

# Study on the Influence of Community Opening on Road Condition by Circuit Simulation

Mingshen Wang, Shiyun Wang

Science Department, Shenyang Aerospace University, Shenyang Liaoning  
Email: wsy0902@163.com

Received: Jun. 22<sup>nd</sup>, 2018; accepted: Jul. 13<sup>th</sup>, 2018; published: Jul. 20<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The closed community reduces the density of the urban road network, reduces the accessibility of the road, and destroys the microcirculation links in the urban system. If the community is open, the newly opened lane and the surrounding roads will form a road network, which will affect the capacity of the surrounding roads. This paper selects the surrounding road network, the traffic condition of the intersection and the road capacity as the three main index of the road status to establish the evaluation index system, so as to analyze the influence of the opening of the community to the road around the road. The surrounding road network is measured by the vehicle saturation, average delay and vehicle capacity. The traffic condition of the intersection is evaluated by the average headway, the average speed of the vehicle and the capacity of the vehicle. The road capacity is assessed by the vehicle capacity and the average speed of the vehicle. In order to study the influence of the opening of the community to the surrounding roads, this paper compares the road map with the circuit diagram, and uses the vehicle saturation to analyze the difference between the community before the opening the community and closing the community. Finally, VISSIM traffic simulation software is used to verify the results.

## Keywords

Surround Road Network, Traffic Condition of the Intersection, Road Capacity, Circuit Diagram, Traffic Simulation

---

# 用电路模拟研究小区开放对路况的影响

王明申, 王诗云

沈阳航空航天大学理学院, 辽宁 沈阳  
Email: wsy0902@163.com

收稿日期: 2018年6月22日; 录用日期: 2018年7月13日; 发布日期: 2018年7月20日

## 摘要

封闭式小区使得城市路网密度降低, 道路可达性降低, 破坏了城市系统中的微循环环节。若小区开放, 小区内部新开放的车道与周边道路构成道路网, 因此会影响周边道路通行能力。本文选取周边道路网、交叉口交通状况、道路通行能力, 作为研究道路通行状态的三项主指标来建立评价指标体系。其中周边道路网从车辆饱和度、平均延误和车辆通行能力来衡量, 交叉口交通状况从平均车头间距、车辆平均行进速度和车辆通行能力进行评价, 道路通行能力用车辆通行能力和车辆平均行进速度这两个指标评定。为研究小区开放对周边道路的影响, 本文将道路交通图类比成电路图, 利用车辆饱和度定量分析小区开放前和小区开放后的不同。最后利用VISSIM交通仿真软件验证结果。

## 关键词

周边道路网, 交叉口交通状况, 道路通行能力, 电路图, 交通仿真

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

我国国务院于 2016 年 2 月 21 日发布的《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》文件, 引起了社会的广泛关注, 讨论的焦点主要是关于小区开放究竟是利大于弊还是弊大于利。文献[1]针对道路的通行能力, 提出了道路通行能力的计算方法。文献[2]通过建立城市支路阻抗分析模型—BPR 综合模型, 利用 Braess 判断公式对小区开放进行了可行性判断, 并用案例进行了分析。文献[3]提出了创新性的城市饱和度评价模型, 得到了小区开放前后的差异性。文献[4]它研究了道路规划、交通管理和道路网给出了交通特性分析、道路通行能力分析、交通流理论, 使交通通行更加安全、有效、方便。目前, 对于小区开放前后道路通行能力的变化的研究, 定性分析较多, 定量分析很少, 整体性不够, 缺少仿真性模拟。本文将交通路网和电路图进行类比, 定量分析小区开放对道路交通的影响, 并进行了交通模拟仿真。

为研究开放小区对周边道路通行的影响, 本文利用周边道路网、交叉口交通状况、道路通行能力三项主体指标, 六项具体指标来进行评定小区开放对路况的影响, 得出影响因素最大的具体指标。然后利用电路模拟小区开放前后道路通行状况的变化, 具体道路通行状况的变化利用车辆通过小区的时间长短来判定。最后利用 VISSIM 交通仿真模拟软件模拟出小区开放前后道路通行的模拟情况。

