



小区开放对道路通行的影响

王 丹,毛紫阳,吴孟达

(国防科学技术大学 理学院,湖南 长沙 410073)

摘 要:介绍 2016 年“高教社杯”全国大学生数学建模竞赛 B 题“小区开放对道路通行的影响”的基本建模思路,并就此题参赛论文的总体情况作一概述。

关键词:小区开放;交通平衡;交叉口时间延误;仿真模型

中图分类号:O29

文献标志码:A

文章编号:2095-3070(2016)04-0034-07

1 命题背景

2016 年全国大学生数学建模竞赛 B 题为“小区开放对道路通行的影响”,希望同学们建立数学模型解决以下问题:

- 1)选取合适的评价指标体系,用以评价小区开放对周边道路通行的影响;
- 2)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;
- 3)选取或构建不同类型的小区,应用建立的模型,定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响;
- 4)根据研究结果,从交通通行的角度,向城市规划和交通管理部门提出关于小区开放的合理化建议。

正如题目中所述,开放小区能否达到优化路网结构,提高道路通行能力,改善交通状况的目的,以及改善效果如何,有各种不同的说法,莫衷一是。因此,作为一项与人们生活密切相关的事情,有必要通过建立数学模型,来给出开放效果的评价,为管理部门提供量化的决策依据,此为命题目的。

关于道路通行的数学模型已有很多,作为竞赛题目,本问题并非希望同学们建立一个完全自主提出的新的数学模型,这也不现实。能够合理地组合应用已有的交通数学模型,得出与本问题有关的有价值的结论,就是好模型。

本问题设置的 4 个子问题有很强的内在逻辑关联性。首先,需要根据建模目的,提出一个合理的、具有可操作性的指标体系,用于定量评价模型应用的效果;其次,针对上述指标体系,建立相应的数学模型;然后,构建不同类型的小区,应用上述模型及评价指标,计算比较不同类型小区在开放前后的通行效果;最后,根据上述结果向管理部门提出关于小区开放的合理化建议。

2 解题思路

2.1 评价小区开放对周边道路通行影响的指标

2.1.1 指标选择应注意的要素

- 1)评价指标应具有针对性和可计算性

针对性 评价指标的针对性主要包含 2 个方面:①评价指标的值能直接反映小区开放前后带来的变化;②评价指标重点反映的是开放前后小区周边道路通行的影响,而不是对小区内部的影响,这是问题研究的目的所决定的。

可计算性 评价指标应当是客观可度量的,能够通过适当的方式(统计或仿真)计算得到,不是主观

收稿日期:2016-11-14

通讯作者:吴孟达,E-mail:mdwu@nudtwmd.com

或定性的,也不是抽象的、描述性的概念。

2) 评价指标应具有广泛性

注意到题目的要求是小区开放对周边道路通行的影响,并没有局限于通行能力的影响。因此,指标的选择应注意到广泛性。一般可分为3类指标:第1类用于刻画小区开放前后周边道路通行能力的变化;第2类用于反映小区开放前后带来的交通安全性的变化;第3类称为道路的可达性或便捷性指标,用于刻画小区开放前后道路连接的情况。

2.1.2 典型的评价指标

1) 刻画小区开放前后周边道路通行能力变化的评价指标

小区开放前后周边道路通行能力变化的评价可分为道路通行能力变化的评价和路口通行能力变化的评价。

典型的道路通行能力的评价指标可用平均通行流量和平均通过时间来刻画。小区开放前后,道路平均通行流量的变化可定义为单位时间内通过道路某个断面的车流量变化,其数学表达式为:

$$Q_d = \frac{N_1}{T_1} - \frac{N_2}{T_2},$$

其中: Q_d 为小区开放前后某条道路上平均通行流量的变化量; N_1, N_2 分别为小区开放前后该道路上通过的车辆数; T_1, T_2 为对应的小区开放前后通过该道路的时间。也可采用文献[1]中提出的计算车道通行能力的模型来刻画。一条车道的通行能力^[1]可定义为:

$$\begin{cases} N_0 = \frac{3600}{h_t} \\ N_p = N_0 \cdot \gamma \cdot \eta \cdot c \cdot u \end{cases}, \quad (1)$$

