

小区开放对道路通行的影响

摘 要

本文对于小区开放对道路通行的影响选取了五个合适的指标，并利用 matlab 软件，结合主成分分析法、专家打分和元胞自动机仿真模拟了小区开放前后小区周边道路通行状况变化。依据结果及现实情况，文末给出了小区开放的合理化建议

问题一中文章结合题干及文献选定了小区人口毛密度、小区及周边道路管理人员数目增减、小区周边主路进出小区交叉口数、小区二级道路密度和小区三级道路密度五个指标，并根据实际说明了选定指标的理由，其间确定了小区人口毛密度和小区周边主路进出小区交叉口数为逆指标，其余指标为正指标。为了将问题更加具体化，本文将小区周边道路情况用车辆平均通行时间来衡量，其中车辆通行速度是很重要的一個参数，所以本文在问题一中主要求解了各指标对周边车辆速度影响的权重，也为第二问仿真中车辆速度变化做了前期准备。具体算法是应用专家打分结合主成分分析法确定各个指标的权重。得出该小区对周边车速度的贡献度即影响大小，进而粗略的知道了该小区对周边交通的影响程度。

问题二中本文建立了二维元胞自动机仿真模拟真实的小区开放前后周边道路状况，依据车辆平均通行时间的变化来衡量小区开放对于周边道路的影响。车辆的初始速度可以由用户自动设置，当该小区开放后，该模型将自动依据问题一结果计算各指标对速度的贡献度，从而得出车辆新的速度。现实生活中，司机更愿意走耗时最短的路径，本文采用图论和 floyd 算法，计算出一对起始点间的最短时间路径，作为车辆的移动路径。在元胞运动过程中，本文加入了对红灯等待时间和车辆相遇的考量，令仿真更接近现实状况。仿真结束后可得到车辆平均通行时间的变化，用以衡量该小区对周边交通的影响程度，进而动态观测周边道路状况。

问题三是前两问中模型的应用，本文依据题干中的小区结构及周边道路结构、车流量构造了三个小区模型，分别为市中心高层，市区低层及郊区别墅，三个模型均具有典型特征，利于后续的研究及分析。利用问题二构建的仿真模型，计算出小区一开放小区后车辆平均通行时间减少 14.4%，小区二开放小区后车辆平均通行时间减少 40.8%，小区三开放小区后车辆平均通行时间减少 49.5%。

问题四中，本文结合第三问的研究结果及车流量不同的现象，不推荐开放高层小区及别墅，推荐开放一些人口毛密度适中，地处主次干道，路网密集，管理完备的小区。同时考虑到安全问题和抢占停车位的问题，可在早晚高峰期开放小区，其余时间关闭小区。此建议基于科学的模型提出，具有一定的合理性和可行性。

关键词：主成分分析法 专家打分 图论 Floyd 算法 二维元胞自动机

1 问题重述

2016年2月21日，国务院发布《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。

城市规划和交通管理部门希望你们建立数学模型，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，为此请你们尝试解决以下问题：

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。

2 模型的假设与符号的说明

2.1 模型的假设

- (1) 假设小区周边道路及小区内道路平坦。
- (2) 假设所有道路均为双行道。
- (3) 假设小区开放前后小区管理制度不变。
- (4) 假设小区开放后车辆速度最多增减一倍。
- (5) 假设车辆起止点均在路口处。

2.2 符号的说明

符号	说明
m_i	小区 i 的人口毛密度（人/平方公顷）
n_i	小区 i 及周边道路管理人员的增减数量（人）
p_i	小区 i 周边主路进出小区的交叉路口数（个）
r_i	小区 i 的二级道路密度（千米/平方千米）
s_i	小区 i 的三级道路密度（千米/平方千米）

Q	专家评判集
q_{ij}	对于某小区，专家 j 对于指标 i 的打分
U_i	特征值 λ_i 所对应的特征向量
V	指标在主成分中的综合重要性矩阵
W	专家评分的相关系数矩阵
λ_j	相关系数矩阵的特征值
F_i	得分综合值
a_i	i 项指标的权重
α	指标对车辆速度的贡献度
C	车辆行驶时间矩阵
t_{ij}	车辆从节点 i 到节点 j 所需的最短时间
D	节点矩阵

3 问题一的分析与求解

3.1 问题一的分析

问题一要求我们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。我们首先详细阅读了题目，认为对周边道路的影响可以用车辆平均行驶时间，这一问中我们只粗略的计算一下小区开放对周边道路的影响，即计算指标对于速度的影响，为第二问的精确求解做前期准备。小区开放后，若使周边道路中行驶的车辆车速增加了，说明此小区开放对周边道路产生了好的影响；反之，若使周边道路中行驶的车辆车速降低了甚至出现了压车现象，就说明此小区开放对周边道路产生了坏的影响。随后我们提炼出“小区开放后，路网密度提高，道路面积增加”、“这与小区面积、位置、外部及内部道路状况等诸多因素有关”、

“小区周边主路上进出小区的交叉路口的车辆也会增多”这几句话作为我们选取指标的重要依据，最后我们上网查阅了大量资料后，最终确定了小区人口毛密度、小区及周边道路管理人员数目增减、小区周边主路进出小区交叉口数、小区二级道路密度和小区三级道路密度五个指标。确定指标后，我们通过主层次分析法与专家打分结合的方式确定了各个指标的权重，这样的好处是不需要过多的数据，而且可以提高专家评分的精确性。得出指标权重后，我们用指标权重乘上专家打分即得到该小区对周边车辆影响的得分，这里我们将一开始的专家打分稍做修改，将负相关的指标得分取相反数，以体现该指标对速度影响的好坏程度。我们假设车辆最多增减速一倍，那么我们通过最终得分与 0 的差值除以打分总跨度，即可

得出该小区对周边车辆速度的影响大小,进而知道该小区对周边交通的影响程度,同时为第二问建立模型提供了前期准备。

3.2 指标说明

3.2.1 小区人口毛密度

因为小区里的道路大多狭窄,未设置人行与自行车行道,人与车需要在同一条道路上运动。司机出于安全考虑,在有行人行走的道路上大多会降速,以低速行驶,所以一个小区内人口毛密度越大,车辆通行的速度将越低。我们可以知道,这是一个逆指标。

为了方便后续的专家评判,我们在此设置一个对小区毛人口密度的评判规则供专家参考(这里的评价规则主要是根据国家政策和网上资料制定的,说明中的数字包括下限不包括上限,后面大体相同,不再特意说明):

分数	程度	说明
5	影响很强	1000 人/平方公顷以上
4	影响较强	800-1000 人/平方公顷
3	影响一般	600-800 人/平方公顷
2	影响较弱	400-600 人/平方公顷
1	影响很弱	200-400 人/平方公顷
0	无影响	200 人/平方公顷以下

(可以根据本城市实际情况进行调整)

3.2.2 小区及周边道路管理人员数目增减

小区的物业人员有着管理小区内部道路的职责。小区开放后,小区的路不仅仅只属于小区,也属于市政部门,而物业人员始终有管理小区道路的职责,所以相当于道路管理方面增加了人手。管理人员越多的小区物业公司,车辆的通行速度将越高。我们可以知道,这是一个正指标。

为了方便后续的专家评判,我们在此设置一个对小区及周边道路管理人员数目增减的评判规则供专家参考:

分数	程度	说明
5	影响很强	45 人以上
4	影响较强	35-45 人
3	影响一般	25-35 人
2	影响较弱	15-25 人
1	影响很弱	5-15 人
0	无影响	5 人以下

(可以根据本城市实际情况进行调整)

3.2.3 小区周边主路进出小区交叉口数

开放小区后,以前尽头为小区围墙的路与外围道路共同形成了十字或丁字路口。十字与丁字路口大多安装信号灯,增加了车辆的等待时间,而且路口容易形成堵车现象,所以小区周边主路进出小区交叉口数越多,车辆的平均速度越慢。我们可以知道,这是一个逆指标。

为了方便后续的专家评判,我们在此设置一个对小区周边主路进出小区交叉口数的评判规则供专家参考:

分数	程度	说明
5	影响很强	12 个以上
4	影响较强	10-12 个

3	影响一般	8-10 个
2	影响较弱	6-8 个
1	影响很弱	4-6 个
0	无影响	4 个以下

（可以根据本城市实际情况进行调整）

3.2.4 小区二级道路密度与小区三级道路密度

通过百度百科，我们得知居住区内道路分为四个等级^[1]：

第一级，居住区级道路，它是居住区很主要的道路，道路红线宽度一般来说为 20-30m。车行道宽度应大于 9m。

第二级 居住小区级道路，它是居住区比较次要的道路，用来解决居住区内部交通联系。道路红线宽度一般来说为 10-14m，车行道宽度 6-8m，人行道宽 1.5-2m。

第三级 住宅组团级道路，它是居住区内支路，用来解决住宅组群的内外交通联系，车行道宽度一般为 4-6m。

第四级 宅前小路，它是通向各户或各单元门前的小路，一般宽度不小于 2.6m。

因为在小区内的道路有二、三和四级，而四级是通向单元门的，对于交通几乎无影响，所以这里我们只考虑二、三级道路，道路密度越大，车辆能通行的道路就越多，就越不容易发生压车现象，车辆的速度就越快。这里将二、三级道路分开考虑是基于道路宽度对车辆速度的考虑，因为二级比三级道路宽度更大，更有利于提高通行车辆的速度。我们可以知道，这两个指标也是正指标。

为了方便后续的专家评判，我们在此设置一个对小区二级道路密度和小区三级道路密度的评判规则供专家参考：

二级：

分数	程度	说明
5	影响很强	12 千米/平方千米以上
4	影响较强	10-12 千米/平方千米
3	影响一般	8-10 千米/平方千米
2	影响较弱	6-8 千米/平方千米
1	影响很弱	4-6 千米/平方千米
0	无影响	4 千米/平方千米以下

（可以根据本城市实际情况进行调整）

三级：

分数	程度	说明
5	影响很强	10 千米/平方千米以上
4	影响较强	8-10 千米/平方千米
3	影响一般	6-8 千米/平方千米
2	影响较弱	4-6 千米/平方千米
1	影响很弱	2-4 千米/平方千米
0	无影响	2 千米/平方千米以下

（可以根据本城市实际情况进行调整）

3.3 确定指标贡献度^[2]

我们通过专家打分结合主成分分析法的方式，计算出各指标的权重，随后可用指标权重与各专家打分计算出该小区的综合得分，根据综合得分与分值跨度的

比值（即 5）就可以计算出该小区对周边车辆速度的贡献度。这里需要注意的是在计算该小区综合得分的时候，我们将逆指标的专家打分变为了负分，这是为了体现某些值与周边车辆速度的负相关。

3.3.1 构建评分集

上文已给出各指标的打分规则，我们可以依据此规则对该小区各指标进行打分。

n 专家对各 m 个指标进行评分，得到评分集

$$Q = [q_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & \cdots & q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \cdots & q_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ q_{m1} & q_{m2} & \cdots & q_{mn} \end{bmatrix}$$

3.3.2 求解评分集的相关系数矩阵和特征值

利用 malab 软件求得评分集的相关系数矩阵

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \cdots & W_{nn} \end{bmatrix}$$

同时，求得相关系数矩阵的 n 个特征值 $\lambda_1, \lambda_2 \cdots \lambda_n$ ，特征值 λ_i 对应的特征向

量为 $U_i = [u_{1i} \ u_{2i} \ \cdots \ u_{ni}]^T$ ， $i = 1, 2 \cdots n$ ，特征向量矩阵即

$$U = \begin{bmatrix} U_1^T \\ U_2^T \\ \cdots \\ U_n^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{nn} \end{bmatrix}$$

3.3.3 求得各指标权重

指标在主成分中的综合重要性矩阵 V ，

$$V = [v_1 \ v_2 \ \cdots \ v_n] = \begin{bmatrix} \frac{\lambda_1}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} & \frac{\lambda_2}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} & \cdots & \frac{\lambda_n}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \end{bmatrix} \times U^T$$

其得分综合值为 $F_i = \sum_{j=1}^n v_j q_{ij}$

求出各指标权重为 $a_i = \frac{F_i}{\sum_{i=1}^m F_i}$

3.3.4 贡献度求解

在上文中提到，我们选取了小区人口毛密度、小区及周边道路管理人员数目增减、小区周边主路进出小区交叉口数、小区二级道路密度和小区三级道路密度五个指标。我们不妨设小区人口毛密度为指标一；小区及周边道路管理人员数目增减为指标二；小区周边主路进出小区交叉口数为指标三；小区二级道路密度为指标四；小区三级道路密度为指标五。其中指标一和指标三是逆指标，所以我们将指标一和指标三的专家打分加上符号，重新构建专家评分集为

$$Q = \begin{bmatrix} -q_{11} & -q_{12} & \cdots & -q_{1n} \\ q_{21} & q_{22} & \cdots & q_{2n} \\ -q_{31} & -q_{32} & \cdots & -q_{3n} \\ q_{41} & q_{42} & \cdots & q_{4n} \\ q_{51} & q_{52} & \cdots & q_{5n} \end{bmatrix}$$

$$\text{指标 } i \text{ 的平均得分 } \bar{q}_i = \frac{\sum_{j=1}^n q_{ij}}{n}$$

最终可求得指标的贡献度为

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^5 \bar{q}_i a_i}{5}$$

4 问题二的分析与求解

4.1 问题二的分析

问题二让我们建立关于车辆通行的数学模型，我们对元胞自动机模型进行了改进和优化，形象的表示出车辆通行情况。依据车辆平均通行时间的变化来衡量小区开放对于周边道路的影响。因为车辆的起始点相同，起始车辆数也相同，所以若平均通行时间减少，则小区开放对周边道路状况有利，且减少时间越多，益处越大。在这一模型中，我们考虑了车辆所走的最短时间路径和路口等待的情况问题，具体算法我们会在下面详细的介绍。

4.2 模型的建立

4.2.1 元胞自动机

(1) 车辆准备

每辆车占一个方格，每辆车在小区外围的初始速度为 $x_1 km/h$ ，在小区内部的初始速度为 $x_2 km/h$ （ x_1 、 x_2 均为用户自行设定，本题中用 30, 20），初始车辆数为 25 辆。依据第一问可算出小区各指标对速度的贡献度为 α ，可以求得开放小区后，车辆的速度变为

$$\beta = \begin{cases} (\alpha + 1) \cdot x_1 & (\text{当车辆在小区范围外}) \\ (\alpha + 1) \cdot x_2 & (\text{当车辆在小区范围内}) \end{cases}$$

(2) 前进规则

依据 4.2.2 可以算出最短时间路径，各车辆按照既定路径前行。每一回合中，各车辆按照顺序各自前进一格，若该回合中预前进格中已有同向的其他车辆，则此回合停止前进，直至预前进格中无车辆后方可继续前进。

(3) 车辆平均通行时间计算

通过 matlab 软件我们可以得到车辆通行的总时间 μ ，即可得到车辆平均通行时间为

$$\mu_z = \frac{\mu}{25}$$

(4) 时间比较

在小区开放前后，分别运行该仿真程序，可以求得小区开放前后的车辆平均通行时间，若小区开放后通行时间缩短，则该小区开放对周边交通有好的影响，反之亦然，且缩短（增长）的时间越多，小区开放对周边交通的影响越大。

4.2.2 求解最短时间路径^[3]

司机在开车的时候，都会尽可能的走用时最短的道路。所以我们应该首先计算出小区开放前后同一起始点间最短时间路径。这里我们运用 floyd 算法求解最短时间路径。

在上面的计算中，已经求出周边车辆的速度，所以可以求得汽车在任意相邻节点的每条路的行驶时间。在路网结构中，令汽车不在相邻节点之间的行驶时间设为 ∞ （即无法直接到达）。据此，可以将汽车在小区以及周边地区各条路线行驶时间求出，令时间权重矩阵为 C （ c_{ij} 代表汽车从节点 i 行驶到节点 j 所需时间）， t_{ij} 代表汽车从节点 i 行驶到节点 j 所需的最短时间。

利用 Floyd 算法计算出最短时间，同时再引入一个后继节点矩阵 $path$ 来记录两点间的最短时间路径。基本步骤如下：

Step1 利用图论知识，输入权矩阵 C ，对于所有的节点 $i、j$ ，令

$$t_{ij} = c_{ij}, k = 1;$$

Step2 对所有的节点 $i、j$ ，若 $t_{ij} > c_{ik} + c_{kj}$ ，则令 $t_{ij} = c_{ik} + c_{kj}$ ，否则保留 t_{ij} 。在此过程中记录路径；