## 2. 确定指标体系

由于小区开放后会增加车流量, 其对于交通的影响也是多层面的, 因此选取评价标准的时候要考虑到很多方面, 我们以周边道路网, 交叉口交通状况, 道路通行能力为主要研究对象, 以车辆饱和度、平均延误、平均车头间距、车辆平均行进速度、车辆通行能力这五个指标(这五个指标的定义, 我们均采用文献[2]的定义方式)为基础用层次分析法[5]来分析小区开放对其周围道路通行所产生的影响, 我们建立层次结构如下:

### 2.1. 车辆饱和度

令  $V$  表示道路的实际交通量,  $C$  表示道路的最大车流量, 则车辆饱和度  $X$  定义为(参见[2])

$$X = \frac{V}{C} \tag{1}$$

车辆饱和度是反映道路服务水平的重要指标之一, 饱和度值越高, 代表道路服务水平越低。由于道路服务水平、拥挤程度受多方面因素的制约。若饱和度大于 1, 则表明此时交通处于拥堵状态; 若饱和度小于 1, 则出现局部时间以及空间的过饱和现象。我国一般根据饱和度值将道路拥挤程度、服务水平分为如下四级见表 1 (参见[6])。

### 2.2. 平均延误

交通延误是指车辆在行驶中, 由于受到驾驶员无法控制的或意外的其他车辆的干扰或交通控制设施等的阻碍所损失的时间, 包括: 固定延误, 运行延误, 停车延误, 排队延误, 引道延误等, 由于小区大部分的进出口都是道路的交叉口, 因此本文采用交叉口平均延误。令  $T$  表示红绿灯信号周期长度,  $t$  表示有效绿灯时间,  $X$  表示车辆饱和度, 交通延误用  $D$  表示, 其计算方法我们采用[2]的计算公式:

$$D = \frac{0.5T \left(1 - \frac{t}{T}\right)}{1 - \left[\min(1, X) \frac{t}{T}\right]} \tag{2}$$

### 2.3. 平均车头间距与车辆平均行进速度

车辆平均行进速度表示单位时间内车辆行驶的快慢和方向。车头间距是位于同一车道上处于行驶状态下, 对前后邻近两辆车车头之间一种距离的度量。我们用  $h$  表示平均车头时距, 用  $\bar{v}$  表示车辆行驶平均速度, 则计算公式如下(参见[2])

$$H = \frac{h}{3.6} \bar{v} \tag{3}$$

### 2.4. 车辆通行能力

车辆通行能力是指在一定道路和交通条件下, 单位时间内通过某一断面的最大车辆数

其大小直接影响着道路所承受压力的能力。一般分为车辆基本通行能力, 车辆可通行能力和实际通行能力。车辆基本通行能力可有下式给出(参见[2])

$$N_1 = \frac{1000\bar{v}}{H} \tag{4}$$

车辆的可通行能力可计算为:

$$N_2 = N_1 \cdot \gamma \cdot \eta \cdot \alpha$$

Table 1. Vehicle saturation level

表 1. 车辆饱和度级别

级别	车辆饱和度 $X$ 的值	道路通畅情况
一级	0 至 0.6 之间	道路交通顺畅, 服务水平好
二级	0.6 至 0.8 之间	道路稍有拥堵, 服务水平较高
三级	0.8 至 1.0 之间	道路拥堵, 服务水平较差
四级	大于 1.0	道路严重拥堵, 服务水平极差

其中  $\gamma$  代表自行车影响系数,  $\eta$  代表车道宽度影响系数,  $\alpha$  代表交叉口影响系数。车辆的实际通行能力  $N_3 = \delta N_2$ ,  $\delta$  表示修正系数。主干道修正系数一般取 0.8, 次干道修正系数一般取 0.85 (参见[7])

### 2.5. 构造判别矩阵

根据层次结构图 1, 我们逐层构造判别矩阵。首先, 对于影响周边道路通行能力而言

$$\frac{\text{交叉口交通状况对周边道路通行能力的影响能力}}{\text{周边道路网对周边道路通行能力的影响能力}} = \frac{3}{1}$$

$$\frac{\text{道路通行能力对周边道路通行能力的影响能力}}{\text{周边道路网对周边道路通行能力的影响能力}} = \frac{4}{1}$$

$$\frac{\text{道路通行能力对周边道路通行能力的影响能力}}{\text{交叉口交通状况对周边道路通行能力的影响能力}} = \frac{4}{3}$$

