

B 题 小区开放对道路通行的影响

摘要

小区开放对道路交通的影响很大，但是对小区开放的效果评价却褒贬不一，因此有必要科学客观的评价小区开放的影响。本文建立了动态加权评价模型评价小区开放前后的道路交通状态；并根据车辆通行规律建立二维元胞自动机模型模拟车辆通行的状况。

对于问题一，利用平均行程车速、车流密度和时间占有率组成的评价指标体系，用二维元胞自动机模型生成了小区开放前后的指标数据。通过分析各个评价指标影响交通状态的规律，选择了偏大型正态分布函数作为动态加权函数建立动态加权函数。采用 *Matlab* 对模型求解，计算得到小区开放前后的多组综合评价。在此基础上，借助决策分析中的 *Borda* 函数综合所有评价结果，得到小区开放后交通状态显著改善的结论。

问题二中，利用地图软件选取一个居住小区，并记录小区相关数据，将小区元胞化表示，并将车看作一个元胞，设定相关元胞规则，建立二维元胞自动机模型以模拟实际情况，同时记录并输出每秒平均速度，平均密度，时间占有率。利用 *Matlab* 编程模拟，最终得到道路通行数据，开放小区后车辆平均密度降低，平均速度增加，时间占有率变小。

对于问题三，为了简化问题我们只考虑小区开放效果与小区内部道路结构、小区周边道路结构的关系，基于小区内部道路与外围主干道的连接条数构造 5 种类型的小区。采用问题二的模型进行模拟，得到了 10 组 5 种小区的评价数据。根据问题一的动态加权评价模型得到 10 组 5 种小区的综合评价，以及 5 种小区的总 *Borda* 数。模拟数据分析结果表明各类小区在开放后交通状态都能得到改善，改善效果最明显的是“L”型小区。然后改变“L”型小区的周边道路结构，得到三车道比二车道改善效果更好。

对于问题四，首先给出了对城市规划部门的建议是应该开放小区，并且在制度、资源、财力充分的前提下，建立“L”型小区；其次选择“十”型小区或“T”型小区；尽量不选择改善效果较差的“1”型小区。同时建议交通管理部门在道路宽度允许的情况下，增多车道，这样可以有效地提高平均行程车速和时间占有率。第二，在小区内外合理限制红绿灯的数量和时间可以大大减少车流密度。

关键词: 动态加权评价模型；二维元胞自动机模型；*Borda* 函数；*Matlab*

一、问题重述

1.1 问题背景

近几年来，小区的封闭与开放问题已经成为社会关注和讨论的焦点。国务院在今年2月份曾发布《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》，其中第十六条关于推广街区制，原则上不再建设封闭住宅小区，已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放等意见，引起了广泛的关注和讨论。

除了开放小区可能引发的安保等问题外，议论的焦点之一是：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。一种观点认为封闭式小区破坏了城市路网结构，堵塞了城市“毛细血管”，容易造成交通阻塞。小区开放后，路网密度提高，道路面积增加，通行能力自然会有提升。也有人认为这与小区面积、位置、外部及内部道路状况等诸多因素有关，不能一概而论。还有人认为小区开放后，虽然可通行道路增多了，相应地，小区周边主路上进出小区的交叉路口的车辆也会增多，也可能会影响主路的通行速度。

1.2 问题重述

为了给城市规划和交通管理部门带来希望，请对此问题建立数学模型，就小区开放对周边道路通行的影响进行研究，为科学决策提供定量依据，请尝试解决以下问题：

1. 请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. 请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. 小区开放产生的效果，可能会与小区结构及周边道路结构、车流量有关。请选取或构建不同类型的小区，应用你们建立的模型，定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响。
4. 根据你们的研究结果，从交通通行的角度，向城市规划和交通管理部门提出你们关于小区开放的合理化建议。

二、问题分析

对于问题一，由于小区周边的交通状态不能由单一的交通流参数确定，因而我们选用了综合评价模型，将交通状态分为畅通、拥挤和阻塞三个等级，选取的评价指标分为平均行程车速、车流密度和时间占有率，分别记为 z_1, z_2, z_3 。首先将评价指标作标准化处理，得到各自区间的数据值。之后根据平均行程车速、车流密度和时间占有率各自的特性，选择合理的变权函数，将标准化处理得到的数据带入，得到其对应的构造动态加权函数，用 $m_j(z_j)$ 表示。最后，我们得出综合评判模型 $Z = \sum_{j=1}^3 m_j(z_j)z_j$ 。其中， Z 为综合评价， m 为各评价指标的权重， z 为各指标的标准化数据。 Z 的值越小表示交通越畅通， Z 的值越大表示交通越拥堵。但是又考虑到在 10 组结论中，交通状态完善与不

完善的比例值偏高或偏小,为了使综合评价结果更加科学和客观,我们必须综合考虑这 10 组数据。因此我们采用了 Borda 数的综合评价方法,即记第 h 个排序结果中排在第 g 个被评价对象 d_g 之后的个数为 $B_h(d_g)$,这里的评价对象指的是小区开放前或开

放后的交通状态。则被评价对象 d_g 的 Borda 数为: $B(d_g) = \sum_{h=1}^{10} B_h(d_g) (g=1,2)$ 。其中 d_1 代

表小区开放前, d_2 代表小区开放后。Borda 数越大说明交通越拥挤。

对于问题二,由于问题二缺乏相关数据,为了获得足够的小区开放前后道路交通的数据,因此这里适用建立二维元胞自动机模型对实际情况进行模拟。记录并分析与道路通行相关的车辆平均速度,车辆平均密度,时间占有率。

对于问题三,本问要求对小区进行分类,并定量比较各类小区开放后对道路通行造成的影响。根据小区内部道路连接的外部道路数量的不同将小区分为四类,其中连接两条外界道路的小区又有两种,一种是连接相邻的道路,另一种是连接相对的道路。建立二维元胞自动机路网模型对实际情况模拟,并采用动态加权评价模型分析相关数据。

对于问题四,根据对问题一到问题三的结果,给出有利于车辆通行的建议。

三、模型假设

- 1.道路上不会出现事故。
- 2.不会出现不遵守红绿灯的情况。
- 3.小区内没有红绿灯。
- 4.车辆在岔路口、弯路口、十字路口都会减速行驶。
- 5.假设小区的大小为 $175m \times 175m$ 的正方形;
- 6.假设小区内道路为二车道,宽度为 7 米;
- 7.假设小区内道路上不能停车;

四、定义与符号说明

符号	意义
q_i	交通状态
z_i	评价指标
β_i	标准区间的平均值
m	评价指标的权重
$B_h(d_g)$	第 h 个排序结果中排在第 g 个被评价对象 d_g 之后的个数
\bar{v}	总体车辆的平均速度

五、模型的建立与求解

5.1 问题一的模型建立与求解

5.1.1 评价指标体系的确定

小区周边的交通状态是不能由单一的交通流参数确定的，应当综合考虑交通流的各项参数来评价交通状态。由于我国还没有统一的评价道路交通状态的标准，所以一些学者根据多年的研究经验利用交通流的参数对交通状态进行了分类，根据参考文献^[1-2]，我们整理得到了如表一的交通状态分级表，将交通状态分为了畅通、拥挤和阻塞三个等级 q_1, q_2, q_3 ，选取的评价指标分别为平均行程车速、车流密度和时间占有率，分别记为 z_1, z_2, z_3 每一个指标都有相应的区间。

表 1 交通状态分级表

交通状态 评价指标	畅通	拥挤	阻塞
平均行程车速 km/h	>45	(20,45)	<20
车流密度 veh/km	<22	(22, 120)	>120
时间占有率 %	<23	(23,39)	>39

5.1.2 数据的准备

由于网络和文献上关于单个小区周围的交通状态的数据很少，我们运用元胞自动机模型来模拟某个小区的交通流状态，从而获得评价指标数据。所谓的用元胞自动机模型来模拟交通流就是将车辆抽象为一个一个小正方形即元胞，然后对元胞设置移动规则，比如速度变化规则，岔路口规则和直路规则等，设置完规则后就能产生交通流了。用元胞自动机模拟交通流的具体实现过程我们将在第二问中给出。为了避免偶然误差，我们将小区开放前后的交通流各模拟 10 次，根据交通流的特征，分别得到 10 组小区开放前后的评价指标数据。

