

# 区域客流分布模型的研究\*

杨 齐

(北京大学地理系)

**提要** 通过 O-D 调查虽可以取得区域之间的客流量,但因需要投入大量的人力和资金,不可能进行经常性和全覆盖的调查,而且从抽样调查得出分析结果往往有一段时滞。因此,寻求区域之间客流联系的一般规律,利用有限的客流统计资料,借助数学模型来模拟和预测区域间的客流联系成为取得客流分布的一种重要手段。本文通过中国省区之间客流联系和辽宁省内客流联系的分析,对区域客流联系的模型和方法进行了研究。

**关键词** 交通网络 最短路径 客流量 客流分布 路网配流

## 一、引 言

客流量大小是铁路、公路、城市道路等交通线网布局 and 合理配备运输工具的主要依据。近年来不少城市和地区都进行了客流 O-D 调查,可是对调查资料的进一步开发利用还远远不够。O-D 调查是对现状客流联系的一种静态描述,利用这些有限的统计数据,根据客流分布及发展变化规律,可以用数学模型模拟和预测客流的时空分布。在没有详尽调查资料的情况下,应用数学模型显得更加必要。本文提出一种模拟区域客流分布的方法,只要提供必要的数据和模型参数,就可以由计算机来进行客流分布的计算和路网流量图的绘制,图 1 表示这种方法的工作步骤。可以看出,确定目标、建立模型、收集交通和有关社会经济数据、模型试算和检验以及预测、规划和评价,是相互联系的一个有机过程。

## 二、区域划分与客流分布矩阵

研究客流分布首先遇到的问题是交通区域的划分。区域划分越小,客流分布的模拟和预测则越详细和准确,但收集资料越困难,计量工作量也越大。因此根据具体的工作任务,需要在精度和工作量之间进行权衡。

与一个地区交通规划有关的客流联系,可以按发生和到达地的关系分为三种:地区内部各小区域间的客流联系、该区与其它地区的联系以及其它地区之间需要通过本区的联系。在区域划分时,可把全国视为一个基本上完整的系统。若研究一个地区(例如一个省区的客流),可把该区视为全国的一个子系统。为了把省区内部、该省区到外省市、外省

