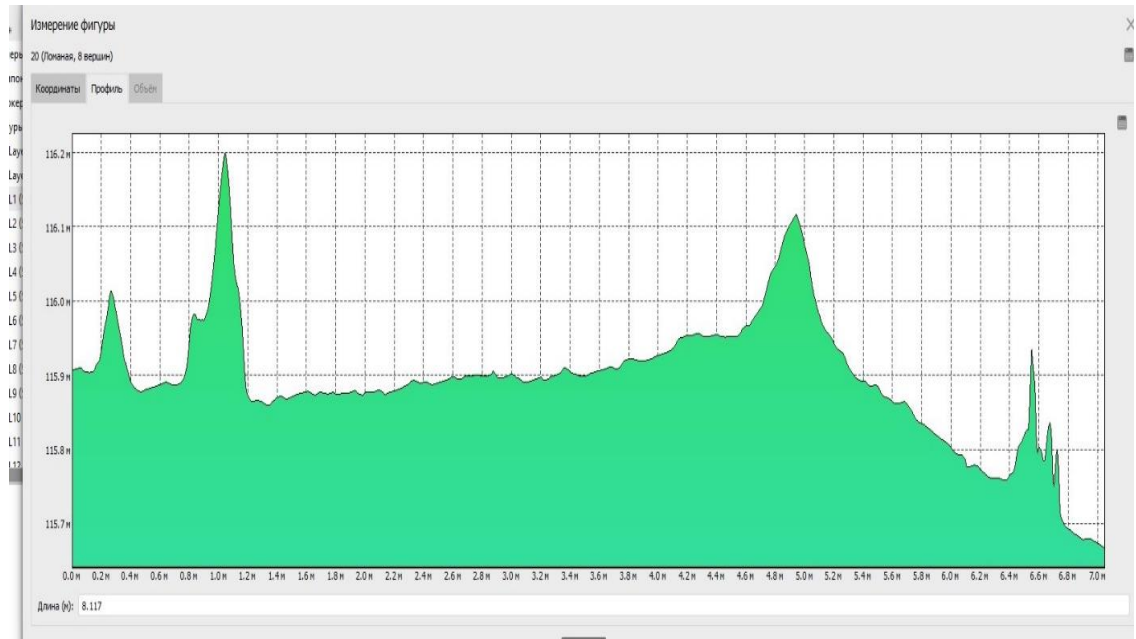


Рисунок 1 – Сечение облака точек при создании цифровой модели рельефа

Далее выбираем разделитель для текстовых данных таким образом, чтобы в окне данные были разделены на 5 столбцов (номер точки, северная координата, восточная координата, отметка, код), что приведено в [6].

Далее выбираем формат данных для каждого столбца и ячейку, с которой начнётся ввод данных в поле программы. Данные ($=A$1$) означают что первой ячейкой ввода данных будет ячейка находящиеся в столбце A строке 1 [6]. По завершению импорта данных следует выполнить проверку корректности их ввода.

После того, как была выполнена проверка, необходимо сохранить файл в текстовом формате с разделителем (табуляция) и указать путь, куда будет сохранён файл.

Следующий этап создания ЦМР – импорт точек. Для этого необходимо подгрузить подготовленные съёмочные точки в ранее созданный проект.

После импорта точек в проект, для комфортной работы следует выполнить настройку отображения данных и подготовить поверхности для работы. Далее переходим во вкладку (Горизонталы – стиль горизонталей). В данной части диалогового окна меняем (Цвет) горизонталей с 42 на 32, так как цвет 42 уже применяется в некоторых условных обозначениях [6].

После всех настроек и подгрузки поверхности в формате (.txt) можно приступить к отрисовке. Для того чтобы увидеть отображаемые данные по точкам (коды и отметки). Подгруженные точки поверхности принимают требуемый вид (рис. 2).

Каждой точке присвоен код. Некоторые одиночные коды имеют обозначение одиночного знака (например, дерево отдельно стоящие) и программа автоматически назначает на такие точки условный знак (рис. 3).

Каждый линейный элемент имеет своё начало и конец, так пример код (3,1 (бровка, подошва)) иногда могут встречаться у одной точки, значит бровка и подошва начинаются с этой точки или на ней же заканчиваются.

Либо в этой точке могут пересекаться несколько элементов так, например, код (114,118 (существующее асфальтное покрытие, плитка тротуарная)) говорит о том, что, по границам точек с такими кодами проходит два разных покрытия (асфальтное и плиточное).

