
2016 年同济大学数学建模竞赛

参赛队号：2016021970

队员：

土木工程学院

土木工程学院

题目：“禁摩限电”效果综合分析

摘要

摩托车、电动车是我国城镇居民的重要出行方式，因其方便、价廉、无需太多专门训练等优势，受到人民群众的大力欢迎，其数量基数之大已不可小觑。可以看到，无论是在中国的大中小城市，还是县镇乡村，都有摩托车、电瓶车穿行于繁忙的马路之中，风驰电掣，险象环生。故由于其车辆安全性堪忧、易扰乱交通秩序、难以统一管理等诸多原因，深圳市在全市范围内开展了“禁摩限电”政策，这可以说是史上最严、时间最长的一次，所以也遭到了来自社会的很多不解和批评。为了使“禁摩限电”这一政策得到更多人的理解和支持，需要建立合适的数学模型，对数据展开定量定性分析，表现出此项政策的合理性和必然性。我们可以从深圳的交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响等因素和指标出发，建立数学模型对其进行分析思考：

一、针对交通资源总量（即道路通行能力）是指在特定的交通条件、道路条件及人为度量标准下单位时间通过的最大交通量。根据道路方式不同，分为机动车道、非机动车道、人行道的通行能力，而机动车道又根据道路等级划分为高速公路、快速路、主干道、支路等等。下文主要讨论深圳机动车道的通行能力，简化只考虑直道模型。通过对不同路况的交通通行能力的研究，可以得出部分仿真条件。

二、针对交通需求结构，我们可以根据相关数据和合理假设，借鉴元胞自动机的原理，结合对交通资源总量的研究，利用 MATLAB 软件对模拟路段进行交通状况的模拟仿真，绘制图形，从而得出不同情况下道路通行状况的变化情况。

结合道路交通总量和交通需求结构两者条件，我们得出结论：随着车辆驶入概率的不断增加，车辆自由通行速率下降，车辆拥堵概率明显上升。这说明随着现实生活中机动车总数的日益上升，在道路承载能力无法升级的情况下，很可能导致城市道路无法承受现有交通总量，出现普遍的交通拥堵状况。“禁摩限电”政策有助减少交通总量，从而在不改变总体道路承载能力的情况下缓解交通拥堵问题。

三、针对交通工具效率，考虑到效率受交通工具速度、总里程数、交通工具年龄、天气、路况等许多因素影响，利用 MATLAB 软件进行层次分析后可得各个交通工具的效率值。

四、针对交通安全性，与对于交通工具效率的建模类似，我们需要对各种交通工具的安全性进行评价，考虑到交通工具的安全性受到总里程数、交通工具年龄、乘客配合程度等许多因素影响，现实中难以得到统一的量化指标，因此，我们通过对交通事故中各类交通工具所占的比例进行分析得到一个安全系数函数，用这个安全系数作为交通工具的评级指标。

五、针对环境影响因素，可采用碳排放值来衡量各种交通工具对安全 and 环境的影响。同上采用模糊层次分析法。利用 MATLAB 软件分析后，得到各个交通工具的环保指标值。

通过对以上三个模型的结果比较，我们可以得出摩电车在效率、安全性以及环境污染方面均无优势，且公共交通在以上三个方面得分最前，所以“禁摩限电”政策有助于减少摩托车电动车总量，促使人们转向公共交通，从而缓解交通、环境压力，利国利民。

关键词：道路交通 MATLAB 元胞机仿真 模糊层次分析

一、问题重述

随着社会、经济的发展，城市道路交通问题越来越复杂也越来越引入关注。城市道路交通资源是有限的，各种交通工具，特别是机动车（包括摩托车、电动三轮车等），对安全 and 环境的影响必须得到控制，而人们出行的需求是不断增长的，出行方式也是多种多样的，包括使用公共交通工具。因此，不加限制地满足所有人的要求和愿望是不现实的，也是难以为继的，必须有所倡导、有所发展、有所限制。不少城市采取的限牌、限号、收取局部区域拥堵费、淘汰污染超标车辆及其他管理措施收到了较好的效果，也得到了公众的理解。

为了让一项政策，如“禁摩限电”，得到大多数人的支持，对它进行科学的、不带意识形态的论证是必要的。请从深圳的交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响等因素和指标出发，建立数学模型并进行定量分析，提出一个可行的方案。需要的数据资料在难以收集到的情况下，可提出要求。

二、问题分析

为了使“禁摩限电”这一政策得到大多数人的支持，我们要分析得出摩托车电动车的缺点和劣势，从而体现出“禁摩限电”这一政策的合理性。故可以从深圳的交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全 and 环境的影响等因素和指标出发，建立数学模型对其进行定量分析。

针对交通资源总量，道路通行能力是指在特定的交通条件、道路条件及人为度量标准下单位时间通过的最大交通量。根据道路方式不同，分为机动车道、非机动车道、人行道的通行能力，而机动车道又根据道路等级划分为高速公路、快速路、主干道、支路等等。道路通行能力又受到路况、天气状况、路宽等等因素的影响，存在诸多修正系数。

由于缺乏数据支持，我们采取简化方式，只考虑双车道直道模型，通过对不同路况的交通通行能力的模拟仿真，可以得出部分仿真条件。

针对交通需求结构，我们可以结合对交通资源总量的研究，结合元胞自动机原理，利用 MATLAB 软件对模拟路段进行交通状况的模拟仿真，从而得出不同情况下道路通行状况的变化情况，绘制相关图像，进行定性分析。

交通工具效率评价，考虑到效率受交通工具速度、天气、路况、总里程数等许多因素影响，不利于具体量化，所以采用层次分析法，对速度、天气、路况、总里程数这四个影响因素进行两两对比，得出判断矩阵，可利用 MATLAB 软件进行特征值求解，进行一致性检验，确定各个因素对于效率的影响的相对权重，进而可得各个交通工具的效率排序。

交通安全性，由于影响交通安全的因素很多且较为复杂，不便于用层次分析法进行评价，同时，我们注意到，对于交通方式的安全性有一个很直观的评价指标——交通事故中各个交通工具所占的比例，在这些数据的基础上，我们建立一个安全系数函数，通过这个安全系数函数，对于交通工具的安全性进行直观的对比评价。

交通工具的环保性，可采用碳排放值来衡量各种交通工具对安全和环境的影响，在这里通过网上的一些交通工具的耗电耗油情况，进行简单地计算，进一步算出各个交通工具每人每公里能耗值，进行比较。

问题的最后，再建立一个层次分析的模型，目标层为选择合适的交通工具，准则层为交通工具的效率，安全性，环保性这三个评价指标，类似于效率的评价中所用到的方法，最终可算出每种交通方式的适宜程度，形成一个直观的对各个交通工具的评价。