\* 本研究由自然科学基金“城市的空间结构和城市经济区”课题资助。部分资料由中国科学院地理研究所张文尝、金凤君提供,谨此致谢。

来稿日期: 1989 年 3 月。

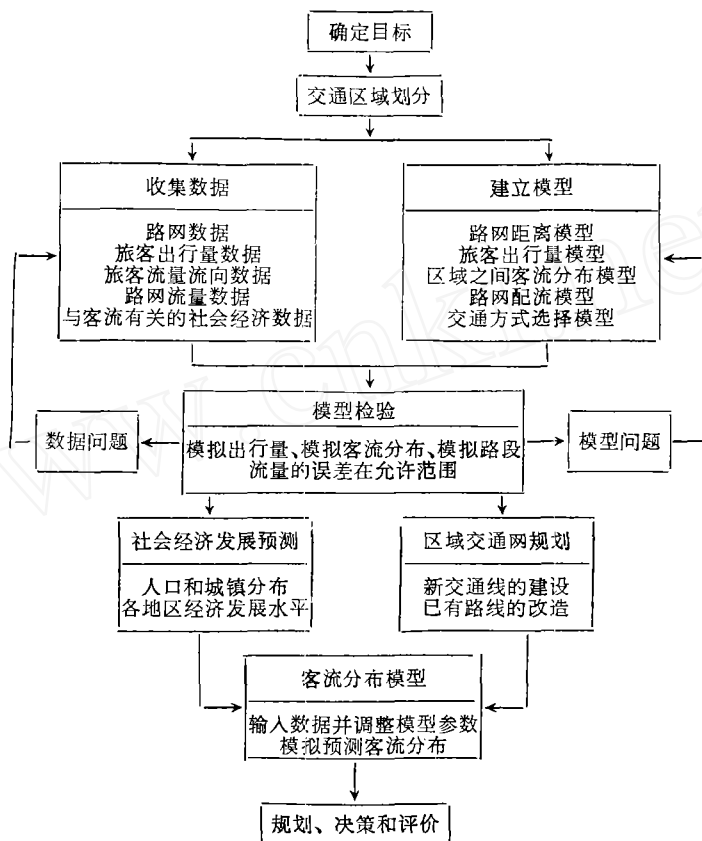


图 1 建模流程图

Fig. 1 Procedure of model

市到该省区及外省市之间的客流都考虑进去,在交通区域划分时,应该将外围地区也分为若干个大的区域,纳入研究范围考虑。

客流的空间分布包括旅客出行总量在地域的分布、地区之间旅客交流量的大小和路网、各种运输方式承担的客流量多少等几个方面。从客流量的实际调查或推算,可以将各小区域及他们之间的旅客流量整理成客流分布表(或称客流矩阵),客流分布表的每一行表示一个起点区,每一列表示一个终点区,所以又称为客流起迄表。

显然,第  $i$  个小区发往其它各区域的客流总和应等于该小区的总发送量,所有区域到达第  $j$  个小区的客流的总和应等于它的总到达量,即:

$$O_i = \sum_{j=1}^n T_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$D_j = \sum_{i=1}^n T_{ij} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

研究范围内的总出行量应满足下式:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij} = \sum_{i=1}^n O_i = \sum_{j=1}^n D_j \quad (3)$$

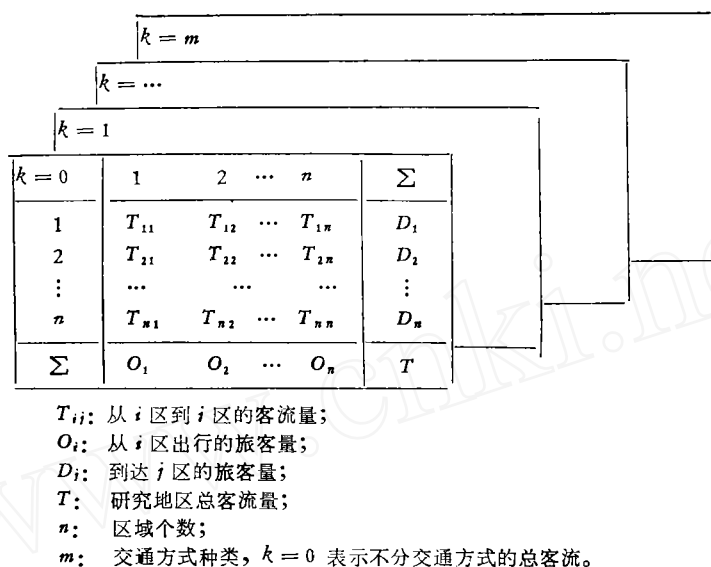


图 2 客流分布图

Fig. 2 Trip distribution matrix

上面(1)、(2)式分别称为发送量和到达量平衡约束条件,(3)式称为总出行量平衡条件。

### 三、路网与距离矩阵

旅客出行总是使用某种交通工具,通过一定的交通路线进行的。因此,区域交通运输网的分析是模拟客流分布的基础工作。区域之间客流量的大小与它们之间距离远近有密切关系。距离的量度可以采用旅行时间、旅行费用、路网距离和感应距离等。其中路网距离资料容易取得,计算也较方便。一般区域的中心就是它的中心城市,所以区域之间的距离以两个区域的中心城市之间的最短路网距离表示。

连接各区域的交通运输网可以抽象为一个有向图,在这个交通网络网中,区域中心城市以及路网上连接中心城市的交叉点都看做结点,连接它们的路段看做边,并假设中心城市间的距离为它们之间的最短路径上各边距离之和。为避免不同运输方式和不同路段距离的不可比性,将实际距离折算成标准距离。本文在对中国省区间客流模拟时,以铁路作为标准距离,武汉以下长江航运与铁路同等看待,其它航运和公路距离乘以折算系数 1.5。路网距离标准化以后,有  $n$  个区域、 $S$  个结点的交通网络图就可以写成一个  $S$  阶方阵

$$C = (C_{ij})$$

矩阵  $C$  称为连接矩阵,其中  $C_{ij}$  表示连接结点  $i$  与  $j$  的直接通路的距离(不经过任何别的结点),如果两点之间没有直接通路,则其距离以一个足够大的正数表示。然后用最短路径的算法,容易得到区域之间最短距离矩阵

$$R = (R_{ij})$$

和记录最短路径的标号矩阵

$$P = (P_{ij})$$

其中  $R$  是一个  $n$  阶方阵,  $R_{ij}$  表示  $i$  区到  $j$  区的最短距离;  $P$  是一个  $S$  阶方阵,  $P_{ij}$  表示从结点  $i$  到  $j$  的最短路径上,  $j$  前面一个结点的标号。根据标号矩阵  $P$ , 用往前索引的方式, 就可以搜索出交通网络图中任意两个结点之间的最短路径。标号矩阵是进行路网配流, 将区域之间的客流矩阵进一步投影到路网, 最终画出路网流量图所需的基本数据。

