

城市道路网络演变与居住空间扩散研究 ——以大连市为例

Study on Evolution of Urban Transportation Network and Spatial Expansion of Residential Areas:
Taking Dalian as an Example

李雪铭 许妍

(辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116029)

Li Xueming and Xu Yan

(College of Urban and Environment, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

摘要: 城市交通网络演变对居住空间扩散起着重大的引导作用, 尝试运用分形理论对大连市交通网络演变特征及相应的居住空间动态变化进行定量描述, 并在此基础上分析了大连城市交通网络对居住空间扩散的提升作用。研究表明, 随着城市建设的发展, 城市交通网络和居住用地的分形分维特征均得到了明显的加强, 两者的分形特征呈高度正相关, 城市交通网络发展对居住空间扩散具有明显的提升作用。

Abstract: The evolution of urban transportation network can apparently lead to the spatial expansion of residential area. This paper attempts to describe quantitatively, with the fractal theory for the first time, the evolution features of transportation network and the corresponding dynamic changes of the residential area in Dalian. Then the paper further analyzes the promoting role of Dalian's urban transportation network in the spatial expansion of the residential area. Per findings of a case study, with the development of urban construction, the fractal characteristics of the urban transportation network and the residential lands have been both obviously strengthened, showing a highly positive correlation: the development of urban transportation network plays a remarkable role in promoting the spatial expansion of residential areas.

关键词: 交通规划; 道路交通; 居住空间扩散; 分形理论; 分维

Keywords: transportation planning; road transportation; spatial expansion of residential area; fractal theory; fractal dimension

中图分类号: U412.1⁴

文献标识码: A

收稿日期: 2007-06-20

作者简介: 李雪铭, 男, 辽宁师范大学教授, 博士生导师。主要研究方向: 城市人居环境、自然环境变化、城市化与地表过程等。E-mail:lixueming999@163.com

0 引言

城市交通网络是城市空间形态的基本骨架, 交通通道的扩展和路网的完善对城市空间形态包括居住空间扩散及演变起着不可替代的作用。目前国内城市地理学对于居住空间的研究集中在居住区的布局与规划、空间结构、区域分异以及住宅郊区化的研究, 以介绍西方已有模型为主, 且多理论研究和定性描述, 缺少定量分析^[1]。仅有部分学者对交通系统对居住空间的影响进行了研究, 如文献[2]以北京为例阐述交通通道对住宅空间扩展和居民住宅区位选择的作用。

改革开放以来, 大连市经济持续高速增长, 交通系统建设步伐加快, 城市交通网络演变引导城市内部居住空间格局重构。在这样的背景条件下, 本文以大连城市交通网络演变与居住空间扩散为研究主体, 尝试运用分形理论定量刻画城市交通网络演变与居住空间扩散的分形特征, 以期更好地揭示两者之间的关联机制。

1 理论基础

分形理论由美国科学家 Mandelbrot 于 20 世纪 60~70 年代创立, 是在分形几何学基础上逐步发展而成的现代非线性科学研究中的一门新兴数学分支。分形理论的研究对象主要是不光滑、不规则甚至支离破碎的空间形态。如海岸线、雪花的轮廓等。一般认为, 分形应该是具有下列性质的集合^[3]: ①具有精细结构, 即在任意小的比例尺下, 都可以呈现出精致的细节; ②其不规则性在整体和局部均不能用传统的几何语言加以描述; ③具有某种自相似的形式, 但不是完全数学意义上的自相似性, 而是统计意义上的自相似性; ④一般

$D_f > D$, 即豪斯道夫维数严格大于拓扑维数; ⑤该集合常可由极简单的方法来定义, 可能由迭代产生; ⑥集合大小不能用通常的测度(如面积、长度、体积)来度量。分形理论认为那些外在不规则的几何体(或现象)有着自己内在的规律性和自相似性, 并按照内在的规律发展演化。

由于分形体没有特征尺度, 不能用一般测度(如长、宽、高、面积、体积等)进行度量, 因此引入分形维数(简称“分维”)作为主要的特征参数予以描述^[4]。分维是分形特征的定量描述。分形理论的基础研究主要集中在分维的确定与计算模型, 而应用研究则主要是通过分维来描述不同自然现象和社会现象的演化过程。通过对经典的欧氏(整数)维的定义进行推广, 人们已提出多种分维计算方法^[5]。如豪斯道夫(Hausdorff)维数、相似维数、关联维数、信息维数、边界维数、半径维数等。

