

基于交通流理论的交叉口红绿灯最优配时模型

——以安宁区长新路与安宁东路的交叉口为例

摘要

随着城市化进程逐渐加快，直接导致我国机动车保有量急剧增加，城市交通拥堵等问题日益严重，而车辆增多导致道路横断面通行能力在单位时间内降低，从而影响整个路段的交通状况造成堵车。

本文基于交通流理论结合交通工程学理论的道路实际通行能力修正系数，建立道路实际通行能力模型。速度—密度函数线性回归模型使用 Stata 作出相应的曲线拟合图，并检验一定算法下与实际情况的相符程度，得到道路实际通行能力的一般函数，

$C = -0.023625K^2 + 8.9775K$ 为解决各方向在车流量不均匀时，可能出现车流量大的方向绿灯时间不足导致车辆阻塞或车流量小的方向绿灯时间内无车通行的问题。以兰州市安宁区长新路与安宁东路交叉口为例，建立交叉口红绿灯最优配时模型，对现有的红绿灯时间加以改进优化，有效地改善了高峰期交通拥堵状况。最后我们在检验分析后对模型进行了评价推广，希望此交叉口红绿灯最优配时模型能够在一定程度上缓解兰州市高峰期交通拥堵状况。

关键词：交通流理论；线性回归；实际通行能力；红绿灯最优配时

城市交通作为经济发展的重要通道和命脉，一直以来都是社会所关注的热点话题，随着我国城市化进程的逐渐加快，兰州的人流、车流、物流迅速增长，使得兰州的交通需求急剧增加，交通问题日益严重。而纵观兰州所处“两山夹一川”的河谷地形，主要道路以东西走向为主，^[1]南北道路无法拓宽，限制了城市的交通用地，造成了交通拥堵。本文将对兰州安宁区的交通状况进行调查研究，作为科教型的城区，安宁区主要以文化教育、高新产业等功能为主。人流车流相对集中，交通拥堵现象也比较严重。

一、交通流研究情况

交通流理论是从二十世纪三十年代开始发展起来的，最早的交通流理论基本上是借助概率论方法建立数学模型，用来计算交通流量和速度的关系。在本文主要采用了线性平衡速度-密度关系模型，即研究表示交通流特性的三个参数—流量、速度、密度的测量方法和分布特性及其三者之间的关系模型。

交通流的基本函数：

交通流是指在不考虑每辆车的运动规律的前提下，把车队看成连续的流体，也称为车流。假设车流是在无穷长公路上沿单向运动，不允许超车，也没有岔路。在公路上选定一个原点，记作 $x=0$ ，以车流方向作为 x 轴的正向，引入三个基本函数：

流量 $Q(x, t)$ ——时刻 t 单位时间内通过点 x 的车辆数；

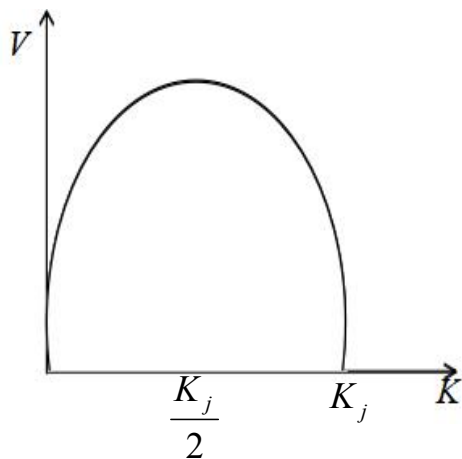
密度 $K(x, t)$ ——时刻 t 点 x 处单位长度内的车辆数；

速度 $V(x, t)$ ——时刻 t 通过点 x 的车流速度。

单位时间内通过的车辆数等于单位长度内的车辆数与车辆速度的乘积：

$$Q(x, t) = K(x, t) V(x, t)$$

由经验可知车流速度总是随着车流密度的增加而减少的。根据美国公路上的车辆统计，其曲线大致如图所示。



(1) 在 K 值较小时，随着 V 的增加，流量 Q 也增加，因为车辆流量也随着车辆数增加而增加。

(2) 当 $K > \frac{K_j}{2}$ 时，流量减少，因为车辆数太多时，流量会下降。

二、研究思路

交通密度对通行能力有影响，本文计划采用依赖于实际通行能力的车流量来合理配比绿灯时间，从而提高交通拥堵时的通行效率。

三、研究内容



借助高德地图的实时监测和采访路人，确定研究该条拥堵路段——长新路。

3.1 调查内容

综合考虑导致交通运行效率低下的各种原因，确定对兰州市长新路与安宁东路交叉口的以下内容进行基础资料的调查整理：

- (1) 交叉口形式：通常有 T 形、Y 形、十字形、X 形、环形等。
- (2) 交叉口渠化方式：包括各进出口车道数、车道功能划分、中央分隔带设置等。
- (3) 交叉口交通量：包括各方向的左、直、右方向的流量。
- (4) 交叉口控制方案：包括信号灯控制方式、信号周期时长等。

3.2 调查方式

采用视频录像法。分别于工作日的早高峰时段(7: 30--8: 00)，晚高峰(18: 00--18: 30)，对兰州市长新路与安宁东路交叉口进行视频录像，再观看视频进行人工计数。再结合人工测量完成调查，红绿灯最原始时间由现场勘测与记录如下表(选择了附表二的 10 组数据)：

