

# 基于通行时间的道路通行最优模型建立与求解

王振宁

重庆交通大学 交通运输学院 重庆 400041

**摘要:** 本文重在讨论开放小区对道路网络优化的作用, 小区开放对于拥堵有两方面的影响, 一方面, 开放小区能够改变交通状况, 提高道路通行能力的问题; 另一方面, 开放小区可能会加大道路拥堵; 那么开放策略的制定显得至关重要。本模型分别针对此问题建立了综合时间优化评价体系、车辆通行模型。根据模型进行了合理的假设, 给出了各种综合情况下的定量结论。本论文做了如下工作:

模型假设方面, 首先假定某城市作为研究对象, 在此研究对象上, 对不同车道类型通行时间、不同红绿灯的时间、不同拥堵状态下的等待时间和穿行不同类型小区的时间进行了合理假设。在综合时间优化评价体系基础上, 增加了车流量因素, 建立了权重最优模型, 计算出了整个城市各路段不同情况下的权重值。通过城市拓扑图结合Dijkstra算法给出了车辆通行数学模型。通过前面的假设和模型建立与求解, 根据量化结果分别能够进行分类决策, 本文分别向城市规划部门和交通管理部门给了不同的建议。

**关键词:** 综合时间优化评价体系; 权重最优模型; Dijkstra算法; MATLAB程序

## The establishment and solution of road traffic optimal model based on traffic time

Zhenning Wang

School of Traffic and Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400041

**Abstract:** This paper focuses on the role of open community on road network optimization, community opening for congestion has two aspects of the impact, on the one hand, open community can change the traffic situation, improve the road capacity; On the other hand, opening up the community may increase road congestion; Then the formulation of an open strategy is crucial. In this model, a comprehensive time optimization evaluation system and a vehicle passage model are established respectively. Reasonable assumptions are made according to the model and quantitative conclusions are given under various comprehensive conditions. This paper has done the following work:

In terms of model assumptions, a certain city is assumed as the research object. On this research object, reasonable assumptions are made on the passage time of different lane types, the time of different traffic lights, the waiting time under different congestion conditions and the time of crossing different types of residential areas. On the basis of the comprehensive time optimization evaluation system, the vehicle flow factor is added, the weight optimal model is established, and the weight value of each road section in the whole city under different conditions is calculated. The mathematical model of vehicle traffic is given by combining city topology and Dijkstra algorithm. Through the establishment and solution of the preceding hypothesis and model, classification decisions can be made according to the quantitative results. This paper gives different suggestions to the urban planning department and the traffic management department respectively.

**Keywords:** Comprehensive time optimization evaluation system; Weight optimal model; Dijkstra algorithm; MATLAB

### 引言:

近日, 国务院颁布了《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》, 正式提出了未来将不再建设封闭住宅小区, 对于已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放等意见。能否通过推广街区制实现“窄马路, 密路网”的城市交通布局成为焦点。城市道路拥堵成为当今社会城市发展的重大阻碍, 破除围墙、开放道路, 可以扩大现有的道路交通、缓解道路堵塞, 从而通过设计手段实现城市交通布局的优化。

近年来, 我国经济快速发展, 城市规模不断扩大, 城镇人口和机动车辆的数量也在日益增多。但是, 城市空间和城市道路资源有限, 在短时间内很难做出改变, 致使城市交通问题越来越严重。而我国用地性质的特殊性导致城市中的居住区、商业区、行政办公区、学校等单位都是一个相对完整的地块, 道路之间缺乏交通联系。这样的交通网络致使交通流量都集中在主要干道, 并且相邻道路之间的联系过少, 无法指望主要干道之间相互交流, 最终结果是城市交通拥挤, 出行者的出行成本增加, 为此, 有专家学者提出对我国原有的封闭式小区加以改进, 开放小区道路, 增加路网的密集程度, 提高道路面积, 以解决现有城市道路难以满足流畅通行的现状。

### 一、问题分析

通过考虑不同车道类型通行时间和行驶速度、不同红绿灯的时间、不同拥堵状态下的等待时间和穿行不同类型小区的时间等因素来评价小区开放对周边道路通行的影响, 最终将其所有的因素都转化到通过该段路的时间作为综合时间优化评价体系, 来给出开放小区对周边道路通行所造成的影响。通过建立车流量与小区开放对周边道路通行的模型, 来研究车流量和小区开放对周边道路通行之间的关系。小区的结构、周边道路的结构、车流量和自然环境因素等都可能与小区开放的效果息息相关, 根据这些不确定的因素建立数学模型, 来做定量分析比较对道路通行所造成的影响。从交通通行的角度向城市规划和交通管理部门提出小区开放不同程度给出相应的建议和方案。

