

基于分形理论的公路交通网络与区域经济发展关系的研究

沈惊宏¹, 陆玉麒¹, 兰小机²

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210046; 2. 江西理工大学建筑与测绘学院, 江西 赣州 341000)

摘要:以安徽省17个地级市公路交通网络为研究对象,用分形技术测算出各等级公路网络的分维数,并构建了度量综合路网的权维数模型。经过实证得出区域路网分维数受路网面积大小影响,继而对接级市进行了面积区划,把各类区的路网权维数、干线分维数和综合经济指数做相关分析。研究发现各市的路网分维数与综合经济指数呈正相关,说明了路网覆盖度越均匀,交通网络越复杂地区经济发展越好。为进一步探求各市公路建设和经济发展之间的协调关系,通过引进公路规模与经济产出的分形模型测算出17个地级市的分维数,发现有合肥市等6城市经济发展超前于公路规模,铜陵等4城市基本一致,马鞍山等7城市经济发展滞后于公路建设规模。

关键词:公路网络;权维数;综合经济指数;公路规模-经济发展关系模型

中图分类号:F540.32 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2012)06-0658-08

交通运输与区域经济发展之间的因果关系非常复杂。从当前理论界的研究来看,关于两者之间关系的研究主要存在三种认识,这三种认识也构成了当前制定区域交通运输发展战略和规划的指导思想^[1-3]。第一种认识主要认为交通运输是区域经济发展的引致需求,交通运输的发展就是要满足区域经济活动引发的交通运输需求;第二种认识则认为交通运输的发展能促进区域经济发展,强调并突出交通运输在区域经济发展中的作用;第三种认识是对前两种认识的综合,认为交通运输既是区域经济发展的原因,也是区域经济发展的结果^[4]。显然,经济发展和公共基础设施紧密相关^[5]。落后的公共基础设施必然伴随较低的经济水平^[6]。完善的交通运输是实现合理资源配置、促进分工和专业化协作的必要条件。交通运输业通过满足各种需求的运输服务,降低了原材料、中间产品以及产成品的生产流通成本,提高了整个社会的生产效率,增强地区间联系,发挥着区别于其它国民经济行业的基础性作用。交通运输业直接服务于国民经济的发展,其发展又带动了与其存在前后向联系的产业的发展,促进了相关产业的就业。总之,加速交通基础

设施建设、大力发展交通运输业,带动了经济发展,是拉动国民经济增长的重要动力。同时,国民经济的发展反作用于交通建设。

对于交通运输与国民经济发展之间的关系其研究最终目的主要还是为区域交通规划服务。自20世纪90年代以来分形理论被广泛应用到路网布局的研究上,并成为研究交通发展一个新的亮点。分形是法国数学家B. B. Mandelbrot在20世纪70年代提出的新概念,其研究对象是欧氏几何外的自然界和非线性系统中不光滑和不规则的几何体,这些几何体不具有明显特征长度,其局部和整体具有某种相似性。分形理论广泛应用于各领域,而在道路交通方面的应用主要涉及以下3个方面:应用于区域交通网络布局研究^[7,8];应用于城市公路交通网络扩散研究^[9-12];应用于交通流的控制策略研究^[13-17]。现有的分形理论公路网评价和规划研究大多是孤立地站在路网建设上,忽略了路网分维数与经济指标关系方面的研究。其实,这一思想早在2008年柏春广^[12]的《南京市交通网络的分形特征》一文中做个相关探讨,文章最后提出:路网分维值与经济指标是否存在相关性或在

收稿日期: 2011-05-17; **修订日期:** 2011-12-02

基金项目: 国家自然科学基金(编号:41071084)资助。

作者简介: 沈惊宏(1976-),男,安徽宿松人,博士研究生,研究方向为旅游地理与区域发展。E-mail: shendili@yeah.net

某种尺度存在相关性的问题,有待于更多的讨论。尽管交通建设与经济发展间的关系研究虽然较成熟,由定性到定量^[4]、由纯数学计算到结合GIS技术(从交通可达性角度)^[18],但从交通网络空间布局角度来论证其间的关系尚未见到,又鉴于以上研究动态所启发^[19,20],本文试图论证路网分维数与区域经济发展间的相关关系,从而对以分形维数基础上的路网规划和优化布局作根本的理论支持。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文需要测算的安徽交通网络分形维数其交通图数据以2010年中国地图出版社出版的《中国公路交通图集》安徽区域为地图数据;所需经济数据主要来自安徽省17个地级市2009年国民经济与社会发展统计公报及2010年安徽统计年鉴。安徽省地级市各等级公路规模的数据由于2002年以前没有做统计,故公路规模数据选取在2002~2009年,安徽省各地级市公路规模数据和经济产出(GDP)数据来源于安徽省统计年鉴2003~2010年。