其中: N_0 为道路理论通行能力; N_p 为道路的通行能力,其单位为辆/h; h_t 为平均车头时距,单位为s; γ 为自行车影响系数; η 为车道宽度影响系数; c 为交叉口影响系数; u 为道路服务水平修正系数。在本问题中,可根据讨论问题的精细程度,酌情考虑对公式(1)中的系数 γ, η, c, u 进行修正。需要把握的一点是,在实际计算时需保证这些输入参数可获得。基于该模型的平均通行流量变化可定义为:

$$Q_d = N_{p1} - N_{p2},$$

其中, N_{p1}, N_{p2} 分别表示小区开放前后的通行能力。

与平均通行流量类似的指标还有道路车辆密度、道路饱和度、道路负荷度等,这些指标本质上都与道路上车辆的数量有关,因此,可认为是同一类指标,选取其一即可。它们用于刻画小区开放后,由于道路数量增加导致原有道路上行驶的车辆数发生改变而带来的影响。

另一类刻画小区开放前后道路通行能力变化的指标是道路平均通过时间变化:

$$T_d = T_1^a - T_2^a,$$

其中: T_d 为小区开放前后某条道路上车辆通过的平均时间的变化; T_1^a, T_2^a 分别为小区开放前和开放后该道路上车辆通过的平均时间。也可基于文献[2]中讨论的美国联邦公路局路阻函数来定义道路上车辆的平均通过时间,该路阻函数的数学表达式^[2]为:

$$T(q) = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{q}{q_0} \right)^\beta \right],$$

其中: $T(q)$ 表示流量为 q 的道路上车辆的行驶时间; t_0 为道路上自由车流的行驶时间; q_0 为道路的通行能力; α, β 为道路参数,根据道路状况确定。有不少参赛队在应用此函数时,针对主路与小区支路上车速不同的特点作出了相应的调整,从而获得了较好的评价。

平均通行速度可视为与平均通行时间类似的指标,它们都可用于刻画小区开放后,道路长度和道路上车辆数发生变化而带来道路行驶时间的差异。

路口通行能力变化的评价指标可用车辆通过路口的平均延误时间来刻画。路口的延误主要由等待红绿灯、转弯减速、排队等引起。设小区开放前后车辆通过某个路口的平均时间分别为 RT_1, RT_2 ,路口通行能力变化的评价指标可定义为:

$$\Delta T = RT_2 - RT_1。$$

对于本问题来说,路口可分为 2 种情况:一种是有红绿灯的路口,一般分布在小区周边主干道上;另一种是小区出入口,这样的路口一般不设红绿灯。对于有红绿灯的路口,简单的模型,可采用文献[3]提出的经验模型来描述车辆通过路口的时间:

$$RT = \frac{0.5T(1 - \frac{t_g}{T})}{1 - \min(1, x) \frac{t_g}{T}},$$

其中: T 为信号周期长度(单位为 s); t_g 为有效绿灯时间(单位为 s); x 为车道饱和度,与道路的通行能力相关。更细致的模型,可采用 Webster^[4] 模型。在该模型中,路口延误可分为均匀延误、随机延误和初始排队延误。均匀延误和初始排队延误是由信号灯引起的延误,随机延误是由路口流量饱和引起车辆排队而带来的延误,随机延误也可视为无信号灯控制时车辆通过路口的延时估计。为较好地描述无信号灯路口的通行状况,可应用 M/M/1 排队系统来建立模型:不同道路进入路口的车辆数服从泊松分布,路口视为单服务台,服务时间服从参数为 q (路口平均流量)的负指数分布。因此,路口通行平均延时可建模为 M/M/1 系统的平均等待时间。文献[5]给出了无信号灯路口车辆通行平均延误时间的估计^[5]:

$$RT = \frac{\left[\rho + \frac{\rho^2 + q_0^2 \frac{1}{q}}{2(1-\rho)} \right]}{q},$$