## 四、模型的构造与参数的确定

### (一) 出行量的调查和推算

调查分析一定地域客流量的大小、增长变化及其影响因素, 是研究客流空间分布的基础。从宏观上看, 区域范围的大小、人口数量的多少、经济发展水平的高低、交通运输的方便程度以及社会文化和政治因素, 都会影响到客流的数量, 这些因素的变化也会引起客流量的改变。旅客出行量的预测可以用增长率方法直接推算, 或用回归分析的方法分析影响旅客出行的因素来间接进行。

客流和货流不同, 大部分旅客的出行都是往返性的, 一次性的出行(如迁移)所占的比重很小, 所以就长期而言, 各区域的出行和到达旅客的总量可以看作基本相同。这样我们可以将客运量作为各地区的旅客到发量, 通过研究各区域客运量的影响因素及其发展变化的趋势来推测未来旅客出行量可能达到的规模。

影响区域客流的因素中, 人口的增长和经济的发展是客流增长最主要的因素。旅客的出行可以分为公费出差和自费旅行, 两者都随人口的增加和经济的发展而增长。对 1987 年辽宁省 13 个带县城市铁路和公路旅客发送量与各市总人口和人均国民收入的关系作回归分析, 得到下列统计关系:

$$O_i = 0.2037P_i^{0.92}I_i^{0.61} \quad (4)$$

式中  $O_i$  是  $i$  城市(包括市辖县)每年的旅客发送量(人次),  $P_i$  是总人口(人),  $I_i$  是人均国民收入(元/人)。上式的相关系数为 0.90。统计关系表明, 人口增加 1%, 客流量平均增加 0.92%; 人均国民收入每增加 1%, 客流量平均增加 0.61%。

上式描述了区域总客流量与人口和人均国民收入的统计关系, 根据此式, 可以通过对人口增长和经济发展水平估计, 来确定未来各区域发送和到达旅客的总人数。

### (二) 客流分布的模拟

模拟客流分布的多种数学模式基本上可以分为三类: 1. 经验型模式, 如多元回归模式、增长率模式; 2. 空间相互作用模式, 如引力模式、机会模式和熵最大化模式等; 3. 数学规划模式, 如以运费最小或效用最大为目标的线性或非线性规划模式。到目前为止, 这些模型仍然在讨论和发展中。从国外实际应用的情况看, 空间相互作用的模式在城市交通规划和区域道路网规划中得到广泛的应用, 并取得了一些成功的经验。

根据空间相互作用的理论, 两个区域之间的客流量与发送量和到达量成正比, 与两者之间的距离成反比。如果对各区域发送旅客和到达旅客的总量进行了调查或预测, 并已知区域间的距离, 则可在满足发送量约束方程组(1)和到达量约束方程组(2)的前提下, 根据空间相互作用的原理对区域之间的旅客交流进行模拟。英国地理学家 A.G. 威尔逊在

七十年代初提出了一个模拟客流分布的模式,其基本形式为:

$$T_{ij} = O_i A_i B_j D_j F(R_{ij}) \quad (5)$$

这里  $O_i$ 、 $D_j$  和  $T_{ij}$  的含义同前;  $A_i$  和  $B_j$  为保证各区域旅客发送量和到达量平衡的比例因子,  $F(R_{ij})$  是  $i$  区和  $j$  区间的距离  $R_{ij}$  的递减函数。距离函数  $F(R_{ij})$  有多种形式,最基本的是指数函数

$$F(R_{ij}) = \exp(-\beta R_{ij})$$

和幂函数

$$F(R_{ij}) = R_{ij}^{-\gamma}$$

两种形式。其中  $\beta$  是距离对客流量的摩擦系数,  $\gamma$  是客流量随距离增加而衰减的弹性系数。 $\beta$  和  $\gamma$  始终大于零,其值越大,客流随距离衰减越快,短途客运所占的比重越大。因为:

$$\frac{dT_{ij}}{dR_{ij}} \frac{1}{T_{ij}} = -\beta \quad (6)$$

$$\frac{dT_{ij}}{dR_{ij}} \frac{R_{ij}}{T_{ij}} = -\gamma \quad (7)$$

所以从统计规律看,  $\beta$  表示距离的单位增量引起客流衰减的相对比例,即距离增加一个单位,客流量平均减少  $\beta\%$ ;  $\gamma$  表示客流的衰减与距离增加的速率之比,即距离增加 1%,客流量平均减少  $\gamma\%$ 。旅客出行的平均运距越大,  $\beta$  和  $\gamma$  值越小;平均运距越小,  $\beta$  和  $\gamma$  值越大。

根据经验,距离衰减系数  $\beta$  与平均运距的倒数属同一量级。如果平均运距为 500 公里左右,则  $\beta$  值一般在 0.001—0.003 之间。距离弹性系数  $\gamma$  一般在 0.5—3.0 之间。不同地区旅客出行的特性可能不同,  $\beta$  和  $\gamma$  值取多大需要因地制宜。距离衰减系数和弹性系数的确定一般有三种方法: 1. 通过与同类地区的类比,由经验给定; 2. 通过客流的抽样调查,用回归分析的方法确定; 3. 已知客流的平均运距,用使模拟客流的平均运距逼近其实际值的方法求出  $\beta$  或  $\gamma$  值。

若  $\beta$  或  $\gamma$  已取定,根据(1)、(2)和(5)式可以推出

$$A_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n B_j D_j F(R_{ij})} \quad (8)$$

$$B_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^n O_i A_i F(R_{ij})} \quad (9)$$

(8)式中的  $B_j D_j F(R_{ij})$  和(9)式中的  $O_i A_i F(R_{ij})$  是对区域间的吸引力随距离的增加而衰减的数学表述。显然比例因子  $A_i$  是所有区域对  $i$  区的总吸引力的倒数,  $B_j$  是  $j$  区对其它各区域总吸引力的倒数。 $A_i$  和  $B_j$  可以分别作为各区被其他区域吸引的强度和吸引其他区域的能力的一种量度。 $A_i$  和  $B_j$  小,说明相应区域总体上与其它各区的联系比较密切,这样的区域一般都具有较好的区位可达性。边缘地区,特别是交通不便的边远地区,  $A_i$  和  $B_j$  的值一般较大。

$A_i$  和  $B_i$  的值在计算中要互相引用,需要用迭代逼近法求解。首先取所有的  $B_i = 1$ , 计算  $A_i$ 。用算出的  $A_i$  返回去计算  $B_i$ ,然后再用  $B_i$  去算  $A_i$ 。这样一直循环下去,直到两次循环之间  $A_i$  和  $B_i$  都没有显著的变化为止。

由于  $B_i$  的初值是任取的,计算出的比例因子  $A_i$  和  $B_i$  往往不在同一量级,为了使其量级保持一致,在每轮循环结束时,用

$$\delta = \left[ \frac{\sum_{j=1}^n B_j}{\sum_{i=1}^n A_i} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

按  $A_i = \delta A_i, B_i = B_i / \delta$  对所有  $A_i$  和  $B_i$  进行修正。

得到  $A_i$  和  $B_i$  的稳定值后,由(5)式就可以根据发送和到达旅客量及区域之间的距离算出任意两个区域间的客流量。这时模拟客流的平均运距

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij} R_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ij}} \quad (11)$$

模拟客流的平均运距是距离衰减系数  $\beta$ (或弹性系数  $\gamma$ ) 的递减函数。因此,如果已知平均运距,当模拟客流的平均运距 ( $E$ ) 和实际值 ( $E_0$ ) 的误差  $|E - E_0| \geq \varepsilon$  (允许误差)时,调整  $\beta$ (或  $\gamma$ ) 重新计算模型参数,直到平均运距的模拟值和实际值之间的差距足够小时,模型参数  $\beta$ (或  $\gamma$ )、 $A_i$  和  $B_i$  的值就可以定下来。

那么如何调整  $\beta$ (对  $\gamma$  也同样适用)才能使模拟客流的平均运距  $E$  尽快地收敛于实际值  $E_0$ ? 一般采用下面的调整公式:

$$\beta^{(k+1)} = \beta^{(k)} + (\beta^{(k)} - \beta^{(k-1)}) \frac{E_0 - E^{(k)}}{E^{(k)} - E^{(k-1)}} \quad (12)$$

