

## 人口密度的等值线图应用研究

周祖根 王静龙

**内容提要:** 本文提出了根据普查资料,利用数理统计方法,在计算机微机上绘制1990年上海市区人口密度等值线图的方法,阐述了从等值线图所看到的当前上海市人口分布的一些特点;进而把它与利用第三次人口普查资料绘制得到的1982年上海市区人口密度等值线图进行纵向比较,分析了上海人口分布的演变及其原因。用同样方法,可绘制得到商业营业额分布、饮食服务业营业额分布、职工密度分布等,把它们与人口密度分布图结合起来进行综合比较分析,可以从一个新的角度,从深层次上探讨人口分布与社会、经济诸因素的关系,并可讨论相应的政策。

人口分布是指人口数量规模的地域分布。中国改革开放以来,人口迁移、人口流动日益频繁,人口分布状况有了许多新的变化。因此,有必要深入研究人口分布的现状、特点、成因和趋势,以有助于制定能导致人口合理再分布的政策,促进人口、社会、经济的协调发展。

研究人口分布的重要方法是编制人口密度图。通常使用散点图法或分块聚类图法,其优点是绘制方便。但是,这些方法有明显的 discontinuity,难以显示变化趋势,不利于深入研究。

由于计算技术的发展和微型计算机的推广使用,就有可能把已经成功地应用于地质、气象、水文等领域的等值线图方法引进人口分布的研究领域。

### 一 数据与处理方法

上海市是中国最大的经济中心,人口密度最高。解放40多年来,社会、经济有了很大发展。因此,研究上海市的人口分布及其变化,对于研究大城市人口分布乃至全国人口分布都有指导作用。

根据1990年第四次人口普查的手工汇总资料,得到上海市中心10个区130个街道及邻近地区52个乡、镇的人口数(以下简称街

道),再通过街道面积计算得到各街道的人口密度,记为 $Z_i$ ;若把街道重心 $(X_i, Y_i)$ 作为街道坐标,这样就有182组已知点 $(X_i, Y_i, Z_i)$ 。在此基础上,进行如下处理,即可求得人口密度的等值线图。

(一) 曲面拟合。先把市区区域划分成 $M \times N$ 网格,对于每个网格结点 $\alpha(a, b)$ ,都应有一个人口密度值,设其为

$$f(a, b) = c_0 + c_1 \cdot a + c_2 \cdot b + c_3 \cdot a^2 + c_4 \cdot ab + c_5 \cdot b^2$$

利用各已知点值,求系数 $C_i$ ,使

$$Q = \sum_{i=1}^{182} \frac{1}{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2} \cdot [f(a, b) - z_i]^2$$

达到最小。从而得到结点 $\alpha$ 处的人口密度值 $f(a, b)$ 。

这种按两点距离平方的倒数为权因子的加权回归所求得的函数 $z = f(x, y)$ 具有如下性质:点 $\alpha$ 的人口密度主要受邻近的已知点人口密度的影响;并且,若点 $\alpha(a, b)$ 趋于某已知点 $(X_i, Y_i)$ ,则 $f(a, b)$ 就趋于该点的人口密度值 $Z_i$ 。由此可见,趋势面是连续的,拟合是适宜的。

考虑到与结点相距较远的已知点值对求

该结点拟合值的作用不大,也考虑到微机的运算速度,因而仅使用与结点最邻近的 $K$ 个已知点值来求该结点的拟合值。这儿取 $K$ 为已知点总数的 $1/4$ 。

如此逐步计算,利用已知的182个点值,就能求得所有网格结点上的人口密度值,从而构成了全上海市区域的人口密度拟合曲面。

(二)等值线绘制。拟合曲面确定后,用平面 $z(x, y) = z^*$ 与之相截,将此截线投影于 $(x, y)$ 平面上,即得人口密度为 $z^*$ 的等值线,实际操作如下:

(1)等值点求取。先按行搜索,若某网格结点上拟合值正好等于 $z^*$ ,则此结点即为所求;否则把此点上的拟合值与同一行的下一个结点上的拟合值进行比较,若一个比 $z^*$ 大,另一个比 $z^*$ 小,则用线性插值法在此棱边上求得一等值点。依次搜索,一行搜索完后进入第二行,行搜索毕后再按列搜索,从而求得一批人口密度为 $z^*$ 的点集。

