

赛区评阅编号（由赛区组委会填写）：

2016 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛

承 诺 书

我们仔细阅读了《全国大学生数学建模竞赛章程》和《全国大学生数学建模竞赛参赛规则》（以下简称为“竞赛章程和参赛规则”，可从全国大学生数学建模竞赛网站下载）。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛章程和参赛规则的，如果引用别人的成果或资料（包括网上资料），必须按照规定的参考文献的表述方式列出，并在正文引用处予以标注。在网上交流和下载他人的论文是严重违规违纪行为。

我们以中国大学生名誉和诚信郑重承诺，严格遵守竞赛章程和参赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛章程和参赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们授权全国大学生数学建模竞赛组委会，可将我们的论文以任何形式进行公开展示（包括进行网上公示，在书籍、期刊和其他媒体进行正式或非正式发表等）。

我们参赛选择的题号（从 A/B/C/D 中选择一项填写）： B

我们的报名参赛队号（12 位数字全国统一编号）： B201610061

参赛学校（完整的学校全称，不含院系名）： 南京邮电大学

参赛队员（打印并签名）： 1. 梁展豪

2. 成楚凡

3. 陈 慧

指导教师或指导教师组负责人（打印并签名）： 李 雷

（指导教师签名意味着对参赛队的行为和论文的真实性负责）

日期： 2018 年 8 月 25 日

（请勿改动此页内容和格式。此承诺书打印签名后作为纸质论文的封面，注意电子版论文中不得出现此页。以上内容请仔细核对，如填写错误，论文可能被取消评奖资格。）

赛区评阅编号（由赛区组委会填写）：

2016 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛

编 号 专 用 页

赛区评阅记录（可供赛区评阅时使用）：

评 阅 人						
备 注						

送全国评阅统一编号（赛区组委会填写）：

全国评阅随机编号（全国组委会填写）：

（请勿改动此页内容和格式。此编号专用页仅供赛区和全国评阅使用，参赛队打印后装订到纸质论文的第二页上。注意电子版论文中不得出现此页。）

小区开放对道路通行的影响

摘要

本文建立了基于层次分析和熵权法的综合模糊评价模型和基于模拟退火的投影寻踪评价模型,通过双评价模型对周边道路的通行能力进行精准评价。建立基于交通波理论和分流原理的路阻函数模型,研究了小区周边的车辆通行情况,以车辆通过相同路段的平均时间作为最终的指标。构造了不同结构的小区开放和周边道路的设计组合,利用建立的模型得到了有效的评价。

针对问题一,选取了基本通行能力、路网密度、交叉路口阻塞率、交叉路口饱和度和行程时间五个评价指标,建立了基于层次分析法和熵权法的模糊综合评价模型,评价了小区开放对周边道路通行的影响程度。本文选取南京地区的5个小区为研究对象,首先利用层次分析法和熵权法,分别从主观和客观上计算出各指标的权重,再用最小信息熵原理将两种方法的权重综合计算组合权重。接着根据数据区间分布确定隶属度矩阵,然后根据最大隶属度原则确定评判等级。最后求解结果为:以封闭式小区为评价标准,2个小区评价良好,2个小区评价优秀。

针对问题二,建立了基于交通流的微分方程模型,并结合路阻函数模型和分流模型,以车辆通过相同路段的时间为指标研究小区开放对小区周边道路通行能力的影响。首先,建立交通流的微分方程讨论流量、速度、密度的关系。其次,考虑行驶时间与路段负荷引入路阻函数进行定量描述。考虑干扰项,采用分流模型对路阻函数进行修正。将求解得到的结果带入问题一的评价体系,得到结论:小区开放前道路基本通行能力为2681.316,交叉路口阻塞率为20,饱和度为44.8,路网密度为4.2494,行程时间为6min,综合评价为“一般”;小区开放后道路基本通行能力为2790.63,交叉路口阻塞率为22,饱和度为40.4,路网密度为4.7486,行程时间为4min,综合评价指标为“优秀”。这说明小区开放对周边道路的通行能力有了很大的提高。模型检验结果显示,无论车流量为多少,小区开放后,车辆速度都大于开放前的速度,说明建立的模型具有普遍性。

针对问题三,建立基于模拟退火的投影寻踪评价模型,使用元胞自动机仿真技术,研究了小区开放产生的效果与小区结构、周边道路结构、车流量的关系。根据一般性和代表性原则,本文选取方形小区中的一字型、十字型结构和开放斜线道路结构进行研究。接着利用元胞自动机仿真技术,模拟出各种类型小区开放前后车流量的变化,并和评价模型得到的评价价值进行对比。求解得到的投影评价价值为:1.023、0.592、1.044、1.058、1.604,说明了开放直线型道路的评价价值下降,使平行道路更加拥堵;开放十字型和斜线型开放道路,拥堵情况改善;开放X型道路,况道路拥堵状况得到了明显的改善,与前面元胞自动机的仿真结果图相符。通过对投影寻踪评价模型和问题一所得的评价结果进行比较,发现两种模型的评价结果契合度较高;通过灵敏度分析,元胞自动机得出的数据对于评价体系有很好的适应性。

针对问题四,我们根据以上研究得出的结论,并结合我国目前小区结构的实际情况,从改善交通拥堵、解决安全问题等方面对有关部门提出了相应的建议。

关键词: 层次分析法、熵权法、模糊综合评价、元胞自动机、模拟退火算法、投影寻踪法

一、 问题重述

1.1 问题的背景

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。

1.2 问题的提出

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。

二、问题分析

4.1 问题一的分析

问题一要求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。首先，根据评价指标选取的科学性、代表性和全面性三个原则，需要考虑3个方面的指标：用于刻画小区开放前后周边道路通行能力的变化；用于反映小区开放前后带来的交通安全性的变化；用于刻画小区开放前后道路连接的情况。基于此，可以选取道路通行能力、路网密度^[11]、交叉路口阻塞率、交叉路口饱和度和行程时间五个指标^[10]。接着对指标建立综合评价指标体系时，需要先确定各个指标的权重。为了能够科学地进行评价，同时减少主观性和随意性，经综合分析之后，本文采用主客观相结合的方法，选取层次分析法和熵权法^[3]，分别从主观和客观两个层面上计算指标权重，然后再用最小信息熵原理将两种方法的权重组合计算组合权重。接下来鉴于交通环境的多变性，考虑到确切的得分只能反映一时的交通状况，决定评价结果将以分级的形式呈现，即得出差、一般、优秀的结论。由此，选择“模糊综合评判模型”对各小区进行综合评价。

4.2 问题二的分析

问题二要求建立关于车辆通行的数学模型，并用以研究小区开放对周边道路通行的影响。所以需要综合小区开放前后的各项指标变化情况进行分析。通过查阅资料，小区开放是由小区内部封闭制转向街区制的过程，因此小区开放会增加城市的出行路线，改

变小区周边道路的车流量以及实际通行能力。所以，问题二的侧重点在于研究交通行为的变化，这就需要建立“交通流^[2]”相关的数学模型，初步求解出车流量和车速间关系。由于小区开放后，除了车流量的变化外，路段行驶时间与路段交通负荷也会随之变，可以通过路阻函数^[10]来刻画它们之间的关系。考虑到城市道路的车流一般为间断车流，所以需要路阻函数进行修正^[1]。根据建立的模型，研究小区开放对周边道路通行的影响，对五个指标进行评估时，所得结果需要代入问题一的评价系统，得到确切的分级结果，并根据分级的变化得出结论。

4.3 问题三的分析

问题三要求结合小区结构、周边道路结构以及车流量，来评估小区开放产生的效果。首先，分析不同类型小区的开放对周边道路通行能力的影响，需要考虑不同类型小区的划分标准，并根据划分标准选取不同类型的小区作为研究对象。根据我国小区发展现状^[6]，对于小区开放问题，可以选取了具有一般性和代表性的小区类型。本文选取方形小区中的一字型、十字型结构，以及开放斜线道路结构。在定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响时，也就是分析不同情况下选取的五个指标值的变化情况时，容易出现仅根据个别指标，使评价带有主观性。为了更客观、科学的进行评价，综合考虑各个指标的情况，本文采取基于模拟退火^[8]的投影寻踪评价模型^[9]进行评价。考虑到小区开放前后对高峰期车流量、平常期车流量的影响，可以使用元胞自动机^[7]技术进行仿真模拟，对评价模型所得到的结果进行佐证，从而深入剖析不同类型小区开放前后对周边道路通行能力的影响程度。在模型验证时，可以分两个方面进行：一是比较投影寻踪评价模型和问题一中的评价模型的契合度；二是验证元胞自动机选取的转弯概率等参数的合理性。

4.4 问题四的分析

小区开放的目标是降低小区开发对周边路网的负面影响，保障周边路网运行畅通，优化路网结构，提高道路通行能力，改善交通状况；使居民的有效出行得到满足，最终实现小区开发和周边路网的协调发展。因此，需要根据以上三个问题的研究结果，结合小区实际发展情况，进而提出原则和建议。

三、模型假设

- 1、假设统计数据中，司机没有违反交通规则，不存在超车现象
- 2、假设所有车辆全程以恒定的速度行驶
- 3、假设小区周边道路平坦，不存在坡度
- 4、假设车辆选择道路随机，不考虑人为意识的影响
- 5、假设小区周围道路都为城市主干道，小区内部道路作为城市次干道

四、符号说明

C_B : 道路的基本通行能力
 l_1 : 在反应时间内的行驶距离
 l_2 : 制动距离
 l_3 : 标准型汽车长度
 l_4 : 安全距离

β : 制动减速的加速度
 μ : 刹车的制动效率
 f : 轮胎与路面的动摩擦因数
 W : 车的重量
 D : 路网密度
 L : 小区区域面积
 S : 城市用地面积
 P : 交叉路口阻塞率
 M : 发生严重阻塞的交叉路口数量
 M : 研究体系中所有交叉口数量
 F : 道路饱和度
 V : 最大车流量
 C : 最大道路通行能力
 t : 行程时间
 ω_{1i} : 层次分析法确定的指标权重
 ω_{2i} : 熵权法确定的指标权重
 S : 模糊综合评价结果矩阵
 $q(x,t)$: 时刻 t 单位时间内通过点 x 的车辆数
 $\rho(x,t)$: 时刻 t 点 x 处单位长度内的车辆数
 $u(x,t)$: 时刻 t 通过点 x 的车流速度
 K : 路段密度
 Q : 机动车交通量
 V : 路段平均行驶速度
 η_1 : 非机动车干扰系数
 η_2 : 行人干扰系数
 $T_{总}$: 车辆实际通过时间

