

城市人口的遥感估算方法

邹尚辉

(华中师范大学地理系)

摘 要

常规人口估算方法耗时、费力、财物消耗大且周期长,况且,仅靠少数年份的人口统计资料也是难以准确揭示人口状况的。尽管应用遥感方法估算人口的历史并不长,精度也还不高,但已显示了其优越性。遥感估算人口的主要原理如下。

(1) 美国国防卫星及 NOAA 卫星的热红外通道图像说明,人口分布及其数量与城市耗能量(人工热源)相关,而耗能量又与图像灰度相关;(2) 城市人口的膨胀与城市面积的扩展相关;(3) 像片上进行住宅计数,用人口普查资料或抽样调查方法确定每户平均人数则可进行人口估算;(4) 人口密度大小也反映在人工结构物及自然物体的波谱反射率差异上,据此可建立人口数量与反射率的回归方程。

关键词 遥感人口估算 城市耗能量 住宅计数 回归方程

众所周知,人口、资源、环境及其相互关系已成为当今全球瞩目的窘迫问题,许多地区的人口膨胀已导致了资源枯竭、环境污染等一系列生态灾难。人口,是人工生态系统的主体,在城市,它决定了城市的规模。城市人口结构及分布状况是城市经济发展及城市规划必须考虑的主要因素,所以,无论国内外都重视人口普查工作。常规人口普查方法固然精度较高,但人力、财力、时间耗费大,且周期长,对于人口增长或变化迅速的地区,仅靠少数年份的人口统计资料是难以准确揭示人口状况的。

从六十年代开始应用遥感方法估算人口。一般地说,遥感估算人口都是用间接方法。正因为如此,提高人口估算精度是一个至关重要的课题。遥感估算人口方法大致有如下几种。

一、以耗能量估算

美国国防气象卫星 (DMSP) 用 8—13 微米热红外通道获取的美国东部夜间图像与美国统计局 1977 年编制的人口分布图图形有着惊人相似之处。在 DMSP 图像上,居民地呈现为不同形状和大小的明亮点,与上述人口分布图的居民点一一对应。武汉地区的 NOAA 卫星热红外图像所显示的热异常区也与其十一个工业密集区及人口密集区一一对应。两例均说明,城市人工热源与人口分布存在一定的相关关系。Welch 及 Zoupko (1980) 用 DMSP 研究过人口数与能耗的关系。居民地的耗能量可用一个底面朝下的半球形体积来模拟,由 x 、 y 轴决定的底面积则为 DMSP 图像上亮点组成的建成区面积,业已表明,它与人口数及能耗相关;亮点上的 z 轴则为耗能量,它亦与人口数相关。这样,便可建立以这“半球”体积表示的耗能量与人口数的相关关系,即

$$y = ax^b \quad (1)$$

式中, y 为人口数或耗能量; x 为耗能量或“半球”体积。

半球体积可用辛卜生公式求取;半球底面积可直接在 DMSP 图像上勾绘; z 轴的耗

能量可用图像亮度表示,用密度计沿半球底面 x 、 y 方向以一定间隔逐点测量其密度即为 z 值。这样,便得到一个三维的能耗透视图。

二、用建成区面积估算

城市人口膨胀与城市面积膨胀是相关的,所谓土地承载力即主要表示单位土地面积所能容纳的人口数量。据测,在我国,每增加一个城市人口,则需增加 0.15 亩的城镇用地,因此,可利用城市面积来求解城市人口。

罗楚鹏及 Welch (1977) 建立了如下方程^[1]:

$$P = aA^b \text{ 或 } \log P = \log a + b \log A \quad (2)$$

式中, P 为估算人口数, A 为建成区面积。

他们应用 1953 年中国人口统计数据及相应时期从 1:25 万地形图量取的我国 124 个城市面积,建立了如下人口估算方程,模型相关系数为 +0.75, 即

$$\log P = 4.8733 + 0.7246 \log A \text{ 或 } P = 74696A^{0.7246}$$

建成区面积可以直接在遥感图像上量取。另有学者得出如下研究结果:

$$A = 0.00151P^{0.83} \text{ (美国城市);}$$

$$A = 0.000281P^{0.9146} \text{ (日本城市);}$$

$$A = 0.0085P^{0.664} \text{ (瑞典城市)。}$$

三、以住宅数估算

用统计住宅数量来估算人口是常用的方法,如下式所示:

$$P = N_1A_1 + N_2A_2 + \dots + N_nA_n \quad (3)$$

式中, N 为每户平均人数; A 为户数; $1 - n$ 为不同的住宅类型。

因为要进行住宅计数,故本法宜用大比例尺航空像片工作。户数可在航空像片上直接判读或以抽样调查解决;住宅类型可直接判读;每户平均人数则要查阅人口统计资料或抽样调查解决。

在航空像片上,住宅与机关楼、校舍、厂房、仓库等易于区别。城市住宅常有阳台,呈集中式紧凑排列;校舍附近有运动场;机关及教学楼排列较稀疏,附近绿地较多;厂房较大,且单层者居多,附近有堆场、管线等相关标志。住宅与商店、旅馆、饭店在图像上较难区分,应辅以其他方法解决。此外,被树冠遮蔽或位于高大楼房摄影死角区的住宅应予实地调查补上。住宅的户数常用阳台数统计(注意:有时一户有两个阳台),楼房的层数可借助从影像阴影长度计算出的楼房高度而求得。不同住宅类型具有不同的人口密度,故像片判读时应予区分平房、楼房、散立式住房、经规划的住房、未经规划的民房、集体宿舍及工棚等。