Step3 令 $k = k + 1$ ，考虑在节点 $i、j$ 中增加节点数，依照步骤 2 更新 t_{ij} 。

Step4 不断循环步骤 3，直到考虑完所有节点，求出最短时间 t_{ij} 。

4.2.3 求解路口等待时间

一般而言，大多数路口都设置有红绿灯，为了简化模型，我们设计了一个简单的模拟方式，在此我们首先假设每辆车子都会在路口遇到红灯。

首先运用 matlab 软件生成 0-100 的随机数矩阵，每个数字 b 与 100 的比值分别对应着相应路口红灯等待时间占红灯总时长的百分比。红灯时间我们假设为 30 秒，则可以计算出车辆通过该路口时需要在总时长上加 $30 \times \frac{b}{100}$ 秒。

除了红绿灯，路口还可能出现压车现象，当有其他车辆率先进入路口时，其他车辆要停在路口待入处，直到 n 个回合后自己进入路口，我们假设等待一个回合为 5 秒钟，则总等待时间为 $5n$ 秒。

5 问题三的分析与求解

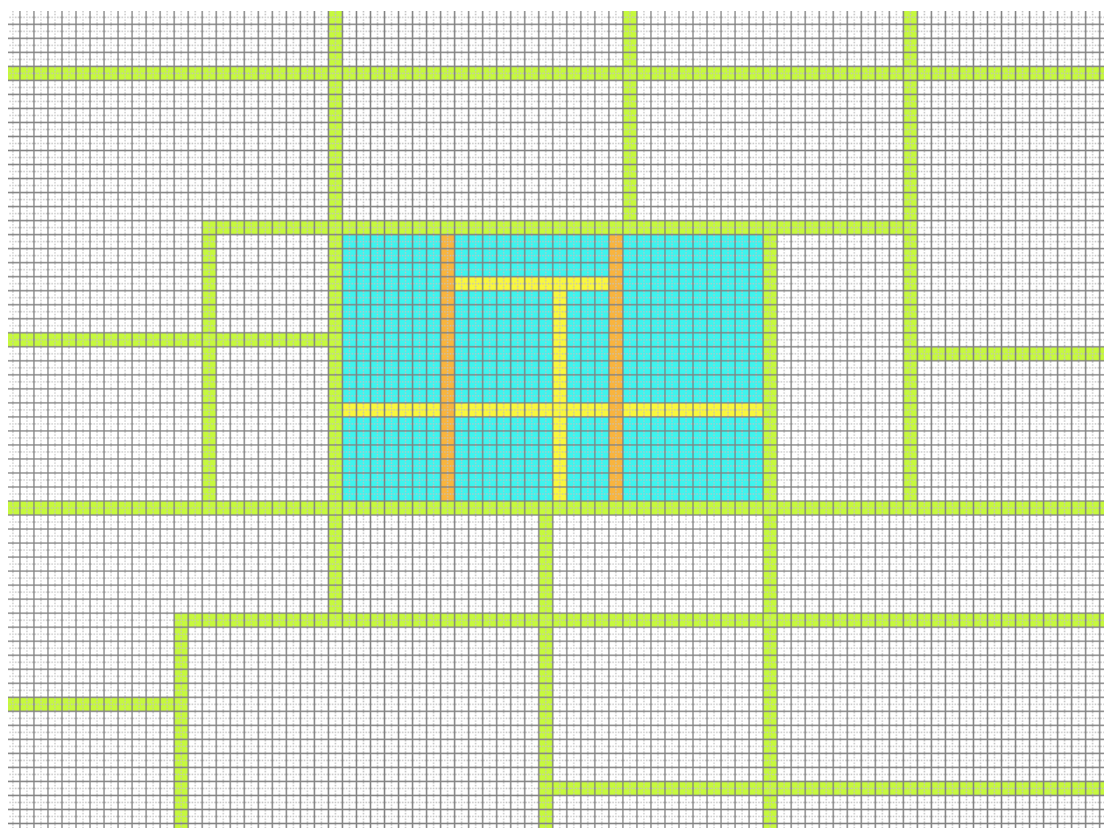
5.1 问题三的分析

问题三的题干中提到：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。所以我们依此构建了三个不同类型的小区，运用问题二中建立的仿真模型，定量的计算了各小区开放后对周边道路的影响。

5.2 构建小区和小区数据预处理

5.2.1 市中心高层

小区示意图如下图（图中蓝色区域为小区，橙色线为小区内二级道路，黄色线为小区内三级道路，绿色线为小区周边道路，随后几张图图案示例与此相同，不再赘述）：

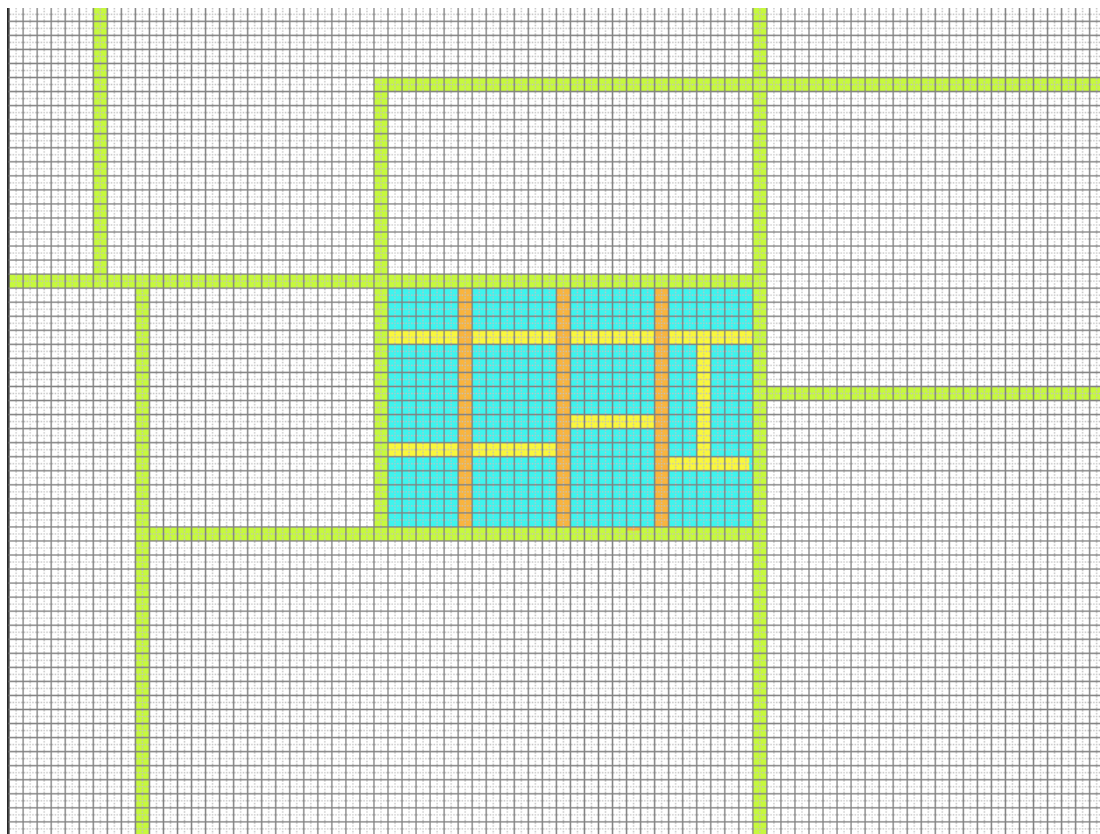


此为市中心高层小区的示意图，考虑到采光等问题，这类小区一般楼数少，楼与楼之间空隙大，楼层高，面积适中。所以人口毛密度较大，小区内部道路较少，小区外部交通网密布。

打分：

指标	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	专家 6
小区人口毛密度	4	4	5	4	5	4
小区及周边道路管理人员数目增减	4	3	4	3	4	4
小区周边主路进出小区交叉口数	2	2	2	2	2	2
小区二级道路密度	2	2	1	2	2	1
小区三级道路密度	1	2	1	1	1	1
指标贡献度	-0.0814					
小区外围车辆速度	27.56 km / h					
小区内部车辆速度	18.37 km / h					