即目标层对准则层的矩阵为:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{4}{3} \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & 1 \end{pmatrix}$$

在一个以小汽车为主导的路口, 信号灯周期一般  $T = 90 \text{ s}$ , 在这个周期内有效绿灯时间  $t = 30 \text{ s}$  (参见[3])则根据平均延误公式(2), 当车辆饱和度  $X$  为 0.6 时, 平均延误  $D = 37.5 \text{ s}$ , 当车辆饱和度  $X = 0.8$  时, 平均延误  $D = 40.9 \text{ s}$ 。当饱和度变化 0.2, 平均延误变化接近 4, 则饱和度变化 0.1, 平均延误变化接近 2, 因此, 我们令

$$\frac{\text{平均延误对周边道路网的影响能力}}{\text{车辆饱和度对周边道路网的影响能力}} = \frac{2}{1}$$

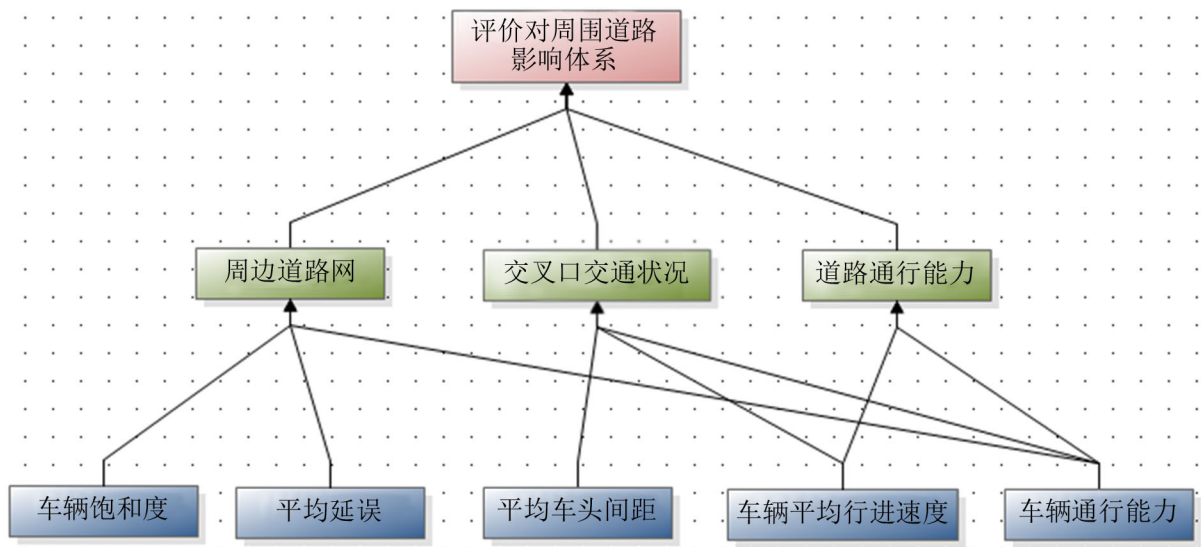


Figure 1. Hierarchical chart  
图 1. 层次结构图

$$\frac{\text{车辆通行能力对周边道路网的影响能力}}{\text{车辆饱和度对周边道路网的影响能力}} = \frac{5}{1}$$

$$\frac{\text{车辆通行能力对周边道路网的影响能力}}{\text{平均延误对周边道路网的影响能力}} = \frac{5}{2}$$

因此构造周边道路网对方案层的判别矩阵为:

$$C_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 5 \\ \frac{1}{2} & 1 & \frac{5}{2} \\ \frac{1}{5} & \frac{2}{5} & 1 \end{pmatrix}$$

