

城市过剩通勤与职住平衡模型

杨超,汪超

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室,上海 201804)

摘要: 从过剩通勤入手探讨通勤交通与职住平衡的关系,进而提出了基于理论最小通勤的最优增长分布模型.以绵阳市为例,量化评估了职住平衡程度与通勤交通效率,在对比国内外城市后发现绵阳职住平衡与通勤效率较好.利用最优增长分布模型计算得到,在新增劳动力(岗位)增加 77 500 个(占总劳动力(总岗位)的 14%)的情况下可以达到最优职住平衡状态.根据计算结果提出了未来绵阳新增劳动力和岗位的分布建议.

关键词: 过剩通勤; 职住平衡; 最优增长分布模型; 政策建议
中图分类号: U491 **文献标志码:** A

Excess Commuting and Jobs-housing Balance Model

YANG Chao, WANG Chao

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: The relationship between commuting transportation and jobs-housing balance was first discussed through excess commuting framework, and then a theoretical optimal growth and spatial distribution model was established. Jobs-housing balance and commuting efficiency were quantitatively evaluated by taking Mianyang City as an example. Results show Mianyang City is better than other cities in terms of its jobs-housing balance and commuting efficiency. The best situation of job-housing balance can be obtained when 77 500 jobs/workers (14% of total jobs/workers) are offered. Finally, the jobs-housing balancing policy is proposed on the basis of this model.

Key words: excess commuting; jobs-housing balance; optimal growth distribution model; policy suggestion

我国目前处在快速城镇化阶段,新的城镇不断出现的同时,已有城市也在迅速扩张.在强调功能分

区的总体规划思路下,对于城市的职(即就业岗位)住(即居住地)平衡缺乏一定的考虑.职住失衡引发了长距离通勤交通加剧交通拥堵等问题.长距离通勤增加了居民平均通勤距离与通勤时间,同时慢行交通的比例大幅减少,使得居民因缺乏必要的身体锻炼而引起健康问题^[1].

本文以绵阳市为例,从定量的角度研究通勤交通与职住平衡的关系,在此基础上提出了最优增长分布模型,为制定职住平衡政策提供了依据.

1 相关研究综述

职住平衡的思想最早起源于霍华德^[2]在《明日的田园城市》一书中对独立社区的研究,“田园城市”强调就业和居住相互临近、平衡发展.1997年 Peng^[3]定义职住平衡为:在某一给定区域内,居民中劳动人口数量与就业岗位数量之间的空间关系,即两者的数量大致相等.

1993年 Giuliano 等^[4]试图用过剩通勤的概念量化职住平衡,指出理论最小通勤也是职住平衡的一个测度.2002年 Horner^[5]通过区域间的比较指出就业岗位与居住混合程度较高的地区,其理论最小通勤相对更短.2008年 Yang 等^[6]对于波士顿和亚特兰大地区进行研究后,也得出了类似结论.

过剩通勤(excess commuting)的概念最先由 Hamilton^[7]在 1982 年提出,是指实际通勤与最小通勤的差值.1988年 White^[8]在维持居住与就业空间分布不变的前提下,通过模拟居住与就业区位选择,提出了以通勤成本最小为目标的区域模型.区域模型的提出完成了过剩通勤的方法论从连续城市结构模型到区域模型转变,1995年 Merriman 等^[9]对东京的过剩通勤进行实证分析,过剩通勤比例为 15%.类似地,1998年 Frost 等^[10]对英国一些城市

进行了实证研究. 2002 年 Horner^[5] 提出理论通勤最大值模型, 理论通勤最大值与最小值刚好相反, 表示城市居住与就业的离散程度. 2007 年 Charron^[11] 提出了随机平均通勤 (random average commuting) 的概念, 并提了两种计算方法: 最大熵值法与蒙特卡罗仿真模型. 2011 年 Murphy 等^[12] 在随机平均通勤的基础上提出了两种关于通勤效率的新指标, 即通勤效率 (commuting economy) 与标准通勤效率 (normalized commuting economy).