各方向车流量情况 (表 1)										
早 7: 30--8: 00										
西--东	41.6	39.3	44	42.6	40.5	43.3	45.9	35.2	35.4	37.6
东--西	23.1	28.2	23.4	25.5	28.6	22.7	24.2	26.4	28.3	20.5
南--北	11.3	13.4	11.5	10.6	10.2	10.7	11.6	11.7	10.8	12.7
各方向车流量情况 (表 2)										
晚 18: 00--18: 30										
西--东	35.4	43.2	35.4	42.2	45.4	43.5	45.5	42.4	37.4	41.4
东--西	25.7	28.2	26.1	28.1	22.6	25.4	23.7	24	25.4	24.2
南--北	13.1	11.1	12.1	12.9	11.3	10	10	11.4	12.4	10.9

符号	含义
Q	道路车流量,单位: pcu /h
n	某瞬间在 L 上行驶的车辆数
N	换算后的车辆数
L	路段长度
K	车流密度, 单位是 pcu /km。
K_j	道路阻塞时的汽车密度
V	车辆通行时的速度, 单位 km/h
V_{\max}	道路通畅时的速度
f_j	换算系数, 单位 pcu
f_p	驾驶员对通行能力的修正系数, 取值范围 0.9-1.0
f_q	路段宽度的修正系数
C	实际通行能力
C_{\max}	最大实际通行能力
T	绿灯时间

四、红绿灯最优配时模型探究

本文需要的变量如表 3 所示, 因车流密度受时间的影响, 考虑到红绿灯对密度的影响, 记录车流量的周期为 60s。为了简化问题, 可以将视频中可观察到的车辆能分为非为了得到更多的数据, 取得较为准确的车流密度, 将观测车流密度的时间周期取为 60s。

车流密度 K 随时间变化的量, 车流密度 K 的计算公式为: $K = \frac{N}{L}$

为了后期研究,在实际计算中,我们对不同车型采用美国修正研究方法——当量法,即把不同车型的车流量换算为标准车的当量交通量。我们将视频中可观察到的车辆能分为3大类车型,非机动车、小汽车(小货运车)和大型客车(大型载货车),换算系数 f_j 分别是0.3、1.0和3.0。

$$N = \sum_{i=1}^n n_i f_j (j=1,2,3)$$

4.1 基于交通流理论对道路通行能力的探究

由交通流基本函数可知

$$Q = KV \tag{1}$$

1933年格林希尔兹提出单端式直线关系模型

$$V = V_{\max} \left(1 - \frac{K}{K_j}\right) \tag{2}$$

由(1)和(2)联立可得流量的表达式:

$$Q = KV_{\max} \left(1 - \frac{K}{K_j}\right) \tag{3}$$

对(3)求导令 $\frac{dQ}{dK} = 0$,可求得 $K = \frac{K_j}{2}$,平均速度为 $V = \frac{V_{\max}}{2}$,

将上式代入 $Q = KV$ 可得 $Q_{\max} = \frac{K_j V_{\max}}{4}$

结合交通流和交通工程学理论的道路实际通行能力修正系数,建立道路实际通行能力模型:

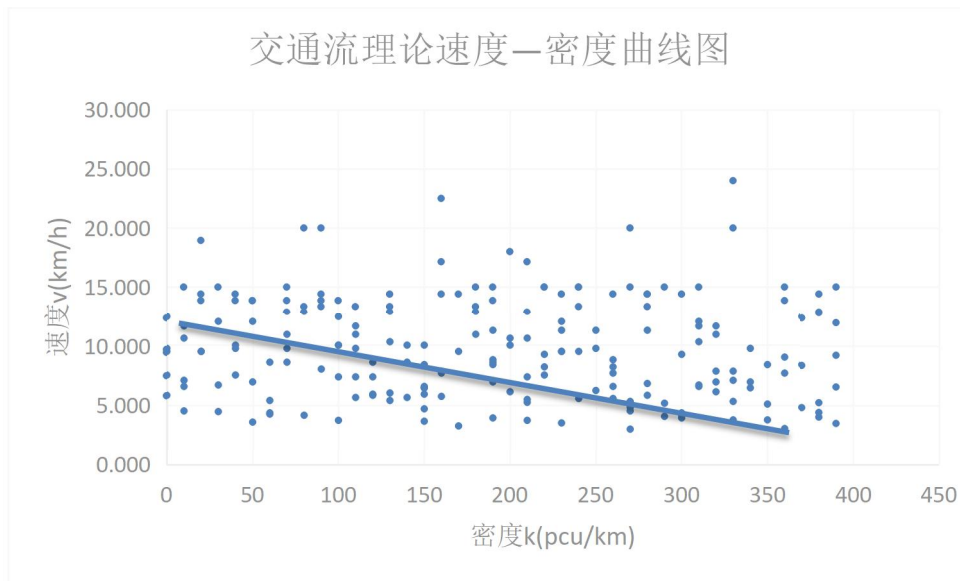
$$C = f_p f_q Q = f_p f_q K V_{\max} \left(1 - \frac{K}{K_j}\right)$$

$$C_{\max} = f_p f_q Q_{\max} = \frac{f_p f_q K_j V_{\max}}{4} \tag{3}$$

4.2 采用 Stata 软件对长新路的数据进行线性速度——密度函数进行拟合

设阻塞密度 K_j 为车辆处于时停时走的状态中,认为此时速度在理论上接近于0。

我们根据附件一:回归拟合数据,作出测得的速度—密度散点图如下:



根据对图像的初步观察，我们假设速度 V 与密度 K_j 之间存在线性相关关系，建立如下线性回归模型 $V = b_0 + b_1 K_j + \varepsilon_i$ ，其中 b_1 表示回归系数， K_j 是外生变量，为决策变量， ε_i 为不确定因素，称之为扰动项。

本模型所用数据来自附件一：回归拟合数据，利用 Stata 软件进行线性回归分析：首先，打开附表 1，并使用普通标准误对速度—密度函数线性回归模型进行 OLS 估计：

```
reg v k
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	200
Model	40.9217718	1	40.9217718	F(1, 198)	=	2.26
Residual	3577.66816	198	18.0690311	Prob > F	=	0.1339
Total	3618.58993	199	18.183869	R-squared	=	0.0113
				Adj R-squared	=	0.0063
				Root MSE	=	4.2508

	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
v					
k	-.0040119	.0026659	-1.50	0.134	-.009269 .0012453
_cons	10.51064	.5913933	17.77	0.000	9.344403 11.67688

其中，“_cons”表示常数项，“R-squared”显示拟合优度 $R^2=0.0113$ ，“Adj R-squared”显示校正拟合优度 $R^2=0.0063$ 。表上方的回归结果显示，残差平方和=3577.66816，方程的标准误差（Root MSE）为 $s=4.2508$ 。检验整个方程显著性的 F 统计量为 2.26，其对应的 p 值 (Prob>F) 为 0.1339，表明这个回归方程整体是比较显著的。然而，k 这个变量不显著，其 p 值 ($P>|t|$) 为 0.134。

其次，使用稳健标准误重新进行回归：

```
. reg v k,robust
```

```
Linear regression           Number of obs   =       200
                          F(1, 198)           =         2.29
                          Prob > F             =         0.1317
                          R-squared           =         0.0113
                          Root MSE        =         4.2508
```

v	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
k	-.0040119	.0026507	-1.51	0.132	-.0092391	.0012153
_cons	10.51064	.5606221	18.75	0.000	9.405084	11.6162

对比以上两个回归结果可知，使用选择项“robust”所得到的 OLS 回归系数完全相同，只是所得到的稳健标准误（Robust Std.Err.）与普通标准误（Std.Err.）不同。如果认为存在异方差，则应使用稳健标准误。在存在异方差的情况下，如果使用普通标准误，将得到偏差较大的真实标准误，从而导致不正确的统计推断。

在 Stata 中完成回归后，可使用如下命令进行 BP 检验：

```
. quietly reg v k
```

```
. estat hettest,iid
```

```
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: fitted values of v

chi2(1)      =       1.11
Prob > chi2  =       0.2929
```

```
. estat hettest,iid rhs
```

```
Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity
Ho: Constant variance
Variables: k

chi2(1)      =       1.11
Prob > chi2  =       0.2929
```

以上各种形式的 BP 检验的 p 值（Prob > chi2）在 5%的水平上都不显著，故接受同方差的原假设，认为不存在异方差。

在 Stata 中完成回归后，也可使用如下命令进行怀特检验：

```

. estat imtest,white

White's test for Ho: homoskedasticity
  against Ha: unrestricted heteroskedasticity

