

文章编号: 1001-4098(2008)03-0011-06

VM S 诱导信息影响下的路径选择行为分析^{*}

千宏程

(上海理工大学 交通工程系, 上海 200093)

摘 要: 正确理解可变情报板 (VMS) 诱导信息影响下的驾驶员路径选择行为, 是高效发挥 VMS 作用的必然要求。采用 SP 调查 (意向调查) 探索 VMS 同时提供快速路和替换路径行程时间条件下的路径选择行为, 采用离散选择分析方法对影响路径选择的因素进行了多变量分析, 建立了描述路径选择概率的二元 probit 模型。Probit 模型中的行程时间节省量这一解释变量的系数视为服从对数正态分布的随机系数, 以反映行程时间重要性在人群中的不纯一性 (heterogeneity) 分析表明, 驾驶员的路径选择会受 VMS 诱导信息显著影响, VMS 影响大小取决于 VMS 信息内容、驾驶员个体属性 (年龄、驾龄、用车类型以及快速路使用频率), 以及替换路径属性 (所含信控交叉口数目)。具体地, (a) VMS 所告知的行程时间节省量越大, 改道可能性越大; (b) 年轻和年长者较之中等年龄者, 改道可能性更大; 驾龄越长, 改道可能性越大; 非单位公车驾驶员改道可能性更大; 使用快速路频率越低, 改道可能性越大; (c) 替换路径所含信控交叉口越多, 改道可能性越小。研究成果可为更好地设计、运行和评价 VMS 信息发布策略提供参考。

关键词: 可变情报板; 路径选择; 意向调查; 行程时间; 离散选择分析; 二元 probit 模型; 对数正态分布

中图分类号: U 491 **文献标识码:** A

1 引言

可变情报板 (variable message sign, VMS) 是智能交通系统 (ITS) 的重要组成部分, 其通过向驾驶员提供前方实时路况信息, 诱导驾驶员合理选择路径, 避开拥堵或事故路段, 从而提高道路利用效率。探索 VMS 诱导信息影响下的驾驶员路径选择行为是当今一个世界性课题^[1-6], 该课题旨在为交通诱导系统 (ATIS) 的设计、运行及评价提供有力依据, 因为 ATIS 的成败最终取决于驾驶员对交通信息的响应。近十几年, 发达国家的学者结合所在国家的 VMS 特点开展了不少基础研究^[1-12]。国内, 相关研究起步较晚, 文献报道不多, 但是近年来随着 ATIS 研发的深入, 该课题正日益受到关注^[13-16]。

VMS 诱导信息影响下的路径选择行为研究的关键内容是路径选择行为数据的采集和分析。行为数据采集方法主要有 RP 调查 (Revealed Preference survey) 和 SP 调查 (Stated Preference survey) 两大类。RP 调查能够获得实际行为数据, 但是其调查成本高, 调查数据只能反映调查时

的交通状况和 VMS 信息内容, 对于目前未投入使用的 VMS 或尚未实施的信息发布策略的影响无能为力^[7-8]。SP 调查弥补了 RP 调查的不足, 其通过设计假想的出行场景和构造可选方案获取路径选择行为数据, 具有调查成本低、使用方便以及数据便于建模等优点^[7-8], 为探索 VMS 信息影响下路径选择的一般性规律提供了有力手段。SP 调查在欧美发达国家有着广泛使用^[7-12], 其具体形式有: 问卷调查 (如现场问卷、邮件问卷、电话采访) 和路径选择模拟器。行为数据的分析方法包括描述性统计、离散选择分析、数理统计等。目前, 采用离散选择分析^[17-18]方法, 对路径选择的影响因素进行多变量分析, 建立 VMS 信息影响下路径选择的概率模型, 是国际热点。

本文以上海的城市快速路为背景, 探索 VMS 信息影响下的驾驶员路径选择行为。研究采用 SP 问卷调查方法获取路径选择行为数据, 使用离散选择分析方法对影响路径选择的因素进行多变量分析, 建立路径选择概率模型, 揭示路径选择与 VMS 信息的关系。

* 收稿日期: 2007-12-20

基金项目: 中国工程院重点咨询项目 (2006-X-16); 上海市科委国际合作项目 (062107043); 上海理工大学高层次人才引进启动基金资助项目 (X693)