 α, β : 位置参数

 z_i : 投影特征值
 $Q(a)$: 投影指标函数
 S_a : 投影值的标准差
 D_a : 投影值的局部密度

五、模型的建立与求解

5.1 问题一的模型建立和求解

评价开放小区对周边道路通行能力的影响，以道路通行能力、路网密度^[11]、交叉路口阻塞率、交叉路口饱和度和行程时间为评价指标^[10]，建立模糊综合评价体系。对五项指标综合采用层次分析法和熵权法，分别从主观和客观上计算指标权重，最后用最小信息熵原理将两种方法的权重组合计算组合权重。实地测量南京某小区的数据进行评价分析。

5.1.1 模型的建立

为了科学、系统地评价小区开放对周边道路通行的影响，相应评价指标的选取应遵循科学性、代表性和全面性三个原则。既要根据能搜索到的数据建立指标，又要全面反映小区开放对周边道路通行的影响。根据我们所能搜集到的信息范围，分别从小区和道路两个方面初步建立了基本通行能力、路网密度、交叉路口阻塞率、交叉路口饱和度和行程时间五个指标。

1、指标的确定

(1) 道路通行能力

道路的基本通行能力是在理想的道路与交通条件下，标准车辆以最小的车头间距连续行驶，且全部车辆保持同一速度，在单位时间内通过道路断面的车辆数，记为 C_B ，单位为 pcu/h，基本通行能力的最大值即为最大基本通行能力。 C_B 的计算公式^[4]如下所示：

$$C_B = \frac{3600}{t} = 3600 \div \frac{l}{v/3.6} = \frac{1000v}{l} \quad (5.1.1)$$

$$l = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 \quad (5.1.2)$$

$$l_1 = \frac{v}{3.6} r \quad (5.1.3)$$

其中， l_1 是在反应时间内的行驶距离； l_2 是制动距离； l_3 是标准型汽车（小汽车）长度，取 6 m； l_4 是安全距离，取 2 m； r 为驾驶员的反应时间，取 0.75 s。

由牛顿第二定律，可得到如下公式：

$$2\mu\beta l_2 = \left(\frac{v}{3.6}\right)^2 \quad (5.1.4)$$

$$fW = \beta \frac{W}{g} \quad (5.1.5)$$

其中， $\beta(\text{m/s}^2)$ 为制动减速的加速度； μ 为刹车的制动效率，在浮动车实际速度范围内，令其为 1； g 为重力加速度，取值 $9.8(\text{m/s}^2)$ ； f 为轮胎与路面的动摩擦因数； $W(\text{kg})$ 为车的重量。

联立上面两个式子可以得到：

$$l_2 = \frac{v^2}{2\mu g f \times 3.6^2} \quad (5.1.6)$$

其动摩擦因数 f 随着车速的变化而变化，具体情况见下表：

表5.1-1 动摩擦因数 f 与车速 v 的关系表

V(km/h)	30.00	35.00	40.00	50.00	60.00	70.00	90.00
f	0.45	0.40	0.40	0.35	0.30	0.30	0.25

将动摩擦因数 f 与速度 v 之间的联系做回归分析，可得到：

$$f = 2.2719 \times v^{-0.487} \quad (5.1.7)$$

综合分析，可得到道路通行能力 C_B 关于道路行程速度 v 的函数关系式：

$$C_B = \frac{1000v}{\frac{v}{3.6} \times 0.75 + \frac{v^2}{2 \times \mu \times 9.8 \times (2.2719 \times v^{-0.487}) \times 3.6^2} + 8} \quad (5.1.8)$$

道路通行能力越大，代表小区的开放状态越有利于周边道路通行能力的提高。可以通过比较小区开放前后通行能力的比较，进行判断。

(2) 路网密度

路网密度是指小区区域面积与城市用地总面积之比，计算公式为：

$$D = \frac{L}{S} \quad (5.1.9)$$

其中， D 为路网密度， L 为小区周边道路面积， S 为城市用地面积

路网密度越高，交通系统的联系性越强，路径选择越多，更有利于出行；但密度过大，会造成城市用地的不经济。

(3) 交叉路口阻塞率

交叉路口阻塞率是一个百分比指标，可以用它表示造成周期性严重阻塞的交叉路口数量占所有交叉路口的百分比。其计算公式为：

$$P = \frac{m}{M} \quad (5.1.10)$$

其中， P 表示交叉路口阻塞率； m 表示发生严重阻塞的交叉路口数量； M 表示研究体系中所有交叉路口数量。

路口的阻塞率可以很好的反映当地交通的流通情况，当小区开放后，小区道路分支作为城市道路的毛细血管，不同情况下，会对主干道的拥堵情况产生不同影响。

(4) 交叉路口饱和度

交叉路口饱和度是指实际交通量与道路通行能力的比值，作为一个重要的参数可以用它来衡量道路服务水平的好坏。其计算公式为：

$$F = \frac{V}{C} \quad (5.1.11)$$

其中， F 表示道路饱和度； V 表示最大车流量，单位为 pcu ； C 表示最大道路通行能力，单位也为 pcu 。

小区开放后，内部新建若干条公路，交通道路资源量增大，每条干路上的车都会有所减少，而新建在小区内部道路上的车量数会增加，又因为它只是对于路起一个分流的作用，所以它的饱和度也不会很大。这样，整体分析来看，小区开通后其附近道路的饱和度会有所减少，相应地，道路服务水平会提高。

(5) 行程时间

行程时间 t 是指通过一段固定位移所用的时间。即经过相同位移、不同路径所花费的时间。

$$t = \frac{S'}{V'} \quad (5.1.12)$$

其中， S' 为位移； V' 为该段位移上的速度。

小区没有打开之前，外部车辆要穿过小区只能从主干道走，遇到阴雨天气或由于交通事故造成的交通阻塞时，车辆花费的等待时间会变长，相应的行程时间也会变长。小区打开后，若发生拥堵或特殊事件，车辆可以从小区内经过，这样就会减少不必要的等待时间，一定程度上缩短行程时间。

2、评价方法的确定

指标权重的确定方法有很多，主要包括层次分析法、主成分分析法、熵权法、专家打分法、标准离差法等，这些方法又分为主观赋权法和客观赋权法。主观赋权法指人们对分析对象的各个因素按照其重要程度，依照经验主观的确定权重，这类方法较成熟，但客观性较差，如层次分析法、专家打分法等；客观赋权法指对实际发生的资料进行整理、计算和分析，从而得到权重，该方法相对主观赋权法而言形成较晚且很不完善，如熵权法、标准离差法等。

为了能较准确地确定权重，本研究采用主客观结合的方法确定道路通行指数的指标权重。首先利用层次分析法和熵权法，分别从主观和客观上计算指标权重，然后再用最小信息熵原理将两种方法的权重组合计算组合权重。

(1) 层次分析法求解权重

首先采用层次分析法^[3]进行主观分析指标权重，本文将相关因素按照不同属性自上而下分解成两层。忽略目标层，准则层为决策变量：道路通行指数；对象层，即我们确定的五个其他变量^[5]：基本通行能力、路网密度、交叉路口阻塞率、交叉路口饱和度和行程时间。将对象层的各要素进行重要程度的两两比较，得到对比较阵，计算对比较阵的最大特征值及其特向量，从而得到下一层次相对于上一层次的重要性程度，进而确定各因素间的权重。

1、利用1-9 尺度法构造因素间的成对比矩阵：

$$A = (a_{ij})_{n \times n} \quad (i, j = 1, 2 \dots n) \quad (5.1.13)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (5.1.14)$$

2、计算权向量并做一致性检验

根据已知的成对比较矩阵， 计算其各个特征值 λ_{max} 及其权重向量 ω_1 ：

$$A\omega = \lambda_{max}\omega_{1i} \quad (5.1.15)$$

$$\omega_{1i} = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad (i = 1, 2 \dots n) \quad (5.1.16)$$

为了能够利用成对比较矩阵对应于特征根 λ 的特征向量作为被比较因素的权向量，需要用一致性指标 CI，随机一致性指标 RI，一致性比率 CR，对其进行一致性检验。

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5.1.17)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5.1.18)$$

其中，n 表示阶数， λ 为最大特征根。当 $CI < 0.1$ 时，认为 A 的不一致程度在容许范围内，即认为该判断矩阵通过一致性检验，否则就不具有满意一致性，需要重新选择指标。

(2) 熵权法确定指标权重

采用熵权法^[3]在客观上分析计算道路通行指数的指标权重。以基本通行能力、路网密度、交叉路口阻塞率、交叉路口饱和度和行程时间为评价对象，当评价对象在某项指标上的值相差较大时，熵值较小，说明该指标提供的信息量较大，该指标的权重也应较大。可用信息熵理论评价各指标的有序性及其效用， 即由评价指标值构成的判断矩阵

确定各评价指标权重。

1、数据标准化

将各个指标的数据进行标准化处理。假设有 n 项指标 $\{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ ，得到 m 组指标数据，由此得到数据集 A ，即：

$$A = \{a_{ij}\}, (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m) \quad (5.1.19)$$

根据标准化公式：

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{\tilde{a}_{ij} - \min(C_j)}{\max(C_j) - \min(C_j)} \quad (5.1.20)$$

得到标准化后的数据集 $\tilde{A} = \{\tilde{a}_{ij}\}, (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m)$

2、求各指标的信息熵

根据信息论中信息熵的定义，一组数据的信息熵为：

$$E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (5.1.21)$$

其中：

$$p_{ij} = \frac{\tilde{a}_{ij}}{\sum_{i=1}^n \tilde{a}_{ij}} \quad (5.1.22)$$

如果 $p_{ij} = 0$ ，则定义 $\lim_{p_{ij}=0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ ；

