

# 城市系统模型

〔美〕 沃尔特·赫利 著  
胡 运 权 主译

哈尔滨工业大学出版社

# 城市系统模型

〔美〕 沃尔特·赫利 著  
胡 运 权 主译

哈尔滨工业大学出版社

## 内 容 简 介

本书应用系统工程和运筹学的方法,定量地描述和分析汽车时代城市发展及建设中的一系列问题,诸如人口、土地的利用开发、交通网络、公用设施的布局、公共有限资源的分配等,对当前我国城市的规划建设具有较大参考价值。本书可作为高等院校管理工程、应用数学、交通运输、城市规划等专业研究生和高年级本科生的参考书,也可作为城建系统各部门广大干部和科技人员的自学读物和培训教材。

Urban Systems Models  
Walter Helly  
Academic Press 1975

## 城 市 系 统 模 型

[美] 沃尔特·赫利 著  
胡运权 主译

\*

哈尔滨工业大学出版社出版  
新华书店首都发行所发行  
哈尔滨工业大学印刷厂印刷

\*

开本787×1092 1/32 印张7.125 字数158,000

1987年4月第1版 1987年4月第1次印刷

印数 1—8,000

书号 15341.47 定价 1.25元

## 译 者 序

经济和科学技术的发展对城市的规划建设提出了一系列新的课题。预测城市人口的增长趋势，研究土地的开发利用，规划交通网络和公用设施的布局，制订各种有限资源的合理分配方案，已成为研究一个城市社会经济发展战略的重要组成部分。美国纽约工业大学沃·赫利所著的《城市系统模型》一书，描述和分析了汽车时代城市规划建设中的上述问题，提供了研究和解决问题的途径，这对当前我国制订城市的社会经济发展战略规划将会有很大借鉴作用。

本书特点是应用系统工程和运筹学的方法，通过建立数学模型，对问题做定量的分析研究。书中除了介绍有关建立城市系统模型方面的研究成果外，还引用大量案例，帮助读者消化领会。因此本书既适用于作为高等院校管理工程、应用数学、交通运输和城市规划等专业研究生和本科生的教学参考书，也可作为城建系统各部门广大干部和科技人员的自学读物或培训教材。

本书由胡运权译第一、二、五、六、九章和前言；王秀强译第三、七章；李强译第四、八章。全书由胡运权负责统稿、校订。

由于译者水平有限，加之时间仓促，译稿中有不确切或错误之处，敬请广大读者批评指正。

译 者

一九八五年十二月

# 前 言

本书简要介绍用于描述、分析当今城市的主要特征和优化用的各类模型，试图在常用的应用数学（如微积分，概率，线性代数）与正在迅速增长的有关城市分析方法的专业文献之间架设起桥梁。本书内容特别适用于系统工程和运筹学、工业工程、运输计划和城市工程专业的大学生，对城市计划和市政管理专业的学生，本书内容同样有用。学习本书的前提条件，要求读者具有大专程度的微积分知识。

“城市系统”这个名词几乎可以不加区别地用于描述所有涉及社会的活动。似乎只有农业、渔业和矿山开采除外，假设这些活动是在遥远的地区进行，观测不到这些活动对城市环境的影响。本书取材适度，主要讨论关于人口、土地利用、交通网络、公用设施布点和在拥挤的城市环境中的资源分配等问题的分析手段。书中未涉及市政管理领域，这个领域的问题没有必要同地图上人口密集区的城市结构问题混杂在一起，只有公共卫生和刑事审判作为例外。就是在城市结构问题的范围内，书中省略了某些系统，如污水处理系统，因为今天这个问题非常复杂，以至确切地描述需要有广泛的预备知识。

本书材料适宜于作为高年级大学生或研究生一个学期的课程。如果安排学生到实际工程项目中去，获得将问题模式化、收集数据、分析并得出结论等的实践经验，学习内容将大为丰富。但据作者经验，这种安排要取得成功，必须选择

