

基于生存分析的城市道路交通 拥堵持续时间研究*

周映雪, 杨小宝, 环梅, 四兵锋

(北京交通大学 交通运输学院,北京 100044)

摘要: 根据北京市二环快速路的交通流数据,研究了城市道路交通拥堵持续时间的分布特性.采用生存分析方法,建立基于风险的交通拥堵持续时间模型,运用非参数方法对交通拥堵的持续时间进行估计,并对其时空分布规律进行了研究.结果表明二环各路段的拥堵持续时间 70% 在 4 min 以内,89% 在 12 min 之内;当拥堵持续时间超过 12 min 之后拥堵结束的可能性小于 10%.工作日比双休日更容易发生拥堵;早高峰比晚高峰更容易发生拥堵,且当拥堵发生的前提下早高峰的拥堵持续时间更长;内环比外环更容易发生拥堵,但外环的拥堵持续时间更长;二环的 4 个方向上,西二环最容易发生拥堵,北二环的拥堵持续时间最长.

关键词: 城市道路; 交通拥堵; 持续时间; 生存分析

中图分类号: U491 **文献标志码:** A

DOI: 10.3879/j.issn.1000-0887.2013.01.010

引 言

城市交通系统是承载人类活动的基本构件之一,是城市繁荣、有序和高速发展的主要支撑条件.然而,日益严重的城市交通问题大大影响了经济建设和社会发展的运行效率,给人们的生活和工作带来了极大的不便与损害.在我国,截止 2011 年底北京市机动车保有量已经接近 500 万辆,“首堵”严重影响着首都形象、阻碍经济发展和群众生活品质.美国 2010 年因交通拥堵而造成的出行者时间浪费高达 42×10^9 h,日本更是高达 53×10^9 h^[1].为此,城市交通问题已越来越受到人们的关注,国内外许多学者对交通拥堵的规律及其解决措施进行了大量深入研究.Chung, Sakakibara, Watanabe 等基于 BML 模型研究了城市交通网络中拥堵的形成与控制问题^[2-4].谈晓洁等提出拥堵在网络中的空间分布有点拥堵、线拥堵和面拥堵 3 种^[5].Maerivoet 和 Moor,贾斌等将道路交通流理论应用于捕捉激波、排队形成与消散、相变等行为的研究中^[6-7].Guo 和 Yang 研究了多用户 Pareto (帕累托)改进的拥挤收费策略和财政返还方案,证明了只有在基于费用的系统总阻抗减少的情况下才存在多用户 Pareto 改进返还方案^[8].Yang 等研究了未知需求和成本函数下的道路拥挤收费问题,提出了一种迭代的两阶段法,可以根据实

* 收稿日期: 2012-09-10; 修订日期: 2012-11-15

基金项目: 国家重点基础研究发展计划 973 资助项目(2012CB725400);国家自然科学基金资助项目(70901005;71071016;71131001)

作者简介: 周映雪(1990—),女,山东人,硕士(E-mail:11120872@bjtu.edu.cn);
杨小宝(1981—),男,江西人,副教授,博士(通讯作者. E-mail: yangxb@bjtu.edu.cn).

际路段流量和流量约束来调整步长,更新路段收费模式^[9]。此外张冠军和化存才也提出了缓解交通拥堵的不同方法^[10]。

现有的交通拥堵研究中,大多关注拥堵发生、形成和传播的规律以及拥挤收费等问题,很少关注拥堵的持续时间。另外,短期交通预测中一般分析的是流量、占有率和车速等参数,大多数模型无法准确预测交通边界条件下的参数,拥堵的持续时间作为交通预测中较重要的参数一直被忽略^[11]。出行线路中瓶颈路段或路口的拥堵持续时间对出行者的出行决策有着重要影响,出行者不仅关心哪条路段可能产生拥堵,还关心若拥堵发生后可能持续多长时间。因此,拥堵持续时间也应成为智能交通系统中交通预测的主要参数之一。据此,本文基于北京市二环快速路的交通流数据,基于生存分析理论给出了道路交通拥堵持续时间的估计方法,并分析了二环路交通拥堵持续时间的时空分布规律。

