

城市流动人口数学模型的研究与分析

——探索城市吸引力

许金泉¹, 张娟², 黄惠¹, 郭忠诚¹

(1. 昆明理工大学材料与冶金工程学院, 云南昆明 650093; 2. 昆明理工大学应用技术学院, 云南昆明 650093)

摘要: 以 φ - 城市吸引力为依据, 借用物理学中“表面张力”(表面势)的概念, 把分子的凝聚和逃逸理解为人口的流进与流出, 把电场强度理解为城市的政策、法规、法令, 把电解溶液的电导率理解为对政策、法规、法令的执行情况, 建立了城市流动人口的数学模型. 从人口变动的角度分析该模型, 从而求得了 φ - 城市吸引力的值.

关键词: 城市流动人口; 数学模型; 城市吸引力

中图分类号: F224 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2009)01-0108-03

Research and Analysis on Math Model of Floating Population in City ——Research on City Attraction

XU Jin-quan¹, ZHANG Juan², HUANG Hui¹, GUO Zhong-cheng¹

(1. Faculty of Materials and Metallurgical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;
2. Faculty of Applied Technology Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: With its basis on city attraction $-\varphi$ and adoption of surface tension in physics, a math model about the floating population in city is established in this paper. This model takes the coacervation and escape of the molecule as the inflow and outflow of the population, the electric field intensity as the policy, and the electric conductivity in electrolytic solution as the enforcement of the policy. The model is analyzed from the angle of population fluctuation to render the value of φ .

Key words: city population fluctuation; math model; city attraction

0 引言

如果对众多城市长期跟踪观察, 则可发现, 除去天灾、人祸等偶然因素的干扰之外, 为何有的城市是人群蜂拥而至, 而有的则是门庭冷清, 甚至是大量外移. 反差如此强烈, 归根结底是“城市吸引力”这个内在因素在起着主导作用. 众所周知, “城市吸引力”, 抛开历史沉积而造成的基础之外, 更多是当代人才的才能发挥的程度^[1-2]. 城市之间的竞争, 有很大的程度上是对人才的吸引力. 虽然人口的流进与流出, 并不等同于人才的得与失. 但无人口流进也就丧失获取外来人才的可能^[3]. 论文借用物理学中“表面张力”(表面势)的概念, 借助于“沉积与扩散”的理念而建立了城市流动人口的数学模型. 从人口变动的角度分析该模型, 从而求得了 φ - 城市吸引力的值数学模型.

1 模型的建立

而 φ - 城市吸引力的内涵是什么? 笔者认为至少由下列几个因素所支配.

收稿日期: 2008-09-03. 基金项目: 全国博士学位论文作者专项资金资助项目(项目编号: 20050053).

第一作者简介: 许金泉(1971-), 男, 在读硕士研究生, 工程师. 主要研究方向: 材料物理与化学.

E-mail: xujinquang@126.com

φ - 城市吸引力

- 经济因素:就业率、发展期望、生活质量、痛苦指数等
- 政治因素:各种政策、法规、法令及其执行情况
- 环境因素:文明程度、居民素质、繁华程度、配套设施、地理环境、气候、文化、历史等
- 特殊因素:如美国旧金山因发现金矿而崛起,深圳得益改革开放

显然由于影响 φ 的因素众多,而且相互交错,因此很难直接去计算 φ . 文章从分析人口的变动出发,最终间接地给出计算 φ 的公式.

为何在极冷的棒冰表面会结白霜?为什么加热水会有汽泡冒出?其根本是水的表面张力(表面势)在不同温度的反应而已. 物理上的表述是:设水的表面势垒为 ΔH , 在热力学温度为 T 时,水的势垒几率为 $e^{-\frac{\Delta H}{KT}}$, 见图 1. K 为玻尔兹曼常数.

空气中的水分子,要沉积到棒冰表面,形成白霜,需要克服表面势垒 ΔH ,其沉积的几率是

$$\zeta = 1 - e^{-\frac{\Delta H}{KT}} \quad (1)$$

显然温度 T 越低,几率 ζ 越大. 相反,水分子要从水中逃逸出来,也必须克服 ΔH ,其逃逸几率为

$$\eta = e^{-\frac{\Delta H}{KT}} \quad (2)$$

显然 η 随温度 T 的升高而变大. 需要说明, ΔH 是一个内在的、客观的量,并不因水团的大小而变化.

