

城市轨道交通对土地利用变化的时空效应

谭章智¹, 李少英², 黎夏¹, 刘小平¹, 陈逸敏¹, 李威贤²

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广州 510275; 2. 广州大学地理科学学院, 广州 510006)

摘要: 定量分析轨道交通对城市内部精细土地利用复杂变化影响的时空效应, 对于预测未来新建站点对土地利用的影响以及规划方案的调整与优化具有重要的指导意义。本文提出结合历史高分遥感影像与POI数据获取多时间节点精细土地利用信息的方法, 并以广州市二号线和八号线地铁线为例, 结合逐步回归模型与站点用地功能分类, 从时间和空间两个维度定量研究地铁对土地利用转变的复杂影响过程与空间差异规律。结果表明, 轨道交通促使站点周边低密度居住用地向商业用地、高密度居住用地等高效益土地利用方式的转变; 轨道交通在规划、建设、运营不同阶段对于周边土地利用的影响呈现显著的差异规律; 地铁站点对土地利用变化影响规律具有明显的空间异质性特征, 与站点在城市里的位置以及站点周边的土地利用有关, 对城市中心区域的影响较小, 对郊区的影响主要与可用的非建设用地面积相关, 而工业用地对土地利用变化具有限制作用; 轨道交通还带来用地功能和性质的转变, 这样的转变大多发生在地铁站点开通运营的时间点。

关键词: 轨道交通; 复杂土地利用变化; 时空效应; 高分影像; POI; 广州市

DOI: 10.11821/dlxb201705007

1 引言

随着全球城市化进程的推进, 交通拥堵问题已成为困扰世界各大城市的难题^[1-2], 而城市轨道交通建设是缓解城市堵塞问题的重要途径之一^[3-4]。近年来, 城市轨道交通与城市土地利用的互动关系引起了地理学者的广泛关注, 成为学术界研究的热点问题之一。国内外学者已开展了许多有关轨道交通对土地利用变化影响的研究^[5-11], 如何东华等^[8]对规划中的轨道交通环线沿线的土地利用空间特征进行分析; 刘诗奇等^[9]对典型站点建成后周边土地利用特征进行分析; 刘保奎等^[7]对深圳地铁一号线开工前与通车后两个时间点土地利用变化进行研究。上述研究主要基于遥感影像解译获取土地利用数据, 或基于政府部门提供的土地利用调查数据, 侧重于单个时间点的土地利用结构分析或两个时间点的对比分析, 没有覆盖轨道交通从规划到建设, 最后开通运营的整个过程, 难以揭示轨道交通对城市精细土地利用变化影响的时空异质性规律。城市轨道交通从无到有, 历经规划、建设、运营等阶段, 是交通与土地利用均发生动态变化的连续过程。轨道交通不断扩展, 引起站点周边土地利用发生复杂的变化, 而这种变化在轨道交通发展的不同阶段

收稿日期: 2016-07-19; 修订日期: 2017-01-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(41401432); 广东省教育厅青年创新人才项目(2014KQNCX107); 广东省自然科学基金博士启动项目(2015A030310288) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41401432; Youth Innovation Talent Project of Education Department of Guangdong, No.2014KQNCX107; The PhD Start-up Fund of Natural Science Foundation of Guangdong, No.2015A030310288]

作者简介: 谭章智(1988-), 男, 广东韶关人, 博士生, 研究方向为交通与土地利用互动关系。E-mail: gistop@126.com

通讯作者: 李少英(1987-), 女, 广东汕头人, 博士, 主要研究方向为遥感与GIS应用, 交通与土地利用互动模拟。

E-mail: lsy_0130@163.com

以及城市的不同区域存在一定的差异。研究轨道交通不同阶段内不同站点周边的土地利用特征,总结其差异规律,有助于我们掌握轨道交通对土地利用影响的时空效应,更精准地预测新的轨道交通线路对周边土地利用变化的影响,为规划方案的调整与优化提供定量支持。

研究轨道交通不同阶段的土地利用变化时空规律,需要获取覆盖轨道交通规划、建设、运营等阶段的土地利用时间序列数据。高分辨率遥感影像与大数据的日渐丰富,为土地利用的精细表达与城市时空变化研究带来了变革^[12-14],可以借助Google Earth数据的共享获取多时段的高分辨率影像数据。高分辨率遥感影像提升了获取城市地表物理信息的能力,却难以表达土地利用所具有的社会经济特征。兴趣点(Point of interests, POI)作为重要的地理空间数据^[15],直观反映了城市空间中各类功能的分布情况,有效地补充了高分辨率遥感影像在社会经济信息上的缺失,使我们能够更准确地提取城市精细土地利用信息。为此,本文拟提出结合Google Earth历史高分辨率影像与百度地图POI数据获取多时间节点精细土地利用信息的方法,进而结合逐步回归模型与站点用地功能分类,分析轨道站点规划、建设、运营不同阶段对城市复杂土地利用变化的时空影响规律,以期为广州市城市轨道交通与土地利用协同规划与综合开发研究提供决策参考。

2 研究区域与数据处理

本文研究区域为快速城市化地区——广州市。自1999年6月广州首段地铁正式运营以来,广州已经建成8条地铁营运路线(图1),总长为260 km,成为中国第三大城市轨道交通系统。随着城市规模的急剧扩张与交通需求的日益增长,作为城市活动重要支撑的地铁网络需不断更新与扩张。根据广州新一轮轨道交通(2015-2025)建设规划,未来十年广州市地铁里程将增至将近1000 km。因此,研究广州已建地铁对城市复杂土地利用变化的时空影响规律,对于促进未来地铁与土地利用协调规划与发展具有重要的意义。

在已开通的线路中,二号线和八号线由原二号线分拆之后各自延展而来,原二号线(三元里站—万盛围站)为L状走势,从越秀区北部的三元里站向南穿越越秀区,进入海珠区,继续南下,在江南西站与晓港站区间拐向东行,横穿海珠区,到达终点站万盛围站。2010年,原二号线拆分为南北走向的二号线(嘉禾望岗站—广州南站)和东西走向的八号线(凤凰新村站—万盛围站)两条线路,在江南西站和晓港站之间增设昌岗站作为两条线路的换乘站,各路段的建设与运营时间如表1所示。广州地铁二号线和八号线具有典型代表性,一方面,这两条线路包含了不同时间建设运营的多个路段,反映了广州地铁的发展历程;另一方面,这两条线路既覆盖了广州火车站、北京路步行街等城市中心区域,也连接了广州南站、嘉禾望岗等新建城市区域。因此,本文选取二号线和八号线沿线1000 m缓冲区范围的土地利用作为研究对象。

