

# 小区开放对道路通行的影响

陈子行<sup>1</sup> 陈太龙<sup>2</sup> 智 薇<sup>3</sup>

1 华北理工大学人工智能学院 河北 唐山 063210

2 华北理工大学理学院 河北 唐山 063210

3 华北理工大学人工智能学院 河北 唐山 063210

**【摘要】**本文针对小区开放对周边道路影响的系列问题,依次建立了评价指标体系、基于极限学习机的直行道模型和基于交通流的交叉路口模型,分析了小区的开放与封闭对道路通行的影响,针对问题,我们考虑到影响周边道路通行的主要因素,通过查阅大量的文献,选取了评价小区开放对周边道路通行影响的五个指标即交通饱和度、车流量、车流速度、路网可达性和交叉口延误,建立了一套相对完整的评价指标体系。

考虑到周边道路车辆通行方式的不同,我们将车辆通行的数学模型简化为直行道影响模型和交叉路口影响模型。对于直行道,我们建立了基于极限学习机的直行道模型,选取出入口平均延误时间来反映小区开放对周边道路通行的影响。对于交叉路口,我们建立了基于交通流的交叉路口模型,选取道路通行能力来反映周边道路的交通状况。

**【关键词】**极限学习机; 交通流; 平均延误时间; 仿真模拟

## 0 引言

2016年2月,国务院发布了有关街道的制度,提出封闭的小区的建设原则,应当逐步开放住宅和社区以及单元小区等等意见,引起了广泛的关注和讨论。社区开放是否能优化路网结构,提高道路通行能力,改善交通状况,以及如何提高效果是讨论的重点之一,评论褒贬不一。

一是,城市的道路网络结构很容易被封闭的小区破坏,城市的“毛细血管”随时会被堵塞,并容易造成交通拥堵。开放后的小区,增加了路网密度,道路的行车面积会增加,提升了通行能力。二是小区开放后,小区周围主要道路上的交叉路口的车辆也会增多,主要道路的通行速度可能会受到影响。因此,社区开放对周边道路交通的影响不能一概而论,应综合考虑诸多因素。本文旨在逐一解决这四个问题,并对上述影响进行探讨,以期对城市规划和交通管理有所裨益。

## 1 问题分析处理

第一个问题要求我们选择合适的评价指标体系来评价社区开放对周边道路交通的影响。首先,考虑到一些反映周边道路交通状况的指标,结合周边道路由封闭到开放的变化,确定了评价影响的指标。然后,对所选取的评价指标进行了说明和分析,给出了数学意义。

问题二要求我们建立关于车辆通行的数学模型,用以研究小区开放对周边道路通行的影响。首先,考虑到不同的车辆通行情况对反映周边道路通行也会有所影响,我们将车辆通行简单地划分为直行道和交叉路口两种通行方式进行建模。然后,建立基于极限学习机的直行道模型。在单隐含层前馈神经网络基础上建立的极限学习机的线性回归模型,将出入口平均延误时间选取为因变量,对直行道的车辆通行进行分析。最后,选取道路通行能力来反映交叉路口的交通状况,研究突发交通延误,

并在其基础上分析交通流以及道路通行能力,建立了基于交通流的交叉路口模型。

## 2 模型的建立与求解

### 2.1 模型的准备

为使解题过程得到简化,本文作出如下假设以规定模型和算法的使用范围。

- (1) 不考虑极端、恶劣天气等其他因素对交通的影响;
- (2) 只考虑小型轿车,不考虑特殊车辆、大型运输车辆等;
- (3) 假设搜集、记录的数据基本正确;
- (4) 假设车祸等交通事故只发生在交叉口;
- (5) 为研究小区开放对周边道路通行的影响,同时考虑到车辆通行的不同情况对周边道路通行也会产生影响,我们将车辆通行简单地分为直行道和交叉路口两种通行方式分别进行建模。

表 1 符号说明

符号	符号代表的意义
$\omega$	输入层与隐含层间的连接权值
$\beta$	隐含层与输出层间的连接权值
$q$	流量
$X$	道路通行能力
$b_j$	延误发生的第 $j$ 个临界值
$\hat{p}_j$	流量估计值
$\hat{q}(j)$	概率估计值
$\hat{P}(j)$	通行能力流量分布函数估计

### 2.2. 评价指标的选取

为了更加科学、全面、公正地评价小区开放对周边道路通行的影响,我们综合考虑多方面的因素,并结合查阅资料,归一、整理后最终选取交通饱和度、车流量、

车流速度、路网可达性和交叉口延误这五个指标构成评价指标体系对小区由封闭到开放对周边道路通行的影响进行综合评价。

序号	指标
1	交通饱和度
2	车流量
3	车流速度
4	路网可达性
5	交叉口延误

表 2 评价指标的选取

### 2.3 评价指标的分析

#### 2.3.1 交通饱和度

交通饱和度是反映道路服务水平的重要指标之一。它与行车速度成反比，道路行驶速度越高，运行时间越短，饱和度值越低，反之则越高。其计算公式如下：

$$q_i = \frac{Q_i}{R_i}$$

其中： $q_i$  表示车流  $i$  的饱和度， $Q_i$  表示车流  $i$  的实际交通流量， $R_i$  表示车流  $i$  的饱和通行能力。