(2)等值线连接。在人口密度为 $z^*$ 的等值点集中任取一点为初始点。若此初始点属于行的棱边,则在与其相邻的属于列的四条棱边上寻找此集合中的点,一旦找到,就以找到的点作为初始点继续寻找;否则根据“域内任何一条等值线都是封闭的”这一原理,在与初始点相邻的属于行的两条棱边上必能找到此集合中的点。如此寻找,一直进行至寻找过程到达边界处,或到达第一个初始点的邻近处,于是就可把这些点按先后次序连接起来。然后,在此集合中再取一点作为初始点,继续上述寻找过程,直至此集合中的点都被搜索完为止。

利用上海市第四次人口普查手工汇总资料及其街道重心,依据上述方法,编制相应程序,在微机上绘制得到1990年上海市区人口密度分布图(见图1)。利用上海市第三次人口普查资料及其当时的街道重心坐标,在微机上绘制得到1982年上海市区人口密度分

布图(见图2),图中虚线为市区区划扩大后,目前的市区行政界限。

## 二 分析

观察1990年上海市区人口密度等值线分布(见图1、图2)可以看到,当前上海市人口密度分布呈现出以下几个特点:

(1)市中心地段隆起着以南京路为界的南北双高峰,人口密度皆达到每平方公里12万人以上。南高峰以老城区的西部和北部及邻近地区为顶峰,全方位均匀扩散,形成凸状主高峰;北高峰小而陡,以山西北路街道为主,形成次高峰。两高峰虽南北对峙,但相距甚近。

(2)人口密集区以南北高峰为中心,逐步向四周延伸。西部、北部及东北方向平稳倾斜下降,东部及东南的梯度下降迅速。在城市中心地段形成一个东沿黄浦江,南包括整个老城区,西达静安寺一线,北以芷江路为界,东北至公平路的每平方公里6万人以上的人口稠密区。它由40余个街道组成,陆地面积达30余平方公里。市区几乎所有街道均在每平方公里6万人以上的等值线内。

(3)人口密集区依托于黄浦江,它的扩散受黄浦江阻隔,但不受苏州河的任何影响。整个人口密集区沿黄浦江西岸分布,并向北、向西及西南方向延伸。正是由于黄浦江这一天然屏障的存在,人口密集区向东南方向的扩散明显被阻挡,人口密度梯度迅速下降。但是,苏州河却流经人口高密度区,穿过人口北高峰地区。正是由于苏州河上便捷的交通,从而对人口的扩散不产生任何阻力。

上海市区的这种人口密度分布是由其历史发展演变而来的。上海历史上是一个商埠,沿着黄浦江十六浦码头一带发展起来的上海老城区,集中了大量小商业、手工业者。第一次鸦片战争后,南京路逐渐成为繁华的商业带,但由于级差地租等因素的影响,人口的集聚受到一定的制约,较多的聚集在附近两侧。本世纪初,在原来的人口密集区和商