本文提取精细土地利用信息的来源是高分辨率遥感影像与POI数据。首先,通过Google Earth获取多时段高分辨率遥感影像。从表1可以看出,广州地铁二号线、八号线大部分路段的开通运营时间集中在2005年底及2010年底,为了分析轨道交通规划、建设、运营等不同阶段对土地利用的影响,选取2000年11月、2006年1月、2010年10月及2015年10月4个时间点的遥感影像获取土地利用信息,影像分辨率为0.55 m。此外,设计了网络爬虫程序,抓取了广州市百度地图POI数据,辅助高分影像的解译。广州市百度地图POI数据采集于2015年10月,共计38万余条。通过梳理,得出18个大类的POI数据,每个大类中又包含若干中类、小类。

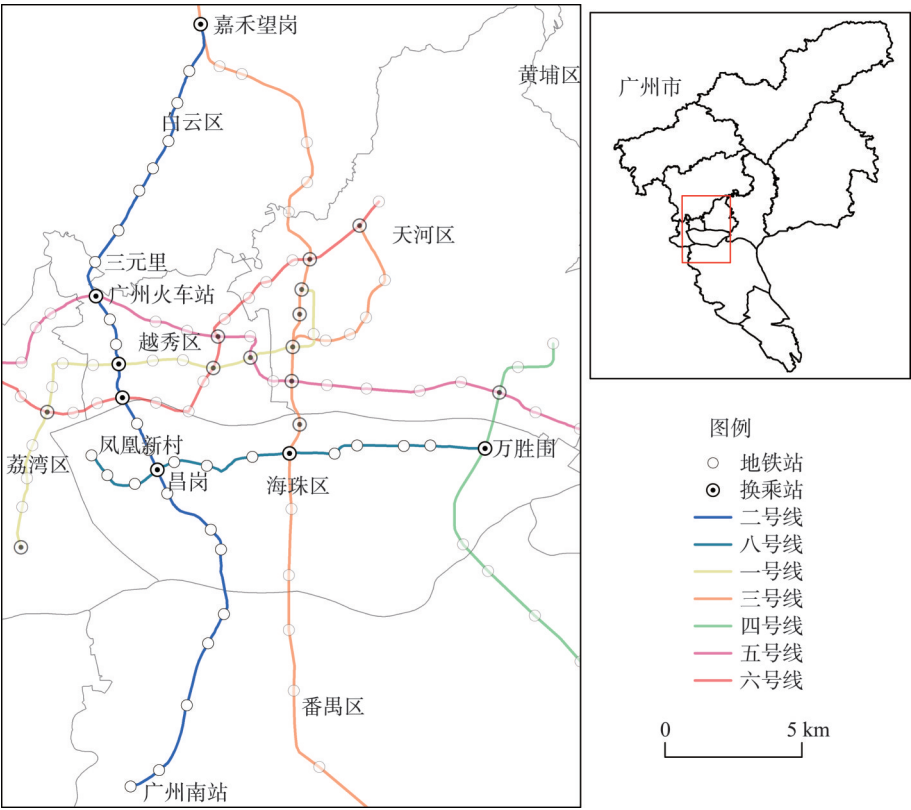


图1 广州市地铁线路图
Fig. 1 The Guangzhou Metro Map

3 城市精细土地利用时空信息获取

3.1 研究方法

高分辨率遥感影像具有良好的目视效果，影像分辨率达到米级时，人们平常视觉所见到多数野外目标如树木、道路、汽车和建筑物等能够直接可见。使用高分辨率遥感影像获取土地利用信息时，解译者根据影像的光谱信息和纹理、形状等空间特征，结合非遥感信息资料进行目视解译，解译者的知识和经验对结果精度影响很大。高分辨率遥感影像提供了丰富的地表细节信息，却缺乏表达土地利用所具有的社会经济信息，单靠高分影像难以准确识别出城市内部精细土地利用类型，如公共用地、商业用地以及不同密度的居住用地等。另一方面，POI数据类别属性全面，直观地反映了城市空间中各类功能的分布现状，有效地补充了高分辨率遥感影像在社会经济信息上的缺失。融合多源信息有助于提高分类精度^[16]，结合高分辨率遥感影像提供的丰富地表信息和POI数据提供的社会经济信息进行目视解译，可以减少对解译者对研究区域先验知识的依赖，更准确地提取城市精细土地利用信息。

表1 广州地铁二号线、八号线各路段建设运营时间表
Tab. 1 Construction and operation time of segments of Guangzhou Metro Line 2 and Line 8

线路	路段	建设时间	运营时间
二号线	三元里站—昌岗站	1998年7月	2003年6月
	嘉禾望岗站—三元里站	2007年8月	2010年9月
	昌岗站—广州南站	2007年8月	2010年9月
八号线	昌岗站—琶洲站	1998年7月	2003年6月
	琶洲站—万盛围站	2003年1月	2005年12月
	凤凰新村站—昌岗站	2007年8月	2010年11月

首先确定目视解译的土地利用分类标准，采用《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011)，分为以下10类：居住用地R、公共管理与公共服务用地A（以下简称公共用地）、商业服务业设施用地B（以下简称商业用地）、工业用地M、物流仓储用地W、交通设施用地S、公用设施用地U和绿地G、水域E1及其他非建设用地E。为了研究轨道交通对不同类型的居住用地的影响，进一步把居住用地3个中类分出来，分别是以别墅为代表的一类居住用地R1，以小区为代表的二类居住用地R2，和以城中村为代表的三类居住用地R3。

然后根据高分辨率遥感影像的光谱信息和形状、纹理等空间特征建立识别地物的解译标志，包括水体、草地、林地、农田、空地、道路、建筑物等。

最后确定地物和土地利用类别之间的对应关系，其中水体对应的土地利用类别为水域E1，草地为绿地G，林地、农田和空地为其他非建设用地E，道路为交通设施用地S，而对于建筑物，根据建筑物的形状、面积等，结合POI数据的类别属性，确定建筑物的功能和用途，分别区分出居住用地R、公共用地A，商业用地B、工业用地M物流仓储用地W和公用设施用地U等；其中，居住用地R根据遥感影像中建筑物的面积、形状、阴影等信息判断楼层高度，以及房屋的分布格局，区分出一类居住用地R1、二类居住用地R2和三类居住用地R3。POI类别属性与解译分类的对应关系如表2所示。