我们选择广州市南航花园小区来进行模拟，最终得到的 10 组小区开放前后的指标数据如表二。

表 2 由元胞自动机模拟的交通流数据

组别	南航花园小区开放前			南航花园小区开放后		
	平均行程车速	车流密度	时间占有率	平均行程车速	车流密度	时间占有率
1	0.984	0.007	0.144	1.212	0.007	0.089
2	0.988	0.008	0.148	1.029	0.007	0.079
3	0.989	0.007	0.134	1.137	0.008	0.071
4	0.960	0.007	0.130	1.218	0.008	0.082
5	0.915	0.007	0.153	1.114	0.008	0.059
6	0.979	0.008	0.138	1.165	0.008	0.081
7	0.917	0.012	0.152	1.105	0.008	0.092
8	1.023	0.007	0.133	1.203	0.008	0.078
9	0.822	0.008	0.148	1.151	0.008	0.088

10	1.075	0.009	0.149	1.284	0.008	0.101
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

但是我们注意到模拟得到的数据并不能直接使用，因为用元胞模拟的交通流的指标量纲和我们进行综合评价所需要的量纲是不一样的，所以我们根据表三的单位对应关系对各指标数据等价变换。

表 3 指标单位对应关系

指标	元胞模拟的指标单位	所需的单位
平均行程车速	元胞/秒	千米/小时
车流密度	车辆元胞个数/道路元胞	辆/千米
时间占有率	通过某断面车辆数/单位观测时间	无量纲

我们设置的元胞规格为 3.5×3.5 （单位：米），根据表三的对对应关系，经过简单的换算，我们得到变换后的指标数据，如表四。

表 4 变换后的交通流数据

组数	南航花园小区开放前			南航花园小区开放后		
	平均行程车速	车流密度	时间占有率	平均行程车速	车流密度	时间占有率
1	12.404	2.004	0.144	15.274	2.209	0.089
2	12.448	2.413	0.148	12.960	2.209	0.079
3	12.465	2.004	0.134	14.324	2.290	0.071
4	12.094	2.004	0.130	15.348	2.290	0.082
5	11.534	2.004	0.153	14.033	2.290	0.059
6	12.330	2.290	0.138	14.674	2.331	0.081
7	11.557	3.608	0.152	13.921	2.355	0.092
8	12.894	2.004	0.133	15.163	2.379	0.078
9	10.354	2.284	0.148	14.503	2.404	0.088
10	13.547	2.566	0.149	16.177	2.428	0.101

至此，我们准备的小区开放前后的交通流数据就可以被用来分析交通状态了。

5.1.3 动态加权评价模型的建立

一般的综合评价方法中，各个指标的权值都是常数，比如层次分析法，模糊综合评价法，这种方法虽然简单易行，对简单的实际问题也是可行的，但是由于指标权重的确定主观性强，所以这种方法的优劣很大程度取决于确定指标的人的经验和水平。而动态加权评价方法可以根据评价指标对综合评价结果的影响规律不断调整权值，从方法上增加了评价的客观性，也弱化了决策者的主观因素对评价结果的影响。

小区周边交通的的综合评价模型的建立过程如下：

1. 评价指标的标准化处理

(1)平均行程车速的标准化

因为平均行程车速为极大型指标，我们首先将指标数据进行极小化处理，即对数据倒数变换，令 $z_1' = 1/z_1$ ，对应的分类区间变成了

$$(0, 1/45], (1/45, 1/20], (1/20, 1]$$

然后用极差变换将数据标准化，即 $z'' = z'/0.05$ 分类区间变成了

$$(0, 0.444], (0.444, 1], (1, \infty]$$

(2)车流密度的标准化

车流密度本身已是极小型指标，因此我们直接通过极差变换对指标数据进行标准化处理，即令 $z_2' = z_2/120$ ，对应的分类区间为

$$(0, 0.183], (0.183, 1], (1, \infty]$$

(3)时间占有率的标准化

时间占有率本身也是极小型指标，对数据进行极差变换将其标准化，即令 $z_3' = 1/z_3$ ，得到对应的分类区间为

$$(0, 0.560], (0.560, 1], (1, \infty]$$

2.动态加权函数的确定

对于车流密度而言，由交通状态分级表可得当车流密度在 0~22veh/km 的范围内时，交通始终处于畅通状态，交通状态变化不大；在 22~120veh/km 的区间内，交通状态快速的由畅通状态变成拥挤状态，且随着车流密度的增加，拥挤程度越来越剧烈；但是当车流密度达到 120veh/km 后，交通已经处于阻塞状态，此时车流密度的增大对交通状态的影响减小，因为整个交通流已经近似处于停滞状态了。

对于时间占有率而言，由交通状态分级表可得当时间占有率在 0~23% 的范围内时，交通处于畅通状态；在 23%~39% 的区间内，交通状态由畅通状态变成拥挤状态，且随着时间占有率的增加，车流愈加拥堵；但是当时间占有率达到 39% 后，交通处于阻塞状态，此时时间占有率的增大对交通状态的影响程度降低，因为交通流运行都较缓慢。

而对于平均行程车速而言，同样由交通状态分级表可知当平均行程车速大于 45km/h 时，交通是畅通的，交通状态几乎不变；当车速在 20~45km/h 的范围内时，交通状态快速的由畅通状态变成拥挤状态，且随着车速的减小，交通拥挤程度增加；但是当车速下降到 20km/h 后，交通已经处于阻塞状态，此时交通流运行缓慢，近似于停滞状态。

综合对三个评价指标的分析，注意到平均行程车速，车流密度和时间占有率对综合评判的结果大致是随着标准化指标数据的增大，先是缓慢的增大，然后，有一个快速增长的过程，最后影响减小，相应的图形呈正态分布曲线的左侧，如图一。

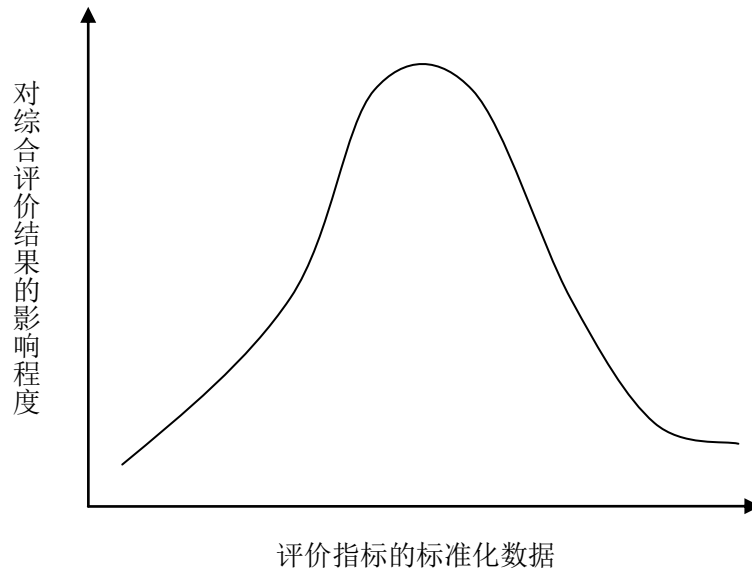


图 1 各指标数据的变化对综合评判的影响程度变化图

鉴于这样的特点，我们对指标 z 的变权函数可以选择偏大型正态分布函数。权重 m 为

$$m_j(z) = \begin{cases} 0, & z \leq \beta_j, \\ 1 - e^{-\left(\frac{z - \beta_j}{\sigma_j}\right)^2}, & z > \beta_j, \end{cases}$$

其中 β_i 取指标 z_i 的畅通交通状态标准区间的平均值, 即 $\beta_i = (d_1^{(i)} - c_1^{(i)})/2$, σ_j 通过 $m_j(c_3^{(j)}) = 0.9 (i=1, 2, 3)$ 确定。

通过指标区间数据可得

$$\beta_1 = 0.222, \beta_2 = 0.092, \beta_3 = 0.280, \sigma_1 = 0.1463, \sigma_2 = 0.061, \sigma_3 = 0.1845$$

代入上式可分别得到平均行程车速, 车流密度和时间占有率的变权函数。

3. 综合评价值的确定

根据综合评判模型, 综合考虑平均行程车速, 车流密度和时间占有率对综合评判的影响, 某小区某一时间的周边交通状态评价指标定义为

$$Z = \sum_{j=1}^3 m_j(z_j)z_j$$

其中, Z 为综合评价值, m 为各评价指标的权重, z 为各指标的标准化数据。 Z 的值越小表示交通越畅通, Z 的值越大表示交通越拥堵。

为了评价小区开放对周边交通的影响, 我们运用综合评价函数分别计算小区开放前后的综合评价值。由于综合评价值越小表示交通越畅通, 综合评价值越大表示交通越拥堵, 所以若小区开放前的综合评价值大于小区开发后的综合评价值则, 小区周边的交通状态得到改善, 若小区开放前的综合评价值小于小区开发后的综合评价值, 则小区周边的交通状态未得到改善。我们选取南航花园小区开放前后的 10 组模拟数据, 通过计算可以得到 10 组该小区开放前后的交通状态综合评判指标值, 如表五所示。

