

УДК 528.931.2

ПРОБЛЕМЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А. В. Кочетова, Д. А. Игнатенко

*Санкт-Петербургский государственный университет, Университетская наб.,
7/9, 199034, г. Санкт-Петербург, Россия,
st110592@student.spbu.ru, st110672@student.spbu.ru*

На примере р. Северной Двины рассмотрены проблемы использования геоинформационных технологий при работе с гидрографическими данными и пути их решения. Авторами исследованы направления от получения исходных данных (особенности работы с цифровой моделью местности высокого пространственного разрешения), до измерения объектов гидрографии (алгоритм для определения длин линий по дугам окружностей) и их корректного автоматизированного отображения (алгоритм для визуализации по нескольким параметрам).

Ключевые слова: получение гидрографических данных; ArcticDEM; длины извилистых линий; картометрия в ГИС; визуализация гидрографической сети; автоматизированное отображение гидрографии.

THE ISSUES OF MAPPING AND MEASURING HYDROGRAPHIC OBJECTS USING GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

A. V. Kochetova, D. A. Ignatenko

*Saint-Petersburg State University, Universitetskaya embankment, 7/9, 199034,
Saint Petersburg, Russia, st110592@student.spbu.ru, st110672@student.spbu.ru*

This article examines the challenges associated with utilizing geoinformation technology when working with hydrographic data and suggests some solutions. The Northern Dvina River is used as an example in the study. The authors investigated the several research directions: from obtaining initial data (aspects of working with a digital terrain model of high spatial resolution are highlighted) to measuring hydrography (an algorithm for determining the lengths of lines by circular arcs) and their correct automated selection (an algorithm for tapered visualization).

Keywords: obtaining hydrographic data; ArcticDEM; arc lengths; cartometry in GIS; hydrographic network visualization; tapered hydrography.

Векторная гидрографическая основа — необходимый элемент электронных карт и атласов. Ее используют для проведения гидрологических

исследований и гидрографических расчетов, для пространственно-временного моделирования речных систем, в том числе для автоматизированного определения порядка водотоков сети и др. Поэтому предъявляются высокие требования к достоверности и соответствию объектов своему реальному положению в пространстве.

В статье изложен опыт применения геоинформационных технологий для работы с гидрографическими объектами на примере р. Северной Двины. В результате проведенных исследований, сформулированы основные проблемы в этой области.

1) *Сложности получения исходных векторных гидрографических данных.* Большинство векторных гидрографических основ создаются путем автоматизированного выделения водотоков по глобальным цифровым моделям местности (ЦММ) и цифровым моделям рельефа (ЦМР). При этом, полученные гидрографические данные не соответствуют требованиям, предъявляемым к цифровой картографической основе [1]. Одной из причин является недостаточно высокое пространственное разрешение (30 м).

С течением времени в открытом доступе стали появляться более подробные данные о рельефе некоторых территорий, а с ними и новые задачи. Результаты обработки региональной ЦММ высокого пространственного разрешения ArcticDEM [2] в целях извлечения векторной гидрографической основы, позволяют сделать следующие выводы:

- полученная модель характеризуется нарушением целостности потока (рис. 1). В некоторых местах наблюдаются ложное положение русла или нереалистичные (угловатые) формы;

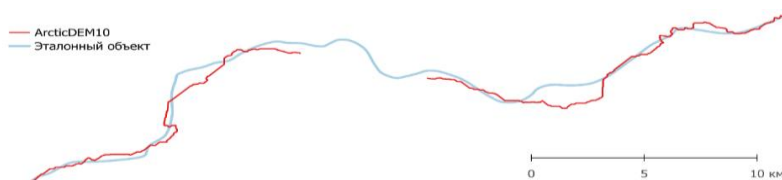


Рис. 1. Сравнение выделенного по ArcticDEM водотока с эталонным объектом

- причин возникновения ошибок может быть несколько. Во-первых, ЦММ, в отличие от ЦМР, включает значения высот растительности, зданий и других объектов, т. е. истинный рельеф искажен. Во-вторых, алгоритм извлечения водотока основан на вычислении направления стока по уклону, а Северная Двина — это равнинная река, с незначительными перепадами высот. Чем выше пространственное разрешение, тем меньше разница высот между соседними пикселями. В-третьих, исходные данные могут содержать ошибки и неточности, которые сложно идентифицировать;

