

文章编号:1672-058X(2012)04-0060-06

高时间分辨率城市人口日动态模拟

张 露, 田永中*, 杨 海

(西南大学 地理科学学院, 重庆 北碚 400715)

摘 要:城市人口随着时间变化显著, 不仅白天、晚上城市人口分布差异大, 一天 24 h 的城市人口分布差异也很大; 建立了以高时间分辨率的城市人口为特征的城市人口日动态分布模型, 并进行结果验证; 指出模型中基础数据的准确性是造成误差的主因, 因此在实际应用中, 应与相关政府部门合作, 达到提高城市人口日动态分布模拟结果精度的目的。

关键词:城市人口; 高时间分辨率; 动态

中图分类号: K901.3

文献标志码: A

城市是一个大量人口聚集并且人口活动极具频繁的地区, 实时获取一个城市不同时间、高分辨率的人口分布状况, 对城市的管理、规划决策以及突发事件应急等具有重大意义^[1]。人口空间分布是人地关系研究的重要基础, 利用常规技术获取人口的空间分布需要投入大量的人力、物力和财力^[2]。在我国, 综合性的人口普查至少每 10 年才能进行一次, 并且调查的人口数据都是在某一行政区范围内, 不能准确反映某一特定区域人口的确切情况。尤其在城市, 人口的时间与空间变动很频繁, 常规性的人口统计无法揭示诸如大量人口的流动及建成区内各功能分区的人口分布等特征^[3]。国外应用遥感技术进行人口的研究开始于 20 世纪 60 年代^[4], Kraus^[5]、Langford^[6]、C. Wu^[7] 等人利用遥感影像和土地利用的关系分析人口分布; 国内的刘纪远, 岳天祥^[8] 等人对大区域人口分布研究较多。随后随着遥感和地理信息系统技术的发展, 研究取得了大量的研究成果, 具体内容包括以下两个方面:

(1) 高空间分辨率的人口动态估算: 城市作为人口最密集的区域, 城市人口的空间分布差异也非常大, 因此只有高空间分辨率的城市人口动态模拟才能较真实的反应局域人口动态分布情况。

(2) 高时间分辨率的人口动态估算: 由于在不同的时间城市人口的空间分布也有明显的差异。高时间分辨率的人口空间分布情况对于日益增多的城市问题有非常重要的意义, 因此如何模拟高时间分辨率的城市人口动态是一个亟待解决的问题。

2 研究区概况

北碚区地跨东经 106°18'14" ~ 106°56'53"、北纬 29°39'10" ~ 30°03'53", 位于重庆市西北郊, 距主城核心区 24 km, 东接渝北区, 南连沙坪坝区, 西靠璧山县, 北邻合川市, 全区幅员面积 755 km², 下辖 5 个街道、12 个镇。研究区域主要为嘉陵江以西、缙云山以南、中梁山以北的北碚城市建成区部分。

收稿日期: 2011-10-07; 修回日期: 2011-11-08.

作者简介: 张露(1986-), 女, 重庆忠县人, 硕士研究生, 从事地图制图技术与土地信息系统.

* 通讯作者: 田永中(1971-), 男, 重庆市人, 硕士导师, 从事地理科学研究.

3 城市人口动态模拟方法

城市动态人口模拟主要解决的问题是时空的确定。通过遥感数据的获取,并解译判读,获取建筑物的高度,楼层数等信息。通过行为地理学中研究的城市居民出行规律,解决高时间分辨率问题。

3.1 数据来源与处理

研究区域内的遥感影像是由 GeoEye 公司的 GeoEye-1 卫星于 2009 年 9 月 3 日采集,其分辨率为 0.5 m,采用 WGS-1984 地理坐标系。基础信息数据包括人口统计资料、基础地理信息、建筑物属性等。利用遥感影像阴影提取建筑物高度^[9,10],对遥感图像解译、判读、室内判读以及外业核查。外业核查主要完成建筑物使用性质校正、楼层数校正、家庭户数、家庭人口数、出行状况等信息收集。

3.2 城市人口日动态模型建立

首先了解城市人口中有哪些人群每天成规律性流动;其次通过对规律性流动人群流动情况的实地调查,建立城市内部人口流的轨迹模型;最终结合城市人口静态分布状况,建立城市人口日动态分布模型,对城市人口动态分布状况进行实时模拟。由于在非工作日人口流动情况规律性差,而周 1-周 5 的工作日中,人口流动的规律性相对较强。选取周 1-周 5 的工作日时段进行研究。根据预调查结果以及人们日常工作、生活习惯,将城市人口在 1 d 当中的流动轨迹可按照时间的不同划分为 6 个时段如表 1(按照时间划分,在表中体现为 7 个时段,第 1 时段与第 7 时段同属于一个时段):

