

1 研究背景与问题重述

1.1 研究背景

随着经济的快速发展，城市机动车保有量持续上升，居民出行机不可挡。随着交通运输水平的提高，对交通运输的总需求不断增加。如今，主要城市道路日益拥挤被认为是世界上普遍的现象一个社会问题，它的出现使得城市的可持续发展轨迹与人民的日常生活和工作秩序发生了严重的质的变化。道路基础设施增长速度远不如机动车的增长速度快需求与交通供给不平衡，导致交通频繁拥堵，给城市交通形势带来了新的挑战 [2]。为了缓解交通拥堵造成的经济负增长和人们生活工作秩序的混乱，对交通状态进行评价是非常必要的。对于城市交通管理者来说，如何快速准确地发现交通拥堵，并根据拥堵程度采取有效的对策，对于缓解交通拥堵有着重要的作用。交通参与者可以根据交通状态信息选择更平坦的道路线路出行可以缓解路段拥挤的压力，达到减少交通拥堵的程度。

道路交叉口是车辆和行人聚集、转弯和疏散的场所，是交通的咽喉。因此，正确设计交叉口道路，合理组织、管理交叉口交通，是提高道路通行能力和保证交通安全的重要手段。从交通拥堵评价的相关研究来看，现有的评价方法主要集中在道路和路网的评价上，相关的评价指标主要包括交叉路口饱和度、平均停车延误、交叉口速度比、交通密度等状态指标 [3]。由于数据采集手段的限制，无法准确采集评价模型中的一些参数。虽然一些新的探测设备已经投入市场，但由于建设成本和探测效果的影响，国内城市还没有大规模安装。

1.2 问题重述

以上述背景为契机，题目提供了多功能电警数据（流量和车尾时距）。为了建立一个路口交通状态的评价模型，在题目已给的数据上进行数学建模，且需要回答以下两个问题：

- (1) 基于所提供的数据，和现有的评价指标建立一个能够评价路口交通状态的数学模型。
- (2) 基于所提供的数据和第一问的模型，建立数学模型用于路口信号灯配时方案的调优工作。

2 模型假设与符号说明

2.1 模型假设

- (1) 假设汽车在经过交叉路口后分别在四条道路的区间速度是均匀的；
- (2) 假设汽车在观山东路和长岭路交叉路口通过红绿灯的速度为最大限速 30 码；

2.2 符号说明

表 1: 符号说明

指标符号	符号说明	单位
Q	某一方向的车流驶入量	——
ν	平均车尾时距	s

3 数据预处理

3.1 交叉运行状态评价指标

根据城市道路交叉口的功能及交通特性，本文使用的交叉口评价指标包括：交通量、平均速度比、平均车尾时距。

3.1.1 交通量

交通量是指单位时间内通过道路某断面的交通流量（即单位时间通过道路某断面的车辆数目）。

本文数据为 3 月 2 号到 3 月 8 号贵阳长岭路与观山东路车尾一周的时序数据，根据每抓拍一次就代表有一辆车经过的原则，可以计算出每天各路口各车道的车量总数，即日交通流，见附件。

表 2: 3 月 2 号到 3 月 8 号各转向的车流量

转向/日期	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号
东向西左转 1	2935	2942	2949	3091	3003	2289	3168
向西左转 + 直行 2	2864	2870	2984	2671	2632	2276	2733
东向西直行 3	7333	7247	7541	7112	4333	1833	2268
东向西直行 4	6389	6509	6555	6217	3574	1569	2068
东向西右转 5	5286	5349	5637	5168	3458	1510	1798
西向东左转 1	1886	2171	2553	2350	2153	1802	2595
西向东左转 2	1971	2103	2210	2066	2103	1592	2355
西向东左转 3	4316	4488	4822	4627	4682	3687	4369
西向东直行 4	6569	6013	5852	5453	5205	4307	5382
西向东东直行 5	6880	6671	7767	7278	6863	6112	4760
西向东直行 6	4974	4752	5414	5083	4629	3885	3051
西向东右转 + 直行 7	3921	3587	4360	3529	3274	2951	2383
南向北左转 1	2022	1979	2030	1668	1445	1648	1911
南向北左转 2	2319	2234	2249	2014	1764	1894	2120
南向北左转 3	2184	2196	2358	1940	1749	1785	1911
南向北直行 4	2187	2396	3235	3045	2878	2316	3080
南向北直行 5	2186	2496	3117	3034	2770	2340	3196
南向北直行 6	1995	2323	2752	2711	2361	1929	2931
南向北直行 7	1791	2065	2487	2294	1895	1533	2598
南向北右转 + 直行 8	1218	1415	1790	1550	1308	1176	1770
南向北右转 9	5323	5739	7417	6565	5893	4569	6752
北向南左转 1	1517	1530	1469	1344	1254	1193	1335
北向南左转 2	1860	1887	1793	1786	1619	1523	1635
北向南左转 3	1989	2065	1871	1873	1723	1582	1785
北向南左转 + 直行 4	6165	6095	6349	5814	5769	5122	6931
北向南直行 5	7357	7589	7591	7193	7058	6363	8627
北向南直行 6	7018	7102	7177	6269	6242	5586	7524
北向南直行 7	899	961	814	769	684	631	785
北向南右转 + 直行 8	1155	1228	1036	1035	873	804	995
北向南右转 9	1132	1296	1044	1104	994	833	1045
总计	105641	107298	115223	106653	94188	76640	93861

