

东莞市交通路网格局对城市空间扩张影响研究

冯志新, 陈颖彪*, 千庆兰, 王帅帅

(广州大学地理科学学院, 广州 510006)

摘要: 城市化进程中, 交通路网格局的发展与土地利用变化有着密切关系, 交通系统的发展引起城市空间形态、土地利用开发、土地利用价格和用地布局特征的变化, 反之, 土地利用变化也引起了交通路网格局、路网密度的改变。本文以东莞市为例, 对其交通路网密度与新增城市用地变化强度作了定量分析。根据 TM 遥感影像提取 2001、2005 和 2009 年 3 期的城市用地, 采用核密度估算(KDE)新增城市用地变化强度, 探讨区域内交通路网格局与新增城市用地变化强度的关系。结果表明, 在 2001–2005 年间, 路网格局变化较大, 新增道路类型主要为高速公路, 新增城市用地总量较大、扩张速度快, 特别是交通路网密度大的边缘区域。在 2005–2009 年间, 随着路网发育不断成熟, 路网密度内部差异减少, 新增道路类型主要为县乡道路, 新增城市用地速度明显放缓。经相关系数显著性检验后表明: 2001–2009 年间, 在置信度为 95% 时, 东莞市道路网密度、加权密度(x)与新增城市用地核密度(y)的相关系数 R_{xy} 均大于 0.1946, 证明东莞市道路网密度、加权密度与新增城市用地核密度高度相关。

关键词: 城市扩张; 道路密度; 核密度; 东莞市

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2014.00079

1 引言

随着城市化进程的不断加快, 城市交通容量增大, 交通路网的不断优化, 空间可达性的提升, 土地价格和功能在空间上发生变化, 从而改变了土地利用结构, 使得城市干道沿线各类土地利用总量增加或重新布局, 人流、物流随之改变, 增加了出行需求, 进而产生了改善交通设施、优化路网结构的需求。闫小培等^[1]研究我国高密度开发城市交通系统与土地利用关系, 结果表明, 交通系统的发展引起城市空间形态、土地利用开发、土地利用价格和用地布局特征的变化, 反之, 土地利用特征的改变也带来了交通线网格局、交通密度特征及交通模式的改变。陈明辉等^[2]认为, 东莞市热环境格局的时空变化特征与交通干道的区位特征密切相关。毛蒋兴等^[3–5]分析了城市交通干道对沿线土地利用存在廊道效应, 土地利用存在明显的空间吸引与空间分异效应, 并基于 GIS 与 RS 技术分析论证了城市交通系统建设对土地利用开发的刺激作用, 论述了城

市交通系统发展对城市空间格局演化的作用。目前, 大多数学者从宏观上探讨城市交通系统与某些土地利用类型、景观的关系^[6–12], 采用可达性指标与构建道路网缓冲区来进行实证分析, 而对交通路网的线密度与新增城市用地的变化强度的定量关系研究较少。

本文以东莞市为研究对象, 根据 TM 遥感影像提取 2001、2005 和 2009 年 3 期的新增城市用地, 采用核密度估算(KDE)新增城市用地变化强度, 分析区域内 2001–2005 年与 2005–2009 年 2 个时段交通路网格局与新增城市用地变化强度的关系。

2 研究区概况与数据源

东莞市位于广东省中南部, 珠江口东岸, 东江下游的珠江三角洲, 邻近港澳, 是广州和香港水陆交通的必经之地。地处东经 113°31′~114°15′, 北纬 22°39′~23°09′(图 1)。地势东南高、西北低, 地貌以丘陵台地、冲积平原为主。自 20 世纪 80 年代以来,

收稿日期: 2013-05-13; 修回日期: 2013-06-13.

基金项目: 国家科技支撑计划课题(2012BAH32B03); 国家自然科学基金项目(41071078); 教育部人文社科规划基金项目(11YJAZH016); 住房和城乡建设部科学技术项目(2012-K8-42)。