1 模型和方法

1.1 基于风险的拥堵持续时间模型

生存分析(survival analysis)也称之为风险模型或持续模型(hazard model/duration model),是一种根据实验或调查数据,对生物、人以及具有类似于生存规律的其它事物的生存时间进行分析和推断的统计方法^[12]。目前生存分析已广泛应用于生物统计、医学、金融和工业工程等多个领域,近年来也逐渐被运用到城市交通领域的研究中。比如用来研究交通事故的清理时间^[13-14],基于活动的出行行为^[15-16],机动车持有时间及报废时间^[17-18],城市道路混合交通行为^[19-20],航班的延误时间^[21],高速公路危险区域交通冲突发生的风险率^[22]等。

广义的生存时间指生物体存活的时间,或所关心的某种现象的持续时间。道路拥堵持续时间是指从交通拥堵现象产生开始,一直到拥堵结束为止的持续时间,属于广义生存时间范畴,可运用生存分析方法来对其进行研究。令 T 代表道路或断面的拥堵持续时间,它是一个非负的随机变量,令 $f(t)$ 表示 T 的概率密度函数, P 代表概率, T 的分布函数为

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x) dx. \quad (1)$$

生存函数 $S(t)$,也叫生存率,表示拥堵持续时间大于 t 的概率。它的表达式为

$$S(t) = P(T > t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(x) dx. \quad (2)$$

生存分析中, T 可以用危险率函数 $h(t)$ 来描述。危险率函数也叫条件生存率,它指拥堵在持续了 t 时间后没有结束,但在接下来的一段很小的时间 Δt 内结束的概率,可表示为

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{-d \ln S(t)}{dt}. \quad (3)$$

1.2 估计生存函数的非参数方法

估计生存函数的方法主要有参数方法和非参数方法两种。但当分布类型未知时,非参数方法的效率更高。由于当前并不知道拥堵持续时间服从何种参数分布,因此,本文运用非参数方法来估计拥堵持续时间的生存函数。乘积限方法是最常用的非参数估计方法^[12],以断面拥堵的持续时间为研究对象,假定共有 n 个拥堵持续时间样本,这些样本的拥堵持续时间共有 k ($k \leq n$) 个不同的取值,由于没有删失数据,直接将它们从小到大排序 $t_1 < t_2 < \dots < t_k$ 。令 d_j 为 t_j 这一单位时段内拥堵结束的样本数, n_j 为时刻 t_j 之前仍拥堵的样本数。生存函数 $S(t)$ 的乘积限估计可用下式表示:

$$S(t) = \prod_{t_j \leq t} \frac{n_j - d_j}{n_j}, \quad (4)$$

这里的 j 是满足不等式 $t_j \leq t$ 的任何值, 估计量 $S(t)$ 是由数项乘积构成, 乘积中的每一项 $(n_j - d_j)/n_j$ 为 t_j 时段的生存概率, 它指的是在时刻 t_j 之前拥堵没有结束的样本 (n_j 个) 中, 在 t_j 之后拥堵仍没有结束 ($(n_j - d_j)$ 个) 的比例。

1.3 比较多个生存分布的非参数方法

一般而言, 不同时间和空间的道路拥堵持续时间会有所差异。许多非参数检验方法都可以用来比较多个生存分布, 本文以应用广泛的 Cox-Mantel 方法来检验不同时空分布下拥堵持续时间生存函数分布的差异性。以比较两个不同断面的拥堵持续时间分布是否一致为例, 假设 1 和 2 表示不同的道路断面, x_1, x_2, \dots, x_{n_1} 是断面 1 的 n_1 个拥堵持续时间样本, y_1, y_2, \dots, y_{n_2} 是断面 2 的 n_2 个拥堵持续时间样本。假设断面 1 和断面 2 的观测值分别是来自生存函数为 $S_1(t)$ 和 $S_2(t)$ 的样本, 其原假设和备择假设分别是