# 目 录

## 第一章 引论

- 1-1 关于本书的使用..... (1)
- 1-2 如何划定城市的范围..... (2)
- 1-3 城市活动过程的构模..... (7)
- 1-4 案例..... (10)
- 练习题..... (18)
- 参考文献..... (19)

## 第二章 人口

- 2-1 基本的生死过程..... (25)
- 2-2 一个具有无限资源的封闭社会..... (32)
- 2-3 有限的资源..... (35)
- 2-4 群体生存方法..... (37)
- 2-5 迁移..... (39)
- 2-6 福雷斯特的城市动力学..... (43)
- 2-7 结论..... (48)
- 练习题..... (49)
- 参考文献..... (51)

## 第三章 经济

- 3-1 城市发展中的因果关系..... (53)
- 3-2 生长模型的组元..... (54)
- 3-3 经济基础-乘数模型..... (56)

3-4	投入产出模型.....	(57)
3-5	城市生活的经济与性质.....	(62)
3-6	结论.....	(65)
	参考文献.....	(65)
<b>第四章 土地及其开发</b>		
4-1	土地占用预测.....	(68)
4-2	模型框架.....	(71)
4-3	趋势模型.....	(72)
4-4	引力模型.....	(73)
4-5	插入机会模型.....	(80)
4-6	土地市场模型.....	(86)
4-7	结论.....	(89)
	练习题.....	(89)
	参考文献.....	(91)
<b>第五章 运输网络</b>		
5-1	计划模型的概念性框架.....	(97)
5-2	出行的产生.....	(99)
5-3	出行的分配.....	(101)
5-4	旅行方式的选择.....	(108)
5-5	路线的选择.....	(112)
5-6	结论.....	(120)
	练习题.....	(121)
	参考文献.....	(124)
<b>第六章 瓶颈处的拥挤现象</b>		
6-1	引言.....	(128)
6-2	某些定义和现象观测.....	(129)
6-3	单个服务员的排队系统.....	(134)

6-4	应用于排队系统的生死过程.....	(139)
6-5	S 个服务员的排队系统.....	(145)
6-6	有限的等待空间.....	(153)
6-7	结论.....	(156)
	练习题.....	(158)
	参考文献.....	(161)
<b>第七章 公共设施的布局</b>		
7-1	单个设施.....	(164)
7-2	管区的划分.....	(166)
7-3	消防站的布局.....	(169)
7-4	最佳交通路线的确定.....	(176)
7-5	沿给定线路的公共交通站设置.....	(180)
7-6	结论.....	(185)
	练习题.....	(186)
	参考文献.....	(187)
<b>第八章 公共资源的分配</b>		
8-1	效益-费用观点.....	(189)
8-2	无公共效用度量及无公共度量单位的资源 的分配.....	(191)
8-3	社会福利函数.....	(198)
8-4	追踪收益: 犯罪司法系统.....	(200)
8-5	设计有效的度量: 公共保健.....	(207)
8-6	稀缺资源的分配: 汽车占用的空间.....	(209)
8-7	结论.....	(212)
	练习题.....	(213)
	参考文献.....	(215)
<b>第九章 后记</b>		



# 第一章 引 论

## 1-1 关于本书的使用

本书展示并阐明了很多模型，目的是用于研究城市的问题。模型可以理解为代表现实生活过程的“纸和笔”。分析家们应用模型来模拟社会状况，对各种可供选择的管理的促进因素作出抉择。

书中材料不是要作为城市计划工作实践的引论。除少数案例外，几乎都没有考虑城市的历史、社会和经济生活、行政管理或运输、服务和公用事业的实际情况。这种只用于构模方法、而不是用于对实际社会描述的自加的限制条件，对已具有城市历史和现实状况的相当知识的读者无关紧要，但对缺乏这方面知识的大学生，最好制订一个阅读必要课外读物的计划。有关本课程的文献是很庞杂的，因此作者提供了一个有关图书的简短目录〔1—8〕，作者感到这些图书将具有特殊教益，读起来非常有趣。