平均每户人数是决定人口估算精度的基本数据,可以从最近一次人口普查资料中获取,倘要提高精度,则要用诸如出生率、死亡率等数据予以订正。

(下转封三)

(上接 240 页)

像片判读及统计按行政区分为街道、居委会、区、市依次进行,暂住人口不在统计之列。

四、以土地利用类型估算

城市中,不同的土地利用类型具有不同的人口容量,因而人口密度也不同,利用这一原理估算人口可以摆脱对大比例尺航空像片的依赖,其原理可用下式表示,即

$$P = \sum_{i=1}^n (A_i D_i) \quad (4)$$

式中, A_1, A_2, \dots, A_n 为土地利用类型面积; D_1, D_2, \dots, D_n 为相应的人口密度。

在这种情况下,土地利用类型的划分是以居住区人口密度差异为依据,例如,可以分为旧城区居住地、新建居住小区用地、高层居住区用地、平房住宅用地、别墅式住宅用地、商业-居住混合用地等等。每种土地利用单元可在图像上圈定,其人口密度可用人口统计资料求得。

五、以地物的光谱反射特性估算

利用航天遥感数据亦可间接反映城市人口数量。人口密度低的地区,以植物、土壤等自然体的反射特性为主;人口密度高的地区,以人工结构物的反射特性为主。利用多波段反射率的对比,便可求得两者的关系从而间接求解人口数,如下式所示。

$$P = AX_1 + BX_2 + CX_3 + DX_4 + E \quad (5)$$

式中, P 为某一统计网格内人口数; X_1-X_4 为 MSS 4-7 波段的反射率。

对东京的研究表明^[4], MSS 4、6、7 三波段反射率与人口数紧密相关,其回归方程为

$$P_{(1979)} = 7.971X_1 - 13.681X_3 - 0.297X_4 + 54.819$$

若从单波段考虑, MSS 6、7 波段与人口负相关尤甚,其回归方程为

$$P_{(6\text{波段})} = -0.100X + 26.955;$$

$$P_{(7\text{波段})} = -0.0983X + 22.703$$

六、结 束 语

在我国,遥感估算人口几乎是遥感研究的空白区,在国外,其估算精度也不高,对美国 Freno 等四城市的估算表明,其估算误差分别为 -9.19% 、 -5.57% 、 $+7.00\%$ 、 -6.84% 。随着传感器空间分辨率及光谱分辨率的提高及航天、航空、地面多层次数据的结合应用,提高遥感人口估算精度是完全可能的。要充分发掘航天遥感在人口估算方面的潜力。业已表明,由于建筑物的墙产生角反射器作用,在航天飞机的成像雷达 (SIR-A) 图像上,中国东部平原的村庄、城市及道路网均有清楚的显示。Gemini (V) 图像上清晰地显示了尼罗河三角洲上的独立居民地,各居民地呈六角形结构似为 Christaller 氏中心地理论的注脚。分别放大 1:5 万及 1:2.5 万的 TM 及 SPOT 图像能清楚地显示某些城市要素。这些,都为进一步提高遥感估算人口的精度奠定基础。

(下转封四)

(上接封三)

参 考 文 献

[1] C.P. Lo, Applied Remote Sensing, Longman Inc., New York, p.40--70, 1986.

The Method of Estimating Population in City Using Remote Sensing

Zou Shanghui

(Department of Geography, Central China Normal University)

Abstract

Not only does conventional estimation of population take long time, drain of man-power and money, but also it is unaccurate because it depends on statistic data of few years. Although the history of estimating population using remote sensing is not long and not precise, but it is showing its advantage. The principles of estimating population using remote sensing are: 1, The image of infrared channel in DMSP shows that the distribution and number of population relates with urban consumption of energy, and in turn, the urban consumption of energy relates with grayscale; 2, The population growth relates with expansion of urban area can be generated regression equation; 3, Counting of residences in image can estimate population based on average numbers of every residence defined by census; 4, Density of population can be reflected in difference of reflectance of man-made structure and natural body, accordingly it can be generated regression equation.

Key words Estimating population using remote sensing Urban consumption of energy Counting of residence Regression equation

REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT CHINA

(Quarterly)

Vol. 6 No. 3 1991

环境遥感

(季刊)

1991年 第6卷 第3期

Editor: The Geographical Society of China, Sub-Commission on Environmental Remote Sensing
P. O. Box 775, Beijing, China,

Publisher: Science Press
16, Donghuang chenggenbeijie Street, Beijing, 100707, China

Distributed Abroad: China International Book Trading Corporation
(Guoji Shudian)
P. O. Box 399, Beijing, Ghina

主 办 中国地理学会环境遥感分会
(北京市德胜门外北沙滩 917 大楼)
邮政编码 100012

主 编 童 庆 禧
出 版 科 学 出 版 社
(北京东黄城根北街 16 号)
邮政编码 100707

印刷装订 中国科学院印刷厂
总发行处 北京报刊发行局
订购处 全国各地邮局
国外总发行 中国国际图书贸易总公司
(中国 国际 书店)
北京 399 信箱

公开发行 国内统一刊号: CN11-1833 邮发代号: 82-324 国外刊号: Q1002