

Analysis of Vehicle Headway Characters on the Main Road at the Sections of Off-Street Parking Access

Shejun Deng¹, Xiaofei Ye²

¹College of Civil Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou

²College of Maritime and Transportation, Ningbo University, Ningbo

Email: yzrx6@163.com, 335027215@qq.com

Received: Oct. 5th, 2014; revised: Nov. 4th, 2014; accepted: Nov. 13th, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to analyze the headway characters of the main road at the sections of off-street parking access deeply in the cities of China, this paper chooses the influence area of the section of off-street parking access in the city as the research object. Also, the carriageway road including six lanes on two-direction was introduced as a typical example. By using the parameters observed from area of the section of off-street parking access in Nanjing Shangmao Building, a probability density function was established that described the characters of the vehicles on the main road by the method of SPSS and mathematics. Some conclusions can be drawn. First, the headway of all the lanes cannot be subjected to the normal distribution except for logarithmic normal distribution. Secondly, the probability

density function of the first lane is $f(h_{t_1}) = \frac{1}{h_{t_1} \cdot 0.68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_1} - 1.31)^2}{0.92}}$, while the second is

$f(h_{t_2}) = \frac{1}{h_{t_2} \cdot 0.68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_2} - 1.22)^2}{0.92}}$ and the third is $f(h_{t_3}) = \frac{1}{h_{t_3} \cdot 0.58\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_3} - 1.03)^2}{0.67}}$. It would be more

beneficial for the further study on change-lane characters of the vehicles.

Keywords

Traffic Engineering, Probability Density Function, Headway, Off-Street Parking Access, The Main Road

路外停车场出入口接入主路车流的车头时距特性分析

邓社军¹, 叶晓飞²

¹扬州大学建筑科学与工程学院, 扬州

²宁波大学海运学院, 宁波

Email: yzx6@163.com, 335027215@qq.com

收稿日期: 2014年10月5日; 修回日期: 2014年11月4日; 录用日期: 2014年11月13日

摘要

为了能深入分析我国城市路外停车场出入口接入主路车流的车头时距特性, 论文以停车场出入口接入路段的影响区域作为研究对象, 以城市常见的双向六车道的四幅路断面形式为例, 选择南京市商贸大厦路外停车场出入口接入主路区域进行了数据的采集。综合运用数学方法与SPSS软件, 分析了主路各车道的车头时距特性, 分别建立了各车道的车头时距概率密度函数, 主要研究结论有: ①各车道的车头时距不服从正态分布, 但是

服从对数正态分布; ②车道1的概率密度函数为 $f(h_{t_1}) = \frac{1}{h_{t_1} \cdot 0.68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_1} - 1.31)^2}{0.92}}$; 车道2的概率密度函数为 $f(h_{t_2}) = \frac{1}{h_{t_2} \cdot 0.68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_2} - 1.22)^2}{0.92}}$; 车道3的概率密度函数为 $f(h_{t_3}) = \frac{1}{h_{t_3} \cdot 0.58\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_3} - 1.03)^2}{0.67}}$ 。研究结论为

进一步分析车辆的变道特性提供了一定的理论基础。

关键词

交通工程, 概率密度函数, 车头时距, 停车场出入口, 主路

1. 引言

目前国内外关于交通流特性的研究主要集中在高速公路与城市道路, 且主要研究对象是正常路段 [1]-[5]。而对于城市路外停车场出入口的接入路段, 由于出入口的存在, 主路上游的机动车辆在行驶到出入口附近区域时, 将会受到各种影响因素的干扰, 其车流特性将会与无出入口路段存在一定的差异性 [6]-[8]。特别是停放车辆的驶入与驶出, 将会对主路车流产生干扰, 使得主路车流各车道的车头时距发生变化, 这将会导致变道次数增加等, 对路段车流产生一定的影响。因此, 选择此区域分析机动车流的车头时距的基本特性, 将会为进一步分析车辆的变道特性奠定理论基础, 具有一定的现实意义。

2. 调查方案设计

调查采用录像法进行观测, 通过对调查视频进行室内的处理获取相关数据, 处理流程见图 1。

原始视频数字化完成后, 根据拟定的调查内容, 分别对机动车交通流参数展开统计工作。主要操作是选择道路的一个断面, 统计视频中通过该断面每一辆的到达时刻, 然后通过简单运算和合并即可得到