#### 2.3.2 车流量

车流量是指在一定时间内通过某路段的车辆数量，是基于单位时间内通过某路段的车辆数量，其计算公式如下：

$$L = \frac{s}{t}$$

其中： $L$  为车流量， $s$  为通过车辆数， $t$  为通过车辆数所用的时间。

#### 2.3.3 车流速度

车流速度是指在道路上所有车辆同时通行的平均速度，是由单位时间内行驶的路程为标准，其计算公式如下：

$$V_0 = \frac{S}{T}$$

其中： $V_0$  为车流速度， $S$  为路程， $T$  为通过路程所用的时间。

#### 2.3.4 路网可达性

路网可达性是居民或车辆在城市社区或道路网络节点之间平均旅行时间的倒数。路网可达性是交通困难的技术指标。值越高，则可达性越好<sup>[11]</sup>。

可达性系数的计算公式为：

$$T = \frac{1}{m_r} \sum_{r=1}^n \left( L_{r,\theta} / \sum_{\theta=1}^4 d_{\theta,r} \right)$$

其中， $m_r$  表示小区数， $L_{r,\theta}$  表示  $\theta$  小区范围内的干道路段的长度， $d_{\theta,r}$  表示  $\theta$  小区中心至外围某一干道的最优路径。

#### 2.3.5 交叉口延误

交叉口延误是指通常情况下，进入交叉口的车辆，由于受到多方面因素的影响包括交通信号灯、突发事故等的影响而改变行车状态所造成的车辆运行时间的损失。车辆在到达交叉路口时，红灯则需完全减速停车变绿灯后加速通过，绿灯若前方有车辆需减速后加速通过，绿灯若前方无排队车辆则顺利通过。前两种情况均造成交叉口延误。同时，根据 Webster 模型，交叉口延误可以由均衡延误、随机附加延误和初始排队附加延误三部分组成。

### 2.4 直行道的模型建立和求解

对于直行道，我们选取出入口平均延误时间来反映小区开放对周边道路通行的影响。将出入口平均延误时间作为因变量，问题一选取的指标作为自变量，建立如下的极限学习机线性回归模型。

ELM 在训练之前可以随机产生  $\omega$  和  $b$ ，只需确定隐含层神经元个数及隐含层神经元的激活函数，即可计算出  $\beta$  模型的建立如图 12 有以下几个步骤：



图 1-2 模型的建立步骤

### 2.5 交叉路口的模型建立和求解

对于交叉路口，我们选取道路通行能力来反映周边道路的交通状况。这里将突发交通情况下造成的交通拥堵，车速骤降、车流量减少等定义为突发交通延误。小区开放在一定程度上会增加流量，同时研究交叉路口突发交通延误来进一步分析小区开放对周边道路通行的影响。

#### 2.5.1 乘积限估计和寿命数据分析

设  $X$  来表示道路通行能力，其分布函数为

$$F(q) = P(X \leq q)$$

式中  $F(q)$  表示流量为  $q$  时发生突发交通延误的概率； $P(X \leq q)$  表示流量为  $q$  时，接近或达到通行能力发生突发交通延误的概率。

定义通行能力的交通流生存函数  $S(q)$  为流量超过交通通行能力而不发生交通中断的概率：

$$S(q) = 1 - F(q)$$

显然生存函数值很小或趋近于 0，因为一般情况下流量  $q$  接近或达到通行能力时，发生突发交通延误的概率很高。这时，将流量的取值  $[0, \infty)$  划分为  $k+1$  个子区间。记  $I_j = [a_{j-1}, a_j)$  为第  $j$  个子区间， $j$  取值为 1 至  $k$  的自然数，左区间值必小于右区间值。记  $N$  为累计发生突发交通延误的总次数，第  $i$  次发生突发交通延误时的较大流量序列记为  $q_i (i=1, \dots, N)$ ，每次发生均需记录。后

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & q_i \text{ 能被直接观测} \\ 0, & q_i \text{ 不能被直接观测} \end{cases}$$

则有流量数组  $(q_i, \delta_i)$ 。将观测序列  $q_1, \dots, q_i, \dots, q_N$  重新按照大小次序排列统计，得到新的排列后的序列记为  $q_{(1)} \leq \dots \leq q_{(i)} \leq \dots \leq q_{(N)}$ ，同样，若  $q_{(i)}$  能被观测则  $\delta_{(i)} = 1$ ，反之  $\delta_{(i)} = 0$ ，得到生存

函数  $S(q)$  的乘积估计  $\hat{S}(q)$  为

$$\hat{S}(q) = \begin{cases} 1, q \in [0, q_{(1)}) \\ \prod_{e=1}^j \left( \frac{N-i}{N-i+1} \right)^{d_e}, q \in [q_{(j)}, q_{(j+1)}) \\ 0, q \in [q_{(m)}, \infty) \end{cases}$$