1.2 研究方法

本文从路网覆盖均匀度、交通网络的复杂性两个指标分别测算安徽省17个地级市的路网结构特征,这2个指标从不同的角度较好地反应了区域路网的发育程度,也基本上能够表征区域路网总体发展状况。

1.2.1 Hausdorff维数简化法

Hausdorff简化计算法是衡量路网覆盖均匀度的指标。在同样的路网密度情况下路线分布越均匀,路网覆盖均匀度越高。路网密度指标适于宏观层次的规划问题,路网覆盖度指标则适用于较为具体的网络规划,它比路网密度指标更为符合实际评价和规划的要求。用间隔为 r 的格子把平面分割成边长为 r 的正方形网络,计研究对象落入正方形格子的数目为 $N(r)$,使 r 变化时, $N(r)$ 自然也随之而变。在 $N(r)$ 与 r 的双对数关系图上,标绘出数据点,然后用最小二乘法拟合出一条直线,并用下式表示:

$$\lg N(r) = A - D \lg r \quad (1)$$

式中的 D 实际上就是对数坐标系中直线斜率,即研究对象的分维数, D 值越大路网分布越均匀(本文中又称为均匀分维数)。

1.2.2 分枝维数测算法

分枝维数测算的是网络的复杂度,就像树干生树枝,树枝又生小枝条,每层次生长越多,则道路越复杂。分枝维数的确定是利用回转半径法由下式定义:

$$N(r) \propto r^{D_b} \quad (2)$$

此处:

$$N(r) = \sum_{k=1}^r n(k) \quad (3)$$

式中 r 为回转半径,改变 r ,可将区域分成(等宽的)同心环带,环带以 k 编号, $n(k)$ 为第 k 个同心环带中的交通网络分枝数目。取 $r=1, 2, \dots$,则 $k=1, 2, \dots, r$,可见 r 规定了 k 的取值上限, $N(r)$ 为半径是 r 的圆内道路分枝数,其值随 r 而变动。式(2)中系数可用 a 表示,则有:

$$N(r) \propto ar^{D_b} \quad (4)$$

a 为常系数,幂指数 D_b 即是分维数。 D_b 数值越大,路网就越复杂,路网发育程度就越高。

1.2.3 道路规模与经济产出的分形模型

为了解安徽省17市的公路建设规模和经济发展的适应程度,或说两者的发展速度协调问题,本文借用张小明^[9]提出的具有分形性质的公路规模——经济产出模型,分析研究区域公路规模与经济产出的对应特征。

首先定义一个基于要素关联思想的公路规模与经济产出的简约动力系统:

$$dx_i/dt = a_i x_i, dx_j/dt = a_j x_j \quad (5)$$

式中: a_i, a_j 为相对增长系数。由式(5)可得系统的异速增长方程:

$$(1/x_i) \times (x_i/dt) = b (1/x_j) \times (dx_j/dt) \quad (6)$$

式中: b 为异速增长系数, $b = a_i/a_j$ 。经积分变换可得:

$$x_i = \beta_j x_j^b \quad (7)$$

式中: β_j 为比例系数, $\beta_j = e^c$, c 为积分常数; b 为标度因子,即式(6)中的异速增长系数。假定相应于标度 x_i 在广义空间的维数为 D_i ,则由几何测度关系:

$$x_i = \alpha x_j^D i^{D_j} \quad (8)$$

比较(7)式和(8)式可知

$$b = a_i/a_j = D_i/D_j \quad (9)$$

式(9)即是关于公路与经济系统异速增长的分维数方程,可以认为 b 具有广义分维性质。从系统的角度来看,根据异速增长规律, b 太大或太小都预示着相关的要素之一趋于退化,从而系统结构将

