

交通规划

主讲人：杨 敏 教授、博导

2021秋 南京

第三章 交通需求预测

第一节 交通生成预测

第二节 交通分布预测

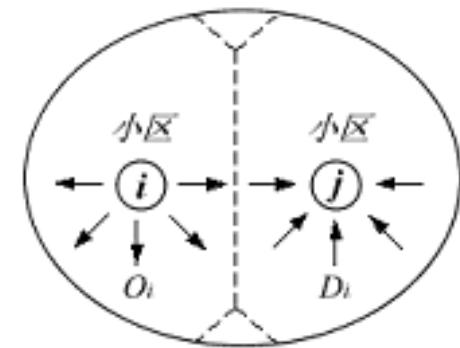
第三节 交通方式划分

第二节 交通分布预测

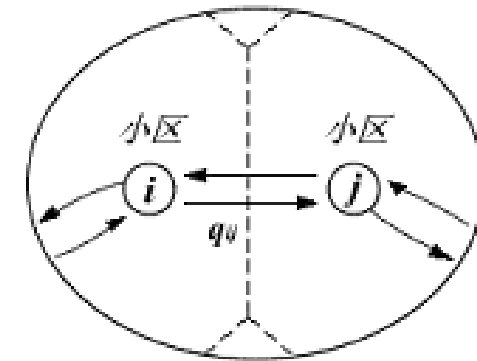
- 一、概述
- 二、增长系数法
- 三、重力模型法
- 四、TRANSTAR软件应用

一、概述

- 交通分布预测阶段——预测交通生成预测中的吸引、产生交通量的去向。即推求出各小区间的**分布交通量**。
- 分布交通量的预测——给定产生交通量和吸引交通量，对全部OD求i、j之间的分布交通量 q_{ij} 。即将已经求出来的产生、吸引交通量作为已知条件，再推定这些产生、吸引交通量在各个交通小区间的**流向和流量**，即交通分布。



交通发生与吸引



交通分布

一、概述

- 出行分布量是指：分区i与分区j之间**平均单位时间内的出行量**，单位时间可以是一天、一周、一月等，也可以是专指高峰小时。就一对交通分区i和j而言，它由两部分 q_{ij} 、 q_{ji} 组成：
- q_{ij} ——以分区i为产生点，以分区j为吸引点的出行量。
- q_{ji} ——以分区j为产生点，以分区i为吸引点的出行量。

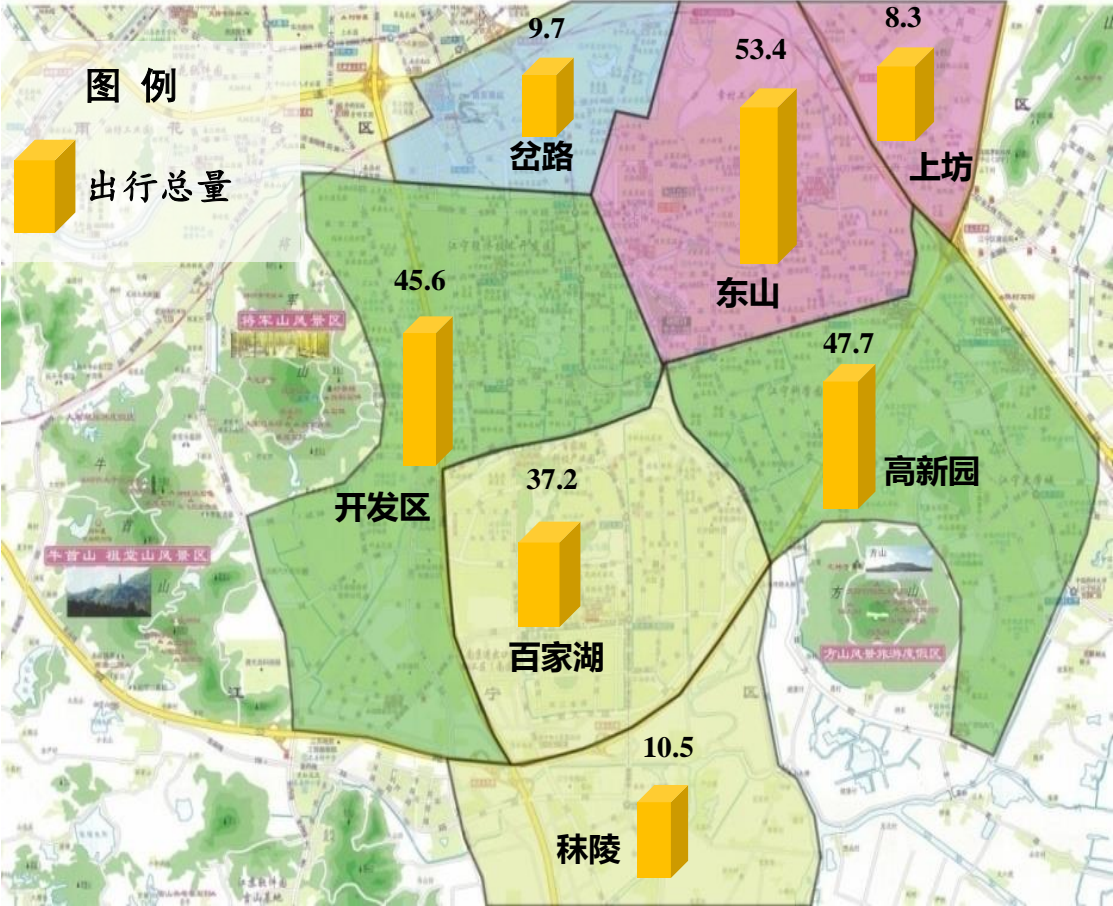
一、概述

O \ D	1	2	...	j	...	n	发生量
1	q_{11}	q_{12}	...	q_{1j}	...	q_{1n}	O_1
2	q_{21}	q_{22}	...	q_{2j}	...	q_{2n}	O_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	q_{i1}	q_{i2}	...	q_{ij}	...	q_{in}	O_i
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	q_{n1}	q_{n2}	...	q_{nj}	...	q_{nn}	O_n
吸引量	D_1	D_2	...	D_j	...	D_n	T

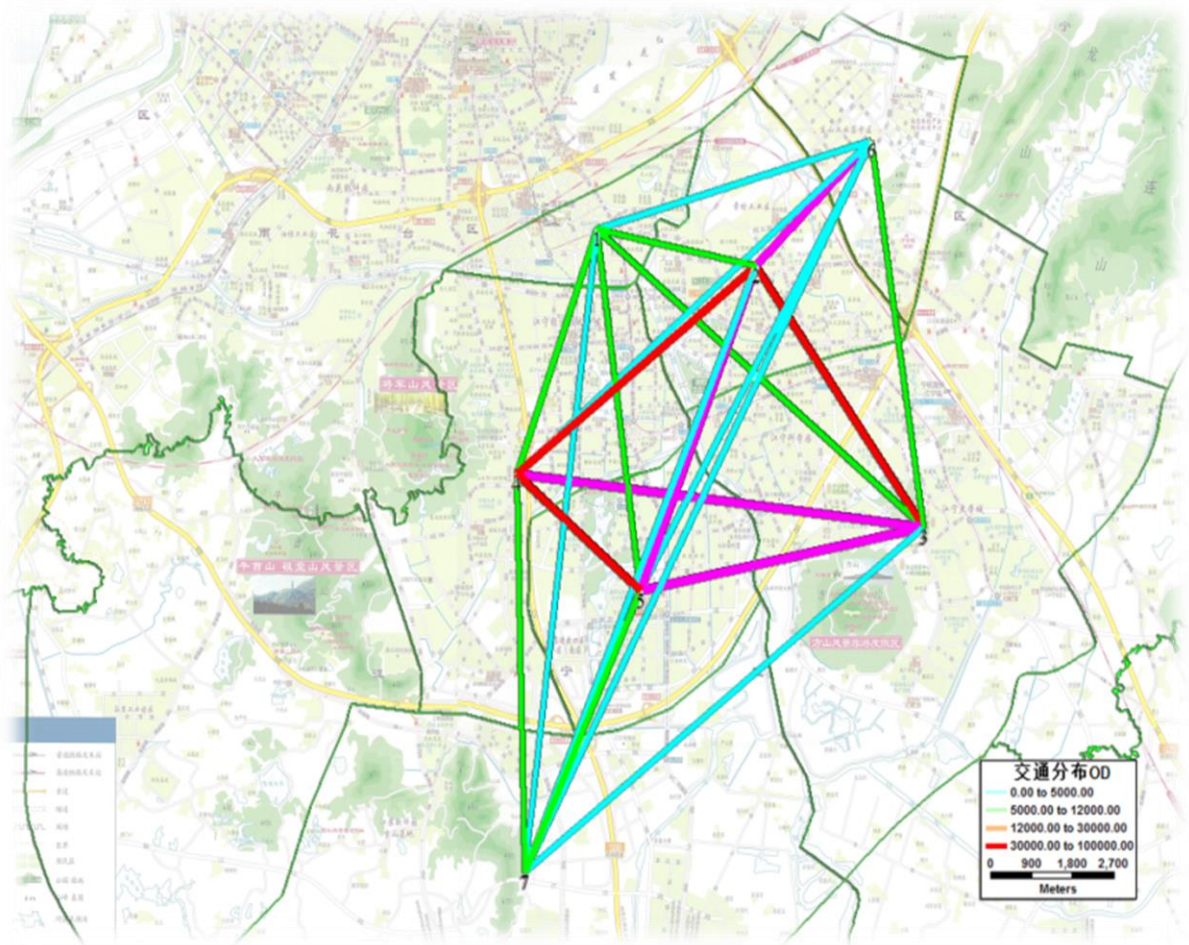
$$\sum_j q_{ij} = O_i, \quad \sum_i q_{ij} = D_j, \quad \sum_i \sum_j q_{ij} = \sum_i O_i = \sum_j D_j = T$$