Figure1. Treatment of Basic Digital mapping
图 1. 数据处理流程图

所需数据。此方法可以根据断面类型的不同，分别按车道来统计各车道的车头时距。方法的具体操作步骤如下：①选择需要统计的道路断面，架设好观测仪器；②记录第一辆车到达统计断面的视频时刻 t_1 及第二辆车到达统计断面的视频时刻 t_2 ，如图 2 所示，如果此过程中车辆有变道行为等，标记出来不予统计。③按车辆到达顺序重复上一步骤统计每一辆车的数据，统计中要避免遗漏。

保证第二步统计精度，视频播放器时间进度条应尽量精确，KMP 播放器时间能显示千分之一秒，满足要求。车头时距的计算： $\Delta t_i = t_{(1,i+1)} - t_{(1,i)}$ ，获取数据如表 1 所示。

3. 调查地点的选择

本文以南京市中山南路的商贸大厦出入口路段为研究对象，本路段为双向六车道，且为城市四幅路的断面形式，如图 3 所示。

为了便于数据的统计分析，本文对各车道进行了编号，将最靠近中央分隔带的车道定义为车道 1，然后向内侧依次为车道 2 与车道 3，具体见图 4。

4. 调查数据的分析

4.1. 车道 1 的车头时距

以车道 1 为研究对象，通过对视频调查数据的整理，获取 1909 个有效样本量。为了能够判断车头时距的分布趋势，首先对数据进行统计分析及绘制样本的频数直方图。表 2 为车道 1 车头时距与对数车头时距的统计分析对比表，可以看出车头时距的偏度为 $1.785 > 0$ ，表示正偏，曲线向左偏；峰度为 $3.801 > 0$ ，数值较大，曲线分布不平缓。取对数后的车头时距偏度为 $0.121 > 0$ ，为正偏；峰度为 $-0.520 < 0$ ，曲线分布较平缓，与未取对数的车头时距相比，偏度与峰度的绝对值都更趋近于 0，比较符合正态分布的规律。

图 5 为车头时距的频数分布的直方图，对车头时距取对数后绘制样本的对数频数直方图，如图 6 所示。可以看出未取对数的车头时距不服从正态分布。

从统计分析与直方图的分布可以看出，对数车头时距的分布规律与正态分布走向较为一致。故可先假设对数车头时距符合正态分布，即车头时距符合对数正态分布。为了验证假设是否合理，需做非参数检验。为了对车道 1 车头时距的分布规律进行进一步探讨，估计对数车头时距是否符合正态分布，对其对数车头时距分布进行非参数检验中的一个样本的 K-S 检验。单样本 K-S 检验是以两位前苏联数学家 Kolmogorov 和 Smirnov 命名的，也是一种拟合优度的非参数检验方法。单样本 K-S 检验[9]是利用样本数据推断总体是否服从某一理论分布的方法，其可以将一个变量的实际频数分布与正态分布、均匀分布、泊松分布、指数分布进行比较。其零假设 H_0 为样本来自的总体与指定的理论分布没有显著性差异。

K-S 检验法在 SPSS 的非参数检验中，它是用样本本身的信息来检验样本来自同一个总体(正态分布、均匀分布、泊松分布或指数分布)假设的一种统计检验方法。K-S 检验主要是运用某随机变量 X 的顺序样本来构造样本分布函数，使得能以一定的概率保证 x 的分布函数 $F(x)$ 落在某个范围内。检验结果见表 3。