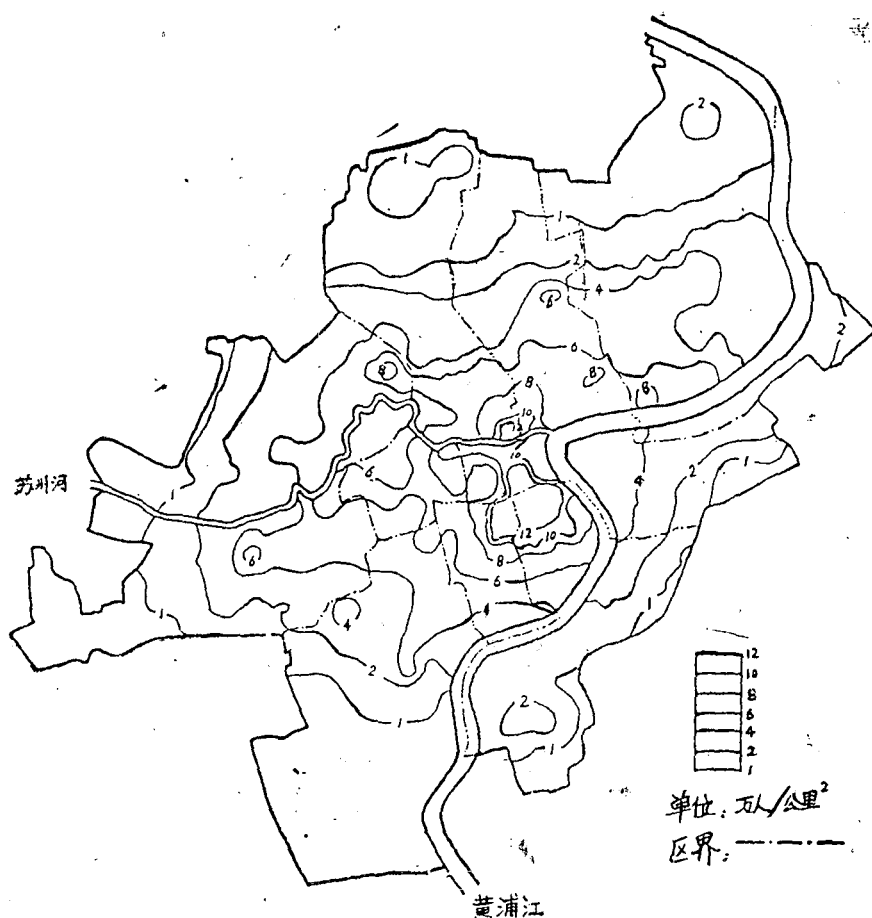


图1 1990年上海市市区人口密度等值线分布图

业区的外围，如沪东、沪西等地逐渐兴建起一批批工厂，在那里也聚集起越来越多的人口。人口密集的中央高原逐步向四周延伸，特别是向沪东、沪西地区发展。

解放后，上海市区人口分布的这一格局基本没有多大改变。彭浦、北新泾、桃浦、漕河泾、闵行等工业区逐步建立，形成了外围的环状结构。但由于缺乏级差地租的制约及其住房、商业网点等配套设施不足，人口并未形成向四周大量扩散的态势。另一方面，在市中心见缝插针兴办的轻纺、电子工业和街道工业，也吸引了人口向市中心集聚，阻碍了人口的扩散。正是以上这些原因，形成了图1中“中部高、四周低、南北高峰融为一体”的上海人口密度分布格局。

### 三 上海市区人口密度的纵向比较分析

比较1982年与1990年上海市区人口密度图可以看到，市中心地段的人口密度显著下降，人口最稠密地区从1982年的每平方公里16.9万人降低到1990年每平方公里13.6万人。每平方公里12万人的等值线区域明显缩小，且中间断裂为二。每平方公里10万人的等值线区域及市中心段每平方公里8万人的等值线区域都有所缩小。而市区周围地带的人口密度则在上升之中，每平方公里4万人的等值线区域及每平方公里2万人的等值线区域明显扩大。甚至西北角产生了每平方公里8万人的飞地，北边形成了每平方公里6万人的飞地，西南面诞生了每平方公里4万人的飞地。