其中: ρ 为服务强度; q_0 为进入路口的平均车流量; q 为驶出路口的平均车流量。

2) 刻画小区开放前后周边道路安全性变化的评价指标

小区开放后带来的周边道路安全性的降低主要体现在小区路口车辆行驶带来的冲突次数的增加。因此,最直接的安全性评价指标可用小区开放前后,小区路口车辆冲突次数来刻画,其中,车辆冲突可定义为来自不同道路的车辆无法同时到达路口中某个位置而产生的冲突。当然,这不是对于安全性描述的唯一的评价指标。

3) 便捷性或可达性指标

该类指标用于刻画小区开放后带来的道路连通性的改变和行驶路径长度或行驶时间的改变。典型的指标可用路径平均行驶长度或平均行驶时间来描述。设讨论的小区周边道路有 M 个车辆进入(驶出)口,车辆从入口 I 到出口 J 共计有 K 条线路可选择,且有 N 辆车从该入口发往此出口,其中在第 i ($i = 1, 2, \dots, K$) 条线路上行驶的车辆数 N_i ,其线路的长度为 L_i ,该条线路上车辆行驶的平均通行时间为 t_i ,则道路便捷性指标可描述为:

$$BL_{IJ} = \sum_{i=1}^K l_i \frac{N_i}{N}, \quad BT_{IJ} = \sum_{i=1}^K t_i \frac{N_i}{N},$$

2 个指标分别用于刻画从某入口出发到某出口的所有车经过的平均路径长度或平均行驶时间,其值越小,说明越便利。

值得注意的是,上述指标均为针对小区周边道路中某条道路或路径的评价,对于小区周边道路整体通行能力的评价还需对上述不同道路或路径的评价指标进行适当综合处理。

此外,还可以考虑道路可靠度以及道路脆弱性指标,反映路网结构的抗干扰能力。由于小区开放显然有利于这些指标的向好变化,所以它们对本问题的重要度不如道路通行能力指标。

2.2 建立车辆通行的数学模型研究小区开放对周边道路的影响

该问题的困难之处在于没有小区开放后的直接数据可供使用。因此,建立小区开放前后车辆行驶的仿真模型是获得评价小区开放带来影响的数据的有效手段。仿真目的是为了获得第 1 问中评价指标计算的参数和数据,以便能定量评价小区开放后带来的影响。好的仿真模型应该重点考虑以下几个方面:

1) 小区周边道路(含小区道路)的流量分配,即道路 OD 分布,这是模型仿真的基础,也是小区开放

后带来的最直接影响;

2) 小区道路与周边道路的交叉口一般没有信号灯控制。因此,无信号灯控制交叉路口的通行模型,是必须要考虑的因素;

3) 周边道路和小区道路上车辆的最大行驶速度的区别。

2.2.1 小区周边道路流量分配

小区周边道路(含小区内部道路)车流量的分配即为讨论小区周边道路出入口的 OD 分布及其在不同路径上的流量分配方案。当小区开放后,该流量分配将出现变化,有 3 种小区周边道路流量分配方案可考虑。

1) 均匀分配

将进入讨论的小区周边道路区域的车辆均匀分配到该区域的每一条路径中。这是一种理想方案,与实际情况会有出入。该方案的一个改进是:可根据车道数按照一定比例分配流量。

2) 随机均衡分配

流量分配不事先确定,在仿真中,车辆在每一个路口根据一定概率随机选择下一条道路,此概率与路径长短或行驶时间长短有关。

3) Wardrop 均衡分配^[6]