假定读者熟悉初等微积分，而对初等概率和线性代数的某些概念仅局限于定义和概述的水平。如果读者仍遇到数学上的困难，可从参考文献〔9—13〕中找到帮助，作者特别推荐希勒（Hillier）和利伯曼（Lieberman）的十分简明的参考书，见〔9〕。

第一章通过少量基本构模方法的案例，对城市分析进行了简短的一般的讨论。以下各章则介绍了许多进一步模拟和

优化的模型，包括人口交替、经济、土地利用、运输、拥挤现象、设施布局和资源的分配。书中对运输和处理拥挤问题的一般方法给予了特别重视，因为较之其它同等重要的课题，这方面研究的时间较长，积累的材料也较多。

上述模型一般都用经过简化了的形式表示，需要指出的是，如果将其中某个模型用于描述给定的真实过程时，还需要做很多工作。一个模型的效用仅仅表现在它能以一定精确度描述真实的现象，通常这可以通过重现观察到的以及可以观察到的过去和现在的状态进行校准。对模型可以确信的程度，是与模型重现过程时的精确程度成比例，校准的工作主要对某些模型进行。无论如何应当指出，高级的校准工作需要具有超出本书范围的十分复杂的统计分析方面知识。即使一个模型已通过校准试验，如果未来环境与试验时的假设条件差别相当大时，它应用起来仍然要失败。由此，一个模型工作者对他自己预期工作的肯定程度，不应估计得过高。

本书大多数章的结尾都附有一定数量习题，这些习题通常不止有一个正确答案。某些习题既不要求、又不容许有在数学和工程科学的意义上一般可以接受的解，对这类问题可以在不同程度上进行努力推敲，作出回答。希望各章的习题对读者理解和使用书中的材料能有帮助。

本书不准备提供详细的综合文献目录。假如一个模型和方法没有注明文献出处，那末或者它已为人熟知，或者在本书中已专门作了阐述。

## 1-2 如何划定城市的范围

按一定范围内居住的人口数的差别来明确划定城市的范围是很难的。过去，划定城市范围的准则是人口和土地的利

用，假如一个区域每平方英里人口密度超过 2500 人，或大多数土地不是被农业而是被人或其它目的所占用，则该区域被看作是城市。

今天这个定义远远不够了。借助汽车私有制的广泛发展，城市的住宅地区已迅速扩大，并且和长期建立起来的农村企业混杂在一起。甚至在完全是乡村的地区，人口中也有相当大的部分从事专门的职业而不是农业。因此，将城市范围看作是社会实体较之地理实体更为合适。在一个城市范围内，那里的居民特征是从事大量的专业劳动以及随之而来的相互协作依赖。这样的社会需要有广泛的管理组织，提供为居民生存所必需的基本服务。

不管上述这些方面怎样变化，最紧迫的城市问题依然由拥挤所引起。一个普遍并且仍然是影响城市居民利害的问题是土地的利用。这个有限的资源要分配、开辟利用和很好管理，以满足住宅、工业、娱乐休息、运输、水的供应和废物处理的需要。警察和防火组织的服务同样是由于拥挤所造成的，前者是由于居民的过多接近增加了犯罪的诱因，后者由于居住过密容易引起火势蔓延。

另一方面，很多社会服务，如教育组织、卫生保健系统和公共福利管理，并不直接由拥挤所引起。在今日美国，它们被视为独特的城市企业，因为

- (1) 人口的大多数居住在市区内；
- (2) 现今很多居民从较贫穷的乡村地区迁入老城市的中心，已经加剧了城市的矛盾；
- (3) 当地政府对社会公共服务的管理负有责任。