      chi2(2)      =      1.13
      Prob > chi2  =      0.5686

Cameron & Trivedi's decomposition of IM-test

```

Source	chi2	df	p
Heteroskedasticity	1.13	2	0.5686
Skewness	8.53	1	0.0035
Kurtosis	0.01	1	0.9365
Total	9.67	4	0.0465

检验结果显示，p 值（Prob > chi2）等于 0.5686，故接受同方差的原假设，认为不存在异方差。此结果与 BP 检验相同。

由上述信息我们可以知道建立的速度—密度函数线性回归模型是：

$$V = 10.51064 - 0.0040119 k_j + \varepsilon_i$$

对速度—密度函数线性回归模型的进一步分析：

利用 Stata 软件,使用普通标准误和稳健标准误进行回归 发现存在一个问题：整个方程显著性的 F 统计量为 2.26，其对应的 p 值(Prob>F)为 0.1339，表明这个回归方程整体是比较显著的。然而，k 这个变量不显著，其 p 值（P>|t|）为 0.134。所以我们推断至少存在两个变量相互干扰，即存在多重共线性。

其次，有时候在回归分析中，采用何种表达式只是一种猜测，该表达式是否满足还未可知，并且某些因子具有不可预测性，这些使得线性分析在某些情况下受到限制。并且，本模型附件一中的数据有 200 个，通过对这些数据的初步分析之后发现，有无效数据，不应该全部用来做回归分析。在上述模型的分析中，只考虑附件一中已有的因素速度 v、密度 k 的影响是不全面的，在实际情况中，速度应该与其他因素也有关系。

对于多重共线性，可以采取以下处理方法：

(1) 如果不关心具体的回归系数，而只关心整个方程预测被解释变量的能力，则通常可不必理会多重共线性(假设整个方程是显著的)。这是因为，多重共线性的主要后果是使得对单个变量的贡献估计不准，但所有变量的整体效应仍可较准确地估计。

(2) 如果关心具体的回归系数,但多重共线性并不影响所关心变量的显著性，则也可不必理会。即使在有方差膨胀的情况下，这些系数依然显著；如果没有多重共线性，

则只会更加显著。

(3) 如果多重共线性影响到所关心变量的显著性，则应设法进行处理。比如，增大样本容量，剔除导致严重共线性的变量，将变量标准化，或对模型设定进行修改。

事实上，解释变量之间的相关性是普遍存在的，在一定程度上也是允许的。因此，处理多重共线性最常见的方法就是“无为而治”（do nothing）。

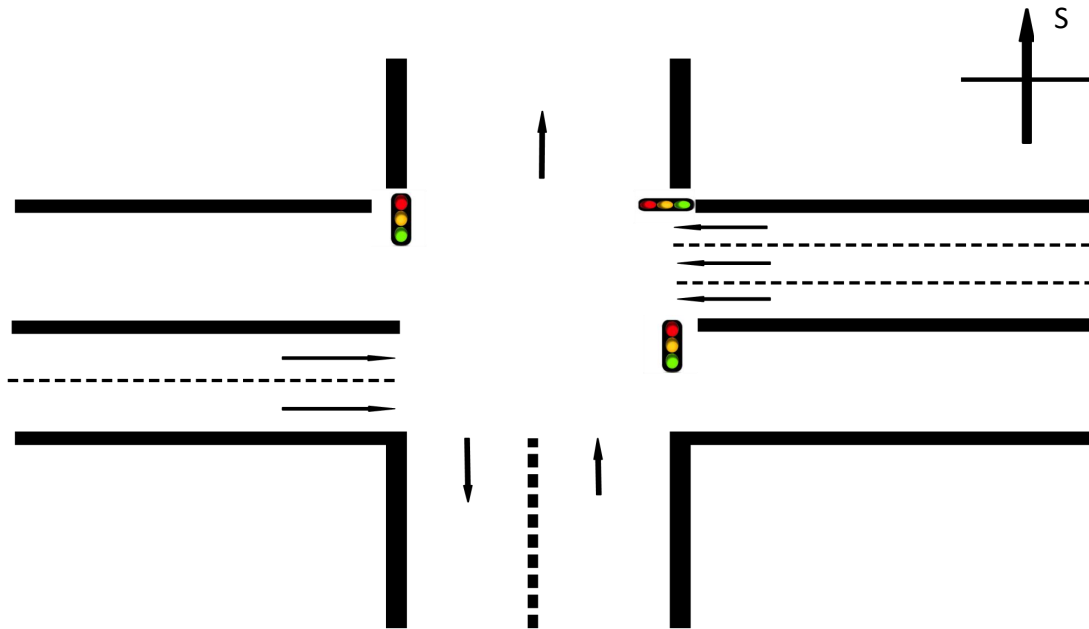
基于上式关于长新路的线性拟合得到， $V = 10.51064 - 0.0040119k_j + \varepsilon_i$

通过计算得到， $f_p = 0.95$, $f_q = 0.9$, $V_{\max} = 10.5$, $K_j = 380$

代入上式得到， $Q_{\max} = 997.5$, $C_{\max} = 852.8625$

则实际通行能力的一般函数 $C = -0.023625 K^2 + 8.9775 K$

4.3 关于红绿灯最优配时算法及模型

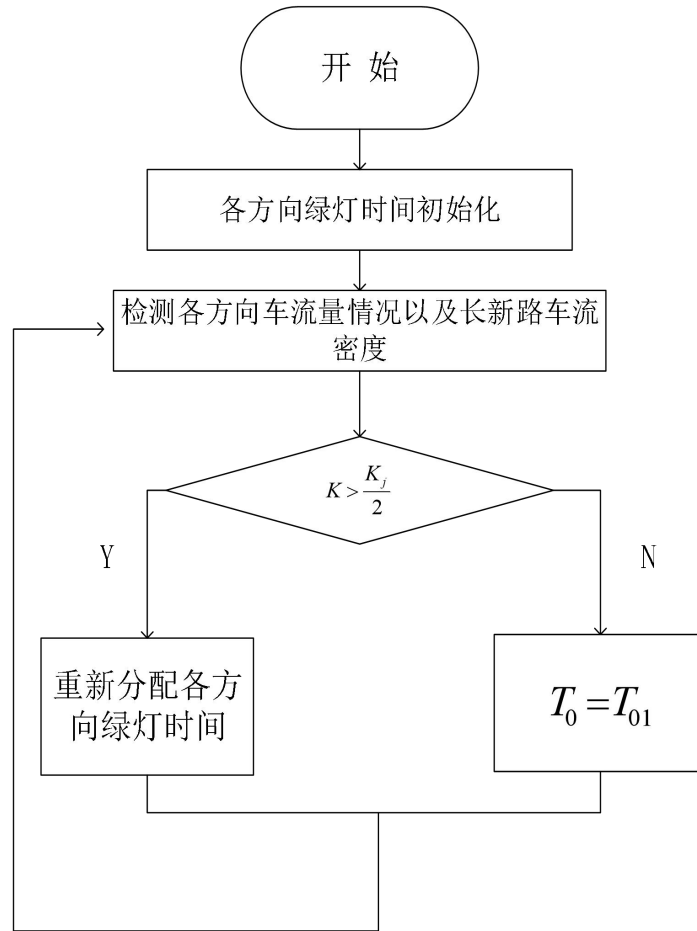


本文研究的是十字路口信号灯时间的分配，上图是根据长新和安宁东路交叉口的平面示意图。

此交叉口的由南向北的道路为单行道，只有右转的车辆和从长新路驶入的，车流量基本不受红绿灯控制；由于右转向也不受红绿灯限制，故可以将十字路口的交通流方向分为北南直行和北东左转、东西直行、西东直行。为了研究方便把北东左转看作是北南直行。 T_{01} 为南北方向（长新路）的绿灯时间， T_{02} 为东西方向绿灯时间，总的绿灯时间

$$T_0 = T_{01} + T_{02}$$

为解决单方向车流密度较大情况下所造成的交通拥堵，设计如下算法。^[4]



根据上面建立的道路实际通行模型，以及结合长新路与安宁东路实际情况，比如车道，初始红绿灯时间等，建立红绿灯最优配时模型。

q_{\max} 是长新路依赖于实际通行能力的最大车流量情况，即一段时间能通过最多车辆个数。 m_1 是从西到东的车流量， m_2 是从东到西的车流量， m_j 是从南到北（长新路）车流量。

$$T = \frac{q_{\max}}{\frac{\sum_{i=1}^2 m_i}{5} + m_j} \times T_0 \quad [5]$$

假设我们选取的数据都是车流密度 $K > \frac{K_j}{2}$ ，基于 $C_{\max} = f_p f_q Q_{\max} = \frac{f_p f_q K_j V_{\max}}{4}$

可计算得在一个 T_{01} 长新路内的依赖于 C_{\max} 最大车流量为 q_{\max} 为 14.2，在此情况对南到

北（长新路）方向绿灯最优时间进行推算。最优时间如表 4、表 5 所示：

东西合计流量	64.7	67.5	67.4	68.1	69.1	66	70.1	61.6	63.7	58.1
南北	11.3	13.4	11.5	10.6	10.2	10.7	11.6	11.7	10.8	12.7
绿灯最优时间	63.4	56.8	61.6	63.8	64.5	64.5	60.1	63.7	65.4	62.0

东西合计流量	61.1	71.4	61.5	70.3	68	68.9	69.2	66.4	62.8	65.6
南北	13.1	11.1	12.1	12.9	11.3	10	10	11.4	12.4	10.9
绿灯最优时间	60.1	60.9	62.6	56.9	61.9	65.2	65.0	62.3	61.2	64.1

五、模型推广与评价