是什么原因造成的呢？整个80年代，上海各地区每年的人口出生率皆高于死亡率，

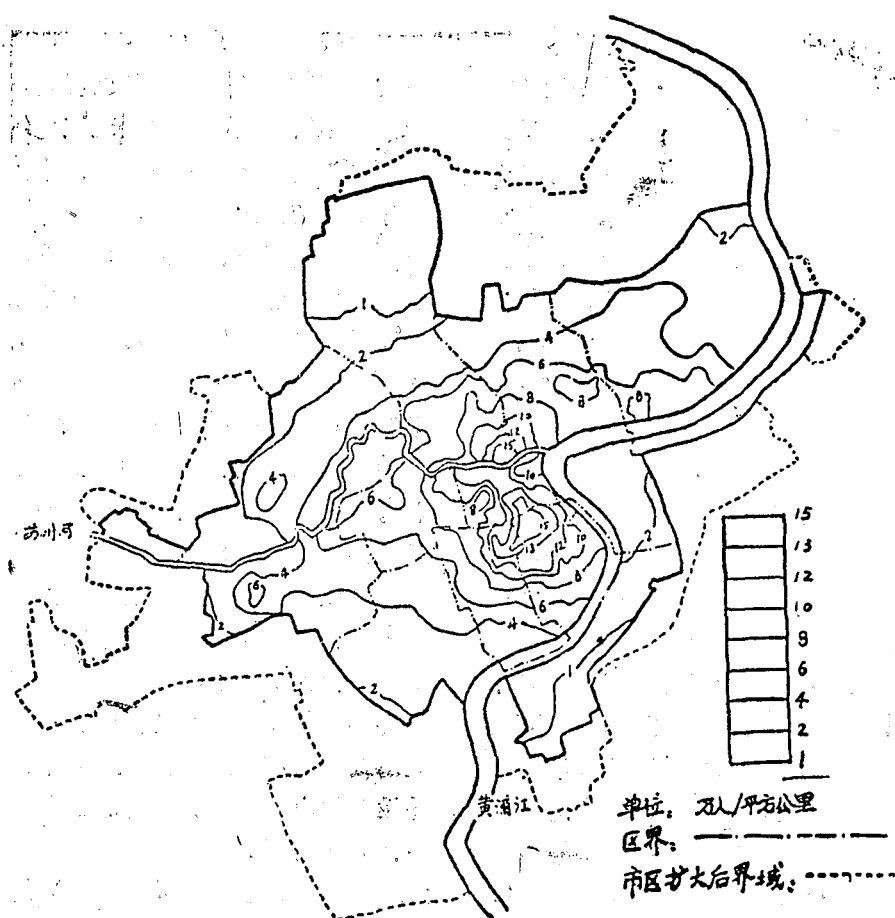


图2 1982年上海市区人口密度等值线分布图

故上述人口密度的变化只能是由于人口的迁移和流动所致。随着上海市在市区四周边缘地带建造的大批住宅区投入使用,如东北部的延吉、长白新村;北边的曲阳、玉田新村;西北部的宜川、甘泉、石泉新村;西边的虹桥、仙霞新村;西南部的田林新村以及浦东的潍坊新村等,不少居民为了改善居住条件纷纷从市中心迁往四周的新住宅区。如果把上海市中心区分为三圈,市中心街道组成内圈,市区边缘街道组成外圈,其余一般街道组成中圈。以两次人口普查的中间年份1986年的情况为例,那时内圈的平均人口密度是每平方公里8.03万人,为人口高度密集地区;中圈平均人口密度为每平方公里4.26万人,属人口比较密集地区;外圈的平均人口密度仅每平方公里1.38万人,是人口相对稀疏地

区。由于新建住宅大多分布在外圈,故内圈呈明显的净迁出趋势,1986年净迁出率为2.76%,中圈也呈净迁出趋势,1986年净迁出率为1.44%,约是内圈的一半;外圈在1986年净迁入8万多人,其中从内圈、中圈移入的人口占94%。正是因改善住宅条件造成的市内迁移,形成了人口密度图中的市中心人口密度降低,四周人口密度上升的地理变迁。

#### 四 人口密度图与其它社会经济图的相关分析

利用同样处理方法,依据1987年各街道所在的工业企业职工人数绘制成的上海市区企业职工密度等值线分布图,呈现出一种“峰谷交替、起伏不平”的特征:(1)东西两高峰遥相呼应,东高峰以昆明街道为中心

向四周扩散,尤其是朝东缓慢倾斜下降,每平方公里2万人的工业职工圈一直伸展到宁国、隆昌街道一带,西高峰由江宁、胶州、余姚等街道组成,主要向西南扩散,每平方公里2万人的工业职工圈朝西一直延伸到华阳街道一带;(2)众多小高峰散布于南、北、中,特别是南边有一个由丽园、顺昌、斜桥等街道组成的南高峰,它虽低于东西两峰,但每平方公里2万人的工业职工圈也较宽阔,与东、西两高峰形成三足鼎立之势。

工业职工的分布实质上是工业布局的一种体现。洋务运动期间,上海老城区以南的黄浦江畔就开始有军工企业。沪东和沪西则是本世纪初逐渐兴建起来的工业区。工业的集中和发展带来职工的聚集。

解放后,上海市工业迅速发展。1950年初,工业职工仅45万人,1987年已达274万余人。尤其是在工业基础较好的东边杨浦区,西边普陀区的苏州河沿岸及南市、卢湾接壤的黄浦江西岸一带,工厂分布更为密集。这三个工业集中区正好形成了工业职工密度分布图中的东、西、南三峰。另一方面,原来散布在市区的中小企业,经过调整改组后不断扩建;迅速发展起来的街道工业则到处见缝插针,在市区形成了一种工厂星罗棋布、四处开花的局面。这就是图中众多小高峰的来历。

比较1983年与1987年的上海市区商业营业额等值线分布图可以看到,1987年的市区商业营业额密度普遍上升,好象整个地壳上升运动的结果。原来的每平方公里商业营业额50亿元的区域,现在已大体上升为70亿元,中心部位高达200亿元以上。原来西边的威海街道一带,东边的唐山街道一带,每平方公里5亿元,现在已连成一片,区域大大扩展。市区边缘地带的商业营业额也上升相当幅度。显然,分布的不均匀性没有任何改变,仍然是“市中心的单峰突起型”。这并不是一个理想状态。

比较1983年与1987年上海市区饮食服务业营业额等值线分布图可以看到,两者显著的差异是原来的单峰型,现在已经转化为双峰型。随着希尔顿等一系列高中档宾馆在近几年里拔地而起,使得瑞金街道、新乐街道一带饮食服务业营业额迅速上升,以至后来居上明显超过了南京东路、北京东路一带的老高峰地段。虽然市区其它地段的饮食服务业营业额也有所上升,比如原来的每平方公里500万元营业额在西南、西北及东北方向区域都有所扩展,但市中心高峰地段的饮食服务业营业额与外围地区饮食服务业营业额的差距却大大增加。