表 5 10 组模拟数据的综合评价值

组别	小区开放前	小区开放后	交通状态是否得到改善
1	1.61	1.31	是
2	1.54	1.60	否
3	1.61	1.40	是
4	1.65	1.30	是
5	1.73	1.42	是
6	1.62	1.36	是
7	1.73	1.44	是
8	1.32	1.55	否
9	1.93	1.38	是
10	1.48	1.24	是

由表五的第一组数据可知, 小区开放后交通状态得到了改善。但是 10 组模拟数据得出的 10 个结论中有两个结论是小区开放后交通状态未得到善, 这两个结论的出现是因为小区开放后不仅可通行道路的面积增加了, 同时车流量也增加了, 并且小区的开放使道路增加了交叉口, 增大了交叉口拥拥堵的概率, 因此为了使综合评价结果更加科学和客观, 我们必须综合考虑这 10 组数据, 得到一个总的评价结果。

4 基于 Borda 数的综合评价^[3]

为了综合考虑 10 组综合评价值, 我们对 10 组综合评价值, 以组为单位, 按照综合指标的大小进行排序, 指标值越大代表交通越拥挤, 指标数小代表越畅通, 因此可得到小区开放前后交通状态的 10 个排序结果, 利用决策分析中的 Borda 函数方法来确定小区开放前后交通状态的综合排序结果, 排序规则为从大到小。Borda 函数方法即记第 h 个排序结果中排在第 g 个被评价对象 d_g 之后的个数为 $B_h(d_g)$, 这里的评价对象指的是小区开放前或开放后的交通状态。则被评价对象 d_g 的 Borda 数为

$$B(d_g) = \sum_{h=1}^{10} B_h(d_g) (g=1,2)$$

其中 d_1 代表小区开放前， d_2 代表小区开放后。 $Borda$ 数越大说明交通越拥挤。

根据表五的数据，经计算得到小区开放前后的 $Borda$ 数和综合排序结果，见表六。

表 6 小区开放前后的 $Borda$ 数和综合排序结果

类别	小区开放前	小区开放后
$Borda$ 数	8	2
综合排序结果	1	2

由表六可以知道，小区开放后的交通状态得到了明显的改善。

5.2 问题二的模型建立与求解

5.2.1 数据处理

以标准单车道宽度 3.5 米作为单个元胞的宽度，由于汽车限制速度为 60 千米每小时，经换算可得，汽车限制速度约为 5 元胞每秒。

本模型以广州市花都区南航花园为例，建立相关的数学模型以说明小区开放带来的影响。如图二所示，南航花园右侧的凤凰北街和下方的迎宾大道每个方向上有 3 个车道，左侧的桂花街和上方的兰花路每个方向有 2 个车道，小区内部车道为双方向每个方向一个车道。经测量可以得出，小区长约 297.4 米，宽约 218.7 米。



图 2 南航花园地图

由图三可知，小区有 4 个出口，开放小区后，仅有与外界道路联通的小区车道才会分担外界道路的压力，因此只需要考虑与这四个出口相关联的道路。

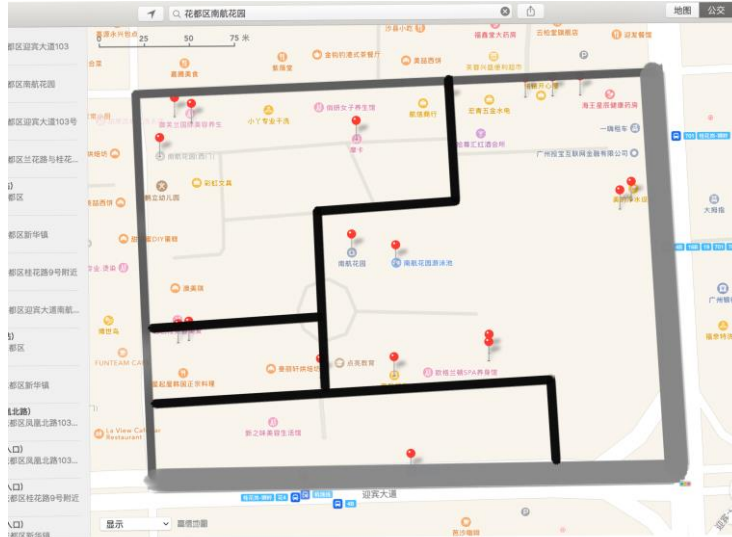


图 3 南航花园道路分析图

如图四所示将小区元胞化处理，小区尺寸为横向 85 个元胞，纵向 62 个元胞。

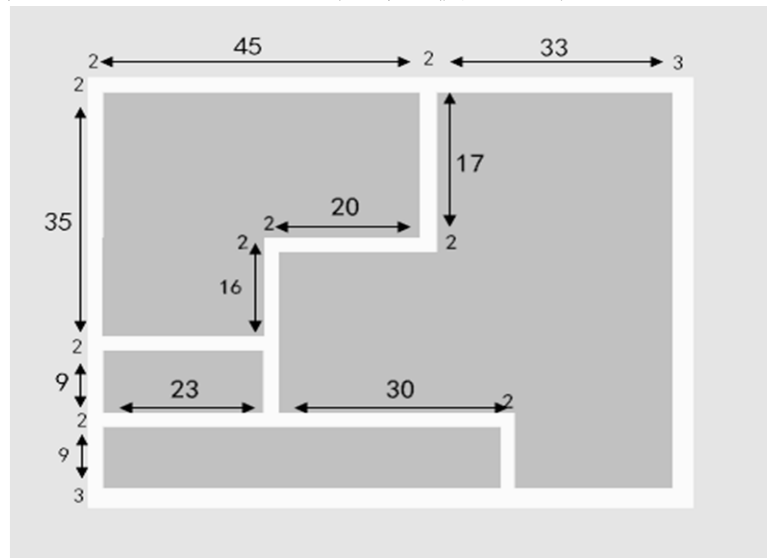


图 4 南航花园元胞处理后图形

为了更直观的量化小区开放对主干路车流的影响，我们仅考虑以兰花路和凤凰北街相交的十字路口为起点，以桂花街和迎宾大道相交的十字路口为终点的车流。

5.2.2 模型建立

元胞自动机是一类空间及时间都离散的动力学模型。元胞自动机不是由确定的数学函数确定的，而是由建立的元胞规则对元胞自动机加以限制构成的。

本文建立二维元胞自动机路网模型，确定元胞规则，对实际情况加以模拟并输出相关数据加以研究。

元胞规则

1. 整体规则

将南航小区化成 62×82 的矩阵，其中道路元胞所在的元素数值为 0，出口和入口处的道路交界处的元素数值为 -1，其它部分元胞所在的元素数值为 1，为模拟实际情况在道路上随机分布一定车辆，车辆元胞所在元素的数值为 2。由于各个路段形状不同，位置不同，因此为方便建立模型，对各个不同的路段分别设置相应的规则并加以求解，将

车辆一段时间内的动作分解为元胞每秒的动作。为实现车辆动作，通过循环程序赋予矩阵每一秒中与元胞动作相对应的数值变化并记录循环次数 t 。

2. 前进规则

小车每一次移动，对应的原来的矩阵元素变为 0，改变后对应的矩阵元素变为 2。

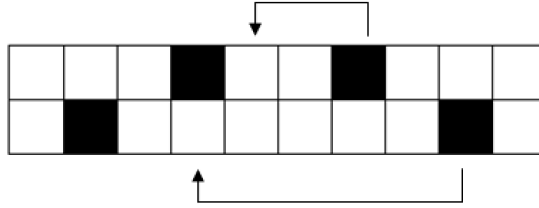


图 5 前进规则（1）图

从出口处向前检索，记录每一辆车的位置，并以此算得每辆小车之间的距离，当小车与前方小车距离为 0 时停止前进其它情况下都以尽可能最大速度行驶，但是当前方范围为 5 元胞的范围内不存在车辆时以最大速度行驶（限速）。由于车辆行驶在道路上有一定不确定性，因此引入在合理范围内变化的速度。