在政策模拟方面, 2010 年 Layman 等^[13] 将劳动人口与就业岗位的增长看成外生变量, 在多个方案中寻求相对最优方案. 然而多数情况下, 备选方案并不是最优方案, 目前也鲜有文献对如何制定最优方案开展研究.

2 过剩通勤与职住平衡

2.1 过剩通勤指标

本节将介绍实际通勤、理论最小通勤、理论最大通勤以及随机平均通勤等基本概念, 以及在此基础上利用过剩通勤、容量利用、通勤效率与标准通勤效率等指标评价城市职住平衡与通勤效率.

实际通勤是指城市中所有通勤者实际通勤的平均值. 利用居民出行调查数据推算得到以通勤为目的的 OD 矩阵 t_{ij} , 然后利用式 (1) 计算实际通勤距离.

$$T_{act} = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} t_{ij} \quad (1)$$

式中: T_{act} 表示实际通勤距离, t_{ij} 表示通勤 OD 矩阵中小区 i 到 j 的通勤人数, c_{ij} 表示从小区 i 到 j 的通勤距离, W 为总通勤人数.

理论最大(最小)通勤距离是在维持城市空间结构不变的条件下, 最差(最优)的通勤状况, 即每个居住者都选择最远(最近)的岗位就业. 换言之, 模型将通勤距离矩阵看作变量, 以寻求目标函数的最大值和最小值. 分别利用 Horner 模型与 White 模型求解理论通勤距离最小与最大值, 函数如下:

$$\min T = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

$$\max T = \frac{1}{W} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (3)$$

约束条件

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j, \forall j = 1, \dots, m \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = O_i, \forall i = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j \quad (6)$$

式中: T 为平均通勤距离; x_{ij} 表示最优时小区 i 到 j 的通勤人数, 为自变量; O_i 表示在小区 i 居住者的数量; D_j 表示小区 j 的岗位数量; n 表示居住地小区的总数; m 表示就业地小区的总数. 目标函数以平均通勤距离最小(最大)为目标, 约束条件(4)确保了就业岗位需求都能满足, 而约束条件(5)保证了所有通勤者必须去工作, 约束条件(6)限定了变量为非负.

随机平均通勤距离是在给定城市空间结构条件下, 通勤者随机选择岗位就业, 在此情况下对应的平均通勤距离. 随机平均通勤距离包含了两个理论假设: ① 通勤距离对通勤者没有影响; ② 通勤者在整个城市规模内, 即不考虑城市外部的通勤者. 目前较为常用的两种随机平均通勤的计算方法为最大熵法与蒙特卡罗仿真, Charron^[11] 指出采用最大熵值模型得到随机平均通勤存在着一定的偏差.

根据过剩通勤率定义, 计算公式如下:

$$E_c = \frac{T_{act} - T_{min}}{T_{act}} \times 100\% \quad (7)$$

式中: E_c 表示过剩通勤率.

过剩通勤与通勤范围(最大值与最小值之差)之比定义为容量利用率, 表示通勤容量被消耗的比例, 用于比较不同城市间的通勤效率.

$$U = \frac{T_{act} - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \times 100\% \quad (8)$$

式中: U 表示容量利用率.

通勤效率与标准通勤效率计算公式如下:

$$C_e = \left(1 - \frac{T_{act}}{T_{md}}\right) \times 100\% \quad (9)$$

$$C_{Ne} = \frac{T_{md} - T_{act}}{T_{md} - T_{min}} \times 100\% \quad (10)$$

式中: C_e 表示通勤效率, C_{Ne} 表示标准通勤效率, T_{md} 表示随机平均通勤距离.

2.2 数据描述与处理

本文建模采用的是 2010 年四川省绵阳市居民出行调查的数据. 本次居民调查采取家访调查的形式, 将调查表发放到各居委会, 再由居委会组织人员对被抽中家庭进行调查, 调查共抽取家庭 10 593 户, 约 27 500 人, 抽样率 4%. 最终回收表格 10 120 户, 其中有效户数为 9 359 户, 有效记录为 19 944 人, 有效抽样率 3%. 研究针对绵阳市区范围, 对于境内、外通勤暂不考虑, 因此小区划分时不考虑外部小区, 绵阳市区范围划分成 189 个小区, 并统计每个小区土

地利用、人口、就业岗位等信息,如图 1 所示.