在构造交叉口交通状况对方案层的判别矩阵时, 主要以平均车头间距和车辆平均行进速度赋值依据 [2]。当平均行进速度为  $\bar{v} = 50(\text{km/h})$  时, 根据(3)~(4), 我们可计算出基本通行能力  $N_1 = 1700 [\text{pcu}(\text{km}\cdot\text{ln})]$  和平均车头间距  $H = 29.4 \text{ m}$ 、平均车头时距  $h = 2.12 \text{ s}$ ; 当平均行进速度为  $\bar{v} = 40(\text{km/h})$  时, 算出  $N_1 = 1650 [\text{pcu}(\text{km}\cdot\text{ln})]$ , 和  $H = 24.24 \text{ m}$ 、 $h = 2.18 \text{ s}$ ; 即当平均行进速度变化  $10 (\text{km/h})$  时, 平均车头间距近似变化  $5 \text{ m}$ , 因此, 得  $\frac{\text{车辆平均行进速度对交叉口交通状况的影响能力}}{\text{平均车头间距对交叉口交通状况的影响能力}} = \frac{2}{1}$ 。

根据表 2, 我们得到  $\frac{\text{车辆通行能力对交叉口交通状况的影响能力}}{\text{车辆平均行进速度对交叉口交通状况的影响能力}} = \frac{10}{1}$ 。因此, 交叉口交通状况对方案层的判别矩阵为:

$$C_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 10 \\ \frac{1}{2} & 1 & 5 \\ \frac{1}{10} & \frac{1}{5} & 1 \end{pmatrix}$$

同时, 根据交叉口交通状况对方案层的判别矩阵中得出:

$$\frac{\text{车辆通行能力对道路通行能力的影响能力}}{\text{车辆平均行进速度对道路通行能力的影响能力}} = \frac{5}{1}$$

因此道路通行能力对方案层的判别矩阵为:

$$C_3 = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ \frac{1}{5} & 1 \end{pmatrix}$$

将图 1 和上述判别矩阵输入到 yaahp 软件中, 我们得到

这说明车辆饱和度对周边道路通行能力的影响最大。因此, 在小区开放对路况的影响时, 我们只考虑车辆饱和度这个变量(表 3)。

### 3. 电路模拟

电路图是人们为了简化实际电路而画的图形。通常电路中有电流、导线、开关、等元素, 开关闭合电路连通有电流流过[8]。而交通道路图中, 有车流、干路、信号灯等元素, 因此本文将交通道路图模拟成电路图。二者的元素的队形关系如表 4。

**Table 2.** Recommended value of lane traffic capacity (Code for design of urban road engineering 2012)  
**表 2.** 车道通行能力建议值(2012 版《城市道路工程设计规范》)

平均速度 $\bar{V}$ (km/h)	50	40	30	20
基本通行能力 $N_1$ [pcu(km.ln)]	1700	1650	1600	1400
可通行能力 $N_2$ [pcu(km.ln)]	1400	1300	1300	1100

**Table 3.** The effect of five finger marks on the traffic capacity of the surrounding roads  
**表 3.** 五指标对周围道路通行能力影响结果

指标	影响能力结果
车辆饱和度	0.3715
平均延误	0.1858
车辆通行能力	0.1138
平均车头间距	0.1316
平均行进速度	0.1974

**Table 4.** The correspondence between the circuit diagram and the traffic diagram  
**表 4.** 电路图与交通图的元素对应关系

电路图元素	交通图元素
电路	道路
电流	车流
电路开关	红绿灯信号灯
导线	干路
电压 $U$	车辆饱和度 $X$
电容 $C$	平均行进速度 $\bar{V}$
电流量 $q = cU$	车流量 $Q = \bar{V}X$

下面, 用电路模拟的方式研究开放小区对道路通行状况的影响。图 2 是我们考虑的一种未开放小区的道路情况, 假设车辆从 A 行驶到 B, 即电流从 A 流向 B, 导线相当于小区周围的主干路和次干路, 车辆饱和度  $X$  相当于电压  $U$ , 而车辆平均行进速度  $\bar{V}$  相当于电容  $C$ , 则对应的电路图如图 3。这里假设主干路可以被充分利用, 即车流饱和度达到最理想的状态且保持不变。