$$H_0: S_1(t) = S_2(t) \quad (\text{断面 1 和断面 2 的分布一致});$$

$$H_1: S_1(t) \neq S_2(t) \quad (\text{断面 1 和断面 2 的分布不同}).$$

设 $t_{(1)} < \dots < t_{(k)}$ 是两组合在一起后不相同的死亡时间, $m_{(i)}$ 是死亡时间等于 $t_{(i)}$ 的个数即 $t_{(i)}$ 的重复次数。因此

$$\sum_{i=1}^k m_{(i)} = n_1 + n_2. \quad (5)$$

设 $R(t)$ 是时间 t 的风险集, 即死亡时间或删失时间至少是 t 的所有个体组成之集合。设 n_{1t} 和 n_{2t} 分别是 $R(t)$ 中对应于处理组 1 和处理组 2 的个体数。在 $R(t_{(i)})$ 中的个体数是 $r_{(i)} = n_{1t_{(i)}} + n_{2t_{(i)}}$, 令

$$U = n_2 - \sum_{i=1}^k m_{(i)} A_{(i)}, \quad (6)$$

$$I = \sum_{i=1}^k \frac{m_{(i)}(r_{(i)} - m_{(i)})}{r_{(i)} - 1} A_{(i)}(1 - A_{(i)}), \quad (7)$$

这里 $A_{(i)}$ 是 $R(t_{(i)})$ 中属于第 2 组的个体所占的比例, 令

$$C = U/\sqrt{I}. \quad (8)$$

可以证明 C 近似服从标准正态分布。因此若 $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$, 则拒绝原假设, 认为断面 1 和断面 2 的分布不一致, 两者有显著差异。

2 基础数据与样本提取

本研究的数据来源于北京市快速路交通流信息实时检测系统。该系统始建于 1999 年, 目前已覆盖二、三、四、五环路及 15 条快速路, 检测断面 520 个, 安装各类检测器 764 台。本文的基础数据取自于北京市二环路内外环各 67 个检测断面的数据, 时间为 2006 年 3 月 3 日到 2006 年 3 月 9 日共一周。基础数据包括断面号、日期、时间和车道号(分内环和外环), 以及每两分钟的流量、平均速度、占有率和长车流量等。

北京市交通委员会的城市交通拥堵评价指标体系根据路段的平均车速把交通拥堵状态分为 5 个等级, 其中平均车速小于或等于 15 km/h 的交通状况被定义为第 5 等级——严重拥堵状态^[23]。也可以说, 当小汽车速度低于自行车的正常速度时认为交通处于严重拥堵状态。本文根据这一指标体系来定义道路的交通拥堵发生与否, 当平均车速小于或等于 15 km/h 时认为

拥堵发生. 根据基础数据, 运用每车道的流量及其平均车速的加权平均可计算出二环各断面全天 24 h 每两分钟的平均车速. 把平均车速小于或等于 15 km/h 的两分钟定义为拥堵发生, 这样就会产生多个连续两分钟都拥堵的时间段. 每个连续拥堵(车速小于或等于 15 km/h)的时间段即为一个拥堵持续时间样本, 而每个连续拥堵时间段的时长即为样本的取值或拥堵的持续时间.

另外, 为了分析二环拥堵持续时间的时空分布规律, 把拥堵持续时间样本按照工作日和双休日、早晚高峰(工作日为 7:30—9:30 和 16:30—18:30, 双休日为 10:00—12:00 和 16:00—18:00)^[23]、内外环、东南西北 4 个方向等进行了划分.

3 实证分析

3.1 二环交通拥堵持续时间的总体分布

对二环各断面一周的基础数据进行处理, 得到 4 550 个拥堵持续时间样本, 平均每个断面每天拥堵 9.7 次. 样本的最小值即拥堵持续时间最短的为 2 min; 持续时间最长的为 242 min, 发生在积水潭桥东(外环)315 路公汽总站口的断面. 拥堵持续时间超过 60 min 的样本共 84 个, 占总样本 1.85%, 超过 30 min 的样本共 193 个, 占总样本的 4.24%, 说明二环各断面发生超长拥堵的总体概率很低. 但拥堵持续时间超过 60 min 的 84 个样本中有 15 个发生在复兴门桥北三角地绿地内、百盛楼下(内环), 有 12 个发生在朝阳门桥北 700 m(内环)出租车站牌前, 共占 32.14%, 可见这两个断面的拥堵状况最为严重.