城市体系的演化和交通网络的发展是一种空间互动过程, 城市体系的分形几何性质暗示了交通网络的自相似特征^[6], 对于城市交通网络的定量分析, 国内外学者进行的大量案例研究表明^[7-12], 分形模型是一种宏观模拟, 揭示研究对象的平均演化趋势^[13], 而分形维数有可能是表征城市交通网络特征、解释城市交通网络发展和演化的一种较为理想的测度指标^[10]。国外学者先后从不同的角度提出了城市土地利用形态的分维描述方法^[14, 15]。国内学者对城市土地利用形态的分维刻画方法进行了探讨^[16-18]。本文采用长度-半径维数来研究大连城市交通网络时空演变特征, 采用面积-半径维数研究居住用地的时空分布特征。

1.1 长度-半径维数

如果在面积为 S 的城市内交通网络长度具有分形性质, 则所研究的道路网络长度 $L_{(r)}$ 与 S 存在下列关系:

$$L_{(r)}^{1/D} \propto S^{1/2} \quad (1)$$

当区域取圆时, 若 $S \propto r^2$, 则(1)式可表达为:

$$L_{(r)}^{1/D} = kr, \quad (2)$$

式中: r 为回转半径; $L_{(r)}$ 为以 r 为半径的圆形区域内交通网络的总长度; k 为形状因子。

对(2)式取对数得:

$$\ln L_{(r)} = D_L \ln k + D_L \ln r, \quad (3)$$

对式(3)进行线性回归, 得回归系数:

$$D_L = \frac{\sum_{i=1}^n \ln r_i \cdot \ln L_{(r_i)} - \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \ln r_i \right] \left[\sum_{i=1}^n \ln L_{(r_i)} \right]}{\sum_{i=1}^n (\ln r_i)^2 - \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \ln r_i \right]^2}, \quad (4)$$

式中: D_L 即为所求的长度维数; n 为环带数; i 为半径标识。

长度维数的意义可做进一步的分析, 对(2)式中 $L_{(r)}$ 求导变换, 可得出网络密度的衰减公式: $\rho(r) \propto r^{D_L-2}$, 当 $D_L < 2$ 时, 交通网络密度随 r 的增大从网络中心向四周递减, 交通网络强度尚未饱和, 尤其在边缘区尚有较大的发展空间; 当 $D_L = 2$ 时, 交通网络分布密度均匀变化, 交通网络强度饱和; 当 $D_L > 2$ 时, 交通网络密度从中心向四周递增。若测算中心为网络交通枢纽且 $D_L > 2$, 显然这种维数当属非正常维数。假定测算中心为交通枢纽, 当测算得到的分维 D_L 值较高, 意味着区域的通达性较好, 交通网络的发育已较完善。长度维数反映交通网络密度从中心向四周变化的复杂程度, 维数越大, 表明网络密度与复杂度由测算中心向周边下降得越慢乃至上升^[9]。

1.2 面积-半径维数

White 和 Engelen 最先将城市形态的半径维数应用于城市土地利用空间结构分析中。半径维数定义的基本形式是以城市的重心(或各类土地的重心)为圆心作回转半径 r , 假定 r 范围内的土地利用面积为 $S(r)$, 由于将非建设用地排除在外, 必有 $S(r) \leq \pi r^2$, 假定 $S(r) \propto r^D$ 则有:

$$S(r) = \eta r^D, \quad (5)$$

式中: η 为常数($\eta = \pi$); D 为分维数值。

显然(5)式是一种面积-半径关系, 两边取对数则有:

$$\ln S(r) = \ln \eta + D \ln r. \quad (6)$$

利用(6)式, 借助回归方法可以计算出城市形态的分维数值 D 。Frankhouser 将其称之为半径维数。由于半径维数反映的是一种面积半径关系, 因此亦可称为面积-半径维数。用 $A(r) = \pi r^2$ 除(5)式可得^[19]:

$$\rho(r) \propto r^{D-2}, \quad (7)$$

其中, $\rho(r)$ 为 πr^2 范围内土地利用的平均密度, 在数值上与半径 r 处的平均密度成正比。半径维数的地理几何意义是城市用地密度从中心($r=0$)到周围的衰减速度。 D 值越大, 土地利用密度衰减越慢, 反之则越快。半径维数可以反映城市用地的向心聚集程度和空间分布格局, 当分别取各类用地的重心为圆心时, 半径维数反映不同职能用地空间分布的均匀程度和聚散特征^[20]。