3、确定各指标权重

根据信息熵的计算公式，计算出各个指标的信息熵 E_i ，通过信息熵计算各指标权重即为：

$$\omega_{2i} = \frac{1 - E_i}{n - \sum E_i} (i = 1, \dots, n) \quad (5.1.23)$$

(3) 最小相对信息熵确定组合权重

综合指标的主观权重 ω_{1i} 和客观权重 ω_{2i} 可得组合权重 $\omega_i (i = 1 \sim m)$ 。 ω_i 与 ω_{1i} 和 ω_{2i} 应尽可能接近。根据最小相对信息熵原理，用拉格朗日乘子法优化可得组合权重计算式：

$$\omega_i = \frac{(\omega_{1i} \omega_{2i})^{0.5}}{\sum_{i=1}^m (\omega_{1i} \omega_{2i})^{0.5}} (i = 1, 2, 3, \dots, m) \quad (5.1.24)$$

通过以上步骤，经过主客观的权重确定，使得道路通行所构建的评价体系中各指标的权重更加准确。

(4) 模糊综合评价模型

i. 确定评价对象的评价指标 C : $C = (c_1, c_2, c_3, \dots, c_n)$

ii. 确定评价集 V : $V = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_m)$

iii. 建立隶属度矩阵 R : $R = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$ ，其中：

$$r_{ij} = \frac{\text{第}i\text{个指标选择}v_i\text{等级的人数}}{\text{参与评价的总人数}}, i, j = (1, 2, \dots, m)$$

对于隶属度矩阵中的 r_{ij} 表示第 i 种评判指标属于第 j 个等级的可能性。所以我们定义隶属度计算公式如下：

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & t < V_{i1} \\ \frac{t - V_{i(j+1)}}{V_{i(j+1)} - V_{ij}}, & V_{ij} < t < V_{i(j+1)} \\ 1, & t > V_{im} \end{cases} \quad (5.1.25)$$

iiii. 权向量求解： $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$

iiiii. 通过最大隶属度原则合成模糊综合评价结果矩阵 S 。采用“加权平均型”模型，其原理是利用合适的算子将 ω 与各被评事物的 R 进行合成，得到各被评事物的模糊综合评价结果向量 S 从而对供求匹配程度进行评价。即：

$$S = \omega \times R = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) \times \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = (s_1, \dots, s_n)$$

其中 s_i 表示被评事物从整体上看对 V_i 等级模糊子集的隶属程度。

5.1.2 模型的求解

1、数据收集处理

通过实地考察，我们统计出南京的五种小区的基本道路情况，其中包括封闭式小区和四个已开放的小区。由于晚高峰时间段，道路车流量增多，更能体现小区开放后给周边道路带来的影响，所以我们选取晚高峰时间段进行测试。其中，统计数据包括：两个小时内从统计起点到终点路段的车辆通行总数，每一辆车通过的时间，交叉路口阻塞车队长度，道路总长度和当地区域面积由测量得出。根据模型中的计算公式，得出该时间段，不同小区开放模式下的评价指标，见下表：

表 5.1-2 小区指标数据

指标 类型	道路基本通行能力	交叉路口阻塞率	饱和度	行程时间	路网密度
封闭式小区	2317.496979	10	57	16	4
小区一	2508.614139	12	52	11	5
小区二	2557.752062	15	50	10	6
小区三	2430.589613	16	46	15	7
小区四	2483.203407	13	49	10	8

2、指标权重计算

由熵权法得到的权重向量：

$$\omega_1 = (0.009, 0.202, 0.039, 0.322, 0.429)$$

由层次分析法得到的权重向量：

$$\omega_2 = (0.399, 0.041, 0.099, 0.178, 0.281)$$

接下来使用最小相对信息熵^[3]确定组合权重，利用综合指标的主观权重 ω_{2i} 和客观权重 ω_{1i} 可得组合权重 ω_i , ($i = 1,2,3 \dots m$), ω_i 与 ω_{2i} 和 ω_{1i} 应尽可能接近，根据最小相对信息熵原理，用拉格朗日乘子法优化可得合权重计算式：

$$\omega_i = \frac{(\omega_{1i}\omega_{2i})^{0.5}}{\sum_{i=1}^m (\omega_{1i}\omega_{2i})^{0.5}} (i = 1,2,3 \dots m) \quad (5.1.26)$$

根据(5.1.26)式求得组合权重向量：

$$\omega_3 = (0.073, 0.114, 0.078, 0.3, 0.435)$$

3、模糊综合评价

我们选取了小区的五个指标的取样，根据所有取样值的区间分布，将区间进行合理划分，得到自定义的各等级对应的指标值，如下表所示：

表5.1-3 评价标准

	一般	良好	优秀
道路基本通行能力	< 2317	2317~2500	> 2500
交叉路口阻塞率	< 10	10~15	> 15
饱和度	> 57	50~57	< 50
行程时间	> 16	12~16	< 12
路网密度	< 4	4~6	> 6

由模型中隶属度公式求解得到样本点的隶属度矩阵，此处以小区一为例：

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.6 & 0.4 \\ 0 & 0.286 & 0.714 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0.5 & 0.5 \end{bmatrix}$$

由模糊综合评价结果向量 $S = \omega \times R$ ，解得每个小区的综合评价矩阵，由最大隶属度原则，得到各小区对于周边道路通行情况的评价等级，如下表所示：

表5.1-4 评价结果

小区	模糊综合评价结果向量	评价等级
封闭式小区	(0.00,1.00,0.00)	良好
小区一	(0.00,0.58,0.42)	良好
小区二	(0.00,0.51,0.49)	良好
小区三	(0.00,0.25,0.75)	优秀
小区四	(0.00,0.12,0.88)	优秀

5.1.3 问题的结论

小区开放对于周边道路的影响不一定是积极的，以封闭式小区为评价标准，小区一和二开放了道路，评价等级良好，说明这种类型的小区开放对于当地周边地区的道路通行没有产生很大的影响，另一方面，小区开放，给小区带来的影响很可能会降低小区居民的幸福感。而小区三四的开放，评价等级为优秀，说明，此种小区类型适合开放。

5.2 问题二的模型建立与求解

对小区开放前后对周边道路通行的影响，可以通过五个指标值的变化来刻画，然后将求解结果带入问题一的评价体系，得到评级结果。在具体求解时，建立交通流的微分方程模型和路阻函数模型，并结合分流模型对其进行修正，定量分析出所选取的五个指标值在小区开放前后的变化，以此来反映对周边道路通行的影响。

5.2.1 模型的建立和求解

1、交通波理论求解车流量、车速、车辆密度间关系

以微积分学为基础，把车辆看成连续的质点，建立连续的交通流模型^[2]。研究每一时刻通过公路上每一点的交通流的流量、速度和密度等变量间的关系。

假定研究道路上只有沿单向流动的一条车流且不允许超车

在公路上选定一个坐标原点，记作 $x = 0$ 。以车流运动方向作为 x 轴的正向，于是公路上任一点用坐标 x 表示。对于每一时刻 t 和每一点 x ，引入3个基本函数：

流量 $q(x, t)$ ：时刻 t 单位时间内通过点 x 的车辆数；

密度 $\rho(x, t)$ ：时刻 t 点 x 处单位长度内的车辆数；

速度 $u(x, t)$ ：时刻 t 通过点 x 的车流速度。

将交通流设为一维流体场，这些函数可以类比作流体的流量、密度和速度。

3个基本函数之间存在着密切关系。首先可以知道，单位时间内通过的车辆数等于单位时间长度内的车辆数与车流速度的乘积，即

$$q(x, t) = u(x, t)\rho(x, t) \quad (5.2.1)$$

其次，车流速度 $u(x, t)$ 总是随着车流密度 $\rho(x, t)$ 的增加而减小的。当一辆汽车前面没有车辆时，它将以最大速度行驶，可以描述为 $\rho = 0$ 时， $u = u_m$ （最大值）；当车队首尾相接造成堵塞时，车辆无法前进，可记为 $\rho = \rho_m$ （最大值）时 $u = 0$ 。

如果简化假设 u 是 ρ 的线性函数，则有：

$$u = u_m \left(1 - \frac{\rho}{\rho_m}\right) \quad (5.2.2)$$

再由 $q(x, t) = u(x, t)\rho(x, t)$ 可得：

$$q = u_m \rho \left(1 - \frac{\rho}{\rho_m}\right) \quad (5.2.3)$$

表明流量随车辆密度的增加先增后减，在 $\rho^* = \rho_m/2$ 处达到最大值 q_m 。

其中，式子（5.2.2）（5.2.3）是在平衡状态下， ρ, u, q 之间的关系，即假定所有车辆的速度相同，公路上各处的车流密度相同

将交通流类比于流体，假定 $q(x, t)$ ， $u(x, t)$ ， $\rho(x, t)$ 都是 x 和 t 的连续、可微函数，并满足解析运算所需要的性质，下面根据守恒原理导出这些函数满足的方程。

由积分知道，时刻 t ，区间 $[a, b]$ 内的车辆数为 $\int_a^b \rho(x, t) dx$ ，单位时间内通过 a, b 点的流量 $q(a, t)$ 和 $q(b, t)$ 之差等于车辆数的变化率，即：

$$q(a, t) - q(b, t) = \frac{d}{dt} \int_a^b \rho(x, t) dx \quad (5.2.4)$$

这是交通流的积分形式，它并不需要函数对 x 的连续性。

在关于 q 和 ρ 的解析性质的假定下，（5.2.4）式的左右端可分别记作

$$q(a, t) - q(b, t) = - \int_a^b \frac{\partial}{\partial x} q(x, t) dx \quad (5.2.5)$$

$$\frac{d}{dt} \int_a^b \rho(x, t) dx = \int_a^b \frac{\partial}{\partial t} \rho(x, t) dx \quad (5.2.6)$$

所以 (5.2.4) 式化为:

$$\int_a^b \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} \right) dx = 0 \quad (5.2.7)$$

所以区间 $[a, b]$ 是任意的, 所以有:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0 \quad (5.2.8)$$

这就是连续交通流方程。当把 q 表示为 ρ 的已知函数 $q = q(\rho)$ 时, 导数 $\frac{dq}{d\rho}$ 也是已知函数, 记作 $\varphi(\rho)$, 于是按照求导法则有

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{\partial q}{\partial \rho} \cdot \frac{\partial \rho}{\partial x} = \varphi(\rho) \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad (5.2.9)$$

这样方程 (5.2.8) 可以写成:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \varphi(\rho) \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0, & \varphi(\rho) = \frac{\partial q}{\partial \rho}, & t > 0, -\infty < x < \infty \\ \rho(x, 0) = f(x) \end{cases} \quad (5.2.10)$$