图 7 为车道 1 车头时距取对数后的累计频率分布曲线，由于取对数后的车头时距符合正态分布，因此可以通过模型求解，得出其密度函数。

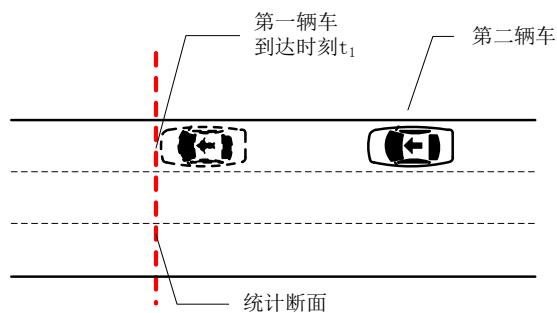


Figure2. Schematic of diagram about the datas acquired by video

图 2. 视频统计示意图



Figure3. Schematic of the survey road section

图 3. 调查路段示意

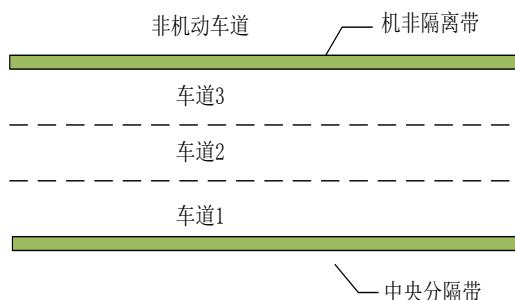


Figure4. Number of every lane

图 4. 各车道编号示意

Table 1. Statistics of data

表 1. 数据统计表

序号	第一辆车到达统计断面时刻 t_1	第二辆车到达统计断面时刻 t_2	Δt
1			
2			
...			

对数正态分布(Log-normal)是目前最常用的单分布车头时距模型[10]，其密度函数为：

Table 2. Analysis of vehicle headway in lane 1
表 2. 车道 1 车头时距统计分析表

统计参数	样本量	偏度	峰度	25%	50%	75%	众数
车头时距(s)	1909	1.785	3.801	2.21	3.63	6.02	4.13
对数车头时距(s)	1909	0.121	-0.520	0.79	1.29	1.80	1.42

Table 3. Analysis of the parameter
表 3. 参数检验分析

单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验		
	车头时距	对数车头时距
N	1909	1909
正态参数 a,b	均值 4.670136	1.305929
	标准差 3.4711750	0.6839644
	绝对值 0.150	0.031
最极端差别	正 0.150	0.031
	负 -0.132	-0.021
Kolmogorov-Smirnov Z	6.564	1.351
渐近显著性(双侧)	0.000	0.052

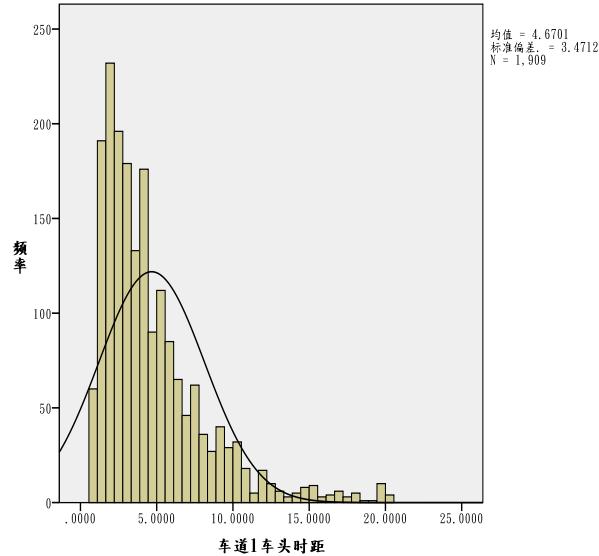


Figure 5. Column diagram of the headway in lane 1
图 5. 车道 1 车头时距直方图

$$f(h_t) = \frac{1}{h_t \cdot \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_t - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

式中：

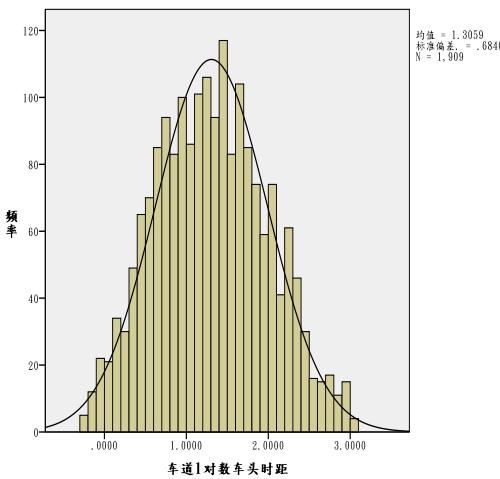


Figure 6. Column diagram of the logarithm headway in lane 1

图 6. 车道 1 对数车头时距直方图

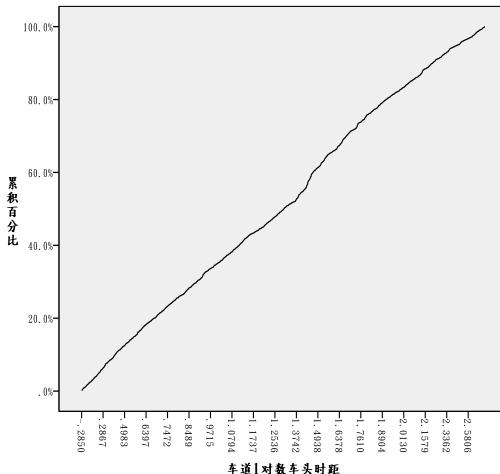


Figure 7. Cumulative frequency curve of the logarithm headway in lane 1

图 7. 车道 1 对数车头时距的累计频率分布曲线

μ ——均值, 是模型参数;