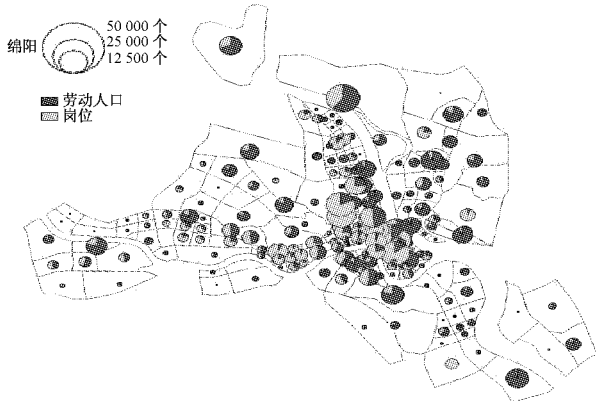


图 1 绵阳市人口与岗位现状分布图

Fig.1 Current distribution jobs and workers in Mianyang City

本文利用 VISUM 宏观模型计算小区间的最短路径作为小区间的通勤距离,小区内部出行的通勤距离为小区面积的“半径”(将小区假设为圆形),两者合并生成通勤距离矩阵 c_{ij} . 理论通勤距离最小值与最大值的求解在 Lingoll.0 中编程实现. 实际通勤距离在 Matlab 中直接计算. 为避免最大熵法计算的随机平均通勤距离存在的偏差,采用蒙特卡罗仿真计算随机平均通勤距离,蒙特卡罗仿真过程在 Matlab 中编程实现.

2.3 结果分析

利用 White 模型计算得到绵阳市理论最小通勤距离为 2 413.7 m,实际通勤距离为 4 847.2 m,利用 Horner 最大值模型计算得到理论最大通勤距离为 8 228.1 m,过剩通勤率与容量利用率分别为 50.20%与 41.85%. 与国内城市如广州相比,绵阳的过剩通勤率小于广州 2005 年的 58.41%,而大于 2010 年的 44.74%. 过剩通勤率一般用来衡量同一个城市不同时期的通勤模式效率,而容量利用率则用于比较不同城市的通勤效率. 与美国城市相比,绵阳的理论最小通勤距离更小,这说明绵阳的职住平衡程度较高. 从容量利用率上看,绵阳通勤效率比孟菲斯和博伊西要高,但比夏洛特要低. 表 1 为绵阳市与其他城市的过剩通勤率对比.

利用蒙特卡罗仿真计算随机平均通勤距离为 7 697.6 m,根据通勤效率的定义,绵阳通勤效率为 37.03%,标准通勤效率为 53.95%. 与都柏林地区的通勤效率对比如表 2 所示. 绵阳在通勤效率与标准通勤效率这两个指标上高于都柏林地区,这表明绵阳比都柏林地区的通勤效率要高.

表 1 绵阳市与其他城市过剩通勤率对比

Tab.1 Excess commuting of Mianyang in comparison with other cities

城市	T_{min}/m	T_{act}/m	T_{max}/m	$E_c/\%$	$U/\%$
绵阳(2010)	2 413.7	4 847.2	8 228.1	50.20	41.85
广州(2005)* ^[14]	1 895.9	4 558.3	—	58.41	—
广州(2010)* ^[14]	2 775.5	5 022.7	—	44.74	—
孟菲斯 ^[5]	3 732.9	11 005.6	20 289.5	66.08	43.93
博伊西 ^[5]	3 476.2	6 678.8	10 074.5	47.95	48.54
夏洛特 ^[5]	6 582.2	12 375.9	37 851.8	46.81	18.53

注: *表示通勤距离为欧几里德直线距离.