同样地,城市之所以能长期维持,肯定有其特殊的内聚力,也就是 φ 在起作用. 如果把城市想象成水团,水分子的凝聚和逃逸理解为人口的流进与流出,则可建立城市人口流动的数学模型

$$\Delta N = \sigma E \{ m(t) [1 - \lambda e^{-\varphi}] - n(t) e^{-\varphi} \} \quad (3)$$

在公式(3)式中,应作如下的理解:

ΔN ——城市人口的变动量.

E ——在“电镀”理论中,是指电场强度. 在此应将理解为该城市的政策、法规、法令等.

σ ——在“电镀”理论中,是指电解溶液的电导率,在此应将理解为对政策、法规、法令的执行情况.

$m(t)$ [流进量的净增量(外来人口的净增量)] = 全部进入量 - 在此中转的量.

$n(t)$ [流出去的净增量] = 全部流出去的量 - 返回的量.

φ ——城市的势,也就是城市吸引力.

λ ——回潮率,也就是寻梦不成功的几率.

2 模型的分析

需要说明的是,对任何一个城市而言,总会有一些人向往外地“外面的世界很精彩”,因为任何一个城市,一定有某些缺点和不足,由此就会促使一部分人产生想到外地去寻求发展. 但是从心理学的角度来说,总会对已熟悉的环境有依赖的心理,“金窝银窝不如自己的狗窝”正是这种心理写照. 因此在想到外地发展的人群 $n(t)$ 之中,只有 $n(t)e^{-\varphi}$ 付诸行动. 同样地,想来该城市寻求发展的 $m(t)$ 人群之中,认为自己能成功的几率是 $1 - \lambda e^{-\varphi}$,其中 $-\lambda m(t)e^{-\varphi}$ 代表不成功而离去的那一部分,当然应有 $\lambda < 1$. 不管怎样,在 $m(t)$ 之中,迟早有一部分能成功的. 图 2 为 $e^{-\varphi} \sim \varphi$ 曲线.

显然 φ 的值强烈地影响着 ΔN , φ 大则 ΔN 也就大,也就是说,该城市有强烈的吸引力. 这强烈的吸引力不仅吸引着外面,而且也安抚着内部的居民. 如果 φ 小,则 ΔN 也就小. 如果 φ 变成负数,其效果是吸引力变成排斥力. 后果是:

1) $m(t) [1 - \lambda e^{-\varphi}]$ 变成负数,意思是拒绝外来者.

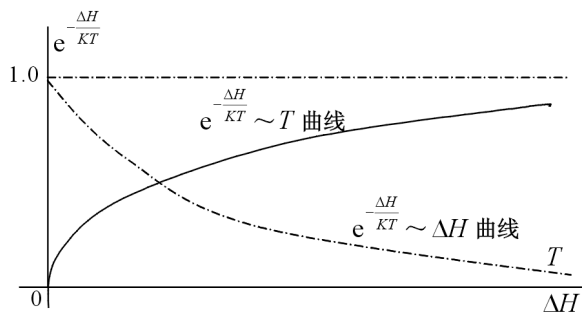


图1 $e^{-\frac{\Delta H}{KT}} \sim T$ 曲线

Fig.1 The curve of $e^{-\frac{\Delta H}{KT}} \sim T$

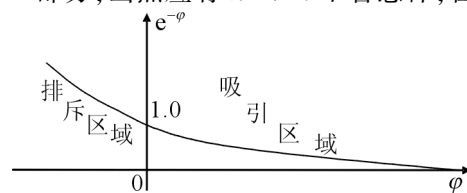


图2 $e^{-\varphi} \sim \varphi$ 曲线

Fig.2 The curve of $e^{-\varphi} \sim \varphi$

2) $n(t)e^{-\varphi} > n(t)$ 驱赶原先的居民朝外走.

当然 $\varphi < 0$ 这种情况是不会出现的,城市没有凝聚力,城市本身还怎能维持?