失去多样性和稳定性。

另一方面, 设定运输系统要素 $x_i (i=1,2, \dots, n)$ 与经济产出 y 具有以下相应形式:

$$y=kf(x_1, x_2, \dots, x_n) \tag{10}$$

式中: k 为常数。经全微分变换可得:

$$y=\mu \prod x_i^{\sigma_i} \tag{11}$$

式中 μ 为系数; σ_i 为参数, 可以表示为 $\sigma_i=d \ln y / d \ln x_i$ 。式(11)便是 Cobb-Douglas 生产函数的一般形式, 可见其从系统的角度反映了基于分形的交通与经济系统的作用特征。

将式(7)代入(11), 可以得到交通系统要素 x_i 与经济产出 y 的幂函数关系 $y \propto x_i^{\sigma_i}$, 令 $x_i=m$ 为运输系统规模, 并以公路里程为计量, 则有:

$$y=am^b \tag{12}$$

式中: a 为系数; $b=\sigma_i$, σ_i 在广义空间具有分维的性质。假定 y 为 D_1 维, m 为 D_2 维, 则由式(12)可知 $b= D_1/D_2$, 只要 b 不为整数, 系统就具有分维性质。若视公路规模 m 为尺度, 视经济产出 y 为相应的测度, 则 b 可被看作广义的分维。根据 b 的弹性系数性质, 则:

当 $b < 0$ 时, 经济产出 y 的相对增长速率随公路规模 m 的扩大而降低;

当 $0 < b < 1$ 时, 经济产出 y 的相对增长速率小于公路规模 m ;

当 $b = 1$ 时, 经济产出 y 与公路规模 m 同速率增长;

当 $b > 1$ 时, 经济产出 y 的相对增长速率大于公路规模 m 。

2 区域路网分形实测及相关分析指数测算

2.1 安徽省 17 地市路网均匀度测算

以 2 km 为步长, 按照 r 分别为 2 km、4 km、6

km、8 km、10 km、12 km、14 km、16 km、18 km、20 km 的标度算出相应的 $\lg r_i$ 值及其 $\lg N(r_i)$, 绘出 $\lg r_i - \lg N(r_i)$ 散点图, 并用最小二乘法做回归分析, 并都通过了相关系数法检验, 说明具有分形性质。得到安徽省 17 地级市不同等级公路网络和综合路网分维数(具体见图 1, 注: 图中干线指高速、国道和省道构成的路网, 综合路网则含所有等级的道路; 表中为 0 的数值指该区域没有此等级道路, 图中所有数据都经过标准化处理)。

2.2 安徽省 17 个地级市路网复杂性测算

由于测算的是地级市区域, 测算中心为各城市所在区域并抽象为点。经测定, 分枝维数的相关系数 R^2 均在 0.967 以上, 通过相关系数法检验, 所得分枝维数具体见图 1。

2.3 综合经济指标测算

经济发展是由多种因素综合作用的结果, 为全面起见, 评价地区的经济发展状况, 不能简单地以某一个或两个数值作为依据。但实际上也不可能把各种因子全部拿来作评定, 所以总是取若干重要或明显作用的因子来参考。根据全面性、动态性、可行性、典型性、可比性和科学性的原则, 另参考国家统计局的百强县社会经济指标体系, 再根据安徽省的具体情况, 将影响地级市经济发展水平的相关因素分为经济发展水平(人均 GDP、人均居民存款余额、农民人均纯收入、城镇居民人均可支配收入、人均财政收入、经济密度、人均工业总产值、人均社会零售商品总额)、经济发展结构(第二产业占 GDP 比重、第三产业占 GDP 比重)和经济发展活力(人均全社会固定资产投资、经济增长速度、财政收入占 GDP 比重)3 个一级指标和 13 项二级指标。根据以上地级市经济实力指标测度体系, 进行基础数据资料的采集, 紧接着对原始数