这里  $k = 1, 2, \dots$  是循环次数,  $E^{(k)}$  是  $\beta = \beta^{(k)}$  时模拟客流的平均运距。 $\beta$  的初值  $\beta^{(0)} = 1/E_0, \beta^{(1)} = \beta^{(0)} E^{(0)}/E_0$ 。 $\gamma$  的两个初值可指定为一个范围,如  $\gamma^{(0)} = 0.5, \gamma^{(1)} = 3.0$ 。给出  $\beta$ (或  $\gamma$ ) 的两个初值,逐次调整每轮循环中的模型参数,就可以使模拟客流的平均运距和实际值相吻合,这就是上面提到的用平均运距来求出距离衰减系数和弹性系数的方法。

### (三) 客流在路网上的分配

为了满足路网规划的需要,应将模拟的区域之间的客流量分配到具体的交通网络上。两个区域之间存在可以选择的路线时,传统的配流方法假定客流选择最短路径。这个假设适合于大多数情形,但在最短路径特别拥挤,有较多客流选择其他路线时,这种把两个区域之间的客流全部分配到最短路径上的配流方法往往与实际情况有较大出入。近年来对客流的行为研究发现,路网上交通流量的大小会影响旅客出行路线和方式选择,人们对距离的感应会随着交通网络上流量的改变而变化。一些学者尝试把经济学的效用理论引入交通行为的研究,用非线性数学规划的手段解决客流分布及配流问题,但因为变量多,收敛速度慢,这种方法还在探索阶段,距实际应用还有一段差距。本文引进动态最短路径

的概念,提出一种较为简单的实用配流方法。

我们把区域间的距离看作是路网距离和路网上交通流量的函数,称为感应距离。当路段流量饱和以前,感应距离直接等于路段实际距离,路段流量超过设计容量时,此路段的感应距离因为交通拥挤而增大,具体可用下式表示:

$$C_{ij} = \begin{cases} C_{ij}^0 & \text{当 } f_{ij} \leq f_{ij}^0 \\ C_{ij}^0 \left( 1 + a \frac{f_{ij} - f_{ij}^0}{f_{ij}^0} \right) & \text{当 } f_{ij} > f_{ij}^0 \end{cases} \quad (13)$$

其中  $C_{ij}$  是结点  $i$  至  $j$  的路段在流量为  $f_{ij}$  时的感应距离  $C_{ij}^0$  是路段标准距离;  $f_{ij}^0$  是结点  $i$  至  $j$  的路段的设计容量;  $a$  是感应距离随路段流量增大而增加的弹性系数,表示流量增大 1%,感应距离增加  $a\%$ ,其值需要根据经验取定。

根据路网上的流量,可以用上式算出交通网络上各路段的感应距离,用图论算法容易找出这时区域间的最短路径。区别于不考虑路段流量的情形,我们称之为动态最短路径。

将区域之间的客流量分成  $k$  份,分  $k$  次循环进行路网配流。首先根据路径标号矩阵给出的最短路径,把所有区域之间的第一份客流量分配到路网上,然后根据路网流量的变化更新交通网络的邻接矩阵,计算区域间新的最短路径,并按最短路径原则把第二份客流量加到路网上。这样继续下去,直到分配完所有  $k$  份客流量,就可得到路网上各路段的最终流量。当  $k$  足够大时,这样的配流使得具有共同出发地和目的地,但选择不同路径的旅客的感应距离是大致相等的。

## 五、模型的检验

上面的模型是根据空间相互作用的理论发展的一个理论模式,我国区域之间的客流分布是否符合这个模型揭示的规律?用它来模拟客流分布和实际情况误差多少?这些都需要作一些实证性的研究。

模拟效果的检验主要有直观的和统计的两种方式:(1)观察和比较模拟的和实际的运距分布频率图、客流分布图;(2)用客流量模拟值和实际值之间的相关统计量(如相关系数、 $F$  统计量和  $\chi$  统计量)进行显著性检验。

