

3.4 轨道交通需求 OD 分布预测

该小节主要与高速公路进行合理分担，城际轨道交通所占比率主要与出行距离、时间、成本等有关，根据课程中学到的模型，计算其分担量。

3.4.1 广义费用度量

根据已有材料，出行费率主要根据运价率、舒适度和旅行速度三个因素计算，其具体的参数情况如下：

	高速公路($i = 1$)	国道($i = 2$)	铁路($i = 3$)
运价率 R_i (元/人.km)	0.275	0.2	0.4
舒适度 M_i	1.34526	1.33226	1.54537
旅行速度 v_i (km/h)	80	50	200

直接成本和间接成本，是广义出行成本的基本构成。其中直接成本，是指出行者用直接支付或者税收等方式支付的成本，主要包括燃油费、停车费、过路费、车票等；间接成本是指运行时产生的成本，主要包括舒适性成本、安全性成本、环保性成本和时间成本等，广义出行费用函数可表示为：

$$C = \alpha TC + \beta TT + \gamma TM$$

其中：C 为广义出行费用；TC 为出行的直接经济成本，可以采用运价率来衡量；TT 为出行的时间成本，采用旅行速度来衡量；TM 为出行的舒适性成本，采用舒适度来衡量； α 、 β 、 γ 为待定系数，由于没有参考标准，我们将运价、舒适度和旅行速度视为等同的影响，即 $\alpha=1$ 、 $\beta = 1$ 、 $\gamma = 1$ ：

假设时间成本为 0.05 元/分钟，出行时间设为 $t = d/v$ ，其中 d 为距离， v 为速度，则出行时间成本：

$$TT_i = \frac{0.05 * d}{v_i}$$

经济成本：

$$TC_i = R_i * d$$

舒适度成本：

$$TM_i = \frac{0.05 * d}{M_i * v_i}$$

d 取单位长度 1km，则广义成本：

$$C_i = 0.05 * \frac{1 + M_i}{M_i * v_i} + R_i \text{ (元/km)}$$

获得广义成本如下：

	高速公路 ($i = 1$)	国道 ($i = 2$)	铁路 ($i = 3$)
运价率 R_i (元/人·km)	0.275	0.2	0.4
舒适度 M_i	1.34526	1.33226	1.54537
旅行速度 v_i (km/min)	1.33	0.83	3.33
广义成本 C_i (元/km)	0.3405395	0.30545809	0.42473114

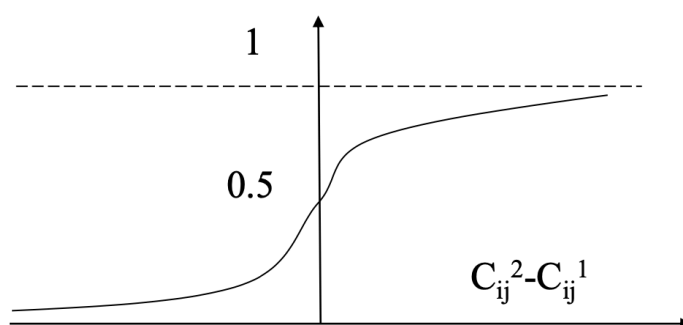
3.4.1 分担模型计算

在课程中我们学习到方式选择的分担率模型，假设有两种运输方式，根据引力模型有(仅考虑费用因素)，其中为 T_{ij}^k 为第 k 种交通方式的交通量， C_{ij}^k 对应广义费用：

$$T_{ij}^k = A_i O_i B_j D_j \exp(-\beta C_{ij}^k), k = 1, 2$$

则第一种运输方式的分担率为：

$$P_{ij}^1 = \frac{T_{ij}^1}{T_{ij}} = \frac{\exp(-\beta C_{ij}^1)}{\exp(-\beta C_{ij}^1) + \exp(-\beta C_{ij}^2)} = \frac{1}{1 + \exp(-\beta(C_{ij}^2 - C_{ij}^1))}$$



其中的 β 值需要由观察值标定，我们采用教材上的策略：

$$P_{ij}^2 = 1 - P_{ij}^1 = \frac{\exp(-\beta(C_{ij}^2 - C_{ij}^1))}{1 + \exp(-\beta(C_{ij}^2 - C_{ij}^1))}$$

增加回归系数：

$$\ln\left(\frac{P_{ij}^1}{1 - P_{ij}^1}\right) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta(C_{ij}^2 - C_{ij}^1) - \lambda)}$$