运用第 1 节介绍的生存函数非参数估计方法, 可求出二环拥堵持续时间的生存函数及其危险率函数. 表 1 给出了样本值在 30 min 以内的二环拥堵持续时间生存函数和危险率函数的估计值, 图 1 则给出了生存函数和危险率函数随着拥堵持续时间的变化规律.

表 1 二环路交通拥堵持续时间的估计

Table 1 Estimation of traffic congestion duration for the second-ring road

congestion duration t_j	number of samples before t_j	number of samples end in t_j	$S(t)$	$h(t)$
	n_j	d_j		
2	4 549	2 372	1.000	0.353
4	2 174	819	0.478	0.232
6	1 355	398	0.298	0.172
8	957	216	0.211	0.127
10	741	164	0.127	0.166
12	577	95	0.106	0.109
14	482	75	0.090	0.101
16	407	59	0.077	0.093
18	348	34	0.069	0.057
20	314	33	0.056	0.069
22	281	25	0.052	0.056
24	256	21	0.048	0.051
26	235	19	0.043	0.051
28	216	20	0.040	0.059
30	196	16	0.037	0.050

由上述图表可知, 70% 的拥堵持续时间在 4 min 之内, 89% 的在 12 min 之内. 高峰时段平

均每个断面的平均车速为 42.13 km/h。另外,若拥堵持续时间在 12 min 之内时,拥堵结束的概率较大,当拥堵持续时间超过 12 min 后,拥堵在接下来的短时间内结束的可能性明显降低 (<10%)。此时的拥堵可能是由于事故等外部因素导致的。

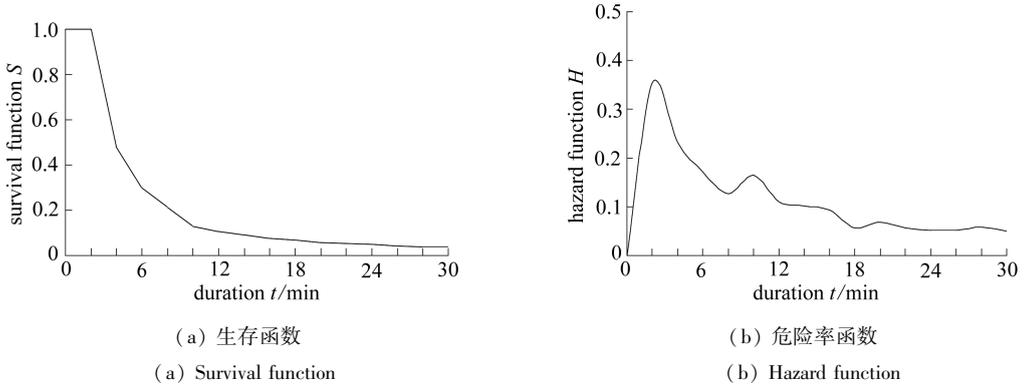


图1 二环交通拥堵持续时间的生存函数和危险率函数

Fig.1 Survival function and hazard function for traffic congestion duration on the second-ring road

3.2 二环交通拥堵持续时间的时空分布规律

工作日与双休日的拥堵状况存在一定差异。首先,从检测数据的统计可知,工作日比双休日拥堵的频率更高,工作日平均每个断面每天拥堵 9.59 次,而双休日为 2.90 次。其次,从图 2 可知当拥堵发生的前提下,工作日与双休日在拥堵持续时间上存在明显差异。当拥堵的持续时间超过 12 min 时,相同的生存率下工作日的拥堵持续时间比双休日更长(图 2(a)),工作日拥堵持续时间的风险函数在双休日之下(图 2(b))。这说明当发生由于事故等外部因素导致的长时间拥堵事件时,工作日的拥堵比双休日更难结束,其在短时间内结束的概率仅为 5% 左右。但当拥堵的持续时间小于 12 min 时,即发生由于内部系统导致的短时间拥堵事件时,工作日的拥堵比双休日的更容易结束。