### 二、模型假设

- ①假设所有的阻塞点都在十字路口;
- ②假设开放小区指的是穿行;
- ③假设绕行时在非路口都是通畅不堵车;
- ④假设不出现交通事故和自然灾害等;
- ⑤假设交通拥堵地区都是繁华地段, 医院, 学校, 商场;

⑥本文以下面城市为例进行分析, 选取某城市主干道分布图;

⑦在某城市中, 不仅有街道图, 不同的路段还有不同的路况, 本文假设A型路双向多车道, B型路双向单车道和C型单向单车道;

⑧假设小区分为老化型、普通型和成熟型三种不同的小区类型根据这些因素来对开放小区对道路的影响状况。

### 三、符号说明

- $T_i$ : 通过第*i*段路所花费的时间;
- $T_{ai}$ : 通过道路所花费的时间;
- $T_{bi}$ : 正常交通规则下通过道路所花费的时间;
- $T_{ci}$ : 拥堵情况下所花费通过道路所花费的时间;
- $T_{di}$ : 绕行小区所花费的时间;
- $T_{da_i}$ : 绕行3种不同小区所花费的时间;
- $T_{db_i}$ : 绕行小区回归正路所花费的时间;
- $N$ : 初始地到达目的地所通过的路段;
- $\rho_i$ : 路段的权值;
- $C$ : 通过该段路车流量所消耗的代价;
- $F$ : 不同路段的车流量;
- $W_0$ : 所有穿行小区所需的代价;
- $W_1$ : 所有不穿行小区所需的代价。

### 四、模型的建立与求解

#### 1. 综合时间优化评价体系

根据前面的假设, 选择如下因素作为评价因素, 具体如图4-1所示。

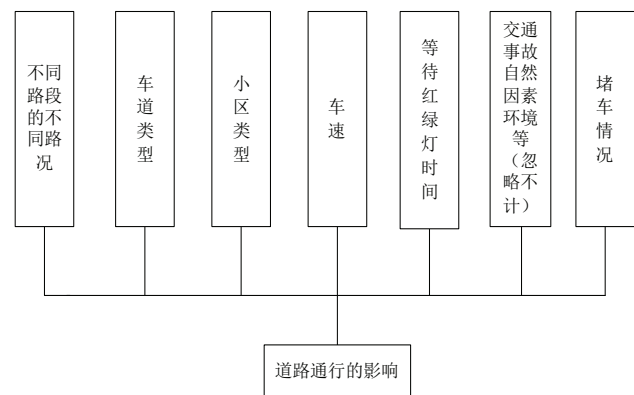


图4-1 通行影响因素

根据通行的因素来建立模型, 具体模型如下:

$$T_i = T_{a_i} + T_{b_i} + \alpha T_{c_i} + (1 - \alpha) T_{d_i}$$

$$T_{d_i} = T_{da_i} + \beta T_{db_i}$$

$$T_{db_i} = T_{a_i} + T_{b_i}$$

根据每一路段所需的时间, 可以求出来从始发点到终点所需的总时间为:

$$T = \sum_i^N T_i$$

当 $\alpha=0$ 时,  $T_i$ 为穿行小区通过该路段所需时间;

当 $\alpha=1$ 时,  $T_i$ 为穿行小区通过该路段所需时间。

利用Excel运算得出 $T_i$ 的值。根据数据得出结论: 当车在A、B、C型路在正常情况和一般堵车情况行驶时都不用穿行小区(小区不开放), 当车在A、B、C型路严重堵车和特别严重堵车情况下遇见老化小区不必绕行, 选择穿行小区会更加的拉长时间; 同时也说明当车在A、B、C型路在严重堵车和特别严重堵车的情况下, 遇见成熟和普通小区都要绕行(小区开放), 这样遇见就可以选择穿行小区(即小区开放), 可以节省大量的时间。

通过以上可以发现不管什么样的道路, 只要是老化的的小区都不需要穿行开放, 只能对其进行改造, 进行现代化建设, 建成现代化的普通或者成熟小区, 可以更加有力的缓解交通阻塞的问题, 可以提高道路的通行能力, 改善交通状况, 来达到更好的优化路网结构。