2 道路交通网络和居住空间演变特征

本研究以大连市 1985 年、1995 年、2004 年道路交通图及用地现状图为测算依据, 利用 MapInfo 软件从用地现

状图中提取居住用地信息,从空间和时间的角度分析大连市道路交通网络及居住空间的分维特征。

鉴于目前大连市居住区、商品住宅区开发和建设主要集中在中心城区和近郊区,因此,研究区域范围主要是大连市内3区(中山区、西岗区、沙河口区)和甘井子区一部分,不包括北三市、旅顺口区、开发区和金州区。

2.1 道路交通网络演变的分维特征

2.1.1 测算步骤

为使道路交通网络和居住用地的分形测算具有可比性,选取距离道路交通网络中心和居住用地分布中心都比较近的人民广场为测算中心进行半径维数的分形测算。

首先,以0.5 km为半径画圆(见图1),直至较完整地包含研究范围内的所有道路交通网络信息,最大半径为9 km;其次,分别测算各圆内道路交通网络总长度。将得

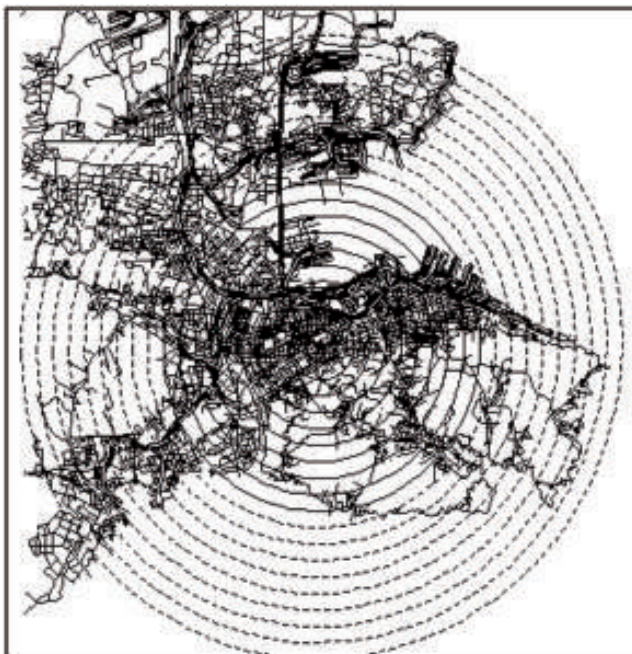


图1 交通网络与回转半径示意图
Fig.1 Transportation network and turning radius

到的点列绘成双对数坐标图(见图2),可见点列的线性分布趋势十分明显;最后,利用最小二乘法测得不同半径的同心圆和同心环区域内的长度-半径维数值及相关系数 R^2 。测算结果见表1。为了比较不同区域道路交通网络演变情况,将研究区域($0 \leq r \leq 9$ km)划分为核心区($0 \leq r \leq 3$ km),外围区($3 \text{ km} < r \leq 6$ km)和边缘区($6 \text{ km} < r \leq 9$ km)。

2.1.2 特征分析

总体上,模型的相关系数 R^2 随时间和测算范围的增大有上升之势,这说明分形具有明显的进化特征。大连市道路交通网络整体空间分布特征为:

1)核心区道路网比较密集,连通性好;距离城市中心越远,道路网密度越稀疏,连通性越差。这是城市道路交通网络发展的一般规律,长度-半径维数随测算距离和范围的增大而减小亦较好地认证了这一点。随着城市建设和经济的发展,大连市域道路交通网络结构正逐步完善,1985—2004年间研究区域内的分维值均呈逐年增加趋势,整体和局部分维特征均得到明显加强。

2)如表1,从研究范围整体来看,大连市道路交通网络的长度-半径维数1985年为1.323,1995年上升到1.446,2004年升至1.550,相关系数 R^2 也由1985年的