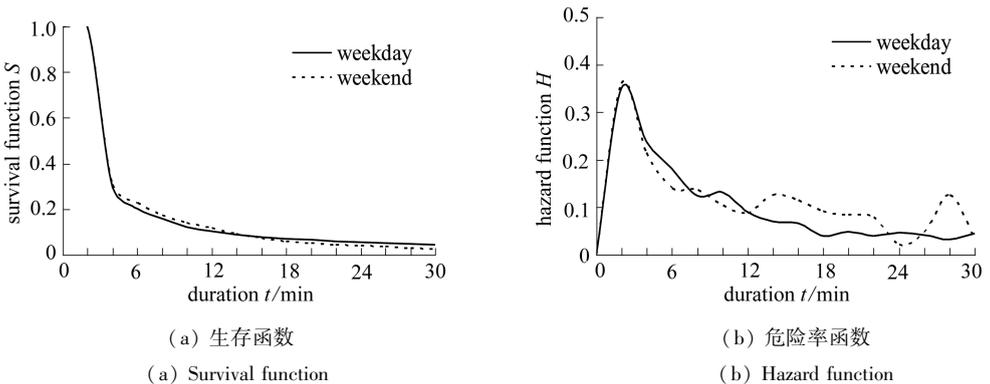


图2 工作日和周末拥堵持续时间的生存函数和危险率函数

Fig.2 Survival functions and hazard functions for traffic congestion duration on weekdays and weekends

早高峰与晚高峰的拥堵状况也有所差异。首先,早高峰的拥堵频率比晚高峰高,早高峰平均每个断面每天拥堵 2.31 次,而晚高峰为 1.20 次。其次,图 3 给出了当拥堵发生的前提下,早晚高峰在拥堵持续时间上的差异。从图 3(a)可知,相同的生存率下,早高峰的拥堵持续时间比晚高峰的更大。从图 3(b)可知,早高峰拥堵持续时间的危险率函数大多在晚高峰时之下,说明在相同持续时间下早高峰结束拥堵的可能性更小。总之,早高峰比晚高峰更容易发生拥堵;且

当拥堵发生的前提下,早高峰的拥堵持续时间更长,结束拥堵的可能性更小。

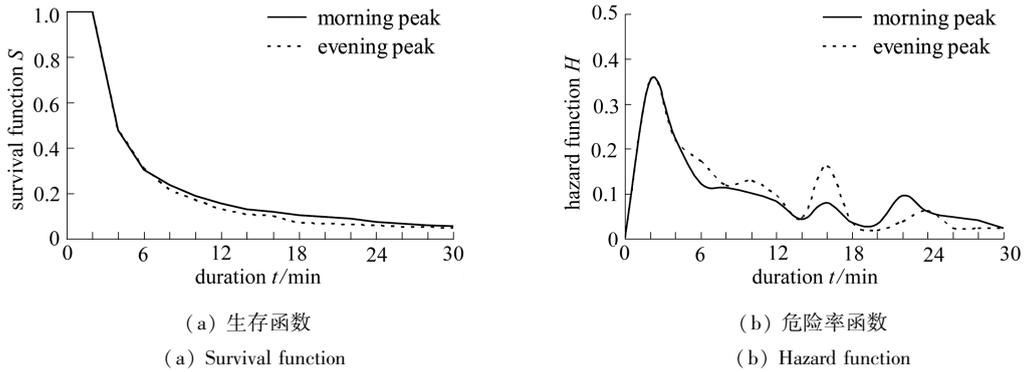


图3 早晚高峰期拥堵持续时间的生存函数和危险率函数

Fig. 3 Survival functions and hazard functions for traffic congestion duration at the morning and evening peak