5.1 模型的推广

智能交通系统(Intelligent Transportation System, 简称 ITS)是交通系统公认的发展方向,它是在地面交通管理系统的平台上,集成通讯技术、传感检测技术、控制技术和计算机技术于一体,且覆盖范围广、实时、高效的一种综合交通管理系统。ITS 通过利用现有交通设施,对现行的一部分交通管理方法进行改进,从而减小交通压力、减小交通管理成本、提高交通系统利用效率,因而越来越被城市管理者所重视、成为现代

城市文明发展的重要标志。

随着近年来我国经济的飞速发展，交通运输已成为人们日常生活中不可或缺的部分，这直接导致了我国机动车保有量急剧增加，城市交通拥堵等问题日益严重。智能交通灯控制系统作为现代城市智能交通系统的重要组成部分，能更好地利用现有的道路运输能力，改善交通状况，缓解交通压力，使得交通运输更加安全、舒适和高效。

根据交通工程学中的车流量公式和拥堵情况下的速度-密度线性公式，我们建立了交通流理论模型，推导出道路通行能力表达式。在推导出的公式的基础上，利用修正系数对实时路况中车道上非机动车辆和重型车辆对行驶的干扰做出修正，使计算出的通行能力更加接近于实际通行能力。通过优化模型，预测道路实际通行能力，从而优化红绿灯时间，舒缓车流，避免造成进一步的拥堵。

虽然智能交通灯难以独自解决城市交通存在的问题，但它能与智能交通系统的其他部分紧密配合，在调节交通流、提高道路利用率、改善交通拥堵等方面发挥重要作用。这也是智能交通灯成为当前应用最广泛的交通控制方式之一的重要原因。在模型的推广方面，可以进一步考虑加入上游路口交通信号灯的影响因素，思考如何设置交通信号灯的周期，减缓交通拥堵的状况。

5.2 模型的评价

5.2.1 模型的优点

(1) 在拟合速度-密度线性公式时，我们对数据进行了筛选，剔除了一部分无效的数据，提高了拟合的精确度。

(2) 利用修正系数对实时路况中车道上非机动车辆和重型车辆对行驶的干扰做出修正，使计算出的通行能力更加接近于实际通行能力。不同的车型对交通拥堵情况的影响不同，如公交车的出现会极大程度上加剧道路拥堵的情况。据此，我们提出不同车型分道行驶的原则，以减少交通拥堵的状况。

(3) 交通信号灯是目前应用最广泛的交通疏导方式，优化红绿灯时间在疏导交通方面有很好的效果。通过优化后的模型，解决了在各方向车流量不均匀时，出现车流量大的方向绿灯时间不足导致车辆阻塞、车流量小的方向绿灯时间内无车通行等问题。

(4) 通过优化后的模型计算最优的红绿灯时间，极大地提升道路通行能力，改善交通效率，在一定程度上改善交通环境，满足高低峰期不同的交通需求。

5.2.2 模型的缺点

(1) 为了简化研究，我们假设红灯等待下的每两辆相邻车之间的距离相同，并且在红绿灯变化时不考虑汽车启动的时间，这就具有一定的误差。

(2) 优化后的模型提出的红绿灯最优时间，只考虑了交叉口内机动车与非机动车的通行，并未考虑行人的通行，而且将研究模型中的车辆都理想化为非机动车、小汽车（小货运车）和大型客车（大型载货车）这三种标准车型，这些被忽略的因素还值得深入研究。

(3) 假设交通秩序良好，不存在闯红灯的情况，即忽略因车辆礼让行人而造成的时间和资源的浪费。根据实地监测可知，道路不同时期应该适用于不同的信号灯周期时长，所以信号灯周期需要一定的灵活性变化，以满足高低峰期不同的交通需求。

六、建议

6.1 优化交通设施配置

6.1.1. 红绿灯感应控制

感应信号控制是通过车辆检测器测定到达进口道的交通需求，使各相位信号显示时间与检测的交通需求相适应的一种交通信号控制方式。

在因各方向在车流量不均匀时，可能出现车流量大的方向绿灯时间不足导致车辆阻塞或车流量小的方向绿灯时间内无车通行所导致交通拥堵问题，可以通过红绿灯时间根据车流量情况下的实时变化，使得单位时间内交通效率最大化。

6.1.2. 交通标志的设置

交通标志的设置应清晰、合理。在城市的一些道路,尤其一些高速道路上,交通标志的设置不合理,容易导致堵塞或是车祸。在我国，一些城市中限速、单行、限时等标志设置位置不合理，甚至只设两头、不管中间，令岔路驶人车辆茫然的现象也时有发生，让不少司机怨声载道，无形中既增加了司机的违章成本,也添加了道路拥堵的因素。

6.2 建立港湾式停靠站

港湾式停靠站是市政道路在设计过程中，为不影响机动车道的通行能力服务水平，降低公共汽车停靠时对交通流影响，对道路进行改造的一种车道。这种先进站点至少有三大优势：公交泊车不堵道、乘客候车安全、司机实现规范驾驶。

建立公交车港湾式停靠站，可以减少因行人上下车所导致的时间资源消耗造成的交通拥堵现象。

6.3 加强交通管理宣传力度，提高公民交通意识

目前，我国对交通管理的宣传较为薄弱，公民还未培养出积极参与交通的意识，行人、非机动车、司机不遵守交通规则的情形随处可见。如行人不走人行横道线、不看红绿灯、不走斑马线；电动车、自行车不走自行车道，在道路中随意穿梭；驾驶员闯红灯、超速行使、轧双黄线、乱停乱放，尤其堵车时在左边则超过道路中心线往前挤，在右边

则通过自行车道绕行等行为均会导致城市正常的交通秩序被打乱，交通堵塞加重。因此提高行人的交通意识，加强对路口志愿者文明督导服务意识的培训就显得尤为重要。

七、总结

随着世界经济的发展，城市规模不断扩大，人口不断增加，交通拥堵已经是一个世界难题，兰州市作为甘肃的政治、经济、文化中心，长期以来的发展都受到交通的限制。因此，对于解决兰州交通拥堵问题的研究是很有价值的，希望通过优化红绿灯时长进而使兰州交通绩效最大化，能够为兰州的交通道路问题作出一份贡献。由于受到资源、条件的限制，本文还有许多不足之处，恳请各位老师批评指正！

参考文献:

- [1] 李文生.兰州城市交通拥堵问题及其对策研究.[D].天津.天津大学管理与经济学部.2013.5
- [2] 曹亚康, 刘立英, 王卫卫.城市快速路交通流速度-密度模型研究.[J].物流技术,2013,32(4):166-169.