σ ——标准差, 是模型参数。

由表 3 可以看出显著性双侧概率 $0.052 > \alpha = 0.05$, 因此, 可认为车道 1 车头时距服从对数正态分布, 故:

$$f(h_{t_1}) = \frac{1}{h_{t_1} \cdot 0.68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_1} - 1.31)^2}{0.92}} \quad (2)$$

式中:

h_{t_1} ——车道 1 车头时距;

$f(h_{t_1})$ ——车道 1 车头时距概率密度函数。

4.2. 车道 2 的车头时距

通过对视频调查数据的整理, 获取 2272 个有效样本量。为了能够判断车头时距的分布趋势, 首先对

数据进行统计分析及绘制样本的频数直方图。

表4为车道2车头时距统计分析,可以看出车头时距的偏度为 $1.762 > 0$,表示正偏,曲线向左偏;峰度为 $3.482 > 0$,数值较大,曲线分布不平缓。取对数后的车头时距偏度为 $0.144 > 0$,为正偏;峰度为 $-0.497 < 0$,曲线分布较平缓,与未取对数的车头时距相比,偏度与峰度的绝对值都更趋近与0,比较符合正态分布的规律。

图8为车头时距的频数分布的直方图,对车头时距取对数后绘制样本的对数频数直方图,如图9所示。可以看出未取对数的车头时距不符合正态分布特征。

以K-S检验为检验方法验证是否服从对数正态分布,结果见表5所示。

图10为车道2车头时距取对数后的累计频率分布曲线,由于取对数后的车头时距符合正态分布,因此可以通过模型求解,得出其密度函数。

由表5可以看出显著性双侧概率 $0.083 > \alpha = 0.05$,因此,可认为车道2车头时距服从对数正态分布,故:

$$f(h_{t_2}) = \frac{1}{h_{t_2} \cdot 0.68\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_2} - 1.22)^2}{0.92}} \quad (3)$$

式中:

h_{t_2} ——车道2车头时距, s;

$f(h_{t_2})$ ——车道2车头时距概率密度函数。

4.3. 车道3的车头时距

通过对视频调查数据的整理,获取2138个有效样本量。为了能够判断车头时距的分布趋势,首先对数据进行统计分析及绘制样本的频数直方图。从表6可以看出,车头时距的偏度为 $2.304 > 0$,表示正偏,曲线向左偏;峰度为 $8.342 > 0$,数值较大,曲线分布不平缓。取对数后的车头时距偏度为 $0.201 > 0$,为正偏;峰度为 $-0.129 < 0$,曲线分布较平缓,与未取对数的车头时距相比,偏度与峰度的绝对值都更趋近与0,比较符合正态分布的规律。

图11为车头时距的频数分布的直方图,对车头时距取对数后绘制样本的对数频数直方图,如图12所示。可以看出未取对数的车头时距不符合正态分布特征。

以K-S检验为检验方法验证是否服从对数正态分布,结果见表7所示。

图13为车道3车头时距取对数后的累计频率分布曲线,由于取对数后的车头时距符合正态分布,因此可以通过模型求解,得出其密度函数。

由表7可以看出显著性双侧概率 $0.120 > \alpha = 0.05$,因此,可认为车道3车头时距服从对数正态分布,故:

$$f(h_{t_3}) = \frac{1}{h_{t_3} \cdot 0.58\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln h_{t_3} - 1.03)^2}{0.67}} \quad (4)$$

式中, h_{t_3} ——车道3车头时距, s;

Table 4. Analysis of vehicle headway in lane 2

表4. 车道2车头时距统计分析表

统计参数	样本量	偏度	峰度	25%	50%	75%	众数
车头时距(s)	2272	1.762	3.482	2.05	3.37	5.41	
对数车头时距(s)	2272	0.144	-0.497	0.72	1.21	1.69	