内环与外环的拥堵状况也不尽相同。首先,内环的拥堵频率高于外环,内环平均每个断面每天拥堵 10.41 次,而外环仅为 2.08 次。其次,图 4 给出了当拥堵发生的前提下,内外环在拥堵持续时间上的差异。从图 4(a)可知,相同的生存率下,外环的拥堵持续时间比内环的更大。从图 4(b)可知,外环拥堵持续时间的危险率函数大多在内环之下,说明在相同持续时间下外环结束拥堵的可能性更小。另外,根据广义 Willcox 检验的 P 值(为 0.004),也可推断出内外环的拥堵持续时间存在显著差异。总之,内环比外环更容易发生拥堵;但当拥堵发生的前提下,外环的拥堵持续时间更长,结束拥堵的可能性更小。

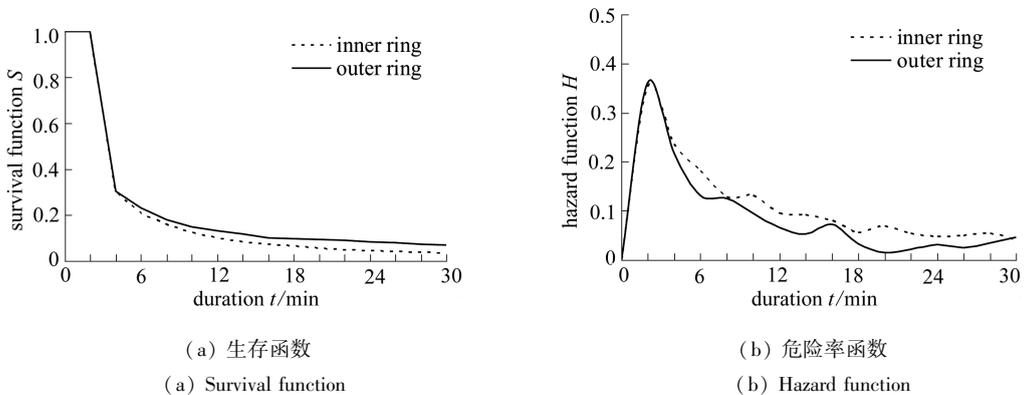


图4 内外环拥堵持续时间的生存函数和危险率函数

Fig. 4 Survival functions and hazard functions for traffic congestion duration on the outer ring and inner ring

二环东南西北 4 个方向上的拥堵状况各有不同。首先,从全天的拥堵频率上,西二环平均每个断面每天拥堵 6.97 次,明显高于其它 3 向平均每个断面每天的拥堵次数(东二环:3.35 次,南二环:0.16 次,北二环:2.02 次)。另外,图 5 给出了当拥堵发生的前提下,二环 4 个方向在拥堵持续时间上的差异。从图 5(a)可知,相同的生存率下,北二环的拥堵持续时间最大,其次是南二环和东二环,西二环的拥堵持续时间最小。从图 5(b)可知(拥堵持续时间在 0~6 min 时较为明显),西二环危险率最大,北二环的最小,说明在相同持续时间下西二环结束拥堵的可能性最大,北二环最小。另外,根据广义 Willcox 检验的 P 值(小于 0.001),也可推断出二环 4 个方向的拥堵持续时间存在显著差异。总之,二环的 4 个方向上,西二环比其它 3 向更容易发生拥堵;但当拥堵发生的前提下,北二环的拥堵持续时间最长,结束拥堵的可能性最小。

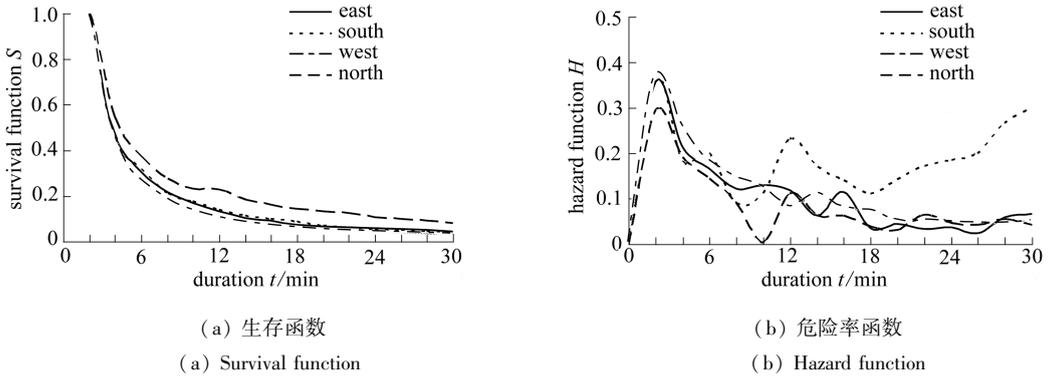


图5 二环四向拥堵持续时间的生存函数和危险率函数

Fig.5 Survival functions and hazard functions for traffic congestion duration in the four directions