- важным моментом является процедура оценки точности как исходного растрового слоя, так и векторной основы. В первом случае необходимо иметь эталонную поверхность, чтобы вычислить горизонтальную и вертикальную точность, значения которой производителем ArcticDEM не оценены [3]. Данная информация в таком крупном масштабе также недоступна. Во втором случае отсутствует система оценки, как таковая. Один из наиболее распространенных оцениваемых показателей — это длина реки. В рамках данной работы вручную был создан эталонный объект участка р. Северной Двины, протяженность которого составляет 664 км [4]. Но из-за нарушения целостности водотока, выделяемого по ArcticDEM, возможности сравнения с эталонным объектом ограничены.

2) *Измерение длин с помощью картометрических инструментов геоинформационных систем.* Использование автоматизированных инструментов измерений является одним из основных направлений исследований. В качестве примера рассмотрим одну из наиболее простых, но при этом важных характеристик — длину водотока.

Водотоки в природе имеют плавные очертания. В геоинформационных системах (ГИС) они зачастую представлены в виде сопряженных отрезков. Даже в случае визуализации линейных объектов в виде кривых, измерения проводятся по ломаным линиям, как было выяснено авторами в предыдущей работе [5]. Среди причин можно выделить как отсутствие замкнутой формы решения интеграла, определяющего длину кривой (к примеру, для кубических кривых Безье), так и сложность и нецелесообразность вычисления длин кривых, для которых такие решения возможны.

Однако можно учесть опыт измерений по аналоговым картам: существуют методы, позволяющие определить длину извилистой линии с помощью описания её дугами окружностей. Взяв данную идею за основу, можно через каждые три точки на измеряемой линии провести окружность, радиус (r) которой при умножении на угол между крайними точками в радианах (α) позволит рассчитать длину дуги (рис. 2).

Протяженность водотока, измеренная данным способом, неизбежно имеет большие значения, ввиду сглаживания очертаний — 667 км (относительно 664 км для эталонного объекта, измеренного ломаными линиями). Данный способ позволяет учесть сглаженные формы природных объектов: избежать расчетов как по ломаным линиям (срезающим часть дуги по прямой), так и по истинным кривым (требующим сложных вычислений).

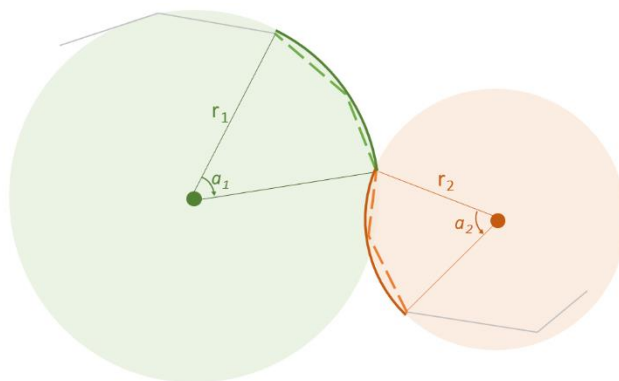


Рис. 2. Схема расчета длины сегментов через дуги окружностей

3) *Отображение иерархии речных систем средствами ГИС.* При автоматизированном картографировании речных систем в ГИС объекты гидрографии либо имеют одинаковое обозначение, либо варьируются по цвету и/или толщине линии в зависимости от их порядка. Это, в лучшем случае, позволяет учитывать лишь иерархию притоков, но недостаточно хорошо отображает направление их течения.