作者简介: 冯志新(1988-), 男, 广东广州人, 硕士生, 主要从事地理信息与遥感模型研究。E-mail: fzx314656@126.com

*通讯作者: 陈颖彪(1969-), 男, 教授, 主要从事 GIS 与 RS 技术应用研究。E-mail: gzhuchenyb@126.com

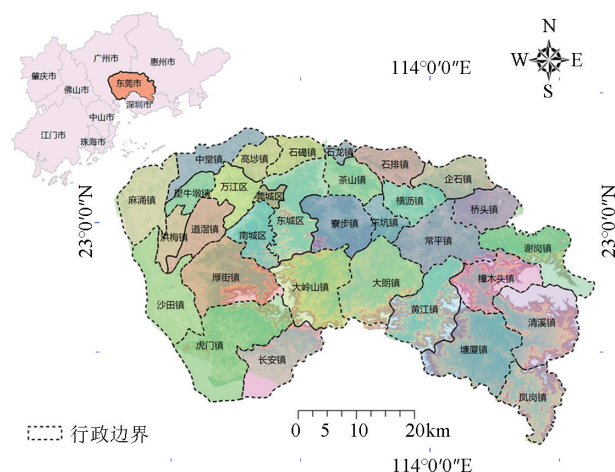


图1 东莞市区位示意图

Fig.1 Location of Dongguan City in Guangdong Province

地缘优势与亲缘优势(港澳台同胞与华侨重地)使东莞市成为珠三角地区外商投资的中心之一,在外源性经济的带动下,东莞市逐步形成了以制造业为主的产业特征,加快了东莞市的工业化进程,促进了城市的快速扩张。

本研究以东莞市32个镇区为研究对象,研究数据有3期(1999、2005和2009年)6种道路网矢量数据,包括铁路、高速路、在建公路、省道、国道和县乡道路;利用3期TM遥感影像(2001、2005和2009年)解译的土地利用/覆被图,包括城市用地、开发区、水体、农田、林地等9种用地类型。由于针对的是新增的城市用地,因此,本文采用城市用地类型进行计算与分析。

3 交通格局对城市扩张的影响分析

3.1 研究估算方法

3.1.1 交通路网密度与加权密度

道路密度是指一定区域内道路总长度与该地区面积之比^[13],在ArcGIS环境中,线密度分析工具用于计算每个输出栅格像元邻域内的线状要素的密度,即使用搜索半径以各个栅格像元中心为圆心绘制一个圆。每条线上落入该圆内的部分的长度与Population字段值相乘。对这些数值进行求和,然后将所得的总和除以圆面积,密度的计量单位为长度单位/面积单位(图2),其计算公式为:

$$Density = ((L1 \times V1) + (L2 \times V2)) / (Area_of_Circle) \quad (1)$$

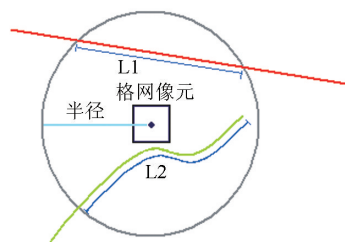


图2 线密度示意图

Fig.2 Sketch map of line density

式(1)中,线L1和L2表示各条线上落入圆内部分的长度,相应的Population字段值分别为V1和V2,线密度分析可了解土地利用开发造成影响的道路密度,可使用Population字段赋予某类道路网类型更大的权重,具体根据道路的等级或通行能力而定^[14]。例如,高速路产生的影响可能要比县乡道路大。Area_of_Circle为圆的面积,在ArcGIS中可通过搜索半径来设定圆的面积。因此,本研究针对东莞市6种道路类型的道路通行能力,结合专家打分计算出不同类别道路的权重值(表1)。通过ArcGIS,最后分别求得东莞市1999、2005和2009年路网道路密度与加权密度,以表达出其间的变化空间特征规律,道路密度只显示大于1.05km/km²,加权密度大于0.0954km/km²的区域,如图3-8所示。从3期的路网密度与加权密度的变化特征来看,1999-2005年间,东莞的道路网发展的2个重心为:(1)在东莞市市中心区域(万江区、莞城区、南城区和东城区);(2)通过东部快速干线向东发展,如以横沥镇与常平镇为中心的区域发展。与此同时,东莞的西南部(以虎门镇为中心)与东南部(以塘厦镇为中心)的道路网也逐渐发展起来。2005-2009年间,东莞市的整体路网趋于均衡发展,西部地区(如麻涌镇、洪梅镇与沙田镇)的道路网逐步完善。

表1 东莞市道路类型权重表

Tab.1 Weights of road types in Dongguan City

道路类型	高速路	铁路	在建公路	国道	省道	县乡道路
权重	0.25	0.25	0.18	0.14	0.12	0.06

3.1.2 新增城市用地核密度估算

核密度估计法(Kernel Density Estimation, KDE)主要是借助一个移动的单元格网(相当于窗口)对点或线格局的密度进行估计^[15-17]。通过对2001、2005和2009年的东莞市TM影像遥感影像进行分类,进而提取各年份的城市用地,利用ArcGIS