• 交通分布预测是把交通的发生与吸引量预测获得的各小区的出行量转换成小区之间的空间OD量，即OD矩阵。

一、概述



江宁区各片区出行强度差异 单位：万人次/日



江宁区现状区内出行分布期望线

一、概述

- 常用的交通分布预测的方法

- **增长系数法**

- 假设将来年的出行OD分布模式与现在相同，在现状交通分布量给定的情况下，预测将来的交通分布量

- **重力模型法**

- 用数学模型表述OD分布规律，用实测数据标定模型，用标定模型预测未来OD分布

- **其他预测方法**

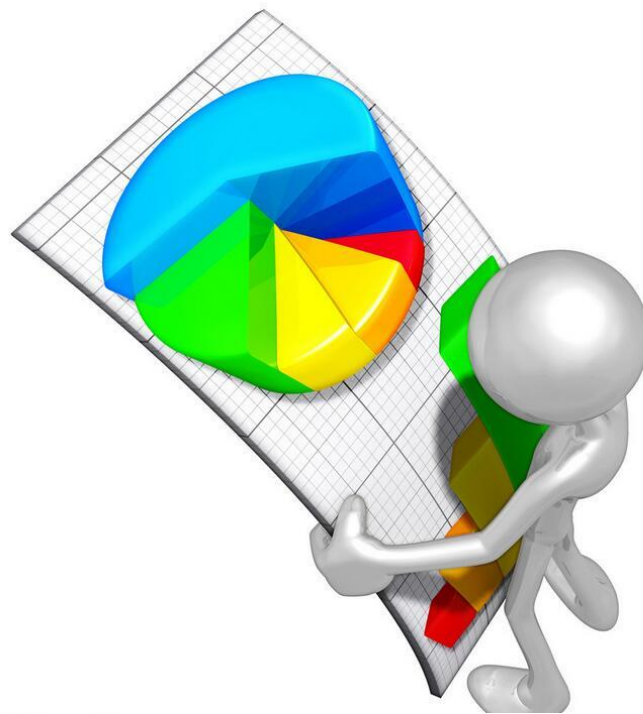
- 介入机会模型，最大熵模型

一、概述



思考题

掌握交通分布预测的基本概念。



Next.....



第二节 交通分布预测

- 一、概述
- 二、增长系数法
- 三、重力模型法
- 四、TRANSTAR软件应用

二、增长系数法

假设在给定 q_{ij}^0 的条件下，预测 q_{ij}^N 。

Step 1 给出出现在OD表中 q_{ij}^m 、 O_i^m 、 D_j^m 、 T^m 及将来OD表中的 U_i 、 V_j 、 X 。

Step 2 求出各小区的发生与吸引交通量的增长系数 $F_{O_i}^m$ ， $F_{D_j}^m$ 。

$$F_{O_i}^m = U_i / O_i^m, \quad (1)$$

$$F_{D_j}^m = V_j / D_j^m, \quad (2)$$

式中：

U_i —将来OD表中的发生交通量

V_j —将来OD表中的吸引交通量

X —将来OD表中的交通生成量

$F_{O_i}^m$ —i小区的第m次计算发生增长系数

$F_{D_j}^m$ —j小区的第m次计算吸引增长系数

二、增长系数法

Step 3 求第m+1次近似值 q_{ij}^{m+1}

$$q_{ij}^{m+1} = q_{ij}^m \cdot f(F_{O_i}^m, F_{D_j}^m)$$

根据f的不同增长系数法可分为：

- 1、常增长系数法**
- 2、平均增长系数法**
- 3、Detroit Method (底特律法)**
- 4、Fratar Method (福莱特法)**
- 5、Furness Method (佛尼斯法)**

二、增长系数法

Step 4 收敛判别

$$O_i^{m+1} = \sum_j q_{ij}^{m+1}$$

$$D_j^{m+1} = \sum_i q_{ij}^{m+1}$$

$$1 - \varepsilon < F_{O_i}^{m+1} = U_i / O_i^{m+1} < 1 + \varepsilon$$

$$1 - \varepsilon < F_{D_j}^{m+1} = V_j / D_j^{m+1} < 1 + \varepsilon$$

ε —任意给定的误差常数

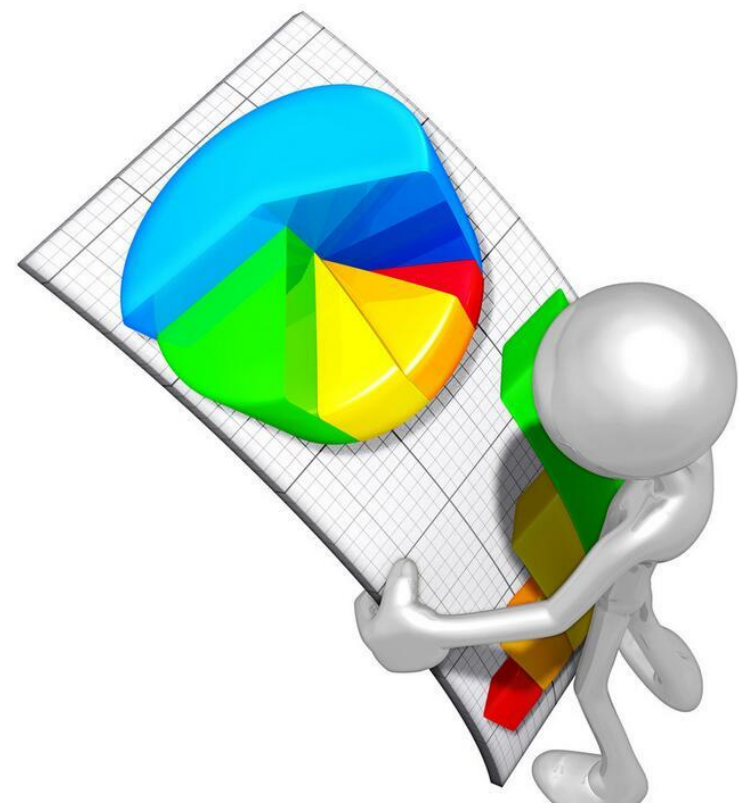
若满足上述条件，结束计算；反之，令 $m=m+1$ ，返回到**Step1**。

二、增长系数法

2.1 常增长系数法

常增长系数法假定 q_{ij} 的增长仅与 i 小区的发生量增长率有关，或仅与 j 小区的吸引量增长率有关，或仅与生成量的增长率有关，是一个**常量**

$$f_{\text{常}}(F_{Oi}, F_{Dj}) = \text{常量}$$



二、增长系数法

例3 - 7：利用基础年的OD矩阵和目标年发生交通量的预测值求目标年OD矩阵

<div>O \ D</div>	1	2	3	合计	预测值
1	17.0	7.0	4.0	28.0	38.6
2	7.0	38.0	6.0	51.0	91.9
3	4.0	5.0	17.0	26.0	36.0
合计	28.0	50.0	27.0	105.0	166.5

二、增长系数法

	1	2	3	合计	预测值
1	17.0	7.0	4.0	28.0	38.6
2	7.0	38.0	6.0	51.0	91.9
3	4.0	5.0	17.0	26.0	36.0
合计	28.0	50.0	27.0	105.0	166.5

乘以 $F_{o1} = U_1 / O_1$

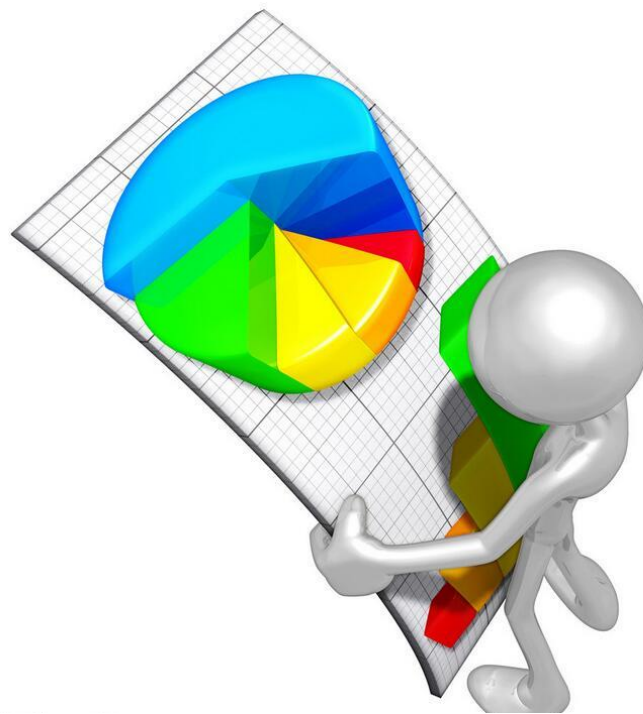
	1	2	3	合计	目标值
1	23.436	9.650	5.514	38.6	38.6
2	12.614	68.475	10.812	91.9	91.9
3	5.538	6.923	23.538	36.0	36.0
合计	41.588	85.048	39.865	166.5	166.5

二、增长系数法



思考题

掌握增长系数法的基本原理。



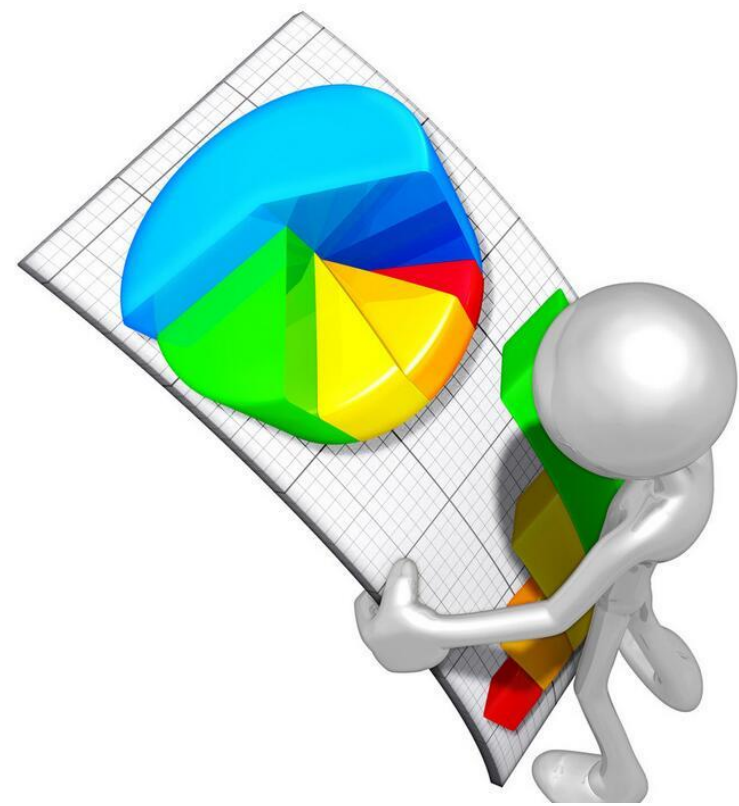
Next.....