Предлагается способ, позволяющий задать рекам еще и направление (рис. 3). Первоначально, каждый сегмент водотока преобразовывается в отдельный линейный объект. Затем линии переводятся в полигоны путем задания буфера, уникального по ширине для каждого сегмента:

$$B = k \cdot \frac{1}{(Or+1)} \cdot \log_{10} L \cdot \frac{N}{C},$$

где B – ширина буфера, задаваемого для конкретного сегмента линии; k – пользовательский (масштабный) коэффициент; Or – порядок водотока; L – длина водотока; N – порядковый номер конкретного сегмента; C – общее количество сегментов водотока.

Таким образом, ширина каждого сегмента варьируется в зависимости от порядка водотока, его длины и участка течения (отношение данного сегмента к общему количеству сегментов водотока).

Так, разработанные алгоритмы определения порядка водотоков и отображения речных систем позволяют существенно сократить время, затрачиваемое на подготовку гидрографической основы для карт: вместо ручной обработки каждого водотока данная задача решается запуском программного модуля в QGIS.

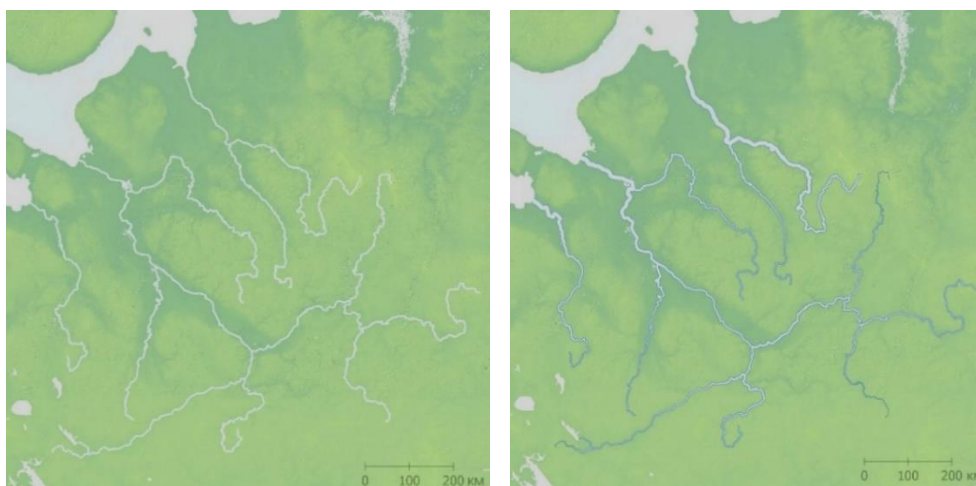


Рис. 3. Автоматизированное отображение гидрографических объектов без учета (слева) и с учетом (справа) иерархии и направления течения водотоков

В итоге выявлены проблемы инструментария ГИС при работе с гидрографическими объектами, а также разработаны новые приемы.

1. Изучены возможности автоматизированного выделения гидрографических объектов по ЦММ высокого пространственного разрешения.

2. Исследованы возможности измерения длин рек как ломанными отрезками, так и с помощью дуг окружностей.

3. Разработан и апробирован программный модуль для отображения иерархии речных систем.

Библиографические ссылки

1. СТО ГГИ 52.08.48–2020. Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик. Санкт-Петербург: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный гидрологический институт» (ФГБУ «ГГИ») Росгидромет, 2020. 83 с.

2. Porter C., et al. ArcticDEM, Version 4.1 // Harvard Dataverse, V1. 2023. DOI: 10.7910/DVN/3VDC4W.

3. PGC DEM Products – ArcticDEM, REMA, and EarthDEM. 2023 [Electronic resource]. URL: <https://www.pgc.umn.edu/guides/stereo-derived-elevation-models/pgc-dem-products-arcticdem-rema-and-earthdem/> (date of access: 01.02.2024).

4. Распоряжение от 19 декабря 2002 г. № 1800–р «Об утверждении Перечня внутренних водных путей Российской Федерации с изменениями на 19 июля 2022 г.» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901836096> (дата обращения: 10.02.2024).

5. Игнатенко Д. А., Кочетова А. В. Проблема измерения длин извилистых линий в геоинформационных системах на примере р. Северная Двина // Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля, Санкт-Петербург, 7–9 апр. 2023 г. С.724–729.