表2 百度POI数据类型与土地利用类别的对应关系表
Tab. 2 The matchup of POI type and land-use class

类别	用地分类	类别	用地分类
宾馆	B	金融	B
餐饮	B	汽车服务	B
道路	S	商务大厦	B
政府机构	A	生活服务	B
购物	B	休闲娱乐	B
交通设施	S	医疗	A
教育	A	公司企业	
地产小区		厂矿	M
别墅	R1	殡葬	A
小区	R2	其他	B

对比2000年、2006年、2010年和2015年的遥感影像，找出发生变化的地块。研究过程发现，发生变化的地块主要由非建设用地的农田、草地、空地等转变为建筑物，或者是由低层建筑转变为高层建筑。

百度POI数据更新速度快，历史数据难以获得，只能抓取当前时段的数据。本文首先使用2015年10月采集的POI数据和2015年的Google Earth高分辨率遥感影像，通过目视解译得到2015年的土地利用数据L₂₀₁₅。对于没有POI数据的2000年、2006年和2010年，则通过下面的方法得到对应的土地利用数据。

1. 使用2010年和2015年的遥感影像，找出发生变化的地块，通过以下方式得到2010年的土地利用数据L₂₀₁₀：

- (1) 没有发生变化的地块，L₂₀₁₀中该地块的土地利用类别为L₂₀₁₅中该地块的类别；
- (2) 由非建设用地转变为建筑物的地块，根据解译标志确定该地块的地物类型（水体、草地、林地、农田或空地），从而判断该地块2010年所属土地利用类型（水域、绿地或其他非建设用地）；
- (3) 由低层建筑转变为高层建筑的地块，根据低层建筑的面积、纹理和空间分布判断其土地利用类型，一般为三类居住用地R3或工业用地M；

2. 使用2006年和2010年的遥感影像和2010年的土地利用数据L₂₀₁₀，重复第1步，得到2006年的土地利用数据L₂₀₀₆；

3. 使用2000年和2006年的遥感影像和2006年的土地利用数据L₂₀₀₆，重复第1步，得到2000年的土地利用数据L₂₀₀₀。

3.2 结果概况与精度评价

通过解译得到2000年、2006年、2010年和2015年广州市二号线、八号线沿线1000米缓冲区范围内的土地利用数据(图2、图3)。

随机生成1000个采样点,使用网络地图的街景功能判断其土地利用功能;对于不能通过网络地图街景功能判断的点,通过实地考察进行确定,同时结合已有的土地利用调查数据,对2015年的解译结果进行精度验证。最终得到926个有效数据点,与2015年的解译结果一致的数据点有812个,精度为87.7%。对于2010年的解译结果,收集得到当年的土地利用现状数据,通过随机采样对比,得出精度为85.6%。由于未能获取2000年和2006年的土地利用数据,研究没有对这两个年份的解译结果进行精度验证。可见,本文提出的结合高分辨率遥感影像和POI数据的土地利用信息提取方法在2010年和2015年的解译精度达到85%以上,能够应用于土地利用变化的研究。

对各站点缓冲区1000 m内各年各类型用地进行面积总量统计,结果如图4所示。首先在用地类型方面,一类居住用地R1、公用设施用地U和物流仓储用地W的面积很小,其变化对整体的用地格局基本上没有影响;公共用地A、绿地G、工业用地M和水域E1面积变化不大;商业用地B、二类居住用地R2、三类居住用地R3、交通设施用地S及其他用地E面积变化较为剧烈。其中,商业用地、二类居住用地及交通设施用地呈增长趋

