

## 小区开放对道路通行的影响

## 摘 要

关键词: 层次分析 元胞自动机

- 1 问题重述
- 2 符号说明
- 3 问题分析

## 3.1 问题一

开放小区主要影响道路网络结构,并且开放小区后小区中的道路人流量会增大,也会对道路的通行能力造成影响。

### 3.1.1 基于置信度的模糊评价模型

设影响因素的主因素集  $U = \{u_1, u_2, u_3\}$ , 评判等级集  $V = \{v_1, v_2, v_3\}$ 。其中 U 中  $u_1$  代表路网结构改变对周边道路的影响, $u_2$  代表人流量与非机动车流量对周边道路的影响, $u_3$  代表可能增加的路口对周边道路造成的影响;V 中  $v_1$  代表开放小区对周边道路交通有积极影响, $v_2$  代表开放小区对周边道路交通有不利影响。对 U 中每一个因素根据评判等级指标进行模糊评判,得到评判矩阵为

$$R = \begin{bmatrix} r_{1,1} & r_{1,2} & r_{1,3} \\ r_{2,1} & r_{2,2} & r_{2,3} \\ r_{3,1} & r_{3,2} & r_{3,3} \end{bmatrix}$$

其中  $r_{ij}$  表示  $u_i$  关于  $v_j$  的隶属程度,则 (U,V,R) 构成一个模糊评价模型,模型中  $r_{ij}$  是由评判者打分决定的,为了消除偏差,统计每项得分归一化

### 3.1.2 道路条件

开放小区会导致人流量增加

#### 3.1.3 Braess 悖论

数学家 Dietrich Braess 在 1968 年首次提出了 Braess 悖论  $^{[1]}$ 。考虑拓扑结构如图 1的交通网,假设交通网中的流量为 4000,起点为 A,终点为 D 通过  $A \to B$  与  $C \to D$  的时间均为车流量除以 100,通过  $B \to D$  与  $A \to C$  的时间为固定的 45 分钟。在路径  $B \to C$  没有开通时,从  $A \to D$ 

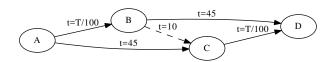


图 1: Braess 悖论的具体情况

的通过时间分别为  $\frac{A}{100}$  + 45 与  $\frac{B}{100}$  + 45, 达到均衡之后有 A=B=2000 这样每条路通过的时间都是  $\frac{2000}{100}$  + 45 = 65 分钟。

现在考虑  $B \to C$  开通之后,其通过时间非常短,在这种情况下,所有司机都会选择  $A \to B \to C \to D$  这条路线,因为即使所有车辆全部通过  $A \to B$  所用时间也不超过 40 分钟,这样所有通过这条路径的时间为  $\frac{4000}{100} \times 2 + 10 = 90$  分钟,Braess 悖论便是指这种情况。

#### 3.1.4 基于 Braess 的评价系统

小区开放相当与在原有的交通网络中再次加入新的网路,其中必然会有某些情况导致 Braess 悖论的发生,而出现这种情时况不宜开放小区。

查阅论文可知 Pas 和 Principcipio 在其论文中指出了 Braess 悖论不发生的两种情况<sup>[2]</sup>,一种时交通量低时,如 1,另一种时交通量高时 2,当交通量符合上述两种情况时,不发生 Braess 现象,如 3所示。

$$Q > \frac{2(\alpha_n - \alpha_x)}{3\beta_n + \beta_x} \tag{1}$$

$$Q < \frac{2(\alpha_n - \alpha_x)}{\beta_n - \beta_x} \tag{2}$$

$$\frac{2(\alpha_n - \alpha_x)}{3\beta_n + \beta_x} < Q < \frac{2(\alpha_n - \alpha_x)}{\beta_n - \beta_x} \tag{3}$$

其中Q为交通需求,

## 3.2 问题二

考虑小区开放对周边道路通行的两个影响因素: 道路条件、交通条件。

#### 3.2.1 道路条件

首先,对小区周边道路条件进行分析。道路通行主要考虑从一点到另一点的实际通行时间,实际通行时间  $T = d_1 + D$ ,其中  $d_1$  为延误时间,D 为行程时间。

延误时间<sup>[3]</sup> 是指,道路上通行所需时间除行走时间外,也受市政道路交通信号灯的影响,如公式 (4) 所示。

$$d_1 = \frac{0.5T(1 - \frac{t_g}{T})}{1 - [min(1, x) \cdot \frac{t_g}{T}]}$$
(4)

其中T表示信号灯周期长度, $t_g$ 代表绿灯时间,x代表最大交通量与基本交通量之比。

通行时间是指,在不考虑交通路口的通行状况下,通过某个路段所需时间。常用的通行时间函数美国联邦公路局函数 (即 BPR 函数) 如公式 (5) 所示。

$$t_{ij} = \alpha_{ij} + \beta_{ij} f_{ij} \tag{5}$$

其中 ij 表示从 i 路段到 j 路段, $t_{ij}$  表示在该路段所花的时间, $\alpha_{ij}$  为路段上的结合具体情况,对其改进 , 考虑到小区内道路上行人、自行车等非机动车较多的特点,增加行人对机动车的影响、自行车对机动车的影响。结合已有的研究成果,得到行人、自行车分别对车辆的影响系数,得到改进BPR 函数。BPR 阻抗函数为:

#### 3.2.2 行程时间

#### 3.2.3 车流量

## 3.3 问题二

综合问题一的评价模型建立元胞自动机模型

$$A = (L, d, S, N, f) \tag{6}$$

其中 A 代表自动机模型,其中 L 为元胞空间;d 为元胞空间的维数;S 为 状态集合;N 为某个邻域内所有元胞的集合;f 为局部映射或局部规则。根据问题一中的模型,建立一个二维元胞自动机模型,每个每个元胞具有几个固定的生成地点,在 L 中有确定的目的地。

# 参考文献

- [1] BRAESS P D D. Über ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung[J]. Unternehmensforschung, 1968, 12(1): 258–268.
- [2] PAS E I, PRINCIPIO S L. Braess' paradox: Some new insights[J]. Transportation Research Part B: Methodological, 1997, 31(3): 265–276.
- [3] 任福田, 刘小明, 荣建. 交通工程学 [M]. [S.l.]: 人民交通出版社, 2003.
- [4] 李向朋. 城市交通拥堵对策—封闭型小区交通开放研究 [D]. [S.l.]:长沙理工大学, 2014.