

Analysis on Urban Traffic Congestion Based on Intersection Approach Road Congestion Index

Lin GU¹, Shun ZHANG², Yingnian ZUO, Ran XIE, Qifu HE, Guoli OU

School of Economics and Management, Beijing Jiao tong University, Beijing, China

Email: 07271065@bjtu.edu.cn, zsgowithme@163.com

Abstract: As China's urban traffic is growing, increasingly severe traffic congestion problems have constrained the city's healthy development. As a key node in urban transportation, road intersection should be given high attention. Point sample method is adopted to conduct field estimation on five districts and 15 Intersections of Beijing City, and congestion index for evaluating urban intersection service level is proposed in this paper. By analyzing the service level of intersections in Beijing, this paper also puts forward the necessity and methods of quantitative management for traffic operation: computer and communication technologies can be fully used to build real-time traffic running state evaluation system. The traffic management costs should be quantified and the traffic management allocation of resources be optimized.

Keywords: service level; point sample method; intersection; Beijing

基于平面交叉口拥堵指数的城市交通拥堵分析

谷 琳¹, 张 舜², 左迎年, 谢 然, 禾祺夫, 欧国立

北京交通大学经济管理学院, 北京, 中国, 100044

Email: 07271065@bjtu.edu.cn, zsgowithme@163.com

摘 要: 随着我国城市交通量的不断增长, 愈发严重的交通拥堵问题制约着城市的良性发展。作为城市交通运行的关键节点, 道路交叉口应当受到高度关注。采用点样本法, 对北京五大城区、15个平面交叉口进行了实地测量, 并提出了用于评价城市平面交叉口服务水平的拥堵指数。通过分析北京市平面交叉口的服务水平, 提出对交通运行状况进行量化管理的必要性与方法: 充分利用计算机与通信技术, 构建实时交通运行状态的评价体系。量化交通管理成本, 优化交通管理资源的配置。

关键词: 服务水平; 点样本法; 平面交叉口; 北京市

截至2009年底, 北京市机动车保有量突破了400万辆大关。若一辆机动车按平均长度4.5米计算, 22.5万辆即5.6%的车上路, 就会完全堵塞北京的二、三、四环路。机动车数量的持续、大幅度增加使得交通拥堵问题在北京、上海等特大城市更加突出, 这一严峻问题应当引起全社会的高度关注。

“点—线—面”式的传递过程是交通拥堵现象出现的一般模式。作为城市交通运行的关键节点——平面交叉口(后简称平交口)往往是交通拥堵形成的最初“点”。平面交叉口服务水平的高低更是与其所在路段、甚至整个路网的运行状况密切相关。在高速的城市化进程中, 北京市面临着日趋严峻的交通拥堵问题, 其交通拥堵成本居全国首位(福田指数, 2009)。因此, 对北京市平面交叉口进行长时间、大

规模的拥堵评价具有非常大的研究价值与现实意义。

本文通过对北京市5个区共计15个十字信号平面交叉口的实地交通调查, 使用点样本法提出了平面交叉口拥堵指数, 综合各路口的实际交通情况, 对各个交叉口的平均延误进行分析, 进而评估该交叉口的服务水平。最后, 本文分析了北京总体的交通情况, 为提高该交叉口服务水平和采取治理措施提供依据, 也为进一步评价北京市道路交叉口乃至整个城市道路网的运行效率和服务水平提供参考。

1 延误类型及测算方法

信号交叉口延误是由于交叉口处信号控制引起交通流间断而损失的车辆行驶时间(邵长桥等, 2002)。由于信号交叉口延误不仅能够反映道路使用

者通过平交口的滞留时间,也能反映出平交口信号配时的合理性及运行状态,因此成为了评价平交口服务水平的重要指标。

1.1 延误类型及测算方法

平均延误现今基本有三类计算方法。第一类为实地测量法,包括点样本法、间断航空测量法等(其测量结果仅为停车延误时间,不包括车辆加速与减速的延误时间)与牌照跟踪法、试验车法等(其测量结果包括了车辆加速与减速的延误时间)。第二类方法为模型法,美国通行能力手册(HCM2000)、稳态延误模型(米勒、阿克塞利克)、定数延误模型(梅,《交通流理论》)均提出过计算平均延误的相应公式。第三类为软件模拟法,根据国外商业化的交通流仿真软件(如Sim traffic)计算平均延误。

在我国现今的混合交通条件下,尚无统一的计算延误的公式,国外提出的模型在我国交通条件下的适用性尚待进一步检验。软件模拟法由于使用的是国外开发的商业软件,其建立的基础也是国外的基本交通状况,同时在使用中需要经过比较复杂的参数调整才能符合实际情况,因此调查小组在方法的选择上使用了实地测量法中的点样本法进行数据的收集工作。

1.2 点样本法

点样本法(人工计数法)由美国加利福尼亚大学伯克利分校于1954年提出的,各国都在广泛使用(房化成、李枫,2009)。其优点在于不需要专门仪器、容错性好、计算过程不受信号周期的约束等。但此方法也受到一些限制,如车辆、建筑物遮挡(视野限制),停车车辆数量过大精度难以保证等。