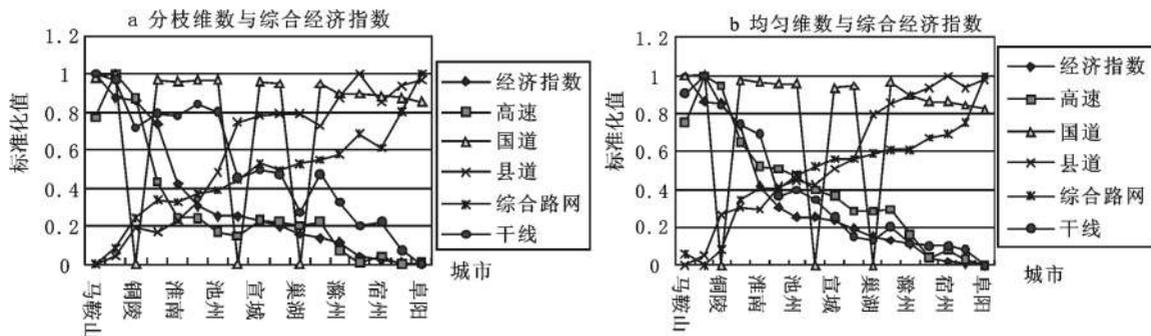


图1 不同公路的分形维数与综合经济指数的标准化值
Fig.1 General economic indexes and the fractal dimensions of the different roads

据进行数据标准化,然后进行主成分分析,测算出安徽省17个地级市的综合经济指标(图1)。

2.4 道路规模与经济产出的协调关系测算

由于各等级公路存在通行能力、行车速度的差异及其对经济增长的贡献大小之别,故本文对各级公路采用设计交通量进行指数换算,以求得可比性。根据《中华人民共和国公路工程技术标准(JTGB01-2003)》以二级公路的换算系数为1,根据安徽道路具体情况,其他各级公路当量换算系数则分别为:高速5.95、一级公路2.14、三级公路0.48、四级公路0.29、等外公路0.04^[9]。针对安徽省17地级市公路规模与经济发展关系,经测算,道路规模与经济产出的幂指数关系模型拟合发现较理想,各行政区的经济产出与公路规模在双对数模式下高度相关,在双对数坐标图中呈线性分布,这就意味着经济产出与公路规模之间的关系具有分维性质(表1)。

表1 公路规模-经济产出相似系数

Table 1 Similarity coefficients between economic output and highway size

| 地级市 | 分维数 | R ² | 地级市 | 分维数 | R ² |
|------|-------|----------------|-----|-------|----------------|
| 合肥市 | 2.094 | 0.904 | 黄山市 | 0.710 | 0.969 |
| 马鞍山市 | 0.742 | 0.586 | 宿州市 | 0.934 | 0.885 |
| 芜湖市 | 1.311 | 0.929 | 亳州市 | 0.787 | 0.827 |
| 铜陵市 | 0.972 | 0.893 | 淮北市 | 0.939 | 0.897 |
| 安庆市 | 0.627 | 0.892 | 淮南市 | 1.248 | 0.931 |
| 池州市 | 0.996 | 0.945 | 阜阳市 | 1.088 | 0.913 |
| 宣城市 | 0.585 | 0.972 | 蚌埠市 | 1.163 | 0.858 |
| 滁州市 | 0.412 | 0.703 | 六安市 | 1.676 | 0.871 |
| 巢湖市 | 0.523 | 0.883 | | | |

3 地级市综合经济指标与公路分形维数的相关分析

3.1 综合路网分维数与综合经济指数相关分析

把上文所测算的各市综合路网分维数与综合经济指数作对应分析,为使两种不同类型数据可作比较,对其标准化处理并制图,结果如图1。图1中,从Hausdorff维数和分枝维数的走向可看出,安徽省17个地级市综合经济指数总体上与县道分维数、综合路网分维数的走向相反,略显与干线分维数、高速和国道高等级公路分维数走向一致,这种区域综合经济指数与综合路网分维数背道而驰的现象在安徽省地级市区域尺度内再次重现。区域