5.2.2 市区低层

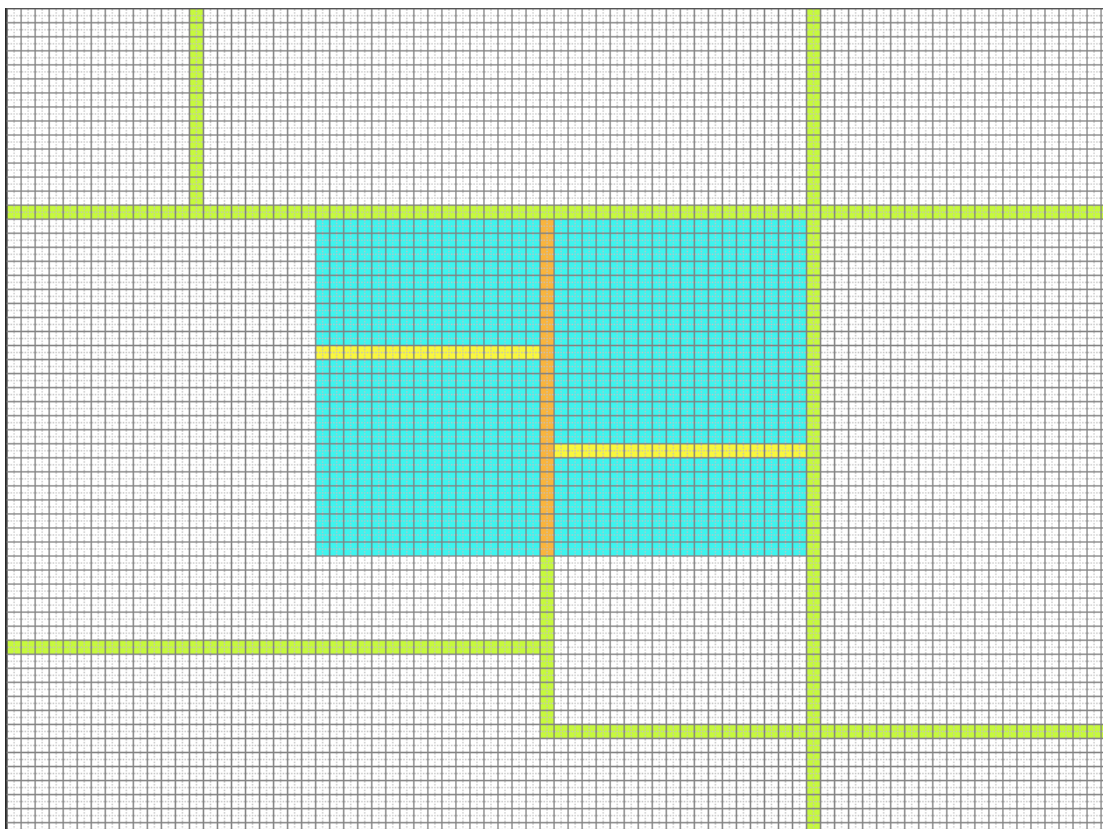


此为市区一处低层住宅，该类住宅房屋密集，小区内道路较多。故人口毛密度较大。因为与市中心有一段距离，所以周边道路网流量适中。该类小区一般建筑年代较为久远，所以物业人员不多。

打分：

指标	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	专家 6
小区人口毛密度	3	4	3	3	4	4
小区及周边道路管理人员数目增减	3	2	2	3	4	3
小区周边主路进出小区交叉口数	5	4	4	5	5	4
小区二级道路密度	4	5	4	4	3	4
小区三级道路密度	4	4	5	5	4	4
指标贡献度	0.1061					
小区外围车辆速度	33.18 km / h					
小区内部车辆速度	22.12 km / h					

5.2.3 郊区别墅



此为郊区的一个别墅群，在郊区的别墅群一般占地面积巨大，但房屋数较少，各家独门独院，人口毛密度极低，因为地处郊区，小区周围道路极其稀少。因为住户大多为中高产阶级，比较注重自己的财产安全，所以物业管理人数也相对较多。

打分：

指标	专家 1	专家 2	专家 3	专家 4	专家 5	专家 6
小区人口毛密度	1	0	1	0	1	1
小区及周边道路管理人员数目增减	3	4	4	4	3	4
小区周边主路进出小区交叉口数	0	1	1	1	1	1
小区二级道路密度	1	1	1	0	1	1
小区三级道路密度	0	0	1	1	1	0
指标贡献度	0.4065					
小区外围车辆速度	42.20 km / h					
小区内部车辆速度	28.13 km / h					

5.3 代入模型求解

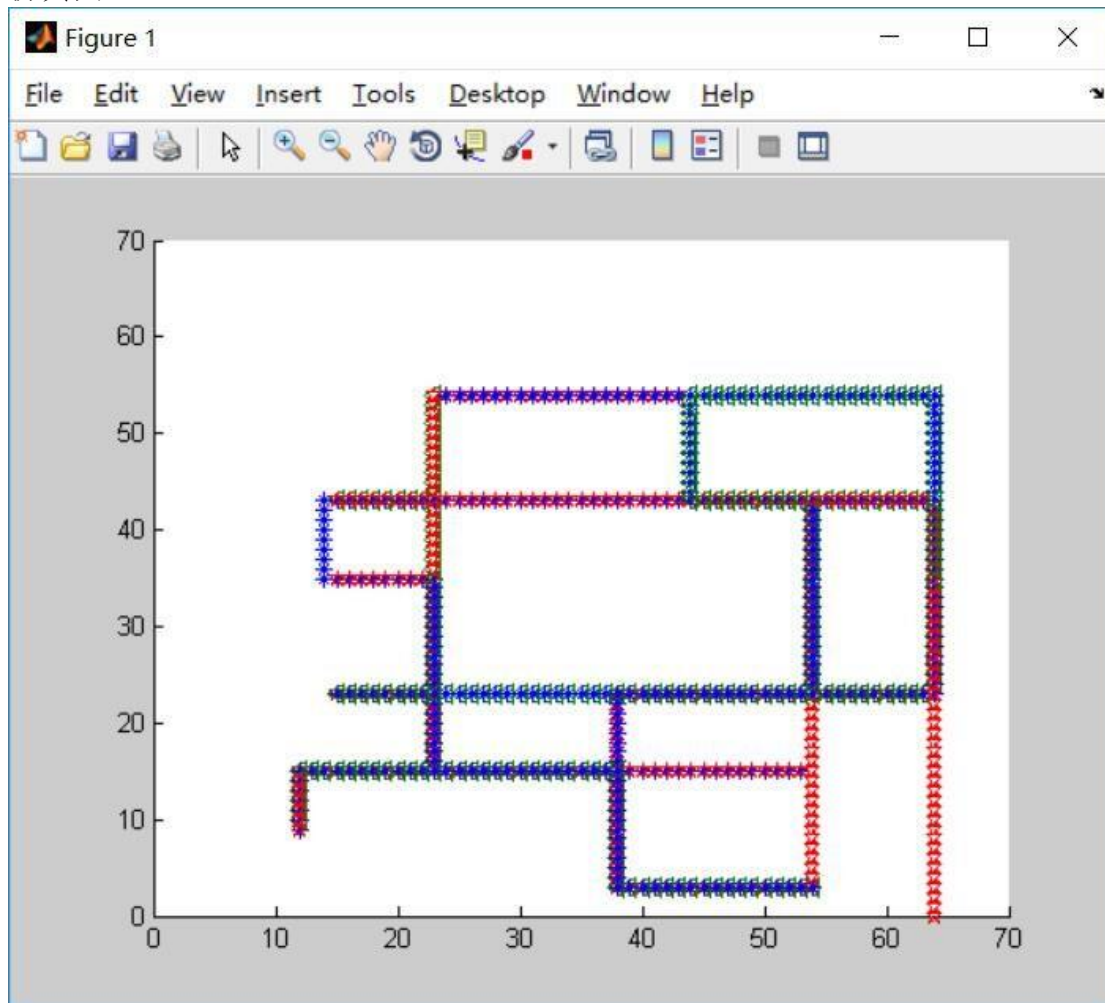
依据各小区地图，建立节点矩阵 D 及节点间距离矩阵。本题中所用的三个小区模型的节点矩阵及节点距离矩阵请见附录 3。