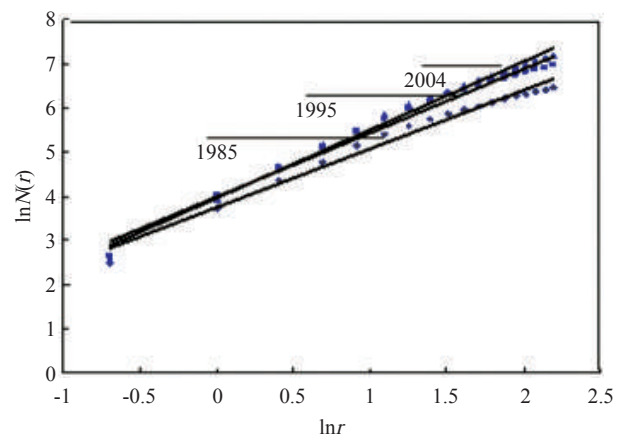


图2 大连交通网络长度-半径维数双对数坐标图
Fig.2 Dual-log coordinate system (length-radius) of transportation network in Dalian

表1 大连市道路交通网络长度-半径维数测度值
Tab.1 Length-radius dimension of urban transportation network in Dalian

对应区域	范围 r/km	分维值 D_i (相关系数 R^2)			D_i 增值率/%		
		1985	1995	2004	1995	2004	总计
研究区域	0~9	1.323(0.979)	1.446(0.983)	1.550(0.988)	9.30	7.19	16.49
核心区	0~3	1.628(0.997)	1.731(0.997)	1.823(0.998)	6.33	5.31	11.64
外围区	3~6	0.938(0.996)	1.094(0.995)	1.225(0.999)	16.63	11.95	28.58
边缘区	6~9	0.741(0.999)	0.878(0.999)	1.092(0.999)	18.57	24.32	42.89

0.979 升至 1995 年的 0.983，最终上升到 2004 年的 0.988。2004 年核心区内道路交通长度-半径维数的增长幅度明显小于 20 世纪 90 年代，而边缘区维数增长幅度呈上升趋势。这充分说明，20 世纪 80 年代城市交通网络的建设及改善主要集中在市区内部；90 年代以来城市化进程加快，“大大连”建设及“西拓北进”战略的实施促使城市道路交通网络建设从核心区向边缘区逐步推进，城市边缘区的道路建设成为重点，边缘区的交通条件得到明显改善，长度-半径维数由 0.741 上升到 1.092。

3) 进入 21 世纪后，为满足城市向外拓展的需要，道路交通网络建设仍继续向更远的方向延伸。由于核心区交通网络的长度-半径维数已经达到 1.823，基本呈现饱和状态，主城区道路交通网络发展趋势是对原有道路系统的拓宽改造和升级，而边缘区分维值仅为 1.092，交通网络强度远未达到饱和，尚有较大的发展空间，是未来道路交通网络建设的重点。

2.2 居住空间扩散的分维特征

2.2.1 测算步骤

为了与交通网络的测算具有可比性，同样以人民广场为中心，以 0.5 km 为半径画圆，做了 20 个环带，分别计算不同半径内的居住用地面积，以反映居住用地的扩散趋势。从绘制的 $\ln r$ 与 $\ln S(r)$ 双对数关系图(图 3)可以看出，散点图的点列分布呈较好的线性关系，可初步判断大连市居住用地具有分形分维特征，然后对双对数散点进行线性回归分析，得出研究区域内三个年份的面积-半径维数(见表 2)。为了比较不同区域居住用地的扩散区域，同样将研究区域进行划分。

2.2.2 特征分析

1) 随着时间的推移及城市建设步伐加快，城市内部地域空间不断协调发展，土地利用模式也趋于合理，从而将居住用地紧凑而有效地填充在由交通通道编织的网格内，使居住用地的分布更加均匀，导致大连市研究区域内居住

用地整体和局部分维特征均有明显加强。居住用地的面积-半径维数由 1985 年的 1.415 升至 1995 年的 1.491 和 2004 年的 1.616，有逐渐上升趋势，反映出居住空间分布逐渐由聚集状态向均衡状态发展的态势。测算结果表明，除核心区维数变化有升有降外，其他区域分维值均呈稳步增长，这与大连市居住空间的发展演变实际相符合。20 世纪 80 年代，城市居住区主要集中在中山广场和市政府周围地段，随着交通条件改善，周边地区开始出现居住区，居住空间范围明显扩大，居住用地密度从中心到周围的衰减速度减慢。