作者简介: 千宏程 (1978-), 男, 浙江宁波人, 上海理工大学交通工程系副教授, 博士, 研究方向: 交通系统工程, 智能交通

2 VMS诱导信息影响下 路径选择行为调查

近年来,上海市在市内快速道路上相继建立了交通诱导系统,利用VMS实时地向驾驶员发布前方快速路的路况信息^[9]。随着时间推移,驾驶员对VMS提出了更高需求:驾驶员普遍希望VMS同时也能提供替换路径的路况信息(如行程时间)。上海市目前已开始考虑对现有VMS进行升级以满足这种需求,例如,同时发布快速路和替换道路的行程时间。实际上,国外研究已发现,同时提供主路径和替换路径的路况信息,有利于提高驾驶员对VMS信息的信赖度,促使他们更好地配合交通诱导系统,提高道路总体使用效率^[12]。

理解VMS信息对路径选择的影响,是交通诱导策略优化的必然要求^[5]。因此,接下来研究VMS同时提供主路径和替换路径路况信息条件下的路径选择行为,以期为上海VMS的升级提供参考依据。

2.1 路径选择行为的SP调查

目前上海快速路VMS尚未提供替换路径的路况信息,因此无法使用RP调查。笔者采用现场问卷形式的SP调查方法,采集路径选择行为数据。

SP调查构造的交通出行场景如下:如图1所示,某一双休日下午2点,被调查者从位于上海市郊的浦东国际机场出发,行驶在通往市区的一条快速路上,出行目的地是浦东陆家嘴商务圈。从当前位置至目的地有两条路径,分别称为主路径和替换路径。主路径主要由快速路构成,是不发生交通异常时的必选路径。替换路径由普通地面道路构成。假设分流点上游一块VMS发布前方路况信息,信息内容为主路径行程时间和延误原因、替换路径行程时间。被调查者根据VMS信息,选择路径。

SP问卷中,假设主路径因发生拥挤或事故出现延误,替换路径畅通。一共设计了表1所示8条VMS信息,这8条信息对应于问卷中关于路径选择的8个问题。问卷包含两部分内容:①驾驶员个体属性,如性别、年龄、驾龄、用车类型、使用快速路频率;②VMS信息影响下的路径选择。

调查日期为2007年4月,调查地点为上海浦东国际机场停车场。调查人员随机采访了305个驾驶员,整理问卷后得到280份有效问卷。这样,一共有2240个(280×8)样本,用于数据分析和建模。

2.2 调查结果初步分析

驾驶员个体属性的统计结果如表2所示。

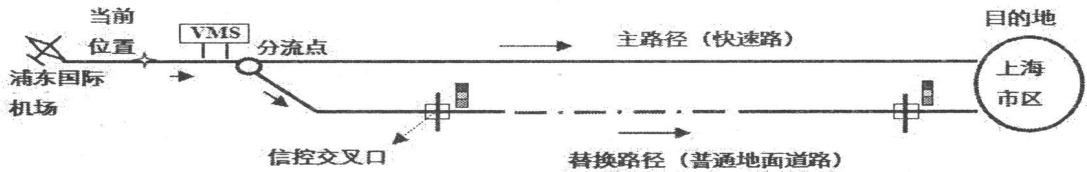


图1 SP问卷调查中构造的交通出行情景

表1 SP问卷调查中VMS信息内容和路径选择结果统计

出行情景	VMS信息	替换路径信控交叉口数(个)	VMS信息内容			改道百分比(%)
			主路径行程时间(min)	主路径延误原因	替换路径行程时间(min)	
情景一	Message 1	10	35	拥堵	30	42.1
情景二	Message 2	10	40	事故	30	70.7
情景三	Message 3	20	35	拥堵	30	23.6
情景四	Message 4	20	40	事故	30	50.7
情景五	Message 5	20	40	拥堵	30	54.3
情景六	Message 6	10	40	拥堵	30	72.1
情景七	Message 7	10	35	事故	30	42.9
情景八	Message 8	20	35	事故	30	22.1

表 2 驾驶员个体属性统计结果

属性	统计结果
性别	(A)男: 74.3%; (B)女: 25.7%
年龄(岁)	(A)20~29: 24.3%; (B)30~39: 41.4%; (C)40~49: 25.0%; (D)50~64: 9.3%
驾龄(年)	(A)<2: 6.4%; (B)2~5: 41.4%; (C)6~10: 37.1%; (D)>10: 15.0%
驾车类型	(A)私家车: 42.1%; (B)单位公车: 32.1%; (C)出租车: 22.9%; (D)其他: 2.9%
使用快速路频率	(A)几乎每天: 49.3%; (B)每周两至三天: 23.6%; (C)很少使用: 24.3%; (D)从来不用: 2.9%