其中, $f(x)$ 是初始密度。该式子 (5.2.10) 是一阶拟线性偏微分方程, 用特征方程和首次积分法求解得到结果:

$$\rho(x(t), t) = f(x_0) \quad (5.2.11)$$

$$x(t) = \varphi(f(x_0))t + x_0, \quad x_0 = x(0) \quad (5.2.12)$$

由此, $\rho(x, t)$ 描述了任意时刻公路上各处的车流分布情况, 再由 $q(\rho)$ 即可得到流量函数 $q(x, t)$ 。当函数 $\varphi(\rho)$ 和 $f(x)$ 已知时, $x(t)$ 表示一族直线, 斜率随着 x_0 的改变而改变, 由此形成一族方程的特征线, 为我们后续路阻模型的建立打下基础。

2、城市道路路阻函数模型

路阻函数是指路段行驶时间与路段交通负荷之间的函数关系, 它是交通分配的关键。国内外都进行过较多的研究, 其中最常见的是美国 FHWA 提出的路阻函数模型:

$$t = t_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right] \quad (5.2.13)$$

其中, t 是路段行程时间; t_0 是可自由行驶时的最短行程时间; Q 是机动车车流量; C 是路段机动车通行能力; 通常取 $\alpha = 0.15$, $\beta = 4$ 。

上式没有考虑非机动车的影响, 并且该路阻函数是经验型路阻函数, 通用性较差。每个路段都有各自的模型参数, 若对每个路段都进行实际观测, 通过回归分析建立各自的路阻函数模型, 精度能满足, 但工作量很大。相比之下, 采用半理论半经验的路阻函数更为有效, 即根据交通流理论中的三参数关系确定路阻函数的理论模型, 然后考虑实际交通条件 (远期的或现状的) 进行修正。

由交通流理论可知, 交通量、速度、密度三参数关系为:

$$Q = KV \quad (5.2.14)$$

其中， K 是路段密度； Q 是机动车交通量； V 是路段平均行驶速度。
那么，可得路阻函数的理论模型为：

$$t = \frac{L}{V} \quad (5.2.15)$$

$$V = \frac{V_m}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{V_m}{2}\right)^2 - \frac{QV_m}{K_m}} \quad (5.2.16)$$

其中， V_m 是路段畅流车速； K_m 是路段阻塞密度

当 $Q \leq V_m K_m / 8$ 时，车流处于正常行驶状态，根式前取“+”号；

当 $Q > V_m K_m / 8$ 时，车流处于拥挤、阻塞状态，根式前取“-”号；

当 $Q \geq V_m K_m / 4$ 时，车流处于停止状态，取 $V = 0$ 。

上述模型由无干扰的连续流而导出，城市道路的车流一般为间断车流，且干扰很大，故上述路阻函数的理论模型在实际应用时需进行修正，修正应包括以下几个方面：1、非机动车干扰影响修正；2、行人干扰影响修正；

对理论模型的修正可通过对模型参数 V_m 、 K_m 的修正^[1]实现。通常可取畅行车速为设计车速 V_0 ，考虑各项修正后可得：

$$V_m = \eta_1 \eta_2 V_0 \quad (5.2.17)$$

其中， η_1 是非机动车干扰影响修正系数； η_2 是行人干扰影响修正系数； V_0 一般取60km/h。

非机动车干扰系数 η_1 的确定

当机动车车道与非机动车车道之间有隔离带的时候，认为非机动车对机动车的通行无影响，此时的干扰系数^[1]设定为 1；

当没有隔离带的时候，若非机动车道的容纳量大于非机动车的通行量，则认为影响不大，干扰系数设定为 0.8；若非机动车道的容纳量小于非机动车的通行量，非机动车量就会侵占机动车道，对机动车的行驶产生影响，其影响系数可以通过非机动车占用机动车道路的宽度与机动车道路宽度的比例来反映。

$$\eta_1 = 0.8 - \frac{[(Q_f - Q_{fm}) + 0.5 - W_2]}{W_1} \quad (5.2.18)$$

其中， Q_f （辆/h）为非机动车的通行量， Q_{fm} （辆/h）表示每米道路的最大通行量，此处取值为 900 辆/h； W_1 (m)为单向机动车车道宽度， W_2 (m)为非机动车车道宽度。

行人干扰系数 η_2 的确定

行人的干扰体现在路段通行速度、道路通行能力以及道路利用等方面，但是行人的干扰在时间和空间上具有很大的不确定性，可以采取定量定性相结合的方法，建立干扰系数与干扰程度的对应关系表，对行人干扰系数 η_2 ^[1]进行确定

表5. 2-1 行人干扰系数 η_2 的取值

干扰程度	很严重	严重	较严重	一般	很小	无
η_2	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

一般来说，当处于商业闹市区的时，行人的干扰程度为很严重或者严重；当处于一般的街区道路的时，行人的干扰程度为较严重或者一般；当处于郊区的时候，行人的干扰程度很小或者无影响。

3、基于车辆分流的路阻函数优化模型

当从一个起点到另一个讫点之前的车辆数量已经确定，且连接这对起讫点的路径有确定条数，交通网络平衡分析就是需要研究这些确定车流如何在确定的路径之间分布。当封闭式小区开放后，这些小区道路就类似于城市道路的支路，承担着为主干道分流的任务。当主干道车辆过多引起阻塞时，司机就会综合考虑各种方面，重新考虑行车路线。由此，我们建立车辆分流模型，研究小区开放后对于周边道路通行能力的影响。

由美国公路局路阻函数模型可得，当不开放小区时，则车辆实际通过时间为

$$t = t_0 \left[1 + \alpha \times \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right] \quad (5.2.19)$$

其中， t_0 为选取路段畅通无阻车辆运行时间， C 为当前路段的实际通行能力， Q 为当前道路的实际通行量

由路阻函数的速度模型可得：

$$V = \frac{V_f}{1 + \alpha \times \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta} \quad (5.2.20)$$

其中 V_f 为自由流速度， Q 为道路的交通量， C 为道路通行能力

所以对于直行道路的行驶时间为

$$t = \frac{L}{V} = t_0 \left[1 + \alpha \times \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right] \quad (5.2.21)$$

α , β 为位置参数, 一般取 $\alpha = 0.15$, $\beta = 4$ 。

上面我们分析了车辆运行在道路上单条路线的运行时间，而实际车流是均匀分布在一个路网中，他们相互影响，共同决定车流的运行总时间，时间越小，交通网络的通行效率越高。假设在确定的小区附近路网中，总共有 n 条车道，而每条车道上面的车流已知，则车流运行的总时间为：

$$T_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n Q_i t_i = \sum_{i=1}^n Q_i t_{0i} \left[1 + \alpha \times \left(\frac{Q_i}{C_i} \right)^\beta \right] \quad (5.2.22)$$

其中， t_i ：第 i 条道路上的车流运行时间， t_{0i} ：第 i 条车道上自由流运行时间； Q_i ：第 i 条道路上交通量； C_i ：第 i 条道路上的通行能力

该模型表明，车辆从一条主干道通过一个路网时，可以选择网中的任何一条道路，车辆流通过此路网的总时间等于每一车道运行时间的总和。

小区开放后，根据实际情况，车辆分流情况与小区开放道路条数和主干道车道条数有关，假设小区开放 a 条车道，主干道原本有 b 条车道，则

小区通行量为：

$$Q_{\text{区}} = \frac{a}{a+b} Q \quad (5.2.23)$$

主干道通行量为：

$$Q_{\pm} = \frac{b}{a+b} Q \quad (5.2.24)$$

综上所述，本文建立了小区开放前后，相同路段车辆行驶时间模型，在模型一的评价体系基础上，将通行时间更加精确化，得到通行时间即为该道路通行量和道路通行能力的函数，由此得到以统一路段通行时间为主，模型一评价体系为辅的模型，以此研究小区开放对周边道路通行能力的影响。

5.2.2 模型的求解

在应用该模型进行求解时，我们记录了当地某小区的实际数据，并通过模型评价该小区开放前和开放后对于周边道路通行能力的影响。

收集数据得到该小区开放前和开放后的基本参数为：

表 5.2-2 小区开放前后指标数据

指标 类型	道路基本通行能力	交叉路口阻塞率	饱和度	路网密度
开放前	2681.316	20	44.8	4.2494
开放后	2790.63	22	40.4	4.7486

经过统计，该小区周边主干道两个小时内的通行量为 1000 辆；小区外侧的为主干道，取车道数为 2 条，小区内侧为次干道，开放单向车道为 1 条；道路上限速 60km/h，小区内限速为 15km/h。

根据模型二中的通行总时间计算公式，将上述参数带入，取 $\alpha = 2.5$ ， $\beta = 4$ ，

$$T_{\text{总}} = Q \times \frac{1}{3} t_{01} \left[1 + \alpha \times \left(\frac{Q_i}{C_i} \right)^{\beta} \right] + Q \times \frac{2}{3} t_{02} \left[1 + \alpha \times \left(\frac{Q_i}{C_i} \right)^{\beta} \right]$$

计算得该小区开放前后车辆通过相同路程的时间分别为 6min 和 4min。结合我们实地测量的数据，通过模型一的评价体系，计算出小区开放前后的隶属度矩阵，由模糊综合评价模型得到开放前后的评价等级如下：

表 5.2-3 小区开放前后模糊综合评价结果

小区	模糊综合评价结果向量	评价等级
开放前	(0.00,0.632,0.368)	一般
开放后	(0.00,0.266,0.734)	优秀

对求解得到的模糊综合评级进行分析，可知：

1. 开放后的路网密度，通行能力都有了提高，说明可以对周边的交通情况起到促进的作用；
2. 运用问题一中基于层次分析方法的模糊综合评价模型进行评判，得到开放前的评价为“一般”，开放后的评价为“优秀”。