2) 新世纪以来，随着城市行政辖区的调整，城市功能分区愈加合理；城市旧城区改造与城市绿地建设等的发展，致使核心区内居住密度大幅度下降，居住空间格局发生明显变化，因此，2004 年核心区内居住用地的分维特征出现有恢复至 20 世纪 90 年代初期状态的趋势。居住用地增长的主要原因是人口增长，而人口增长的一个最直接结果是居住用地的同步增长^[21]。1985—1995 年，大连市中心区人口下降了 11.82%，近郊区人口则增长了 56.0%；1995—2004 年，大连市中心区人口下降了 12.25%，近郊区人口则增长了 58.22%^[22]，与此相对应的城市边缘区的居

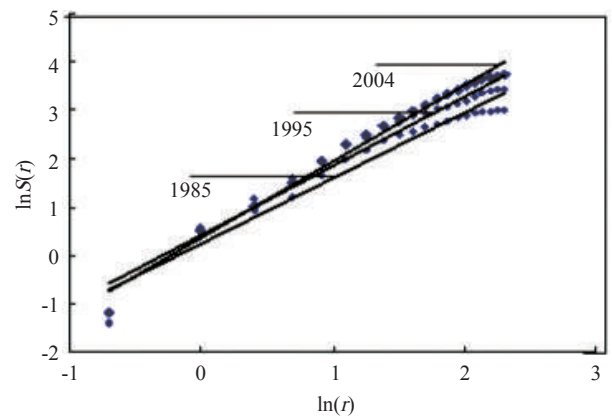


图 3 大连居住用地面积-半径维数双对数坐标图
Fig.3 Dual-log coordinate system (length-radius) of land area for residence in Dalian

表 2 大连市居住用地面积-半径维数测度值
Tab.2 Length-radius dimension of land area for residence in Dalian

对应区域	范围 r/km	分维值 D_L (相关系数 R^2)			D_L 增值率/%		
		1985	1995	2004	1995	2004	总计
研究区域	0~9	1.415(0.961)	1.491(0.958)	1.616(0.987)	5.38	8.36	13.74
核心区	0~3	1.813(0.974)	1.971(0.975)	1.888(0.988)	8.71	-4.19	4.52
外围区	3~6	1.096(0.986)	1.118(0.991)	1.345(0.999)	1.97	20.30	22.27
边缘区	6~9	0.641(0.993)	0.824(0.990)	1.130(0.992)	28.49	37.15	65.64

住用地维数也由1985—1995年的28.49%升至1995—2004年的37.15%，人口增减与居住用地维数的升降趋势大致相符，故可以判断，人口郊区化导致的郊区大面积住宅小区开发是城市边缘区居住用地分维值迅速增长的重要原因之一。而城市核心区即老城区内可供大面积兴建小区的区域较少，主要以零星的楼盘建设为主加之核心区人口逐年降低，故该区域分维数增长率较低甚至出现负增长(-4.19%)，同时也表明，居住用地过分集聚在老城区的格局将不复存在，居住空间分布将大量向郊区扩散，并将逐渐均衡化。

3) 近年来，大连市人口的增长和经济的发展，使狭小的市区不能满足城市进一步发展的需要，居住空间迅速向西部、西北、西南等方向扩展，市郊大型居住区的兴建使城市居住用地密度从城市核心区到边缘区的衰减速度减慢，分维值增大，这也是大连市近年来城市郊区化速度加快，居住用地向外扩散趋势日益明显的直接表征。从居住用地空间分布看，大连市三面环海、低山丘陵的地貌特征导致的区位差异决定了居住用地虽不断向外扩展，其空间分布格局均衡化的趋势也日渐明显，但仍不及亚特兰大(2.12)、休斯敦(2.76)^[20]等城市，尚未达到完全均衡程度。城市核心区居住用地维数已达到1.888，一方面表明随着核心区的改建及重修，居住空间分布结构更加合理，逐渐趋向均衡化，另一方面也反映出大连市城市功能分区仍不明显，西方式的CBD中心尚未形成。在城市边缘区内，居住用地分维数较低，2004年的分维值仅为1.130，这主要是交通条件、地形因素、环境因素及其他因素的限制使居住用地分布呈聚集状态。将城市核心区与边缘区的居住用地维数进行比较分析发现，这两个区域的维数差值正在逐渐缩小，已由1985年的1.17下降到1995年的1.15，最