三、问题假设

- 1、假设网上搜索得到的数据全部真实可靠；
- 2、忽略不同道路存在的差异，统一量化其通行能力；
- 3、忽略不同车辆的大小形状、驾驶人性格以及车况对车辆速度的影响，均一化地把车辆视为质点，仅保留速度差异；
- 4、不考虑不同品牌车辆安全性、碳排放差异，以交通事故数量、尾气排放指标来代表以上的性能；

- 5、忽略除所列出的影响因素外其他的因素对于交通工具的效率的影响；
- 6、不考虑层次分析法中的判断矩阵由于主观因素引起的误差。

四、符号说明

CB	道路基本通行能力
C_p	道路单行通行能力
C_L	道路设计通行能力
a_c	道路分类系数
a_m	单向通行能力折减系数
S	安全系数

五、模型的建立与求解

为了使“禁摩限电”这一政策得到大多数人的支持，我们从深圳的交通资源总量（即道路通行能力）、交通需求结构、各种交通工具的效率及对安全对环境的影响等因素和指标出发，建立数学模型对其进行定量分析。

1. 模型一的建立与求解

交通资源总量[1][2]

道路通行能力是指在特定的交通条件、道路条件及人为度量标准下单位时间通过的最大交通量。根据道路方式不同，分为机动车道、非机动车道、人行道的通行能力，而机动车道又根据道路等级划分为高速公路、快速路、主干道、支路等等。下文主要讨论深圳机动车道的通行能力，大致可分为无平面交叉口的路段通行能力以及交叉口的通行能力。

无平面交叉口的路段通行能力

基本通行能力

基本通行能力是指道路与交通处于理想情况下，每一条车道（或每一条道路）在单

位时间内能够通过的最大交通量。

基本通行能力：

$$CB = 3600 / t_0 = 1000v / l_0$$

其中， v 为行车速度（ km/h ）， t_0 为车头最小时距（ s ）， l_0 为车头最小间隔（ m ）。

可能通行能力

可能进行能力是指在通常的道路交通条件下，单位时间内通过道路一条车道或某断面的最大可能车辆数。

可能通行能力：

$$(pcu/h)C_p = 3600/h$$

其中， h 为连续小客车车流平均车头时距（ s/pcu ）。

设计通行能力

设计通行能力是指道路交通的运行状态保持在某一设计的服务水平时，道路上某一路段的通行能力。

单条车道设计通行能力：

$$(pcu/h)C_L = \alpha_c \times C_p$$

其中， α_c 表示道路分类系数，不同道路的分类系数见下表 1：

表 1：不同道路的分类系数

道路分类	快速路	主干路	次干路	支路
分类系数 α_c	0.75	0.80	0.85	0.90

多车道的通行能力还要考虑变换车道的影响，因此公式为：

$$(pcu/h)C_L = \alpha_c \times \alpha_m \times C_p$$

其中 α_m 为机动车道单向通行能力折减系数。不同车道数目的折减系数见下表：

表 2：不同车道数目的折减系数

单向车道数	一车道	二车道	三车道	四车道
折减系数 α_m	1.0	1.85	2.64	3.25

影响通行能力不同因素的修正系数[4]为：

1) 道路条件影响通行能力的因素很多，一般考虑影响大的因素，其修正系数有：①车道宽度修正系数 γ_1 ；②侧向净空的修正系数 γ_2 ；③纵坡度修正系

数 γ_3 ； ④视距不足修正系数 γ_4 ； ⑤沿途条件修正系数 γ_5 ， 在我们所建立的模型中不考虑这些道路条件对于通行能力的影响

2) 交通条件的修正主要是指车辆的组成， 特别是混合交通情况下， 车辆类型众多， 大小不一， 占用道路面积不同, 性能不同， 速度不同， 相互干扰大， 严重地影响了道路的通行能力。 如当道路中有较多的摩托车电动车时， 车辆相互干扰太大， 会使得实际通行能力小于可能通行能力。记交通条件修正系数为 γ_6 ， 假定汽车在总车辆数目的百分比近似为 γ_6 的值。于是, 道路路段的可能通行能力为

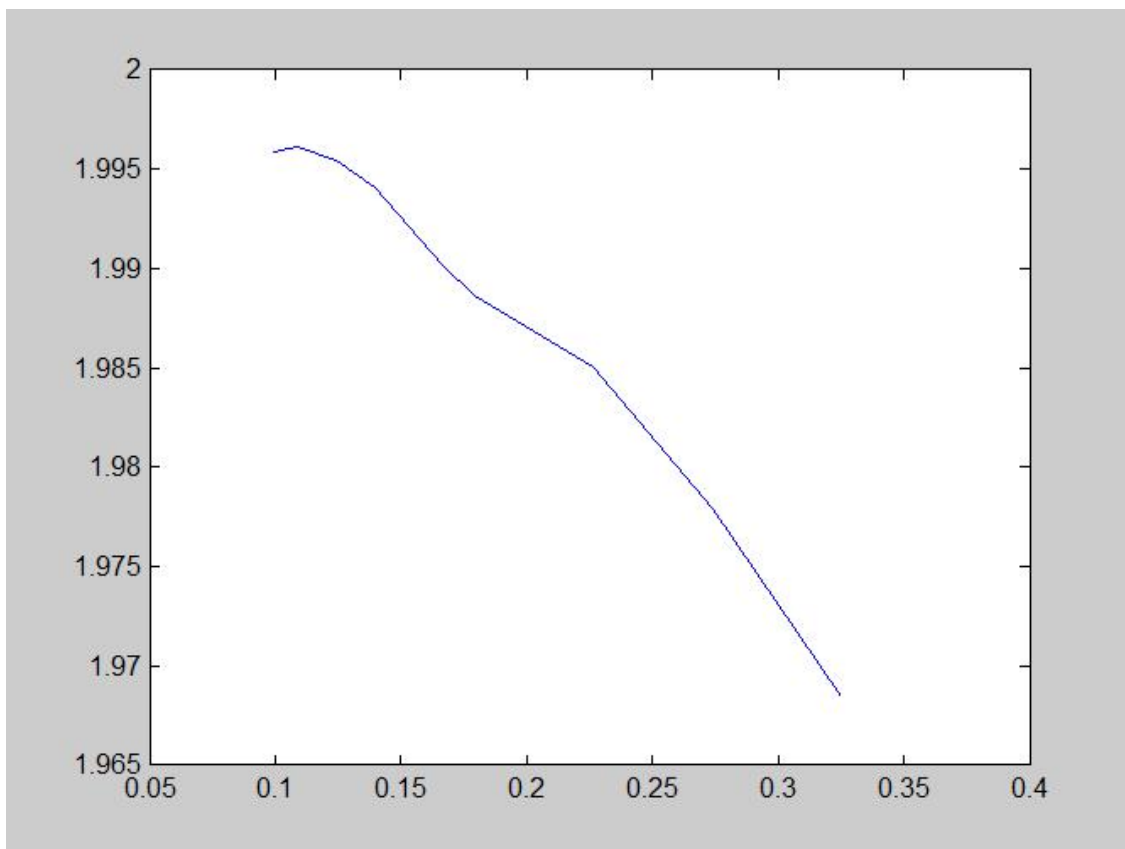
$$(pcu/h)C_L = \alpha_c \times \alpha_m \times \gamma_6 \times C_p$$