4 结 论

本文根据北京市二环的交通流数据,采用生存分析中的非参数方法,建立了基于风险的交通拥堵持续时间模型,对北京市二环拥堵持续时间的分布规律进行了分析,主要得出以下两个结论:

1) 就二环整体而言,平均每个断面每天拥堵9.7次,70%的拥堵持续时间在4 min之内,89%的在12 min之内,最长的拥堵持续时间为242 min;当拥堵持续时间超过12 min之后拥堵结束的概率小于10%。

2) 二环拥堵持续时间存在显著的时空特性。工作日比双休日更容易发生拥堵,当拥堵持续时间小于12 min时,双休日的拥堵持续时间更长,结束的可能性更小;早高峰比晚峰更容易发生拥堵,且早高峰的拥堵持续时间更长;内环比外环更容易发生拥堵,但当拥堵发生的前提下外环的拥堵持续时间更长;二环的4个方向上,西二环比其它3向更容易发生拥堵,北二环的拥堵持续时间最长。

此外,本文只是用生存分析方法研究了道路拥堵持续时间的分布规律,还需要用参数方法来拟合道路拥堵持续时间的分布情况,并需要进一步深入分析拥堵持续时间的影响因素等问题。

参考文献(References):

- [1] 彭博. 大范围交通控制与交通流诱导协同关键技术研究[D]. 博士学位论文. 长春: 吉林大学, 2011. (PENG Bo. Study on key technologies for cooperation of large-scale urban traffic flow guidance system with urban traffic control system[D]. Ph D thesis. Changchun: Doctoral thesis of Jinlin University, 2011. (in Chinese))
- [2] Chung K H, Hui P M, Gu G Q. Two-dimensional traffic flow problems with faulty traffic lights[J]. *Physical Review E*, 1995, **51**(1): 772-774.
- [3] Sakakibara T, Honda Y, Horiguchi T. Effect of obstacles on formation of traffic jam in a two-dimensional traffic network[J]. *Physica A*, 2000, **276**(1): 316-337.
- [4] Watanabe M S. Dynamical behavior of a two-dimensional cellular automaton with signal processing[J]. *Physica A*, 2003, **324**(3/4): 707-716.
- [5] 谈晓洁, 周晶, 盛昭瀚. 城市交通拥挤特征及疏导决策分析[J]. 管理工程学报, 2003, **17**(1):