- [3] 郑松竺, 徐雅琳, 李梦思.基于交通流理论的道路实际通行能力模型.[J].中国传媒大学学报自然科学版,2014,21(4):42-46.
- [4] 李茂军.单交叉口智能交通灯配时优化控制策略.[D].湖南.长沙理工大学.2015.4

附表一：

长新路一段距离内的车辆通过该距离的时间、车辆个数、车辆速度、以及相应该时刻的车流密度。

序号	s	t	n	v	k
1	100	69	38	5.217	380
2	100	28	18	12.857	180
3	100	69	21	5.217	210
4	100	30	23	12	230
5	100	43	35	8.372	350
6	100	97	10	3.711	100
7	100	52	34	6.923	340
8	100	28	13	12.857	130
9	100	37	34	9.73	340
10	100	25	28	14.4	280
11	100	49	12	7.347	120
12	100	42	12	8.571	120
13	100	68	33	5.294	330
14	100	58	25	6.207	250
15	100	18	27	20	270
16	100	32	19	11.25	190
17	100	26	19	13.846	190
18	100	30	3	12	30
19	100	30	5	12	50
20	100	27	13	13.333	130
21	100	92	19	3.913	190
22	100	34	20	10.588	200
23	100	38	2	9.474	20
24	100	47	26	7.66	260
25	100	83	6	4.337	60
26	100	37	7	9.73	70
27	100	24	22	15	220
28	100	48	22	7.5	220
29	100	36	10	10	100
30	100	87	30	4.138	300
31	100	30	39	12	390

32	100	97	21	3.711	210
33	100	29	37	12.414	370
34	100	47	36	7.66	360
35	100	26	9	13.846	90
36	100	66	21	5.455	210
37	100	62	28	5.806	280
38	100	29	0	12.414	0
39	100	24	24	15	240
40	100	55	1	6.545	10
41	100	32	25	11.25	250
42	100	18	9	20	90
43	100	37	4	9.73	40
44	100	80	27	4.5	270
45	100	36	10	10	100
46	100	43	19	8.372	190
47	100	24	7	15	70
48	100	103	23	3.495	230
49	100	25	2	14.4	20
50	100	26	4	13.846	40
51	100	25	30	14.4	300
52	100	65	26	5.538	260
53	100	24	22	15	220
54	100	42	6	8.571	60
55	100	51	33	7.059	330
56	100	26	7	13.846	70
57	100	36	20	10	200
58	100	25	23	14.4	230
59	100	31	11	11.613	110
60	100	37	25	9.73	250
61	100	37	11	9.73	110
62	100	24	1	15	10
63	100	75	37	4.8	370
64	100	25	9	14.4	90
65	100	27	9	13.333	90
66	100	52	32	6.923	320
67	100	38	23	9.474	230
68	100	36	14	10	140
69	100	85	6	4.235	60
70	100	101	5	3.564	50

71	100	36	15	10	150
72	100	51	1	7.059	10
73	100	46	16	7.826	160
74	100	24	24	15	240
75	100	48	4	7.5	40
76	100	119	36	3.025	360
77	100	55	15	6.545	150
78	100	54	3	6.667	30
79	100	89	29	4.045	290
80	100	39	30	9.231	300
81	100	55	39	6.545	390
82	100	60	13	6	130
83	100	33	32	10.909	320
84	100	39	39	9.231	390
85	100	36	4	10	40
86	100	68	27	5.294	270
87	100	65	24	5.538	240
88	100	63	16	5.714	160
89	100	59	20	6.102	200
90	100	92	30	3.913	300
91	100	25	17	14.4	170
92	100	81	3	4.444	30
93	100	56	15	6.429	150
94	100	111	17	3.243	170
95	100	49	21	7.347	210
96	100	38	23	9.474	230
97	100	52	5	6.923	50
98	100	33	11	10.909	110
99	100	25	38	14.4	380
100	100	24	18	15	180
101	100	38	24	9.474	240
102	100	28	8	12.857	80
103	100	49	11	7.347	110
104	100	25	16	14.4	160
105	100	53	28	6.792	280
106	100	43	15	8.372	150