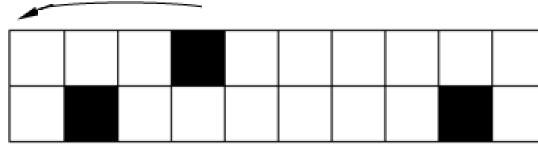


图 6 前进规则（2）图

当最前方的车辆快到道路终点时，会降低速度行驶并在终点停止，不会冲出终点。

3. 岔路规则

T 型岔路口在日常生活中经常可见，在岔路处，没有意外，一般车辆都会选择尽快离开，而一个进入岔路的方向都有对应的两个离开车道可以选择，为了贴近真实情况，应设置随机概率加以判断车辆选择的路径。

T 型岔路口的矩阵为

$$T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

不同方向的岔路口可以通过矩阵的旋转，翻转实现。

(1) T 型路口 1

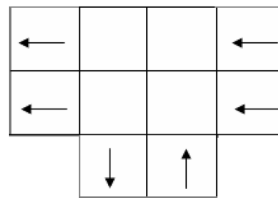


图 8 T 型路口 1

T 型路口 1 是由小区道路进入主干道行驶，主要特点是，主干道是单方向双车道，小区路口处的车辆应该尽快离开岔路口，在观察到目标车道没有车辆时可以直接进入目标车道，并且优先进入内侧车道。而主干路的车进入小区时，内侧车道的车辆优先进入小区，外侧车道的车辆需要先观察内侧车道以及进入小车的路口是否有车，没有其它车辆的情况下才能进入小区。

也就是说 $T(2,3)=0$ ， $T(3,3)=0$ 时，矩阵的数值变为 $T(2,3)=2$ ， $T(3,3)=0$ ； $T(2,4)=2$ ， $T(3,2)=0$ 时，矩阵有一定几率变为 $T(3,2)=2$ ， $T(2,4)=0$ ； $T(2,4)=0$ ，

$T(3,2) = 0$, $T(1,4) = 2$ 时, 矩阵有一定几率变为 $T(3,2) = 2$, $T(1,4) = 0$ 。

(2) T 型路口 2

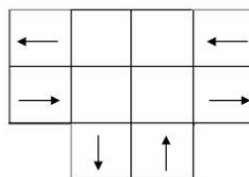


图 9 T 型路口 2

T 型路口 2 是小区内部的车道, 主要特点是, 所有方向都为双向, 每个方向都是单车道。车辆进入时应该先观察路口是否有车。

即, $T(2,3) = 0$, $T(3,3) = 2$ 时, 矩阵的数值变为 $T(2,3) = 2$, $T(3,3) = 0$; $T(2,1) = 2$, $T(3,2) = 0$ 时, 矩阵有一定几率变为 $T(2,1) = 0$, $T(3,2) = 2$; $T(3,2) = 0$, $T(1,4) = 2$ 时, 矩阵有一定几率变为 $T(3,2) = 2$, $T(1,4) = 0$ 。

4. 红绿灯规则

十字路口关键是红绿灯, 根据时间设置红绿灯的切换时间, 当红灯出现的时候禁止前进, 同时存在另一个垂直方向的车道是绿灯。假设红绿灯的存续时间都是 t_1 。用 t 除以 t_1 如果余数为偶数则一条路上为红灯时间与之垂直的另一条路为绿灯时间, 为奇数则这条路为绿灯时间与之垂直的另一条路为红灯时间。

5. 入口规则

为了仿真方便仅考虑了一个方向的车流, 因此入口处的十字路口不完全, 只有基本的控制两条路在不同的时间段内存在车流。

入口处元胞对应的矩阵为

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

根据红绿灯规则判断哪条路有车进入。仅有 $A(2,1)$, $A(2,2)$, $A(3,3)$, $A(4,3)$ 处可以在绿灯时一秒内有车辆出现, 即在这一次循环中对应元素由原来的数值 0 变为 2。

6. 出口规则

6. 出口规则

与入口规则原因相同, 出口处的十字路口也是不完全的, 只有基本的控制两个不同方向的车流不在同一时间离开的功能。

出口处元胞对应的矩阵为

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

根据红绿灯规则判断哪条路的车可以离开。仅有 $B(2,1)$, $B(2,2)$, $B(3,3)$, $B(4,3)$ 处的车辆元素可以在绿灯时在一秒内离开, 即在这一次循环中对应元素由原来的数值 2 变为 0。

5.2.3 模型求解

根据以上规则，程序运行图如图所示

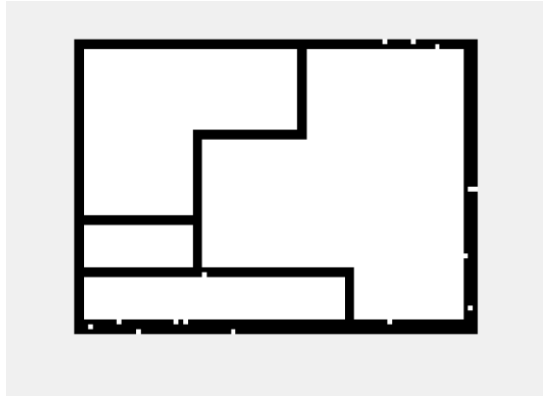


图 10 程序运行结果图

(1) 平均行程车速。

每一次循环中，模型都会根据实际情况赋予车辆这一次循环中应该行驶的距离，因此，通过记录每一辆车的行驶距离就可以求出总体车辆的平均速度。即，

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{t}$$

其中 n 为车的数量， i 是车辆编号， t 是单位时间， d 是单位时间内的行驶距离， \bar{v} 是平均速度。

表 7 平均行程车速

测量次数	第 1 秒	第 2 秒	第 3 秒	第 4 秒	第 5 秒	第 6 秒
1	1.3636	1.3636	1.5909	1.5909	1.3636	1.1818
2	1.5909	1.1364	0.65909	1.0227	1	1.0227
3	1.2098	1.25	1.2841	1.553	1.5909	1.2879

如图所示为十次模拟的平均车辆速度。

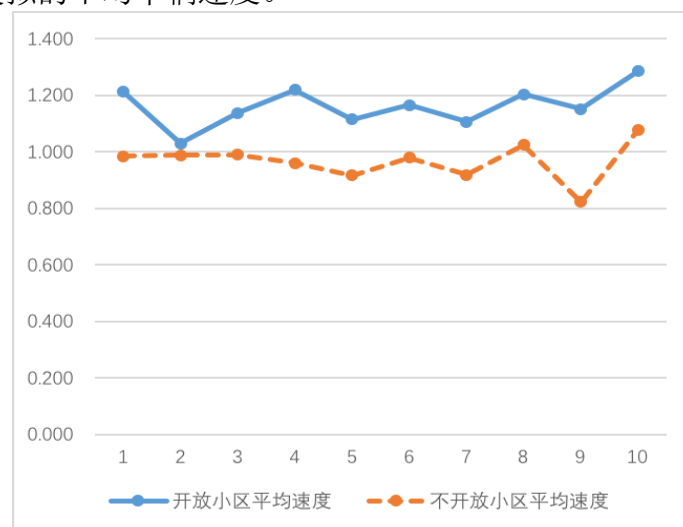


图 11 平均车辆速度

由图可知小区开放后平均速度明显增加。

(2) 车辆密度

从第一行第一列开始检查小区矩阵每一个元素，如果是汽车则记录汽车的数量。最

终可以得到汽车的总数，并用这个总数除以道路元胞的数量，就能得到车辆密度。

表 8 车辆密度

测量次数	第 1 秒	第 2 秒	第 3 秒	第 4 秒	第 5 秒	第 6 秒
1	0.0066794	0.0076336	0.008043608	0.00739701	0.00725601	0.00800351
2	0.0090172	0.0087321	0.00491021	0.00795322	0.00612901	0.00592003
3	0.0070819	0.0067517	0.00810971	0.00669025	0.00739725	0.0068203