表 2 绵阳与都柏林通勤效率对比

Tab.2 Commuting economy of Mianyang in comparison with Dublin

城市	C_c	C_{Ne}	%
绵阳(2010)	37.03	53.95	
都柏林(1991) ^[12]	19.10	27.60	
都柏林(2001) ^[12]	34.50	43.20	

3 最优增长分布模型

目前,国内的城市总体规划中主要针对劳动人口与就业岗位规模的控制,而鲜有从过剩通勤的角度优化职住平衡的研究. 由于城市规模、功能以及等级等方面的差异,提出具有普适性的劳动人口与就业岗位最优增长分布模型是非常必要的,这也为科学地制定城市空间规划方案提供支撑.

3.1 模型构建

最优增长分布模型以理论最小通勤距离为目标,寻求最优新增就业岗位与居住的数量以及新增劳动人口与岗位的最优分布. 模型将劳动人口与岗位的增长看成内生变量,将用地类型与面积作为内生变量的约束,模型的优点在于未改变现有城市结构. 最优增长分布模型沿袭了 White 区域模型的思想,公式如下:

$$\min T = \frac{1}{W + \varphi} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (11)$$

约束条件

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j + z_j, \quad \forall j = 1, \dots, m \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = O_i + y_i, \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^m z_j = \varphi \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n y_i = \varphi \quad (15)$$

$$0 \leq y_i \leq u_i, \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (16)$$

$$0 \leq z_j \leq v_j, \forall j = 1, \dots, m \quad (17)$$

$$x_{ij} \geq 0, \forall i, j \quad (18)$$

式中: y_i 表示在小区 i 中新增的劳动人口总量; z_j 表示在小区 j 中新增的就业岗位数量; φ 表示研究区域内新增岗位数(劳动人口数); u_i 和 v_j 分别表示劳动人口与就业岗位增长的上限, 根据每个小区的土地资源承载力以及其他环境限制来确定. 所谓土地资源承载力是指在一定时期一定社会经济条件下, 与国土资源生产力相适应, 保证一定生活水平和营养水平下所容纳的人口限度^[15]. 约束条件(16)和(17)对劳动人口与岗位的增长进行限制, 其目的是避免模型为了达到理论更优的职住平衡, 而陷入不合理的情景中, 即岗位与人口的增长过于集中, 超越了土地能够承载的范围.

3.2 结果分析

仍以 2010 年绵阳数据为例, 假设每个小区总劳动人口与就业岗位的 30% 作为土地承载力来约束小区新增劳动人口与就业岗位. 换言之, 总体研究区域的增长上限也为 30%, 即居住与岗位的最大增量为 167 771 个, 而下限的值则取零, 保证增量为非负.

为寻求最优增量, 采取逐步增量法对每种方案进行测试. 劳动人口(岗位)新增总量和理论最小平均通勤距离的关系如图 2 所示.

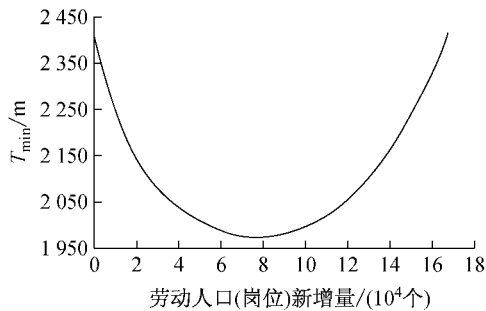


图 2 劳动人口(岗位)新增量与理论最小通勤距离关系
Fig. 2 Relationship between theoretical minimum commuting and newly increased jobs/workers

从图 2 中看出, 最小平均通勤距离随着通勤新增量的增加而下降, 而通勤新增量增加到某一点时达到最小, 之后最小平均通勤距离随着通勤新增量的增加而增加. 分析其原因是在岗位富裕区劳动人口的增加, 促进了小区内职住平衡, 小区内部的通勤交通代替了来自其他小区通勤交通; 同样对于劳动人口富裕区就业岗位的增加, 也促进了职住平衡, 使得原先通勤去其他小区的劳动人口可以就近工作, 这使得平均通勤距离减小. 随着通勤新增量的增加, 平均通勤距离会达到最小值, 即达到最优职住平衡

的状态. 然而随着通勤新增量的继续增加, 由于土地承载等限制因素, 为了使平均通勤距离达到最小, 新增的岗位或人口可能被分配到已达到职住平衡的小区, 导致这些小区职住失衡的再次出现, 使平均通勤距离逐渐变大.