在图 2 中, 由于小区没有打开, 中间没有可以供外来车辆通过的道路时, 从 A 通过主干路到两个支路 a, b 最后到达 B。则在电路中, 设电压不变为  $U$ , 电容为  $C_1$ 、 $C_2$  电流量为  $q_1$ 、 $q_2$  于是有:

$$q_1 = U \cdot C_1$$

$$q_2 = U \cdot C_2$$

类比考虑道路上从 A 到 B 只有两条条路可以通过, 此时单位时间内通过的车辆数为:

$$Q_1 = \bar{V}_1 \cdot X_1$$

$$Q_2 = \bar{V}_2 \cdot X_1$$

那么 t 时间通过的车辆总数为:

$$Q_0 = t \cdot (Q_1 + Q_2)$$

当小区被打开时, 从小区内多了一条可以通过的路, 如图 4, 此时其对应的电路图为图 5。

由于车辆饱和度保持不变, 这时小区周围主干路上的车流量依然是  $Q$ , 而小区内的一条路  $c$  相当于电路中的一条支路  $c$ , 有分流作用, 在车辆饱和度不变的情况下, 它的车流量为  $Q_3 = \bar{v}_3 \cdot X_1$ 。那么  $t$  时间内, 从 A 到 B 的车辆总数会有所增加, 从原来的  $Q_0$  到  $Q'$  则:

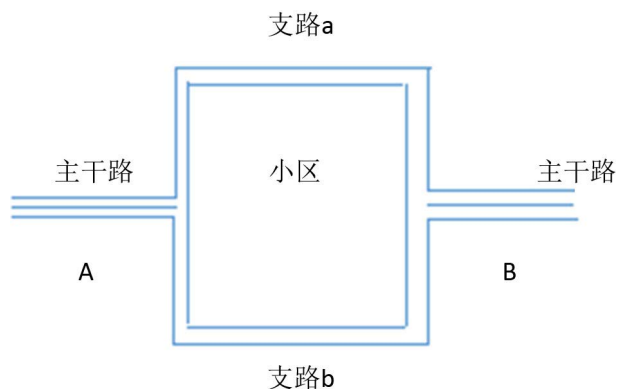


Figure 2. Traffic map before the opening of the community  
图 2. 小区开放前的交通图

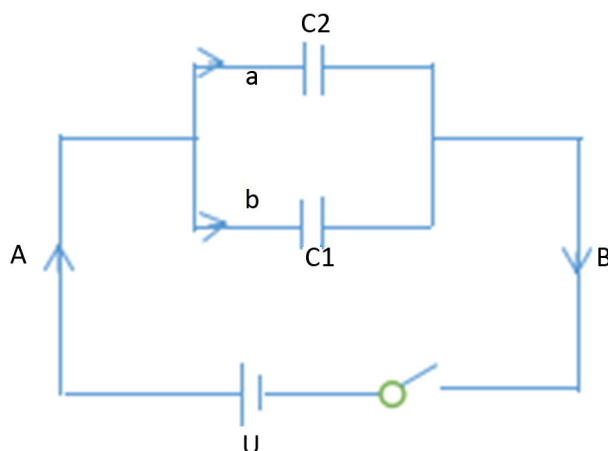


Figure 3. Circuit diagram of traffic before the opening of the community  
图 3. 小区开放前的交通对应的电路图

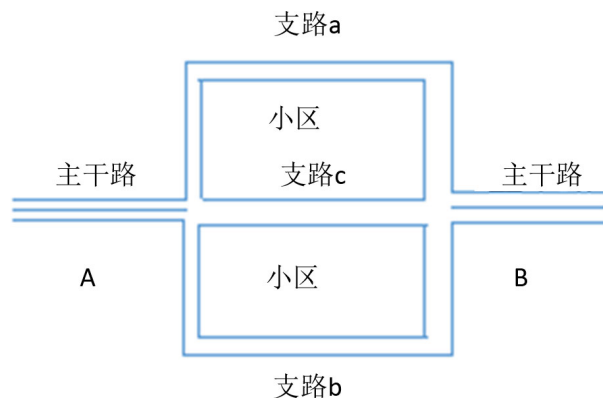


Figure 4. Traffic map after the opening of the community  
图 4. 小区开放后的交通图



$$Q' = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (5)$$

从时间上看若有  $Q'$  数量的车从 A 到 B, 小区没有打开时只有通过主干路的两条支路可以走, 当车流量为  $Q_1 + Q_2$  时所用时间:

$$t = \frac{Q'}{Q_1 + Q_2} \quad (6)$$

若小区开放以后, 增加的支路 c 分担了干路上的车流量。各条路上能够通过的车流量不变, 增加一条路会增加整个道路的车流量, 则所用时间:

$$t' = \frac{Q'}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (7)$$

#### 4. 结论

1) 从车流量角度考虑, 由公式(5)可以看出小区从“封闭式”变为“开放式”道路数量增加, 整个小区车道的车流量增加。这样可以缓解小区周边道路的交通压力, 让人们的出行更加方便快捷。

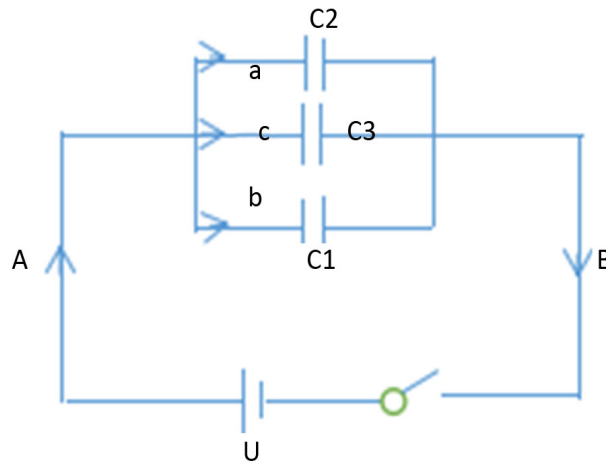


Figure 5. Circuit diagram of traffic after the opening of the community  
图 5. 小区开放后的交通对应的电路图

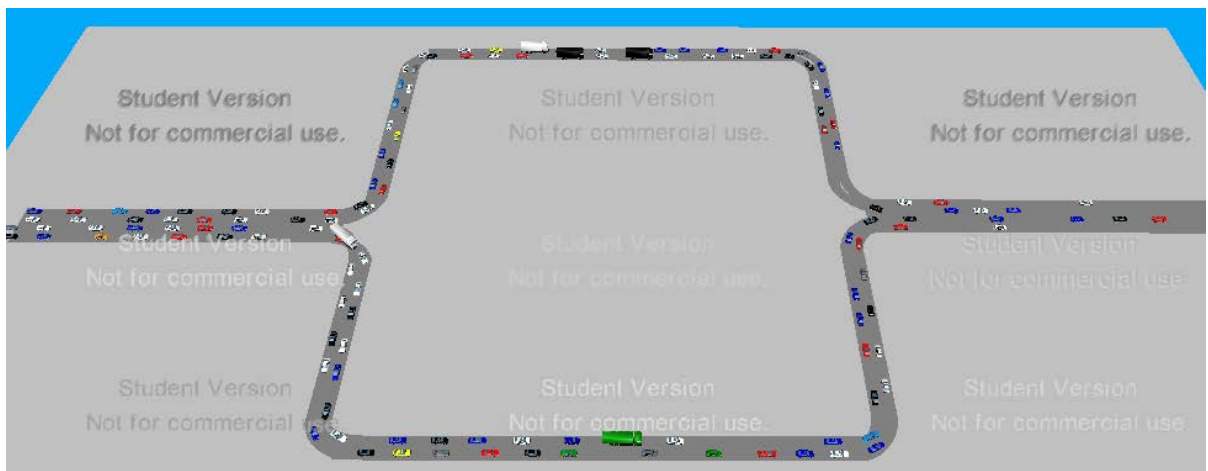


Figure 6. Simulation diagram of road traffic condition before the opening the community  
图 6. 小区开放前道路交通状况仿真模拟图



