

279-283

中国湖泊分形特征初探

P941.78

赵 宏

赵 安

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008) (南京大学计算机系, 南京 210008)

摘要 本文从分形概念入手, 介绍自然界(水系、云、雪、树木)普遍存在分形特征, 继而用偏差法求解中国湖泊分布的分形特征, 并对其进行地理意义的解释, 为湖泊信息分类和湖泊数据库建设服务。

关键词 湖泊, 分形特征, 偏差法

湖泊分布

1 分形概念

分形(Fractal)理论是美国数学家 B. Mandelbrot 于 1973 年创立的^[1], 它是同一时期非线性科学研究中所取得的重大成果。分形集具有精细的结构, 即在任意小的比例尺下, 都可呈现出更加精致的细节, 它是如此的不规则, 以致于它的整体的局部都不能用传统的几何语言来描述, 然而它通常有着某种自相似的形式(可能是近似的, 或是统计意义下的相似), 并且能用很简单的方法产生, 以分维来度量。

由于经典的几何方法不适用于分形特征的描述, 目前分维(Fractal Dimension)成为研究这类分形现象的主要工具, 比如, 分形集中其局部与整体呈现某种相似性, 如果把某图形全体缩小成 $1/a$ 的 b 个相似形, 则可用 $d = \log b / \log a$ 作为计算分维的一种公式, 从不同的目的和情况出发, 人们定义了许多确定分维的方法, 其中常用的有 Hausdorff 维数、相似维数、盒维数、容量维数等。

自然界广泛存在着分形现象, 如大的波浪、云朵是由与其相似的小波浪、小云朵组成; 树木的每一个分枝是整株树的缩影; 海岸线、湖岸线是一小段一小段相似弯曲的岸线的整体集合; 全流域的水系由主干和支流, 一级、再次一级河流构成; 黄土高原的沟谷亦是由它的形状相似的次级沟谷组成, 如此等等。

然而, 自然界中存在的分形现象与数学上定义的纯粹分形(如 Cantor 集合、Koch 雪花集合等)相比较, 还具有两个明显的特点:

(1) 自然界中的这些现象, 只有在一定的尺度范围内、在一定的层次中, 才表现出分形特征, 其两端都受到某种特征尺度的限制。

(2) 自然界中的分形是自相似分布特征的随机对象, 不像数学上分形那么纯粹和“干净”, 因而必须采用概率统计的方法来处理。

近几年来, 地理学中的分形研究, 在美国、西欧和日本迅速展开, 无论在海岸、河流、地形、城镇分布等各方面都取得可喜的进展, 特别值得一提的是美国路易斯安那州州立大学地理与

· 国家自然科学基金资助项目(编号, 49271057)。
收稿日期: 1996-02-14; 收稿修改稿日期: 1996-12-18。

人类系林绍颜(Nina Siu Ngan Lam)教授联合多名分形研究专家、学者,以大量的研究实例和理论概括,写成“Fractals in Geography”专著,对分形概念、地理现象的分形特征、分数维求解算法等都做了详细的介绍^[2]。

分形理论在地理学中的应用研究在我国亦已迈步,由中国科学院南京地理与湖泊研究所赵锐研究员和南京大学王嘉松教授负责的国家自然科学基金资助项目“中国水系和湖泊分形特征研究”已全面完成,对中国水系分形特征、遥感信息数据压缩、湖泊分布分形探索都获得成功^[1],本文仅就中国湖泊分形特征研究的情况作一介绍。

2 湖泊分布分形特征求解

2.1 调用中国湖泊数据库^[1]