- 56-60. (TAN Xiao-jie, ZHOU Jing, SHENG Hao-han. Analysis of characteristic and decision making for management of urban traffic congestion[J]. *Journal of Industrial Engineering/Engineering Management*, 2003, **17**(1): 56-60. (in Chinese))
- [6] Maerivoet S, Moor B D. Cellular automata models of road traffic[J]. *Physics Reports*, 2005, **419**(1): 1-64.
- [7] 贾斌, 高自友, 李克平, 李新刚. 基于元胞自动机的交通系统建模与模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2007. (JIA Bin, GAO Zi-you, LI Ke-ping, LI Xin-gang. *Model and Simulations of Traffic System Based on the Theory of Cellular Automatic*[M]. Beijing: Science Press, 2007. (in Chinese))
- [8] Guo X L, Yang H. Pareto-improving congestion pricing and revenue refunding with multiple user classes[J]. *Transportation Research Part B*, 2010, **44**(8/9): 972-982.
- [9] Yang H, Xu W, He B S, Meng Q. Road pricing for congestion control with unknown demand and cost functions[J]. *Transportation Research Part C*, 2010, **18**(2): 157-175.
- [10] 张冠军, 化存才. 昆明市区交通拥堵状况及解堵策略的评估模型[J]. 云南师范大学学报: 自然科学版, 2007, **27**(1): 14-19. (ZHANG Guan-jun, HUA Cun-cai. An analysis model for the status and solving strategy of traffic jam in Kunming city[J]. *Journal of Yunnan Normal University (Natural Science Edition)*, 2007, **27**(1): 14-19. (in Chinese))
- [11] Stathopoulos A, Karlaftis M. Modeling duration of urban traffic congestion[J]. *Journal of Transportation Engineering*, 2002, **128**(6): 587-590.
- [12] Lee E, Wang J. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*[M]. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2003.
- [13] Mannering F L. Male/female driver characteristics and accident risk: some new evidence[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 1993, **25**(1): 77-84.
- [14] Nam D, Mannering F. An exploratory hazard-based analysis of highway accident duration [J]. *Transportation Research Part A*, 2000, **34**(2): 85-102.
- [15] Kharoufeh J P, Goulias K G. Nonparametric identification of daily activity durations using kernel density estimators[J]. *Transportation Research Part B*, 2007, **36**(1): 59-82.
- [16] Bhat C R, Frusti T, Zhao H M, Schonfelder S, Axhausen K W. Intershopping duration: an analysis using multiweek data[J]. *Transportation Research Part B*, 2004, **38**(1): 39-60.
- [17] Chang H L, Yeh T H. Regional motorcycle age and emissions inspection performance: a Cox regression analysis[J]. *Transportation Research Part D*, 2006, **11**(5): 324-332.
- [18] Yamamoto T, Kitamura R. An analysis of household vehicle holding durations considering intended holding durations[J]. *Transportation Research Part A*, 2000, **34**(5): 339-351.
- [19] Hamed M M. Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings[J]. *Safety Science*, 2001, **38**(1): 63-82.
- [20] Tiwari G, Bangdiwala S, Saraswat A, Gaurav S. Survival analysis: pedestrian risk exposure at signalized intersections[J]. *Transportation Research Part F*, 2007, **10**(2): 77-89.
- [21] Wong J T, Tsai S C. A survival model for flight delay propagation[J]. *Journal of Air Transport Management*, 2012, **23**: 5-11.
- [22] Sharma A, Bullock D, Peeta S. Estimating dilemma zone hazard function at high speed isolated intersection[J]. *Transportation Research Part C*, 2011, **19**(3): 400-412.
- [23] 北京市地方标准. DB11/T 785-2011 城市道路交通运行评价指标体系[S]. 北京: 北京市质量技术监督局, 2011. (Beijing Local Standards. DB11/T 785-2011 *Urban Road Traffic Performance Index*[S]. Beijing: Beijing Municipal Administration of Quality and Technology Supervi-

sion, 2011. (in Chinese))

Survival Analysis Approach for Estimating Urban Traffic Congestion Duration

ZHOU Ying-xue, YANG Xiao-bao, HUAN Mei, SI Bing-feng
(*School of Transportation and Traffic, Beijing Jiaotong University,
Beijing 100044, P. R. China*)

Abstract: Based on the empirical traffic flow data on the second Ring Road in Beijing, the distribution characteristic of traffic congestion duration was analyzed. The hazard-based traffic congestion duration model was established through survival analysis method. The duration time of traffic congestion was estimated and the temporal-spatial distribution was studied using non-parametric method. The results show that 70% of the congestion durations of road segments on the second Ring Road are not longer than four minutes. 89% of the congestion durations are not longer than 12 minutes. The hazard rate is less than 10% when the duration is longer than 12 minutes. The occurrence frequency of congestion on weekday is longer than that on weekend. Both the occurrence frequency and the duration of traffic congestion at morning peak are longer than those at evening peak. The occurrence frequency of congestion on the inner ring is longer than that on the outer ring while the congestion duration on the outer ring is longer than the duration on the inner ring. In the four directions of the second Ring Road, the occurrence frequency of congestion in the west is longest. The congestion duration in the north is longest.

Key words: urban road; traffic congestion; duration time; survival analysis