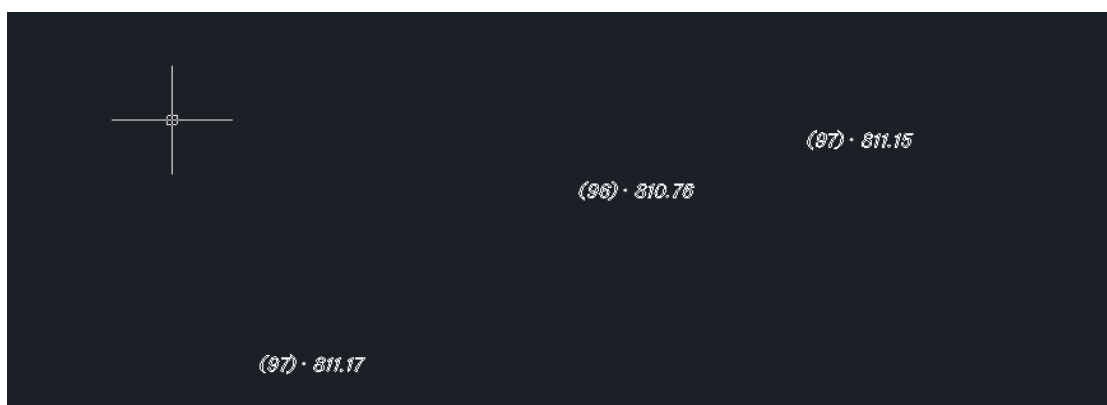


Рисунок 2 – Вид отображения точки



Рисунок 3 – Условный знак «Характеристики лесных древостоев – лиственные»

Заключительным этапом работы является отрисовка рельефа местности (рис. 2). После выбора строки построения, уточняется, какой конкретно элемент рельефа требует перестроения.

В появившемся динамическом поле, вводим значение длины ребра треугольников поверхности. После проделанных действий программа построила поверхность относительно точек поверхности [6]. Перед началом отрисовки нажимаем «поверхность – точки – подсветить». В появившемся окне, в соответствующей строке выбираем требуемый кодификатор.

После выбора кода, программа выделила красным цветом все точки, имеющие данный код. В результате будут сформированы объекты и выделены элементы рельефа.

Список литературы

1. Геоинформатика : учеб. для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарёв, В. С. Тикунов и др. ; под ред. В. С. Тикунова. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
2. Новаковский Б. А., Прасолов С. В., Прасолова А. И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. – М. : Научный мир, 2003. – 64 с.
3. Labenski P., Ewald M., Schmidtlein S., Ewald Fassnacht F. Classifying surface fuel types based on forest stand photographs and satellite time series using deep learning // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 29 April – 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102799>.
4. Shin J., Temesgen H., Strunk J.L., Hilker T. Comparing Modeling Methods for Predicting Forest Attributes Using LiDAR Metrics and Ground Measurements // Can. J. Remote Sens. – 2016. – Vol. 42, P. 739–765.
5. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 05.07.2011 г. № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_118509/ (дата обращения: 16.11.2023).
6. Цифровое моделирование рельефа : учеб. пособие / И. Н. Медведев, С. М. Гоптарев, Д. П. Курдюков, А. В. Налыгачёв. – Воронеж, 2023. – 100 с.

References

1. Geoinformatics: Textbook for students of higher education institutions / E.G. Kapralov, A.V. Koshkarev, V.S. Tikunov, et al.; Ed. by V.S. Tikunov. – M: Publishing Center "Academy", 2005. – 480 p.
2. Novakovsky B.A., Prasolov S.V., Prasolova A.I. Digital models of relief of real and abstract geofields. – M.: Scientific World, 2003. – 64 p.
3. Labenski P., Ewald M., Schmidtlein S., Ewald Fassnacht F. Classifying surface fuel types based on forest stand photographs and satellite time series using deep learning // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 29 April – 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102799>.
4. Shin J., Temesgen H., Strunk J.L., Hilker T. Comparing Modeling Methods for Predicting Forest Attributes Using LiDAR Metrics and Ground Measurements // Can. J. Remote Sens. – 2016. – Vol. 42, pp. 739–765.
5. Order of the Federal Forestry Agency of 05.07.2011 No. 287 "On approval of the classification of natural forest fire hazard and the classification of forest fire hazard depending on weather conditions." – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_118509/ (date of access: 16.11.2023).
6. Digital terrain modeling: textbook / I. N. Medvedev, S. M. Goptarev, D. P. Kurdyukov, A. V. Nalygachev. – Voronezh, 2023. – 100 p.