综合路网分维数与综合经济指数相背,是否存在着其深层的原因?本文分析认为,综合路网分维数是由不同类型的道路共同构成的,一般情况下,低级别道路如县道在整个区域综合路网里程及布局构成中占相当大的比重,甚至远远超过其他各等级道路的总和,由于测算综合路网分维数时并没有区别其各种道路属性差别,这势必造成县道极大影响或可能支配综合路网的分维数大小。因此我们所看到的综合路网分维数大小一定程度反映的是县道等低级道路的分维数,也即从图中所看到的综合路网分维数与县道分维数亦步亦趋的原因。经济发达地区的高等级公路如高速、国道的路网布局显然要比欠发达地区完善;相反,欠发达地区的低等级道路如县道的里程和布局面在综合路网中所占的比重比发达区域要大,也就是说欠发达区域的综合路网分维数极大地受县道左右着,发达区域由于县道在整个路网中比重相对低一点因而其左右综合路网分维数程度相对也就小,这样就造成了欠发达区域综合路网分维数一般较高,而发达区域的综合路网分维数相对较低的现象,这样自然与人们的本能思维即发达地区综合路网分维数高而欠发达地区路网分维数低向左。纵观国内外的发达地区和欠发达地区的总的道路布局,落后地区的低等级的县乡道一般比重较大,可比情况下,县道分维数高于发达地区;发达地区的高等级公路比重相对高于落后地区,可比情况下,高速和国道等高等级公路分维数高于欠发达地区。就安徽省地级市区域来讲,县道分枝维数前三名的是六安1.670、阜阳1.666、亳州1.660,县道Hausdorff维数前三名的是宿州1.472、阜阳1.468、亳州1.463,这些地区在安徽省来说都只能归为欠发达地区;相反,这些地区高速公路的分维数却很低。

3.2 权维值模型的构建

鉴于以上区域综合路网分维数不能与综合经济指数呈正相关,这与基于路网分维数的路网规划相矛盾。鉴于此,本文提出一种加权赋值方法和“权维数”概念取代区域综合路网分维数。根据《中华人民共和国公路工程技术标准(JTGB01-2003)》中的设计交通量相关规定,并考虑安徽省实际交通状况,把高速、国道、省道、县道的通行能力比值定为12:5:3:2,然后加权平均,其值定义为综合路网的权维数。设 W_i 为不同通行能力等

级公路的权值, D_g 为各等级公路的分维数, D_z 为该地区综合路网的权维数。

$$D_z = \frac{\sum D_g \cdot W_q}{\sum W_q} \quad (13)$$

式中 g 为高速公路、国道、省道、县道, 按照(13)式计算得到安徽 17 地级市综合路网的权维数。为可对应比较, 把权维数和综合经济指数标准化后作对应分析(图2)。由图2可知, 尽管从 17 市两种权维数和综合经济指数的曲线走向看, 似乎有点合拍, 但两者仍不能够很好对应起来, 做相关分析, 相关系数为 -0.123 ; 铜陵、淮北和巢湖由于缺乏国道, 其分维数不论是分枝权维数还是均匀权维数都相对较低; 从两种权维数比较看, 总体上分枝权维数大于均匀权维数; 合肥地区两种权维数都位列第一, 这与其独特的地理位置和省行政中心地位是分不开的。

3.3 影响分维数的因子分析和研究区区划

权维数取代综合路网分维数仍然不能很好地同综合经济指数对应起来一定有其复杂原因。分形理论应用于实践研究是个极其复杂的过程, 其复杂性在于分形本身受到诸多因素的影响。在路网应用研究中, 研究区内的公路里程、路网面积、路网密度、无标度区间、步长、地图比例尺等等都会对分维数大小产生影响。也就是说与线性科学相对比, 它尽管能够解释许多非线性的现象, 但它的结果永远只能是一个相对值。为方便起见, 本文以简化了的区域道路为实验对象, 用 Hausdorff 维数算法对几个影响分维数的关键因子进行实证(图3)。

经测算得: 路网 A 的分维数为 0.938, B 的分维数为 1.007, C 的分维数为 0.966, D 的分维数为 1.151, E 的分维数为 1.041, F 的分维数为 0.980。这 6 种路网分布有相似点, 也有不同处, 但分维数各不相同。分以下几种情况讨论:

- ① A~D 面积不同, 里程一样, 密度不同, 均匀分布, 无标度区间同, 比例尺同, 步长同。
- ② A~C 面积不同, 均匀分布, 里程不同, 密度不同, 无标度区间同, 比例尺同, 步长同。
- ③ E~C 面积不同, 里程不同, 密度不同, 分布均匀, 无标度区间同, 比例尺同, 步长同。
- ④ B~E 面积一样, 里程不同, 密度不同, 均匀分布, 无标度区间同, 比例尺同, 步长同。

⑤ B~F 面积相同, 里程相同, 密度相同, 分布不均匀, 无标度区间同, 比例尺同, 步长同。

⑥ E~E 面积相同, 里程一样, 密度相同, 均匀分布, 无标度区间不同, 比例尺同, 步长同。把无标度区间设在 2, 4, 6, 8 时, $D=1.041$, 而把无标度区间设在 2, 4, 6, 8, 10 时, $D=1.061$