Wardrop 均衡指的是当道路的使用者确切知道网络的交通状态并试图选择最短路径时,网络将会达到均衡状态。在考虑拥挤对行驶时间影响的网络中,当网络达到均衡状态时,每个 OD 对的各条被使用的路径具有相等而且最小的行驶时间;没有被使用的路径行驶时间大于或等于最小行驶时间。数学上可表示为:

$$\begin{aligned} \min Z(X) &= \sum_a x_a t(x_a) \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \sum_k f_k^{rs} = q_{rs} \\ \sum_{a \in R_k^{rs}} f_k^{rs} = x_a, \\ f_k^{rs} \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

其中: q_{rs} 表示小区周边道路中从入口 r 到出口 s 的流量; x_a 为分配在道路 a 上的交通流量; $t(x_a)$ 表示流量为 x_a 的道路上的通行时间; f_k^{rs} 为从入口 r 到出口 s 中的第 k 条路径 R_k^{rs} 上的流量; q_{rs} 为从入口 r 到出口 s 的总流量。模型计算时需结合通行时间 $t(x_a)$ 进行。实际计算时,该模型也可结合道路的仿真模型进行近似分配:将 r 、 s 间的流量分成 N 等份,每次分配1份,分配原则依据仿真模型计算当前道路上的已分配流量的通行时间,每次分配选择通行时间最小的路径进行分配。

4) Logit 函数分配

由于出行者对交通网络的总体出行状况一般缺乏充分的了解,因而对相同的出发地和目的地而言,每位出行者对自己的行驶时间的估计值也不同。因此,出行者对每一条路径都有一个“理解阻抗值”,它与真实阻抗值之间存在一定的误差,此时,路径流量可按照如下 Logit 函数来分配^[9]:

$$q_l^m = q^m \cdot \frac{\exp(-\theta T_l^m)}{\sum_{l \in R} \exp(-\theta T_l^m)},$$

其中: q_l^m 为交叉口 m 路径 l 上的流量; q^m 为交叉口 m 的需求流量; R 是交叉口 m 所有路径的集合; T_l^m 是交叉口 m 路径 l 上的阻抗; $\theta(>0)$ 是参数。

另外,关于车流量在不同道路上的最优分配,不少参赛队建立了一个等效模型——电路等效模型,这是一种有趣的构想,有兴趣的读者可参阅今年竞赛的优秀论文集(《工程数学》,2016,增刊)。

2.2.2 道路通行的仿真模型

仿真模型需要考虑道路交叉口信号灯控制和道路上车辆行驶的变速等因素,可使用元胞自动机模型中描述交通运行的 NaSch 模型^[7]刻画车辆在道路上的行驶。

设第 n 辆车的当前行驶速度为 V_n , 速度最小值为 0, 最大值为 V_{\max} , 在当前时刻到下一时刻的仿真中, 车辆遵循以下原则:

1) 加速: 现实中司机总是期望以最大速度行驶, 所以在每一步中, 当可以加速时 (前后车辆距离大于当前车速), 司机可进行加速, 新的速度为:

$$V_n \leftarrow \min(V_n + 1, V_{\max}).$$

2) 减速: 当前后车距过近, 用当前速度前进会碰撞时, 司机进行减速, 新的速度为:

$$V_n \leftarrow \min(V_n, d_n).$$

其中, d_n 为该车与前车之间的距离。

3) 慢化: 由于受到车流量、变道等不确定因素影响, 可能使得车辆行驶中冲突增加, 则将车辆以概率进行随机慢化, 慢化后, 新的速度为:

$$V_n \leftarrow \max(V_n - 1, 0).$$

4) 移动: 车辆按照调整后速度向前移动

$$x_{n+1} \leftarrow x_n + v_n,$$

其中, x_n 为车辆当前时刻的位置。

5) 红绿灯规则: 道路终端可按车流量或固定数值设置红绿灯时长。当红灯时, 设置道路路口为阻塞, 这时到达路口的车辆将等待红灯。

可进一步扩展 NaSch 模型来讨论更为细致的交通通行行为。该仿真模型用于模拟道路上确定车流量的通行过程, 通过该仿真过程可统计车辆在道路上的平均流量、道路平均行驶时间、带信号灯路口通过时间等指标, 这些指标的变化受到道路上车流量的影响。