模型结果表示绵阳市在保持现有城市结构的基础上, 增加 77 500 个劳动人口(岗位)能够达到最佳的职住平衡状态, 模型最优状态下过剩通勤指标与职住平衡分布分别如表 3、图 3 所示. 尽管劳动人口(岗位)的总数较现状增加近 14%, 但通过合理布局劳动人口(岗位)的增量, 可以改善职住平衡. 最小平均通勤距离为 1 972. 4 m, 比现状减小 18. 3%. 最大平均通勤距离与随机平均通勤距离与现状相比有小幅下降, 分别为 0. 5% 与 2. 5%.

表 3 现状与最优增长分布的过剩通勤指标对比
Tab. 3 Excess commuting comparison of current situation and optimal situation m

指标	T_{min}	T_{act}	T_{max}	T_{md}
现状	2 413. 7	4 847. 2	8 228. 1	7 696. 6
最优状态	1 972. 4	—	8 190. 2	7 507. 7

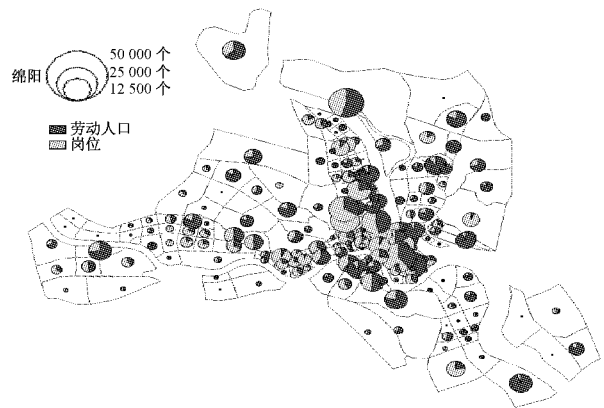


图 3 绵阳市新增劳动人口与岗位分布优化
Fig. 3 Optimal distribution of jobs and workers in Mianyang City

对新增劳动人口与岗位合理的空间布局有利于减少通勤交通, 从根源上缓解交通压力. 在最佳的职住平衡状态下, 新增就业岗位分布状况如图 4 所示, 从分布结果看, 建议在远离中心城区的郊区增加就业岗位, 尤其要在游仙区与科学城地区增加大量就业岗位. 这些地区大部分小区原本属于人口富裕小区, 岗位的增加促进了职住平衡. 其中各小区中最大新增就业岗位数为 3 858 个.