如图所示为十次模拟的车辆密度，单位为个 / 200 元胞。

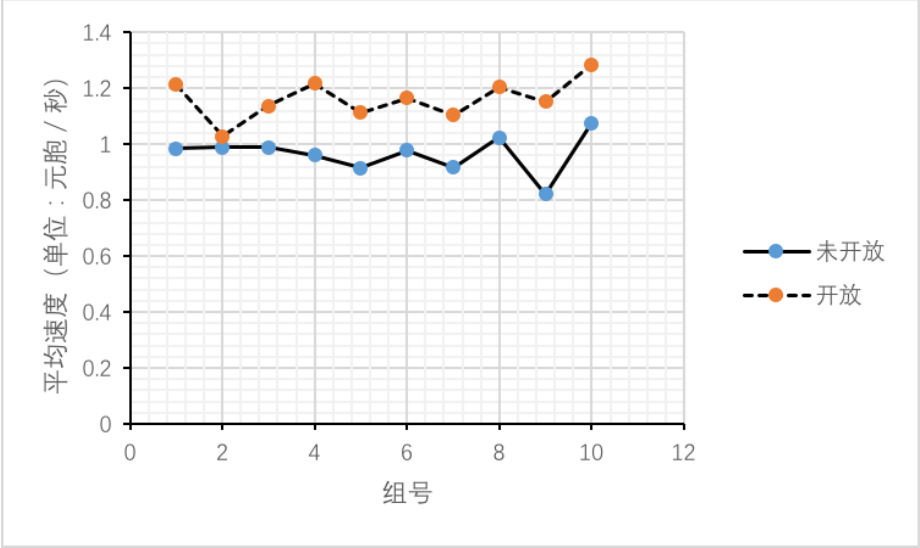


图 12 车辆密度

由图可知，在大多数情况下开放小区车辆密度比不开放小区车辆密度要大。

(3)车辆数

在元胞自动机中的某一路段设置一个断面，记录所有通过断面的车辆，模拟十次输出数据。

表 9 车辆数

不开放	148	152	138	134	157	142	156	137	152	153
开放	92	81	73	84	61	83	95	80	90	104

总占用时间=通过断面的车辆数´每辆车通过断面的平均时间

时间占用率=
$$\frac{\text{总占用时间}}{\text{单位观测时间}}$$

经以上公式计算得到时间占用率表。

表 10 时间占用率

不开放	0.1439	0.1478	0.1342	0.1303	0.1526	0.1381	0.1517	0.1332	0.1478	0.1488
开放	0.0894	0.0788	0.071	0.0817	0.0593	0.0807	0.0925	0.0778	0.0875	0.1011

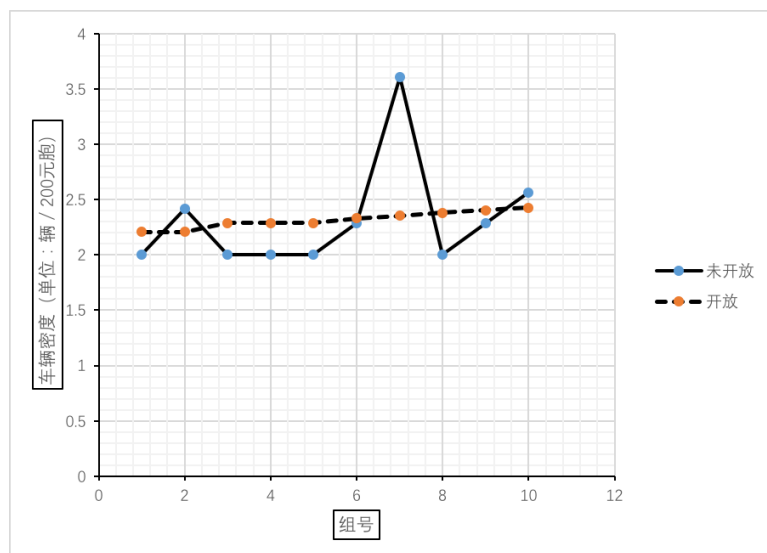


图 13 时间占用率

由图可知，开放后，时间占用率明显降低。

5.3 问题三

小区开放产生的效果可能会和小区的大小、小区的内部道路结构，小区内道路的宽度，小区内停车位的分布以及小区周围道路结构、车流量等因素有关。为了简化问题，本文中我们只考虑小区内部道路结构的影响。因此我们在建立模型之前做如下假设：

- (1) 假设小区的大小为 $175m \times 175m$ 的正方形；
- (2) 假设小区内道路为二车道，宽度为 7 米；
- (3) 假设小区内道路上不能停车；
- (4) 假设小区四周均为二车道的道路，宽度为 7 米；
- (5) 假设小区周围车流量初始值一样。

5.3.1 不同类型小区的构造

小区内部道路的结构规律并不明显，但是小区内部道路与外围主干道的连接是很有规律的，因此我们根据小区内部道路与外围道路连接的条数构造不同类型的小区。当连接条数分别 2 条，3 条，4 条时，我们构造的小区如图 1，图 2 所示。为了比较小区开放前后的交通状态，我们构造了不与外围道路连接得到小区，即连接条数为 0 条，连接条数为零条就是说小区是封闭的，它可以作为每一种小区开放后的对照组。如图 4。

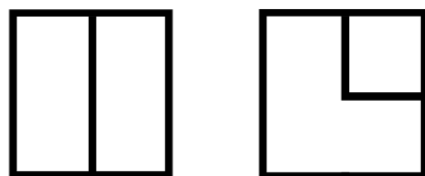


图 14 连接条数为 2 条

图 1 中我们按照连接方式的不同，进一步将连接条数为 2 条的情况分成两类，其中图 1 左边为连接相对两条主干道的小区，图 1 右边为连接相邻两条主干道的小区。为了描述方便我们称图 1 左边小区为“1”型小区，图 1 右边小区为“L 型小区”。

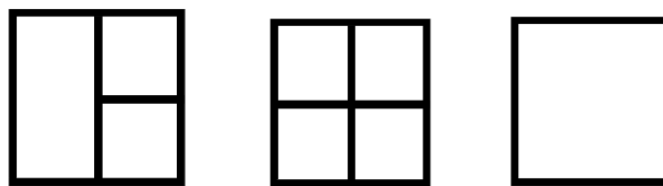


图 15 连接道路为 3 或 4 或 0 条

同样的，我们称图 2 左为“T”型小区，图 2 中为“十”型小区，图 2 右为不开放小区。

5.3.2 数据准备

我们应用问题二中的二维元胞自动机的路网模型分别对图 1 和图 2 中共 4 种不同类型的小区和一个作为对照组的小区进行模拟。下面具体描述用二维元胞自动机模拟的过程：

(1) 解决方法的简化

由于其他类型小区都可以由“十”型小区内部部分支路得到，如图 3、图 4 所示。

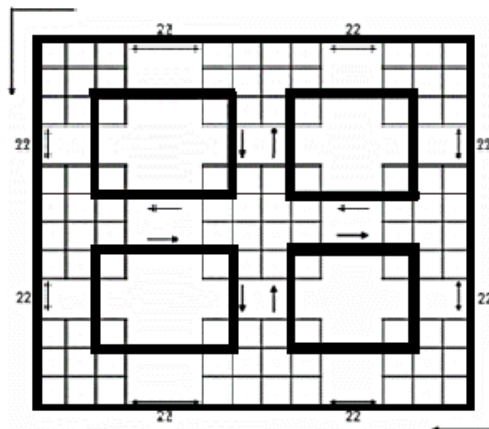


图 16 “十”型小区

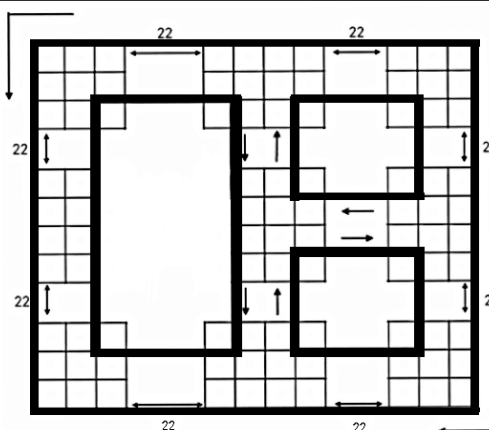


图 17 “T”型小区

由图 3、图 4 可以看到，只需要将图 3 中“十”型小区内部的右侧道路屏蔽即可，即在程序中设置为禁止车流进出该道路，这样就可以得到可得到图 4 的“T”型小区。同理，“1”型小区，“L 型小区”以及不开放小区。

(2) 由模型二直接获得数据

建立模型后为减小误差，模拟十次并输出相关数据。

1. 平均行程车速

每一次循环中，模型都会根据实际情况赋予车辆这一次循环中应该行驶的距离，因

此，通过记录每一辆车的行驶距离就可以求出总体车辆的平均速度。（单位：元胞秒）

表 11 平均行程车速

平均速度（部分）				
1 型	不开放型	十型	L 型	T 型
1.5208	0.5625	1.4062	1.25	1.125
0.95833	0.6875	1.375	1.3125	1.25
1.2604	0.55729	1.1875	0.78125	0.6875
1.3958	0.60417	1.125	1.0104	1.25
2.0625	1	1.5417	0.75	1.4688
1.5625	1.125	1.1719	0.73958	1.5938
1.8438	1.0781	1.5625	0.82292	1.1562
2.0625	1.125	1.55	1.1042	1.0938
1.9583	1.4583	0.88542	1.0156	0.97917
1.5469	1.4375	1.6875	0.925	0.91667