2.2.3 无信号灯路口的仿真

无信号灯的路口主要是小区的出入口。当车辆从主干道进入小区道路或从小区道路进入主干道时, 主干道车辆和小区道路车辆可能发生冲突, 如图 1 所示。其中, 小区出口的车辆冲突是该类型路口发生的主要冲突。

仿真中可设定车辆转弯的最大速度, 计算不同道路的统计截面之间的车辆行驶时间, 车辆通过路口同样可使用 NaSch 模型进行仿真。仿真中, 当车辆发生冲突时则进行等待。统计截面的位置由仿真中小区道路的参数和连接关系决定, 当然, 也可按照文献 [5] 中建立的排队系统, 计算统计截面处的车

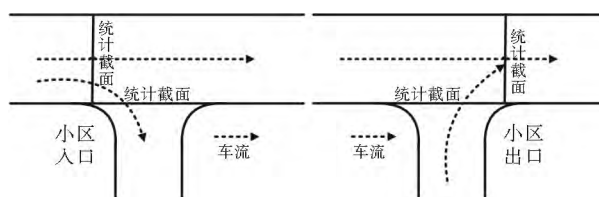


图 1 小区出入口车辆通过示意图

流量作为排队系统的平均到达数和平均服务时间, 从而计算车辆通过时间。对于小区出口冲突次数的统计, 设定小区道路和主干道车辆先后到达统计截面的时间间隔阈值 H_0 , 当时间间隔小于 H_0 时计数一次车辆冲突。文献 [8] 给出了无信号灯交通路口车辆每小时冲突次数的理论估计:

$$FN = 3\ 600 H_0 (\lambda_1 e^{-\lambda_1 H_0}) (\lambda_2 e^{-\lambda_2 H_0}),$$

其中: λ_1 和 λ_2 分别为主干道和小区道路上的车流流率 (辆/s)。

小区路口的仿真有一定难度, 不少参赛队采用了一些简化估计的方法, 例如使用表 1 所示的交叉路口通行效率折算系数。

2.2.4 基本仿真步骤

第 1 步 定义小区周边道路范围和周边道路区域出入口, 将地图抽象化, 用点表示地图中路的交叉口, 边表示地图中的道路, 每条边 (道路) 上有 2 个权重: 一个权重表示道路的长度; 另一个权重表示该道路的速度上限;

第 2 步 根据入口和出口确定所有行车路线。该工作可通过人工或图论算法搜索所有线路, 当然, 实际上很多线路不会成为司机的选择, 可以考虑少量人工干预;

第 3 步 对讨论的区域中每个入口生成车辆总数, 该总数用于控制该区域总的车流量。对每个入

口,根据其可能行驶的路线,将生成的车辆总数按照流量分配策略分配每条线路上的车流量,即生成 OD 分布。在仿真中,通过改变该分布,可讨论不同 OD 下小区开放的影响;

第 4 步 对图中的每条边,遍历所有的线路统计通过该边的总的车辆数;根据 NaSch 模型仿真在该条边(道路)上车辆需要行驶的总时间,并计算平均每辆车的行驶时间和交叉口通过时间;

第 5 步 根据仿真过程,计算评价指标。

表 1 交叉路口通行效率折算系数表

车速		交叉路口之间的距离/m					
V(km/h)	V(m/s)	100	200	300	400	500	600
20	5.56	0.45	0.62	0.71	0.76	0.80	0.83
25	6.94	0.37	0.54	0.64	0.70	0.75	0.78
30	8.33	0.31	0.48	0.58	0.65	0.70	0.73
35	9.72	0.27	0.42	0.52	0.60	0.65	0.69
40	11.11	0.23	0.38	0.48	0.55	0.60	0.64
45	12.50	0.20	0.34	0.43	0.50	0.56	0.60
50	13.88	0.18	0.30	0.39	0.46	0.52	0.56

2.3 定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响

不同类型小区的开放对周边道路通行的影响是不一样的。第 3 问要求基于第 2 问的模型和第 1 问的评价指标研究小区开放是否有效,并进而得到一般性的结论或规律。重点讨论以下 2 个问题:

1)小区如何分类?