二、增长系数法

2.2 平均增长系数法

平均增长系数法假设*i*, *j*小区之间的交通分布量 q_{ij} 的增长系数是*i*小区出行发生量增长系数和*j*小区出行吸引量增长系数的平均值

$$f_{\text{平}}(F_{O_i}^m, F_{D_j}^m) = \frac{1}{2}(F_{O_i}^m + F_{D_j}^m)$$



二、增长系数法

例3 - 8：试利用现状交通分布量、将来发生与吸引交通量和平均增长系数法，求解3个交通小区将来的交通分布量。设定收敛标准为3%。

现状OD表 (单位：万次)

<div>D \ O</div>	1	2	3	合计
1	17.0	7.0	4.0	28.0
2	7.0	38.0	6.0	51.0
3	4.0	5.0	17.0	26.0
合计	28.0	50.0	27.0	105.0

将来的发生与吸引交通量 (单位：万次)

<div>D \ O</div>	1	2	3	合计
1				38.6
2				91.9
3				36.0
合计	39.3	90.3	36.9	166.5

二、增长系数法

Step1 求发生交通量增长系数和吸引交通量增长系数

$$F_{O1}^0 = U_1 / O_1 = 38.6 / 28.0 = 1.3786$$

$$F_{O2}^0 = U_2 / O_2 = 91.9 / 51.0 = 1.8020$$

$$F_{O3}^0 = U_3 / O_3 = 36.0 / 26.0 = 1.3846$$

$$F_{D1}^0 = V_1 / D_1 = 39.3 / 28.0 = 1.4036$$

$$F_{D2}^0 = V_2 / D_2 = 90.3 / 50.0 = 1.8060$$

$$F_{D3}^0 = V_3 / D_3 = 36.9 / 27.0 = 1.3667$$

二、增长系数法

Step2 计算将来的交通分布量

$$q_{11}^1 = q_{11}^0 \times (F_{O1}^0 + F_{D1}^0) / 2 = 17.0 \times (1.3786 + 1.4036) / 2 = 23.648$$

$$q_{12}^1 = q_{12}^0 \times (F_{O1}^0 + F_{D2}^0) / 2 = 7.0 \times (1.3786 + 1.8060) / 2 = 11.146$$

$$q_{13}^1 = q_{13}^0 \times (F_{O1}^0 + F_{D3}^0) / 2 = 4.0 \times (1.3786 + 1.3667) / 2 = 5.490$$

$$q_{21}^1 = q_{21}^0 \times (F_{O2}^0 + F_{D1}^0) / 2 = 7.0 \times (1.8020 + 1.4036) / 2 = 11.219$$

$$q_{22}^1 = q_{22}^0 \times (F_{O2}^0 + F_{D2}^0) / 2 = 38.0 \times (1.8020 + 1.8060) / 2 = 68.551$$

$$q_{23}^1 = q_{23}^0 \times (F_{O2}^0 + F_{D3}^0) / 2 = 6.0 \times (1.8020 + 1.3667) / 2 = 9.506$$

$$q_{31}^1 = q_{31}^0 \times (F_{O3}^0 + F_{D1}^0) / 2 = 4.0 \times (1.3846 + 1.4036) / 2 = 5.576$$

$$q_{32}^1 = q_{32}^0 \times (F_{O3}^0 + F_{D2}^0) / 2 = 5.0 \times (1.3846 + 1.8060) / 2 = 7.977$$

$$q_{33}^1 = q_{33}^0 \times (F_{O3}^0 + F_{D3}^0) / 2 = 17.0 \times (1.3846 + 1.3667) / 2 = 23.386$$

第一次迭代计算OD表

<div><div>D</div><div>O</div></div>	1	2	3	合计
1	23.648	11.146	5.490	40.285
2	11.219	68.551	9.506	89.277
3	5.576	7.977	23.386	36.939
合计	40.444	87.674	38.382	166.500

二、增长系数法

Step3 重新计算发生增长系数和吸引增长系数

$$F_{O1}^1 = U_1 / O_1 = 38.6 / 40.285 = 0.9582$$

$$F_{O2}^1 = U_2 / O_2 = 91.9 / 89.277 = 1.0294$$

$$F_{O3}^1 = U_3 / O_3 = 36.0 / 36.939 = 0.9746$$

$$F_{D1}^1 = V_1 / D_1 = 39.3 / 40.444 = 0.9717$$

$$F_{D2}^1 = V_2 / D_2 = 90.3 / 87.674 = 1.0300$$

$$F_{D3}^1 = V_3 / D_3 = 36.9 / 38.382 = 0.9614$$

Step4 进行收敛判定，不收敛转入Step2

二、增长系数法

Step2 计算将来的交通分布量

$q_{11}^2 = q_{11}^1 \times (F_{O1}^1 + F_{D1}^1) / 2 = 23.648 \times (0.9582 + 0.9717) / 2 = 22.819$

$q_{12}^2 = q_{12}^1 \times (F_{O1}^1 + F_{D2}^1) / 2 = 11.146 \times (0.9582 + 1.0300) / 2 = 11.080$

$q_{13}^2 = q_{13}^1 \times (F_{O1}^1 + F_{D3}^1) / 2 = 5.490 \times (0.9582 + 0.9614) / 2 = 5.270$

$q_{21}^2 = q_{21}^1 \times (F_{O2}^1 + F_{D1}^1) / 2 = 11.219 \times (1.0294 + 0.9717) / 2 = 11.226$

$q_{22}^2 = q_{22}^1 \times (F_{O2}^1 + F_{D2}^1) / 2 = 68.551 \times (1.0294 + 1.0300) / 2 = 70.585$

$q_{23}^2 = q_{23}^1 \times (F_{O2}^1 + F_{D3}^1) / 2 = 9.506 \times (1.0294 + 0.9614) / 2 = 9.462$

$q_{31}^2 = q_{31}^1 \times (F_{O3}^1 + F_{D1}^1) / 2 = 5.576 \times (0.9746 + 0.9717) / 2 = 5.427$

$q_{32}^2 = q_{32}^1 \times (F_{O3}^1 + F_{D2}^1) / 2 = 7.977 \times (0.9746 + 1.0300) / 2 = 7.995$

$q_{33}^2 = q_{33}^1 \times (F_{O3}^1 + F_{D3}^1) / 2 = 23.386 \times (0.9746 + 0.9614) / 2 = 22.637$

第二次迭代计算OD表

<div><div>D</div><div>O</div></div>	1	2	3	合计
1	22.819	11.080	5.270	39.169
2	11.226	70.585	9.462	91.273
3	5.427	7.995	22.637	36.058
合计	39.471	89.660	37.369	166.500

二、增长系数法

Step3 重新计算发生增长系数和吸引增长系数

$$F_{O1}^2 = U_1 / O_1 = 38.6 / 39.169 = 0.9855$$

$$F_{O2}^2 = U_2 / O_2 = 91.9 / 91.273 = 1.0069$$

$$F_{O3}^2 = U_3 / O_3 = 36.0 / 36.058 = 0.9984$$

$$F_{D1}^2 = V_1 / D_1 = 39.3 / 39.471 = 0.9957$$

$$F_{D2}^2 = V_2 / D_2 = 90.3 / 89.660 = 1.0071$$

$$F_{D3}^2 = V_3 / D_3 = 36.9 / 37.369 = 0.9875$$

Step4 进行收敛判定，收敛，迭代结束

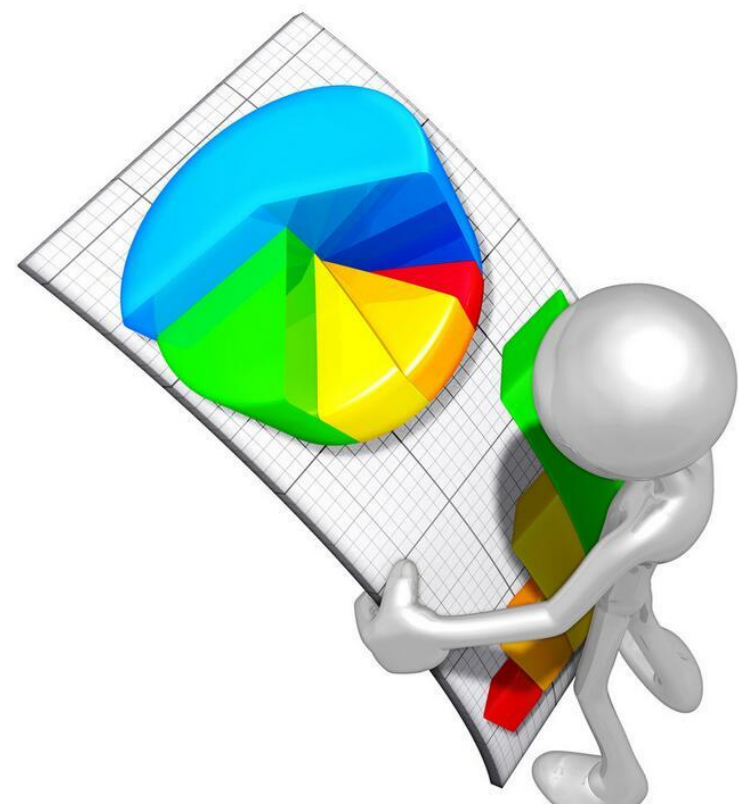
该法的优点是公式简明，易于计算；其缺点是收敛太慢，计算精度低。

二、增长系数法

2.3 Detroit Method (底特律法)

底特律法假设*i*, *j*小区间交通分布量 q_{ij} 的增长系数与*i*小区出行发生量和*j*小区出行吸引量增长系数之积成正比, 与全规划区出行生成总量的增长系数成反比

$$f_D(F_{Oi}^m, F_{Dj}^m) = F_{Oi}^m \cdot F_{Dj}^m \cdot \frac{T^m}{X}$$



第二节 增长系数法

例3—9：试利用底特律法求例3-8中的将来交通分布量。设定收敛标准为 3%。

Step1 求发生增长系数和吸引增长系数

Step3 计算将来的交通分布量

Step2 求交通生成总量增长系数

Step4 重新计算发生增长系数和吸引增长系数

第一次迭代计算OD表

<div><div>D</div><div>O</div></div>	1	2	3	合计
1	20.744	10.991	4.753	36.487
2	11.165	77.987	9.318	98.470
3	4.902	7.885	20.287	33.074
合计	36.811	96.862	34.358	168.031