当道路车辆中的摩托车与电动车比例过高时， γ_6 数值减小， 造成实际通行能力的减小， 因此， 为了保证通行能力能满足交通需求， 必须限制道路上摩托车与电动车的出现， 即实行“禁摩限电”的措施是有必要的。

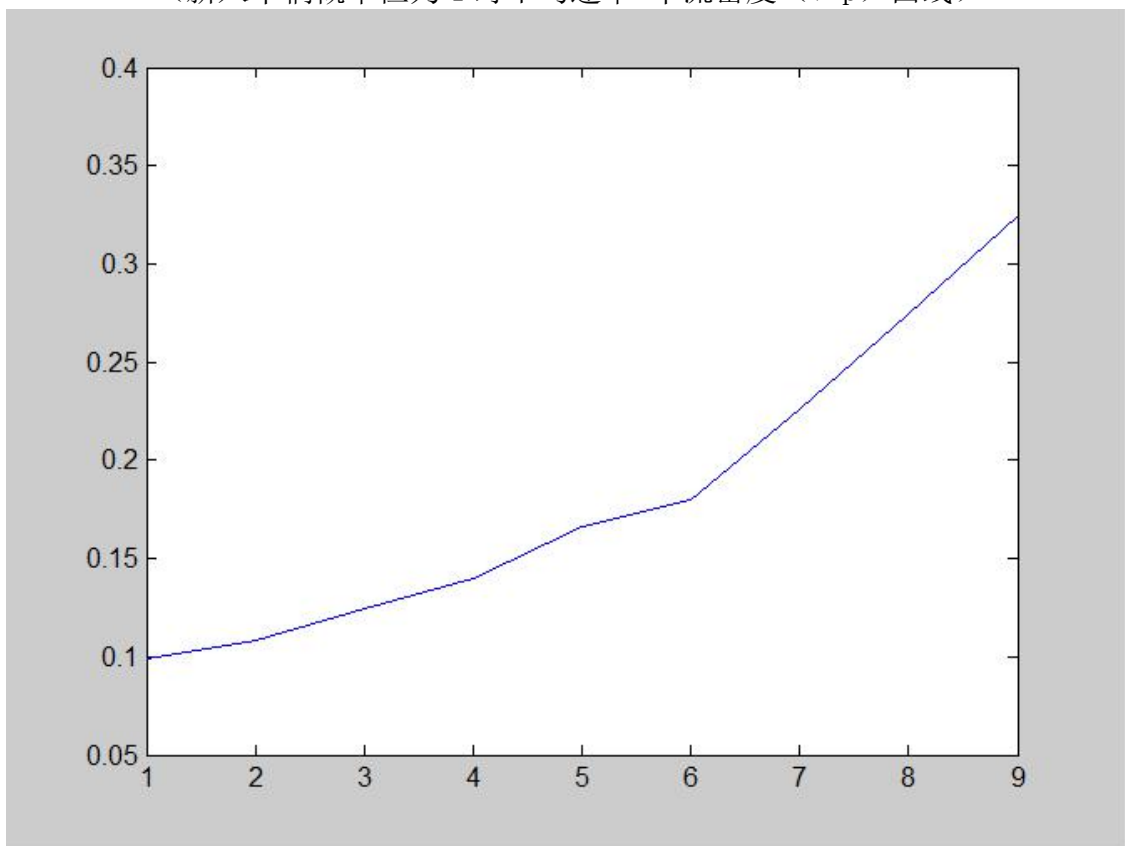
参考元胞自动机[3]， 编写模拟仿真双车道车辆行驶情况。其中由于数据缺失， 程序之中的车辆驶入概率假设在 0.5-2.5 之间变化， 车道长度设置为 100， 得出图形如下：



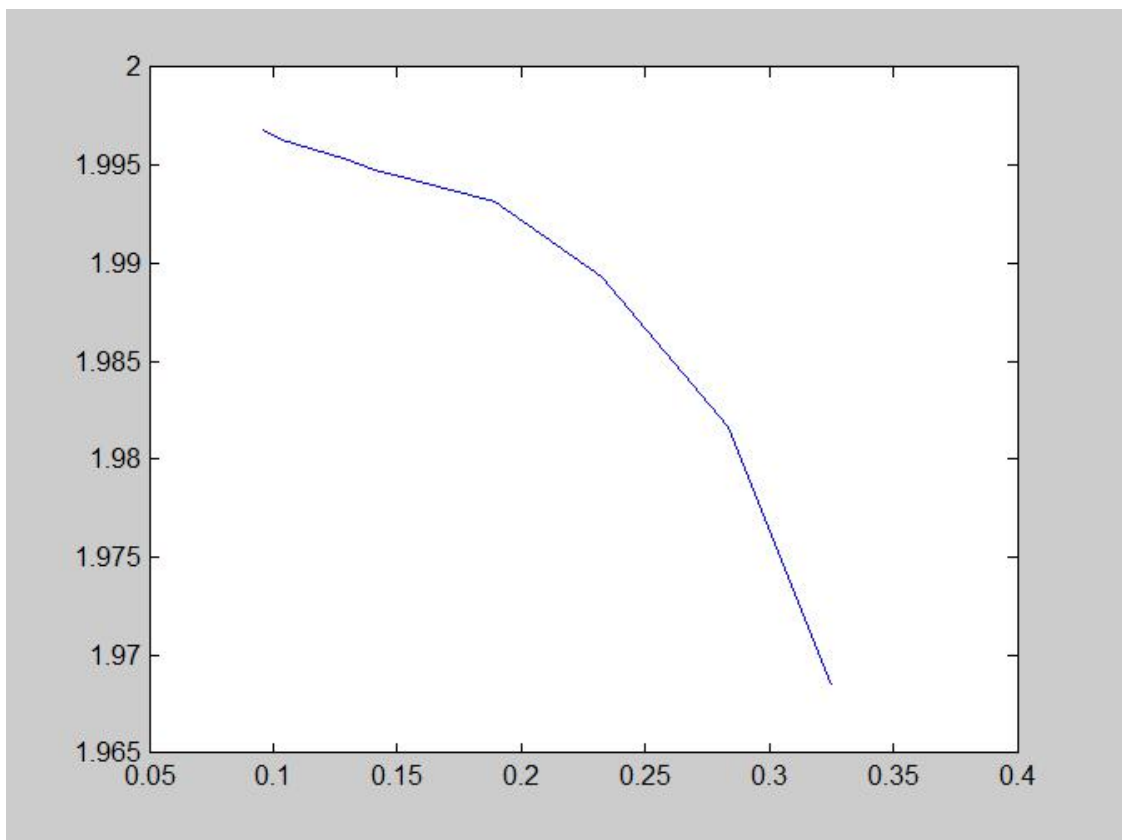
(元胞自动机车道模拟)