### (一) 客流分布模型的检验

作者通过我国铁路局局间直通客流量和辽宁省十三个城市之间铁路和公路客流量的模拟值和实际值的比较来检验客流分布模型的有效性和应用价值。

1981 年以前,全国铁路分为二十个铁路局(现已合并为十四个)。铁路客流可以分为直通(跨局)、管内(铁路局辖区内)和市郊三种,每年都有客流流量流向的专门统计。根据 1977—1981 年每年五月铁路局日均直通客流的总发送量和到达量,用模型对局间铁路客流进行计算机模拟,各年份客流的模拟值和实际值的相关系数(表 1)远大于显著性水平  $\alpha = 0.01$  时的检验临界值 0.13(380 个样本),相关十分显著。从相关系数看,距离衰减函数取指数形式比取幂函数形式模拟效果好一些。从表 1 还可以看出,距离衰减系数  $\beta$  基本稳定在 0.2,距离弹性系数  $\gamma$  为 2.1 左右。这个数据表示距离每增加一百公里,铁路局之间的客流量平均减少约 20%,距离增加 1%,客流量平均减少约 2.1%。

表 1 客流模拟值与实际值之间的相关系数

Tab. 1 The parameter in impedance function and correlation coefficient between modeling and observed trip volumes

区 域	年 份	直通客流平 均运距 (km)	距离函数取指数函数		距离函数取幂函数	
			$\beta^*$	相关系数	$\gamma$	相关系数
全 国 20 个 铁路局	1977	914	0.19	0.92	2.11	0.86
	1978	909	0.20	0.92	2.13	0.87
	1979	927	0.20	0.91	2.20	0.88
	1980	944	0.20	0.90	2.13	0.84
	1981	975	0.19	0.91	2.10	0.86
辽宁十三市	1985	47	1.75	0.97	1.44	0.99

\* 距离的单位按百公里计算。

1985 年辽宁省作了 13 个城市之间客流量抽样调查,作者根据发送、到达总量和平均运距模拟城市之间的客流量,模拟客流和实际值的相关系数在 0.97 以上(表 1),其中距离衰减函数取幂函数的相关系数达 0.99,模拟效果是理想的。距离衰减系数  $\beta$  为 1.75(距离单位百公里),弹性系数  $\gamma$  为 1.44,表示距离每增加十公里,辽宁省城市之间的客流量平均减少约 17.5%,距离增加 1%,客流量平均减少约 1.4%。距离衰减函数取幂函数的模型参数如表 2,代入(5)式即可算出城市间的客流分布矩阵。

表 2 模拟辽宁省城市之间客流量的模型参数 ( $\gamma = 1.44$ )

Tab. 2 The parameter in modeling of trips between cities of Liaoning Province

序 号	省 区	发 送 量	$A_i$	$B_j$	到 达 量
1	沈阳	58444	0.02519	0.02489	58336
2	大连	79030	0.02470	0.02398	78930
3	鞍山	36005	0.02854	0.02828	36707
4	抚顺	21244	0.03962	0.03923	21245
5	本溪	31615	0.03242	0.03389	32452
6	丹东	21583	0.04446	0.04446	21587
7	营口	16247	0.04420	0.04464	16406
8	锦州	41830	0.03296	0.03046	41087
9	阜新	11128	0.05298	0.05858	11712
10	辽阳	21155	0.03091	0.02997	19856
11	铁岭	28818	0.04102	0.03878	26386
12	朝阳	12942	0.05573	0.05486	12941
13	盘锦	6247	0.05968	0.06041	6443

对反映某区域被其他区域吸引和该区域吸引其他区域能力的模型参数  $A_i$  和  $B_j$  进行比较可以看出,大连、沈阳和鞍山市具有最大的辐射力和吸引力,盘锦、朝阳和阜新市由于位置较偏,交通不便,辐射和吸引能力较低。这和辽宁省的实际是吻合的。由此可见,可以把模型参数  $A_i$  和  $B_j$  (或其倒数)作为衡量区域可达性的一种指标。

## (二) 路网配流模型的检验

得到区域间客流分布矩阵以后,需要落实到交通网络上。由于交通分区太少,上面模



拟的客流分布数据不适合进一步配流。下面通过我国省区之间客流联系和辽宁省内旅客交流的模拟,对路网配流模型进行试算,以考察其有效性。

### 1. 中国省区间客流分布的模拟

铁路、公路和水路客运是我国最主要的交通运输方式,三者承担了客运量的 99.8% (1985 年),其中长途客运以铁路为主,短途以公路为主,水运只在少数地区有意义(表 3)。航空运输也分担长途客运,但其客运量所占比重不大。我国私人交通不发达,运输部门完成的客运量反应了区域客流联系的主流,因此本文根据铁路、公路和水运部门的客流量来进行省区间客流分布的模拟。