2 北京市十字平面交叉口实地测量情况

调查小组将点样本法应用于北京市5个区共计15个十字信号平面交叉口。为了数据能够基本体现平交口的从畅通到拥堵的全过程,调查小组以16时为测量起始时间,北京市的交通晚高峰(19时)为终止时间,每半小时进行5分钟的点样本法测量。以北京理工大学交叉口部分数据为例,有实测数据见表1。

将表1内数据根据点样本法的要求进行处理,可得出平均延误的结果,见表2。

Table 1. The point sample method's estimating result of Beijing Institute of Technology intersection from 16:30 to 17:00

表 1. 北京理工大学平交口 16:30 至 17:00 点样本法测量结果

进 口	起始测量 时间	各时刻进口引道内的车 辆数/s				停驶车 辆数	未停驶车 辆数
		0s	15s	30s	45s		
南 口	16:30	25	38	46	58	26	10
		6	8	9	5	31	17
		3	4	13	26	6	10
		36	5	5	8	45	22
		0	1	1	1	5	3
小 计 合 计		70	56	74	98	113	62
		298				175	

Table 2. The point sample method's estimating result of Beijing Institute of Technology intersection from 16:30 to 17:00

表 2. 北京理工大学 16:30-17:00 点样本法测量结果表

入口	总延误	每一停驶车辆延	入口引道车辆平
	(/辆.s)	误(/s)	均延误(/s)
南进口	4470	39.55752	25.54286

3 实地测量结果分析以及指数构成

调查小组将实测的北京市5个区15个平交口16:00至19:00的数据输入到SPSS统计分析软件中进行回归分析,利用SPSS软件线性回归中的逐步回归功能进行以确定应选择的变量。得出以下公式:

$$\begin{aligned} \text{平均延误时间}/s = & -0.175a+0.338b \\ & +0.134c+0.063d+1.264e+9.996 \end{aligned} \quad (1)$$

其中a为5分钟内通过停车线的车辆总数,b为5分钟内第15秒停车数量,c为绿灯时长,d为信号周期长,e为引道的车道数。此时公式的判定系数R square为84.5%。此公式的优势在于信号周期长、绿灯时长、车道数目均为固定数值,得到该引道的平均延误只需计算五分钟内通过停车线的车量数及第15秒时的停车数量总和。其在应用上更加简便,可操作性更强。调查小组认为其基本具备了较为快速和准确的计算平均延误的要求,因此提出了引道交叉口拥堵指数这一概念,旨在更加直观的判断平面交叉口引道的拥堵程度。

引道拥堵指数 =
$$\begin{cases} \frac{2}{5}a & 0 \leq a \leq 5 \\ 2 + \frac{a-5}{5} & 5 < a \leq 15 \\ 4 + \frac{a-15}{5} & 15 < a \leq 25 \\ 6 + \frac{2(a-25)}{15} & 25 < a \leq 40 \\ 8 + \frac{a-40}{10} & 40 < a \leq 60 \\ 10 & a > 60 \end{cases}$$

其中，a为计算出的平均延误时间。指数的拥堵程度分级来自于美国道路通行能力手册（HCM）。该指数越大，代表平面交叉口引道机动车的平均延误时间更长，也代表平交口引道内车辆拥堵程度更加严重。

4 北京平面交叉口实地测量结果

应用平面交叉口引道拥堵指数，对分布于海淀区、西城区、东城区、崇文区、宣武区等共11个交叉路口进行服务水平分析。实测北京市11个交叉口的位置如图1所示。

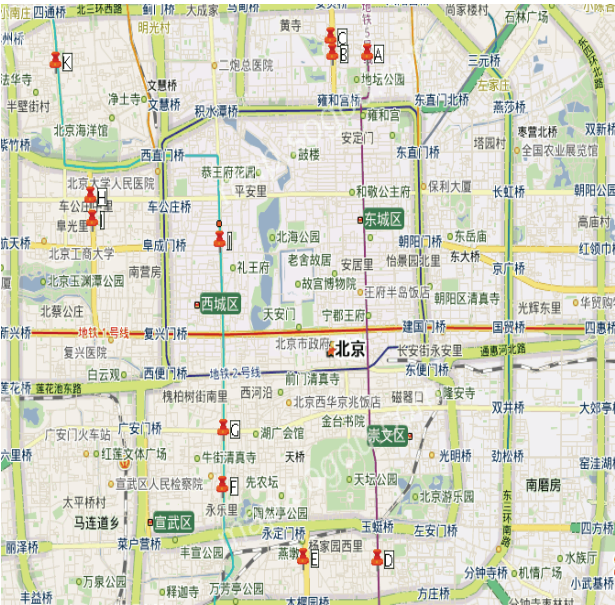


Figure 1. Intersection locations of field estimation (the red signals)