5.2.3 模型检验

为了体现模型的正确性，我们将车流量从0到8000变化，绘出小区开放前后平均速度随

车流变化图。

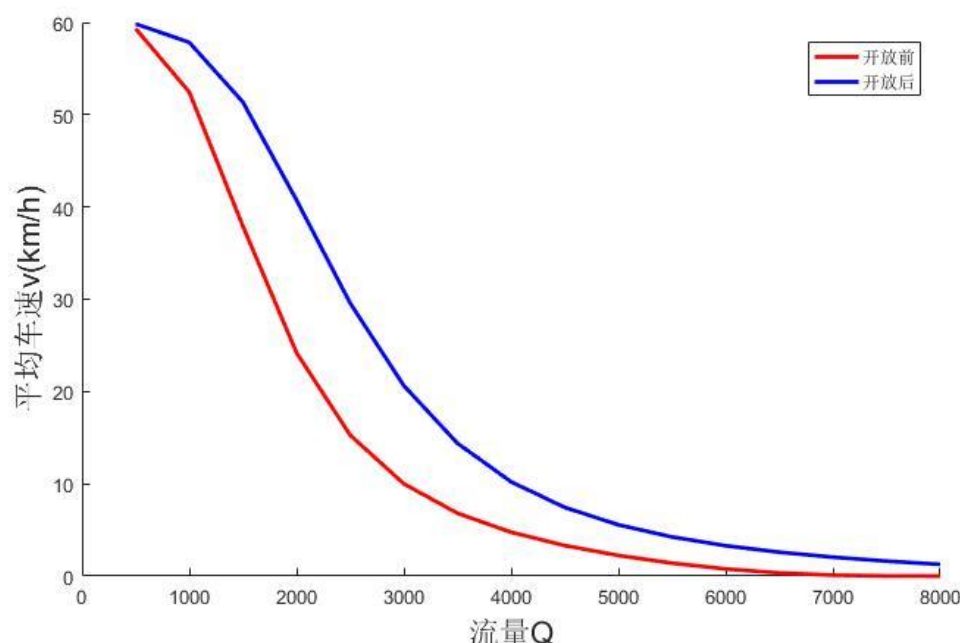


图5.2-1 绘出小区开放前后平均速度随车流变化图

由图可以看出，无论车流量为多少，小区开放后，车辆速度都大于开放前的速度，说明建立的模型具有普遍性，是适用的。

5.2.4 问题的结论

通过模型求解，得到的小区开放前后各指标的变化以及综合评价结果如下：

小区开放前道路基本通行能力为2681.316，交叉路口阻塞率为20，饱和度为44.8，路网密度为4.2494，行程时间为6min，综合评价为“一般”；小区开放后道路基本通行能力为2790.63，交叉路口阻塞率为22，饱和度为40.4，路网密度为4.7486，行程时间为4min，综合评价指标为“优秀”。这说明小区开放对周边道路的通行能力有了很大的提高。

5.3 问题三的模型建立和求解

根据问题一，不同小区类型和周边道路结构，小区开放产生的效果不同；根据问题二的模型求解，车流量的不同也会使小区开放对周边道路产生不同的影响。以此结论为基础，我们设计了不同小区类型和道路类型的组合模型，利用元胞自动机技术仿真模拟出以上各种小区开放对周边道路的影响情况。建立基于模拟退火的投影寻踪评价模型，并和问题一中的评价体系进行对比。

5.3.1 开放后小区道路结构的设计

根据我国小区发展现状^[6]，小区具有多种多样的类型，对于小区开放问题，我们选取了具有一般性和代表性的小区类型。在评价小区开放对周边道路产生的影响时，道路结构是其主要影响因素，我们考虑了在不同形状的小区的各种开放结构，选取了方形小区中具有代表性的两种开放结构以及开放斜线道路结构如下：

(1) 小区开放垂直型道路结构设计

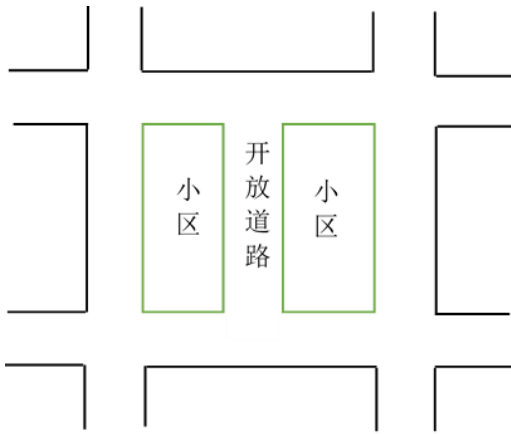


图5.3-1 小区开放一字型道路

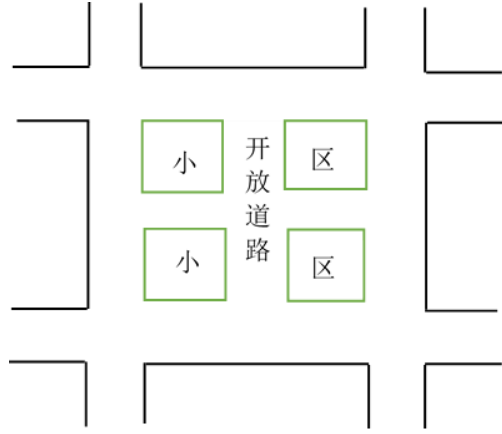


图5.3-2 小区开放十字型道路

(2) 小区开放斜线道路结构的设计

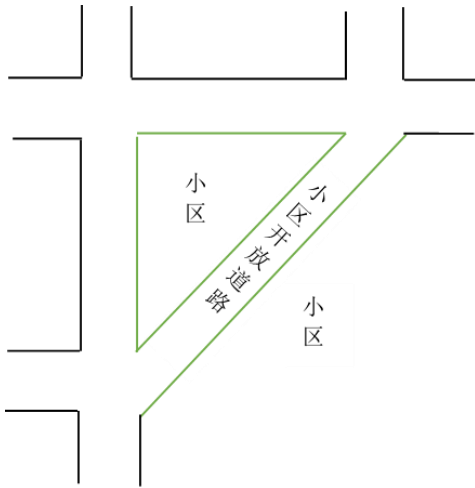


图5.3-3 小区开放斜线道路

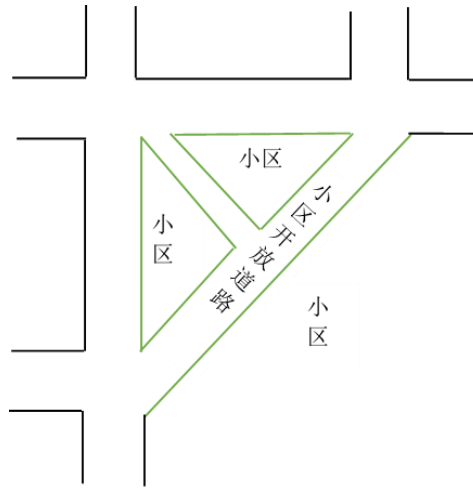


图5.3-4 小区开放X型路口

5.3.2 基于元胞自动机的小区周边道路情况的仿真模拟

根据以上分析，我们利用元胞自动机^[7]分别对小区开放道路的方形和三角形结构进行仿真模拟，其特征是，空间被分成若干离散的格子，比如方形、三角形以及六边形等，并且会随着时间的改变而不断演化。元胞处于所有可能的状态，其演化过程主要受到周围元胞的影响，并且元胞的演化是同步进行的。利用元胞自动机的特质，我们设置了双向四车道的道路模型（黄色代表小车），我们将有车或者无车的状态映射到二维元胞自动机中，具体的关系式如下：

$$Situation_{ij} = \begin{cases} z_{ij} = 0 & \text{无车} \\ z_{ij} = 1 & \text{有车} \end{cases}$$

由于数据是一维的，向多维映射时我们采取交叉重叠的原则，即

$$\begin{cases} v = randperm(n) \\ z_{ij} = (z'_i + z'_{v(j)})/2 \end{cases}$$

元胞之间的邻居关系，有VonNeumann型邻居和Moore型邻居，考虑到本题中车辆移动的实际情况，只有相邻区域之间存在影响，所以选择VonNeumann型邻居更加符合

现实情况。

元胞的演化过程，不仅受到自身初始值的影响，同时也会受到周围相邻元胞的影响。我们把相邻元胞的影响权值记为 $weight_1$ ，自身的影响权值记为 $weight_2$ 。于是元胞演化的规则方程可表示为：

$$a'_{ij} = \sum_{x=i-1}^{i+1} \sum_{y=j-1}^{j+1} z_{ij} \cdot f(weight, x, y, i, j)$$

$$f(weight, x, y, i, j) = \begin{cases} weight_1 & (x, y) \neq (i, j) \\ weight_2 & (x, y) == (i, j) \end{cases}$$

根据上述相应演化的规则方程得到以下仿真图。

5.3.2.1 开放直线型道路仿真对比

1) 高峰期与非高峰期未开放小区



图5.3-5 晚高峰期未开放小区仿真图

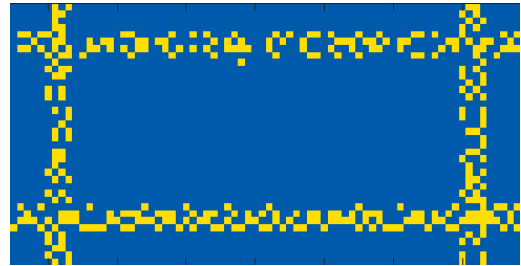
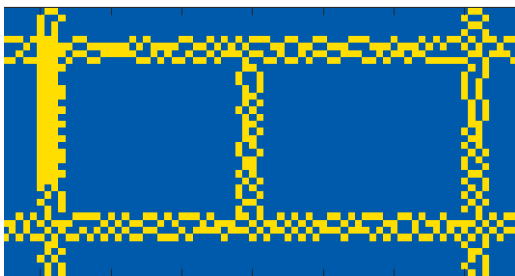


图5.3-6 非高峰期未开放小区仿真图

由图和图可以看出在不开放小区的情况下高峰期和非高峰期都存在一定的拥堵现象，高峰期时的道路各段拥堵都很严重，而在非高峰期时路口拥堵比较严重。

2) 高峰期小区开放垂直型道路不同结构对比



7 开放一字型道路仿真图

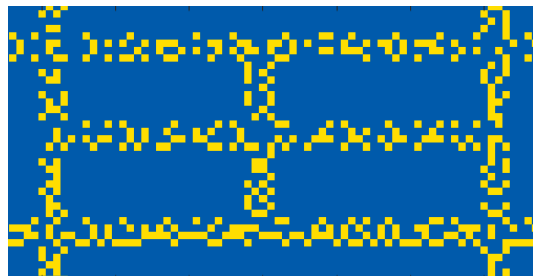


图5.3-8 开放十字型道路仿真图

由上面三幅图可以看出，高峰期开放一条道路时不但没有减缓交通拥堵的情况，反而出现左侧道路车辆排队的现象，极度增加周边道路的压力；高峰期开放两条道路在四条主干道上体现出一定程度的缓解作用，交通状况得到了改善。