将两个矩阵带入我们建立的仿真模型中，得出如下结果：

5.3.1 市中心高层

(1) 小区开放前

仿真图：

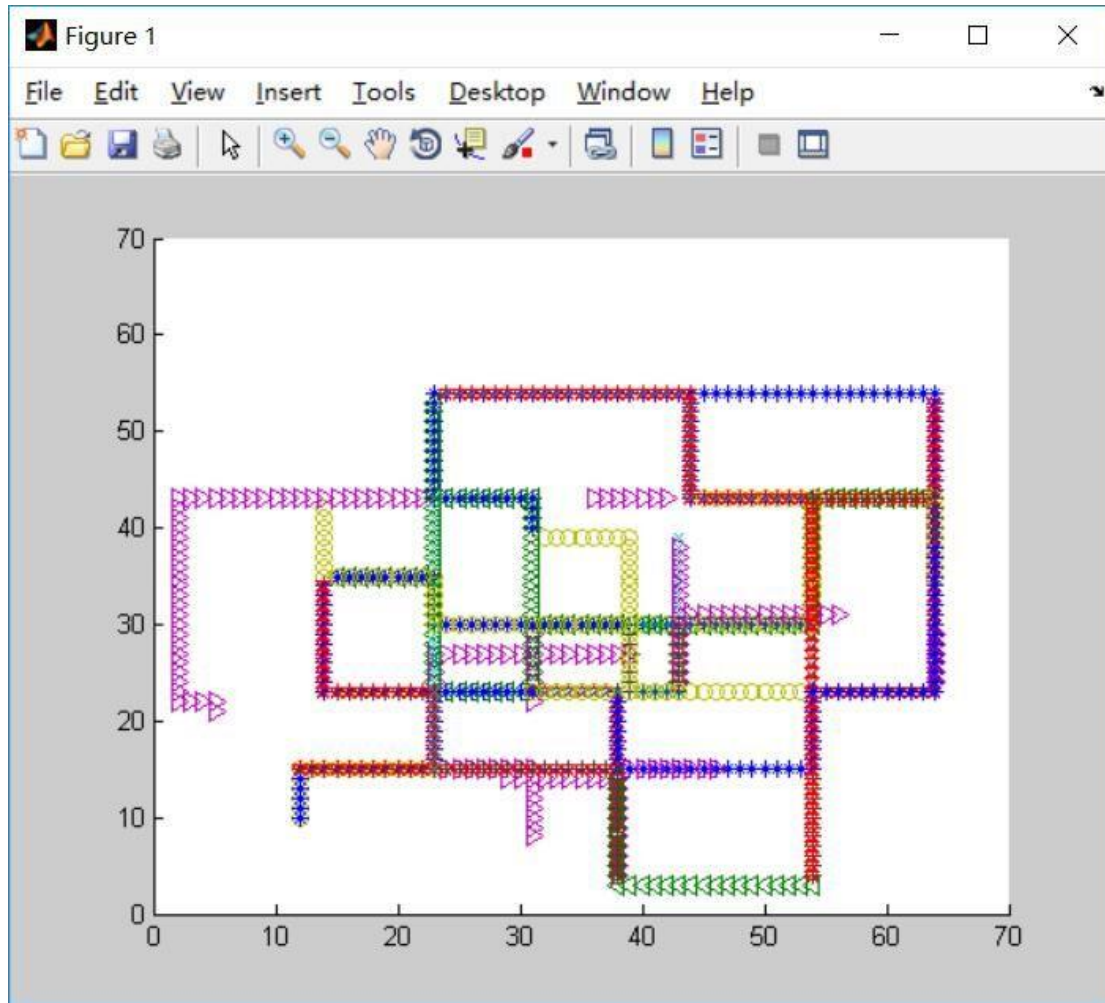


数据：

试验次数	车辆平均通行时间 (s)
1	79.64
2	85.07
3	71.17
4	77.34
5	64.53
6	70.64
7	75.99
8	76.17
9	66.49
平均值	74.12

(2) 小区开放后

仿真图：



数据：

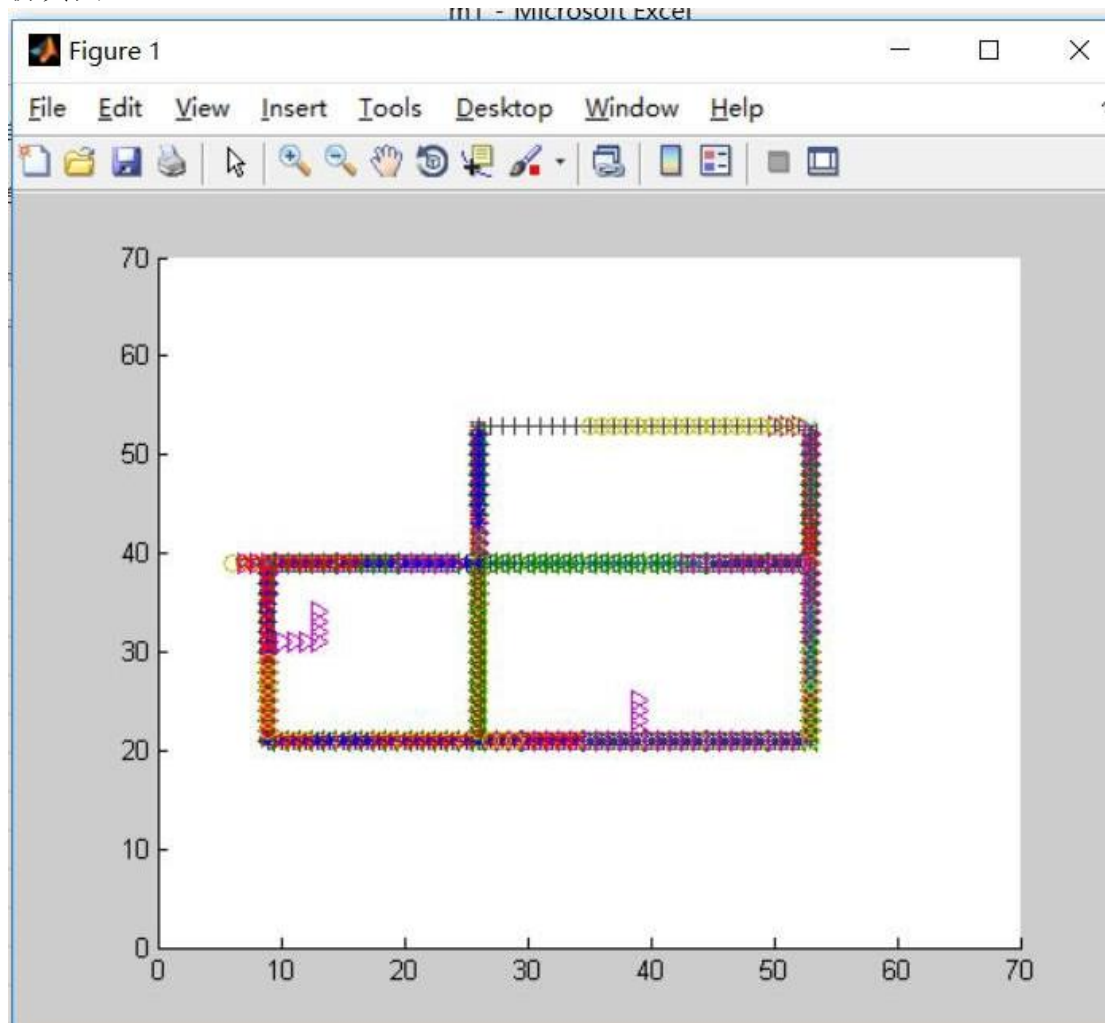
试验次数	车辆平均通行时间 (s)
1	55.61
2	69.89
3	48.24
4	68.53
5	83.59
6	56.49
7	55.06
8	69.06
9	64.19
平均值	63.40