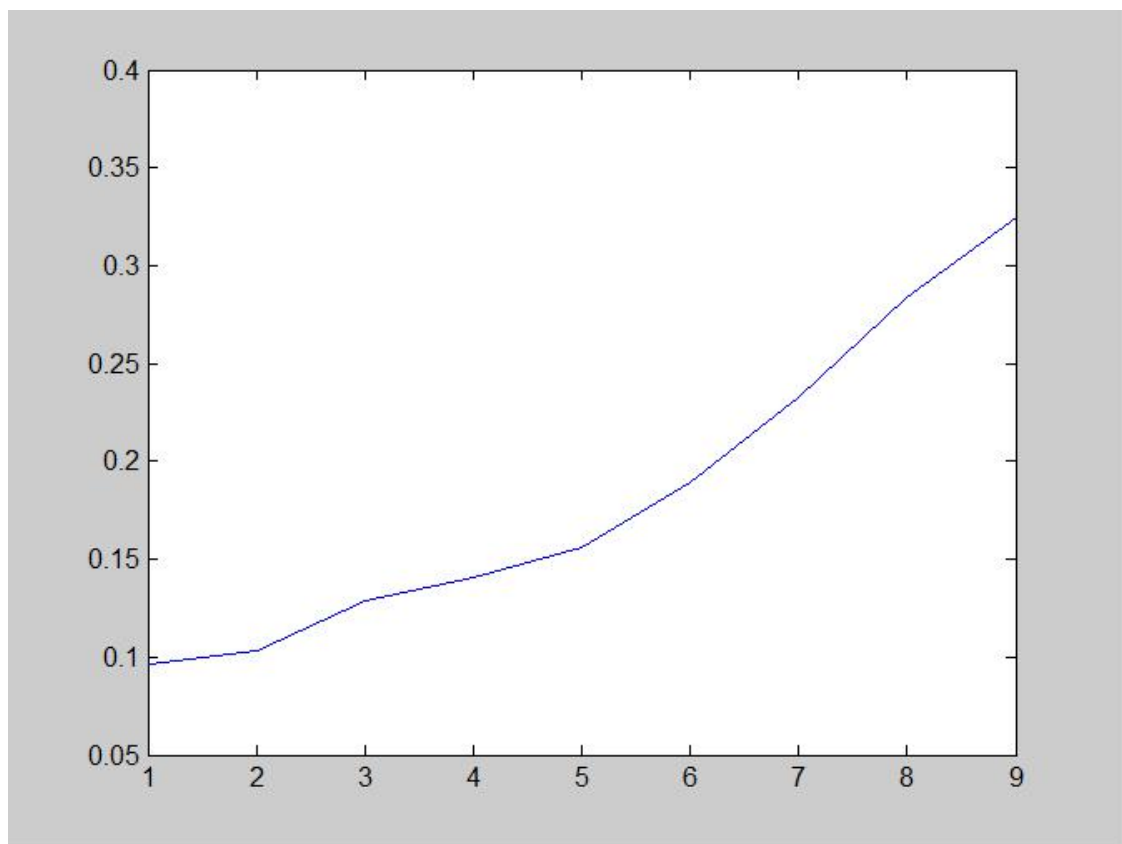
(新入车辆概率恒为 1 时平均速率-车流密度 (v - p) 曲线)



(新入车辆概率恒为 1 时车流密度 (p) 曲线)



(新入车辆概率变化时 (平均速率-车流密度 (v - p) 曲线)



(新入车辆概率变化时车流密度 (p) 曲线)

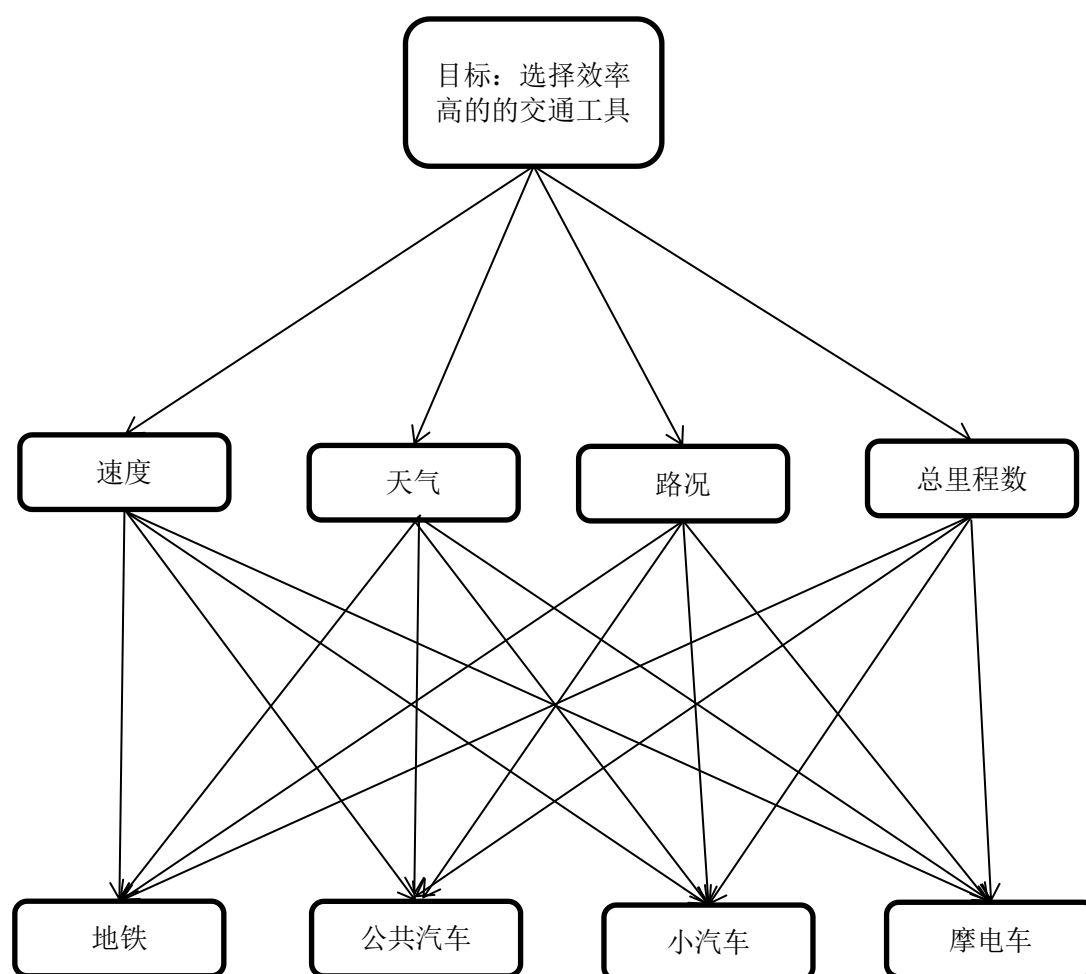
通过分析 MATLAB 绘制的图像，可知，（1）在总体交通承受能力（缺省）不变的情况下，当车辆驶入概率不变时，车流密度与平均速率呈负相关。由摩托车和电动车总体平均速度小于汽车平均速度可知，减少摩托车与电动车数量可以提高总车流平均速度，从而降低车流密度，减少车辆拥堵，加快车辆通行效率；（2）总体交通承受能力（缺省）不变的情况下，车辆驶入概率增大时，车辆自由通行速率下降，车辆拥堵概率明显上升，这说明随着现实中车辆总数的日益上升，很可能导致城市道路无法承受现有交通总量，出现普遍的交通拥堵状况，所以要减少摩托车电动车数量。另外摩托车和电动车，由于其本身灵活的特性，会大大增加道路上车辆驶入概率，且易发生事故，造成拥堵。禁摩限电政策有助减少交通总量，降低车辆驶入概率，减少道路不确定性，从而在不改变总体道路承载能力的情况下缓解交通拥堵问题。