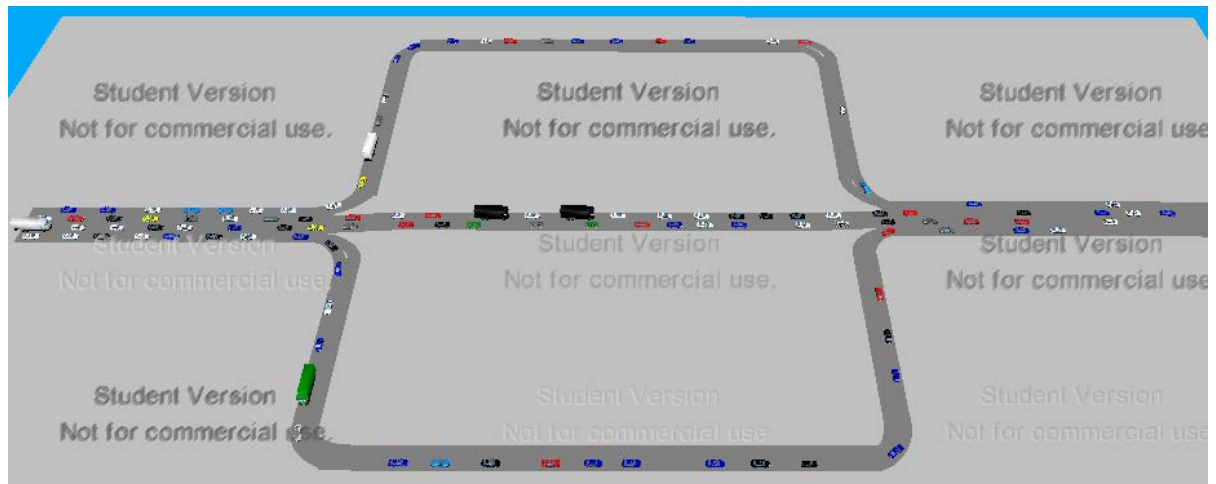


Figure 7. Simulation diagram of road traffic condition after the opening the community  
图 7. 小区开放后道路交通状况仿真模拟图

2) 从行程时间角度考虑, 也就是道路的可通行能力上讲, 比较公式(6)和公式(7), 小区开放后, 通过一定数量车辆所用的时间减少, 这会提高效率, 让人们的延误时间变短。

3) 小区道路数量增加会提高附近路段的可达性, 即从 A 到 B 的途径增多。

## 5. 最后利用 VISSIM 交通仿真软件验证

我们利用 VISSIM 交通仿真软件[9]画出小区开放前周边道路车辆通行的状态, 如图 6。可以看到当小区没有开放时, 由主干路 A 来的车要到达主干路 B 只能通过小区上下两条支路 a, b 因此两条支路车辆较多。

小区开放后周边道路车辆通行的状态, 如图 7。可以看出当小区开放后, 由主干路 A 来的车要到达主干路 B 不仅能通过小区上下两条支路 a, b 还能通过小区中间开放的支路 c, 可以看出支路 c 开放后, 支路 a, b 的车流量减少缓解了支路 a, b 通行的压力而且时间变短, 途径增多。

## 参考文献

- [1] 李冬梅, 李文权. 道路通行能力计算方法[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2002, 32(2): 25-27.
- [2] 李向明. 城市交通拥堵预测—封闭型小区交通开放研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙理工大学, 2014: 28-29, 42-43.
- [3] 孙青林, 张静宇, 党延林, 徐苗, 丰全东. 小区开放对周边道路交通状况的影响[J]. 建模与仿真, 2017, 6(3): 136.
- [4] 徐吉谦, 陈学武. 交通工程总论[M]. 第三版. 北京: 人民交通出版社, 2010.
- [5] 张炳江. 层次分析法及其应用案例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2014.
- [6] <https://zhidao.baidu.com/question/524290583.html>, 2018-6-10.
- [7] 刘小明. 道路通行能力手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2015.
- [8] 邱关源. 电路[M]. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 7-9, 52-54, 126-131.
- [9] 陈云骥. 基于 VISSIM 的交通方案效果评估[J]. 四川建筑, 2017(6): 17-20.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2324-7991，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[aam@hanspub.org](mailto:aam@hanspub.org)