⑦ 至于所采用的地图比例尺和投影方法等因素的影响此不赘述。

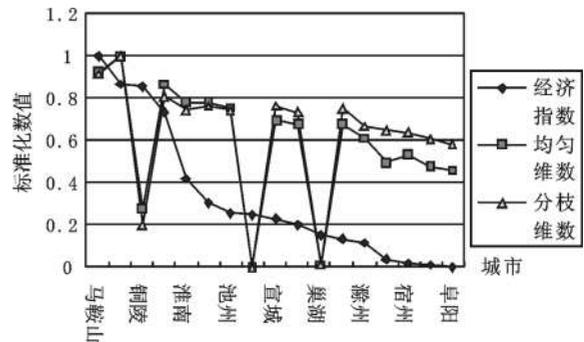


图2 综合经济指数与路网权维数
Fig.2 The general economic indexes and the weight dimensions of the road network

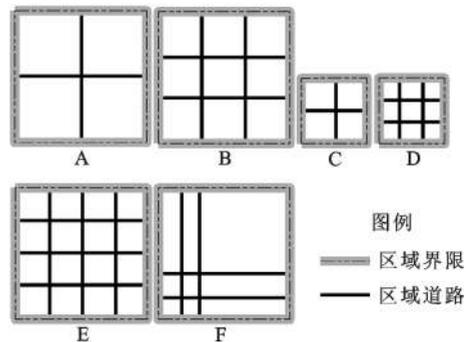


图3 道路不同布局
Fig. 3 The different layout of the roads

可以在同样的比例尺和投影方法下获得数据, 把无标度区间作为定值, 把各研究对象面积大小粗略分类别, 对同面积区类的路网进行分维数比较还是可以近似测度到路网分维数。根据安徽省 17 个地区的面积大小, 依地区间面积跨度大原则把全部地区分成 3 类(表 2)。

3.4 各市道路分维数与综合经济指标相关分析

根据上文研究对象的路网面积区划, 把各类区地级市的综合经济指数和干线分维数、权维数再做相关分析。

前文已评述了县道分维数对全部道路分维数

表 2 17个地级市面积区划

Table 2 Area divisions of 17 cities

| 一类(km ²) | 二类(km ²) | 三类(km ²) |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| 铜陵 1 113 | 蚌埠 5 917 | 宣城 12 340 |
| 马鞍山 1 686 | 合肥 7 029 | 滁州 13 300 |
| 淮南 2 121 | 池州 8 272 | 安庆 15 398 |
| 淮北 2 741 | 亳州 8 522 | 六安 17 976 |
| 芜湖 3 318 | 巢湖 9 423 | |
| | 黄山 9 807 | |
| | 宿州 9 887 | |
| | 阜阳 9 979 | |

的形成起了很大的作用,剔除掉县道,由高速、国道和省道组成的干线,由此测算出的干线分维数应该一定程度上能与该地区综合经济指数相对应。所以本文把干线分维数、权维数分别和各类区的综合经济指数作相关分析(表3),以此相互验证与经济指数的相关关系。由表3可知,所有相关系数都在中度正相关范围内或以上,有的甚至出现显著性相关。Hausdorff分维数和分枝维数从路网布局的均匀程度及复杂程度代表性地反映了路网的基本状况,这也就能说明:公路网络分形维数与区域经济发展是正相关的,公路网络布局好有助于国民经济的发展,反过来国民经济的发展可以加快公路建设;依据这一关系理论的道路规划建设 and 优化方案是科学合理的,同时,从分形学科门类丰富了交通运输与国民经济发展之间的相关关系。

3.5 道路规模与经济产出的适应分析

测算道路网络的分维数不单单在于评价路网结构的各种指标大小,而最终目的是通过比较从这些分维数据上获取信息,发现路网建设中的问题,从而为路网规划和优化提供指导。把以上从空间系列上、指定时间点所测算出各地区的分维数通过横向比较可以发现路网布局结构的问题,但对于道路建设是否跟上了经济发展的需要区域规划者还是不清楚。假如当公路建设跟上了经济