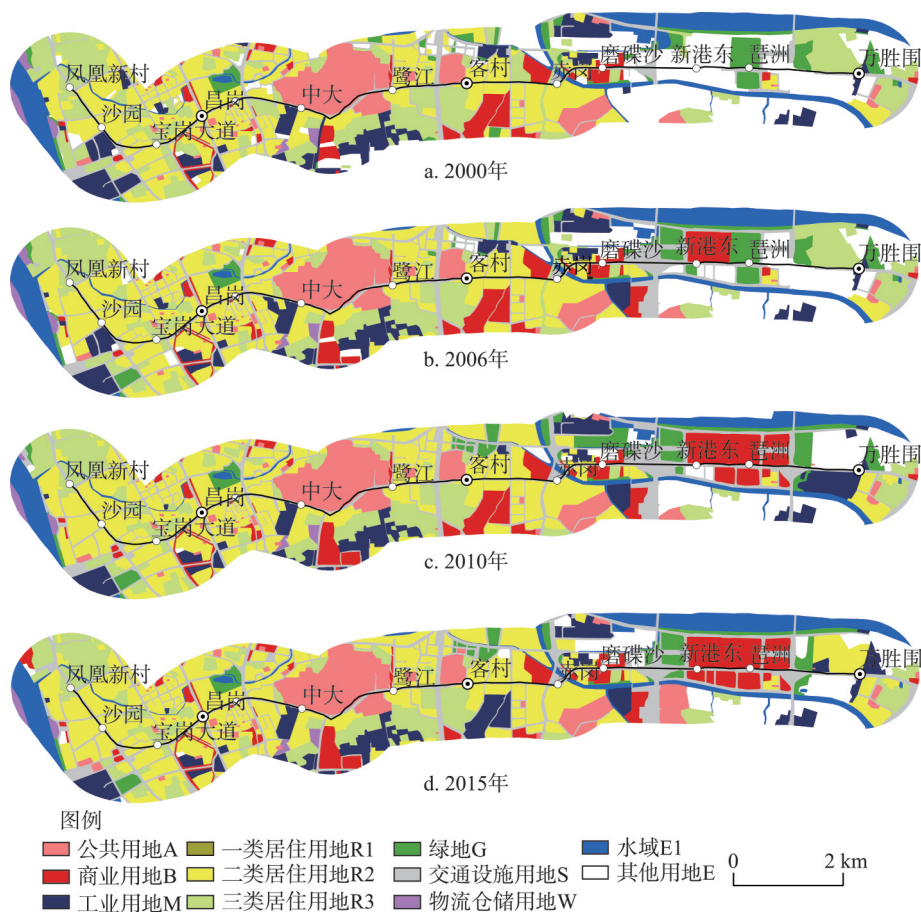


图2 广州地铁八号线沿线各年土地利用分布图

Fig. 2 The land-use in the 1000 m buffer zone of Guangzhou Metro Line 8

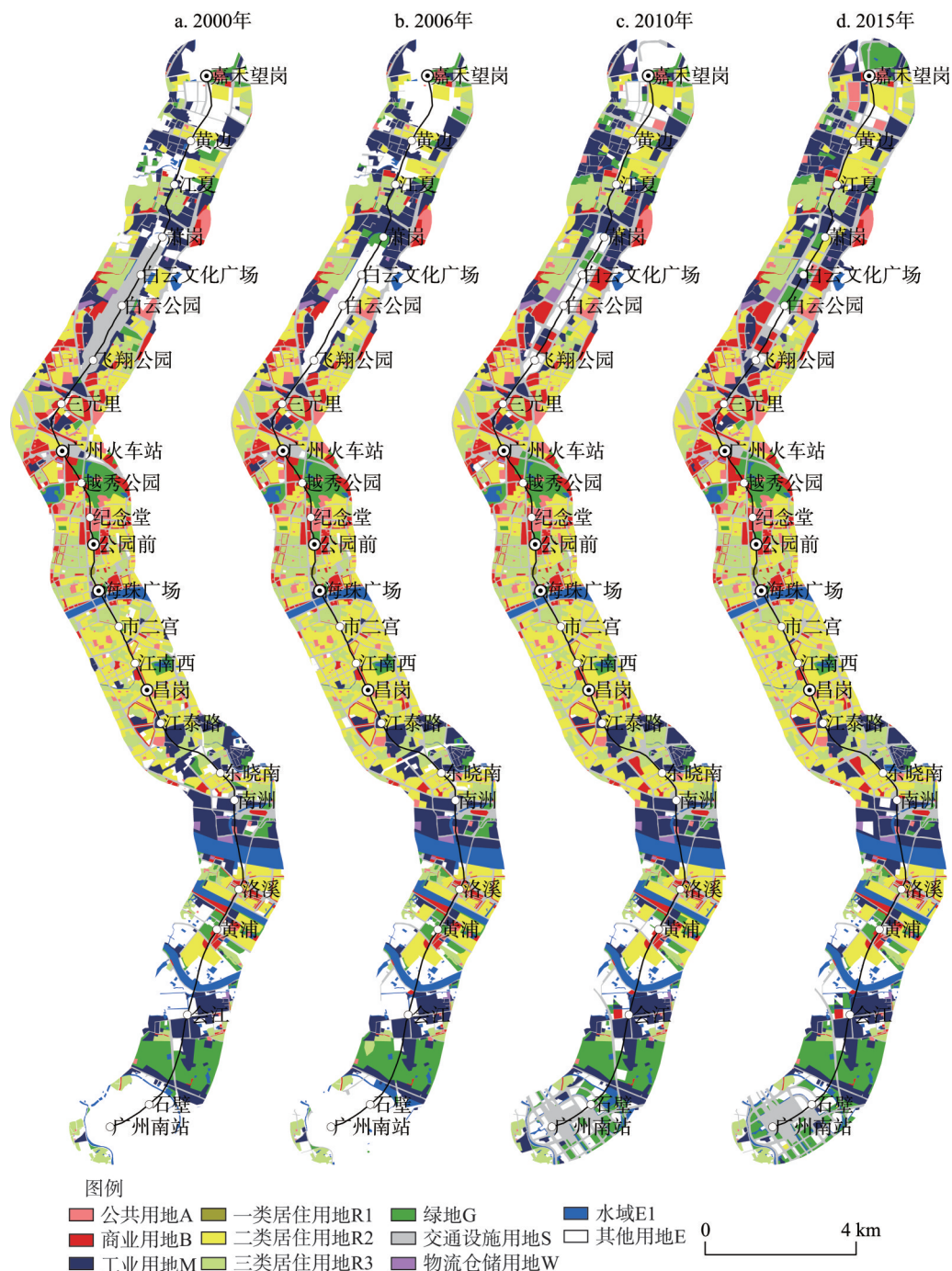


图3 广州地铁二号线沿线各年土地利用分布图

Fig. 3 The land-use in the 1000 m buffer zone of Guangzhou Metro Line 2

势，而三类居住用地、其他用地面积逐年减少。交通设施用地2000-2006年小幅减少，主要原因在于位于白云公园站附近的旧白云机场于2004年8月关闭，搬至广州新白云国际机场，旧机场改造建设为其他用地。而2006-2010年交通设施用地大幅增加，主要原因在于广州南站于2010年1月落成使用。

4 轨道交通对土地利用变化的时空效应

分别统计 2000-2006 年、2006-2010 年及 2010-2015 年 3 个时间段内广州地铁二号线和八号线各站点缓冲区 1000 m 内土地利用变化的面积,并计算其比例(图 5)。从图 5 中可看出,靠近市中心的站点如越秀公园、纪念堂、公园前、海珠广场等站在各个时间段的土地利用变化率均比较低,土地利用变化剧烈的站点集中在线路两端的区域。

4.1 地铁站点对土地利用影响的时间差异

为了探索轨道交通规划、建设、运营等不同阶段对土地利用影响的差异规律,构建各站点土地利用变化率与土地利用结构、是否换乘站点以及到城市中心的距离各因素的逐步回归模型。各因素中,站点周边的土地利用结构使用土地利用各类型的面积比例进行衡量,其中,商业用地、居住用地、公共用地、公共设施用地等建设用地的面积比例代表了站点城市功能的成熟程度,交通设施用地的面积比例则代表了站点周边的交通设施状况,其他非建设用地面积比例则代表了站点周边可用土地的多少。通过逐步回归,得到的结果如表 3 所示。

逐步回归过程中,模型剔除作用小的变量,保留作用大的变量,最终保留的变量是其他建设用地的面积比例 e 、交通设施用地的面积比例 s ,以及商业用地的面积比 b ,模型的 R^2 为 0.486,解释能力较低。造成这一结果的原因可能是轨道交通在规划、建设及运营等不同阶段对土地利用的影响作用存在较大差异,回归模型没有区分这些相互差异大的站点数据。为了消除处于不同阶段的站点之间的差异,对地铁站点不同阶段的数据分别