107	100	67	6	5.373	60
108	100	27	28	13.333	280
109	100	64	11	5.625	110

110	100	28	21	12.857	210
111	100	46	33	7.826	330
112	100	24	29	15	290
113	100	34	21	10.588	210
114	100	42	7	8.571	70
115	100	26	36	13.846	360
116	100	77	15	4.675	150
117	100	15	33	24	330
118	100	46	32	7.826	320
119	100	64	14	5.625	140
120	100	55	26	6.545	260
121	100	21	21	17.143	210
122	100	32	28	11.25	280
123	100	16	16	22.5	160
124	100	35	31	10.286	310
125	100	31	31	11.613	310
126	100	26	10	13.846	100
127	100	25	26	14.4	260
128	100	38	0	9.474	0
129	100	33	18	10.909	180
130	100	24	31	15	310
131	100	48	0	7.5	0
132	100	56	15	6.429	150
133	100	33	7	10.909	70
134	100	37	0	9.73	0
135	100	18	8	20	80
136	100	45	9	8	90
137	100	71	35	5.07	350
138	100	67	13	5.373	130
139	100	104	39	3.462	390
140	100	59	32	6.102	320
141	100	24	19	15	190
142	100	29	10	12.414	100
143	100	87	8	4.138	80
144	100	121	27	2.975	270
145	100	38	2	9.474	20
146	100	34	1	10.588	10
147	100	90	38	4	380
148	100	80	1	4.5	10

149	100	39	22	9. 231	220
150	100	27	18	13. 333	180
151	100	42	19	8. 571	190
152	100	31	32	11. 613	320
153	100	44	26	8. 182	260
154	100	47	16	7. 66	160
155	100	75	27	4. 8	270
156	100	35	13	10. 286	130
157	100	41	19	8. 78	190
158	100	24	3	15	30
159	100	19	2	18. 947	20
160	100	40	36	9	360
161	100	18	33	20	330
162	100	55	31	6. 545	310
163	100	20	20	18	200
164	100	27	8	13. 333	80
165	100	41	26	8. 78	260
166	100	56	34	6. 429	340
167	100	24	36	15	360
168	100	24	39	15	390
169	100	38	17	9. 474	170
170	100	62	12	5. 806	120
171	100	21	16	17. 143	160
172	100	99	15	3. 636	150
173	100	25	13	14. 4	130
174	100	42	14	8. 571	140
175	100	70	29	5. 143	290
176	100	26	2	13. 846	20
177	100	26	5	13. 846	50
178	100	49	10	7. 347	100
179	100	44	22	8. 182	220
180	100	82	38	4. 39	380
181	100	27	11	13. 333	110
182	100	83	30	4. 337	300
183	100	28	7	12. 857	70
184	100	52	19	6. 923	190
185	100	96	33	3. 75	330
186	100	31	1	11. 613	10
187	100	27	24	13. 333	240

188	100	61	12	5.902	120
189	100	61	15	5.902	150
190	100	24	27	15	270
191	100	43	37	8.372	370
192	100	54	31	6.667	310
193	100	25	28	14.4	280
194	100	62	0	5.806	0
195	100	32	23	11.25	230
196	100	26	5	13.846	50
197	100	28	38	12.857	380
198	100	25	4	14.4	40
199	100	96	35	3.75	350
200	100	30	31	12	310

附表二：

早高峰时段(7:30--8:00)，晚高峰(18:00--18:30)，对兰州市安宁区长新路与安宁东路交叉口的视频录像进行人工计数。得到长新路与安定东路交叉口各方向在一个绿灯周期内的车辆个数，并利用修正系数得到修正后的车辆个数。

序数	7:30-8:00				18:00-18:30			
	大型客车	小汽车	非机动车	总计	大型客车	小汽车	非机动车	总计
1	2	19	0	24	0	24	0	24
2	0	23	5	24.5	1	18	6	22.3
3	1	12	1	14.8	3	22	1	29.8
4	5	27	0	39.5	0	21	3	21.9
5	1	13	5	17	1	20	4	23.7