Table 5. Analysis of the parameter
表 5. 参数检验

单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验			
	车头时距	对数车头时距	
N	2272	2272	
正态参数 a,b	均值	4.311500	1.224581
	标准差	3.2256983	0.6842629
	绝对值	0.143	0.026
最极端差别	正	0.143	0.026
	负	-0.136	-0.016
Kolmogorov-Smirnov Z	6.829	1.260	
渐近显著性(双侧)	0.000	0.083	

Table 6. Analysis of vehicle headway in lane 3
表 6. 车道 3 车头时距统计分析表

统计参数	样本量	偏度	峰度	25%	50%	75%	众数
车头时距(s)	2138	2.304	8.342	1.84	2.74	4.16	
对数车头时距(s)	2138	0.201	-0.129	0.61	1.01	1.42	

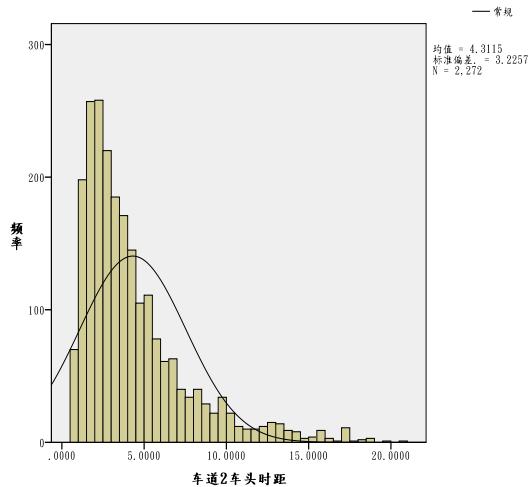


Figure 8. Column diagram of the headway in lane 2
图 8. 车道 2 车头时距直方图

$f(h_{t_3})$ ——车道 3 车头时距概率密度函数。

5. 结论

本文基于理论分析并结合现场数据调查, 综合运用 SPSS 软件与数理统计等方法, 对路外停车场出入口接入主路单向 3 个车道的车头时距分别进行了分析, 并建立了相应的概率密度函数。研究表明: 在