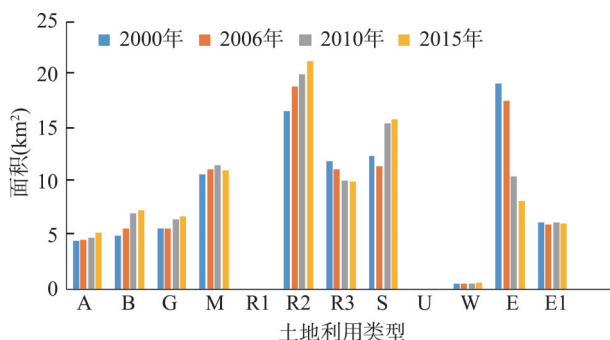


图 4 广州地铁二号线、八号线站点周边各年土地利用面积变化

Fig. 4 The total area of different land-use classes in the 1000 m buffer zone of Guangzhou Metro Line 2 and Line 8

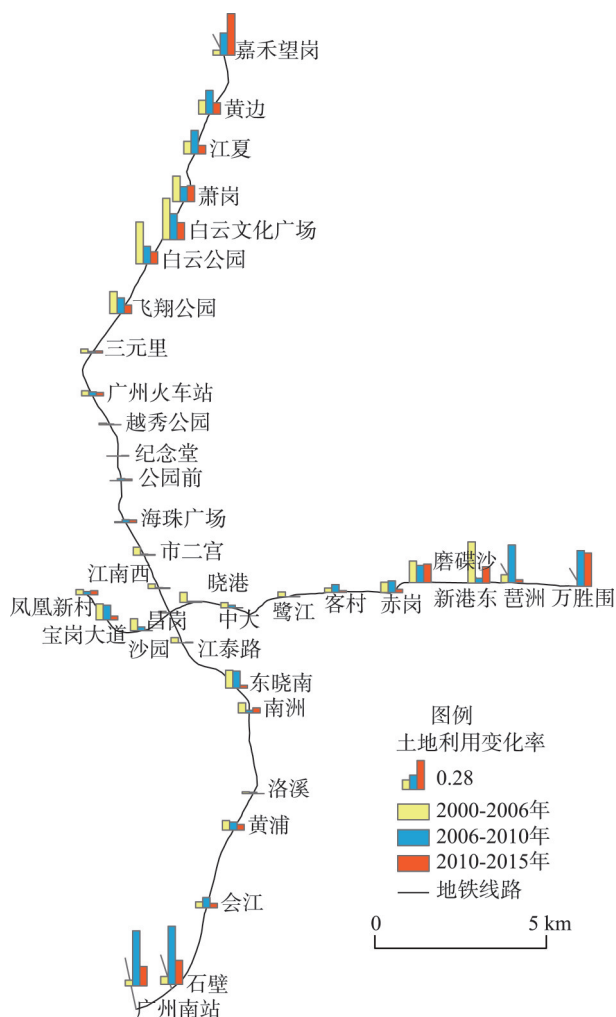


图 5 广州地铁二号线、八号线站点各时间段土地利用变化率

Fig. 5 The change rate of land-use of each station of Guangzhou Metro Line 2 and Line 8

进行逐步回归（表4）。

从表4可以看出，经过区分地铁站点的规划、建设、运营时期之后，得到的回归模型 R^2 分别为 0.862、0.784 和 0.766，模型的解释能力更强，说明了处于不同时期的地铁站点对周边土地利用的影响的确具有不同的规律。

前文的分析结果表明研究区地铁站周围土地利用变化的主要趋势是三类居住用地和非建设用地的减少、商业用地和二类居住用地的增加。从回归模型中可以看到，在地铁站规划期，代表站点周边已有的交通设施基础的交通设施用地面积比例 s 对土地利用变化率影响比较大，其次是代表可用土地的其他用地面积比例 e ，且与到城市中心距离 d 负相关。在这一时期，由于距离地铁建成开通还有比较长的时期，地铁设计方案的最终确定还具有不确定性，因此，土地开发者出于降低风险的考虑，更倾向于选择具有一定的交通设施基础、发展空间大、距离城市中心较近的区域进行开发。换乘站点的建设比普通站点的建设更为复杂，对周边的影响更大，土地开发者对此抱有顾虑，导致换乘站点周边的土地利用变化比普通站点的要低。在地铁建设期，土地利用变化率与可用土地的面积比例相关；此外，换乘站点建设相比普通站点更为复杂，建设时期带来的噪音、环境污染、道路封堵等负面影响也更大，因此对于周边的土地开发具有抑制作用。地铁的建成运营带来了大量的人流，是小区域内客流集散的中心。地铁开通运营之后，地铁站点周边的土地利用变化率与配套的道路交通设施密切相关，而在商业较为发达的区域，由于周边可利用的土地已经趋于耗尽，土地利用变化反而较小。地铁建成开通之后，换乘站点相比普通站点具有更高的可达性，而建设时期的噪音、污染等负面影响已经不存在，因此，这一时期换乘站点对于土地开发的影响开始由负面转变为正面。

表3 站点周边土地利用变化率回归模型结果

Tab. 3 The regression model of land-use change rate

变量	系数	t	Sig.
常数项	-0.02	-0.95	0.346
交通设施用地面积比例 s	0.57	4.30	0.000
其他用地面积比例 e	0.42	8.71	0.008
商业用地面积比例 b	-0.39	-2.69	0.000
统计检验			
R^2	0.486		
调整 R^2	0.471		
F	32.76		
Sig.	0.000		
观测值	108		

表4 分阶段站点周边土地利用变化率回归模型结果

Tab. 4 The regression model of the land-use change rate over different periods of time

变量	规划阶段			建设阶段			运营阶段		
	系数	t	Sig.	系数	t	Sig.	系数	t	Sig.
常数项	0.04	0.77	0.456	0.04	2.24	0.032	0.03	2.10	0.041
换乘站点 h	-0.11	-2.87	0.002	-0.07	-2.49	0.018	0.04	2.35	0.023
其他用地面积比例 e	0.41	3.69	0.000	0.50	9.73	0.000			
交通设施用地面积比例 s	1.02	7.46	0.036				0.64	11.37	0.000
到城市中心距离 d	-0.02	-2.32	0.012						
商业用地面积比例 b							-0.24	-2.38	0.021
统计检验									
R^2	0.862			0.784			0.766		
调整 R^2	0.823			0.763			0.751		
F	21.87			38.61			53.35		
Sig.	0.000			0.000			0.000		
观测值		19			36			53	