## 2. 车辆通行的数学模型

### 2.1 权重最优模型

在综合时间优化评价体系基础上, 根据该城市的坐标求出某段路的一个权重, 在原有的基础上在加一个车流量因素, 考虑车流量通行所消耗的权值, 实施小区开放政策后, 实际上就是在原有的交通道路网络上增加一条路段, 看似是可以有效的缓解交通阻塞, 但实际上反而使网络上的出行时间增加了, 而且也使所有出行者的出行时间都增加了, 这一增加的路段不但没有有效的减少交通顺畅, 时间减少, 反而降低了整个交通道路网络的服务水平, 给某个路段带更加严重的问题, 这种出力不讨好且与人们直观感受相背的交通网络现象就是人们所说的“Brass悖论”现象。后来人们对Brass模型进行了大量研究和实验, 经研究表明“Brass悖论”并不真是悖论, 而是复杂系统中所客观存在的现象。可以就此根据这一现象, 来求出车辆出行在某路段的一个权重。根据以上思想建立一个权重的模型。

$$\rho_i = \begin{cases} T_i + c & \alpha = 0 \quad (\text{穿行小区路段的权值}) \\ T_i + c & \alpha = 1 \quad (\text{不穿行小区路段的权值}) \end{cases}$$

在原有的权值上考虑车流量通行所消耗的权值:

$$C = c \times F$$

$c$ 是常量, 取 $c=0.025$ 。

当 $\alpha=0$ 时:

$$W_{a_i} = \rho_i$$

当 $\alpha=1$ 时:

$$W_{b_i} = \rho_i$$

$$W_i = W_{a_i} - W_{b_i}$$

当车辆走三种不同路况的时候,  $F$ 分别40, 20, 10时路径分配随时间演化的结果, 然后求出 $W_i, W_{a_i}, W_{b_i}$ 。

由以上数学模型可以得出: 当 $W_i > 0$ 时, 某路段穿行小区所需的代价更大; 当 $W_i < 0$ 时, 某路段不穿行小区所需代价更大。根据上诉的数据和表格结论可以得出: 车辆通行的代价远远小于评价指标对道路产生的拥挤影响大。

### 2.2 全局最优模型

上述分析只是从某路段考虑, 没有从全局角度考虑, 下面进一步完善模型, 在整个市区街道从最初始点到达最终点时, 利用Dijkstra通过图2-1街道分布图的相应数据, 具体的算法步骤如下:

(1) 初始化, 根据权重模型得出通过各路段的权重。

(2) 将所有街道化为相应节点, 先将其放入未标记集合中。

(3) 在未标记集合中, 分别把某个节点都作为初始地点, 把另外某个节点都作为终点。

(4) 设 $W = (\omega_{ij})_{n \times n}$ 表示赋权有向图的权矩阵, 其中 $\omega_{ij}$ 表示弧 $(t_i, t_j)$ 上的权值, 若不存在, 则 $\omega_{ij}$ 置为 $\infty$ 。S为已找到从 $t_i$ 出发的最短路径的终点集合, 它的初始状态为 $\{t_0\}$ 。设 $D_i$ 为从 $t_0$ 出发到图上其余各节点 $t_j$ 可能达到的最短路径长度的初始值, 它的初始值为: 若从 $t_i$ 到 $t_j$ 有弧, 则 $D_i$ 为弧上的权值, 否则置为 $\infty$ 。

(5) 选择 $t_j$ , 使得 $D_j = \min\{D_i | t_i \in V - S\}$

$t_j$ 就是当前求得的从 $t_0$ 出发的最短路径的终点。令

$$S = S \cup \{t_j\}。$$

(6) 修改从 $t_0$ 出发到集合 $V \setminus S$ 上任一节点 $t_k$ 当前找到的最短路径长度, 即: 如果 $D_j + \omega_{jk} < D_k$

则修改 $D_k$ 为 $D_k = D_j + \omega_{jk}$ 。

(7) 重复操作步骤(5)、(6)共 $n-1$ 次, 因此可以求得从 $t_0$ 到图上其余的各节点的最短路径是根据路径长度递增的序列。

### 3. 模型求解

根据以上所建立的模型和前面的综合评价指标体系, 利用MATLAB编程实现。

MATLAB运行需要有城市拓扑图的邻接矩阵, 在运算邻接矩阵时, 需要考虑综合评价指标, 下面针对进行假设。

根据结果可以发现, 老化小区都集中在交通枢纽的地方, 处于特别容易阻塞的地区, 老化小区要是选择开放, 不仅不会缓解交通阻塞问题, 反而会增加交通压力, 针对此现象可以建议老城新化; 成熟小区是新型化的,