2. 车流密度

从第一行第一列开始检查小区矩阵每一个元素，如果是汽车则记录汽车的数量。最终可以得到汽车的总数，并用这个总数除以道路元胞的数量，就能得到车辆密度。（辆/元胞）

表 12 车流密度

平均密度				
1 型	不开放型	十型	L 型	T 型
0.014706	0.018229	0.012411	0.014706	0.013462
0.016807	0.018229	0.012411	0.016807	0.013462
0.021008	0.023438	0.012411	0.018908	0.011538
0.021008	0.026042	0.014184	0.018908	0.013462
0.023109	0.026042	0.01773	0.021008	0.013462
0.023109	0.026042	0.019504	0.02521	0.013462
0.023109	0.026042	0.019504	0.02521	0.015385
0.023109	0.026042	0.021277	0.02521	0.015385
0.023109	0.026042	0.021277	0.027311	0.017308
0.02521	0.026042	0.021277	0.031513	0.017308

3. 时间占有率

表 13 车辆数

类型	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次
1 型	282	275	279	300	247	252	285	287	249
不开放	264	239	242	252	263	258	244	217	250
十型	200	210	213	218	190	210	176	200	197
L 型	283	265	260	253	269	245	277	235	276
T 型	233	191	206	246	248	237	247	226	208

（3）评价指标数据

由于单个元胞宽度为 3.5 米，一小时折合 3600 秒，因为从上一部分得到的数据的单

位与元胞相关，为方便评价，我们将平均行程车速和车流密度的单位转化为千米/小时和辆/千米。

时间占有率根据相关公式进行计算：

总占用时间=通过断面的车辆数×每辆车通过断面的平均时间

$$\text{时间占用率} = \frac{\text{总占用时间}}{\text{单位观测时间}}$$

经过单位转换，分别得到这 5 种小区的 10 组评价指标数据。部分数据见表 7

表 14 5 种小区的 10 组评价指标数据

组别	小区开放前			1 型小区开放后			L 型小区开放后		
	平均行程车速 km/h	车流密度 veh/km	时间占有率%	平均行程车速 km/h	车流密度 veh/km	时间占有率%	平均行程车速 km/h	车流密度 veh/km	时间占有率%
1	12.626	10.986	0.257	13.280	7.856	0.274	13.476	9.377	0.275
2	12.307	10.171	0.232	13.798	9.286	0.267	14.235	9.129	0.258
3	12.926	10.138	0.235	13.949	8.538	0.271	14.427	8.833	0.253
4	12.908	11.359	0.245	13.871	9.880	0.292	14.211	8.023	0.246
5	12.700	10.098	0.256	13.251	8.767	0.240	15.035	9.008	0.262
6	12.181	10.382	0.251	13.404	9.020	0.245	14.712	7.713	0.238
7	12.738	9.631	0.237	14.229	9.126	0.277	13.918	8.683	0.269
8	13.001	9.250	0.211	13.920	9.023	0.279	14.071	8.713	0.228
9	12.337	9.998	0.243	13.768	9.469	0.242	13.202	9.139	0.268
10	11.689	8.881	0.201	13.054	7.839	0.223	13.566	9.592	0.271

(4) 指标数据的标准化

用模型一中的评价指标标准化处理方式将评价指标数据标准化。应用 matlab 处理得到标准化数据，部分数据见表 8，程序见附录一。

表 15 5 种小区的 10 组评价指标数据

组别	小区开放前			1 型小区开放后			L 型小区开放后		
	平均行程车速 km/h	车流密度 veh/km	时间占有率%	平均行程车速 km/h	车流密度 veh/km	时间占有率%	平均行程车速 km/h	车流密度 veh/km	时间占有率%
1	1.584	0.092	0.007	1.506	0.065	0.007	1.484	0.078	0.007
2	1.625	0.085	0.006	1.450	0.077	0.007	1.405	0.076	0.007
3	1.547	0.084	0.006	1.434	0.071	0.007	1.386	0.074	0.006
4	1.549	0.095	0.006	1.442	0.082	0.007	1.407	0.067	0.006
5	1.575	0.084	0.007	1.509	0.073	0.006	1.330	0.075	0.007
6	1.642	0.087	0.006	1.492	0.075	0.006	1.359	0.064	0.006
7	1.570	0.080	0.006	1.406	0.076	0.007	1.437	0.072	0.007
8	1.538	0.077	0.005	1.437	0.075	0.007	1.421	0.073	0.006
9	1.621	0.083	0.006	1.453	0.079	0.006	1.515	0.076	0.007
10	1.711	0.074	0.005	1.532	0.065	0.006	1.474	0.080	0.007

5.3.3 对 5 种类型小区的定量评价

根据模型一的小区综合评价价值的确定过程编写 matlab 程序，程序见附录一，我们得到以下表 9 所示的综和评价结果。

表 16 5 种不同类型小区的综合评价结果

组别	不 开 放 小区	“1”型小 区开放后	“L”型小 区开放后	“T”型小 区开放后	“十”型小 区开放后
1	1.58	1.51	1.48	1.50	1.39
2	1.63	1.45	1.40	1.52	1.42
3	1.55	1.43	1.39	1.48	1.28
4	1.55	1.44	1.41	1.38	1.49
5	1.57	1.51	1.33	1.38	1.47
6	1.64	1.49	1.36	1.42	1.43
7	1.57	1.41	1.44	1.49	1.60
8	1.54	1.44	1.42	1.45	1.38
9	1.62	1.45	1.51	1.49	1.87
10	1.71	1.53	1.47	1.52	1.50

由表 9 的数据可以看到不开放小区的综合评价价值普遍的比其他小区大，也就是说其他类型的小区在开放后，它们的交通状态都能得到改善；尤其是“L”型小区和“十”型小区，它们的每组组综合评价指标都处在较低的水平，也就是说这两种小区开放前后的交通改善较为显著。但是综合指标数据中也出现了一些异常值，这些异常值的出现是因为小区道路开放后不仅可通行道路的面积增加了，同时车流量也增加了，有加上有些类型的小区开放后，使道路增加了交叉口，增加了交叉口拥挤的概率。因此我们用 *Borda* 数对表 9 的 10 组综合评价结果综合为一个评价结果，弱化特殊值的影响，而不是直接将特殊值删除，我们得到综合评价的 10 组排序结果以及各小区总 *Borda* 数，见表 17 所示表

17 5 种小区的 10 组排序结果和各小区总 *Borda* 数

组别	不开放 小区	“1”型小 区开放后	“L”型小 区开放后	“T”型小 区开放后	“十”型小 区开放后
1	1	2	4	3	5
2	1	3	5	2	4
3	1	3	4	2	5
4	1	3	4	5	2
5	1	2	5	4	3
6	1	2	5	4	3
7	2	5	4	3	1
8	1	3	4	2	5
9	2	5	3	4	1
10	1	2	4	3	5
总 Borda 数	38	20	8	18	16

用 1 代表不开放小区，2 代表“1”型小区开放，3 代表“L”型小区开放，4 代表“T”型小区开放，5 代表“十”型小区开放。绘制总 *Borda* 数的折线图。

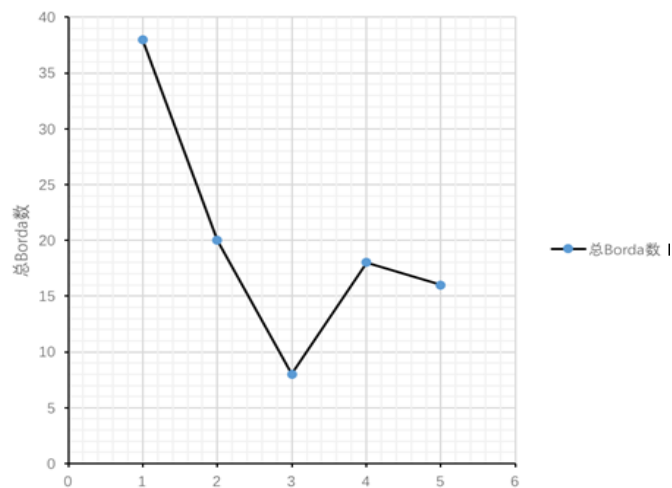


图 18 各类型小区的总 *Borda* 数

由图 18 的结果可以看到“1”型小区，“L”型小区，“T”型小区和“十”型小区在开放后交通状态都能得到改善，改善效果最为明显的是“L”型小区，排在第二位的是“十”型小区，排在第三位的是“T”型小区，改善效果最差的是“1”型小区；因此“L”型小区是最适合开放的小区，因为“L”型小区不仅改善交通效果显著，而且没有引入会造成道路拥堵的交叉口。