新增劳动人口分布如图 5 所示. 建议在绵阳市的中心城区增加劳动人口, 考虑房价等因素, 适当增加廉租房是可行的办法. 其中各小区中最大新增劳

动人口数为 5 583 个。

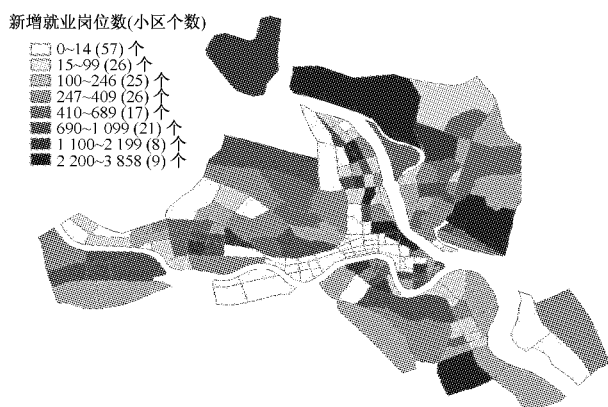


图 4 新增就业岗位分布

Fig. 4 Distribution of newly increased jobs

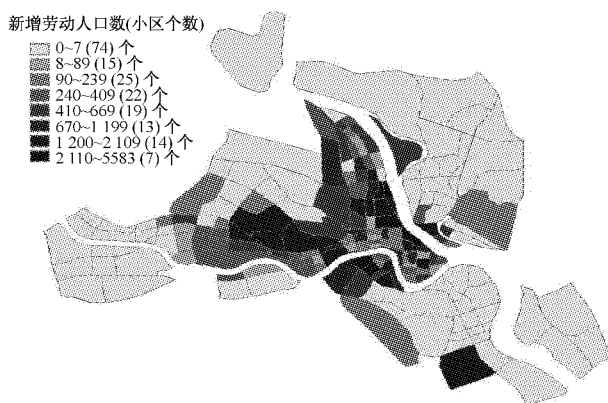


图 5 新增劳动人口分布

Fig. 5 Distribution of newly increased workers

4 结语

本文在过剩通勤框架下,以绵阳市为例研究过剩通勤与职住平衡的关系,提出了最优新增通勤分布模型.理论上,对过剩通勤框架做了延伸;实际应用上,为规划方案的制定提供了依据.但是由于数据限制,研究未考虑非就业人口、职业、收入、家庭结构等社会经济因素.新增通勤最优分布模型的内生变量只能为非负,也在一定程度上限制了模型的应用.利用非集计数据研究过剩通勤与职住平衡的关系是未来需要研究的方向.

参考文献:

- [1] Hanson S, Giuliano G. In the geography of urban transportation [M]. New York: The Guilford Press, 2004.
- [2] 霍华德·埃比尼泽. 明日的田园城市 [M]. 金经元,译.北京:商务印书馆,2000.
Howard Ebenezer. Garden cities of tomorrow [M]. Translated by JIN Jingyuan. Beijing: The Commercial Press, 2000.
- [3] Peng Z R. The jobs-housing balance and urban commuting [J]. Urban Studies, 1997, 34(8): 1215.
- [4] Giuliano G, Small K A. Is the journey to work explained by urban structure? [J]. Urban Studies, 1993, 30(9): 1485.
- [5] Horner M W. Extensions to the concept of excess commuting [J]. Environment and Planning A, 2002, 34: 543.
- [6] Yang J W, Ferreira J. Choices sets: a commuting spectrum method for representing job-housing possibilities [J]. Environment and Planning B, 2008, 35: 364.
- [7] Hamilton B W. Wasteful commuting [J]. The Journal of Political Economy, 1982, 90: 1035.
- [8] White M J. Urban commuting journeys are not "wasteful" [J]. The Journal of Political Economy, 1988, 96: 1097.
- [9] Merriman D, Ohkawara T, Suzuki T. Excess commuting in the Tokyo metropolitan area: measurement and policy simulations [J]. Urban Studies, 1995, 32(1): 69.
- [10] Frost M, Linneker B, Spence N. Excess or wasteful commuting in a selection of British cities [J]. Transportation Research Part A, 1998, 32: 529.
- [11] Charron M. From excess commuting to commuting possibilities: more extension to the concept of excess commuting [J]. Environment and Planning B, 2007, 39: 1238.
- [12] Murphy E, Killen E J. Commuting economy: an alternative approach for assessing regional commuting efficiency [J]. Urban Studies, 2011, 48 (6): 1255.
- [13] Layman C C, Horner M W. Comparing methods for measuring excess commuting and jobs-housing balance: an empirical analysis of land use changes [J]. Transportation Research Board, 2010, 2174: 110.
- [14] 刘望保, 闫小培, 方远平, 等. 广州市过剩通勤的相关特征及其形成机制 [J]. 地理学报, 2008, 63(10): 1085.
LIU Wangbao, YAN Xiaopei, FANG Yuanping, et al. Related characteristics and mechanisms for excess commuting in guangzhou [J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(10): 1085.
- [15] 吕宝, 王成端, 周亚红. 绵阳市土地资源承载力研究 [J]. 合肥工业大学学报: 自然科学版, 2007, 30(4): 489.
LÜ Bao, WANG Chengduan, ZHOU Yahong. Study on land carrying capacity of Mianyang City [J]. Journal of Hefei University of Technology: Natural Science, 2007, 30(4): 489.