可以看出小区开放后降低了车辆平均通行时间，但是只降低了 14.4%的时间，故效果并不太明显。

5.3.2 市区低层

(1) 小区开放前

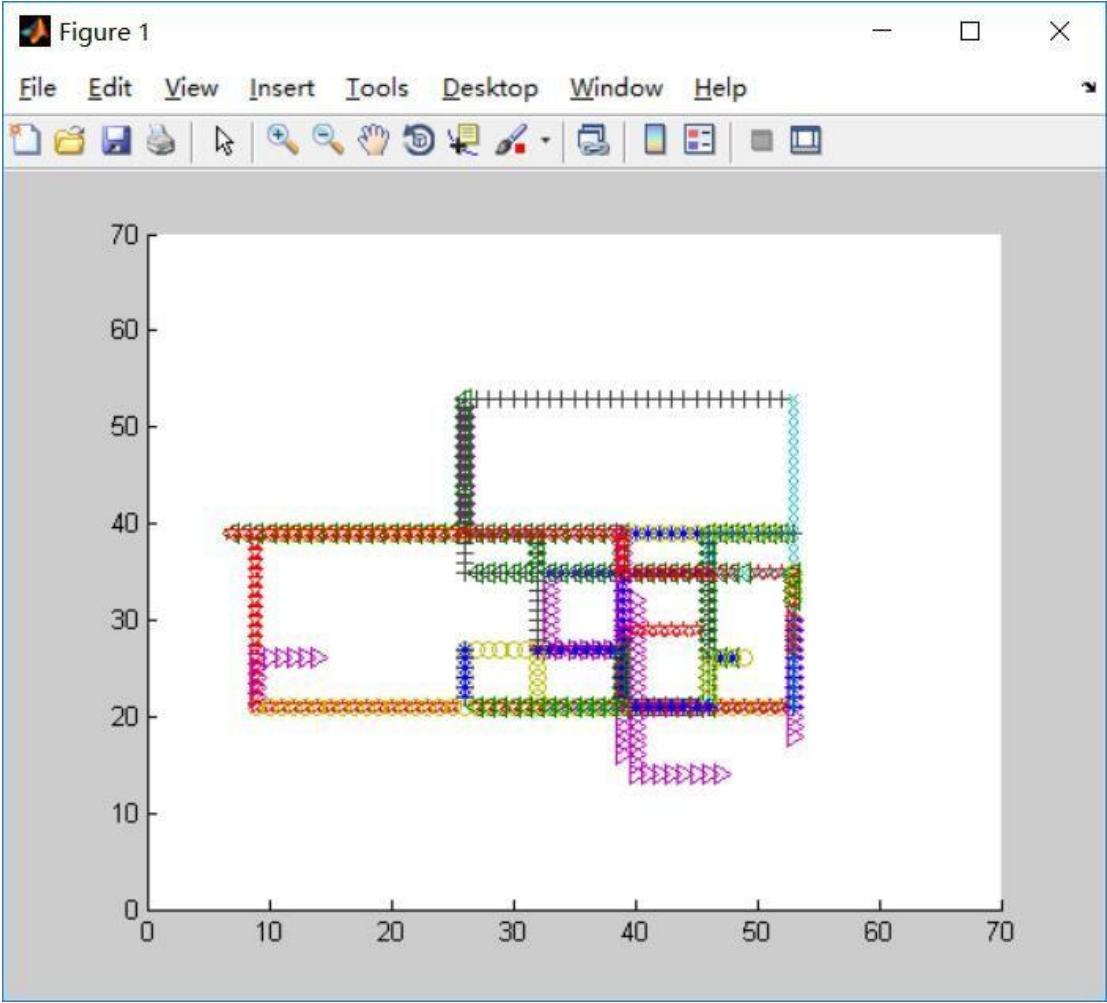
仿真图：



数据：

试验次数	车辆平均通行时间 (s)
1	142.21
2	140.43
3	126.11
4	114.57
5	125.73
6	125.53
7	159.79
8	114.00
9	97.13
平均值	127.28

(2) 小区开放后
仿真图：



数据：

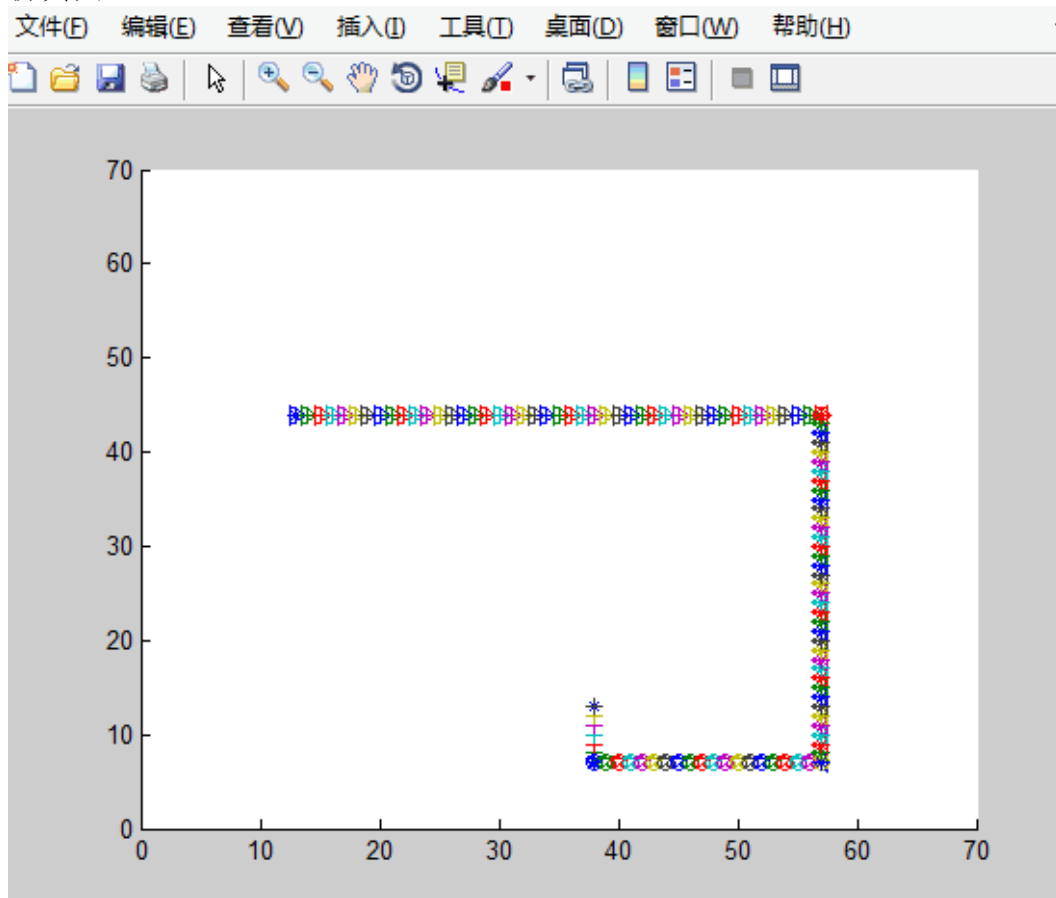
试验次数	车辆平均通行时间 (s)
1	68.59
2	84.51
3	82.67
4	66.49
5	82.43
6	64.14
7	63.26
8	75.57
9	89.56
平均值	75.25