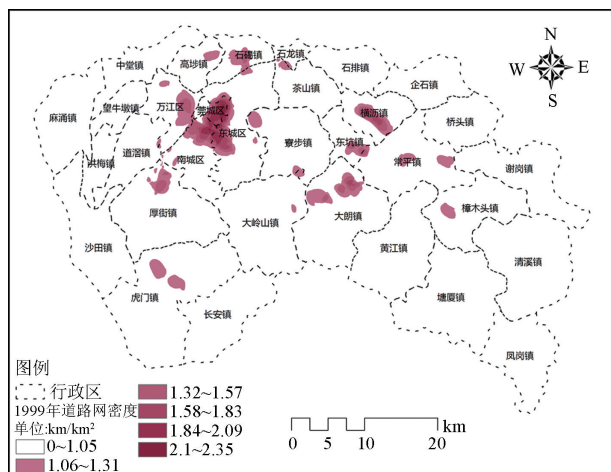


图3 东莞市1999道路网密度

Fig.3 Road network density in Dongguan in 1999

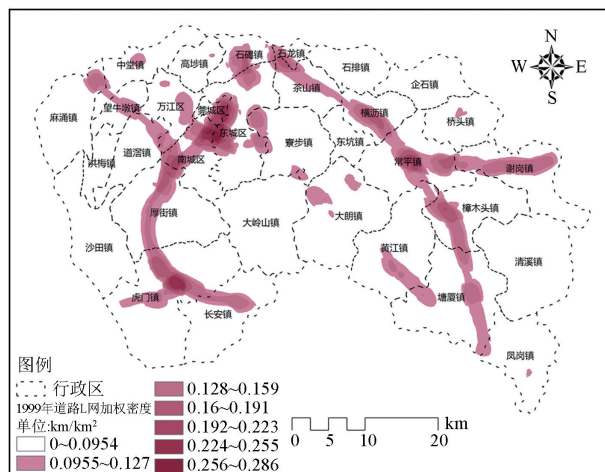


图4 东莞市1999道路网加权密度

Fig.4 Weighed road network density in Dongguan in 1999

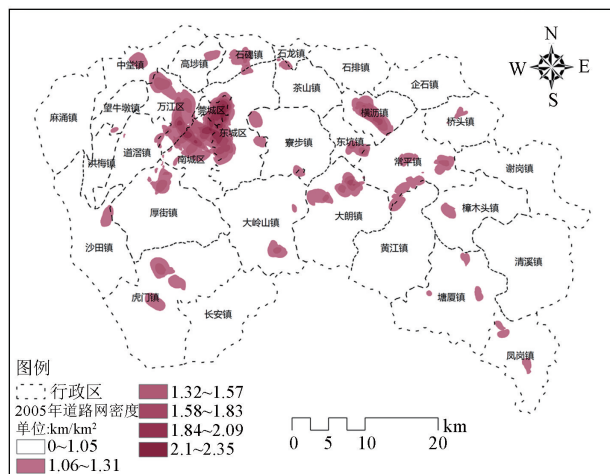


图5 东莞市2005道路网密度

Fig.5 Road network density in Dongguan in 2005

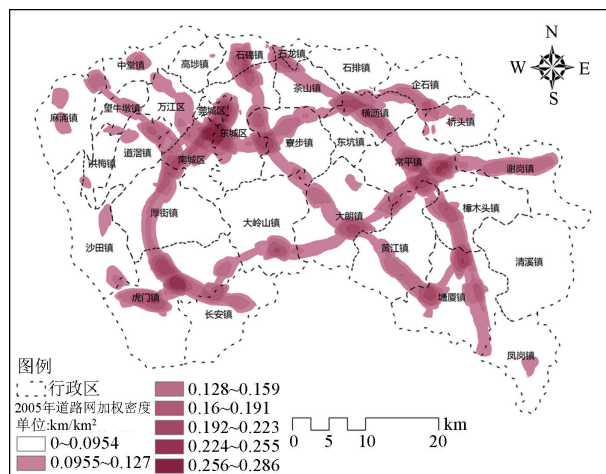


图6 东莞市2005道路网加权密度

Fig.6 Weighed road network density in Dongguan in 2005

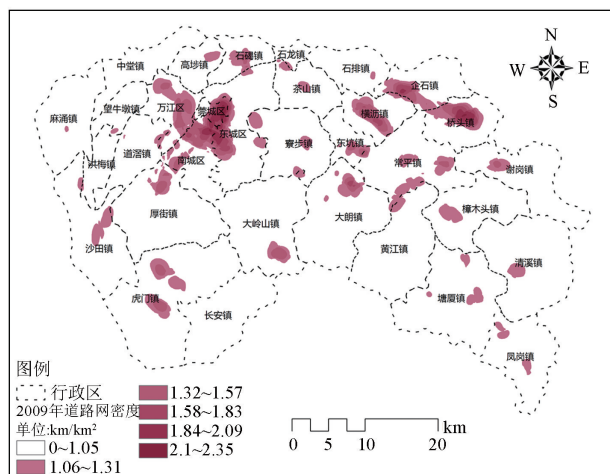


图7 东莞市2009道路网密度

Fig.7 Road network density in Dongguan in 2009

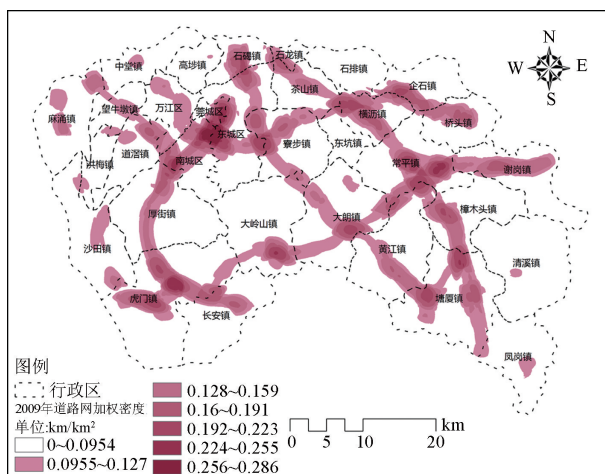


图8 东莞市2009道路网加权密度

Fig.8 Weighed road network density in Dongguan in 2009

软件空间分析模块的栅格计算功能得到2001-2005年间新增城市用地、2005-2009年间新增城市用地,如图9、10所示。利用ArcGIS的Fishnet工具创建矢量要素格网与对应的中心点,即利用1000m×1000m

大小的网格覆盖整个研究区域,采用区域统计(Zonal)分析方法,计算每个网格内的新增城市用地的栅格个数,进而利用核密度估算出新增城市用地的强度,如图11、12所示。