一般都处于郊区地方,道路状况特别好,可以选择开放小区;这样可以缓解道路通行的压力,提高道路通行能力,改善交通状况,也帮助缓解老化小区道路阻塞问题;普通小区从各方面来说都特别不错,可以开放,让老化小区的车通行,不仅提高了路网密度,道路面积增加,而且也缓解了老小区的交通状况,从根本上改善了交通阻塞问题。

#### 4. 结果分析

通过MATLAB仿真得出:只要是老化的小区都不需要穿行开放,只能对其进行改造,进行现代化建设,见现代化的普通或者成熟小区,可以更加有力的缓解交通阻塞的问题,可以提高道路的通行能力,改善交通状况,来达到更好的优化路网结构。

结果表明,开放后小区道路的道路平均通过时间比开放前的时间短,开放后小区连接度指数、小区路口车辆冲突次数两者都比开放前要大,开放前后可达性系数没有变化,最终开放后的小区道路预期通行能力比开放前的预期通行能力要好,由此可看出该类型小区可以进行道路开放,但是对于不同城市路网在具体实施过程中应区别对待,总体来说,封闭型小区进行交通开放对周边道路影响是具有积极作用的。

#### 5. 小区开放的合理化建议

综合本论文建立的综合评价指标体系和车辆通行模型,在运算结果和实际情况下分别向城市管理部门和交通管理部门给出建议。

##### 5.1 城市管理部门

a. 越来越多的人选择在郊区居住,住宅向郊区蔓延态势日益增长,同时交通工具的需求量大幅度上升,增加购物中心、大型超市、小型超市、商铺等商业机构,来增强社区的活力。

b. 对老化小区进行改造,改变单一的车道类型,增加多功能道路的建设,一方面可以减少直接通向主干道的人流和车流,另一方面也可以有效的缓解交通阻塞这一现象。

c. 建立街区型开放小区,有利于恢复街道的作用,也有利于居住区安全的管理。

d. 提倡街区式的居住小区建设,通过网络状街道建设改善原有的单一的车行道路,窄的街道有利于居民采

用步行、自行车或者公共交通,增加区域的生活氛围并形成安全、健康和愉快的交通环境。

e. 鼓励居民之间的交往与融合,从而提高邻里环境的质量,促进社会和小区的和谐融合。

##### 5.2 交通管理部门

a. 开放式结构小区的内外交通组织的联系与规划,不仅可以缓解当前道路拥堵不堪的局面,形成网络状街道也有利于人们的步行出行,创造和谐的步行环境,减少资源浪费和环境污染。

b. 堵车严重的路段,应根据堵车的时间段,对周边小区开放程度进行合理化安排。

c. 尽快发布关于车辆穿行开放小区的限速安全规定,避免因车速过快造成人员伤亡,财产损失。

d. 老化小区应尽快改造小区路段,使改造后的穿行时间比正常行驶时间短。

e. 小区开放后,为了保证小区安全,取消定岗服务,设立轮流巡逻制度。

#### 参考文献:

- [1]姜启源.数学模型[M].北京:高等教育出版社,2003.
- [2]王玉英.史加荣,王建国,鲁萍.数学建模及其软件实现[M].北京:清华大学出版社,2015.
- [3]陈彦光,刘继生.Braess模型与城市网络的空间复杂化探讨[J].地理科学,2006,26(6):658-663.
- [4]傅白白,刘法胜.管理中的Nash平衡与Braess悖论现象[J].运筹与管理,2004,13(1):150-155.
- [5]刘卫国.MATLAB程序设计与应用(第二版)[M].高等教育出版社,北京:2006.
- [6]盛骤.概率论与数理统计[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [7]李德慧,刘小明.城市交通微循环体系的研究[J].道路交通与安全,2005,5(4):17-19.
- [8]陆化普.交通规划理论与方法[M].清华大学出版社.1998
- [9]刘灿齐.现代交通规划学[M].人民交通出版社.2001.10
- [10]于泳,黎志涛.“开放街区”规划理念及其对中国城市住宅建设的启示[J].规划师,2006(2):101-104.