5.3.4 周边道路结构的影响

然后改变“L”型小区的周边道路结构，用 *matlab* 程序计算得到小区周边道路为三车道时，总 *Borda* 数为 0，显著低于二车道，所以三车道比二车道改善效果更好。计算结果如表 18。

表 18 周边道路结构改变

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	总 <i>Borda</i> 数
二车道	1.48	1.4	1.39	1.41	1.33	1.36	1.44	1.42	1.51	1.47	10
三车道	1.03	1.05	1.04	1.04	1.01	0.99	1.06	0.97	1.08	1.03	0

5.4 问题四的建议给出

5.4.1 给城市规划部门的建议

首先，为减轻道路拥堵，小区应该对外开放。根据我们在问题一中利用综合评价法得出的结论显示，小区开放后的交通状态得到了明显的改善。在问题二中我们又分别从两个方面，即平均车辆密度、平均行程车速，对比地给出了小区开放前与开放后对周边道路通行的影响。从图 10 和图 11 可以看出：小区开放后明显分担了道路交通压力，尤其在平均行程车速方面反差效果很大。因此我们建议城市规划部门：在未来的小区建设中应统一开放。其次，在问题三中，我们给出了“1”型小区，“L”型小区，“T”型小区和“十”型小区四种小区模型。通过分析求解之后，得出结论为：四种类型的小区在开放后交通状态都能得到改善，但改善效果最为明显的是“L”型小区，排在第二位的是“十”型小区，排在第三位的是“T”型小区，改善效果最差的是“1”型小区；因此我们建议城市规划部门：在制度、资源、财力充分的前提下，建立“L”型小区，因为“L”型小区不仅改善交通效果显著，而且没有引入会造成道路拥堵的交叉口；其次选

择“十”型小区或“T”型小区；尽量不选择改善效果较差的“1”型小区，它的建设反而更是人力物力与财力的损耗。

5.4.2 给交通管理部门的建议

交通管理部门应与规划部门相互协调与配合。根据我们在问题一中给出的交通状态分级表（表 1）中选取的三个评价指标，即平均行程车速、车流密度和时间占有率，结合整道问题的分析与求解，我们在此给出交通部门两点建议。第一，在道路宽度允许的情况下，增多车道，这样可以有效地提高平均行程车速和时间占有率。第二，完善相关制度，在小区内外合理限制单双号出行与红绿灯的数量和时间此举可以大大减少车流密度。

六、模型的评价

对于问题一，本文综合考虑了平均行程车速、车流密度和时间占有率对评价结果的影响，并用二维元胞自动机模型生成了小区开放前后的指标数据。动态综合评价模型的优点是各个指标的权值是随着指标对综合评价结果影响程度而不断变化的，这就使得综合评价的结果更加科学和客观；引入 *Borda* 函数方法弱化了特殊结果的对结论的影响，但是并没有直接删除特殊结果，这使得评价结果更加全面。

对于问题二，二维元胞自动机模型充分考虑到了道路上的实际情况以及交通规则；仅需少量数据就可以模拟实际道路情况，并输出研究道路通行能力需要的数据，且与实际情况基本相符；但是该模型是以本文制定的规则运行的，没有考虑不遵守规则的情况。

对于问题三，考虑了小区开放效果与小区内部道路结构和小区周边道路结构的关系，根据小区内部道路与外围主干道的连接条数构造 5 种类型的小区。在计算时；注意到其他类型的小区都可以由“十”型小区屏蔽内部部分道路演变而成，减少了编程工作量，提高了计算效率。但是由于时间问题，本文没有考虑小区开放效果与车流量的关系。

七、参考文献

- [1] 徐吉谦，交通工程总论[M]，北京园林交通出版社，1991
- [2] 何清，模糊聚类分析理论与应用研究进展[J]，模糊系统与数学，1998
- [3] 韩中庚，数学建模方法及其应用，高等教育出版社，2005
- [4] 刘凤秋，李善强，曹作宝，数学实验，哈尔滨工业大学出版社2010

八、附件

附录一 动态加权评价模型程序

```
[ndata, text, alldata] = xlsread('1disanwenshuju.xls')
A=ndata;
beta=[0.222,0.092,0.280];
sige=[0.1463,0.061,0.1875];
a=size(A,1)
b=size(A,2)
for j=1:3:13
    for i=1:a
        A(i,j)=1./A(i,j).*20
    end
end
for j=2:3:14
    for i=1:a
```

```

        A(i,j)=A(i,j)./120
    end
end
for j=3:3:15
    for i=1:a
        A(i,j)=A(i,j)./39
    end
end
Z=zeros(a,5);
m=zeros(1,3)
h=0
for flag=1:5
    for i=1:a
        for j=(1+h):(3+h)
            if A(i,j)<=beta(j-h)
                m(j-h)=0
                Z(i,flag)=Z(i,flag)
            else A(i,j)>beta(j-h)
                m(j)=1-exp(-(A(i,j)-beta(j-h)).^2./sige(j-h).^2)
                Z(i,flag)=Z(i,flag)+m(j-h).*A(i,j)
            end
        end
    end
    h=h+3
    if flag==5
        end
end

```

附录 1 问题二元胞自动机主程序

```

x=85;%横向长度
y=62;%纵向长度
z=ones(y,x);
z(1,:)=0;
z(2,:)=0;
z(:,1)=0;
z(:,2)=0;
z(62,:)=0;
z(61,:)=0;
z(60,:)=0;
z(:,85)=0;
z(:,84)=0;
z(:,83)=0;
%主干道路口
z(1:2,1:2)=-1;
z(59:62,1:2)=-2;
z(59:62,83:85)=-1;
z(1:2,83:85)=-2;
z_1=z;%主干路
z(3:21,48:49)=0;
z(20:21,26:49)=0;
z(20:50,26:27)=0;

```

```

z(49:50,3:59)=0;
z(38:39,3:27)=0;
z(49:59,58:59)=0;
n_10=0;
for i=1:62
    for j=1:85
        if z(i,j)==0
            n_10=n_10+1;
        end
    end
end
end
z(39,20)=2;
n=10;%初始车辆数目
v=5;%限速
%过弯速度
cells=road_start(x,y,z,z_1,n);
imh=imshow(cells)
set(imh,'erasemode','none')
axis equal
axis tight
t=0;%计时初始化
t_1=30;%红绿灯切换周期
t_max=1000;
ave_v=zeros(1,t_max);
n_1=0;n_2=zeros(1,t_max);n_4=0;
while(t<t_max)
    cells=border_rule(t,t_1,cells);
    [ave,cells]=speed_after(cells);
    set(imh,'cdata',cells)
    pause(0.1)
    t=t+1;
    ave_v(1,t)=ave;
    for i=1:x
        for j=1:y
            if cells(j,i)==2
                n_1=n_1+1;
            end
        end
    end
    n_2(1,t)=n_1;
    density=n_2./n_10;
    ti=cells(51:55,1:2);
    for x=1:5
        for y=1:2
            if ti(x,y)==2
                n_4=n_4+1;
            end
        end
    end
end
n_1=0;

```

```

end

%-----平均速度-----%
ave_v;
%-----平均密度-----%
density;
%-----~时间~-----%
n_4
xlswrite('ave_v',ave_v);
xlswrite('density',density);
附录 2 问题三元胞自动机主程序图
% 以一个50*50的小区为例
z=ones(50,50);
z(1:2,1:50)=0;
z(1:50,1:2)=0;
z(49:50,1:50)=0;
z(1:50,49:50)=0;
z_1=z;
%z(1:50,25:26)=0;
%z(25:26,1:50)=0;
%z(25:26,3:24)=1;
z(1:26,25:26)=0;
z(25:26,25:48)=0;
t_1=30;
n=10;
n_5=0;
cells=zeros(50,50);
for i=1:50
    for j=1:50
        if z(i,j)==0
            n_5=n_5+1
        end
    end
end
end
cells=road_start(50,50,z,z_1,n);
imh=imshow(cells)
set(imh,'erasemode','none')
axis equal
axis tight
t=0;%计时初始化
t_1=30;%红绿灯切换周期
t_max=1000;
ave_v=zeros(1,t_max);
n_1=0;n_2=zeros(1,t_max);n_4=0;

while(t<t_max)
    cells=border_rule_1(t,30,cells);
    %通用速度规则
    z_1=cells(3:48,1);