从以上分析中可以看到,由于市区周围住宅的大量建设,导致了市区居民从市中心密集区向四周扩散,使市区人口密度分布有一种逐步趋于合理化的倾向。但由于缺乏相应的政策措施,如地价政策等,市区商业分布并没有相应的变化。而为旅游人口等服务高中档消费行业的迅速增加,则是饮食服务业的最大变化,散布在外围居民区的为一般居民服务的饮食服务业则变化不大。

人口的扩散除了要有良好的住房这一基本因素外,还应该有购物、消费和工作方便这些相应条件,才能使人口扩散得以维持和发展。在近阶段上海交通状况难以从根本上得到改观的情况下,对于每个人来说,居住地、购物地与工作地尽可能的统一就显得十分重要。对于社会来讲,这三者的统一也是缓解市内交通紧张状况的一帖良药。因此,当前在市区外围大量兴建住宅来改善居民居住条件、引导人口合理再分布的同时,应该充分利用级差地租等经济杠杆来促进商业、饮食服务业在外围新村区域的网络建设,以巩固和推动市区人口的扩散趋势,逐步实现市区人口的较为合理的分布。

关于工作地和居住地的统一,在当前居民就业和住房主要是社会分配为主的情况下,是一种较难达到的目标。注意到全市工

业职工占职工总数的一半以上,因此横向比较上海市区人口密度图与工业职工密度图,也能看出当前工作地和居住地的不一致所带来的矛盾。人口等值线分布图所显示的是市中心中央突起的南北双高峰,工业职工分布图所显示的则主要是外围的三足鼎立之势。于是,每天上下班就要把大批人输送到外围的东、西、南三高峰,而且又往往不是合理的就近输送,势必造成上下班的交通紧张状况。所以,在改革逐步配套的形势下,一方面形成就业的双向选择,职工有选择工作单位的自由;另一方面,住房改革也能促进职工有权(主要是经济权)选择购买住宅的自由。在这样的背景下,就有可能逐步实现工作地与居住地的统一,市内交通紧张状况才能予以缓解。

#### 结束语

(一)人口分布是一种重要的人口现象,也是一种重要的社会经济现象。与其他人口概念相比,它的社会经济属性表现得更加深刻。这表明,孤立的人口扩散对策、住房对策、交通对策等已很难解决现实的一系列问题,而且有可能化了大量投资换来一堆更难以解决的矛盾。因此,必须对人口、住宅、交通、产业布局和商业、饮食服务业等生活设施布局诸方面进行综合分析,采取配套政策,才会行之有效。

(二)引导城市人口合理再分布,应充分利用经济规律。其中有效的经济驱动力之一则是级差地租。根据因地理位置造成的不同收益,运用级差地租原则,促使商业、饮食服务业等的合理配置,这将是一个有效的方法。当然,也包括税收政策等其它经济措施。

(三)引导城市人口合理再分布,必须重视交通条件。当前开发浦东的重要一环是

解决过江交通。因为浦东开发除了充分利用浦东本地资源外,极为重要的就是借助浦西的人、财、物。有了便捷的交通,才会有人流、物流及资金流。这也是当前上海市区人口密度合理分布的启示之一。

(四)从上海市区人口密度的等值线分布图的绘制和分析中可以看到,这种方法在人口学研究中,应用前景广泛。

(1)人口密度等值线图将有限的样本点值进行连续处理,在分析时更易为人们理解接受,比用传统方法绘制的散点图和聚类块图更具有趋势动态感强的优点。

(2)在微机上实现了人口密度等值线图的绘制,大大提高了人口密度等值线图推广的可能性。而且实现了微机在勾划出行政区划的基础上,来绘制人口密度等值线图,使人口密度等值线图的应用更方便,使用效果更理想。(为了简洁,文中附图未勾划行政区划)。

(3)利用历次人口普查资料,构造出相应的人口密度等值线图,就能进行纵向比较,从中可以看出人口密度分布随时间变化的规律,研究“等值线漂移”及其原因。

(4)该方法可以推广使用于其它社会经济要素的地理分布的研究上,如绘制商业营业额分布、饮食服务业营业额分布、职工密度分布、人均居住面积分布、工业产值分布、三废污染指数分布等等值线图。把它们与人口密度分布图结合起来,进行综合比较分析,有利于从一个新的角度深层次地研究人口分布与社会、经济诸因素的关系,进行相应的政策分析和探讨。

(本文责任编辑:宋黎明)

(作者工作单位:周祖根 上海市人口普查办公室、王静龙 华东师范大学数理统计系)