在更为集中管理的社会，如法国，上述社会服务由国家计划并列入预算，因此较多看作为城市所独有。

在汽车时代到来之前，大城市的人口非常密集，只能靠步行或利用费用高而又高度拥挤的运输系统旅行，人口密度超过每平方英里10万人的现象很普遍。今天，几乎所有这些继续保持高密度的地区，正在减少人口，住宅区往外扩展，拥向城市边缘，使该地区人口密度急剧减少。我们正处于向较低人口密度发展的趋势中，这种趋势有赖于私人汽车的普遍存在。

这里用一些数字情报来说明城市生活的未来是适宜的。如果对所有城市求取平均数，将会引起误解。在劳动力雇佣、土地利用、居住方式上，波士顿和洛杉矶之间、芝加哥和巴黎之间进行简单汇总，就可以看出差别非常大。因此在表 1-1 中我们列举了经专门选择的特殊城市的某些数据。这个经过选择的组合含有五个区域的一整套数据集。五个区域中最小的是纽约市的曼哈顿行政区，此区高度拥挤，有大量居民甚至更多的工作人员。规模上稍大一点的是纽约市，包括曼哈顿在内。纽约是一个政治实体和世界最大城市之一，但纽约市区的居民仅占居住在大城市区域（通常称为“大纽约”）居民数的一半，而“大纽约”由美国人口调查局确定的五个标准行政统计区域组成（见表 1-1 注②）。无论如何，这个区域同它边界上互相重叠的其它城市相互依存。人们可以将美国东北部海岸，从波士顿到华盛顿看成单一的城市实体，地理学家戈特曼（Jean Gottmann）在他的著作（见参考文献[3]）中将其描述并命名为“特大城市”，这是表 1-1 中第四个区域。整个美国作为第五个区域，列于该表最后一列作比较用。

表 1-1 中列出的一些数据需要专门评论。

1. 人口密度越大，用于运输的土地占的比例也越大。

表 1-1 城市区域——用于比较的统计数据①

	年	曼哈顿	纽约市	大纽约②	特大城市	美国
地理特征						
面积 (平方英里)	1970	22.3	316	3939	53,575	3,615,210
用于街道的百分比	1960	35.5	30.1	—	—	1
用于农业和牧场的百分比	1954	0	0.7	10.5	35	61
人口						
总住户 (千户)	1970	1539	7868	15,560	41,000	203,166
1960--70 变化率 (%)	—	-9.4	+1.0	+8.4	+10.2	+13.3
密度 (每平方英里人数)	1970	69,000	24,900	4530	760	55
就业						
总就业人数 (千人)	1970	2205	3838	6422	—	70,600
管理						
500 个最大的工业公司在该地区的数字 (据《命运》杂志的调查)	1962	133	134	155	208	499
通讯和运输	1973	105	106	149	184	409
每千户拥有的电话数	1962	1120	550	460	—	375
每千户拥有的汽车数	1971	—	205	—	—	454

在该地区工作的多数上班人员的通勤时间(分)

该地区上班人员利用下列交通工具的比例

1956	59	—	42	—
1951—1960	11	—	41	—
1951—1960	5	—	14	}
1951—1960	81	—	33	
1951—1960	3	—	12	—
				17

① 数据摘自参考文献[3,28,29,33]

② 这里大纽约包含下列标准的行政统计区：纽约，泽西市，纽华克，巴德逊和斯德福（依据美国人口调查局划分的区域）

2. 人口密度越大，人口数随时间的递增就越慢。在私人拥有汽车很普遍的情况下，假如人口密度显得过大时，实际的人口增长将处于停滞状态。

3. 曼哈顿区的人口的高度密集和它作为美国最大城市的中心商业区的地位使它很为独特。注意那里的职员人数较居民人数要多，私人汽车较少和集中了很多的公司总部。

### 1-3 城市活动过程的构模

研究任何过程或活动的理想方法，是当其分别在具有各类约束或不具有约束的自然环境下工作时来进行观察。但对规模巨大的城市活动，如城市的发展进程，通勤人员的上班和大量的城市服务，这种全面的研究工作是不方便的、昂贵的和令人厌烦的。因此需要探讨借助模型来模拟这些活动，这些模型可以在纸上、数字计算机上或用其它“实验”的手段进行研究。假如一个真实系统的过去状态的局部可以模型化，并具有一定的精确度，那末当条件改变时，应用这个模型来模拟未来的真实系统，它将有可能提供很有用的预见。