小区的分类依据应该着眼于小区开放效果的不同。影响小区开放效果的因素主要包括小区的大小及内部道路结构、小区周边道路结构及流量分布等。

2)探索什么规律或结论?

探索影响小区开放效果的重要因素或一般性结论,主要包括:

- 小区周边道路流量对小区开放效果的影响;
- 小区结构和大小对小区开放效果的影响;
- 小区进出口数量、路口通行规则等对小区开放效果的影响;
- 小区内部道路通行规则对小区开放效果的影响。

2.4 关于小区开放的合理化建议

要求根据第 1 问的指标体系和第 2 问的数学模型,以及第 3 问对小区开放一般性结论的探索,向管理部门提出小区开放的合理化建议。合理化建议的基础应该是来自于模型的量化计算结果。

3 评阅综述

3.1 问题特性

本题竞赛论文最为普遍的共性问题是对问题本身的特性理解不到位,体现在以下 3 个方面:

一致性 本问题设置的 4 个子问题,有很强的内在逻辑关联性,如图 2 所示。而本次竞赛中,有相当部分的论文将 4 个子问题割裂开来,分别建立模型讨论之,明显背离了题目的本意,反映出建模者对题意的理解流

于肤浅,缺乏深刻理解题意的必要性意识。对问题理解不深、不透,创新无从谈起!

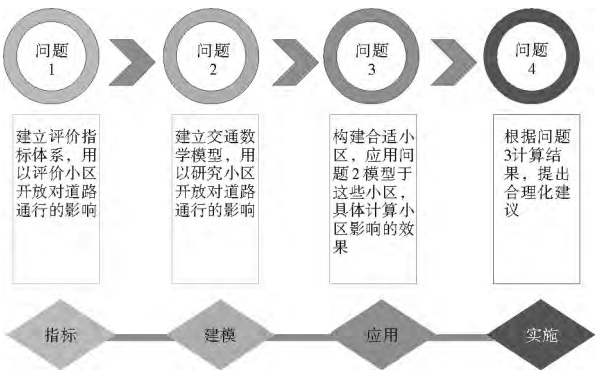


图 2 逻辑关联性图

联动性 由于整体仿真计算复杂度较高,不少队采用分路段、分路口讨论的局部仿真模型,思路是可行的,但是,各个局部路段或路口的交通状况是互相关联的,由此得到的局部区域效果不能说明小区开放的整体效果。建立在局部仿真基础上的整体效果评价,是本问题的一个难点。

针对性 不少参赛论文建立的模型就是一般的交通模型,与小区开放与否无关,放到高速公路上可用,放到城市交通上也可用。这样的模型,对本问题自然没有价值,从而自然也得不到好的评价。本问题建模最重要的针对性因素是道路(含小区内部道路)流量均衡分配,无信号控制交叉路口的通行规则及延误,以及小区内部车辆行驶规则。

3.2 审题能力

审题能力,可称之为眼力,或者说是把握建模方向的能力,也是建模能力的组成部分。本次竞赛,反映出不少参赛同学把握建模方向能力不足的短处,例如:

- 第 1 问按题意仅需给出评价指标及其计算方法即可,不少参赛论文的第 1 问,指标、模型、求解俱全,将前 3 问要做的事都做了,严重背离了题目的本意;

- 许多参赛论文第 1 问选了一堆指标,都是度量道路通行能力的指标,而与小区开放紧密相关的安全性、可达性指标,却看不到,也是对问题建模目标理解上的偏差。应当注意到题目是“小区开放对道路通行的影响”,而不是“小区开放对道路通行能力的影响”;