分析(3)式可知,政策、法规、法令和执行情况的综合体 σE 应服从关系式.

$$0 \leq \sigma E \leq 1 \quad (4)$$

$\sigma E \sim 0$ 即是“户口冻结”政策, $\sigma E \sim 1$ 即是户口开放政策. 也就是说,政策及其执行情况是一个重要控制手段.

注意到(3)式中内含时间,为求得一个较为稳定的量值,需要对各个参数在较长时间进行统计平均. 且用 $\overline{\Delta N}, \overline{m}, \overline{n}$ 来代替 $\Delta N, m(t), n(t)$ 则有

$$\overline{\Delta N} = \sigma E \{ \overline{m}(1 - \lambda e^{-\varphi}) - \overline{n}e^{-\varphi} \} \quad (5)$$

在不考虑城市人口的“自然增长率”的前提下, $\overline{\Delta N}$ 可能有 $\overline{\Delta N} > 0, \overline{\Delta N} = 0, \overline{\Delta N} < 0$ 3种情况,对应着人口增长,人口停滞和人口减少3种实际. 为找出它们的分歧点. 首先考察情况 $\overline{\Delta N} = 0$, 得

$$\varphi^* = 0.4343 \log_{10} \left(\frac{\overline{n} + \lambda \overline{m}}{\overline{m}} \right) \quad (6)$$

我们称 φ^* 为“特征量”, 因为若 $\varphi < \varphi^*$, 则有 $\overline{\Delta N} < 0$; 若 $\varphi > \varphi^*$, 则 $\overline{\Delta N} > 0$. 当然如果 $\overline{\Delta N}$ 只是少量增加, 对城市本身的贡献也就有限. 如果

$$\overline{m}(1 - \lambda) > \overline{n} \quad (7)$$

也就是在城市有强烈吸引力的情况下, 改造(5)式可得

$$\sigma E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{m}(\overline{n} + \lambda \overline{m})e^{-\varphi}} \quad (8)$$

虽然在前面我们已经初步讨论过 φ , 但现在从纯数学角度来理解, 则 σE 可有最大值和最小值.

$$\{\sigma E\}_{\min} = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{m}} \quad (9)$$

$$\{\sigma E\}_{\max} = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{m}(1 - \lambda) - \overline{n}} \quad (10)$$

至此, 我们可以取(9)式和(10)式两者的平均值, 作为 σE 的量值, 也就是政策、法规、法令和执行情况综合效果的判据. 有了 $\overline{\sigma E}$ 的量值, 进一步可求得

$$\varphi = 0.4343 \log_{10} \left(\frac{\lambda \overline{m} + \overline{n}}{\overline{m} + \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{\sigma E}}} \right) \quad (11)$$

这即是文中所寻求的城市吸引力, 或者说城市吸引力的数学表达. 显然, 此时 $\varphi > \varphi^*$.

如果我们从变化的立场来考查 ΔN , 这即是对(3)式求导数

$$V = \frac{\partial \Delta N}{\partial t} = \frac{\partial(\sigma E)}{\partial t} \{ m(t)(1 - \lambda e^{-\varphi}) - n(t)e^{-\varphi} \} + \sigma E \left\{ \frac{\partial m}{\partial t}(1 - \lambda e^{-\varphi}) - \frac{\partial n}{\partial t}e^{-\varphi} \right\} \quad (12)$$

V 在此的意义是: “变化的速度”. 由(12)式可知, V 由政策的变化 —— 即 $\frac{\partial(\sigma E)}{\partial t}$; 净增量的变化 ——

即 $\frac{\partial m}{\partial t}$; 净出量的变化 —— 即 $\frac{\partial n}{\partial t}$ 3种不同质的变化量构成. 当然分析 V , 同样有 $V > 0; V = 0; V < 0$ 3种情况. 至于到底是哪种因素在起着主导作用, 需要长期累积数据. 如果我们已经获得这3个数据的统计平均值 $\left(\frac{\partial(\sigma E)}{\partial t} \right); \left(\frac{\partial m}{\partial t} \right); \left(\frac{\partial n}{\partial t} \right)$. 则可知, 哪个贡献最大? 以及如何采取适当的对策来控制 ΔN , 使之加速还是减

速.