$$F_{O1}^1 = U_1 / O_1 = 38.6 / 36.487 = 1.0579$$

$$F_{O2}^1 = U_2 / O_2 = 91.9 / 98.470 = 0.9333$$

$$F_{O3}^1 = U_3 / O_3 = 36.0 / 33.074 = 1.0885$$

$$F_{D1}^1 = V_1 / D_1 = 39.3 / 36.811 = 1.0676$$

$$F_{D2}^1 = V_2 / D_2 = 90.3 / 96.862 = 0.9323$$

$$F_{D3}^1 = V_3 / D_3 = 36.9 / 34.358 = 1.0740$$

Step5 进行收敛判定，不收敛转Step2

第二节 增长系数法

Step2 求交通生成总量增长系数 **Step4** 重新计算发生增长系数和吸引增长系数

Step3 计算将来的交通分布量 **Step5** 进行收敛判定，不收敛转**Step2**

第二次迭代计算OD表

<div><div>D</div><div>O</div></div>	1	2	3	合计
1	23.644	10.939	5.449	40.033
2	11.227	68.476	9.426	89.129
3	5.749	8.074	23.934	37.757
合计	40.620	87.490	38.809	166.919

$$F_{O1}^2 = U_1 / O_1 = 38.6 / 40.033 = 0.9642$$

$$F_{O2}^2 = U_2 / O_2 = 91.9 / 89.129 = 1.0311$$

$$F_{O3}^2 = U_3 / O_3 = 36.0 / 37.757 = 0.9535$$

$$F_{D1}^2 = V_1 / D_1 = 39.3 / 40.620 = 0.9675$$

$$F_{D2}^2 = V_2 / D_2 = 90.3 / 87.490 = 1.0321$$

$$F_{D3}^2 = V_3 / D_3 = 36.9 / 38.809 = 0.9508$$

第二节 增长系数法

- Step2 求交通生成总量增长系数
- Step4 重新计算发生增长系数和吸引增长系数
- Step3 计算将来的交通分布量
- Step5 进行收敛判定，收敛，结束

第三次迭代计算OD表

<div><div>D</div><div>O</div></div>	1	2	3	合计
1	22.224	10.969	5.034	38.227
2	11.284	73.422	9.310	94.016
3	5.344	8.006	21.861	35.211
合计	38.852	92.397	36.205	167.454

$$F_{O1}^3 = U_1 / O_1 = 38.6 / 38.227 = 1.0097$$

$$F_{O2}^3 = U_2 / O_2 = 91.9 / 94.016 = 0.9975$$

$$F_{O3}^3 = U_3 / O_3 = 36.0 / 35.211 = 1.0224$$

$$F_{D1}^3 = V_1 / D_1 = 39.3 / 38.852 = 1.0115$$

$$F_{D2}^3 = V_2 / D_2 = 90.3 / 92.397 = 0.9773$$

$$F_{D3}^3 = V_3 / D_3 = 36.9 / 36.205 = 1.0192$$

特点：底特律法考虑的因素较平均增长系数法全面，但同样是收敛速度慢，需要多次迭代才能求出将来年的分布交通量。

二、增长系数法

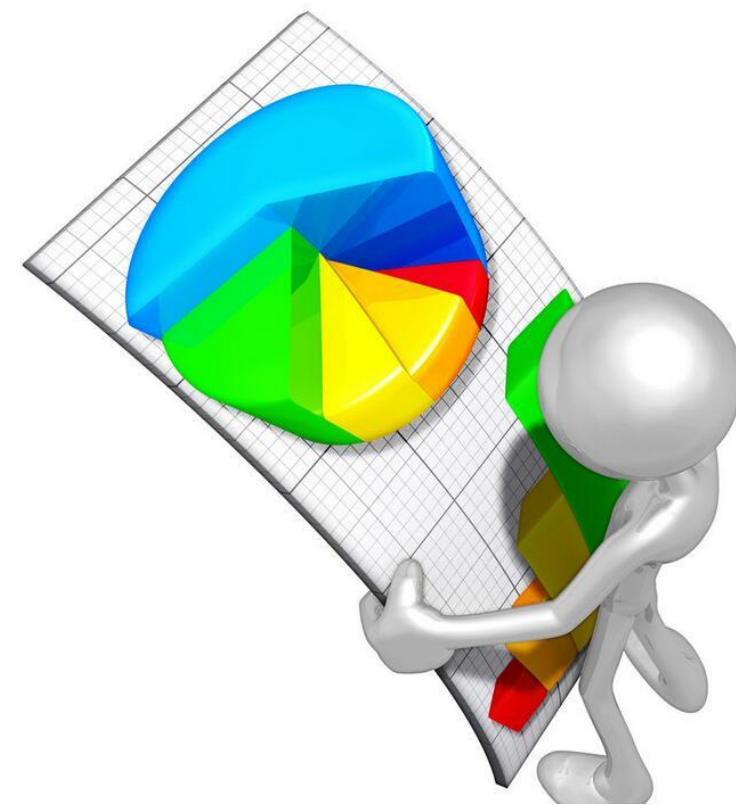
2.4 Fratar Method (福莱特法)

福莱特法假设*i*, *j*小区间分布交通量 q_{ij} 的增长系数不仅与*i*小区的发生增长系数和*j*小区的吸引增长系数有关, 还与整个规划区域的其他交通小区的增长系数有关。

$$f_F(F_{Oi}^m, F_{Dj}^m) = F_{Oi}^m \cdot F_{Dj}^m \cdot \left(\frac{L_i + L_j}{2}\right)$$

$$L_i = \frac{O_i^m}{\sum_j q_{ij}^m \cdot F_{Dj}^m}$$

$$L_j = \frac{D_j^m}{\sum_i q_{ij}^m \cdot F_{Oi}^m}$$



二、增长系数法

例3 - 10：试利用福莱特法求例3-8中的将来交通分布量。设定收敛标准为 3%。

Step1 求发生增长系数和吸引增长系数

Step2 求小区位置系数

Step3 计算将来的交通分布量

$$L_{i1}^0 = \frac{O_i^0}{\sum_j q_{ij}^0 \cdot F_{Dj}^0} = \frac{28.0}{17.0 \times 1.4036 + 7.0 \times 1.8060 + 4.0 \times 1.3667} = 0.667 \dots$$

$$L_{i2}^0 = \frac{O_i^0}{\sum_j q_{ij}^0 \cdot F_{Dj}^0} = \frac{51.0}{7.0 \times 1.4036 + 38.0 \times 1.8060 + 6.0 \times 1.3667} = 0.589 \dots$$

$$L_{i3}^0 = \frac{O_i^0}{\sum_j q_{ij}^0 \cdot F_{Dj}^0} = \frac{26.0}{4.0 \times 1.4036 + 5.0 \times 1.8060 + 17.0 \times 1.3667} = 0.686 \dots$$

$$L_{j1}^0 = \frac{D_j^0}{\sum_i q_{ij}^0 \cdot F_{Oi}^0} = \frac{28.0}{17.0 \times 1.3786 + 7.0 \times 1.8020 + 4.0 \times 1.3846} = 0.673 \dots$$

$$L_{j2}^0 = \frac{D_j^0}{\sum_i q_{ij}^0 \cdot F_{Oi}^0} = \frac{50.0}{7.0 \times 1.3786 + 38.0 \times 1.8020 + 5.0 \times 1.3846} = 0.588 \dots$$

$$L_{j3}^0 = \frac{D_j^0}{\sum_i q_{ij}^0 \cdot F_{Oi}^0} = \frac{27.0}{4.0 \times 1.3786 + 6.0 \times 1.8020 + 17.0 \times 1.3846} = 0.677$$

第一次迭代计算OD表

<div><div></div><div>D</div></div> <div>O</div>	1	2	3	合计
1	22.039	10.936	5.064	38.039
2	11.171	72.777	9.353	93.301
3	5.282	7.964	21.923	35.169
合计	38.492	91.677	33.340	166.509

二、增长系数法

Step4 重新计算发生增长系数和吸引增长系数

$$F_{O1}^1 = U_1 / O_1 = 38.6 / 38.039 = 1.0147$$

$$F_{O2}^1 = U_2 / O_2 = 91.9 / 93.301 = 0.9850$$

$$F_{O3}^1 = U_3 / O_3 = 36.0 / 35.169 = 1.0236$$

$$F_{D1}^1 = V_1 / D_1 = 39.3 / 38.492 = 1.0210$$

$$F_{D2}^1 = V_2 / D_2 = 90.3 / 91.677 = 0.9850$$

$$F_{D3}^1 = V_3 / D_3 = 36.9 / 36.340 = 1.0154$$

Step5 进行收敛判定，如收敛则结束;不收敛转**Step2**，循环进行。

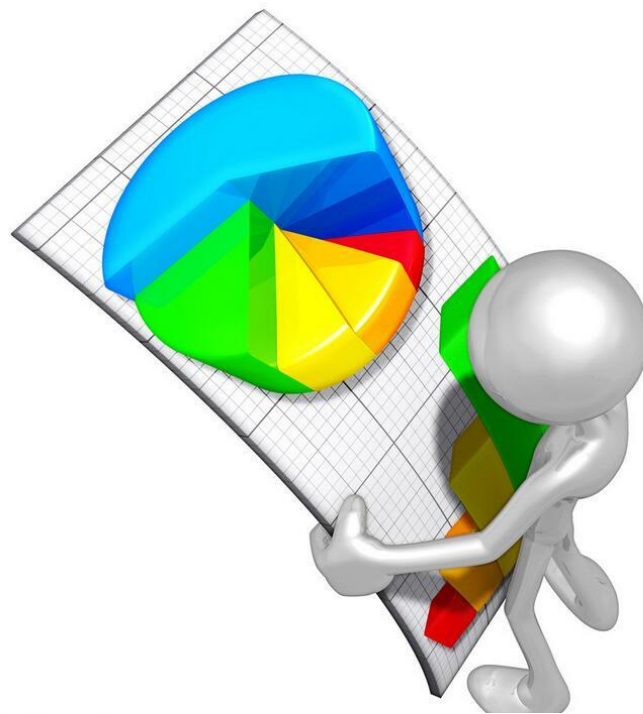
特点：福莱特法较平均增长系数法**收敛速度快**，在满足相同的精度条件下**迭代次数少**，因此在实际工作中**广泛应用**。但其**计算过程较复杂**，因此一般通过**计算机编程实现**，或通过专门的**交通规划软件计算**。

二、增长系数法



思考题

比较平均增长系数法和底特律法不同点。



Next.....

