

# 浙江省公路网分维数的研究

仇东东<sup>1</sup>, 管楚度<sup>2</sup>

(1. 温州大学, 浙江温州 325035; 2. 长沙理工大学, 湖南长沙 410076)

**摘 要:** 引进分形几何学中分维数概念来分析公路网, 弥补了缺少路网几何总体特征的评价, 对浙江省公路网分维数进行赋值研究.

**关键词:** 公路网; 分形几何学; 分维数

**中图分类号:** U491.13   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1008-309(2004)02-0032-08

## 一、公路网分维数概述

### (一) 基本概念

路网是一种几何网络, 几何网络需求一种几何性总体描述参数, 既要反映网络分布, 又要直接反映网络技术等级的层次, 因此引进现代分形几何学中的分维数方法. 由于路网不是绝对分形, 而是统计分形, 故我们需要运用工程法来求路网的分维数.

将分形几何学的基本概念和原理, 以及分形的特征应用于工程实践, 主要有如下两个根据:

(1) 分形中的自相似特性可以是绝对意义上的自相似, 也可以是统计意义上的自相似. 后者是我们在公路网技术等级规划思路中的理论依据, 我们不拘泥于自相似的绝对相同, 只是进行统计意义上的自相似拓展, 这就使自相似理论有了广阔的应用前景. 这时亦不必苛求工程对象和复杂与纯理论单纯间的差别, 即统计意义下的自相似理论可极方便地在工程实践中找到应用接口方法.

(2) 自相似存在着类属层次、级别的多种相似. 在级别相似中, 级别最高的是整体, 级别最低的称为生成元. 级别差愈小, 它们之间的相似性就越高; 级别差愈大, 它们之间的相似性就越低, 最终可导致相似性消失. 其中的相似现象称谓标度区间的不变性, 一旦逾越标度区间, 自相似性就不复存在, 也就谈不上分形.

上述两个特征也从另一个侧面说明了工程实践中的分形与纯理论分形学的差异. 公路网规划是一种工程实践, 其中所应用的分形与其理论虽在逻辑上须一脉相承, 但在处理问题的方法上都存在如下差异:

(1) 工程中的分形不象纯数学中的分形那样纯粹“干净”. 在工程实践中, 处理、对付任何非纯粹、非干净性的数学问题的有效方法就是利用概率统计. 当概率为 1 时, 哪些非纯粹、非干净的对象, 就变得纯粹、干净了.

(2) 无标度区间之外自相似性不复存在, 这一点对工程实践特别有意义. 数学上的分形可以无穷嵌套自相似下去, 如有规分形中的 Koch 曲线、Peano G 曲线、Cantor 集合、Sierpinski 垫片等等. 而工程中无标度区间外的不自相似几乎是绝对的. 在此种情况下就要求引入与此相关的工程概念.

收稿日期: 2004 - 2 - 14

作者简介: 仇东东(1976-), 男, 浙江乐清人, 助教, 硕士, 研究方向: 城市规划、交通规划

(3) 分形研究方法有 Hausdarf 维数法、Mandelbrot 的经验公式法和相似维数  $D_s$  法. 本文采用第一种方法.

Hausdarf 维数的计算方法为

$$D_f = - \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\lg N(r)}{\lg r} \quad (1)$$

式中:

$r$ ——测量标度单位;

$N(r)$ ——用该单位度量的结果.

该式含义: 对于一个客体, 若量度其“容积”的单位的半径为  $r$ , 用该单位量度的结果  $N(r)$  满足以下关系:

$$N(r) = cr^{-D_f} \propto r^{-D_f} \quad (2)$$

式中:

$\propto$ ——正变符号, 当正变为线性时, 即成正比关系.

则称该客体 (本文中即为公路网) 的维数为  $D_f$ .

## (二) 网络 Hausdarf 简化计算方法

在工程实践中可以将此原理简化为一方便实用的粗略方法. 具体步骤为: 用间隔为  $r$  的格子把平面分割成边长为  $r$  的正方形网格 (即粗视化), 计量研究对象落入到正方形格子的数目, 并记为  $N(r)$ . 当使  $r$  变化时,  $N(r)$  亦随之而变. 在  $N(r)$  与  $r$  的双对数关系图上, 标绘出数据点, 可看出其对数关系是呈直线性的. 然后用最小二乘法拟合出一条直线, 并用下式表示:

$$\lg N(r) = A - D \lg r \quad (3)$$

式中的  $D$  实际上就是上式对数坐标系中直线斜率的大小,  $D$  值越大, 则  $N(r)$  增加得越快,  $D$  值即为所研究对象的分维数值. 我们将这种计算分维数的方法称为 Hausdarf 简化计算方法.

分维数与网络密度 (面积密度) 的不同在于, 它考虑了层次间的统一性 (即同时考虑了公路技术等级与不同公路技术等级) 组成的网络线密度水平. 可以简单地理解分维数如下:

当  $D=1$  时, 网络即为一条直线;

当  $D=2$  时, 网络变成整个平面;

当  $1 < D < 2$  时, 网络是介于一条直线与整个平面间的网络线密的程度.