将全国离散的湖泊分布当作一个连续的曲面,湖泊地理位置作为 (x, y) 坐标,湖泊面积作为 z 值,来研究我国湖泊分布是否具有分形特征。

图1为我国湖面面积大于 10 km^2 的湖泊分布,在实际计算中,作者分别采用了两组湖泊数据,一组是青藏高原的数据,另一组是全国范围的湖泊数据。

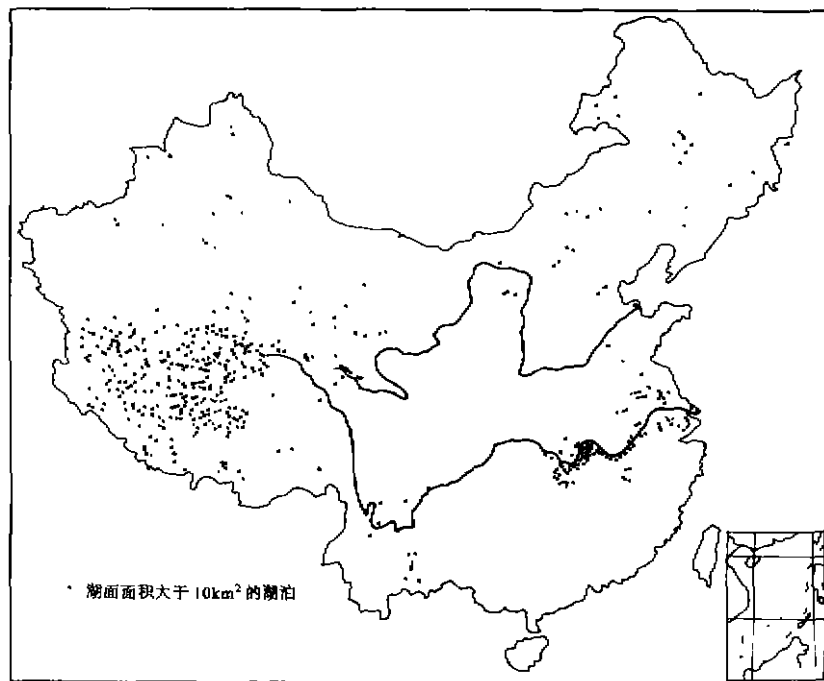


图1 中国湖泊分布(面积大于 10 km^2)

Fig. 1 The map of the lakes (with an area more than 10 km^2) distribution in China

2.2 确定算法和计算步骤

计算不规则曲面分形维数有多种算法,这里采用比较成熟和通用的偏差法

[1] 该库系中国科学院南京地理与湖泊研究所于“七五”、“八五”期间建成的,目前仍在不断扩充和更新之中。

(Variogram)^[2],具体公式推导过程比较繁复,已有人做过推导,这里不便赘述,虽然偏差法用于量测多重分形现象还有一些保留,但对于估算曲面分形维数看起来是一种更直接的方法,首先计算两两湖泊中心点的距离,接着将距离平均分成若干组(这里分成 100 组),计算每一距离组内各湖泊面积的均方差,距离数据组和均方差数据组分别取对数,做双对数图,计算回归直线的斜率 k ,分形维数 $D=3-k/2$ ^[2]。

计算步骤如下:

(1) 计算两两湖泊中心点的距离:由于我国地处中纬度地带,取地球半径为 $R=(a+b)/2$,其中 $a=6378.245\text{km}$, $b=6356.863\text{km}$ 分别为克拉索夫椭球体的长半轴和短半轴,据球面三角计算公式和每个湖泊中心位置的经纬度,计算两两湖泊中心点的距离。

(2) 将上述距离平均分成 100 组;

(3) 计算每一距离组内湖泊面积的均方差;

(4) 做双对数图,距离组取对数为横坐标,均方差组取对数为纵坐标;

(5) 计算双对数图回归直线的斜率 k ;

(6) 计算分形维数 $D=3-k/2$ 。

图 2 是根据上述计算做出的双对数图,计算结果是:据全国湖泊分布得出的回归系数 0.634,分形维数 2.564;而据青藏高原湖泊分布得出的回归系数为 0.759,分形维数 2.359。