### 2.5.2 通行能力分布函数估计

根据生存分析非参数估计 [12][13] 和分段计算概率思想, 构建基于道路突发交通延误的交通流寿命分布列并估计通行能力分布函数。且步骤如下。

划分区间。将  $J_j$  记为  $J_j = [b_{j-1}, b_j)$ , 那么会有

$$b_j = b_0 + jh$$

$$b_0 = a_0 + \min\{q_i | 1 \leq i \leq N\}$$

式中  $h$  表示子区间长度;  $b_j$  为延误发生的第  $j$  个临界值。

符号	定义
$N_j$	流量 $q$ 在 $[b_{j-1}, b_j)$ 区间突发交通延误发生的次数
$d_j$	流量 $q$ 在 $[b_{j-1}, b_j)$ 区间突发交通延误发生的次数
$P(q)$	流量在 $(b_0, b_j)$ 区间延误发生的概率
$p_j$	流量在 $(b_0, b_{j-1})$ 和 $(b_j, b_j)$ 区间延误未发生的条件概率
$q(j)$	流量在 $(b_0, b_{j-1})$ 区间延误未发生而在 $(b_j, b_j)$ 区间发生的条件概率

并且定义  $q(0) = 0$  与  $q(k+1) = 1$ , 有

$$N_j = N_{j-1} - d_{j-1}$$

由概

$$P(j) = \prod_{i=1}^j p_i$$

$$p_j = \frac{P(j)}{P(j-1)}$$

$$q(j) = 1 - p_j$$

构建流量分布函数估计。将  $b_j$  记为区间  $J_j$  上突发交通延误的发生次数, 如果它服从二项分布

$$P(d_j) = \binom{N_j}{d_j} [q(j)]^{d_j} [1-q(j)]^{N_j-d_j}$$

进而得到似然函数

$$P(d_1, \dots, d_m) = \frac{N!}{\prod_{j=1}^m d_j!} \prod_{j=1}^m [q(j)]^{d_j} [1-q(j)]^{N_j-d_j}$$

使得式取到最大值的解  $\hat{q}(j)$  为

$$\hat{q}(j) = \frac{d_j}{N_j}$$

数学学报, 2019, 42(1): 71-84.

其中  $\hat{q}(j)$  即概率估计值。

由 ~ 得

$$\hat{p}_j = 1 - q(j)$$

于是  $\hat{P}(j)$  分布函数估计  $\hat{P}(j)$  为

$$\hat{P}(j) = \prod_{e=1}^j \hat{p}_e$$

其中  $\hat{p}_e$  为流量估计值。

显然有

$$\hat{S}(q) + \hat{P}(j) = 1$$

估计通行能力

在正常交通条件下, 单位时间最大延误流量定义为在一定的可接受交通延误概率的前提下, 基于交通流生存函数的城市道路通行能力 [1]。概率发生率必须介于 0 和 1 之间, 因此, 如果  $J$  和流量  $Q$  满足以下公式 (3.15), 则此处也给出了可接受的延迟概率

$$\hat{P}(j) \leq 1 - \alpha < P(j-1), b_{j-1} < q \leq b_j$$

那么这时  $q$  就可以表示为道路通行能力  $X$  的估计,

即可以记为  $\hat{X} = q$ 。

若  $\hat{P}(j) = 1 - \alpha$ , 则  $X$  的估计为

$$\hat{X} = \left[ \frac{b_{j-1} + b_j}{2} \right]$$

若  $\hat{P}(j) < 1 - \alpha < P(j-1)$ , 则

$$\hat{X} = b_{j-1}$$

结合式、估计的道路通行能力, 它的精确度与

$[b_{j-1}, b_j]$  划分相关性密切。统计意义下, 为了更加精确、提高稳定, 可以计算  $X$  的期望估计值为

$$\hat{X} = E(X) = \sum_{e=1}^{j-1} P(e) (b_{e+1} - b_e)$$

### 3 结束语

本文主要分析了小区的开放与封闭对道路通行的影响, 选取了评价小区开放对周边道路通行影响的五个指标, 通过极限学习机和交通流分别来分析小区开放对直行道和交叉路口的影响。

#### 【参考文献】

- [1] 胡尧, 韦维, 商明菊, 李丽, 李扬. 基于交通流生存函数的交叉口通行能力计算模型 [J]. 交通运输工程学报, 2019, 19(04): 137-150.
- [2] 陈兴菊. 关于开放小区车辆通行模型的研究 [J]. 科技创新与应用, 2019(13): 41-42.
- [3] 董宁宁. 自行车影响下信号交叉口右转车辆通行能力模型及交通组织研究 [D]. 长安大学, 2019.
- [4] 杨路路, 冯华. 提升城市交叉口通行能力的设计新思路 [J]. 建材世界, 2017, 38(06): 106-111.
- [5] 邵士良, 迟长春, 张祯海, 练正兵. 基于极限学习机算法的永磁机构动作时间补偿的研究 [J]. 低压电器, 2014(02): 13-17.
- [6] 李永明, 周勇. 基于右删失宽相依数据的 Kaplan-Meier 估计和风险率估计的渐近性质 [J], 应用