- 大部分参赛论文第 3 问以小区内部道路结构作为划分小区类型的唯一依据,对小区分类讨论的目的没有理解到位。事实上,小区分类是为了研究分析小区开放对周边道路通行的不同影响,换句话说,小区应按照对道路通行的不同影响效果加以分类,小区内部道路结构只是影响通行效果的一个因素,而且并非主要因素,小区大小、周边交通流量分布等因素也许更值得关注。

3.3 问题与方法

如何处理问题与方法的关系,是建模指导思想的体现。从近年来的竞赛论文来看,许多参赛论文更偏向于对建模方法高、新、深的追求,而往往忽视了对问题的本质因素的发掘,其表现为对各种“时髦方法”的滥用,而对问题的研究却不深、不透,这是一种“方法焦虑症”症状,是本末倒置的表现,很不利于创新思维的发展与形成。在本次竞赛中,同样存在此类问题。例如,说到评价,层次分析法、主成分方法、模糊综合评价方法频频出现;说到计算,模拟退火、遗传算法纷纷上马,不管这些方法对解决此问题是否合适与必要。而关于小区开放对周边道路通行影响的关键因素之一——无信号控制交叉路口的通行规则及其通行效果,却鲜有人做出深入的讨论。

对于精致无意义的模型,与粗糙有意义的模型之间的选择,多数参赛队倾向于选择前者。这也是“方法 > 问题”建模指导思想的一种体现,应予以校正。

参考文献

- [1]李向鹏. 城市交通拥堵对策——封闭型小区交通开放研究[D]. 长沙:长沙理工大学,2014.
- [2]郑远,杜豫川,孙立军. 美国联邦公路局路阻函数探讨[J]. 交通理论,2007,3(1):24-26.
- [3]任福田,刘晓明,宋建. 交通工程学[M]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [4]Webster F V. Traffic signal settings[R]. Road Research Laboratory Technical Paper No. 39, HMSO, London, 1958.
- [5]张邦礼,刘一武,曹长修,等. 无信号灯交叉路口延误模型及仿真研究[J]. 重庆大学学报,1993,16(6):79-86.
- [6]邵春福. 交通规划原理[M]. 北京:中国铁道出版社,2004.
- [7]Nagel K, Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic[J]. Journal of Physics I France, 1992, 2(12):2221-2229.
- [8]张树升,张晓燕. 无信号交叉口冲突和延误的研究[J]. 西安公路学院学报,1989,7(3):61-68.
- [9]姜虹,高自友. 用遗传算法解决拥挤条件下的公共交通随机用户平衡配流模型[J]. 公路交通科技,2000(2):37-41.

(下转第 49 页)

Problem Analysis of Prediction of Battery Remaining Discharge Time

XUE Yi

(College of Applied Science, Beijing University of Technology, Beijing 100124)

Abstract: In this paper, the method for solving Prediction of Battery Remaining Discharge Time, the Problem C of 2016 CUMCM, is presented and the questions for students in the contest papers gave a brief description. In order to ensure the continuity of solving the problem. The first part of the paper is solving process of the problem. The latter part is review of the contest papers.

Key words: remaining capacity in batteries; prediction; regression

作者简介

薛毅(1958—),男,博士,北京工业大学教授,主要研究方向是运筹学与控制论。

.....
(上接第 40 页)

The Influence of Opening the Gated Communities

WANG Dan, MAO Ziyang, WU Mengda

(College of Science, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China)

Abstract: This paper presents the models and approaches to solve the problem "The influence of opening the gated communities", which is obtained from 2016 CUMCM. Further, the comments for the students' papers in contest are summarized.

Key words: opening the gated communities; transport balance; intersection delay; simulation model

作者简介

王丹(1981—),男,国防科技大学理学院讲师,博士,研究方向:图像处理、数学成像,数学建模及其应用。

毛紫阳(1979—),男,国防科技大学理学院讲师,博士,研究方向:计算数学,数学建模及其应用。

吴孟达(1956—),男,国防科技大学理学院教授,研究方向:不确定信息处理、数学建模及其应用。