表 3 城市内部人口 24 h 流动轨迹表

序号	时间	主要分布点	说明
1	0:00-7:30	居住建筑	属于休息时间,绝大多数人口分布在居住建筑物内。
2	7:30-9:00	居住建筑、办公建筑物、生产性建筑、道路	上班人群从居住地赶往上班、上学的地点。虽然各单位、公司、学校等所规定的上班时间各不相同,但大都在 9:00 之前。
3	9:00-12:00	办公建筑、生产性建筑	属于上班时间
4	12:00-13:30	商业建筑、道路、居住建筑	各类城市内部流动人口会外出或回家就餐、午休
5	13:30-17:30	办公建筑、生产性建筑	属于上班时间
6	17:30-19:30	居住建筑、办公建筑物、生产性建筑、道路	人口从上班、上学的地点返家
7	19:30-24:00	居住建筑	属于休息时间,绝大多数人口分布在居住建筑物内。

由于研究中所采用的数据与时间相关的动态数据,所以研究采用时序分析法建立相关数据模型,选取居住建筑、行政办公建筑为主要的研究对象,构建两种使用建筑物的人口流动模型。

经过预调查和分析得知,以上所划分的 1 d 当中 6 个不同时段的人口分布状况分利用 4 种人口动态分布模型模拟其人口分布状况,但各个模型的时间变量取值有一定差别。1 d 当中的动态人口分布模拟模型以分段函数的形式展现,每段函数的时间变量取值是随时间的变化而变化的,具体取值范围如表 2:

表 2 变量取值范围表

时间段	t	m	n	s
0:00 - 7:30	1			
7:30 - 7:40		1		
7:40 - 7:50		2		
7:50 - 8:00		3		
8:00 - 8:10		4		
8:10 - 8:20		5		
8:20 - 8:30		6		
8:30 - 8:40		7		
8:40 - 8:50		8		
8:50 - 9:00		9		
9:00 - 12:00	2			
12:00 - 12:10			1	
12:10 - 12:20			2	
12:20 - 12:30			3	
12:30 - 12:40			4	
12:40 - 12:50			5	
12:50 - 13:00			6	
13:00 - 13:10			7	
13:10 - 13:20			8	
13:20 - 13:30			9	
13:30 - 17:30	2			
17:30 - 17:40				1
17:40 - 17:50				2
17:50 - 18:00				3
18:00 - 18:10				4
18:10 - 18:20				5
18:30 - 18:40				6
18:40 - 18:50				7
18:50 - 19:00				8
19:00 - 19:10				9
19:10 - 19:20				10
19:20 - 19:30				11
19:30 - 24:00	1			

最终确定了 20 个调查样本,对其 24 h 内人口流动情况进行调查,确保为数据模型的建立提供详实的数

据基础。操作过程中,时间变量为 $m \setminus n \setminus s$ 的模型是严格按照表2的时间划分方法进行数据调查的,但变量为 t 的数学模型是作者随机抽取该模型时段内某些时点为调查时间进行调查的。根据对调查结果的相关性分析和回归分析,最终得出居住建筑物日人口动态变化函数模型如下:

$$F(t, m, n, s) = \begin{cases} p & (t = 1) \\ 0.137 \times p & (t = 2) \\ p \times (0.753 - 0.298 \ln(m)) & (1 \leq m \leq 9) \\ p \times 10^{-3} \times (162 - n^2 + 15h) & (1 \leq n \leq 9) \\ p \times 10^{-2} \times (153 - s^3 + 21s^2 - 18s) & (1 \leq s \leq 9) \end{cases} \quad (1)$$

$F(t, m, n, s)$: 建筑物内某时刻人口数量, P : 建筑物静态人口数量, $t \setminus m \setminus n \setminus s$ 均为时间变量。

行政办公建筑物的人口流动情况调查与居住建筑物的人口流动调查在调查时间的选取上其标准是相同的。但由于办公建筑物的特殊性,假定在 17:30 至 7:30 这段时间内,办公建筑物内部的人数是为空的,所以这段时间的调查工作直接省略。而其他时间段人口流动的情况调查与居住建筑物没有差别。办公建筑物样本选取相对于居住建筑物的选取要更为容易,因为研究区域内办公建筑物的数量并不多,在条件允许的情况下,可以针对行政办公建筑物人流量的全面调查,研究中选取了 15 个行政办公建筑物作为研究样本,并建立了 24 h 人口流动情况调查。