二、增长系数法

2.5 Furness Method (佛尼斯法)

佛尼斯法假设*i*, *j*小区间交通分布量的增长系数与*i*小区的**发生增长系数**和*j*小区的**吸引增长系数**都有关系。

$$f_{FN}^1(F_{Oi}^m, F_{Dj}^m) = F_{Oi}^m$$

$$f_{FN}^2(F_{Oi}^m, F_{Dj}^m) = F_{Dj}^m$$

此模型**首先令吸引增长系数为1**，**求满足条件的发生增长系数**，接着用调整后的矩阵重新**求满足条件的吸引增长系数**，完成一个**循环迭代过程**；然后重新计算发生增长系数，再用调整后的矩阵求吸引增长系数，经过多次循环，直到发生和吸引交通量增长系数**满足设定的收敛标准**为止。

二、增长系数法

例3 - 11：试利用佛尼斯法求例3-8中的将来交通分布量。设定收敛标准为 3%。

Step1 令吸引增长系数为1，求满足约束的发生增长系数

$$F_{O1} = U_1 / O_1 = 38.6 / 28.0 = 1.3786$$

Step2 判断收敛条件，不收敛，进入Step3

$$F_{O2} = U_2 / O_2 = 91.9 / 51.0 = 1.8020$$

Step3 计算将来的交通分布量

$$F_{O3} = U_3 / O_3 = 36.0 / 26.0 = 1.3846$$

第一次迭代计算OD表

<div><div>O \ D</div></div>	1	2	3	合计
1	23.436	9.650	5.514	38.6
2	12.614	68.475	10.812	91.9
3	5.538	6.923	23.538	36.0
合计	41.588	85.048	39.865	166.5

二、增长系数法

Step4 再次迭代，先求吸引增长系数，并以此计算新的交通交通分布量

第二次迭代计算中间OD表

$$F_{D1} = V_1 / D_1 = 39.3 / 41.588 = 0.9450$$

$$F_{D2} = V_2 / D_2 = 90.3 / 85.048 = 1.0618$$

$$F_{D3} = V_3 / D_3 = 36.9 / 39.865 = 0.9256$$

<div>D O</div>	1	2	3	合计
1	22.146	10.246	5.104	37.497
2	11.920	72.703	10.008	94.631
3	5.234	7.351	21.788	34.372
合计	39.3	90.3	36.9	166.5

二、增长系数法

Step5 求发生增长系数。收敛判定，不收敛，继续迭代

Step6 计算新的交通分布量，并转至**Step4**

第二次迭代计算OD表

$$F_{D1} = V_1 / D_1 = 39.3 / 41.588 = 0.9450$$

$$F_{D2} = V_2 / D_2 = 90.3 / 85.048 = 1.0618$$

$$F_{D3} = V_3 / D_3 = 36.9 / 39.865 = 0.9256$$

$$F_{O1} = U_1 / O_1 = 38.6 / 37.497 = 1.0294$$

$$F_{O2} = U_2 / O_2 = 91.9 / 94.631 = 0.9711$$

$$F_{O3} = U_3 / O_3 = 36.0 / 34.372 = 1.0474$$

$\begin{matrix} D \\ O \end{matrix}$	1	2	3	合计
1	22.798	10.547	5.254	38.6
2	11.576	70.605	9.719	91.9
3	5.482	7.699	22.820	36.0
计	39.856	88.851	37.793	166.5

二、增长系数法

Step4 再次迭代，先求吸引增长系数，并以此计算新的交通交通分布量

Step5 计算发生增长系数，发生和吸引增长系数都满足设定的收敛标准，迭代结束

$$F_{D1} = V_1 / D_1 = 39.3 / 39.856 = 0.9861$$

$$F_{D2} = V_2 / D_2 = 90.3 / 88.851 = 1.0163$$

$$F_{D3}^0 = V_3 / D_3 = 36.9 / 37.793 = 0.9764$$

$$F_{O1} = U_1 / O_1 = 38.6 / 38.330 = 1.0070$$

$$F_{O2} = U_2 / O_2 = 91.9 / 92.660 = 0.9918$$

$$F_{O3} = U_3 / O_3 = 36.0 / 35.510 = 1.0138$$

第三次迭代计算中间OD表

<div><div>D</div><div>O</div></div>	1	2	3	合计
1	22.480	10.719	5.130	38.330
2	11.414	71.756	9.489	92.660
3	5.405	7.824	22.280	35.510
合计	39.3	90.3	36.9	166.5

佛尼斯法计算**相对简单**，**收敛速度相对较快**，也**适合编程**获得预测结果。

二、增长系数法

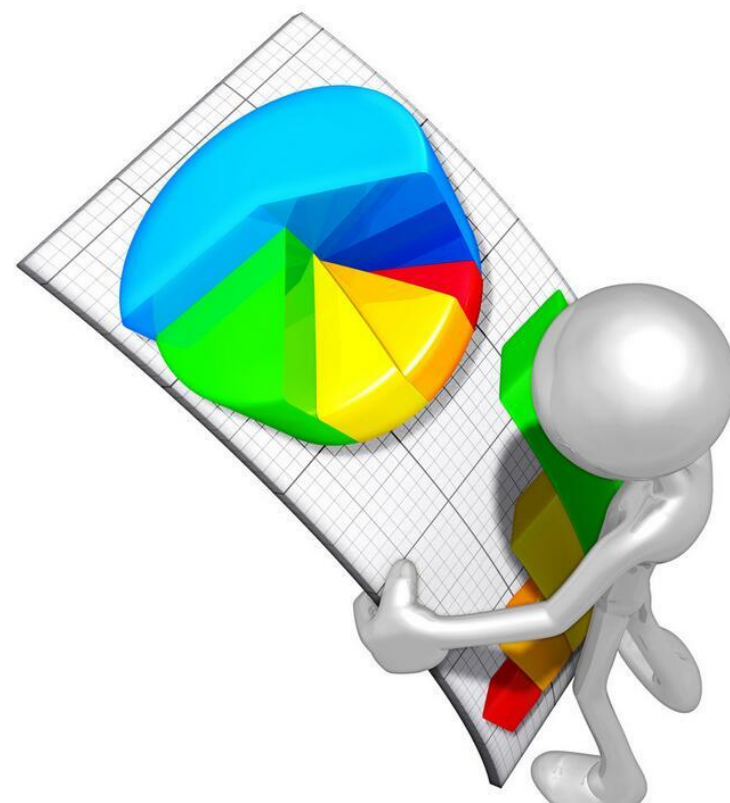
不同增长系数法的比较：

<div>要素 方法</div>	$f(F_{O_i}^m, F_{D_j}^m)$	特点
常增长系数法	常量	最简单，不需迭代，精度低
平均增长系数法	$\frac{1}{2}(F_{O_i}^m + F_{D_j}^m)$	公式简单，收敛慢，精度低
底特律法	$F_{O_i}^m \cdot F_{D_j}^m \cdot \frac{T^m}{X}$	考虑因素较全面，收敛慢
福莱特法	$F_{O_i}^m \cdot F_{D_j}^m \cdot (\frac{L_i + L_j}{2})$	收敛快，但计算复杂，多利用编程实现
佛尼斯法	$f_{FN}^1(F_{O_i}^m, F_{D_j}^m) = F_{O_i}^m$ $f_{FN}^2(F_{O_i}^m, F_{D_j}^m) = F_{D_j}^m$	计算相对简单，收敛快，适合编程

二、增长系数法

增长系数法的**优点**:

- (1) 结构**简单、实用**，**不需要**交通小区之间的距离和时间。
- (2) 可以适用于**小时交通量或日交通量**等的预测，也可以获得各种交通目的的**OD交通量**。
- (3) 对于**变化较小**的OD表预测非常有效。



二、增长系数法

增长系数法的缺点：

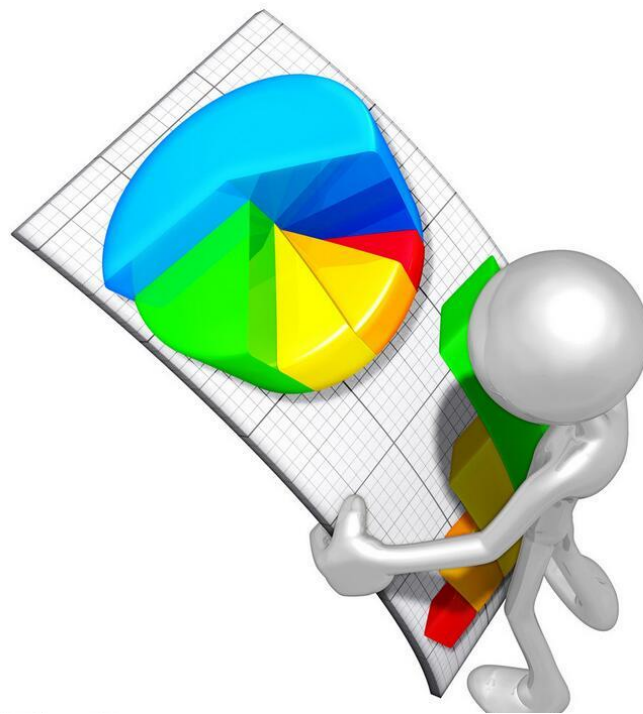
- (1) 必须有**所有**小区的OD交通量。
- (2) 对象地区发生如下**大规模变化**时，该方法不适用：
 - ① 将来的交通小区分区发生变化（有新开发区时）；
 - ② 交通小区之间的行驶时间发生变化时；
 - ③ 土地利用发生较大变化时。
- (3) 交通小区之间的**交通量值较小时**，存在如下问题：
 - ① 若现状交通量为零，那么将来预测值也为零；
 - ② 对于可靠性较低的OD交通量，将来的预测误差将被扩大。
- (4) 因为**预测结果因方法的不同而异**，所以在选择计算方法时，需要先利用过去的OD表预测现状OD表，比较预测精度。
- (5) 将来交通量**仅用一个增长系数表示缺乏合理性**。

二、增长系数法



思考题

分析各类增长系数法的异同，总结增长系数法的优缺点。



Next.....