终降至2004年的0.758，这充分说明大连市居住郊区化正在进一步发展，强度也有进一步的提高。

3 道路网络与居住空间扩散的关联

3.1 分维关联

鉴于交通维数、居住用地维数所代表的地理意义及交通网络和居住空间指标选取的复杂性和某些指标的难以量化性，本文分别以长度-半径维数、面积-半径维数作为城市道路网络和居住空间的代表变量，以上述测算的分维值作为基础数据，分别绘制1985、1995、2004年相应区域范围的道路网络和居住用地维数散点图(图4)，由结果可以看出居住用地和道路网络两者线性关系极为密切，呈极强的正相关。运用相关分析计算出两变量三年的Pearson相关系数为：0.987，0.990和0.996，经显著性检验两者相关程度极为密切。这充分说明了道路网络与居住空间之间的密切联系，居住用地维数随着道路网络维数的增大而增大，即道路网络越复杂、连通性越好；居住用地密度从核心区向边缘区衰减的速度越慢，边缘区与城市核心区的居住密度差距越小；居住空间向边缘区扩散越迅速，居住空间分布越均衡。

3.2 关联机制分析

交通与城市居住空间分布具有相互联系和相互制约的关系，城市居住空间的分布形态直接影响着交通线路的走向和交通流量；反之，交通线路的布局 and 分布格局也改变了城市居民居住空间结构的重组和居民住宅区位的再选择行为^[2]。城市道路网络的建设可提高地域空间可达

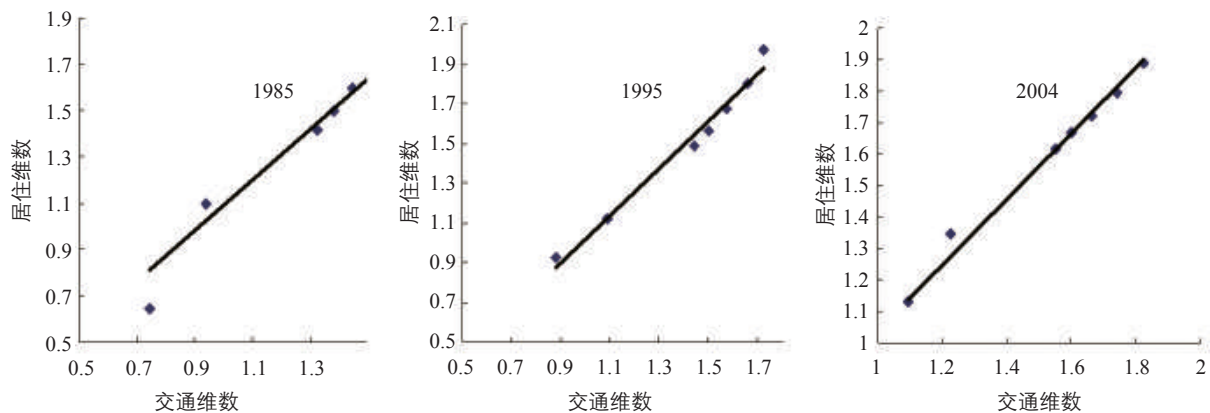


图4 交通维数与居住维数相关图

Fig.4 Correlation between transportation dimension and residential dimension

性，城市边缘大量土地进入了交通网络的可达范围，使城市向外扩张成为可能。城市交通设施沿线及附近的土地价格上涨使土地的开发强度提高，进而引起使用功能在空间上的重新选择，使各类建设用地数量变化和空间重新分布^[23]，进而影响城市居住空间格局。因此，居住空间分布与道路交通网络布局具有密切关系。