根据对行政办公建筑用地的现场调查数据进行相关性分析与回归分析可得,行政办公用地的人口流动模型如下:

行政办公建筑人口动态变化模型如下:

$$F(t, m, n, s) = \begin{cases} 0 & (t = 1, 9 \leq s \leq 11) \\ p & (t = 2) \\ p \times (0.334 \ln(m) + 0.362) & (1 \leq m \leq 9) \\ 9 \times 10^{-3} \times (41n^2 - 379n + 1182) & (1 \leq n \leq 9) \\ 0.839P \times e^{-0.4s} & (1 \leq s \leq 8) \end{cases} \quad (2)$$

4 模型验证与结果分析

由于各不同使用性质建筑物的人口动态变化模型不同,完成研究区域内所有建筑物类型的人口动态变化模拟工作,需要根据图层的相关字段,对不同的建筑物类型运用不同的计算模型,实现研究区内城市人口日动态变化模拟。

在 ArcGIS Desktop 中,将数据图层加载到 ArcMap 中,根据建筑物使用性质不同选取不同的计算模型。在数据图层中添加了实时人口数量(SSRKS)字段,计算字段需要将计算模型转化为 VBA 语言,利用 Fields Calculate 中的高级编辑功能运算。图 1 是研究区域内居住建筑和行政办公建筑一天中不同时段的人口分布模拟结果。

研究中只建立了居住建筑物、行政办公建筑物的人口流动模型,运用该模型对研究区域内居住建筑物和行政办公建筑物内的人口日动态变化情况进行了模拟。对上午 10:35 时点的模拟结果进行了验证,验证结果如表 3:

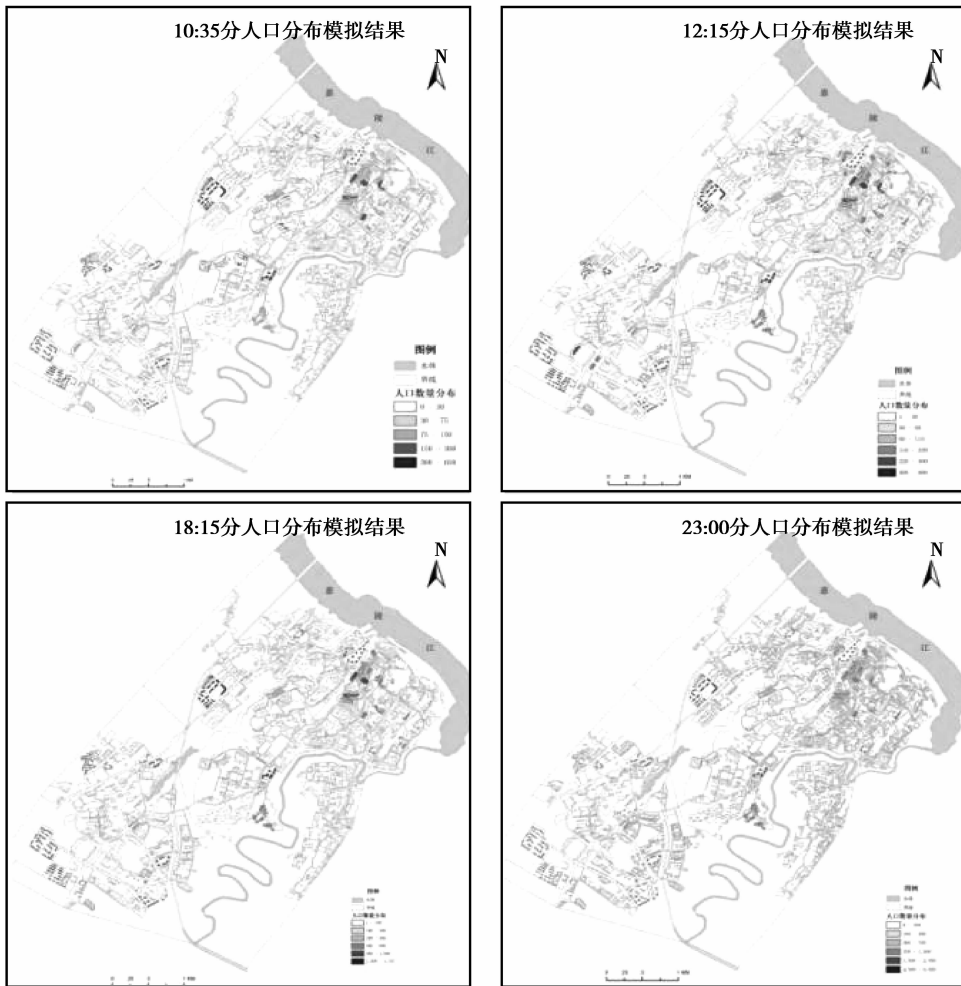


图 1 居住建筑和行政办公建筑 1 d 内不同时段人口分布模拟结果

表 3 人口分布模拟结果验证

编号	建筑物总人数	实际不出行比例/%	估算不出行人数	正确率/%
1	1 368	21.91	187	62.4
2	165	15.2	23	91.68
3	207	18.97	28	71.32
4	362	22.01	50	62.76
5	472	20.17	65	68.26
6	612	19.08	84	71.94
7	193	20.75	26	64.93
8	96	19.02	13	71.21

从结果中可以看出,不同建筑物之间的模拟结果差别较大。原因是在不同居住建筑物内,家庭成员的组成情况有一定的差别。如果小区内老人和年龄小于 4 岁的儿童较多,其出行人数就相对较低。另外,在调查过程中,部分居住建筑物是以特征明显的居住小区的形态存在,小区内部的人口构成特征无法准确获知,

运用模型进行人口估算时,会对结果造成较大影响。对于城市人口日动态分布的模拟,误差构成要素较多,各种不确定性因素也较多。其中基础数据的准确与否也是造成误差的主要原因之一。在实际应用中,如能与相关政府部门合作,或政府部门之间建立起协作关系,将会大大提高城市人口日动态分布的模拟结果精度。例如,公安、计生、房管、劳动局等部门共同协作完成该模拟时,可由公安、计生、劳动局三者联合共同提供人口相关属性信息,由房管部门实施人口的空间化,最终实现以房查人、以房管人的城市综合人口地理信息系统平台。

参考文献:

- [1] 王冰. 基于遥感和GIS的高分辨率城市人口密度模拟[D]. 重庆:西南大学,2010
- [2] 杨存建,白忠,贾月江,等. 基于多源遥感的聚落与多级人口统计数据的关系分析[J]. 地理研究,2009,28(1):19-26
- [3] 王发曾. 城市人口估测-多光谱遥感影像分析[J]. 城市环境与城市生态,1990,3(3):32-34
- [4] 金君,李成名,林宗坚. 人口遥感估算方法研究[J]. 测绘通报,2002(3):13-15
- [5] KRAUS S P, RYERSON J M, SENER L W. Estimating Population from Photographically Determined Residential Land Use Types [J]. Remote Sensing of Environment, 1974, 3(1):35-42
- [6] LANGFORD M, HARVEY J T. The Use of Remotely Sensed Data for Spatial Disaggregation of Published Census Population Counts [J]. IEEE/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, 2001(1):260-264
- [7] WU C, MURRAY A T. A Cokriging Method for Estimating Population Density in Urban Areas [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2005, 29:558-579
- [8] 刘纪远,岳天祥,王英安,等. 中国人口密度数字模拟[J]. 地理学报,2003,58(1):17-24
- [9] 田新光,张继贤,张永红. 利用 QuickBird 影像的阴影提取建筑物高度[J]. 测绘科学,2008,33(2):88-90
- [10] 冉琼,迟耀斌,王智勇,等. 基于“北京一号”小卫星影像阴影的建筑物高度测算研究[J]. 遥感信息,2008(4):18-21

High-Time Resolution Daily Dynamic Simulation for Urban Population

ZHANG Lu, TIAN Yong-zhong, YANG Hai

(School of Geographic Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Urban population changes significantly with the time, there is big difference in urban population distribution between day and night, furthermore, there is also big difference in urban population distribution during 24 hours a day. The construction of daily dynamic distribution model for urban population based on high-time resolution is conducted and the model is tested by results. The accuracy of basic data in the model is the main cause for the deviation, thus, in practical cases, the accuracy of urban dynamic population distribution simulation can be improved by cooperating with related governmental departments.

Key words: urban population; high-time resolution; dynamic

责任编辑:田静