## 二、浙江省公路网分维数的计算及结论

根据浙江省道路行车图<sup>[1]</sup>和 Hausdarf 简化计算方法, 我们可以求出浙江省公路网分维数. 我们选取标度  $r$  为 5mm, 10mm, 20mm, 40mm, 对应的实际里程分别为 17.5km, 35km, 70km, 140km. 我们将研究对象分别定为主干线公路网 (含高速公路、国道)、干线公路网 (含高速公路、国道、省道)、支线公路网 (含高速公路、国道、省道、县道); 对应的研究对象数目分别为  $N_1(r)$ 、 $N_2(r)$ 、 $N_3(r)$ . 测量结果如表 1 所示, 并将表 1 标度  $r$  与  $N(r)$  绘制成双对数关系图, 见图 1、图 2 和图 3 所示.

利用回归分析, 求得各分维数如下:

主干线公路网分维数:  $D_1=1.2490$

干线公路网分维数:  $D_2=1.4527$

支线公路网分维数:  $D_3=1.5667$

比较浙江省主干线公路网分维数 ( $D_1=1.2490$ ) 与全国国道主干线分维数 ( $D=1.2256$ )<sup>[2]</sup>, 可看出

表 1 浙江省公路网标度  $r$  与  $N(r)$  实测值表

标度	$r(\text{km})$	17.5	35	70	140
主干线公路网	$N_1(r)$	282	126	53	21
干线公路网	$N_2(r)$	548	229	81	27
支线公路网	$N_3(r)$	708	277	86	28

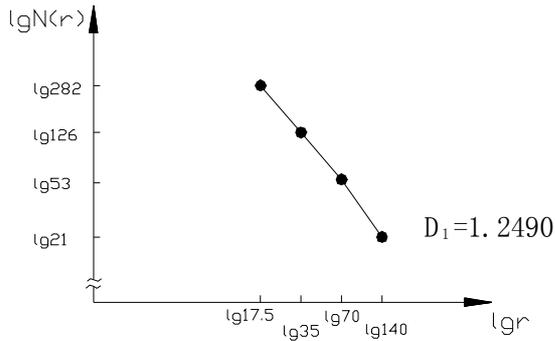


图1 主干线公路网  $r$  与  $N(r)$  双对数关系图

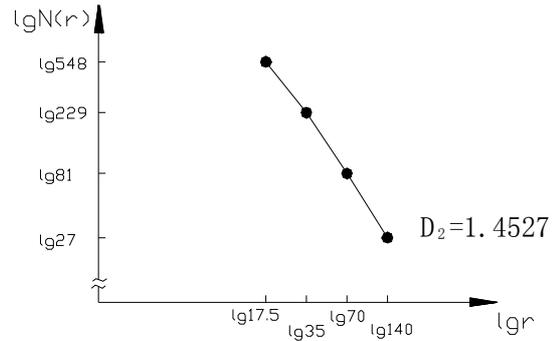


图2 干线公路网  $r$  与  $N(r)$  双对数关系图

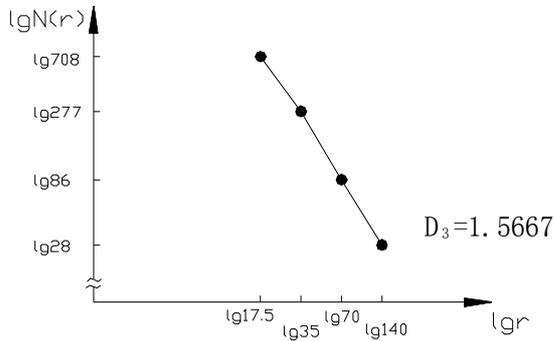


图3 支线公路网  $r$  与  $N(r)$  双对数关系图

浙江省主干线公路网分维数大于全国国道主干线分维数，但远远小于美国州际公路网分维数 ( $D=1.5153$ ) [2]。

也就是说，浙江省公路网网络发育水平属全国较先进水平，但与美国州际公路网的发育水平相比还有相当距离。分维数评价公路网的优点，除了它是在暗含了具体地理约束和网络本身的层次性后的几何总体特征描述外，还有很多的工程实践用途。例如，我们能够找出地域公路网统计期的分维数和同期投资、或运价、或效益等经济指标间的相关性模型，就可以进行网络发展后的预测、评估等。我们现行项目评估方法已很先进，但缺少网络效应的评估方法。

参考文献

[1] 地质出版社地图编辑室. 中国分省道路行车地图集(第2版) [M]. 北京: 地质出版社, 2000  
 [2] 管楚度. 交通区位及其应用[M]. 北京: 人民交通出版社, 2000  
 [3] 辛厚生. 分形理论及其应用[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993

Research on the Road Network Fractal Dimension  
of Zhejiang Province

QIU Dongdong<sup>1</sup>, GUAN Chudu<sup>2</sup>

(1. Wenzhou University, Wenzhou, China 325035

2. Changsha University of Science and Technology, Changsha, China 410076)

**Abstract:** The article, by borrowing introduces the fractal dimension concept in the fractal geometry, analyzes the road network to bridge the gap of the evaluation on geometric general characteristics of the road network. Then it makes a research on the road network fractal dimension of Zhejiang province.

**Key words:** Road network; Fractal geometry; Fractal dimension