图 1. 测量平面交叉口位置（红色标记）

对11个交叉口的实测数据进行分析，见表3。

Table 3. Evaluation results of 11 individual Intersections of Beijing
表 3. 北京 11 个平面交叉口的评价结果

所	在	地点	加权平均延	总交	拥堵	服
标	城		误	通量	指数	务
记	区					水
						平
A	东城区	地铁四号线和平里北站 B 口	21.38461538	585	5.2	C
B	东城区	安定门外大街青年沟路	23.11627907	645	5.6	C
C	东城区	安定门外大街和平里大街	35.34059946	1101	7.3	D
D	崇文区	地铁蒲黄榆站	37.03866432	1138	7.6	D
E	崇文区	沙子口	46.69139	337	8.7	E
F	宣武区	地铁四号线陶然亭站	26.79878049	820	6.2	D
G	宣武区	地铁四号线菜市口站	69.19213974	1374	10	E
H	西城区	三里河车公庄大街路口	22.06766917	798	5.4	C
I	东城区	三里河路新范街路口	11.70088	341	3.3	B
J	西城区	西四站（地铁四号线）A 口	31.90789	228	6.8	D
K	海淀区	4 号线魏公村站	39.50284	1056	7.9	D

根据实测结果，测量交叉口的拥堵指数普遍高于 5，即高于中度拥堵。大部分交叉口的拥堵指数在 5 至 8 级之间，即位于中高度拥堵的区间范围内。

按照城区分类，得到城区平面交叉口拥堵指数，见表 4。

Table 4. Intersection approach road congestion index of 5 districts in Beijing**表 4. 城区平面交叉口拥堵指数**

所属城区	交叉口交通总量	加权平均延误	拥堵指数	服务水平
东城区	2672	27.64037	6.3	D
崇文区	1475	39.24407	7.9	D
宣武区	2194	53.34777	9.3	E
西城区	1026	24.25438	4.9	C
海淀区	1056	39.50284	6.9	D

根据实测结果,宣武区的拥堵情况最为严重,表现为非常不稳定的车流,道路使用者承担了不能忍受的延误水平。西城区的拥堵情况略好,表现为较为稳定的车流,道路使用者承担了可以接受的延误。其他城区平面交叉口的服务水平较为平均,处于较为拥堵的状态,表现为中度不稳定的车流,道路使用者承担了可以忍受的延误。

北京市整体交叉口拥堵指数为7.6,表现为接近不稳定车流,道路使用者承担了能够忍受的延误,见表5。

Table 5. Beijing congestion index of the overall intersection**表 5. 北京总体交叉口拥堵指数**

北京总体的加权总平均延误	北京总体的交叉口拥堵指数	服务水平
37.02363	7.6	D

4 结论

对交通运行进行量化管理十分必要。一方面,应当建立科学的交通运行评价体系,对实时路况进行观测、控制。另一方面,由于交通设施属于公共物品,由政府提供,更应当注重交通管理成本的量化以节约管理成本。

1) 对北京市11个平面交叉口进行了点样本法实测,计算出交叉口的拥堵指数及交叉口所在城区的整体拥堵指数。北京市总体交叉口拥堵指数为7.6,表现为接近不稳定的车流,道路使用者承担了能忍受的延误水平。利用统计学软件对实测数据进行回归分析,提出的平均延误计算公式能够较为快速、准确的计算延误水平。未来可以利用计算机技术与通信技术,实时计算出交叉口的服务水平,达到监测与及时控制的目的。

2) 在交通管理成本量化方面,公共物品由于具有非竞争性、非排他性的特点,市场机制失去效率,由政府提供公共物品以满足社会需求。然而,我国长期以来的行政体制将道路交通职能部门划分为多个条块分割、独立运作的行政单位,如规划局、交通局、公路局、环保局等。其根据自身的分工分别向社会生产供给单一、不同、完整的公共产品。政府多部门以及价格信号的低效配置导致管理成本过高,对交通管理成本进行量化能够达到优化交通管理资源的目的。

致 谢

在此笔者感谢北京交通大学经济管理学院欧国立教授的悉心指导,感谢北京交通大学朱超、王寅川、任印政、张凉、范俊杰等同学协助交通之星小组进行了两个多月不辞辛苦的调研与分析,感谢交通之星小组全体成员的不懈努力。

References (参考文献)

- [1] Transportation Research Board. Highway Capacity Manual, Special Report 209[R]. Washington. D.C: National Research Council.2000.
- [2] Fang Hua Cheng, Li Feng. Intersection Delay Analysis and Service Level Assessment [J]. Communication Science and Technology and Economics.2009:87-89.
房化成,李枫.平面交叉口延误分析与服务水平评估[J].交通科技与经济.2009:87-89.
- [3] Shao Shangqiao, Rong Jian, Ren Futian, Yang Zhenhai. Parking Delay, Approach Delay and Control Delay Relation Study [J]. Chinese Highway Journal.2002.10:90-93.
邵长桥,荣建,任福田,杨振海.停车延误,引道延误和控制延误关系研究[J].中国公路学报.2002.10:90-93.