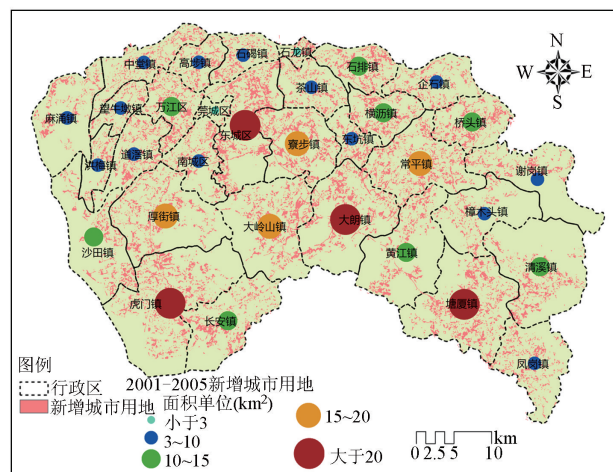


图9 东莞市2001-2005年新增城市用地

Fig.9 Change of urban land-use in Dongguan from 2001 to 2005

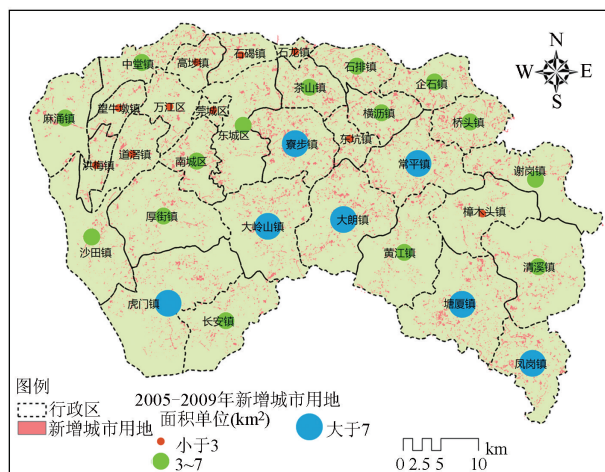


图10 东莞市2005-2009年新增城市用地

Fig.10 Change of urban land-use in Dongguan from 2005 to 2009

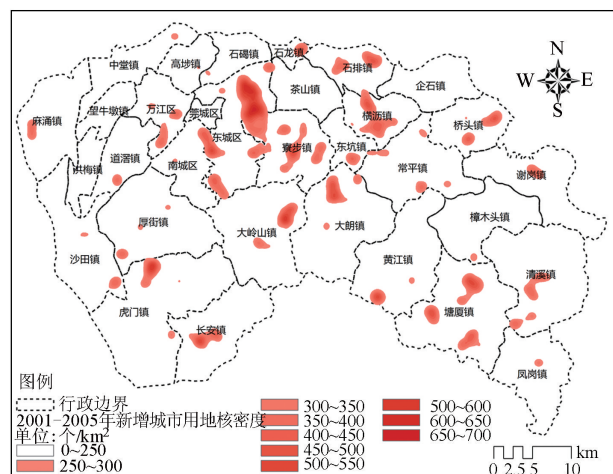


图11 东莞市2001-2005年新增城市用地核密度

Fig.11 Kernel density estimation of urban land-use in Dongguan from 2001 to 2005

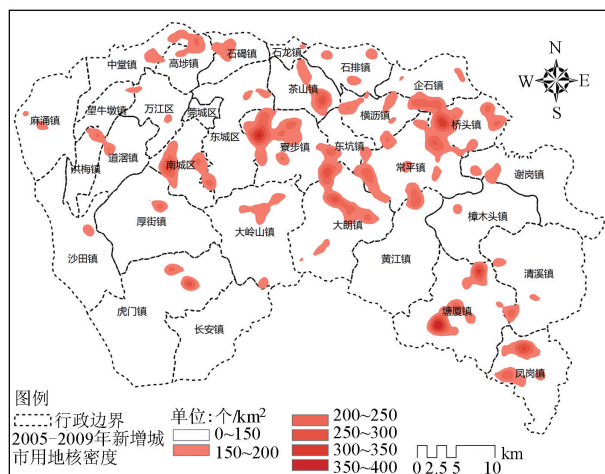


图12 东莞市2005-2009年新增城市用地核密度

Fig.12 Kernel density estimation of urban land-use in Dongguan from 2005 to 2009

3.2 交通格局的影响结果与分析

3.2.1 东莞市交通路网络格局变化特征

由图3至图8、图13至图14,及表2可以看出,1999-2009年间,东莞市道路网空间格局与路网密度发生明显变化,主要特征:

(1)1999-2009年间,区域交通路网结构不断完善,路网密度变化较大的区域穿越东莞市以下区镇:自西向东经过麻涌、望牛墩、道滘、万江、南城、莞城、东城、大岭山、大朗、东坑和常平等,自北向南