广州地铁二号线和八号线站点周边的土地利用在2000-2015年主要的变化是商业用地B、二类居住用地R2以及交通设施用地S的增加,三类居住用地R3和其他用地E的减少。使用网络爬虫技术,从房天下网站(www.fang.com)上获取了广州市住宅小区数据,包括坐标、竣工年份、容积率等相关属性信息,共计3519条数据,其中,在广州地铁二号线、八号线站点1000 m范围内的数据702条,对数据进行处理得到各年份竣工的小区的容积率情况(图6)。

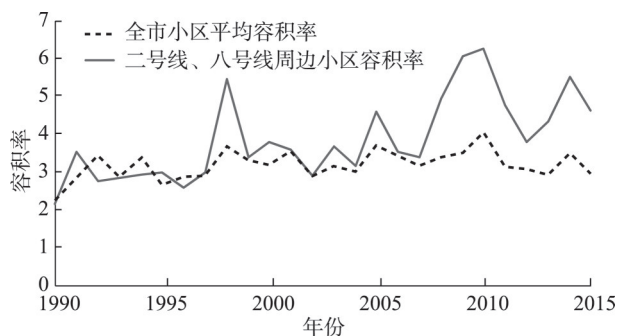


图6 广州市各年竣工小区平均容积率

Fig. 6 The average plot ratio of residence communities in Guangzhou

从图6中可以看到,在广州地铁原二号线规划之前,地铁站点周边建成的小区容积率与全市平均水平相差不大,1998年原二号线开始动工时,站点周边竣工的小区容积率大幅提高,超出全市平均水平。由于小区选址、建设过程需要一定时间,可以认为站点周边更高容积率的小区是受原二号线规划方案的刺激而立项开发的。此后地铁站点周边的新建小区的平均容积率维持在比全市平均容积率稍高的水平,在2005年再次出现峰值。2007年广州地铁原二号线拆分工程启动,大批站点开始动工建设,到2010年正式拆分为现在的二号线和八号线,19个新建站点正式投入使用,这一过程中二号线、八号线地铁站点周边竣工的小区平均容积率不断增大,远远超过全市平均水平,并在2010年达到最大值。此后,随着二号线、八号线拆分完成,进入正常运营阶段,地铁站点周边的新建小区容积率逐渐降低,但依然保持较高水平。

从以上模型和数据可以看到,地铁的规划建设对于站点周边的土地具有强烈的刺激作用。随着地铁建成运营,站点周边的土地的交通可达性大大提升,从而增加土地价值,加快土地开发,使得站点周边的土地偏向于商业用地和高密度住宅区^[17]的高密度、高效益方式开发,减少低密度、低价值的土地利用方式,逐渐实现土地资源的优化配置。

4.2 地铁站点对土地利用影响的空间规律

轨道交通途经城市不同的区域,不同的区域内地块的用地性质和组合方式各有不同,对轨道交通也会有不同的响应机制。为了研究轨道交通对不同区域的影响模式,研究根据站点周边的用地功能对站点进行分类,并分析各站点类型的转变,以及轨道交通不同类型的站点对土地利用的影响规律。以站点1000 m缓冲区内各用地类型的面积比例、用地优势度指数和用地均匀度指数作为评价标准^[18],将站点按用地功能划分为居住型、商业服务型、产业型、混合型、交通型及其他类型等6种类型(表5)。

用地优势度指数和用地均匀度指数^[19]分别反映站点周边各类用地的集中程度和均衡程度,计算公式如下:

$$D = H_{\max} - H = \ln(m) + \sum_{k=1}^m P_k \ln(P_k) \quad (1)$$

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{-\sum_{k=1}^m P_k \ln(P_k)}{\ln(m)} \quad (2)$$

式中: D 为站点周边用地优势度指数; E 为用地均匀度指数; H 为用地多样性指数; P_k 为站点周边第 k 类土地利用类型所占面积比例; m 为区域内土地利用类型的总数,

表5 基于用地功能的地铁站点分类标准

Tab. 5 The criterion of rail transit station classification

类型	确定标准		
	用地特征	用地优势度指数	用地均匀度指数
居住型	居住用地面积比例≥ 50%	≥ 0.50	< 0.75
商业型	商业用地面积比例≥ 15%	≥ 0.3	< 0.9
产业型	工业用地面积比例≥ 20%	< 0.5	≥ 0.75
混合型	各类用地比例均衡，没有明显的优势用地	< 0.5	≥ 0.8
交通型	交通设施用地面积比例≥ 30%	≥ 0.4	< 0.8
其他类型	非城市建设用地面积比例≥ 40%	≥ 0.6	< 0.75

$H_{\max} = \ln(m)$ ，是指在站点周边对于给定的 m ，当各类用地的面积比例相同时，用地多样性指数 H 的最大值。

分类得到各站点各时期的类型，并按类型在2000-2015年期间有没有发生变化进行汇总得到表6。在用地功能没有发生变化的站点中，居住型站点、商业型站点和混合型站点主要分布在城市中心区域，由于城市中心区域建设发展较为成熟，可利用的土地资源较少，这3个类型的站点在研究期内土地利用变化率较低，大多低于10%。工业型的站点分布在城市近郊，在研究期内土地利用变化较为剧烈，大多高于20%。工业型站点在2000年非建设用地基本上都在20%以上，具有一定的开发空间。地铁的开通运营使得这些站点可达性得到提升，带来了居住用地和配套交通设施用地的增加，但由于工业区的具有一定的负面影响，使得这种增加幅度并不大，平均只有8%左右。

表6 按用地功能划分的广州市地铁二号线、八号线站点类型

Tab. 6 The classification result of the Guangzhou metro stations of Line 2 and Line 8