2. 模型二的建立与求解

（1）各种交通工具的效率

我们需要对各种交通工具的效率进行评价，考虑到效率受交通工具速度、总里程数、交通工具年龄、天气、路况等许多因素影响，难以定量分析，故通过模糊层次分析法[5]来建立数学模型，即给出各个交通工具（地铁、公共汽车、小轿车、摩托车与电动三轮车）效率的排名，选择效率高的交通工具是层次分析法模型的目标层；准则层为影响交

通工具效率的因素，即速度、总里程数、天气、路况；该模型方案层为选择的交通工具。



建立层次分析模型后，我们就可以在各层元素中两两比较，构造出比较判断矩阵。

首先，考虑准则层的各因素对目标层的影响情形，我们记速度、天气、路况、总里程数分别为因素 1, 2, 3, 4。假定在影响效率的这些因素中，速度最为重要，路况次之，然后是天气，最后是总里程数，我们可以得到下面的判断矩阵

```
>> disp(A)
    1.0000    4.0000    2.0000    8.0000
    0.2500    1.0000    0.5000    2.0000
    0.5000    2.0000    1.0000    4.0000
    0.1250    0.5000    0.2500    1.0000
```

用特征根法可得上面的各个因素之间的相对权重。记矩阵最大特征值为 λ_{\max} ，其对应分量全为正的 eigenvector 即为 ω ，我们有

```
>> A=[1 4 2 8;0.25 1 0.5 2;0.5 2 1 4;0.125 0.5 0.25 1];
>> [V,D]=eig(A)

V =

-0.9823    0.8677   -0.0000   -0.0000
 0.0819    0.2169   -0.3430   -0.7067
 0.1637    0.4339    0.9372   -0.5173
 0.0409    0.1085   -0.0628    0.4827

D =

     0         0         0         0
     0    4.0000         0         0
     0         0         0         0
     0         0         0         0
```

则 V 的第一列对应特征值 4.000 为最大，他的四个分量分别是速度，天气，路况，总里程数的权重：0.8677，0.2169，0.4339，0.1085

一致性比率指标

随机一致性指标

n		2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI		0	0.5189	0.8638	1.0959	1.2550	1.3390	1.3954	1.4338	1.4901
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
RI	1.5118	1.5383	1.5550	1.5808	1.5848	1.5958	1.6044	1.6103	1.6251	1.6244
n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
RI	1.6344	1.6426	1.6459	1.6444	1.6543	1.6606	1.6624	1.6659	1.6715	1.6720

CI 为一致性指标，公式如下：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

RI 由表得出， $n = 4$ 时为 0.8638， $CI = 0$ 。

一致性比率指标 CR 定义为 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，得 $CR = 0 < 0.1$ ，该判断矩阵是可以接受的近似传递性矩阵。

效率比较

下面我们要根据模糊评价的方法，给地铁，公共汽车，小汽车，摩托，电动车五种交通工具的每一项影响因素打分，得下表：

	速度	天气	路况	总里程数
地铁	1	1	1	1
公共汽车	0.6	0.8	0.3	0.8
小汽车	0.9	0.6	0.5	0.9
摩托车和电动车	0.5	0.2	0.8	0.5

这样，我们可以得到四种不同的交通工具的效率打分如下：

$$\text{地铁} = 0.8677 \times 1 + 0.2169 \times 1 + 0.4339 \times 1 + 0.1085 \times 1 = 1.627$$

$$\text{公共汽车} = 0.8677 \times 0.6 + 0.2169 \times 0.8 + 0.4339 \times 0.3 + 0.1085 \times 0.8 = 0.911$$

$$\text{小汽车} = 0.8677 \times 0.9 + 0.2169 \times 0.6 + 0.4339 \times 0.5 + 0.1085 \times 0.9 = 1.226$$

$$\text{摩托车和电动车} = 0.8677 \times 0.5 + 0.2169 \times 0.2 + 0.4339 \times 0.8 + 0.1085 \times 0.5 = 0.879$$

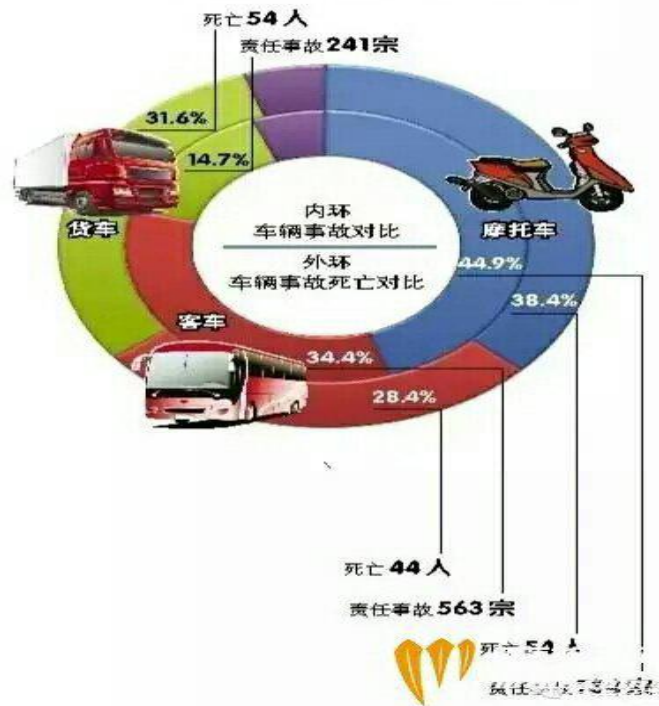
（2）各种交通工具的安全性

在对地铁，公共汽车，小汽车，摩托车，电动车这五种交通工具的安全性进行比较时，由于影响因素太复杂，不便于分析，所以不采用层次分析法。同时，由于交通工具的安全性可以通过交通事故的发生比率的统计分析，得到很直观的体现，因此我们通过对深圳市 2015 年交通事故总量中各种交通工具所占的比例的分析，得到不同交通工具的安全性能。