3) 开放斜向小区道路仿真对比



图5.3-9 未开放斜向道路路面情况仿真图



图5.3-10 开放斜向道路路面情况仿真图



图5.3-11 开放X型道路路面情况仿真图

由图5.3-9和图5.3-10可以看出，在高峰时期开放斜向道路在一定程度上改善了主干道上的拥堵状况，既减少的资金投入，又缓解了交通问题。

5.3.3 小区开放不同道路结构对周边道路通行能力影响评价

1、建立模拟退火的投影寻踪评价模型

Step1: 数据处理

(1) 指标的正负向性分析

我们选取了 5 个评价指标，在建立评价模型之前，我们首先要对这些指标的正负向性进行分析，即分析该指标值的大小对道路通行的影响。

表5.3-1 指标的正负向性

指标	正负向性
道路通行能力	+
相同路段行驶时间	-
道路饱和度	-
交叉路口阻塞率	-
路网密度	+

定义：正向性：指标越大越好；负向性：指标越小越好

(2) 归一化处理

由于所选取指标的单位不统一，为了消除各评价指标量纲的影响，我们对正负向性不同的指标分别进行归一化处理。

对于正向性指标，归一化公式如下：

$$x_j = \frac{x_j - \min x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (5.3.1)$$

对于负向性指标，归一化公式如下：

$$x_j = \frac{\max x_j - x_j}{\max x_j - \min x_j} \quad (5.3.2)$$

其中， $\max x_j$ 为第 j 列指标的最大值， $\min x_j$ 为第 j 列指标的最小值。

Step2: 线性投影

从不同的方向或角度去观察数据，寻找最能充分挖掘数据特征的最优投影方向。
设 $\mathbf{a} = (a_1 a_2 \dots a_m)$ 为 m 维单位向量，即为各指标的投影方向向量，则第 i 个样本在一维线性空间的投影特征值 z_i 的表达式为：

$$z_i = \sum_{j=1}^m a_j x_{ij} \quad (5.3.3)$$

$$\begin{cases} a_j > 0 \\ \sum_{j=1}^m a_j^2 = 1 \end{cases} \quad (5.3.4)$$

Step3: 构造投影指标函数

在综合投影值^[9]时，要求投影值 $Z_i (i = 1, \dots, 6)$ 的散布特征满足局部投影点尽可能密集，最好凝聚成若干个点团，而在整体上投影点团之间尽可能散开。为此，投影指标函数可构造为：

$$\max Q(\mathbf{a}) = S_a D_a \quad (5.3.5)$$

其中 S_a 为投影值 $Z_i (i = 1, \dots, 6)$ 的标准差， D_a 为投影值的局部密度，即：

$$S_a = \sqrt{\sum_{i=1}^6 (Z_i - \bar{Z}_a)^2 / (n - 1)} \quad (5.3.6)$$

$$D_a = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^7 (R_{ij} - r_{ij}) \cup (R_{ij} - r_{ij}) \quad (5.3.7)$$

式中， \bar{Z} 为序列 $Z_i (i = 1, \dots, 6)$ 的均值； R 为求局部密度的窗口半径，它的选取既要使包含在窗口内的投影点的平均个数不太少，避免滑动平均偏差太大，又不能使它随着 n 的增大而增加太快；距离 $r_{ij} = |Z_i - Z_j|$ ； $U(h)$ 为单位阶跃函数，

综上所述，得到非线性优化模型：

$$\max Q(\mathbf{a}) = S_a D_a$$

$$s. t. \left\{ \begin{array}{l} S_a = \sqrt{\sum_{i=1}^6 (Z_i - \frac{\overline{Z_a}}{n-1})^2} \\ D_a = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^7 (R_{ij} - r_{ij}) \cup (R_{ij} - r_{ij}) \\ R = \frac{\max(r_{kl}) + m}{2} \\ r_{kl} = |z_k - z_l| \\ z_i = \sum_{j=1}^m a_j x_{ij} \\ \sum_{j=1}^m a_j^2 = 1 \\ 0 < a_j < 1 \end{array} \right. \quad (5.3.8)$$

Step4: 优化投影方向

当各指标值的样本集给定时，投影指标函数 $Q(a)$ 只随着投影方向的投影寻踪法变化而变化。不同的投影方向反映不同的数据结构特征，最佳投影方向就是最大可能体现高维数据某类特征结构的投影方向。因此，可通过求解投影指标函数最大化问题来寻找最佳投影方向

目标函数：

$$\max Q(a) = S_a D_a \quad (5.3.9)$$

约束条件：

$$s. t. \sum_{j=1}^n a_j^2 = 1 \quad (5.3.10)$$

这是一个以 $\{a_j | j = 1 \sim n\}$ 为优化变量的复杂非线性优化问题，运用 *Lingo* 等软件难以求出其解，考虑到模拟退火^[8]算法具有收敛速度快等特点，我们使用模拟退火算法来求解最优投影方向。求解最优投影方向的模拟退火算法模型可以表示为下式：

$$\left\{ \begin{array}{l} y1 = \text{sqrt}\left(\frac{b.^2}{\text{sum}(b.^2)}\right) \quad b \text{ 为随机 } 1 \times 5 \text{ 的 } (0,1) \text{ 序列} \\ \text{for } k = 1:n \quad b(k) = \text{rand}() \text{ 产生新解} \\ p = \begin{cases} 1 & \text{delta}_e > 0 \\ \exp\left(\frac{\text{delta}_e}{T}\right) & \text{delta}_e \leq 0 \end{cases} \\ T_0 = q \times T_0 \end{array} \right. \quad (5.3.11)$$

Step5: 求解投影评价价值

利用求解所得的最佳投影方向 a^* 计算样本的投影指标值：

$$z_i^* = \sum_{j=1}^n a_j^* \times x_{i,j} \quad (5.3.12)$$

Step6：求解结果及分析

在第一问中我们选取了道路通行能力、道路行驶时间、道路饱和度、交叉路口阻塞率、路网密度五个指标，我们根据元胞自动机的仿真结果，结合第一问中各项指标的计算公式，分别得出了上文构造的小区结构，晚高峰时间段的各项指标值，一共4组样本，给这4组样本分别标号1-4。

表5. 3-2 晚高峰时间段的各项指标值

样本编号	道路基本通行能力	交叉路口阻塞率	饱和度	行程时间	路网密度
1	2790.63	33.3	44.8	6	4.2494
2	3098.24	22.3	40.4	5	4.7486
3	3998.76	34.2	35.9	2	3.4369
4	2907.90	22.7	32.1	3	3.9860

2、基于投影寻踪模型的综合评价结果

将得到的4组样本的指标值代入投影寻踪模型进行综合评价，通过模拟退火算法，将寻优程序循环了 100 次得到最优投影方向为：

$(0.15, 0.59, 0.64, 0.46, 0.08)$

根据最优投影方向求得各样本的投影评价值如下表：

表5. 3-3 各样本的投影评价值

样本编号	投影评价值
1	1.023
2	0.592
3	1.044
4	1.058
5	1.604

通过评价可以看出：对于开放直线型开放道路时的评价值下降，与前面仿真结果为平行道路拥堵的情况匹配；对于开放十字型和斜线型开放道路的情况，投影评价值得到了轻微提升，拥堵情况改善；对于开放X型道路的情况，样本的投影评价值得到了显著的提高，道路拥堵状况得到了明显的改善，与前面元胞自动机的仿真结果图相符。

5. 3. 3 模型的验证

为了验证模型的正确性，我们利用第三问的拟退火的投影寻踪评价模型检验第一问所得的评价结果。得到投影评价结果如下：

表5. 3-4 投影寻踪评价结果

小区	封闭式小区	小区一	小区二	小区三	小区四
投影评价值	0.105	1.17	1.187	1.561	1.544
模糊评价结果	一般	一般	一般	较好	较好

可见两种模型的评价结果契合度较高，可以认为两种模型都可以有效评价这些小

区的交通能力。

接下来我们进行灵敏度分析，在元胞自动机的演化过程中，我们设置了变道概率和转弯概率等参数，现将这些参数的值进行调整，检验模型的稳定性。（ p_1 为变道概率， p_2 为转弯概率）。

表5.3-5 模型灵敏度分析

参数 p_1, p_2	投影评价值
0.3, 0.3	1.023, 0.592, 1.044, 1.058, 1.604
0.35, 0.4	0.963, 0.635, 1.063, 1.134, 1.565
0.4, 0.35	0.979, 0.622, 1.038, 1.096, 1.585

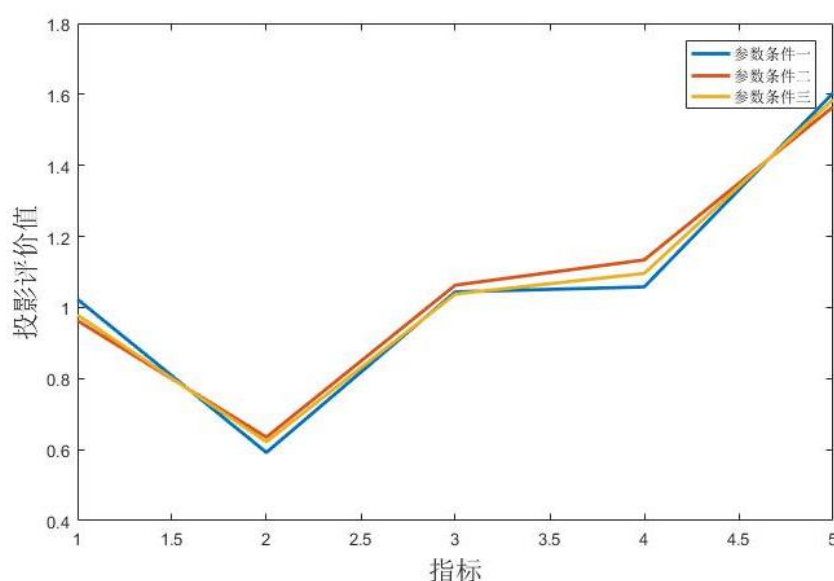


图5.3-12 灵敏度分析

从上图可以看到，在一定范围内改变变道概率以及转弯概率后，投影评价值的趋势没有改变，且波动范围小，说明模型的稳定性强，具有一定的泛化能力。

5.3.4 问题的结论

开放直线型开放道路时的评价值下降，反而使平行道路更加拥堵；对于开放十字型和斜线型开放道路的情况，拥堵情况改善；对于开放X型道路的情况道路拥堵状况得到了明显的改善，与前面元胞自动机的仿真结果图相符。