类型	类型没有发生改变的站点		
	站点	说明	
居住型	江南西、宝岗大道、昌岗、市二宫、晓港	二类居住用地为主	
	赤岗、江泰路、沙园	二、三类居住用地混合	
	凤凰新村	三类居住用地为主	
商业型	公园前、海珠广场、客村、三元里、越秀公园		
工业型	黄边、江夏、萧岗、东晓南、南洲、会江		
混合型	飞翔公园、纪念堂、洛溪、黄浦	商住混合	
	广州火车站	商住行混合	
	鹭江、中大	商住学混合	
交通型	无		
其他类型	无		
类型发生改变的站点			
最终类型	站点	变化途径 (2000年—2006年—2010年—2015年)	站点运营时间
居住型	嘉禾望岗	其他型—其他型—其他型—居住型	2010年9月
	万盛围	其他型—其他型—居住型—居住型	2005年12月
	白云公园	交通型—其他型—商业型—商业型	2010年9月
	白云文化广场	交通型—其他型—商业型—商业型	2010年9月
商业型	磨碟沙	其他型—商业型—商业型—商业型	2003年6月
	琶洲	其他型—商业型—商业型—商业型	2003年6月
	新港东	其他型—其他型—商业型—商业型	2003年6月
	广州南站	其他型—其他型—交通型—交通型	2010年9月
交通型	石壁	其他型—其他型—交通型—交通型	2010年9月

类型发生变化的站点中,除了白云公园站和白云文化广场站,其他都分布在远离市区的线路两端,是土地利用变化较为剧烈的区域。由于毗邻旧白云机场,2000年白云公园站和白云文化广场站的站点类型为交通型。旧白云机场搬离之后,随着在原机场规划建设的休闲商务区白云新城,这两个站点的类型转变为商业型。其他转变为商业型的站点是位于八号线东端的磨碟沙站、琶洲站和新港东站。这3个站点转变为商业型的主要在于广州国际会展中心的建成。广州国际会展中心是中国进出口商品交易会(广交会)的举办场所,是广州市重点打造的商务会展中心。由其他类型转变为交通型的是位于二号线南端的广州南站和石壁站,它们发生转变的主要原因是广州南站的规划和建设。广州南站是连接深茂快铁、京广高铁、贵广高铁、广深港高铁、南广铁路和广珠城际的重要枢纽,是广州市对外交通的重要站点。转变为居住型的站点有位于二号线最北端的嘉禾望岗站和位于八号线最东端的万盛围站。这2个站具有很强的相似性,两者都远离市区,2000年属于其他类型,以非建设用地为主,城市建设水平较低,且两个站点都是换乘站。随着地铁的开通运营,这两个站点的可达性得到大幅提高,往来市区变得十分便利,又拥有大量的非建设用地,因此得到了快速发展。由于基础薄弱,远离城市中心,不适合发展商业,最终建成大量的小区,转变成为居住型站点。

轨道交通增强了站点周边土地开发强度^[20],不仅使得站点周边土地利用趋于更高效的用地方式,也带来了用地功能和性质的转变^[21]。研究中发现,站点类型的转变都发生在地铁建成运营的时间段。在轨道交通的规划和建设期,由于存在对轨道交通开通后提升站点周边土地的交通通达性的预期,土地利用开始向更高效益的利用方式转变,但由于规划期的不确定性和建设期的噪音、环境污染等负面影响,使得这样的转变只是量的增加。当地铁开通运营之后,交通通达性的提升成为了现实,轨道交通对周边土地利用的影响开始加大,最终带来了质的变化。如广州地铁二号线和八号线中共有7个换乘站点,有5个集中在城市中心区域(广州火车站、公园前、海珠广场、昌岗和客村),由于城市中心发展成熟,土地利用变化较低。另外2个是位于远郊的嘉禾望岗站和万盛围站。由于距离城市中心过远,交通不便,基础建设差,在地铁规划和建设期内,这两个站点周边的土地开发程度较低。而当地铁建成运行后,虽然城市中心的站点土地利用变化依然较低,但是郊区的换乘站点由于交通通达性的提高,往来市区变得便利,基础设施建设积累了一定基础,土地利用开发力度大幅提升,最终导致了站点类型的变化。

5 结论

本文利用Google Earth高分辨率遥感影像与百度地图POI数据,综合遥感影像信息与POI的精细类别属性信息,获取多个时间节点的城市内部精细土地利用信息。并以广州市地铁二号线和八号线为研究对象,结合逐步回归模型与站点用地功能分类,从时间、空间两个维度上分析轨道站点对城市复杂土地利用变化的影响效应,得出以下结论:

(1) 通过逐步回归模型定量分析,发现了广州地铁二号线和八号线在规划、建设及运营等阶段对土地利用影响的不同规律。在规划期间,站点主要对距离城市中心较近的配套交通设施较为完善、可用土地较充足的区域产生影响;建设期间,站点周边的土地利用变化率受可利用土地的制约;运营期间,站点周边的土地利用变化率主要与交通设施用地的完善程度相关;

(2) 地铁站点对土地利用变化影响规律具有明显的空间异质性特征,与站点在城市里的位置以及站点周边的土地利用有关。城市中心区域的城市建设比较成熟,轨道交通

带来的土地利用变化较小;地铁站点对周边土地利用变化的影响主要与可用的非建设用地面积相关,而工业用地对土地利用变化具有限制作用;

(3) 轨道交通不仅能够增强郊区的土地利用开发强度,也带来了用地功能和性质的转变,这样的转变往往发生在地铁站点开通运营的时间点。用地功能转变的方向主要由政府在站点周边规划的重大建设项目的性质决定,而对于没有重大建设项目规划的地区,大多向居住型站点转变。

本文以广州地铁二号线和八号线为例,探讨了轨道交通对城市内部复杂用地变化影响的时空异质规律,对于理解轨道交通与土地利用互动关系具有重要的意义。根据轨道交通对土地利用变化的影响规律,对未来新建站点周边土地利用变化进行模拟与优化,将是下一步需要开展的工作。

参考文献(References)