通过对道路交通网络及居住空间时空演变特征的研究得出，道路交通网络的演变对居住空间扩散具有明显的提升作用，提升机制如图5所示。20世纪90年代以来，大连市城市道路交通建设取得前所未有的成就，道路交通网络的分维值比20世纪80年代提高了9.3%，2004年比80年代提高了17.15%，居住用地的分维值分别增加了5.38%，14.19%，可见道路交通网络对居住用地的扩散具有明显的提升作用。道路交通网络的改善对城市边缘区居住空间扩散的影响更为显著，20世纪90年代及2004年城市边缘区交通网络密度较20世纪80年代分别增长了18.57%和47.4%，居住用地维数也随之增长了28.49%，76.22%，增长幅度高于全市域水平，这与城市边缘区形成多个新的居住中心，居住空间分布格局逐渐由单一到多方向，从内聚到沿交通轴放射状发展的现状相符合。同时测算结果也表明，居住空间维数与道路交通网络维数的增加并不同步，居住空间的扩散相对滞后于道路交通网络建设，这主要是由于道路交通网络建设具有城市基础设施建设的特点，建成后需要长期的运营逐渐改善区位条件进而实现其对居住空间扩散的潜在价值。总之，城市道路交通网络的建设为居住空间不断向市郊及更远的范围扩散提供了可能，对居住空间扩散具有积极地提升作用，并在一定的滞后时间里会保持持续的作用。

4 结论

研究大连市不同时期、不同区域城市道路交通网络及

居住空间分维特征的时空演变，结合国内外在该领域已有研究成果，得出如下结论：

1) 1985—2004年近20年间，无论是大连市的核心区、外围区、边缘区，还是整个研究区域，随着城市建设的发展，尤其是道路交通网络建设与结构的完善，城市道路交通网络的分维特征均得到明显加强。尤其是城市核心区，其道路交通网络的结构与功能已经达到分维值为1.7左右的最佳结构形态。边缘区的分维值呈逐年增加趋势，这与城市建设及不同阶段所实施的政策相符合。因此，分维特征的变化确切地表征了城市交通网络的复杂度、通达性的演化与发展。

2) 大连市地理位置及地貌类型决定了居住空间分布的特殊性。居住用地分布虽然逐渐均衡化，但由于低山丘陵的地形特征使区位条件相差较大，导致居住用地维数整体不高。在城市核心区，居住用地维数逐渐趋向分维值为2.0的完全均衡化形态。城市边缘区由于受交通条件、地形因素、基础设施等多方面的限制，居住用地多分布在区位条件优越的地区，区位条件差的地区则以零星住宅为主。因此城市边缘区的居住空间分布多呈聚集状态，但随着交通条件改善及多条公交线路的开通，市郊的居住小区数量逐年增多，居住空间分布正逐渐从聚集状态向城市中心-外围-边缘均衡布局的方向发展。

3) 通过分形维数测算，距离城市中心越近，交通网络越复杂、连通性越好，居住空间的分布越均匀；距离城市中心越远，交通网络的密度越稀疏，居住空间聚集分布现象越明显。交通建设引导城市规模扩张和城市化进程加快，从而带动居住空间也随之向城市边缘区扩散，致使居住空间分布范围不断扩大，研究区域内的居住空间分布趋向均衡化。城市外围地区交通网络复杂度及居住空间均衡度均呈现增大的趋势，反映了大连市城市郊区化进程发展加快，居住空间向城市郊区扩散的现状。

4) 道路交通网络与居住用地的分形优化趋势明显，这

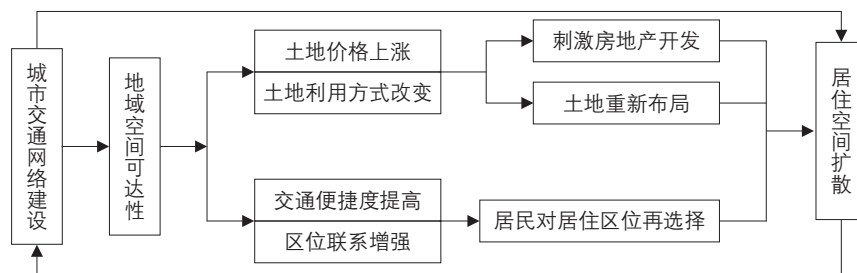


图5 城市交通网络建设对居住空间扩散的提升机制分析

Fig.5 Analysis on mechanism for construction of urban transportation network to promote the spatial expansion of residential area