5.4 问题四的回答

1、本文研究结果

根据以上分析，小区开放道路的形状不同、小区附近道路结构的不同、车流量的不同，都会对周边道路产生不同的影响。

井字型主干道组合一字型开放道路仿真结果显示，在固定车流量的情况下，并不能很好的缓解道路交通情况，反而有增加阻塞率的风险；

井字型主干道组合十字型开放道路，仿真结果显示，这样的道路设计可以很好的提高小区周围主干道的道路通行能力。

十字型主干道组合单斜开放道路，由于单斜路的设计，可以有效的缓降折线路口的交通压力，也减少了司机通过路口的时间，是一种很适合开放的小区类型；

十字型主干道组合X型开放道路，相比较于前者，它多增加了一跳斜通路，无疑也会很好的缓解主干道交通压力，可是考虑到实际情况，小区主要还是以居民居住舒适度为主，大量社会车辆的驶入，无疑会增加小区居民的困扰，降低幸福感，也增加交通建设费用，无疑是得不偿失的。

综合考虑各种情况，就需要当地的城市规划部门和交通管理部门共同设计，让小区居民的满意度和交通道路的流畅度达到一种平衡的状态。由此，本文提出如下建议：

2、对于城市规划部门

①在建设小区时，对于准备开放的小区，尽量将小区停车固定位置设定好，禁止出现小区道路随意停车的情况，这样小区开放后可以更好的缓解交通，也减少了社会车辆进入小区引起的摩擦

②对于不准备开放的小区，建设时，尽量远离城市主道路，少了大块居民区的占地压力，可以让主干道车辆更方便的通行。

③对于已经建成的小区，判断它是否应该开放和开放程度，需要有关部门实地考查出该小区周围道路的构造情况，对于经常发生阻塞的路口，在不大大程度影响居民生活的基础上，可以在沿途的小区路口开放合适条数的道路，以缓解交通压力。

3、对于交通管理部门

①对于已经开放的小区，根据实际情况需要设置红绿灯或者凸透镜，支路上的非机动车和行人较多，并充满了偶然性，考虑到各方面的安全，这是首先应该考虑的问题。

②对于决定开放几条小区道路的问题，由于有时开放多条道路会加重道路阻塞，交通管理部门需要分别统计出高峰期和低峰期的车流量，根据问题二中的路阻函数模型进行计算，得出开放前后平均车速经过相同路段的时间，总结出既满足高峰期又在低峰期不浪费资源的设计。

③对于小区周边道路的规划，可以综合考虑道路周边的商业区、居民区、工业区的分布，在不浪费道路资源的基础下，适当的利用各功能区的分流功能，达到城市道路和个功能区配合最优化的目的。

④对于速度的设定，应该在城市规划道路已经确定好的基础上，重新设定出各路段的限速，根据交通流模型让车流量、车速和车辆密度保持平衡。对小区开放的道路，一定要考虑到居民的安全，尽量降低发生交通事故的几率，对于超速的司机，加重处罚。

六、模型评价

6.1 模型的优点

1、问题一中对选取的指标确定权重时，使用了层次分析法和熵权法，从主客观两方面进行分析，既能够科学地进行评价，同时也能减少主观性和随意性，具有说服力。

2、模型二分别考虑小区开放的分流和阻滞对周边交通影响，交通流模型、分流模型和阻碍模型的综合全面且具有实用性。

3、模型三在使用投影寻踪法得出的评价结果后，继而使用元胞自动机技术，模拟出小区开放前后不同时段车流量的变化，对所求解的结果进行进一步的验证。

6.2 模型的缺点

1、由于题目并未给出数据，因此所建立的模型对于本文中使用的数据适用效果较好，而对于有多车道和复杂形状的车道的小区并未考虑；

2、对于问题二中使用的城市路阻函数，对其修正时，未考虑车道宽度、车流间隔等复杂因素；

3、问题三中，考虑的小区结构及周边道路结构情况较少，不具有通用性。

6.3 模型的推广

本文中使用了多种模型和模拟仿真技术，尤其是模拟退火的投影寻踪评价模型和元胞自动机仿真技术的结合，可以推广到其他城市规划和交通管制的政策实施问题上；层次分析法和熵权法的有效结合亦可应用于其他指标评价体系上，以相对减少个人主观因素对评价体系的影响。

参考文献

- [1]王 炜，张桂红，城市道路路阻函数研究[J]，重庆交通学院学报，第11卷第3期，84-92，1992.9。
- [2]宋博文，张俊友，李庆印，柳 奇，基于交通波理论的改进动态路阻函数[J]，重庆交通大学学报(自然科学版)，第33卷第1期，106-110，2014.2。
- [3]李 帅，魏 虹，倪细炉，顾艳文，李昌晓，基于层次分析法和熵权法的宁夏城市人居环境质量评价[J]，应用生态学报，第25卷第9期，2700-2707，2014.9。
- [4]张希瑞，方志祥，李清泉，鲁仕维，基于浮动车数据的城市道路通行能力时空特征分析[J]，地球信息科学学报，第17卷第三期，336-343，2015.3。
- [5]詹 斌，蔡瑞东，胡远程，曹梦鑫，基于城市道路网络脆弱性的小区开放策略研究[J]，技术与方法，第35卷第7期，2016.7。
- [6]李向朋，城市交通拥堵对策-封闭型小区交通开放研究[D]，长沙理工大学，2014。
- [7]熊桂林，黄悦，元胞自动机在混合交通仿真中的应用[J]，系统工程，2006.6:24-27。
- [8]冯玉蓉，模拟退火算法的研究及其应用[D]，昆明理工大学，2005。
- [9]张学喜，王国体，张 明，基于加速遗传算法的投影寻踪评价模型在边坡稳定性评价中的应用[J]，合肥工业大学学报，第31卷第3期2008.3:430-432。
- [10]温旭丽，吴 恣，曹 蕊，几种典型路阻函数的特性比较及参数选择研究[J]，公路交通科技技术版，2014.2:205-208。
- [11]钱雪娟，城市路网结构评价方法探讨[J]，科技与经济，2007.2: 88-93。

附录

表 1 问题一全部数据

指标 类型	道路通 行能力	阻塞 率	饱和 度	行程 时间	路网 密度	介数	速度	1	f
封闭小区	2317.49	10	57	14	4	0	38	30.62	0.38
小区一	2508.61	12	52	11	5	0.33	45	39.77	0.35
小区二	2557.75	15	50	8	6	0.66	47	42.75	0.34
小区三	2430.58	16	46	12	7	0.8	42	35.61	0.36
小区四	2483.20	13	49	13	8	0.92	44	38.35	0.35

表 2 问题三评价体系的相关数据

		指标一	指标二	指标三	指标四	指标五
最优投 影方向	第一问	0.710111	0.005864	0.517272	0.33856	0.33692
	第三问	0.150728	0.592897	0.639605	0.459155	0.076401

		样本一	样本二	样本三	样本四	样本五
投影评 价值	第一问	0.105864	1.170273	1.187281	1.560651	1.54438
	第三问	0.092166	1.04406	1.05811	1.603552	

%求解熵权法的权重的 MATLAB 程序:

```

clc
clear
A=[2317 10 57 16 4
2508 12 52 11 5
2557 15 50 10 6
2430 16 46 15 7
2483 13 49 10 8];
[m,n]=size(A);
h=max(A);%最大值
H= repmat(h,m,1);
Mij=A./H;%隶属度
A2=sum(Mij);
A22= repmat(A2,m,1);
Qij=Mij./A22;%归一化
Fj=-1/log(5)*Qij.*log(Qij);
fj=sum(Fj);%熵值
dj=1-fj;%差异系数
v=dj/sum(dj);%权重系数
B=Qij*v';%最终评价
%disp(v)
%disp(B)%显示结果

```

```

%层次分析法的权重
A=[1 6 5 4 3;1/6 1 1/3 1/4 1/5;1/5 3 1 1/3 1/5;1/4 4 3 1 1/4;1/3 5 4 3 1];
[m,n]=size(A);
[V,D]=eig(A); %求得 A 的特征值特征向量
%列归一化
B=zeros(m,n);
for i=1:n %列
    tmp=sum(A(:,i));
    for j=1:m
        B(j,i)=A(j,i)/tmp;
    end
end
%行求和
C=zeros(m,1);
for i=1:m
    C(i,1)=sum(B(i,:));
end

%对 C 归一化
tmp=sum(sum(C));
for i=1:m
    C(i,1)=C(i,1)/tmp;
end

C=C';
T=[];
s=0;
%求综合指标
for i=1:5
    s=s+sqrt(C(1,i)*v(1,i));
end

for i=1:5
    T(end+1)=sqrt(C(1,i)*v(1,i))/s;
end
B=Qij*T';%最终评价
disp(B);

```

```

%第二问生成拓扑图计算相关参数的 MATLAB 程序
d=4;%整个街区的边长
x=[3.236 1.426 0.293 2.364 3.6408 0.7751 1.7295 2.9966 0.1567 3.7853 3.0547 2.2353
0.7354 1.9918 2.0714 3.977 3.4194 3.8496 2.7158 1.614];
y=[3.7399 1.9179 0.9272 1.5852 2.8203 2.2342 3.0265 3.9819 3.8497 2.1403 3.8555 0.4625