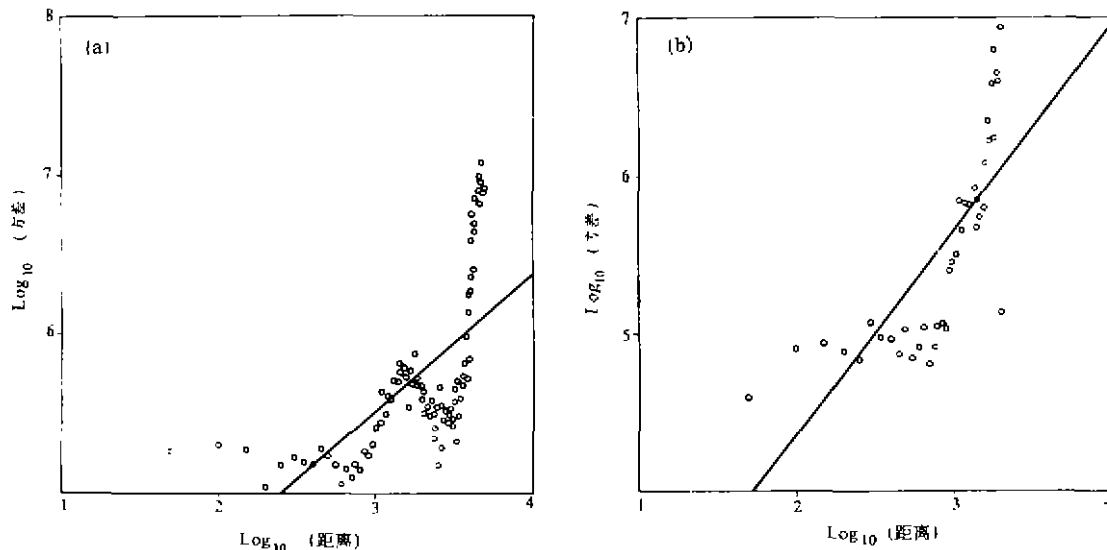


图 2 全国湖泊分布(a)和青藏高原湖泊分布(b)双对数图

Fig. 2 Log-log plot of the lake distribution in China(a) and QingHai-Tibet Plateau

3 湖泊分布分形特征地学解释

从图 2 可以看出,直线回归的结果并不理想(回归系数不高),说明我国湖泊分布分形特征不很明显,双对数曲线的头部和尾部明显地同中间部分不一致,必须截去不用,这一点是符合一般自然界现象普遍规律的,无论河流、城镇、疾病分布都出现相同的情况,说明自然现象不是在各种空间尺度与层次上都遵循纯数学上的分形定义,而是在一定的比例、空间尺度上才能呈

现出某种程度的分形特征,而曲线的中间部分是研究分形的主要依据,中国湖泊分布双对数曲线的这一部分不完全沿着一定的方向上升,而是出现两次显著的下降,这一点符合我国湖泊分布的特点。

(1) 我国湖泊成千上万(本次只选取全国湖面面积大于 10km^2 的 550 个湖泊参加计算),它们是以湖群聚集的形式分布的,主要集中于青藏高原(约占全国湖泊总数的 47.0%)、长江中下游、云贵川、蒙新和东北,而我国东南部大型湖泊甚少,这必然造成间距在湖群中逐渐增加时曲线遵循逐渐上升;而间距扩大到湖群间空白处(几乎没有湖泊分布)时,曲线逐渐下降;到间距再扩大到另一湖群时,曲线又呈上升之状。

(2) 我国湖泊面积大小和容量大小悬殊太大,最大的青海湖面积为 4200km^2 ,西藏的纳木错面积为 1961km^2 ,而小湖泊只有十几乃至数平方公里,其中大湖少而小湖众多,在间距逐渐扩大的搜索过程中,遇到大湖时曲线会急剧变化。