(下转第120页)

表1 数据模拟中所有未知参数的贝叶斯估计

Tab.1 The Bayesian estimates and the standard errors in the simulation study

Para	EST	Bias	SD	Para	EST	Bias	SD
u_1	0.368	0.008	0.009 9	λ_{21}	0.576	-0.024	0.008 8
u_2	0.334	-0.026	0.009 7	λ_{42}	0.636	0.036	0.009 1
u_3	0.346	-0.014	0.010 6	λ_{63}	0.615	0.015	0.009 6
u_4	0.383	0.023	0.015 3	λ_{74}	0.568	-0.032	0.007 0
u_5	0.355	-0.000 5	0.010 6	Φ_{11}	0.915	-0.085	0.054 8
u_6	0.372	0.012	0.009 9	Φ_{12}	0.555	0.055	0.059 9
u_7	0.347	-0.001 3	0.011 2	α_{k1}	-0.722	0.022	0.017 9
				α_{k2}			

参考文献:

- [1] Metropolis N, Rosenbluth A W, Rosenbluth M N, et al. Equations of State Calculations by Fastcomputing Machine[J]. Journal of Chemical Physics. 1953,21,1087 - 1091.
- [2] HASTINGS W K. Monte Carlo Sampling Methodsusing Markov Chains and Their Application[J]. Biometrika. 1970,57:97 - 109.
- [3] JORGENSEN B. The Theory of Dispersion Models[M]. Chapman and Hall, London,1997.
- [4] GELMAN S, GEMAN D. Stochastic Relaxation, Gibbs Distribution, and the Bayesian Restoration of Images[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence3,1984,6:721 - 741.
- [5] GELMAN A. Markov chain Monte Carlo in Practice[M]. London: Chapman and Hall,1996.
- [6] LINDLEY D V, SMITH A F M. Bayes Estimates for the Linear Model (with Discussion[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1972, Series B,34:1 - 42.
- [7] COWLES M K, CARLIN B P. Markov Chain Monte Carlo Convergence Diagnostics[J]. A Comparative Review. Journal of the American Statistical Association, 1996,91,883 - 904.
- [8] GELMAN A, MENG X L, STERN H. Posterior Predictive Assessment of Model Fitness via Realized Discrepancies[J]. Statistical Sinica, 1996,6:733 - 807.
- [9] 吴刘仓,李会琼. 兰辛森林数据的空间统计分析[J]. 昆明理工大学学报:理工版,2008,33(2):112 - 117.

(上接第110页)

3 结论

当然我们还可以从数学的立场对前面的公式进行更为详细的分析. 是因为我们的目的是借助“数学模型”这个工具,来探讨“ φ - 城市吸引力”. 如果一个城市没有吸引力,谈何发展. 城市之间的竞争,很大程度就是人才的竞争^[4~5].

最后,在我们的模型中,假定流进和流出的每个人都有相同的统计权重. 若以对社会的贡献而言,不争的事实是有一般人才和特殊人才的区别. 由于原始数据的缺失,无法补充例证. 但即使是这样,也不失为一种有益的探索和尝试. 当然也期待下一步能有实际例证来验证这个设想,同时也期望能从经济、金融、吞吐量等多种角度来解说“ φ - 城市吸引力”.

参考文献:

- [1] 王洋 李翠霞. 西方人口流动理论经典模型分析[J]. 东北农业大学学报:社会科学版,2006,4(3):74 - 75.
- [2] 刘渝琳,李洁. 西部大开发中人才“回流”的研究[J]. 林业调查规划,2001,26(3):25 - 29.
- [3] 张海鹏. 西方人口流动模型及其对我国就业政策的启示[J]. 山西高等学校社会科学学报,2005,16(1):76 - 78.
- [4] 王桂芝,袁博. 有序人口流动模型及其实证分析[J]. 安徽农业科学,2007,35(29):9367 - 9369.
- [5] 赖小琼. 中国转型时期的人口流动[J]. 中国经济问题,2007,23(1):41 - 47.