- [1] Jirón P. Sustainable Urban Mobility in Latin America and the Caribbean. Global Report on Human Settlements: Regional Report for Latin American and the Caribbean, 2013.
- [2] Guo Ji-fu, Liu Ying, Yu Liu. Traffic congestion in large metropolitan area in China. Urban Transport of China, 2011, 9(2): 8-14. [郭继孚, 刘莹, 余柳. 对中国大城市交通拥堵问题的认识. 城市交通, 2011, 9(2): 8-14.]
- [3] Nie Chong, Wen Haizhen, Fan Xiaofeng. The spacial and temporal effect on property value increment with the development of urban rapid rail transit: An empirical research. Geographical Research, 2010, 29(5): 801-810. [聂冲, 温海珍, 樊晓锋. 城市轨道交通对房地产增值的时空效应. 地理研究, 2010, 29(5): 801-810.]
- [4] Cervero R. B. Linking urban transport and land use in developing countries. Journal of Transport and Land Use, 2013, 6(1): 7-24.
- [5] Ratner K A, Goetz A R. The reshaping of land use and urban form in Denver through transit-oriented development. Cities, 2013, 30: 31-46
- [6] Hurst N B. How does light rail transit affect urban land use? http://digitalcommons.macalester.edu/economics_honors_projects/35. Economics Honors Projects, 2011: 35.
- [7] Liu Baokui, Feng Changchun. Research of impacts of urban railway transportation on land use structure based on GIS and information entropy. Urban Studies, 2009, 16(4): 149-155. [刘保奎, 冯长春. 城市轨道交通对站点周边土地利用结构的影响. 城市发展研究, 2009, 16(4): 149-155.]
- [8] He Donghua, Yuan Yuan. Analysis of the spatial characteristics of land-use led by ring rail line: A case study in Guangzhou. Modern Urban Research, 2010(9): 90-95. [何冬华, 袁媛. 轨道交通环线沿线的土地利用空间特征分析: 以广州市轨道交通11号线为例. 现代城市研究, 2010(9): 90-95.]
- [9] Liu Shiqi, Guo Jing, Li Ruoxi, et al. Analysis of land use around typical rail transport stations in Beijing. Urban Development Studies, 2014, 21(4): 66-71. [刘诗奇, 郭静, 李若溪, 等. 北京轨道交通典型站点周边的土地利用特征分析. 城市发展研究, 2014, 21(4): 66-71.]
- [10] Bhattacharjee S, Goetz A R. The rail transit system and land use change in the Denver metro region. Journal of Transport Geography, 2016, 54: 440-450.
- [11] Sung H, Choi K, Lee S, et al. Exploring the impacts of land use by service coverage and station-level accessibility on rail transit ridership. Journal of Transport Geography, 2014, 36: 134-140.
- [12] Li Deren, Yao Yuan, Shao Zhenfeng. Big data in smart city. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(6): 631-640. [李德仁, 姚远, 邵振峰. 智慧城市中的大数据. 武汉大学学报(信息科学版), 2014, 39(6): 631-640.]
- [13] Cao Yang, Zhen Feng. 2015. The overall architecture of sustainable urban spatial development model based on the construction of smart cities. Progress in Geography, 2015, 34(4): 430-437. [曹阳, 甄峰. 基于智慧城市的可持续城市空间发展模型总体架构. 地理科学进展, 2015, 34(4): 430-437.]
- [14] Xu Zening, Gao Xiaolu. A novel method for identifying the boundary of urban built-up areas with POI data. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(6): 928-939. [许泽宁, 高晓路. 基于电子地图兴趣点的城市建成区边界识别方法. 地理学报, 2016, 71(6): 928-939.]
- [15] Wu Chao, Ren Fu, Du Qingyun, et al. Classification method of POI data based on formal ontology theory. Geography and Geo-Information Science, 2014, 30(6): 13-16. [吴超, 任福, 杜清运, 等. 基于形式本体的POI数据分类方法. 地理

- 与地理信息科学, 2014, 30(6): 13-16.]
- [16] Gong Peng, Li Xia, Xu Bin. Interpretation theory and application method development for information extraction from high resolution remotely sensed data. *Journal of Remote Sensing*, 2006, 10(1): 1-5. [宫鹏, 黎夏, 徐冰. 高分辨率影像解译理论与应用方法中的一些研究问题. *遥感学报*, 2006, 10(1): 1-5.]
- [17] Duan Degang, Zhang Fan. Study on classification of urban rail transit stations from the perspective of land use optimization: A case study on Xi'an Subway Line 2. *Planning Studies*, 2013, 37(9): 39-45. [段德罡, 张凡. 土地利用优化视角下的城市轨道交通站点分类研究: 以西安地铁2号线为例. *城市规划*, 2013, 37(9): 39-45.]
- [18] Wu Qianhong, Liu Qiong, Duan Xuegang. New exploration and calculation program research of land use structure indices. *Geography and Geo-Information Science*, 2015, 3(1): 110-114. [吴堃虹, 刘琼, 段雪刚. 土地利用结构指标新探及计算程序研究. *地理与地理信息科学*, 2015, 3(1): 110-114.]
- [19] Feng Changchun, Li Weixuan, Zhao Fanfan. Influence of rail transit on nearby commodity housing prices: A case study of Beijing Subway Line Five. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(8): 1055-1062. [冯长春, 李维琯, 赵蕃蕃. 轨道交通对其沿线商品住宅价格的影响分析: 以北京地铁5号线为例. *地理学报*, 2011, 66(8): 1055-1062.]
- [20] Gu Yizhen, Zheng Siqi. The impacts of rail transit on property values and land development intensity: The case of No. 13 Line in Beijing. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(2): 213-223. [谷一桢, 郑思齐. 轨道交通对住宅价格和土地开发强度的影响: 以北京市13号线为例. *地理学报*, 2010, 65(2): 213-223.]
- [21] Shan Zhuoran, Huang Yaping. Fallacy and planning strategies on land-use of rail transit site area. *Economic Geography*, 2013, 33(12): 154-160. [单卓然, 黄亚平. 轨道交通站点地区土地利用谬误及规划响应策略. *经济地理*, 2013, 33(12): 154-160.]

Spatio-temporal effects of urban rail transit on complex land-use change

TAN Zhangzhi¹, LI Shaoyin², LI Xia¹, LIU Xiaoping¹, CHEN Yimin¹, LI Weixian²

(1. School of Geography and Planning of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China

2. School of Geographical Science, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The study of the spatio-temporal effects of urban rail transit on land-use change is significant for the collaborative simulation of land use and urban rail transit. In this paper, high-resolution remote sensing images and POIs data were combined to acquire fine-scale land use information. A stepwise regression model and a land function classification method were used to investigate the spatial and temporal effects of urban rail transit on land-use change. The results indicated that low density residential land would be converted to high density residential land and commercial land under the influences of urban rail transit. The influences of rail transit on land use vary over its various stages, including planning, construction and operation. In the planning and operation stages, such influences are mostly found in suburban areas with better transport infrastructure, while in the construction stage, they are related to available areas for land development. The land function around the urban central stations has changed slightly due to the restriction of land, while the land function around the suburban stations has changed significantly. The transitions of land function will emerge when metro stations go into operation.

Keyword: rail transit; complex land-use change; spatio-temporal effects; high-resolution remote sensing image; POI; Guangzhou City