

УДК 627.08

А. В. ФЕВРАЛЕВ, канд. техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОСТИ ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИН РЕК**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;
эл. почта: gs@nngasu.ru

Ключевые слова: фрактальность, длина реки, площадь водосбора, картографический материал, извилистость.

Приведены понятия фрактальности и фрактальной размерности, описаны методы определения фрактальности, показана оценка длин рек России при помощи коэффициента извилистости.

Как известно, новое – это хорошо забытое старое. Иными словами, появление чего-либо нового еще не значит, что ранее не было чего-то похожего. Вернее, появление нового – это, как правило, повторение, может быть, и неосознанное или неизвестное автору новизны, чего-то ранее известного.

В этой связи вспоминается рассмотрение на кафедре гидротехнических сооружений ГИСИ (ННГАСУ) диссертационной работы аспиранта Сибирского филиала ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. Аспирант в диссертационной работе предложил классификацию грунтовых плотин в условиях вечной мерзлоты. После его доклада один из сотрудников кафедры отметил, что такая классификация ранее разработана профессором П. А. Богословским, но в несколько иной форме. При этом была найдена научная статья, в которой была изложена классификация П. А. Богословского. Оказалось, что аспирант был не знаком с этой статьей.

Еще пример. В работе Соболя С. В. [1, с. 52, формула (3.1)] приведена формула связи длины реки и площади водосбора в виде:

$$L=kF^h, \tag{1}$$

где L – длина реки; k и h – некоторые коэффициенты; F – площадь водосбора.

Формула (1) называется в [1] законом Хака со ссылкой на публикацию Хака от 1957 г. Однако еще в 1946 г. С. В. Григорьев [2] приводил аналогичную степенную зависимость длины реки и площади водосбора. Естественно, Хак не мог знать о работе С. В. Григорьева.

В последние 20-30 лет в российской науке появилось много работ, посвященных так называемым фракталам и фрактальности. Список работ приведен в [1]. Из этой монографии следует, что первым исследователем фракталов является математик из США *B. Mandelbrot* (Мандельброт), опубликовавший начала фрактальной геометрии в 1977 г, а толчок к изучению фракталов в России дала, вероятно, книга Федера Е., переведенная на русский язык в 1991 году. Вероятно, также, что ранее российские (советские) ученые познакомились с фрактальной геометрией на языке оригинала.



Перейдем теперь к понятию «фрактал» (*fractal*, от лат. *fractus*), что в переводе означает дробный, ломаный, фрагментарный [1]. Очевидно, что «фрактальность» можно перевести как дробность, ломаность, извилистость.

По [1] фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. Одной из основных характеристик фракталов является фрактальная размерность.

Известно [1], что размерностью называется количество переменных, необходимых для описания положения точки в пространстве. Исходя из этого, различают одномерность – размерность равна 1, двумерность – размерность равна 2 и трехмерность – размерность равна 3. Эти размерности принято называть топологическими.

Для фрактальных объектов величина размерности D меньше топологической размерности; она выражается нецелым числом.

Для определения фрактальной размерности используется зависимость [1]:

$$D = -\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (\ln N(\varepsilon) / \ln \varepsilon), \quad (1)$$

где ε – характерный размер; $N(\varepsilon)$ – число областей с размерами ε .

При измерении длины L ее величина будет

$$L = N \cdot \varepsilon. \quad (2)$$

Фрактальная размерность характеризует степень извилистости линии: величина D тем больше, чем более извилистая линия длины.

В этом смысле фрактальная размерность аналогична коэффициенту извилистости рек. Это подтверждается и в монографии [1, табл. 3.3].

Фрактальная размерность используется для определения длины, измеренной по картам разного масштаба. Эта процедура требует предварительной оценки величины D .

Для определения фрактальной размерности линии по ее изображению используется метод деления [1]: выбирается раствор воображаемого циркуля ε ; осуществляется проход линии этим циркулем и подсчитывается понадобившееся число ходов $N(\varepsilon)$; повторяются приведенные шаги с увеличением раствора циркуля; строится зависимость $N(\varepsilon)$ в билогарифмических координатах; оценивается наклон этого графика, он и считается фрактальной размерностью с обратным знаком.

При измерении длины линии по картам различного масштаба результаты будут разными. Поэтому рекомендуется [1] в сообщениях о длине линии указывать масштаб картографического материала.

Зная фрактальную размерность, можно вычислить, какой бы была длина при измерении по карте другого масштаба.

По выражению

$$N(\varepsilon) = N(\varepsilon')(\varepsilon'/\varepsilon)^D, \quad (3)$$

где ε' – длина мерного отрезка на карте другого масштаба, длина линии составит

$$L = N(\varepsilon)\varepsilon. \quad (4)$$

Таким образом, фрактальность позволяет уточнять оценки длин линий.

Однако для уточнения длин рек с учетом масштаба картографического материала еще при подготовке книги [3] (к сожалению, в [3] не указано, когда именно) была предложена методика этого уточнения с использованием



коэффициента извилистости (коэффициент извилистости определяется как отношение длины реки к длине прямой, соединяющей на карте исток и устье реки); последний был определен для 21 вида извилистости – от почти прямого до вида с извилинами до 2 мм на карте М 1:100 000. С использованием коэффициента извилистости длина реки уточняется достаточно просто, без применения фрактальности и фрактальной размерности.

Из сказанного следует вывод, что фрактальность ранее использовалась как извилистость, т. е. и здесь «хорошо забытое (или неизвестное) старое».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соболев, С. В. Фрактальные параметры водных объектов : монография / С. В. Соболев ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2019. – 232 с. – Текст : непосредственный.
2. Григорьев, С. В. Потенциальные энергоресурсы малых рек СССР / С. В. Григорьев ; под редакцией Д. Л. Соколовского. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1946. – 115 с. – Текст : непосредственный.
3. Гидрографические характеристики речных бассейнов Европейской территории СССР / Под редакцией В. В. Куприянова ; Гидрологический институт. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1971. – 99 с. – Текст : непосредственный.

FEVRALYOV Arkady Valentinovich, candidate of technical sciences, professor of the chair of hydraulic and transport structures

USING FRACTALITY FOR CARTOGRAPHIC DETERMINATION OF RIVER LENGTHS

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-42-89;
e-mail: gs@nngasu.ru

Key words: fractality, river length, catchment area, cartographic material, tortuosity.

The concepts of fractality and fractal dimension are given, methods for determining fractality are described, and an estimate of the lengths of Russian rivers using the tortuosity coefficient is shown.

REFERENCES

1. Sobol S. V. Fraktalnye parametry vodnykh obektov [Fractal parameters of water objects]: monografiya / Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod: NNGASU, 2019. – 232 p.
2. Grigorev S. V. Potentsialnye energoresursy malykh rek SSSR [Potential energy resources of small rivers of the USSR] / Pod red. D. L. Sokolovskogo. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1946. – 115 p.
3. Gidrograficheskie kharakteristiki rechnykh basseynov Evropeyskoy territorii SSSR [Hydrographic characteristics of river basins of the European territory of the USSR] / Pod red. V. V. Kupriyanova. – Gidrologicheskiy in-t. – Leningrad : Gidrometeoizdat, 1971. – 99 p.

© А. В. Февралев, 2024

Получено: 13.04.2024 г.