的发展速度或超前于经济发展时,从与其他城市横向比较出发对路网布局挑这挑那,就显得吹毛求疵。为此,作者对道路规模与经济产出的协调性作进一步分析。

根据前文道路规模与经济产出的分形模型测算的结果,从表1可知,经济发展速度超越公路规模的地级市有合肥市、芜湖市、淮南市、阜阳市、蚌埠市和六安市,其中合肥的发展速度又是最快的。这六个城市中合肥市、芜湖市和淮南市从综合经济指数来看属于较好类别,可以推断这3个城市在现有的交通设施基础上的经济发展确属较好的;而阜阳市、蚌埠市和六安市的经济指数和权维数都低,这种经济发展速度超越公路规模更可能只是公路规模建设落后于经济发展速度的表象,应该急切加快这些地区的交通设施规划和建设。两者发展速度基本吻合的有铜陵市、池州市、宿州市、淮北市,进一步科学合理地规划这些地区的交通布局会促进这些地区的经济发展。经济发展落后于公路规模的有马鞍山市、安庆市、宣城市、滁州市、巢湖市、黄山市和亳州市。马鞍山地区其遥遥领先的综合经济指数按理来说不应该是经济发展落后于公路规模,原因在于其2008~2009年的公路规模数量急速增大,而2009年是经济指标和公路规模指标选取的最后一年,经济的发展还没及反映这一急速增大的公路规模,所以其关系实质为相对落后;亳州市的权维数在全省中居于后列,也就是说其公路规模和布局本身就on不好,而又属于经济发展落后于公路规模建设类型,足可说明,从绝对意义上亳州的经济的发展急待加强;其他的安庆市、宣城市、滁州市、巢湖市和黄山市从各种指数分析看,公路建设跟上去了,经济发展有待提高。

4 结论和讨论

从本文对安徽省17个地级市的Hausdorff维数分析、分枝维数分析和公路规模与经济产出模

表 3 分维数与经济指标相关性

Table 3 The correlation between the fractal dimensions and the synthesis economic indicators

| 相关性 | Hausdorff 干线值 | 分枝维数干线值 | Hausdorff 权维值 | 分枝维数权维值 | |
|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 综合经济指数 | 一类区 | 0.840 (0.075) | 0.855 (0.065) | 0.762 (0.134) | 0.583 (0.303) |
| | 二类区 | 0.785 (0.021) | 0.783 (0.021) | 0.621 (0.146) | 0.744 (0.085) |
| | 三类区 | 0.792 (0.208) | 0.735 (0.265) | 0.763 (0.237) | 0.543 (0.457) |

注: 括号外为各种分维数与相应类区综合经济指数的相关系数, 括号内为双尾检验的概率值。

型分析来看,由于各种原因,安徽省各行政区交通网络发展不平衡,区域差异很大。从公路的空间布局状况,以公路的均匀度和复杂性两个角度,探讨了安徽省地级市的公路建设发展情况。由于综合经济指数与综合路网分维数和县道分维数相背,笔者为此建立了权维数模型然后把权维数与各地区的经济发展做相关分析,发现公路权维数与经济发展存在正相关性,这一结论证明了基于分维数的公路网络评价、规划和优化是科学合理的。利用公路规模与经济产出分形模型,测算出公路建设的规模 and 经济发展速度是否相协调,并与经济指数、分维数结合起来,发现经济发展落后于公路规模,并不一定经济发展就绝对落后;相反,经济发展先进于公路规模建设,经济发展不一定就很好,两者只是个相对的关系。

由于分形测算的影响因素很多,分维数永远是个相对的,尽管是在同一测算体系下,把不同地区的分维数作对比仍是个相对的概念。尽可能地拨开影响测算分维数的因素对其近精确地计量,则道路分维数和经济指数之间存在正相关。权维数尽管没有真正意义上以空间形态表征所有等级公路布局状态,但它是建立在各等级公路空间分形的基础上,且融入了道路通行能力的权值,在与同等级地区综合路网分形情况的横向比较上能很好地凸显了优势。如何更进一步避开影响分形因素从而更准确地测算出不同地区道路分维数,为在地区间更好地横向比较,有待以后研究。

参考文献:

- [1] 刘秉镰.现代经济增长与交通运输产业发展研究[M].北京:中国经济出版社,1998.
- [2] 陆大道.中国区域发展的理论与实践[M].北京:科学出版社,2003.
- [3] 荣朝和.论运输化[M].北京:中国社会科学出版社,1993.
- [4] 刘秉镰,赵金涛.中国交通运输与区域经济发展因果关系的实证研究[J].中国软科学,2005,(6):101~106.
- [5] Yamaguchi K. Inter-regional air transport accessibility and macro-economic performance in Japan[J]. Transportation Research Part E, 2007, 43: 247~258.
- [6] Aschauer D A. Is public expenditure productive[J]? Journal of Monetary Economics, 1989, 23: 177~200.
- [7] 刘继生,陈彦光.交通网络空间结构的分形维数及其测算方法探讨[J].地理学报,1999,54(5):471~478.
- [8] 张小民,吴群琪.公路规模-经济产出的分形理论模型[J].中国公路学报,2008,21(1):78~79.
- [9] 陈彦光,罗 静.河南省城市交通网络的分形特征[J].信阳师范学院学报(自然科学版),1998,11(2):172~177.
- [10] 黄佩蓓,刘妙龙.基于GIS的城市交通网络分形特征研究[J].同济大学学报,2002,30(11):1 370~1 374.
- [11] 刘妙龙,黄蓓蓓.上海大都市交通网络分形的时空特征演变研究[J].地理科学,2004,24(2):144~149.
- [12] 柏春广,蔡先华.南京市交通网络的分形特征[J].地理研究,2008,27(6):1 419~1 425.
- [13] 贺国光,马寿峰,冯蔚东.对交通流分形问题的初步研究[J].中国公路学报,2002,15(4):82~85.
- [14] 张 莉,于国海,马 岩.分形理论在城市道路交通控制系统中的应用[J].东北林业大学学报,2003,31(2):54~56.
- [15] 冯蔚东,陈 剑,贺国光.交通流中的分形研究[J].高技术通讯,2003,35(6):59~65.
- [16] 裴玉龙,李洪萍.快速路交通流时间序列分形维数研究[J].公路交通科技,2006,23(2):115~119.
- [17] 李建章,朱顺应.高速公路交通流的分形维数与相空间重构预测[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2007,26(6): 119~122.
- [18] 刘海隆,包安明,陈 曦,等.新疆交通可达性对区域经济的影响分析[J].地理学报,2008,63(4):428~436.
- [19] 林 琳,卢道典.广州全大交通设施建设与空间结构演化研究[J].地理科学,2011,31(9):1050~1055.
- [20] 吴 威,曹有挥,梁双波.外部成本对区域综合运输成本空间格局影响——以长江三角洲为例[J].地理科学,2011,31(11): 1322~1328.

Relationship Between the Road Network and Regional Economic Development Based on the Fractal Theory

SHEN Jing-hong¹, LU Yu-qi¹, LAN Xiao-ji²

(1. College of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing, Jiangsu 210046, China;

2. School of Architectural and Surveying & Mapping Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000, China)

Abstract: Road traffic networks in 17 cities of Anhui Province are taken as the study object in the article. It investigates that development of road construction in Anhui is from evenness and complexity, and the fractal dimensions of various road networks were calculated with the Hausdorff Fractal Dimension and the Dendrite Fractal Dimension of the fractal technology. And then the authors construct the weight dimension model measured the integrated road network. The various causes lead to the uneven development of traffic network, and there are obvious differences among these regions in Anhui. The result is that area size of the road network influences the fractal dimension of the road network. The authors divide 17 cities into three parts based on their area, and performs the correlation analysis between the weight dimensions, the fractal dimensions of the main road lines and the general economy indexes. The result shows that the fractal dimensions of the road network in various cities and the composite economic indexes are correlative. It can be explained that the evenness is coverage degree of the road network, the more complex is the transport network and the better is regional economic development. To further seek coordination relations between highway construction and the economic development in various cities, the authors calculate the fractal dimensions of 17 cities introducing the fractal model of road construction scale-economic output. We discover that economic development exceeds the road scale in 6 cities, basically consistent in 4 cities, and economy development lags in highway construction scale in 7 cities. At the same time, if economic development dropped behind highway construction scale it would not necessarily mean that economic development was clear laggard; contrarily, if economic development was in advance to highway construction scale it would not necessarily mean that economic development must be good. It has relative relation between economic development and highway construction scale.

Key words: highway network; weight dimension; general economic index; relative model between economic output and highway scale