与大连市两次城市总体规划调整方案的实施、20世纪90年代以来土地有偿使用制度的实行及房地产市场管理制度的改革有密切联系。通过研究可知,城市核心区无论是道路交通网络亦或是居住用地均接近优化模式,不宜再进行大规模的建设开发,应以交通通道为载体到核心区以外的地域寻求更大的发展空间,并将分形优化思想运用到未来的城市规划中去,着重对出现分形退化倾向的对象进行分析并查找原因,及早地采取措施加以控制。

参考文献

- 1 刘旺, 张文忠. 国内外城市居住空间研究的回顾与展望[J]. 人文地理, 2004, 19(3): 6-11
- 2 张文忠, 孟斌, 吕昕, 等. 交通通道对住宅空间扩展和居民住宅区位选择的作用——以北京市为例[J]. 地理科学, 2004, 24(1): 8-13
- 3 林鸿溢, 李映雪. 分形论——奇异性探索[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1992
- 4 刑海虹, 刘科伟. 基于分形理论对陕西城市体系等级规模分布的研究[J]. 人文地理, 2007, 22(4): 38-41
- 5 喻定权, 陈群元. 基于分形理论的湖南省城市体系规模分布[J]. 经济地理, 2006, 26(增刊): 242-245
- 6 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
- 7 Frankhouser P. Aspects fractals des structures urbaines [J]. L'Espace Geographique, 1990, 19(1): 45-69
- 8 Benguigui L, Daoud M. Is the Suburban Railway System a Fractal[J]. Geographical Analysis, 1991, 23: 362-368
- 9 陈彦光, 刘继生. 区域交通网络分形的DBM特征[J]. 地理科学, 1999, (2): 114-118
- 10 刘妙龙, 黄蓓佩. 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
- 11 李江, 郭庆胜. 基于GIS的城市交通网络复杂性定量描述[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2002, 36(4): 534-537
- 12 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(3): 471-478
- 13 姜世国, 周一星. 北京城市形态的分形集聚特征及其实践意义[J]. 地理研究, 2006, 25(2): 204-211
- 14 Batty M, Longley PA. The Morphology of Urban Land Use [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1988, 15: 461-488
- 15 White R, Engelen G. Cellular Automata and Fractal Urban Form: a Cellular Modelling Approach to the Evolution of Urban Land-use Patterns [J]. Environment and Planning A, 1993, 25: 1175-1199
- 16 朱晓华, 蔡运龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制[J]. 地理科学, 2005, 25(6): 671-677
- 17 吴浩, 陈晓玲, 蔡晓斌, 等. 基于组合分形模型的土地利用时空演变研究[J]. 武汉理工大学学报, 2008, 30(1): 154-157
- 18 宋博, 马建华, 秦艳培. 土地利用与土地覆被变化的分形分析——以郑汴间沙岗地为例[J]. 地域研究与开发, 2004, 23(3): 106-122
- 19 Batty M. Cities as Fractals: Simulating Growth and Form [A]. In: Crilly AJ, Earnshaw RA, Jones H(Eds). Fractals and Chaos [C]. New York: Springer-Verlag, 1991. 43-69
- 20 罗宏宇, 陈彦光. 城市土地利用形态的分维刻画方法探讨[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2002, 34(4): 107-113
- 21 冯健. 转型期中国城市内部空间重构[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- 22 张文新. 中国大城市人口居住郊区化现状、问题与对策[J]. 人口学刊, 2003, 3: 15-20
- 23 曹小曙等. 城市交通运输地理发展趋势[J]. 地理科学, 2006, 26(1): 111-116

石家庄市城市综合交通规划研究所成立

日前,石家庄市城市综合交通规划研究所成立,现有交通专业技术人员8名,其中交通工程专业硕士研究生4名。业务范围包括城市交通规划研究、宏观交通政策研究、交通科技成果研究,是面向政府决策、规划管理、城市建设服务的城市综合交通规划专业部门。主要职责为城市综合交通规划研究和建立城市交通基础数据信息系统,提供建设工程交通可行性研究及交通规划咨询等。

地址:石家庄市裕华东路9号

邮编:050011

电话:0311-88628286、88627798

传真:0311-99627798

网址: <http://www.sjzgh.gov.cn>