表 3 1985 年各种运输方式客运量比重及平均运距

Tab. 3 Share and average travel distance by different transportation modes (1985)

	铁 路	公 路	水 运	航 空
客运量比重(%)	18.8	76.6	4.4	0.2
平均运距 (km)	238.3	38.2	67.6	1465.9

各省市自治区每年都有客运量的统计(但一般不统计客流的方向),假定各省区的旅客发送量和到达量相等,并以客运量代表。区域之间的距离以省会城市(或直辖市)之间的距离表示。由于各省区的客运量包含部分区内客流,还需给出省区内旅客交流的平均运距,但遗憾的是没有客流抽样调查资料,区内旅客交流的平均运距只能用各省区主要承担区内交通的公路客运的平均运距表示。因为原铁路局的管辖范围大体上相当于省级区域,我们取  $\beta = 0.19$  来模拟 1985 年省区间的客流分布。在不考虑路网流量对距离的影响的情况下(即假定感应距离对路网流量的弹性系数  $\alpha = 0$ ),把上面算出的省区之间的客流量分配到路网上,绘出的路网流量图如图 3 所示。图中线路宽度表示区域间客流量的大小,从中可以看出京沪、京广、京哈和陇海铁路在我国的突出地位。

需要指出,统计资料中京、津、沪三市的客流量似乎偏小,各省区客运量的统计口径也有不可比的地方,加上分区很粗和区域间距离的表示方法过于简单化,因此模拟结果有一定局限性。此外由于模拟路网流量未包括在客流量中占重要地位的省区内客流,并假定区域间的客流都选择中心之间的最短路径,省区间旅客交流都看成了省会(直辖市)之间的客流,影响了模拟路网流量图中各路段客流密度的精度。看得出京广、京沈和津浦等铁路上的模拟客流量比实际客流密度低,沈大、平齐、滨洲、京通、京承、沈吉、胶济、杭甬铁路等重要线路未反映出来,这需要通过缩小交通区和进一步调查收集有关数据来改进。一般说来,全国路网流量的模拟,交通区至少要划分到地区和城市,才能较确切地模拟出主要干线上的客流密度,这是一个很大的课题,需要作大量的资料收集和计算工作,本文只提出一种方法和程序。

### 2. 辽宁省省内旅客交流的模拟。

作者以辽宁省 19 个城市和 40 个县作为交通区来模拟客流的空分布。因缺少各县旅客发送量的完整统计,根据(4)式,代入 1987 年各市县的总人口和人均国民收入,推算出 59 个小区域客运量的估计值。根据 1985 年 13 个城市的抽样调查,辽宁省旅客发送