肇事车辆

4

超七成交通事故与摩托车有关



如上图某市交通事故总数量中各类交通工具所占的比例，其中摩托车所占的责任事故比例，以及死亡人数比例分别为 44.9%、38.4%，货车与客车中的小汽车占总比重的 40.3%，其它数值如下表。

在安全性能的评价方面，大致的用安全系数来表示，安全系数 S 的函数为

$$S = 1 - 2P$$

交通工具	地铁	公共汽车	小汽车	摩电车	其它
百分比 P (%)	0	10	40	40	10
安全性系数 S	1	0.8	0.2	0.2	0.8

各种交通工具对环境的影响

可采用碳排放值来衡量各种交通工具对安全对环境的影响。目前，计算碳排放值一般采用能耗折算的方法，即不同的能源使用具有不同的碳排放系数 K ，用公式表述为：

$$\text{交通}CO_2\text{排放量} = \sum_{i=1}^n K_i E_i$$

其中， E 为能源使用量值。根据国际标准，常见能源使用量与 CO_2 排放量之间折算系数见下表。

常见能源使用量与 CO_2 排放量之间折算系数

能源名称	计算单位	系数 K	折算成 CO_2 单位
电能	1kwh	0.86	kg
煤气	1m ³	0.36	kg
汽油	1L	2.31	kg
天然气	1m ³	2.165	kg
煤炭	1kg	1.974	kg

我们平时计算时，通常会从家庭的角度来考虑，一般采用“碳足迹”的计算公式。“碳足迹”来源于一个英语单词“Carbon Footprint”，是指一个人或团体的“碳耗用量”。“碳”就是煤炭、石油、木材等由碳元素构成的自然资源，碳消耗的最多，制造二氧化碳就越多，碳足迹就越大。因此，所谓的碳足迹就是指一个人或组织团体的能源消耗行为对自然产生的影响。“碳足迹”的计算如下表：

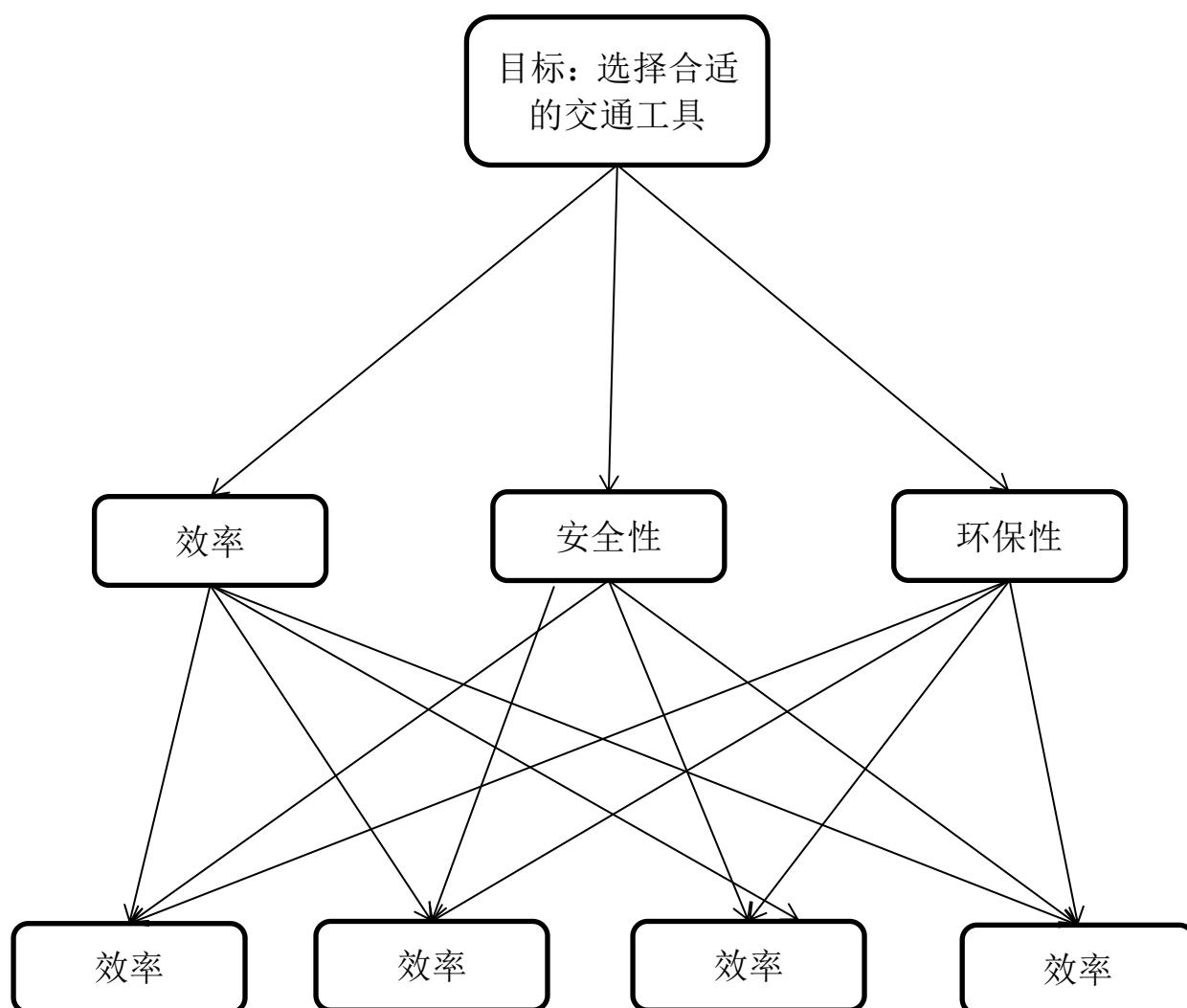
各种交通工具能源消耗比较

交通工具	每人每公里能耗	交通工具	每人每公里能耗
小汽车	8.1	地铁	0.5
摩托车	5.6	轻轨	0.45
公共汽车	1.0	有轨电车	0.4
无轨电车	0.8	自行车	0.0