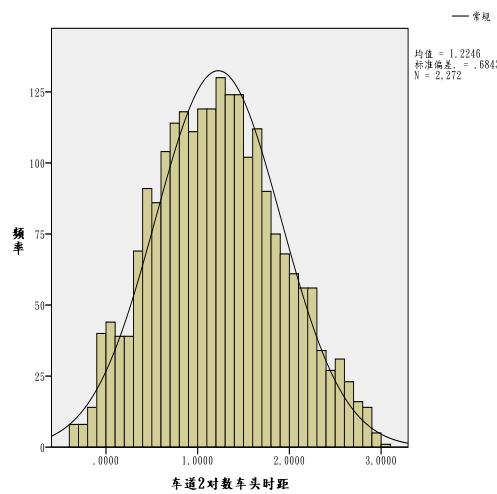


Figure 9. Column diagram of the logarithm headway in lane 2

图 9. 车道 2 对数车头时距直方图

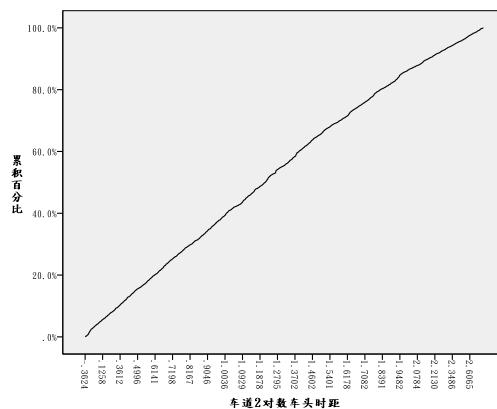


Figure 10. Cumulative frequency curve of the logarithm headway in lane 2

图 10. 车道 2 对数车头时距的累计频率分布曲线

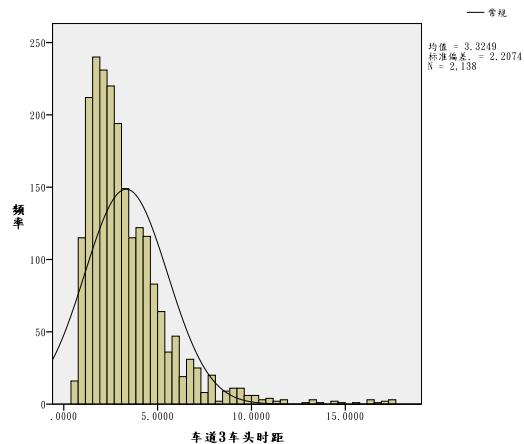


Figure 11. Column diagram of the headway in lane 3

图 11. 车道 3 车头时距直方图

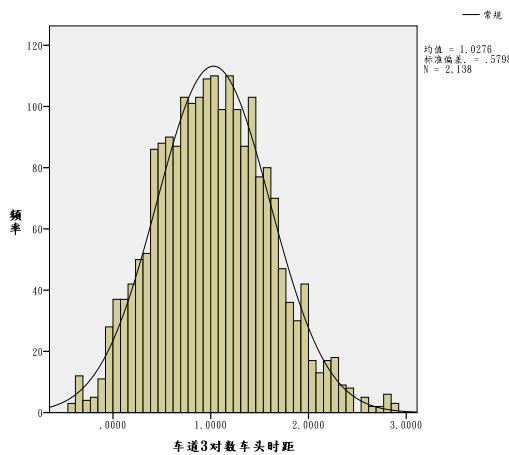


Figure 12. Column diagram of the logarithm headway in lane 3

图 12. 车道 3 对数车头时距直方图

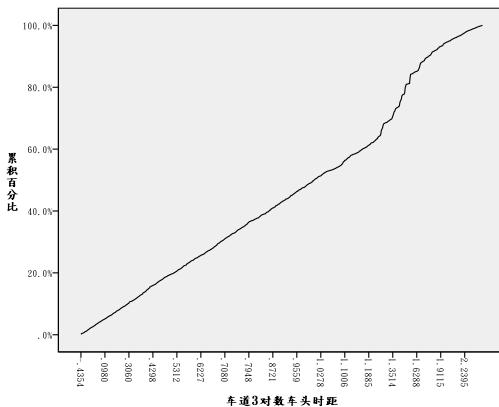


Figure 13. Cumulative frequency curve of the logarithm headway in lane 3

图 13. 车道 3 对数车头时距的累计频率分布曲线

Table 7. Analysis of the parameter
表 7. 参数检验表

单样本 Kolmogorov-Smirnov 检验			
	车头时距	对数车头时距	
N	2138	2138	
正态参数 a,b			
均值	3.324864	1.027561	
标准差	2.2074373	0.5797506	
绝对值	0.145	0.026	
最极端差别	正 0.145	0.026	
	负 -0.124	-0.018	
Kolmogorov-Smirnov Z	6.715	1.187	
渐近显著性(双侧)	0.000	0.120	

出入口影响区范围内各车道的车头时距不服从正态分布，但服从对数正态分布。以上结论对于进一步研究该影响区域范围内车辆的变道特性，提供了一定的理论基础。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(51078084)，国家自然科学基金资助项目(51408322)江苏省教育厅自然科学基金资助项目(12KJD580006)。

参考文献 (References)

- [1] Committee on Access Management, Transportation Research Board of the National Academies, "Access Management Manual", 2003.
- [2] 熊娟 (2008) 城市路外停车设施出入口设置研究. 硕士学位论文. 东南大学, 南京.
- [3] Richards, P.I. (1956) Shock waves on the highway. *Operations Research*, **4**, 42251.
- [4] May, A.D. (1990) Traffic flow fundamentals. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- [5] Greenshields, B.D. (1935) A study in traffic capacity. *Proceeding of Highway Research Board*, **14**, 448-477.
- [6] 邓社军 (2014) 路外停车驶入对停车场出入口路段影响特性分析与模型研究. 博士学位论文, 东南大学, 南京.
- [7] 郭中华 (2005) 城市道路路段交通流特性分析与模型研究. 博士学位论文, 东南大学, 南京.
- [8] 周智勇, 黄艳君, 陈峻 (2004) 公交专用道设置前后无港湾公交停靠站特性研究. *公路交通科技*, **7**, 103-107.
- [9] 张红兵, 贾来喜, 李潞 (2009) SPSS 宝典. 电子工业出版社, 北京.
- [10] Akcelik, R. and Chung, E. (1994) Calibration of the bunched exponential distribution of arrival headways. *Road and Transport Research*, **3**, 42-59.