可以看出车辆平均通行时间明显下降了，下降了 40.8%的时间，效果明显。

5.3.3 郊区别墅

(1) 小区开放前

仿真图：

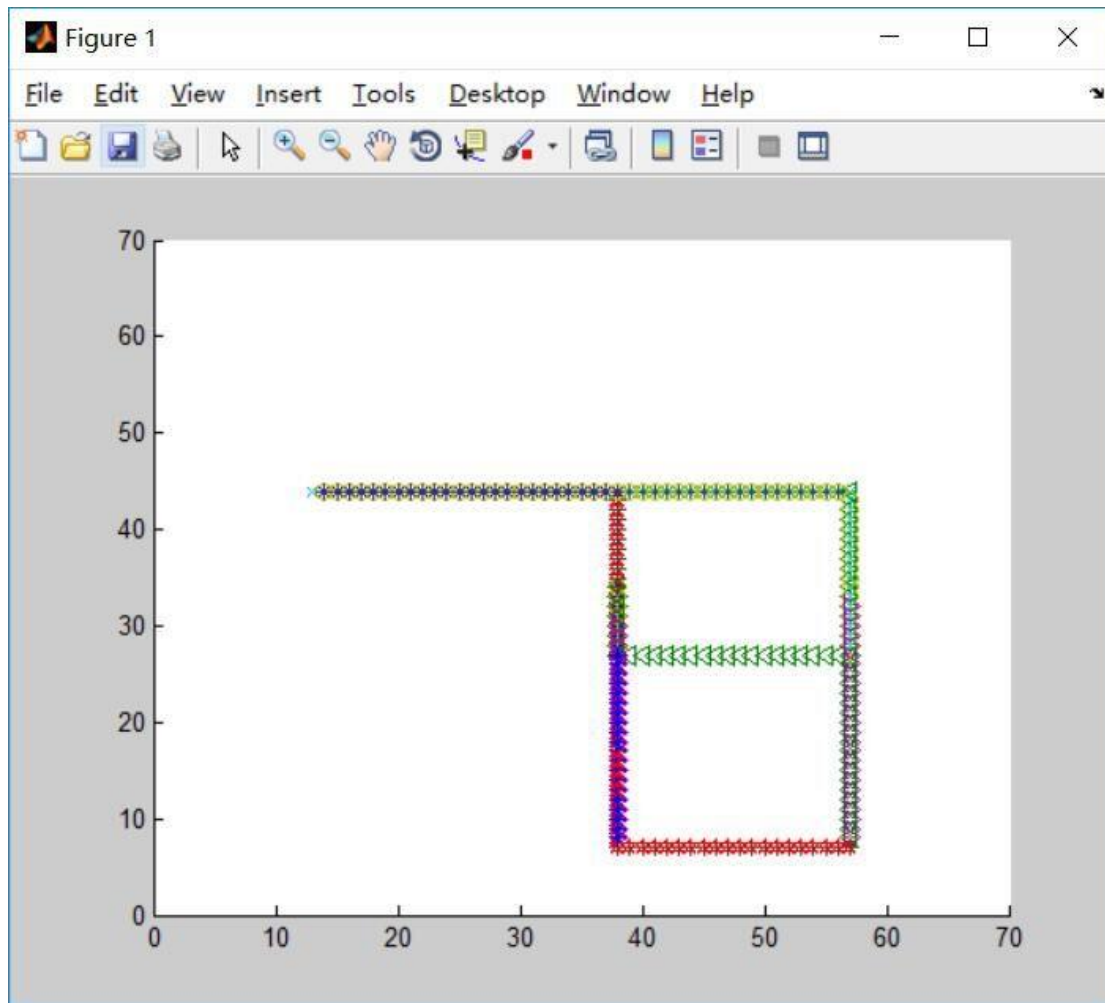


数据：

试验次数	车辆平均通行时间 (s)
1	123.45
2	131.94
3	133.25
4	115.86
5	124.86
6	135.67
7	115.63
8	128.83
9	118.93
平均值	125.38

(2) 小区开放后

仿真图：



数据：

试验次数	车辆平均通行时间 (s)
1	76.91
2	59.44
3	66.29
4	58.93
5	60.23
6	75.67
7	56.54
8	64.10
9	50.67
平均值	63.20

可以看出，车辆平均通行时间降低了 49.5%，作用效果明显。

6 问题四的求解

从问题三的结果中可以得知，开放郊区别墅的效果最好，开放市区低层的效果次之，开放市中心高层的效果最差。

但是这种方式没有考虑到地区的车流量。郊区别墅区一般车流量较小，不需要开放小区改善交通状况，故即使效果最好我们也不建议开通。高层因为本身小区结构的限制，其改善交通状况的能力十分有限，故不推荐开放高层小区，若今后高层小区结构改善，路网变密集，则也可以考虑开通。而处于市区的低层既有较好的改善交通能力，又地处交通状况亟需改善的地区，是理想的开放小区的选择。所以我们推荐开放一些人口毛密度适中，地处主次干道，路网密集，管理完备的小区。

但是开放小区还会有安全问题和抢占停车位的问题，故可以考虑定时定点的开放小区，如在早晚高峰期开放小区，其余时间关闭小区，这样既起到了改善交通的作用，又保护了小区的独立性和完整性。

7 模型的优缺点及改进方案

7.1 模型的优点

(1) 在求解指标时，将主成分分析法与专家评分进行了结合使用，降低了模型对数据的依赖性，可以用较少的数据求解结果，且降低了专家评分的主观性。

(2) 将小区开放对周边道路的影响具体的用车辆平均通行时间衡量，更形象直观，易于求解。

(3) 将通常的一维元胞自动机推广至二维，形象的仿真了小区开放前后周边道路的通行情况。

7.2 模型的缺点

(1) 求解指标权重时运用到专家评分这一主观数据，最终结果可能会受专家水平的影响。

(2) 元胞自动机中对红灯等待时间的考虑较为简易，没有很好的反映出真实情况。

(3) 元胞自动机模型运算的结果具有一定的随机性，需多次运算才能得到较精确的结果。

7.3 模型的改进

(1) 可根据应用城市的实际状况，精确调整指标打分的打分机制，减小专家水平差异对结果的影响。

(2) 本文的元胞自动机未考虑车流量的变化，今后可将程序稍加修改，加入输入车流量的端口。

(3) 元胞自动机中的红灯等待机制可以运用计时器规定经过一定时长，路口通行规定改变一次，真实模拟路口红绿灯。

参考文献：

[1] 百度百科，居住区道路，

http://baike.baidu.com/link?url=TxBAY0ghS5xVibDn_zwmvsVWDkp3CvY5OW4dhnmt6I3Fm5tZArCKKdSRwIo2CmUE_5oIYSvfk4UH-DKcNHf8gK&qq-pf-to=pcqq.c2c，2016 年 9 月 10 日

[2] 韩小孩, 张耀辉, 孙福军, 王少华. 基于主成分分析的指标权重确定方法[J]. 四川兵工学报, 2012, 10:124-126.

[3] 司守奎, 孙玺菁. 数学建模算法与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2011. 8, 43-45.

附录

附录1 求指标贡献度算法 contribution 软件名: matlab

```
disp(' 请输入评分集Q(即5*n的矩阵)和专家数n');
Q=input(' Q=' );
n=input(' n=' );
R=corrcoef(Q);%求出评分集Q的相关系数矩阵
[U, lamda]=pcacov(R);%求出相关系数矩阵的特征向量矩阵U和特征值
V=(lamda'/sum(lamda))*U';
F=V*Q';
A=F/sum(F);%各指标权重
Q=[Q(1,:)*(-1);Q(2,:)*(-1);Q(3,:)*(-1);Q(4:end,:)];
disp(' 贡献度为')
alfa=A*sum(Q,2)/(5*n) %贡献度
```

附录2 元胞自动机仿真程序 软件名: matlab

主程序 main.m

%在运行程序前需要进行三样数据准备，分别是节点间隔矩阵b, 速度矩阵d, 节点坐标矩阵Dj
%{现在利用开放后小区3的数据进行计算。先利用以下算式计算出tim和a矩阵的

```
%c=b;
%c=10*b;
%d=d/3.6;
%t=c./d;
%t(find(t==0))=inf;
%t=t+30*rand(9);
%t(1:10:9^2)=0;
%z=t./b;
%z(1:10:9^2)=0;
%}
clear
clc
tim=[
    0    NaN NaN NaN NaN 0.859091148 NaN NaN NaN
    NaN 0    NaN NaN NaN 1.832628509 NaN NaN 1.90367871
    NaN NaN 0    2.052194318 NaN NaN NaN 1.914113364 NaN
    NaN NaN 4.617542625 0    1.269501832 NaN NaN NaN NaN
    NaN NaN NaN 0.914542948 0    NaN NaN NaN 1.900425565
    2.022559573 2.141524696 NaN NaN NaN 0    1.339846262 NaN NaN
    NaN NaN NaN NaN NaN 4.487885049 0    3.587389222 NaN
    NaN NaN 3.090409776 NaN NaN NaN 3.499719802 0    1.796329296
    NaN 1.174778639 NaN NaN 1.814954787 NaN NaN 1.923858574 0
];%记录两个节点对应的行驶单位距离所需要的时间
a= [
```

```

0    Inf Inf Inf Inf 20.61818756 Inf Inf Inf
Inf 0    Inf Inf Inf 32.98731317 Inf Inf 30.45885936
Inf Inf 0    10.26097159 Inf Inf Inf 24.88347373 Inf
Inf Inf 23.08771312 0    22.85103298 Inf Inf Inf Inf
Inf Inf Inf 16.46177306 0    Inf Inf Inf 36.10808574
48.54142976 38.54744453 Inf Inf Inf 0    12.05861636 Inf Inf
Inf Inf Inf Inf Inf 40.39096545 0    21.52433533 Inf
Inf Inf 40.17532709 Inf Inf Inf 20.99831881 0    32.33392733
Inf 18.79645823 Inf Inf 34.48414095 Inf Inf 34.62945434 0
];;%记录两个节点之间的时间

Dj= [
13  44  1
57  44  2
38  13  3
38  7   4
57  7   5
38  44  6
38  34  7
38  27  8
57  27  9
];;%节点坐标

n=7;
zzzz=5*ones(1,7);;%记录7个车辆的行驶状态
p=randperm(9);
sta=p(1:n);
en=p(10-n:9);;%随机生成7辆汽车，起点和终点各不相同
Mj=Dj(sta,:);;%Mj记录7个车的位置
Mi1=Mj(1,1:2);
Mi2=Mj(2,1:2);
Mi3=Mj(3,1:2);
Mi4=Mj(4,1:2);
Mi5=Mj(5,1:2);
Mi6=Mj(6,1:2);
Mi7=Mj(7,1:2);
Mj=[Mj(:,1:2), zeros(n,1), ones(n,2)];
paths1=Flyod(sta(1),en(1),a);;%调用Flyod函数，求出每辆车的行驶路径
paths2=Flyod(sta(2),en(2),a);
paths3=Flyod(sta(3),en(3),a);
paths4=Flyod(sta(4),en(4),a);
paths5=Flyod(sta(5),en(5),a);
paths6=Flyod(sta(6),en(6),a);
paths7=Flyod(sta(7),en(7),a);
Mil=change( Mi1,paths1,Dj );;%调用change函数，进行即将行驶的路方向