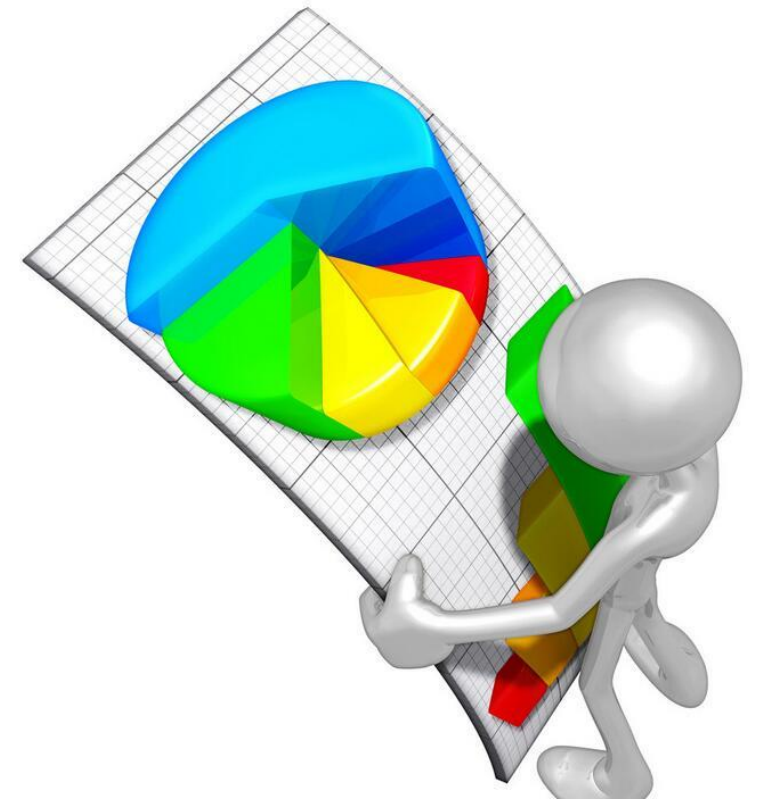


第二节 交通分布预测

- 一、概述
- 二、增长系数法
- 三、重力模型法
- 四、TRANSTAR软件应用

三、重力模型法

- 重力模型是Casey1955年提出的，当时是受物理学中牛顿**万有引力定律**的启发，其形式也很象万有引力公式，故因此而得名。
- 模拟物理学中的牛顿的万有引力定律：两物体间的引力与两物体的质量之积成正比，与它们之间距离的平方成反比。
- **基本假定**：交通区i到交通区j的交通分布量与交通区i的交通产生量、交通区j的**交通吸引量成正比**，与交通区i和j之间的**交通阻抗参数成反比**。



三、重力模型法

3.1 无约束重力模型法

$$q_{ij} = \alpha \frac{P_i P_j}{d_{ij}^2}$$

P_i, P_j — 分别表示*i*小区和*j*小区的人口

d_{ij} — *i, j*小区间的距离

α — 系数

特点：不满足守恒约束条件

$$\sum_j q_{ij} = \alpha P_i \sum_j P_j d_{ij}^{-2} = O_i$$

$$\sum_i q_{ij} = \alpha P_j \sum_i P_i d_{ij}^{-2} = D_j$$

三、重力模型法

3.1 无约束重力模型法

$$q_{ij} = k O_i^\alpha D_j^\beta f(c_{ij})$$

常见的交通阻抗函数：

幂函数

$$f(c_{ij}) = c_{ij}^{-\gamma}$$

指数函数

$$f(c_{ij}) = e^{-c_{ij}}$$

组合函数

$$f(c_{ij}) = k \cdot c_{ij}^\gamma \cdot e^{-c_{ij}}$$

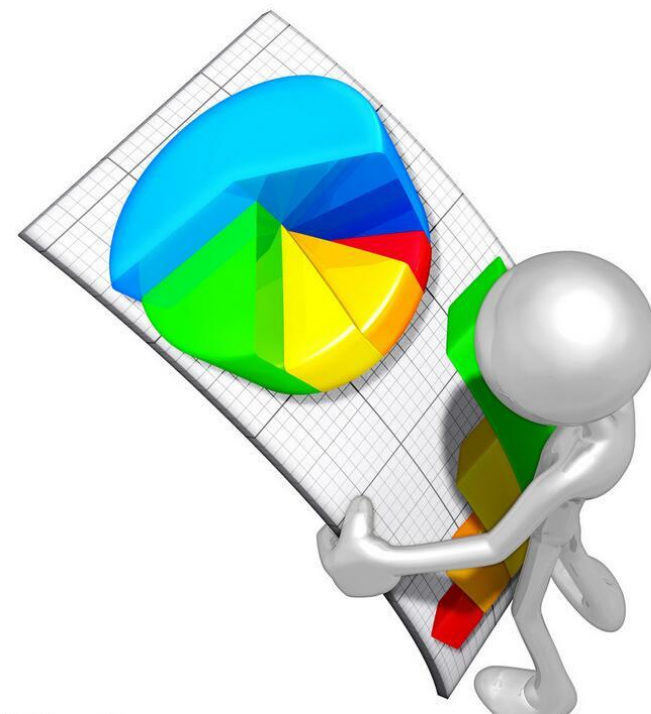
三、重力模型法

- **出行阻抗**是对交通区间交通设施状况和交通工具状况的综合反映，作为反映交通区之间交通便利程度的指标，其值的大小直接关系到交通区之间出行量的多少



思考

出行阻抗指标如何选用？



三、重力模型法

- **出行阻抗**应选用交通区之间有代表性的能**反映交通区之间交通便利程度差异**的指标
 - 以私人交通为主，或以公交为主且公交的方式和线路比较均匀，同时道路网布局也较为均匀的城市，可使用**交通距离**作为交通阻抗参数。
 - 当城市路网布局不均，或市内公交方式或线路布局不均匀，特别是有地铁等快速、大运量交通系统时，采用**交通时间**作为阻抗参数较为合适，此时的**交通时间**应采用各交通区之间主要的交通方式的交通时间。

三、重力模型法

例3 - 12： 按例题3-8中表3-20和表3-21给出的现状OD表和将来发生与吸引交通量，以及给出的现状和将来行驶时间，试利用重力模型和平均增长系数法，求出将来OD表。设定收敛标准为3%

现状行驶时间

c_{ij}	1	2	3
1	7.0	17.0	22.0
2	17.0	15.0	23.0
3	22.0	23.0	7.0

将来行驶时间

c_{ij}	1	2	3
1	4.0	9.0	11.0
2	9.0	8.0	12.0
3	11.0	12.0	4.0

三、重力模型法

用下面的无约束重力模型：

$$q_{ij} = \alpha \frac{(O_i D_j)^\beta}{c_{ij}^\gamma}$$

两边取对数，得

$$\ln(q_{ij}) = \ln \alpha + \beta \ln(O_i D_j) - \gamma \ln(c_{ij})$$

对上式进行变形，得

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$$

此方程为二元线性回归方程

三、重力模型法

多元线性回归模型的一般形式为：

$$Y=a+b_1x_1+b_2x_2+..+b_nx_n$$

式中：Y ——多元性回归变量

a ——参数

b_i —— y 对 x_i 的回归系数

多元线性回归方程中，因变量Y对某一自变量的回归系数 $b_i(i=1,2,...,m)$ 表示当其他自变量都固定时，该自变量变化对因变量Y影响的大小，又称为**偏回归系数**。参数 $a, b_i(i=1, 2, ..., m)$ 的确定与一元线性回归方程参数的确定方法相同，仍采用**最小二乘法**。

三、重力模型法

2

要让 $\sum_{i=1}^n (Y_j - a - b_1 X_{ij} - b_2 X_{2j} - b_3 X_{3j} \cdots - b_n X_{nj})$

为最小，对上式中的 $a, b_i (i = 1, 2, \cdots m)$

分别求偏导，并令其等于零，得到：

$$\begin{cases} L_{11}b_1 + L_{21}b_2 + \cdots L_{m1}b_m = L_{1m} \\ L_{12}b_1 + L_{22}b_2 + \cdots L_{m2}b_m = L_{2m} \\ \dots\dots\dots \\ L_{1n}b_1 + L_{2n}b_2 + \cdots L_{mn}b_m = L_{nm} \end{cases}$$

$$a = \bar{Y} - \sum_{i=1}^n b_i \bar{X}_i$$

三、重力模型法

其中：

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_k$$

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{ik} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

$$L_{ij} = \sum_{k=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_i)(X_{jk} - \bar{X}_j) = \sum_{k=1}^n X_{ik} X_{jk} - \frac{1}{n} \left(\sum_{k=1}^n X_{ik} \right) \left(\sum_{k=1}^n X_{jk} \right) \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, m)$$

$$L_{Yj} = \sum_{k=1}^n (Y_k - \bar{Y})(X_{jk} - \bar{X}_j) = \sum_{k=1}^n X_{jk} Y_k - \frac{1}{n} \left(\sum_{k=1}^n X_{jk} \right) \left(\sum_{k=1}^n Y_k \right) \quad (j = 1, 2, 3, \dots, m)$$

$$L_{YY} = \sum_{k=1}^n (Y_k - \bar{Y})^2$$

三、重力模型法

由已知条件得到样本数据:

样本数据

样本点	q_{ij}	O_i	D_j	$O_i \cdot D_j$	c_{ij}	y	x_1	x_2
i=1,j=1	17	28	28	784	7	2.8332	6.6644	1.9459
i=1,j=2	7	28	50	1400	17	1.9459	7.2442	2.8332
i=1,j=3	4	28	27	756	22	1.3863	6.6280	3.0910
i=2,j=1	7	51	28	1428	17	1.9459	7.2640	2.8332
i=2,j=2	38	51	50	2550	15	3.6376	7.8438	2.7081
i=2,j=3	6	51	27	1377	23	1.7918	7.2277	3.1355
i=3,j=1	4	26	28	728	22	1.3863	6.5903	3.0910
i=3,j=2	5	26	50	1300	23	1.6094	7.1701	3.1355
i=3,j=3	17	26	27	702	7	2.8332	6.5539	1.9459