穿越石龙、石碣、茶山、东城、莞城、南城、厚街、虎门、长安等区镇。

(2)1999-2005年间,东莞市路网络格局变化较大,通过ArcGIS进行新增道路长度统计,得出新增道路总里程为227.9km,主要道路类型为高速公路(78.4km)与在建公路(76.4km),新增道路沿线路网密度显著增加。

(3)2005-2009年间,新增道路总里程为156.91km,主要道路类型为县乡道路(153.65km),

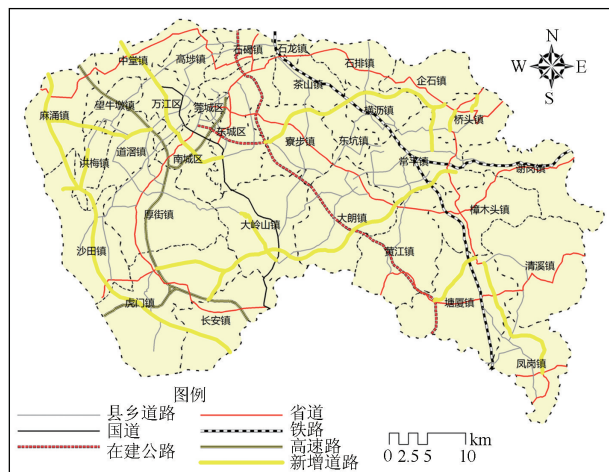


图13 东莞市1999-2005年新增道路空间分布

Fig.13 Spatial pattern of new roads in Dongguan from 1999 to 2005

随着东莞市快速城镇化的发展,市域内整体路网发育不断成熟,其中部分镇级区域已经在地域上连接起来,从而使整个区域内的路网发展需求减少,新增路网密度区域的内部差异减小。

表2 东莞市1999-2009年新增道路

Tab.2 Statistics of new roads in Dongguan from 1999 to 2009

道路类型	高速公路	省道	县乡道路	在建公路
1999-2005 新增道路长度(km)	76.36	21.6	51.49	78.39
2005-2009 新增道路长度(km)	—	—	153.65	3.26

3.2.2 东莞市新增城市用地强度变化特征

从图9至图12可以看出,2001-2009年期间,东莞市新增城市用地总量、空间格局明显变化,其主要特点:

(1)2001-2005年间,新增城市用地总量最为显著的区镇是:东城、虎门、大朗和塘厦,这些镇区的新增城市用地总量均高于20km。新增城市用地核密度最高的区域主要集中在东城区北部、寮步镇中部与北部、横沥镇中部。这些区域的新增城市用地核密度值相对较高,反映该区域的新增城市用地变化强度大,聚集程度高。

(2)2005-2009年间,东莞市各镇区的新增城市用地总量相对于2001-2005年间明显减少,速度明显放缓。这段时期内新增城市用地总量较高的主要在以下区镇:寮步、虎门、大岭山、大朗、常平和塘厦。新增城市用地核密度变化强度较2001-

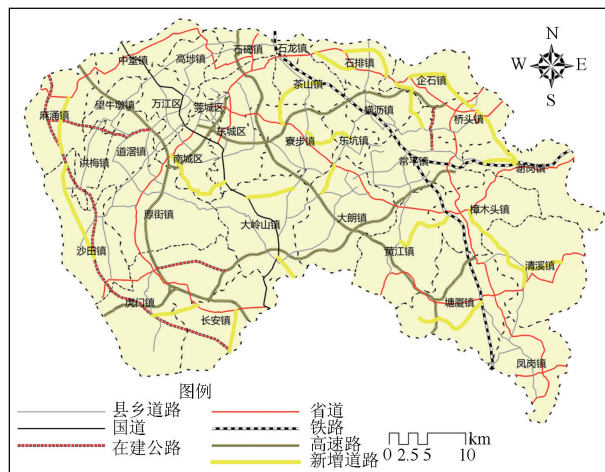


图14 东莞市2005-2009年新增道路空间分布

Fig.14 Spatial pattern of New roads in Dongguan from 2005 to 2009

2005年间减小,反映整体区域的新增城市用地变化强度开始减小。该时期核密度最高的区域主要集中在寮步镇中部与北部、大朗镇中部与北部、茶山镇西南部、桥头镇西部、塘厦镇中部与凤岗镇中部。

(3)通过对2001-2009年间东莞市新增城市用地变化与趋势的分析可知,随着人口与经济的不断集中,城市用地开始向外为镇区的郊区剧烈扩张,城市地域呈连片发展的趋势,出现了所谓的“城市蔓延”的现象。从2001-2005年与2005-2009年2个时段中可以看出,东莞市城市空间增长形态由高密度、高强度扩张转变为郊区的低密度蔓延。

3.2.3 东莞市交通路网络与新增城市用地强度变化的关系

随着城市化进程的不断加快,交通路网络的发展与土地利用变化有着密切关系,交通路网的整体布局引起城市空间形态、土地利用开发、土地利用价格和用地布局特征的变化,反之,土地利用变化也引起了交通路网络、交通线密度的改变^[18-21]。为了定量研究东莞市交通路网络与新增城市用地强度变化的关系,利用ArcGIS空间分析模块对道路网密度、道路网加权密度与新增城市用地核密度进行相关系数计算与检验。相关系数的计算公式为:

$$R_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

式(2)中, R_{xy} 为要素 x 与 y 之间的相关系数; \bar{x} 与 \bar{y} 为两要素平均值。

由于计算的栅格单元数为 2693×1864 , 样本容量很大, 如表 3 所示, 求得相关系数 R_{xy} 的范围为 $[0.22575, 0.30882]$, 经相关系数显著性检验后表明:

2001–2009 年间, 在置信度为 95% 时, 东莞市道路网密度、加权密度 (x) 与新增城市用地核密度 (y) 的相关系数 R_{xy} 均大于 0.1946, 证明东莞市道路网密度、加权密度与新增城市用地核密度高度相关。

表 3 道路网密度与新增城市用地核密度相关系数表

Tab.3 Statistics of correlation coefficients between road network density and the KDE of newly added urban land-use

序号	道路网密度(x)	新增城市用地核密度(y)	相关系数(R_{xy})
1	1999 年道路网	2001–2005 年新增城市用地	0.26985
2	1999 年道路网(加权密度)	2001–2005 年新增城市用地	0.22575
3	2005 年道路网	2001–2005 年新增城市用地	0.27353
4	2005 年道路网	2005–2009 年新增城市用地	0.26729
5	2005 年道路网(加权密度)	2001–2005 年新增城市用地	0.23471
6	2005 年道路网(加权密度)	2005–2009 年新增城市用地	0.2319
7	2009 年道路网	2005–2009 年新增城市用地	0.30882
8	2009 年道路网(加权密度)	2005–2009 年新增城市用地	0.24389