```

```

0.2058 1.2174 2.3208 2.1239 3.6048 2.1622 1.7279 2.1707];
%load link;
dis=zeros(length(x),length(x));
%统计小区开放前
for i=1:length(x)
for j=1:i
if link(i,j)==1
dis(i,j)=sqrt((x(i)-x(j))^2+(y(i)-y(j))^2);
end
end
end
fprintf('小区开放前该地区路网连结度为: \n');
r=lianjiedu(link);
disp(r);
fprintf('该地区路网密度为: \n');
p=midu(dis,link,d);
disp(p);
%%生成构建小区
%小区路口节点生成
%在 x 方向 2500-3000 米, y 方向 3000-3500 米处有一个占地面积大约在 200,000 万
平的小区
new_x=[2.8 2.7 2.53 3 2.75];
new_y=[3.5 3.1 3.42 3.4 3.3];
%小区内道路生成, 采取十字贯穿的方式布局
new_link=[1 0 1 1 1;0 1 1 1 1;1 1 1 0 1;1 1 0 1 1;1 1 1 1 1];
%%将小区节点和路段部署在该区域内
%添加小区路口
f_x=cat(2,x,new_x);
f_y=cat(2,y,new_y);
%添加小区道路
f_link=zeros(25,25);
f_link(1:20,1:20)=link;
f_link(21:25,21:25)=new_link;
%生成小区对外接口
out_in=[9 23;20 22;10 24;11 21];
[a,b]=size(out_in);
for i=1:a
f_link(out_in(i,1),out_in(i,2))=1;
f_link(out_in(i,2),out_in(i,1))=1;
end
%%画图
%plot(f_x,f_y,'*');
hold on
a=length(f_link);
%画图时统计道路长度
f_dis=zeros(a,a);

```

```

for i=1:a
for j=1:i
if f_link(i,j)==1
f_dis(i,j)=sqrt((f_x(i)-f_x(j))^2+(f_y(i)-f_y(j))^2);
%line([f_x(i) f_x(j)],[f_y(i) f_y(j)]);
end
end
end
%统计各参数
fprintf('小区开放后该地区路网连结度为: \n');
r=lianjiedu(f_link);
disp(r);
fprintf('该地区路网密度为: \n');
p=midu(f_dis,f_link,d);
disp(p);
%描述流量和速度之间关系的代码:
clear
clc
vm=60;%道路限速
%此处选取北京不同区域各个道路的平均流量
%作为模拟实例的测试流量
Q=500:500:8000;
r_b=[];
r_a=[];
for i=1:length(Q)
q=Q(i);
%街区道路数据
%控制变量
l1=3;%从出发点经过小区线路长度
l2=3;%外部道路的长度, 测试时应保持和上述数据一致
%畅通时路段行车时间
t1=l1/vm;%内
t2=l1/vm;%外
%alpha beta 参数表
alpha1=2.5;beta1=4;%主干道
alpha2=3;beta2=4;%次干道
%计算开放前总时间
c_b=C(q);
t_b=T(q,c_b,t1,alpha1,beta1,2);
v_b=l1/(t_b/q);
r_b=cat(2,r_b,v_b);
%计算开放后总时间
q1=1/(2+1)*q;%内分流
q2=q-q1;%外分流
c1=C(q1);c2=C(q2);
t_a=T(q1,c1,t1,alpha2,beta2,1)+T(q2,c2,t1,alpha1,beta1,2);

```

```

v_a=l2/(t_a/q);
r_a=cat(2,r_a,v_a);
end
plot(Q,r_b,'r-',Q,r_a,'b-');
legend('开放前','开放后');

```

%拓扑图的 MATLAB 程序

```

clear
clc
num=20;%点个数
d=4;%地图宽度
x=d.*rand(num,1);
y=d.*rand(num,1);
distance=zeros(num,num);
for i=1:num
    for j=1:num
        distance(i,j)=sqrt((x(i)-x(j))^2+(y(i)-y(j))^2);
        distance(j,i)=distance(i,j);
    end
end
max=max(max(distance));
plot(x,y,'*');
hold on
%是否连接
link=zeros(num,num);
for i=1:num
    for j=1:i
        chance=distance(i,j)/max;
        if
rand>chance&&sum(link(:,i))<=4&&sum(link(:,j))<=4&&sum(link(i,:))<=4&&sum(link(j,:))
<=4
            %连接起来
            link(i,j)=1;
            link(j,i)=1;
            line([x(i) x(j)],[y(i) y(j)]);
        end
    end
end
end
disp('该地区的路网密度为: ')
x1=midu(distance,link,d);
disp(x1);
disp('地区的连接度为: ')
x2=lianjiedu(link);
disp(x2);

```



```

%路网密度
function [result]=midu(distance,link,d)
s=0;
n=length(distance);
for i=1:n
    for j=1:i
        if link(i,j)==1
            s=s+distance(i,j);
        end
    end
end
end

mianji=d^2;
result=s/mianji;
end

```

```

%连接度
function [result]=lianjiedu(link)
n=length(link);
s=sum(sum(link))/2;
result=s/n;
end

```

```

%通行能力计算：
function [result]=C(q)
v=speed(q);
l1=v/3.6*0.75;%反应距离
l2=v^2/(2*9.8*(2.2719*v^-0.487)*3.6^2);%制动距离
l3=6;%车长度
l4=1.5;%安全车距
result=1000*v/(l1+l2+l3+l4);
end

```

```

%区域出行总时间计算：
function [result]=T(q,c,t,alpha,beta,n)
result=q*t*(1+alpha*(q/(c*n))^beta);
end

```

```

%路段速度计算：
function [result]=speed(q)
vm=60;%限速

```

```

pm=1000/(6+1.5);%拥堵密度
% %二次方程系数
% a=-vm/pm;
% b=vm;
% c=-q;
% p=(-b-sqrt(b^2-4*a*c))/a^2;
% result=60*(1-p/pm);
%%此处求流量和速度之间的关系
p=0.0163*q;
result=vm*(1-p/pm);
end

clear;clc;
%%元胞自动机模拟路面车辆情况
%定义 button
plotbutton=uicontrol('style','pushbutton',...
'string','Run',...
'fontsize',12,...
'position',[100,400,50,20],...
'callback','run=1;');
erasebutton=uicontrol('style','pushbutton',...
'string','Stop',...
'fontsize',12,...
'position',[300,400,50,20],...
'callback','freeze=1;');
number=uicontrol('style','text',...
'string','1',...
'fontsize',12,...
'position',[20,400,50,20]);
z=zeros(38,4);
cells=z;% 元胞矩阵
p1=0.4;% 变道概率
p2=0.4;% 转弯概率
t1=0;% 时间变量
t2=0;% 时间变量
%初始状态
cells(1,1)=0;
cells(1,2)=1;
cells(38,3)=0;
cells(38,4)=1;
run=0;
freeze=0;
while 1
if run==1
%下行

```

```

for j=1:37
%随机左转
    if cells(j,1)==1&&cells(j,2)==0
        if rand()>p1
cells(j+1,1)=0;
cells(j+1,2)=1;
        else
%不转
cells(j+1,1)=1;
cells(j+1,2)=0;
        end
    end

if cells( j,1)==0&&cells(j,2)==1
%随机右转
    if rand()>p1
cells(j+1,1)=1;
cells(j+1,2)=0;
    else
%不转
cells(j+1,1)=0;
cells(j+1,2)=1;
    end
end
%不能转弯继续向前
if cells(j,1)==1&&cells(j,2)==1
cells(j+1,1)=1;
cells(j+1,2)=1;
end
%没有车继续向前
if cells(j,1)==0&&cells(j,2)==0
cells(j+1,1)=0;
cells(j+1,2)=0;
end

end

%上行
for j=38: -1:2
if cells(j,3)==1&&cells(j,4)==0
if rand()>p1
cells(j -1,3)=0;
cells(j -1,4)=1;
    else
cells(j -1,3)=1;
cells(j -1,4)=0;

```

```

end
end

if cells(j,3)==0&&cells(j,4)==1
if rand()>p1
cells(j -1,3)=1;
cells(j -1,4)=0;
else
cells(j -1,3)=0;
cells(j -1,4)=1;
end
end

if cells(j,3)==1&&cells(j,4)==1
cells(j-1,3)=1;
cells(j -1,4)=1;
end

if cells(j, 3)==0&&cells(j,4)==0
cells(j -1,3)=0;
cells(j -1,4)=0;
end

end

%显示图像
[A,B]=size(cells);
Area(1:A,1:B,1)=zeros(A,B);
Area(1:A,1:B,2)=zeros(A,B);
Area(1:A,1:B,3)=zeros(A,B);

for i=1:A
for j=1:B
if cells(i,j)==1
Area(i,j,:)= [255,222,0];
elseif cells(i,j)==0
Area(i,j,:)= [0,90,171];
end
end
end

Area=uint8(Area);
Area=imagesc(Area);
axis equal;
axis tight;
%计步

```

```

stepnumber=1+str2double(get(number,'string'));
set (number,'string',num2str(stepnumber));
end

```

```

if freeze==1
run=0;
freeze=0;
end

```

```

drawnow
end

```

%模拟退火评价的 MATLAB 程序

```
clear all;close all;clc
```

```
%导入数据
```

```
x=importdata('C:\Users\F Vadim\Desktop\第一问数据.txt');
```

```
[hang,lie]=size(x);
```

```
%归一化
```

```
max1=max(x);
```

```
min1=min(x);
```

```
%正向减最小，负向用最大减
```

```
x(:,1)=(x(:,1)-min1(1))/(max1(1)-min1(1));
```

```
x(:,2)=(max1(2)-x(:,2))/(max1(2)-min1(2));
```

```
x(:,3)=(max1(3)-x(:,3))/(max1(3)-min1(3));
```

```
x(:,4)=(max1(4)-x(:,4))/(max1(4)-min1(4));
```

```
x(:,5)=(x(:,5)-min1(5))/(max1(5)-min1(5));
```

```
tic
```

```
for k=1:100
```

```
%退火寻找最优投影方向
```

```
temperature=1000;%初始温度
```

```
iter=100;%迭代次数
```

```
l=1;
```

```
n=5;%指标个数
```

```
a=suiji(n);%初始序列
```

```
p=a;
```

```
y=Target(x,a);
```

```
while temperature>0.01
```

```
for i=1:iter
```

```
a1=suiji(n);
```

```
y1=Target(x,a1);
```

```
delta_e=y1-y;
```

```
if delta_e>0
```

```

y=y1;
p=a1;
else
    if exp(delta_e/temperature)>rand()
        y=y1;
        p=a1;
    end
end

end

l=l+1;
temperature=temperature*0.99;
end
w(k)=y;
e(k,:)=p;
end
toc
disp(max(w));
%求得各样本投影值 r
a=e(find(w==max(w)),:);
for i=1:hang
    r(i)=sum(x(i,:).*a);
end
%r 表示每个样本的评价值

```