6	2	14	1	19.3	0	15	5	16.5
7	5	17	1	29.8	2	26	2	31.6
8	3	17	1	24.8	4	21	3	31.9
9	0	14	4	15.2	5	22	3	35.4
10	3	26	5	35	3	21	6	30.3
11	4	19	0	29	1	23	3	26.4
12	2	25	6	31.8	1	21	3	24.4
13	2	30	2	35.6	1	16	0	18.5
14	4	23	0	33	5	12	2	25.1
15	3	19	0	26.5	2	28	4	34.2
16	3	18	0	25.5	0	23	3	23.9
17	5	19	4	32.7	4	27	4	38.2
18	2	24	6	30.8	0	25	4	26.2
19	2	16	1	21.3	3	20	1	27.8
20	0	28	1	28.3	4	26	0	36
21	3	28	1	35.8	0	19	5	20.5
22	1	18	4	21.7	4	22	4	33.2
23	0	20	3	20.9	4	22	1	32.3
24	4	20	5	31.5	4	23	4	34.2
25	5	29	4	42.7	0	28	1	28.3
26	2	25	3	30.9	0	13	3	13.9
27	3	14	2	22.1	0	24	6	25.8

28	3	16	5	25	3	19	4	27.7
29	0	21	3	21.9	2	19	3	24.9
30	1	19	1	21.8	1	18	3	21.4
31	2	16	5	22.5	5	19	0	31.5
32	4	24	0	34	1	20	1	22.8
33	5	12	3	25.4	2	13	0	18
34	2	17	2	22.6	3	19	5	28
35	0	25	2	25.6	2	14	3	19.9
36	0	13	6	14.8	1	21	2	24.1
37	0	13	5	14.5	5	24	4	37.7
38	3	21	0	28.5	2	27	1	32.3
39	4	26	2	36.6	0	20	6	21.8
40	1	22	0	24.5	4	15	0	25
41	0	25	2	25.6	3	21	0	28.5
42	0	17	5	18.5	2	28	6	34.8
43	5	16	4	29.7	3	21	3	29.4
44	1	29	0	31.5	2	22	0	27
45	4	27	5	38.5	4	14	1	24.3
46	2	28	3	33.9	3	26	1	33.8
47	1	15	2	18.1	5	24	4	37.7
48	3	16	2	24.1	5	18	6	32.3
49	2	15	4	21.2	2	23	0	28
50	0	27	2	27.6	2	24	0	29
51	0	29	4	30.2	5	27	0	39.5
52	4	30	0	40	3	14	1	21.8
53	5	21	4	34.7	2	24	3	29.9
54	2	16	6	22.8	3	22	1	29.8
55	1	30	6	34.3	2	13	6	19.8
56	5	25	3	38.4	0	17	4	18.2
57	4	25	1	35.3	0	14	3	14.9
58	2	18	6	24.8	4	13	3	23.9
59	1	14	4	17.7	2	16	1	21.3
60	5	17	5	31	2	12	1	17.3
61	0	15	2	15.6	5	14	5	28
62	1	18	4	21.7	1	12	1	14.8
63	2	26	2	31.6	3	16	0	23.5
64	5	20	4	33.7	5	26	0	38.5
65	5	27	5	41	5	19	4	32.7
66	5	24	6	38.3	3	19	0	26.5

67	2	18	5	24.5	5	16	3	29.4
68	0	22	5	23.5	4	23	5	34.5
69	5	25	3	38.4	1	22	1	24.8
70	2	19	2	24.6	5	18	4	31.7
71	1	23	5	27	1	19	0	21.5
72	2	21	0	26	5	16	4	29.7
73	4	23	5	34.5	5	16	1	28.8
74	0	23	2	23.6	2	24	1	29.3
75	2	14	1	19.3	5	25	0	37.5
76	1	26	5	30	1	22	4	25.7
77	3	16	6	25.3	3	19	3	27.4
78	2	17	1	22.3	5	19	1	31.8
79	5	15	6	29.3	3	28	2	36.1
80	4	16	0	26	2	27	2	32.6
81	4	12	4	23.2	4	27	6	38.8
82	3	18	2	26.1	0	17	1	17.3
83	4	25	1	35.3	2	28	4	34.2
84	1	12	6	16.3	3	18	0	25.5
85	4	21	5	32.5	4	25	6	36.8
86	3	12	1	19.8	3	28	2	36.1
87	3	17	5	26	2	17	6	23.8
88	2	16	0	21	2	26	3	31.9
89	0	13	6	14.8	2	22	1	27.3
90	4	18	1	28.3	2	21	2	26.6
91	4	25	2	35.6	1	19	1	21.8
92	0	20	5	21.5	4	17	4	28.2
93	1	23	0	25.5	1	24	2	27.1
94	2	25	0	30	4	12	5	23.5
95	5	27	1	39.8	1	13	3	16.4
96	4	29	2	39.6	0	12	1	12.3
97	4	14	3	24.9	1	25	4	28.7
98	4	17	3	27.9	4	26	6	37.8
99	5	19	2	32.1	2	28	6	34.8
100	0	23	5	24.5	0	28	1	28.3