合理的交通工具的选择

对于各个交通工具进行定量综合评价，仍旧通过层次分析法来建立数学模型，即给出各个交通工具（地铁、公共汽车、小轿车、摩托车和电动三轮车）总和指标的排

名，选择合适的交通工具是层次分析法模型的目标层；准则层为交通工具选择的三个指标，分别为效率、安全性以及环保性；该模型方案层为选择的不同种交通工具。



建立层次分析模型后，我们就可以在各层元素中两两比较，我们记效率、安全性、环保性分别为因素 1，2，3，假定在影响效率的这些因素中，安全性最为重要，环保性次之，最后是效率，构造出比较判断矩阵。

```
>> disp(A)
1.0000    0.3333    0.5000
3.0000    1.0000    2.0000
2.0000    0.5000    1.0000
```

用特征根法可得上面的各个因素之间的相对权重。记矩阵最大特征值为 λ_{\max} ，其对

应分量全为正的向量即为 ω ，我们有

```
>> A=[1 1/3 1/2;3 1 2;2 1/2 1];  
[V,D]=eig(A)  
  
V =  
  
    0.2565    -0.1282 - 0.2221i    -0.1282 + 0.2221i  
    0.8468     0.8468     0.8468  
    0.4660    -0.2330 + 0.4036i    -0.2330 - 0.4036i  
  
D =  
  
    3.0092         0         0  
         0    -0.0046 + 0.1663i         0  
         0         0    -0.0046 - 0.1663i
```

则 V 的第一列对应特征值 3.0092 为最大，他的四个分量分别是速度，天气，路况，总里程数的权重：0.2565、0.8468、0.4660。

CI 为一致性指标，公式如下：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}.$$

RI 由表得出， $n = 4$ 时为 0.5189， $CI = 0.0046$ 。

一致性比率指标 CR 定义为 $CR = \frac{CI}{RI}$ ，得 $CR = 0.00865 < 0.1$ ，该判断矩阵是可以接受的近似传递性矩阵。

下面我们要根据模糊评价的方法，给地铁，公共汽车，小汽车，摩托和电动车四种交通工具的每一项评价指标打分，得下表：

	效率	安全性	环保性
地铁	1.627	1	2
公共汽车	0.911	0.8	1
小汽车	1.226	0.2	0.123
摩托车与电动车	0.879	0.2	0.179

这样，我们可以得到四种不同的交通工具的效率打分如下：

$$\text{地铁} = 0.2565 \times 1.627 + 0.8468 \times 1 + 0.4660 \times 2 = 2.196$$

$$\text{公共汽车} = 0.2565 \times 0.911 + 0.8468 \times 0.8 + 0.4660 \times 1 = 1.377$$

$$\text{小汽车} = 0.2565 \times 1.226 + 0.8468 \times 0.2 + 0.4660 \times 0.123 = 0.541$$

$$\text{摩托车和电动车} = 0.2565 \times 0.879 + 0.8468 \times 0.2 + 0.4660 \times 0.179 = 0.478$$

利用以上借助 MATLAB 软件、层次性分析，进行数据处理后可以得出，摩托车和电动车的效率、安全性以及对环境的污染都不及地铁、公共汽车、小汽车，各项指标打分后排名均最后，所以禁摩限电政策有利于减少对摩电车的购买和使用，有利于提高交通运输的效率，有利于道路交通安全，有利于缓解环境污染，实现可持续发展。

另外，可以看出公共交通在效率、安全性以及污染方面均有很大的优势，值得推广。有助于减少非公共交通类的交通工具，让人们尽量选择公共交通出行，从而促进公共交通的发展。这也说明了禁摩限电政策的正确性。

六、可行方案

从上述模型以及求解结果可以看出，摩托车电动车数量过多会产生很大的交通压力，增大道路拥堵概率，亦会污染环境，造成道路安全问题。所以“禁摩限电”政策势在必行。但由于摩托车电动车在百姓生活中占据了很大的比重，对方便百姓出行产生了极大的益处，所以过于强硬的措施会对人们生活产生很大影响，进而引起很大的不满。我们建议对现有摩托车电动车采取强制上牌政策，便于统一管理，对超标车、报废车、危险车进行强制报废，保障交通安全。对于驾驶人统一进行再次培训，培养其道路安全意识，

养成良好交通习惯。随后对上牌合法车进行类似于单双号限行政策，并加快其报废进程，有梯度地、合理速率地减少道路上摩托车电动车数量。相对应的，应加大公共交通投入，增设公交、地铁线路，让老百姓真真切切地感知到公共交通的便捷，自觉减少摩电车的使用。总言之，以合理的力度控制摩电车数量，以大力气加快城市公共交通的建设进程，是解决摩托车电动车增加道路拥堵的最佳方式。

七、模型评价

- 1、对于元胞自动机仿真时，由于数据的缺乏，使用很多假设条件，可能与真实情况存在偏差。
- 2、在对交通工具效率的评价时，由于影响因素有多个采取层次分析法，虽然有效的解决了问题，对不同交通工具的效率进行了客观的评价，然而由于判断矩阵的主观性，存在一定的误差，若想使模型更准确更贴合实际，还需想办法进一步减少误差。
- 3、安全性评价时，在数据分析的基础上，建立安全系数函数，虽然，方法略微粗糙，安全系数函数的建立也过于简单误差偏大，但能创新性的提出这个概念，值得鼓励。
- 4、在问题的最后，基于效率，安全性，环保性的评价上，进一步的对各个交通工具的合适性进行了评比，虽然得出的结论能够很直观说明，摩托车与电动车在综合方面的合适性远低于公共交通，证明了“禁摩限电”的必要性，但是细节之处仍需仔细推敲，以将误差尽可能减小，更加切合实际。

八、参考文献

1. U491 茹红蕾 城市道路通行能力的影响因素研究
2. 单车道、多车道和交叉口的通行能力的计算
<http://wenku.baidu.com/view/6e02a67b31b765ce05081410.html>
3. 元胞自动机 matlab 环境下对交通流问题的仿真 数学建模
<http://www.doc88.com/p-0022028058531.html>