```

```

[ave1,z_1]=speed_1(46,z_1);
cells(3:48,1)=z_1;
z_11=cells(3:48,2);
[ave13,z_11]=speed_1(46,z_11);
cells(3:48,2)=z_11;

z_2=cells(1,3:48);
[ave2,z_2]=speed_3(46,z_2);
cells(1,3:48)=z_2;
z_22=cells(2,3:48);
[ave14,z_22]=speed_3(46,z_22);
cells(2,3:48)=z_22;

z_3=cells(49,3:48);
[ave3,z_3]=speed_3(46,z_3);
cells(49,3:48)=z_3;
z_33=cells(50,3:48);
[ave15,z_33]=speed_3(46,z_33);
cells(50,3:48)=z_33;

z_4=cells(3:48,49);
[ave4,z_4]=speed_1(46,z_4);
cells(3:48,49)=z_4;
z_44=cells(3:48,50);
[ave16,z_44]=speed_1(46,z_44);
cells(3:48,50)=z_44;

%通用转角规则
if cells(1,1)==2 && cells(3,1)==0
    cells(1,1)=0;cells(3,1)=2;
end
if cells(1,1)==0 && cells(1,3)==2
    cells(1,1)=2;cells(1,3)=0;
end
if cells(3,2)==0 && cells(2,3)==2
    cells(3,2)=2;cells(2,3)=0;
end
if cells(50,50)==2 && cells(50,48)==0
    cells(50,50)=0;cells(50,48)=2;
end
if cells(50,50)==0 && cells(48,50)==2
    cells(50,50)=2;cells(48,50)=0;
end
if cells(49,48)==0 && cells(48,49)==2
    cells(49,48)=2;cells(48,49)=0;
end
if cells(49,49)==2 && cells(49,48)==0
    cells(49,49)=0;cells(49,48)=2;
end
if cells(2,2)==2 && cells(3,2)==0

```



```

        cells(2,2)=0;cells(3,2)=2;
    end
    %通用岔路规则
    t_1=cells(1:3,24:27);
    t_1=t_rule(t_1);
    cells(1:3,24:27)=t_1(1:3,1:4);

    t_2=cells(24:27,1:3);
    t_2=rot90(t_2,3);
    t_2=t_rule(t_2);
    t_2=rot90(t_2);
    cells(24:27,1:3)=t_2(1:4,1:3);

    t_3=cells(48:50,24:27);

    t_3=tt_rule(t_3);

    cells(48:50,24:27)=t_3(1:3,1:4);

    t_4=cells(24:27,48:50);

    t_4=rot90(t_4,3);
    t_4=t_rule(t_4);
    t_4=rot90(t_4);

    cells(24:27,48:50)=t_4;
    %通用小区内部规则
    %speed_1纵向向下
    %speed_2纵向向上
    %speed_3横向向左
    %speed_4横向向右
    l_1=cells(25,3:24);
    [ave5,l_1]=speed_3(22,l_1);
    cells(25,3:24)=l_1;
    l_2=cells(25,27:48);
    [ave6,l_2]=speed_3(22,l_2);
    cells(25,27:48)=l_2;

    r_1=cells(26,3:24);
    [ave7,r_1]=speed_4(22,r_1);
    cells(26,3:24)=r_1;
    r_2=cells(26,27:48);
    [ave8,r_2]=speed_4(22,r_2);
    cells(26,27:48)=r_2;

    u_1=cells(3:24,26);
    [ave9,u_1]=speed_2(22,u_1);
    cells(3:24,26)=u_1;
    u_2=cells(27:48,26);

```

```

[ave10,u_2]=speed_2(22,u_2);
cells(27:48,26)=u_2;

d_1=cells(3:24,25);
[ave11,d_1]=speed_1(22,d_1);
cells(3:24,25)=d_1;
d_2=cells(27:48,25);
[ave12,d_2]=speed_1(22,d_2);
cells(27:48,25)=d_2;
%十字路口规则
c=cells(24:27,24:27);
c=crossroad(c);
cells(24:27,24:27)=c;
%补丁
if cells(25,3)==2 && cells(25,2)==0
    cells(25,3)=0;cells(25,2)=2;
end
if cells(26,48)==2 && cells(26,49)==0
    cells(26,48)=0;cells(26,49)=2;
end
if cells(3,26)==2 && cells(2,26)==0
    cells(3,26)=0;cells(2,26)=2;
end
if cells(48,25)==2 && cells(49,25)==0
    cells(48,25)=0;cells(49,25)=2;
end

set(imh,'cdata',cells)
pause(0.1)
t=t+1;

ave_v(1,t)=(ave1+ave2+ave3+ave4+ave5+ave6+ave7+ave8+ave9+ave10+ave11+ave12+ave1
3+ave14+ave15+ave16)/16;
for i=1:50
    for j=1:50
        if cells(i,j)==2
            n_1=n_1+1;
        end
    end
end
n_2(1,t)=n_1;
n_1=0;
density=n_2./n_5;
ti=cells(49:50,11:15);
for x=1:5
    for y=1:2
        if ti(y,x)==2
            n_4=n_4+1;
        end
    end
end

```

```

end
n_4
end
all=zeros(2,t_max);
all(1,:)=ave_v(1,:);
all(2,:)=density(1,:);
%xlswrite('all',all);
%xlswrite('ave_v',ave_v);
%xlswrite('density',density);
附录 3 1 型小区道路数据

```

组别	平均行程车速	车流密度	时间占有率
1	1.054001797	0.026186637	0.274166667
2	1.095060039	0.03095457	0.267361111
3	1.1070925	0.028459773	0.27125
4	1.100902109	0.032932285	0.291666667
5	1.051694648	0.029222996	0.240138889
6	1.063824805	0.030068262	0.245
7	1.129254648	0.03042116	0.277083333
8	1.104780391	0.030076504	0.279027778
9	1.092682109	0.031561766	0.242083333
10	1.036012227	0.026129172	0.222638889

附录 4 未开放小区道路数据

组别	平均行程车速	车流密度	时间占有率
1	1.002099727	0.036621098	0.256666667
2	0.976751719	0.033904965	0.232361111
3	1.025896055	0.03379307	0.235277778
4	1.024465078	0.037862164	0.245
5	1.007912227	0.033660848	0.255694444
6	0.966765898	0.034606887	0.250833333
7	1.010945352	0.032104512	0.237222222
8	1.031849531	0.030832992	0.210972222
9	0.979109023	0.033325242	0.243055556
10	0.927732305	0.029602051	0.20125

附录 5L 型小区道路数据

组别	平均行程车速	车流密度	时间占有率
1	1.069484648	0.031258152	0.275138889
2	1.129752031	0.030429285	0.257638889
3	1.145016406	0.029444523	0.252777778
4	1.127887148	0.02674473	0.245972222
5	1.193274297	0.03002725	0.261527778
6	1.167611875	0.02571066	0.238194444
7	1.104565039	0.028943969	0.269305556

8	1.116739023	0.029042496	0.228472222
9	1.047751055	0.030462152	0.268333333
10	1.076632383	0.03197218	0.27125

附录 6T 型小区道路数据

组别	平均行程车速	车流密度	时间占有率
1	1.054001797	0.026186637	0.274166667
2	1.095060039	0.03095457	0.267361111
3	1.1070925	0.028459773	0.27125
4	1.100902109	0.032932285	0.291666667
5	1.051694648	0.029222996	0.240138889
6	1.063824805	0.030068262	0.245
7	1.129254648	0.03042116	0.277083333
8	1.104780391	0.030076504	0.279027778
9	1.092682109	0.031561766	0.242083333
10	1.036012227	0.026129172	0.222638889

附录 7 十型小区道路数据

组别	平均行程车速	车流密度	时间占有率
1	1.145887031	0.01917112	0.194444444
2	1.114485586	0.020764225	0.204166667
3	1.237411797	0.024698195	0.207083333
4	1.068436484	0.021172746	0.211944444
5	1.077464688	0.02113125	0.184722222
6	1.112716914	0.01987068	0.204166667
7	0.990138594	0.018346902	0.171111111
8	1.149746602	0.021436035	0.194444444
9	0.84744682	0.019676732	0.191527778
10	1.06094793	0.019946766	0.168194444