选取表 3 中相关系数最高的 2 项(序号 3 与序号 7)进行叠加显示分析, 如图 15、16 所示, 东莞市交通路网密度高的区域同时也是新增城市用地强度大、集聚明显的区域。高速路等级较高的路网增强了更远城郊的空间可达性, 使得沿道路两侧的斑块式扩张速度加快, 形成跳跃式的低密度扩张模式。交通路网沿线的建设为城市用地的圈层式扩张提供了动力, 尤其沿轴城市用地扩张趋势明显。

4 结论

城市交通道路网是组成城市的骨架, 各种不同

性质的用地依存于这些骨架。因此, 土地利用结构决定市内交通运输需求, 道路及交通设施的改善, 反过来又改变土地利用的强度和模式, 其主要矛盾随城市发展阶段的不同而改变。通常作为优化城市物质环境的最有效方法为改善道路交通系统。随着区域经济的进一步发展, 东莞市的新增城市用地规模还将会进一步扩大, 但由于土地资源有限与政策导向, 扩张的速度将会逐步减小。

交通网络的发展直接关系到城市发展的空间布局与扩张方向, 本文对 2001–2005 年与 2005–2009 年 2 个时段内的交通路网络、密度与新增城市用地变化强度进行相关分析, 发现区域交通网络

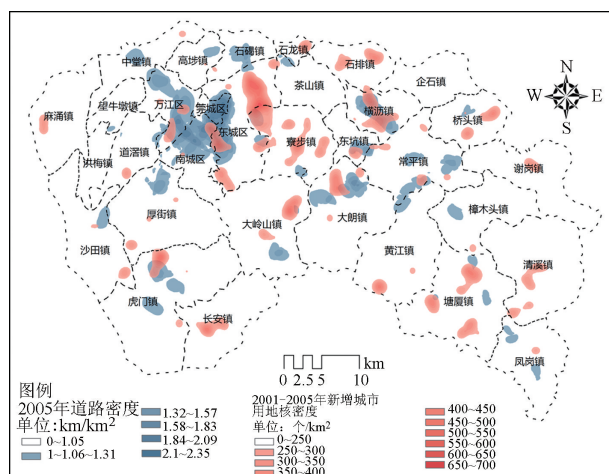


图 15 2005 年道路线密度与新增城市用地核密度

Fig.15 The Relationship Between the Density of Roads and the KDE of Newly Added Urban Land-use in Dongguan 2005

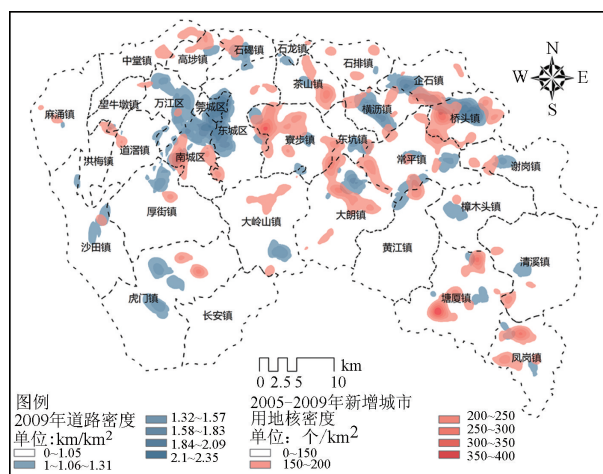


图 16 2009 年道路线密度与新增城市用地核密度

Fig.16 The Relationship Between the Density of Roads and the KDE of Newly Added Urban Land-use in Dongguan 2009

的发展,促进城市向集中型扩张,随着整体交通网络结构的不断完善,也带动了镇区中心周边区域的快速发展,郊区向城市用地的快速转变。根据珠江三角洲城镇协调发展规划方案中提及未来珠三角将通过“一脊、三带、五轴”的区域空间结构,把珠三角最重要的功能区和节点进行串联,整合构成向海外和内陆多方强劲辐射的空间体系。如广州、深圳、惠州等都根据区域发展条件判定自身发展策略,加强与香港、内地的联系,沿广深这根轴线是区域发展最为迅速的地区,从地理位置上看,东莞市的虎门与常平处于区域脊梁上,在未来的发展中具有良好的“区位”条件,是东莞参与区域职能分工和竞争中最具优势的地区,但在城市中心“莞城”与松山湖地区则面临被边缘化的困扰,不利于带动城市整体发展。

参考文献:

- [1] 闫小培,毛蒋兴.高密度开发城市的交通与土地利用互动关系——以广州为例[J].地理学报,2004,59(5):643-652.
- [2] 陈明辉,陈颖彪,郭冠华,等.东莞市城市热环境时空变化及其驱动机制[J].地理研究,2011,30(8):1431-1438.
- [3] 毛蒋兴,闫小培.城市交通干道对土地利用的廊道效应研究——以广州大道为例[J].地理与地理信息科学,2004,20(5):58-61.
- [4] 毛蒋兴,闫小培.城市交通系统对土地利用的影响作用研究——以广州为例[J].地理科学,2005,25(3):3353-3360.
- [5] 毛蒋兴,闫小培.高密度开发城市交通系统对土地利用的影响作用研究——以广州为例[J].经济地理,2005,25(2):185-188.
- [6] 毛蒋兴,闫小培,王芳.高密度土地开发对交通系统的影响——以广州为例[J].规划师,2004,20(12):99-104.
- [7] 朱巍.成都市城市交通与城市空间结构相互关系研究[D].成都:西南交通大学,2005.
- [8] 杨思,孔德良.基于道路网络特征的建设用地扩张及其对林地景观的影响——以深圳市为例[J].生态环境学报,2012,21(2):286-292.
- [9] 王真,郭怀成,郁亚娟,等.城市土地利用与交通相互关系研究进展[J].人文地理,2009,24(4):91-97.
- [10] 严颢,刘毅,陈吉宁,等.道路交通系统对区域工业布局的影响[J].经济地理,2009,29(5):746-751.
- [11] 毛蒋兴,闫小培.基于城市土地利用模式与交通模式互动机制的大城市可持续交通模式选择——以广州为例[J].人文地理,2005,20(3):107-111.
- [12] 曹峰,宋海荣,葛咏,等.基于粗糙集的交通道路与城镇用地扩展关系分析[J].地球信息科学学报,2010,12(6):791-796.
- [13] 沈建武,吴瑞麟.城市道路与交通[M].武汉:武汉大学出版社,2006.
- [14] 范科红,李阳兵,冯永丽.基于 GIS 的重庆市道路密度的空间分异[J].地理科学,2011,31(3):365-371.
- [15] 刘锐,胡伟平,王红亮,等.基于核密度估计的广佛都市区路网演变分析[J].地理科学,2011,31(1):81-86.
- [16] 蔡雪娇,吴志峰,程炯.基于核密度估算的路网格局与景观破碎化分析[J].生态学杂志,2012,31(1):158-164.
- [17] 王远飞,何洪林.空间数据分析方法[M].北京:科学出版社,2007.
- [18] 陆建,王炜.城市道路网规划指标体系[J].交通运输工程学报,2004,4(4):62-67.
- [19] 周素红,闫小培.广州城市空间结构与交通需求关系[J].地理学报,2005,60(1):131-142.
- [20] 陆化普.城市土地利用与交通系统的一体化规划[J].清华大学学报(自然科学版),2006,46(9):1499-1504.
- [21] 曹小曙,马林兵,颜廷真.珠江三角洲交通与土地利用空间关系研究[J].地理科学,2007,27(6):743-748.

Relationship between the Structure of Urban Traffic Network and Urban Spatial Expansion: A Case Study of Dongguan City

FENG Zhixin, CHEN Yingbiao*, QIAN Qinglan and WANG Shuaishuai

(School of Geographical Sciences, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: With the development of urbanization, there is a close relationship between the structure of urban traffic network and urban spatial expansion. Development of traffic system is caused by urban spatial form, land use development, land price and land use layout feature changes, conversely, land use change also acts on the structure of urban traffic network and road density. How to quantitatively describe the strength of urban road network

density and urban land-use change is a key scientific issue. This research takes Dongguan City as an example, through remote sensing images in 2001, 2005 and 2009, using the kernel density estimation (KDE) to describe the intensity of newly added urban land use and explore the relationship between urban road network density and urban spatial expansion. The results showed that, during the period of 2001–2005, the city had a great change in road network with the highway as the mainly new road type. Urban expansion was rapid, with a relatively large amount of newly added urban land use area, especially in the edge region where the road network density is high. During the period of 2005–2009, with the development of road network, county road was the mainly new road type, and the newly added urban land use growth also slowed down. The significance test of correlation coefficient showed: during 2001–2009 period in Dongguan City, at the confidence level of 95%, the correlation coefficient $R(xy)$ of the road network density, of the weighted density (x) and of the kernel density (y) are all larger than 0.1946, which indicated that those three factors are significantly related.

Key words: urban expansion; road density; kernel density; Dongguan City

***Corresponding author:** CHEN Yingbiao. E-mail: gzhuchenyb@126.com.