4. 道路通行能力的计算方法 陈雷

<http://wenku.baidu.com/view/b5e3ee34a32d7375a41780c1.html>

5. 《数学建模讲义》 梁进 陈雄达 张华隆 项家梁 上海科学技术出版社

七、附录

定义函数

```
function [ v d p ] = multi_driveway( nl,nc,fp,dt,nt )
% 在某一特定车流密度下的（车流密度由 fp 决定）单、双车道仿真模型
% nc:车道数目（1 或 2），nl:车道长度——输入参数
% v:平均速度，d:换道次数（1000 次）p:车流密度——输出参数
% dt:仿真步长时间，nt:仿真步长数目——输入参数
% fp:车道入口处新进入车辆的概率——输入参数
% test:
% nl = 400;fp = 0.5;
% nc = 2;dt=0.01;nt=500;
%构造元胞矩阵
B=ones(2*nc+1,nl+2);
%奇数行为不可行车道
B(1:2:(2*nc+1),:)=1.2;
%初始化仿真元胞状态（1 为无车，0 为有车）
bb=B(2:2:2*nc,:);bb(bb~=0)=1;B(2:2:2*nc,:)=bb;B(2:2:2*nc,end)=0;
%显示初始交通流图
figure(1);
H=imshow(B,[]);
set(gcf,'position',[241 132 560 420]);%241 132 560 420
set(gcf,'doublebuffer','on'); %241
title('cellular-automation to traffic modeling','color','b');
%初始化化存储元胞上车辆状态的矩阵
S(1:nc,nl) = 0;
```

```

Q(1:nc,1:2) = 0;
Acc(1:nc,1:(nl+2))=0;
%初始化换道频率、平均速度、车流密度相关变量
ad = 0;
av(1:nt) = 0;
ap(1:nt) = 0;
c = 1;
for n = 1:nt
    A=B(2:2:2*nc,:);
    %确定前 n-2 个车辆的状态
    S(:, :) = 0;
    S(A(:,1:end-2)==0&A(:,2:end-1)==1&A(:,3:end)==1)=2;%加速的车
    S(A(:,1:end-2)==0&A(:,2:end-1)==0)=3;%停车的车
    S(A(:,1:end-2)==0&A(:,2:end-1)==1&A(:,3:end)==0)=1;%减速行驶的车
    %确定最后 2 两个元胞的状态
    Q(:, :) = 0;
    Q(A(:,end-1)==0&A(:,end)==0) = 1;
    Q(A(:,end-1)==0&A(:,end)==1) = 2;
    Q(A(:,end-1)==1&A(:,end)==0) = 2;
    Q(:,end) = 1;
    %获得所有元胞上车辆的状态
    Acc = [ S Q ];
    %换路规则
    if(nc>1&&n>nl/2)
        %遍历每一个元胞
        for g = 1:length(Acc(1,:))
            %停车状态车辆如另一条路有 2 空位则换路
            if( Acc(1,g)==3&&Acc(2,g)==0&&Acc(2,g+1)==0)
                A(1,g)=1;
                A(2,g)=0;
                ad=ad+1;
            elseif( Acc(2,g)==3&&Acc(1,g)==0&&Acc(1,g+1)==0 )

```

```

        A(1,g)=0;
        A(2,g)=1;
        ad=ad+1;
        %均速行驶车辆如另一条路有 3 空位则换路
        elseif( Acc(1,g)==1&&Acc(2,g)==0&&Acc(2,g+1)==0&&Acc(2,g+1)==0 )
            A(1,g)=1;
            A(2,g)=0;
            ad =ad+1;
        elseif( Acc(2,g)==1&&Acc(1,g)==0&&Acc(1,g+1)==0&&Acc(1,g+1)==0 )
            A(1,g)=0;
            A(2,g)=1;
            ad=ad+1;
        end
    end
    %换路后重新设置元胞上的车辆状态
    S(:,1:end) = 0;
    S(A(:,1:end-2)==0&A(:,2:end-1)==1&A(:,3:end)==1)=2;%寻找加速的车
    S(A(:,1:end-2)==0&A(:,2:end-1)==0)=3;%寻找停车的车
    S(A(:,1:end-2)==0&A(:,2:end-1)==1&A(:,3:end)==0)=1;%寻找减速行驶的车
    %确定最后 2 两个元胞的状态
    Q(:,1:end) = 0;
    Q(A(:,end-1)==0&A(:,end)==0) = 1;%
    Q(A(:,end-1)==0&A(:,end)==1) = 2;
    Q(A(:,end-1)==1&A(:,end)==0) = 2;
    Q(:,end) = 1;
    %获得所有元胞状态
    Acc = [ S Q ];
end
%根据当前状态改变元胞位置
%匀速运行车辆向前走 1 格
A( Acc(:,1:end)==1 ) = 1;
A( [ zeros(nc,1) Acc(:,1:end-1)]==1 ) = 0;

```

```

%高速运行车辆向前走 2 格
A( Acc(:,1:end)==2) = 1;
A( [ zeros(nc,2) Acc(:,1:end-2)]==2) = 0;
%计算平均速度、换道频率、车流密度等参数
%获得运行中的车辆数目 N
matN = A<1;
N = sum(sum(matN));
%获得运行中的车辆速度之和 V
E = S((S==1)|(S==2));
V = sum(E);
%计算此时刻的车流密度并保存
ap(n) = N/( nc*(nl+2) );
%计算此时刻的平均速率并保存
if(N~=0&&nl>n/2)
    av(c) = V/N;
    c = c+1;
end
%在车道入口处随机引入新的车辆
A = [ round(fp*rand(nc,1))&A(1:nc,1) A(:,2:end)];
A(A~=0)=1;
%将新的车辆加入元胞矩阵中
B(2:2:2*nc,:)=A;
%显示交通流图
set(H,'CData',B);
%仿真步长
pause(dt);
end
%仿真结束，计算结果
d = ad;
p = mean(ap);
v = sum(av)/c;
end

```

初始化仿真参量

```
% 车流密度不变下的多车道仿真
% nc:车道数目, nl:车道长度
% v:平均速度, d:换道次数 (1000 次) p:车流密度
% dt:仿真步长时间, nt:仿真步长数目
% fp:车道入口处新进入车辆的概率
v = 0;p=0;d=1000;
nl = 100;nc = 2;
dt=0.01;nt=1000;
fp = 1;
[ v d p ] = multi_driveway( nl,nc,fp,dt,nt );
%绘制平均速率-车流密度 (v-p) 曲线
figure(2)
plot(pa,va);
%绘制车流密度的变化曲线
figure(3)
plot(pa);
% 车流密度变化时的单车道仿真程序
% nc:车道数目 (1 或 2) , nl:车道长度
% v:平均速度, d:换道次数 (1000 次) p:车流密度
% dt:仿真步长时间, nt:仿真步长数目
% fp:车道入口处新进入车辆的概率
v = 0;p=0;d=1000;
nl = 100;
nc = 2;dt=0.01;nt=1000;
n=1;
for fp = 2.5:-0.25:0.5
    [ v d p ] = multi_driveway( nl,nc,fp,dt,nt );
    va(n) = v;
    pa(n) = p;
    da(n) = d;
```

```
n=n+1;  
%绘制平均速率-车流密度（v-p）曲线  
figure(4)  
plot(pa,va);  
%绘制车流密度的变化曲线  
figure(5)  
plot(pa);  
end
```