```

```

Mi2=change( Mi2, paths2, Dj );
Mi3=change( Mi3, paths3, Dj );
Mi4=change( Mi4, paths4, Dj );
Mi5=change( Mi5, paths5, Dj );
Mi6=change( Mi6, paths6, Dj );
Mi7=change( Mi7, paths7, Dj );

while sum(Mj(:, 5))>0
if Mj(1, 5)~=0
    h=1;
    t=time(paths1, zzzz(h), tim);
    Mi1=move(Mi1, zzzz(h), t);
    Mj(1, 1:4)=Mi1(1:4);
    f=Mj(1, 1:2);
    b=Dj(:, 1:2);
    if sum(ismember(b, f, 'rows')==1)==1
        zzzz(h)=zzzz(h)+1;
        if zzzz(h)==(size(Mi1, 2)+1)
            Mj(1, 5)=0;
        end
    end
end

if Mj(2, 5)~=0
    h=2;
    t=time(paths2, zzzz(h), tim);
    Mi2=move(Mi2, zzzz(h), t);
    Mj(2, 1:4)=Mi2(1:4);
    f=Mi2(1:2);
    b=Dj(:, 1:2);
    if sum(ismember(b, f, 'rows')==1)==1
        zzzz(h)=zzzz(h)+1;
        if zzzz(h)==(size(Mi2, 2)+1)
            Mj(h, 5)=0;
        end
    end
end

if Mj(3, 5)~=0
    h=3;
    t=time(paths3, zzzz(h), tim);
    Mi3=move(Mi3, zzzz(h), t);
    Mj(3, 1:4)=Mi3(1:4);
    f=Mi3(1:2);

```

```

b=Dj(:,1:2);
if sum(ismember(b,f,'rows')==1)==1
    zzzz(h)=zzzz(h)+1;
    if zzzz(h)==(size(Mi3,2)+1)
        Mj(h,5)=0;
    end
end
end
if Mj(4,5)~=0
    h=4;
    t=time(paths4,zzzz(h),tim);
    Mi4=move(Mi4,zzzz(h),t);
    Mj(4,1:4)=Mi4(1:4);
    f=Mi4(1:2);
    b=Dj(:,1:2);
    if sum(ismember(b,f,'rows')==1)==1
        zzzz(h)=zzzz(h)+1;
        if zzzz(h)==(size(Mi4,2)+1)
            Mj(h,5)=0;
        end
    end
end
end
if Mj(5,5)~=0
    h=5;
    t=time(paths5,zzzz(h),tim);
    Mi5=move(Mi5,zzzz(h),t);
    Mj(5,1:4)=Mi5(1:4);
    b=Dj(:,1:2);
    if sum(ismember(b,f,'rows')==1)==1
        zzzz(h)=zzzz(h)+1;
        if zzzz(h)==(size(Mi5,2)+1)
            Mj(h,5)=0;
        end
    end
end
end
if Mj(6,5)~=0
    h=6;
    t=time(paths6,zzzz(h),tim);
    Mi6=move(Mi6,zzzz(h),t);
    Mj(6,1:4)=Mi6(1:4);
    f=Mi6(1:2);
    f=Mj(6,1:2);
    b=Dj(:,1:2);
    if sum(ismember(b,f,'rows')==1)==1

```

```

        zzzz(h)=zzzz(h)+1;
        if zzzz(h)==(size(Mi6,2)+1)
            Mj(h,5)=0;
        end
    end
end
if Mj(7,5)~=0
    h=7;
    t=time(paths7, zzzz(h), tim);
    Mi7=move(Mi7, zzzz(h), t);
    Mj(7,1:4)=Mi7(1:4);
    f=Mi7(1:2);
    b=Dj(:,1:2);
    if sum(ismember(b, f, 'rows')==1)==1
        zzzz(h)=zzzz(h)+1;
        if zzzz(h)==(size(Mi7,2)+1)
            Mj(h,5)=0;
        end
    end
end

end

hold on
plot(Mi1(1,1), Mi1(1,2), '* ', Mi2(1,1), Mi2(1,2), '< ', Mi3(1,1), Mi3(1,2), 'p ', Mi4(1,1),
Mi4(1,2), 'x ', Mi5(1,1), Mi5(1,2), '> ', Mi6(1,1), Mi6(1,2), 'o ', Mi7(1,1), Mi7(1,2), '+ ')
axis([0 70 0 70]);
end

```

子程序 change.m

```

function [ Mi ] = change(Mi, paths, Dj )%
i=size(paths,2);
z=5;
xx=Dj(:,3);
while( paths(i-1)~=0)
    nm=find(xx==paths(i));
    op=find(xx==paths(i-1));
    %nm=paths(i);
    %op=paths(i-1);
    d1=Dj(nm,:);
    d2=Dj(op,:);
    if d1(1,2)== d2(1,2) %如果纵坐标相等，这意味着只能左右
        if d1(1,1)>d2(1,1)
            Mi(z)=1;%左为1
        else

```

```

        Mi(z)=2;%右为2

    end

end

if d1(1,1)==d2(1,1)%移动如果横坐标相等，这意味着只能上下移动
    if d1(1,2)> d2(1,2)
        Mi(z)=3;%下为3
    else
        Mi(z)=4;%上为4
    end
end

end

z=z+1;
i=i-1;
end
Mi;
end

子程序 Floyd.m
function [ paths] = Flyod( sta,en,a)%sta为起点，en为终点，用paths记录起点到终点
的最短时间的路径,a为各节点的距离矩阵
n=size(a);
%a(a==0)=inf;
%a(1:n+1:n^2)=0;
path=zeros(n);
for b=1:n
    for i=1:n
        for j=1:n
            if a(i,j)>a(i,b)+a(b,j)
                a(i,j)=a(i,b)+a(b,j);
                path(i,j)=b;
            end
        end
    end
end
end
i=1;%令paths(1)=0，帮助到达顶点时，以0为结束点
while( path(sta,en)~=0)%记录节点，从终点到起点倒过来记录
    i=i+1;
    paths(i)=en;
    en=path(sta,en);
end
i=i+1;
paths(i)=en;%将第一个转折点补录
i=i+1;
paths(i)=sta;%将起点补录

```



```
paths;  
end
```

子程序 **move.m**

function [Mi] = move(Mi,z,t)%每驾驶1单位长度，就停顿t时刻，记录move程序所运行的时间，可以判断总共汽车到达目的地所使用的时间

if Mi(1,z)==4%上走一步

 Mi(1,2)=Mi(1,2)+1;

 Mi(1,4)=1;

 Mi(1,3)=0;

 pause(t)

end

if Mi(1,z)==3%下走

 Mi(1,2)=Mi(1,2)-1;

 Mi(1,3)=1;

 Mi(1,4)=0;

 pause(t)

end

if Mi(1,z)==2%右走

 Mi(1,1)=Mi(1,1)+1;

 Mi(1,4)=1;

 Mi(1,3)=0;

 pause(t)

end

if Mi(1,z)==1%左走

 Mi(1,1)=Mi(1,1)-1;

 Mi(1,3)=1;

 Mi(1,4)=0;

 pause(t)

end

end

子程序 **time.m**

function [t] = time(pathsl,zzzz,tim)%获得当前时刻，所行驶单位距离所需要的的时间

 time1=pathsl(1,size(pathsl,2)-zzzz+5);

 time2=pathsl(1,size(pathsl,2)-zzzz+4);

 t=tim(time1,time2)/100;

end