由于城市系统通常包含大量非常复杂的成分，即人，因此模型工作者将面临如下困难：

(a) 不可能在完完全全确定的情况下模拟一个过程。因此一个模型更可能是现实生活的概率抽样，它适合于用明显的概率数字式子表达，经常应用“期望值”或平均数等概念。

(b) 一个真实的世界通常只能做到局部被认识。即使对它认识得较好，但要获得校准模型所需的实际信息可能十分困难或需要付出高昂的代价。例如，当已经清楚认识到经常坐汽车上下班的人需要有一辆自己的汽车，但仍必须通过

大量调查，确定在什么条件下，较贫困的人能买得起车。

模型可以是静态的或动态的。一个静态模型描述系统处于平衡时的状态，系统随时间没有或只能有极小的变化。一个动态的模型描述系统如何随时间自然地或由于对外界刺激作出响应而发生的变化。

可能最简单的可行的动态模型就是观察趋势值的简单外推。这样的趋势外推是不够的，因为系统的数据会受到过去没有观察到的外界刺激的影响。一个孤立岛屿的过去生长的型式不会导出未来发展中会出现一座桥与大陆连接起来，为了复现问题的这类情况，有人探索设计一种“行为”模型，这类模型能反映出外界刺激同随后反应之间的明显关系。由于对现实生活中尚未观察到的现象之间的因果关系很容易作出错误判断，某些时候有必要获取对未来行为的洞察信息。

对某些感兴趣的活动，如空闲时间的利用，火灾或其它紧急情况的发生时机，废物的产生等，不应当也不可能用最优化状态直接控制。对这些活动，模型中应当预测不可控的行为，使得政府对不可避免要采取的措施有一个合理的有效计划。

某些其它活动，诸如对人的暴力犯罪行为，交叉口的交通冲突和传染性疾病的蔓延，（1）它们是可以被控制的，

（2）上述需要控制的目标是明确的，不会引起争议的。为此，应当让模拟过程在各种经过合理选择的外界刺激条件下重复进行，以对不同的控制机制进行比较。然后在协同目标的基础上，使采取的行动最为有效。

大量的城市活动处于这两种极端状态之间，它们是容易被控制的，但存在若干障碍：

（a）人们可能感觉到，也可能是有根据的，这样的控制



部分或全部涉及到对个人选择自由的无法忍受的侵犯。

(b) 控制可能得到普遍接受，但可能不清楚最优准则应当是什么。

(c) 控制可能按商定的原则被接受，但这些原则之间可能互相矛盾。

对这类活动，分析家们应当利用模型模拟提供作为社会决策用的各种有意义的备择方案。

推断在特殊的环境中，理想或最优的系统实施方案由什么组成决非琐事。例如用计算机来控制上下班高峰时间的交通，在下列准则上会有争论：

1. 使通勤人员的上下班平均时间为最小。

2. 使通勤人员上下班平均时间的方差为最小。例如有些人更愿意花费的上班时间在 $40 \pm 5$ 分钟之间，而不愿在 $30 \pm 20$ 分钟之间。

3. 对所有通勤人员之间的上班时间的方差值为最小，因此对上班最远的人要优先照顾。

4. 在采用私人汽车为代价的基础上，使上下班运行时间为最小，为此要鼓励持有月票的人尽量用私人汽车。

5. 使经常到远离住处上下班的人数为最少。这里流量控制函数将变形为在合理分区结构下的流量计划，这种分区结构促使商业分散。

显然，与此类似的准则还可以继续列下去。但即使每个人只考虑以上五种选择，他仍将面临只能依据政策上的判断选取最优的困境。而选取某一目标的政策，相互之间也是不统一的。