用线性回归标定参数 β ， λ 则：

$$P_{ij}^1 = \frac{1}{1 + \exp(-\beta(C_{ij}^2 - C_{ij}^1) - \lambda)}$$

在多个选项的情况即为普通的 logit 回归，即：

$$P_{ij}^i = \frac{\exp(-\beta C_{ij}^i)}{\sum_k \exp(-\beta C_{ij}^k)}$$

3.4.3 综合模型分担率

在获得了费用的参数后，我们就可以基于起点终点城镇，建立分担率与费用的函数关系，其基础参数如下：

起点城镇	终点城镇	距离 (km)	铁路分担率 (%)	C1	C2	C3
1	3	75	32.5	25.5404	22.9093	31.8548
1	13	428	94.8	145.7509	130.7360	181.7849
4	10	49	20	16.6864	14.9674	20.8118
3	19	155	46.7	52.7836	47.3460	65.8333
12	16	210	63.5	71.5132	64.1461	89.1935
2	17	113	43.9	38.4809	34.5167	47.9946
17	23	118	45	40.1836	36.0440	50.1182
4	23	204	60.6	69.4700	62.3134	86.6451

增加常数项后，我们直接基于 Stata 的 Logit 模块进行参数拟合，获得如下结果：

Logit Regression Results						
Dep. Variable:	ratio	No. Observations:	8			
Model:	Logit	Df Residuals:	5			
Method:	MLE	Df Model:	2			
Date:	Wed, 25 Nov 2020	Pseudo R-squ.:	0.2151			
Time:	03:49:49	Log-Likelihood:	-4.3469			
converged:	False	LL-Null:	-5.5383			
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	0.3038			
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
C1	-0.9958	nan	nan	nan	nan	nan
C2	0.6804	1.05e+06	6.49e-07	1.000	-2.06e+06	2.06e+06
C3	0.3334	4.22e+08	7.91e-10	1.000	-8.26e+08	8.26e+08
intercept	-1.6007	-0	inf	0.000	-1.601	-1.601

我们可以发现，拟合效果比较差，所以我们调整为二项 Logit 进行回归，将高速公路和国道合并为公路，成本取平均值：

	高速公路 ($i = 1$)	铁路 ($i = 3$)	C1-C3
广义成本 C_i (元/km)	0.322998795	0.42473114	-0.101732345

二项拟合函数为：

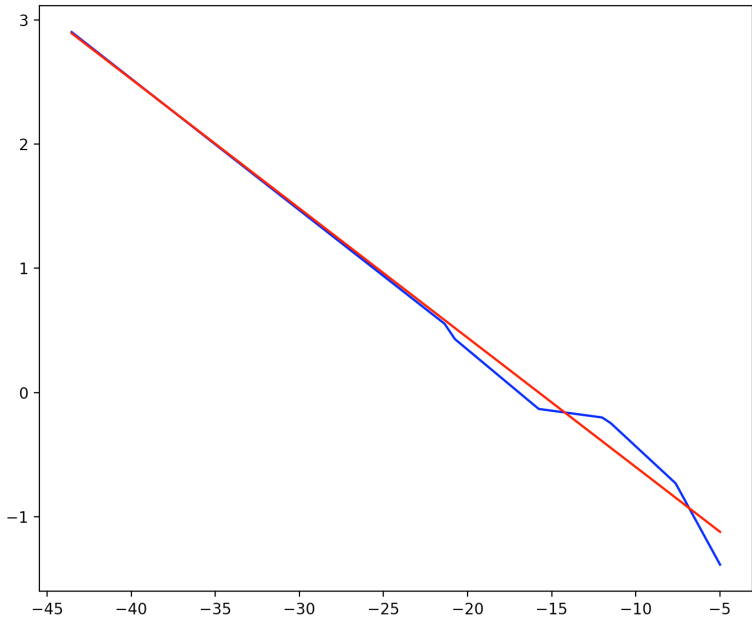
$$\ln\left(\frac{P_{ij}^3}{1-P_{ij}^3}\right) = -\beta(C_{ij}^1 - C_{ij}^3) * d - \lambda$$

起点城镇	终点城镇	距离 d (km)	铁路分担率 (%)	(C1-C3)*d
1	3	75	32.5	25.5404
1	13	428	94.8	145.7509
4	10	49	20	16.6864
3	19	155	46.7	52.7836
12	16	210	63.5	71.5132
2	17	113	43.9	38.4809
17	23	118	45	40.1836
4	23	204	60.6	69.4700

通过 Python 的回归模块进行参数拟合，获得拟合的结果：

$$\ln\left(\frac{P_{ij}^3}{1-P_{ij}^3}\right) = -1.641(C_{ij}^1 - C_{ij}^3) * d - 0.104$$

其拟合效果如下：



拟合结果为：

$$P_{ij}^3 = \frac{1}{1 + e^{-0.104 * 0.1017 * d - 1.164}}$$

基于上述拟合结果，我们可以获得 OD 的铁路需求预测结果，见附录。