三、重力模型法

由得到样本数据可知， $n=2$ 时，此时有：

$$\begin{cases} L_{11}a_1 + L_{21}a_2 = L_{Y1} \\ L_{12}a_1 + L_{22}a_2 = L_{Y2} \end{cases}$$

其中：

$$L_{11} = \sum_{k=1}^9 (X_{1k} - \bar{X}_1)^2 = \sum_{k=1}^9 X_{1k}^2 - \frac{1}{9}(\sum_{k=1}^9 X_{1k})^2 = 1.536119$$

$$L_{22} = \sum_{k=1}^9 (X_{2k} - \bar{X}_2)^2 = \sum_{k=1}^9 X_{2k}^2 - \frac{1}{9}(\sum_{k=1}^9 X_{2k})^2 = 1.838431$$

$$L_{12} = L_{21} = \sum_{k=1}^9 (X_{1k} - \bar{X}_1)(X_{2k} - \bar{X}_2) = \sum_{k=1}^9 X_{1k}X_{2k} - \frac{1}{9}(\sum_{k=1}^9 X_{1k})(\sum_{k=1}^9 X_{2k}) = 0.522920$$

三、重力模型法

$$\mathbf{n=2时} \quad \begin{cases} L_{11}a_1 + L_{21}a_2 = L_{Y1} \\ L_{12}a_1 + L_{22}a_2 = L_{Y2} \end{cases}$$

$$\boxed{L_{Y1}} = \sum_{k=1}^9 (Y_k - \bar{Y}) (X_{1k} - \bar{X}_1) = \sum_{k=1}^9 X_{1k} Y_k - \frac{1}{9} \left(\sum_{k=1}^9 X_{1k} \right) \left(\sum_{k=1}^9 Y_k \right) = 1.040516$$

$$\boxed{L_{Y2}} = \sum_{k=1}^9 (Y_k - \bar{Y}) (X_{2k} - \bar{X}_2) = \sum_{k=1}^9 X_{2k} Y_k - \frac{1}{9} \left(\sum_{k=1}^9 X_{2k} \right) \left(\sum_{k=1}^9 Y_k \right) = -2.062280$$

$$\boxed{\bar{Y}} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 Y_i = 1.9580$$

$$\boxed{\bar{X}_1} = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 X_{1k} = 7.0207 \quad \boxed{\bar{X}_2} = \frac{1}{9} \sum_{k=1}^9 X_{2k} = 2.7466$$

三、重力模型法

确定各系数后得方程组：

$$\begin{cases} 1.536119a_1 + 0.522920a_2 = 1.040516 \\ 0.522920a_1 + 1.838431a_2 = -2.062280 \end{cases}$$

求解方程组得 $a_1=1.173$ $a_2=-1.455$ ，则

$$a_0 = \bar{Y} - a_1\bar{X}_1 - a_2\bar{X}_2 = -2.084$$

因此所求的回归方程为

$$y = -2.084 + 1.173x_1 - 1.455x_2$$

参数转换，得标定的重力模型

$$q_{ij} = 0.124 \times \frac{(O_i D_j)^{1.173}}{c_{ij}^{1.455}}$$

三、重力模型法

利用已标定重力模型求解分布交通量：

第一次计算得到的OD表

<div><div>D</div><div>O</div></div>	1	2	3	合计
1	88.862	72.458	18.940	180.260
2	75.542	237.912	46.164	359.619
3	18.791	43.932	76.048	138.771
合计	183.195	354.302	141.152	678.650

三、重力模型法

收敛判定:

$$F_{O1}^1 = U_1 / O_1 = 38.6 / 180.260 = 0.2141$$

$$F_{O2}^1 = U_2 / O_2 = 91.9 / 359.619 = 0.2555$$

$$F_{O3}^1 = U_3 / O_3 = 36.0 / 138.771 = 0.2594$$

$$F_{D1}^1 = V_1 / D_1 = 39.3 / 183.195 = 0.2145$$

$$F_{D2}^1 = V_2 / D_2 = 90.3 / 354.302 = 0.2549$$

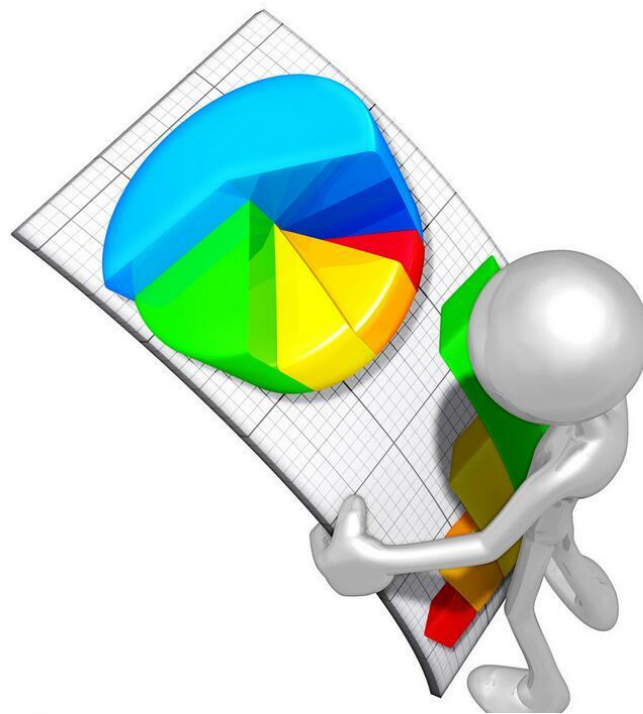
$$F_{D3}^1 = V_3 / D_3 = 36.9 / 141.152 = 0.2614$$

通过无约束重力模型计算得到的OD表**不满足**出行分布的约束条件，因此需用其他方法继续进行迭代，如平均增长系数法，具体过程参考例3-8，不再重复。



思考题

掌握无约束重力模型的基本原理，了解其计算方法。



Next.....

三、重力模型法

3.2 单约束重力模型法

1. 乌尔希斯重力模型

此模型是只**满足出行发生约束**的重力模型：

$$q_{ij} = O_i D_j f(c_{ij}) / \sum_j D_j f(c_{ij})$$

$f(c_{ij})$ —**交通阻抗函数，常用形式为** $f(c_{ij}) = c_{ij}^{-\gamma}$

γ —**待定系数**

三、重力模型法

2. 美国公路局重力模型 (B.P.R.模型)

$$q_{ij} = O_i D_j f(c_{ij}) K_{ij} / \sum_j D_j f(c_{ij}) K_{ij}$$

K_{ij} —调整系数，其计算公式为：

$$K_{ij} = (1 - Y_{ij}) \lambda_{ij} / 1 - Y_{ij} \lambda_{ij}$$

λ_{ij} —i小区到j小区的实际交通分布量与计算交通分布量之比

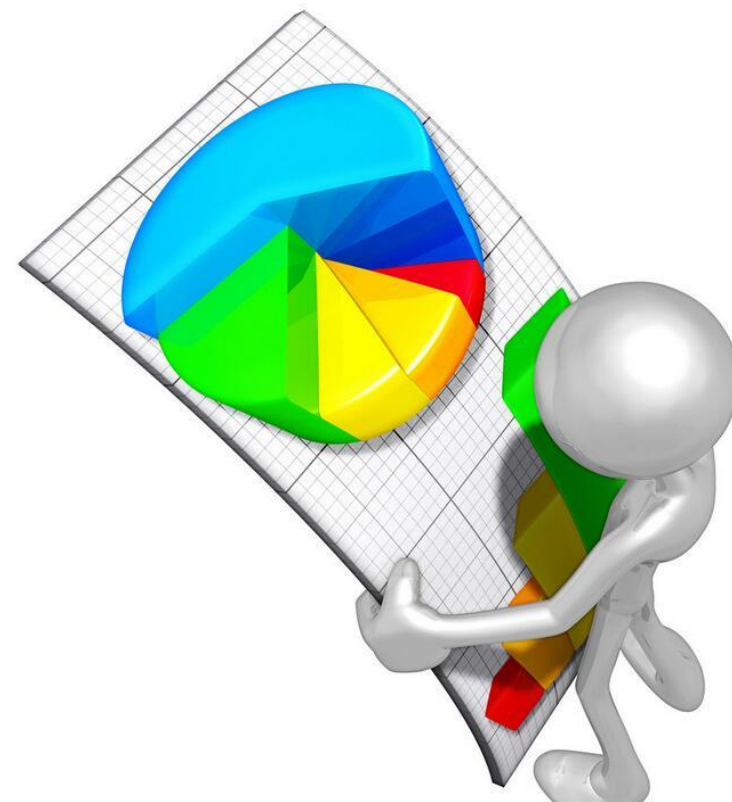
Y_{ij} —i小区到j小区的实际分布交通量与i小区的出行发生量之比

- 与乌尔希斯模型相比，引进了交通调整系数 K_{ij} ，计算时，用与乌尔希斯模型相同的方法试算出待定系数 γ ，然后计算 q_{ij} ，最后计算 K_{ij} 。

三、重力模型法

3.2 单约束重力模型法

- 上述两种模型均能满足**出行产生约束条件**，即 $O_i = \sum_j q_{ij}$ ，因此都称为单约束重力模型。
- 用上述两种重力模型进行交通分布预测时，首先是将预测的交通产生量和吸引量以及将来的交通阻抗参数带入模型进行计算。通常计算出的交通吸引量与给定的交通吸引量并不相同，因此需要进行进一步**迭代**计算。