(3) 虽然湖泊和水系是紧密相联系的,水系的层次,主干和支流关系十分清晰,一级一级排列有序,数量逐渐递增,分形特征明显,双对数曲线规律性强,湖泊分布是散乱的,湖泊与湖泊之间的隶属关系目前尚不清楚,因而湖泊分布的分形特征不很明显。

湖泊也不象城镇分布那样层次分明,以长江三角洲地区为例,上海、南京、杭州为三个特大城市;在其周围分布着苏州、无锡、常州、镇江、扬州、南通、嘉兴、湖州、绍兴、宁波等十几个大中城市;大中城市周边又分布着百来个县城,每个县城周围又遍布几十个乡镇;每个乡镇周围又排列着几十个自然村,而长江三角洲地区太湖特大,西边隔湖、洮湖、丹阳湖、石臼湖,北边没有什么湖泊,东边是阳、澄、淀、溧诸小湖荡,从而造成湖泊分布分形特征不明显现象。

(4) 我国湖泊从总体来讲是处于退缩状况,形成一个接一个盐碱滩或沙石滩;东部湖泊因历年围垦形成规则的几何图形,而湖泊面积也在锐减,以太湖为例,50年代以前太湖湖水面积为 2520km^2 至 90年代只剩下 2330km^2 ,而阳、澄、淀、溧诸小湖荡湖面面积减少更快,自然的和人为的因素,使湖泊分布自然分形特征受到干扰。

4 讨论

我国湖泊分布的分形特征不象水系、城镇体系那样明显。

我国水系和湖泊分形特征的研究刚刚开始,虽然从理论、方法和地理诠释方面都有了很大的进展,但还有一些问题有待进一步解决,例如在何种空间尺度和范围为合适,亦即双对数曲线在什么地方截断为好,应该定量化。

另外,水系、湖泊、城镇分布特征都是以其自然形态为依据的,然而,实际操作时人为的破坏与干扰比比皆是,这样势必造成分形研究的困难,为此,还必须从信息源加以研究和保证,诸如使用遥感图像,在地图上恢复原有湖泊岸线等方法,才能保证得到更加精确的分形维数。

参 考 文 献

- 1 Mandelbrot B. The fractal geometry of nature. San Francisco, Freeman, 1992
- 2 Nina Su-Ngan Lam & Lee de Cola. Fractals in geography. New Jersey, PRT Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993
- 3 赵 锐、赵 宏等,地理现象分形研究,地理科学,1994,14(1)

THE FRACTAL FEATURE OF LAKE DISTRIBUTION IN CHINA

Zhao Hong¹ Zhao An²

(1: *Nanjing Institute of Geography & Limnology, CAS, Nanjing 210008*; 2: *Nanjing University, Nanjing 210008*)

Abstract

Waternet, cloud, snow and forest, etc have fractal features of nature. As compared with pure mathematical conception of Fractal, the fractal features in nature differs in two: 1) nature fractal features will be manifest only in certain scales and ranges. 2) there does not exist such a pure conception, that it must be processed by mathematics statistical method.

The fractal features of geographical phenomenon in as well as the progress in the research on seacoast, river, topography, town distribution and so on are discussed. Varigram is introduced to compute the fractal feature of Chinese lake distribution. The Chinese Lake Database, in which lakes of over 10 squared kilometres in China are included, is chosen, and the whole country group and the Qinghai-Xizang Plateau group are selected. The distances of each two lake centres are computed, then 100 groups are divided into according to the distance. In each distance group, the average lake area variance is computed, the log-log plots are drawn. The computed slopes of recursive plot in the two groups provide information on the fractal dimensions of the two lake groups. The results show that the fractal dimension for the whole country group is 2.564 with a regression coefficient of 0.634, while the dimension for the Qinghai-Tibet Plateau group is 2.359 with a regression coefficient of 0.759.

In the end, the geographic explanation on the fractal character of Chinese lakes is given, which can be used in lake classification and lake database establishment in China.

Key Words Lakes in China, fractal feature, varigram