由表 1 可知 3 月 4 号，即星期五的车流量最高，且北向南左转 + 直行 4、北向南直行 5、北向南直行 6、南向北右转 9、东向西直行 3 等路线的日交通流相对较大。分别达到了 6349、7591、7177、7417、7541 车次。

以 30 分钟为一个时间段，上北下南，左西右东为方向，将 30 个转向划分为向北驶入车辆、向西驶入车辆、向南驶入车辆、向东驶入驶入，则可以统计出 7 天内共 336 个时间段向北、向西、向南、向东这四个方向的汽车驶入量，记为 Q_{ij} ，其中 $i = 1, 2, 3, 4$ ，代表向北、向西、向南、向东驶入， $j = 1, , 336$ ，代表第 j 个时间段。各方向划分，见图 1

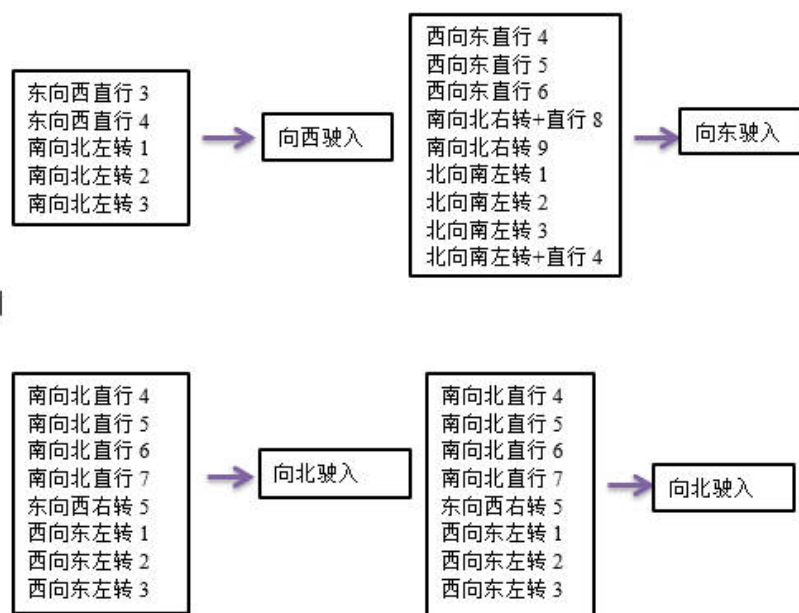


图 1: 划分准则

3.1.2 车尾时距

忽略车的长度，将当次抓拍时间与上一次抓拍相减得到的时间差等价于这两辆车的时间距。

根据上一节的划分，可以得到在各时间段内向北、向西、向南、向东驶入的数据，再计算出各时间段内向北、向西、向南、向东驶入的时间距总和，记为 T_{ij} ，其中 $i = 1, 2, 3, 4$ ，代表向北、向西、向南、向东驶入， $j=1, 2, \dots, 336$ ，代表第

j 个时段。根据公式 (1) 可得第 j 个时间段向 i 驶入的平均时间车尾时距 V_{ij}

$$V_{ij} = \frac{Q_{ij}}{T_{ij}} \quad i = 1, 2, 3, 4; j = 1, 336(1)$$

3.1.3 平均速度

查阅网上资料, 知道长岭路与观山东路交叉口到林城东路与长岭北路交叉口、山东路环形桥、长岭南路、观山东路的长度 $S_1 S_2 S_3 S_4$, 时间分别为: $T_1 T_2 T_3 T_4$, 且到该区段红绿灯的限速度为 30 码, 换算后 $v = 8.3m/s$ 根据公式 (1) 可得该交叉路口四个方向的区间平均速度 v_i 。

$$v_i = S_i/T_i \quad i = 1, 2, 3, 4(2)$$

根据以上陈述可得图 2

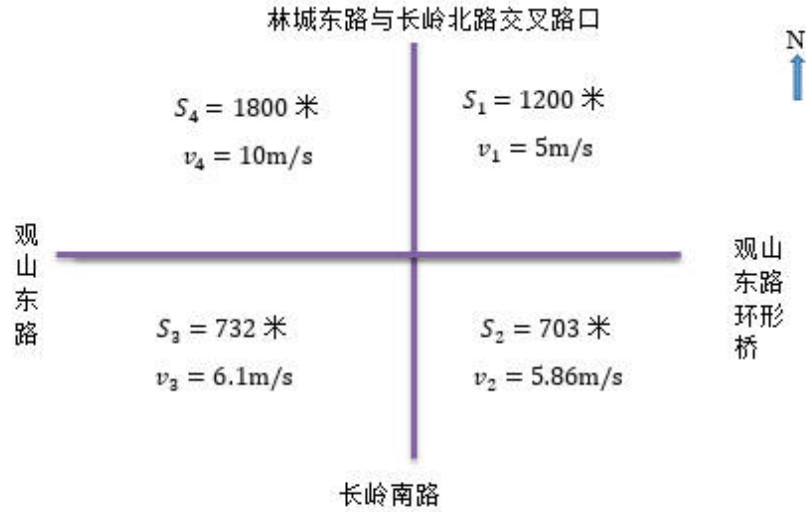


图 2: 区平均速度