三、重力模型法

3.3 双约束重力模型法

由于同时满足守恒条件的 α 是不存在的，因此，增加平衡系数 a_i 、 b_j ，保证出行分布预测得到的OD矩阵满足约束条件，得到如下修改了的重力模型：

$$q_{ij} = a_i O_i b_j D_j f(c_{ij})$$

其中：

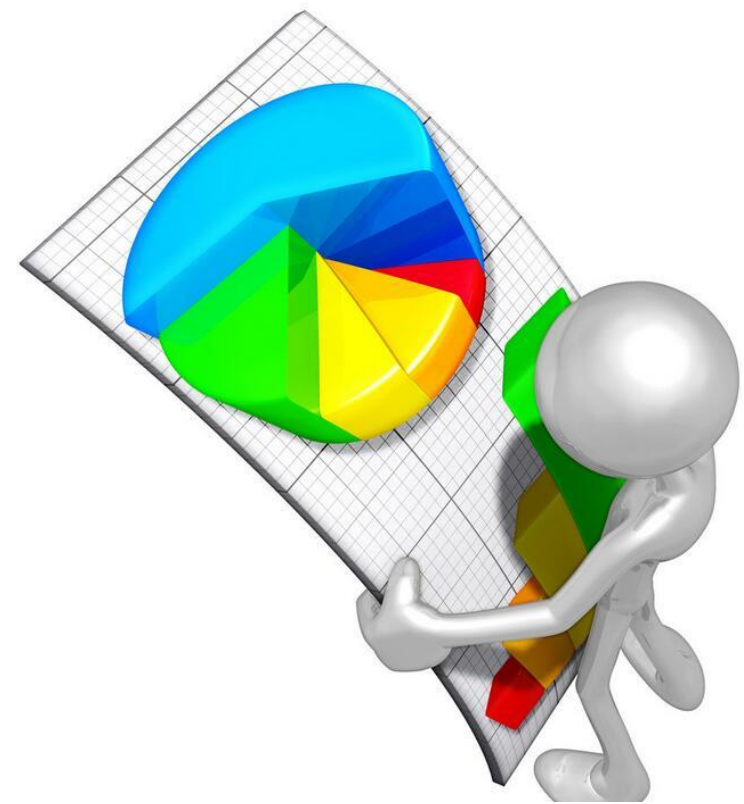
$$a_i = \left[\sum_j b_j D_j f(c_{ij}) \right]^{-1}$$

$$b_j = \left[\sum_i a_i O_i f(c_{ij}) \right]^{-1}$$

三、重力模型法

重力模型的**优点**:

- (1) 直观上**容易理解**。
- (2) 能**考虑路网的变化和土地利用**对人们的出行产生的影响。
- (3) 特定交通小区之间的**OD交通量为零时**，也能预测。
- (4) 能比较**敏感**地反映交通小区之间**行驶时间变化**的情况。



三、重力模型法

重力模型的缺点：

- (1) 模型尽管能考虑到路网的变化和土地利用对出行的影响，但**缺乏对人的出行行为的分析**，跟实际情况存在一定的偏差。
- (2) 一般，人们的**出行距离分布在全区域并非为定值**，而重力模型将其视为定值。
- (3) 交通小区之间的**行驶时间因交通方式和时间段的不同而异**，而重力模型使用了同一时间。
- (4) 求**交通小区内部交通量时的行驶时间**难以给出。
- (5) 交通小区之间的**距离小时**，有**夸大预测的可能性**。
- (6) 利用最小二乘法标定的重力模型计算出的交通分布量**必须借助于其他方法进行收敛计算**。



与增长系数法相比，重力模型法有何优缺点？



2030年

形成“中心
城-副中心
城-新城-新
市镇”的城
镇等级体质



交通小区分
区发生改变

与增长系数法相比，重力
模型法有何优缺点？



2030年



增加多条**跨江通道**和**地铁线路**，解决了过江难的问题，**路网**发生巨大变化

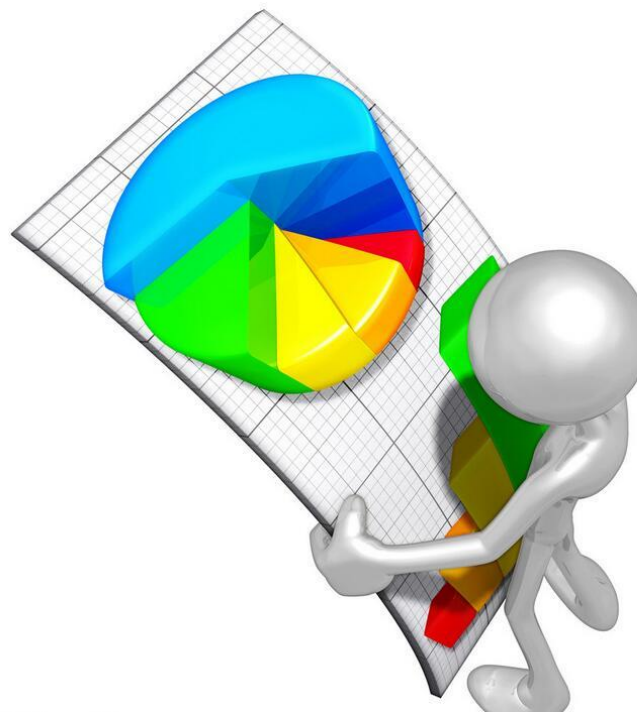
与增长系数法相比，重力模型法有何优缺点？





思考题

掌握重力模型的优缺点。



Next.....

第二节 交通分布预测

- 一、概述
- 二、增长系数法
- 三、重力模型法
- 四、TRANSTAR软件应用**

四、TRANSTAR软件应用

- 交通网络系统交通分析基础软件 “**交运之星—TranStar**” 是进行交通运输网络系统规划、建设及管理的必备软件。
- 该软件系统是东南大学交通学院在交通运输领域内十多年的科学研究成果的基础上开发而成的。“交运之星—TranStar” 是TRANSPAS的升级版。它是系统集成软件，主要由王炜教授（东南大学）与M.McDonald教授（英国南安普顿大学）联合开发的STATRAM（1992年）、王炜教授与W.Brilon教授（德国波鸿大学）联合开发的STATRAM GRAPHICS（1996年）、以及王炜教授等东南大学科技工作人员联合开发的NETASYSTIM（1986-1997年）的基础上经过集成、更新和再开发而成。

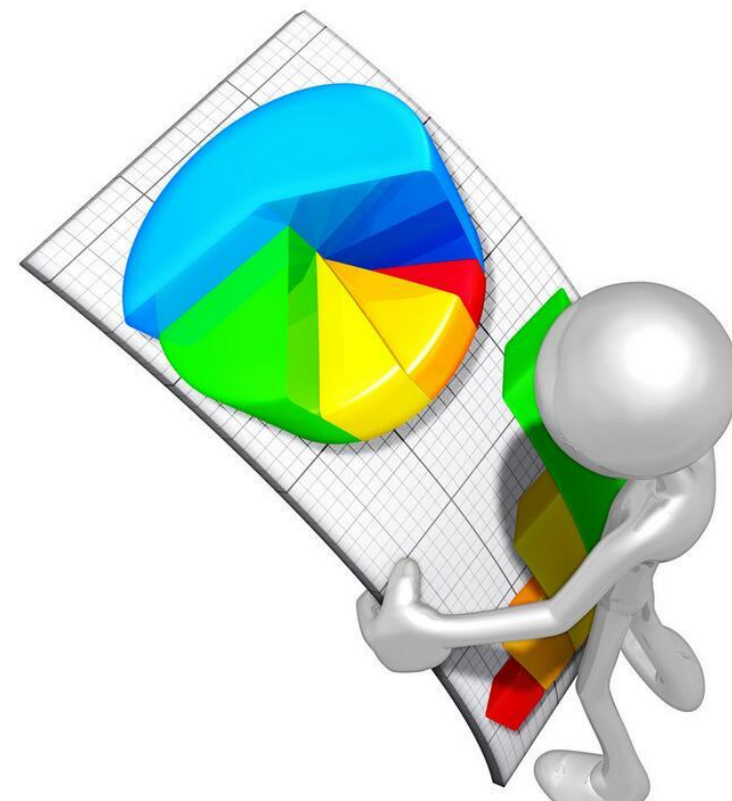
四、TRANSTAR软件应用



四、TRANSTAR软件应用

1.城市交通网络数据库建立

- 1) 网络邻接目录表
- 2) 网络几何要素表
- 3) 节点坐标系统表
- 4) 交通节点类型表
- 5) 交通节点与交通区对应关系表



四、TRANSTAR软件应用

2.交通区间阻抗分析

1) 创建控制参数表

```
          STABLE11.TXT
Data_files_path
          C:\TranStar\streets\Example1\
Name_of_connection_relationship_table
          CONN.TXT
Name_of_geometrical_data_table
          GEOM.TXT
Name_of_comparison(zone_to_node)
          CHNN.TXT
Name_of_distance_table
          DISTANCE.TXT
```

输入文件:

交通区之间的阻抗值

交通区发生量

交通区吸引量

2) 按TranStar界面的菜单提示选定“交通区间交通阻抗分析”

3) 确认控制参数表后，系统直接运行“交通区间交通阻抗分析”

四、TRANSTAR软件应用

3.用双约束重力模型进行交通分布预测

1) 创建控制参数表

```
STABLE12.TXT
data_files_path
C:\TranStar\streets\Example1\
name_of_distance_table
DISTANCE.TXT
name_of_generation_volumes
DEMAND_G.TXT
Name_of_attractive_volumes
DEMAND_A.TXT
Name_of_output_O_D_matrix
ODGRAVIT.TXT
Parameter_value_of_gravity_model
1.7
number_of_traffic_cells
65
```

输入文件:

交通区之间的阻抗值

交通区发生量

交通区吸引量

输出文件:

交通区之间的O-D分布矩阵

2) 按TranStar界面的菜单提示选定“双约束重力模型交通分布预测”

3) 确认控制参数表后，系统直接运行“双约束重力模型交通分布预测”

四、TRANSTAR软件应用

4.交通分布双约束重力模型标定

1) 创建控制参数表

STABLE13. TXT	
Data_files_path	C:\TranStar\streets\Example1\
name_of_existing_OD_matrix	EXI ST_OD. TXT
Name of distance table	DI STANCE. TXT
Name_of_output_parameter	ZLMXCS. TXT
Number_of_traffic_cells	135
start_value_of_parameter	1.0
end_value_of_parameter	3.0
step_of_iteration	0.1

2) 按TranStar界面的菜单提示选定 “双约束重力模型标定”

3) 确认控制参数表后，系统直接运行 “双约束重力模型标定”

输入文件:

调查的O-D矩阵

交通区之间的交通阻抗值

输出文件:

重力模型参数估计范围值

用FRATAR模型进行交通分布预测、O-D矩阵合并步骤类似!

本章小结

- 交通分布预测的概述

- 增长系数法

掌握常增长系数法、平均增长系数法、Detroit Method（底特律法）、Fratar Method（福莱特法）、Furness Method（佛尼斯法）的基本原理及增长系数法优缺点

- 重力模型法

掌握无约束重力模型计算及重力模型优缺点

- 运用TRANSTAR进行交通分布预测