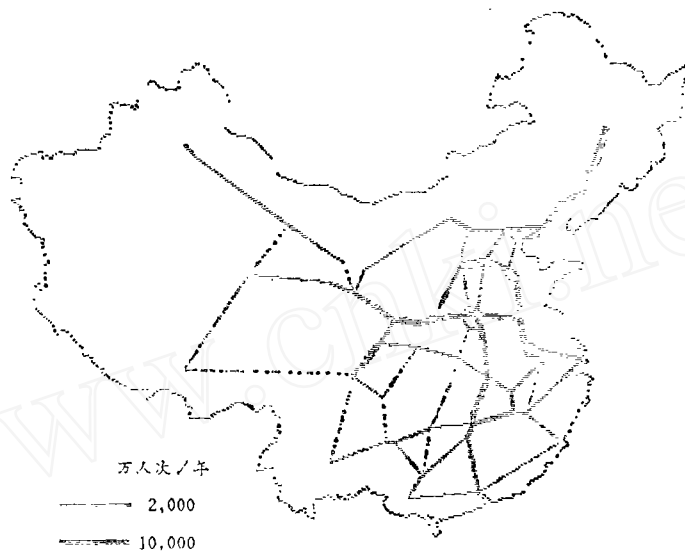


图3 中国大陆省区之间模拟客流路网流量图

Fig. 3 Modeling trip distribution on transport network of mainland in China

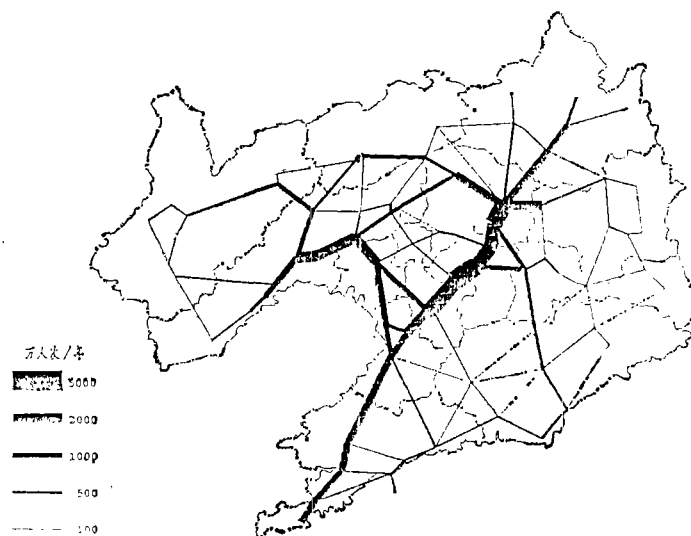


图4 辽宁省省内模拟客流路网流量图

Fig. 4 Modeling trip distribution on transport network of Liaoning Province

量中,发往省外的旅客只占总人次的5%左右,因此,如果我们不考虑和省外的客流联系,把全部客运量都作为省内小区域间的客流联系进行客流分布的模拟,其结果基本可以反映辽宁省省内旅客交流的情况。

以各市县客运量的估计值代表其旅客发送和到达量,用城市和县城之间的距离代表市县间的距离,取  $\gamma = 1.44$  模拟辽宁省59个市县之间的客流联系,并将模拟结果按最短

路径原则进行路网配流,最后得出辽宁省省内旅客交流的路网流量图(图4)。从图中可以看出,长大、京沈铁路沿线是辽宁的主要交通走廊,规划中必需妥善解决好这两条轴线的交通协调问题,客流分布模型模拟出的区域间的旅客流量及各路段的客流量,可以为辽宁省路网规划和交通设施的合理配置提供科学依据。如果要把辽宁省各区县与省外旅客的交流及黑龙江、吉林和内蒙东部通过辽宁省的客流也考虑进去,需要知道黑龙江、吉林、内蒙古、河北和山东等省区各市县及其他各省市自治区旅客发送和到达量的数据,限于资料 and 篇幅,本文暂不论述。

### 参 考 文 献

- [1] 杨吾扬,区位论原理,甘肃人民出版社,1989。
- [2] 张文尝,客流地理研究若干问题,全国经济地理学术会议论文,1987。
- [3] 王庆瑞,旅次分配分析,运输计划季刊,第十三卷,第二期,台湾,1984。
- [4] Baxter, R. S., Entropy maximizing techniques, Computer and Statistical Techniques of Planners, Methuen & Co Ltd, London, 1980.
- [5] Hua, Chang-i, A critical review of the development of the gravity model, *International Regional Science Review*, 4 (2), 1979
- [6] Hua, Chang-i, An exploration of the nature and rationale of a systemic model, *Environment and Planning A*, 12, 1980.
- [7] Putman, S. H., Mathematical programming formulations of transportation and land use models: practical implications of recent research, *Transportation Research Record* 1125, 1987.
- [8] Safwat, K. N. A. and T. L. Magnanti, A combined trip generation, trip distribution, model split, and trip assignment model, *Transportation Science*, 18(1), 1988.
- [9] 辽宁省统计局,辽宁统计提要,1988。

## A MODEL FOR INTERREGIONAL TRIP DISTRIBUTION IN CHINA

Yang Qi

(Department of Geography, Peking University, Beijing)

**Key words** Transport network; Shortest path; Travel demand; Trip distribution; Trip assignment

### Abstract

In this paper, following issues are discussed: division of travel zones, representation of trip distribution, a method of searching shortest path models of travel demand, trip distribution and trip assignment on transport network. The parameters of zone-zone trip distribution model is calibrated by using observed trip distribution between 20 Railway Bureaus of China and between 13 cities of Liaoning Province, and trip assignment model is examined through analyzing interregional trip distribution at province level in China and at city and county level in Liaoning Province.