表的最后一列给出了不同 VMS 信息影响下选择替换道路(改道)的百分比。如表 1 所示,在 Message 2 和 Message 6 的影响下,约 70% 的驾驶员表示会改道,这可能是因为改道可以节省 1 分钟行程时间,而且替换路径只含 10 个交叉口。然而,在 Message 3 和 Message 8 的影响下,只有 20% 多一点的驾驶员改道,这可能是因为改道只能节省 5 分钟行程时间,而替换路径所含交叉口却有 20 个。由此可见,行程时间节省量(主路径与替换路径行程时间之差)、替换路径所含信控交叉口数量和改道比例存在某种关系。后文的行为建模部分将对这种关系进行定量分析。

3 路径选择行为的离散选择分析

3.1 建模方法

由表 1 可以发现不同 VMS 信息下路径选择的大致规律,但是不同年龄、性别、用车类型的驾驶员在同一 VMS 信息影响下会有不同的反应,因此有必要借助离散选择分析的手段,对可能影响路径选择的各种因素进行多变量分析。离散选择建模以随机效用理论为基础,假设作为行为主体的决策者总是从拥有多种选择方案的选择集中选择效用最大的选择项^[17, 18, 20]。本研究中,驾驶员的路径选择是二元选择,因此本文采用二项 probit 模型进行多变量分析,建立 VMS 信息影响下路径选择的概率模型。对于二元 probit 模型,效用函数中的随机项服从独立同分布 (IID)的正态分布,决策者 i 选择路径时所基于的随机效用函数可表达为如下形式:

$$U_i = U_0 + x_i U + \lambda \epsilon_i \quad (1)$$

式中, x_i 由各种路径选择影响变量(如行程时间节省量、信控交叉口数量、驾驶员各项个体属性)组成, U_0 是待估计的常量, U 是与影响变量相对应的系数组成的向量, λ 是随机项,服从独立同分布的正态分布。只要 $U_i > 0$, 则决策者 i 将选择改道,即

$$Pr(U_i^* > 0) = Pr(y_i = 1) \quad (2)$$

$$Pr(U_i^* < 0) = Pr(y_i = 0) \quad (3)$$

y_i 是表示决策者 i 是否改道的哑变量 ($y_i = 1$, 改道; $y_i = 0$, 维持原路径)。将式 (1) 代入式 (2), 则有

$$Pr(y_i = 1) = H(U_0 + x_i U) \quad (4)$$

$$Pr(y_i = 0) = 1 - H(U_0 + x_i U) \quad (5)$$

进一步地,决策者 i 选择路径的概率函数可以公式化为如下形式:

$$Pr(y_i) = [H(U_0 + x_i U)]^{y_i} [1 - H(U_0 + x_i U)]^{1-y_i} \quad (6)$$

在效用函数中,影响变量系数的大小反映了影响变量对于 U_i^* 值的影响程度。然而,某些影响变量的重要程度对于不同驾驶员可能不同,例如,某些驾驶员更关心行程时间,因此行程时间节省量对他们来说更具吸引力,相应地在他们的效用函数中行程时间节省量的系数比其他驾驶员的要大。离散选择模型中,要反映某影响变量重要性在人群中的不纯一性(heterogeneity),一般假设该影响变量的系数是服从一定分布规律的随机变量。本文假设行程时间节省量取随机系数,于是式 (1) 改写为:

$$U_i^* = U_0 + x_i U + t_i V + \lambda \epsilon_i \quad (7)$$

式中, t_i 是行程时间节省量, V 是随机变量系数。

如果 V 的概率密度函数记作 $f(V)$, 那么样本 i 相对于 V 的条件概率函数类似于式 (6), 表达为如下形式:

$$\begin{aligned} Pr(y_i | V) &= [H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{y_i} [1 - H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{1-y_i} \\ &= [H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{y_i} [1 - H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{1-y_i} \end{aligned} \quad (8)$$

而样本 i 的全概率函数可以通过在 V 的分布域中对式 (8) 积分得到,即

$$\begin{aligned} Pr(y_i) &= \int \{ [H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{y_i} [1 - H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{1-y_i} f(V) \} dV \\ &= \int \{ [H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{y_i} [1 - H(U_0 + x_i U + t_i V)]^{1-y_i} f(V) \} dV \end{aligned} \quad (9)$$

由于行程时间节省量对所有驾驶员都具有正效益,因此 V 应该为正数。对数正态分布能够保证 V 非负。 V 服从对数正态分布时,其概率密度函数为

$$f(V) = \frac{1}{2c e^V} \exp \left\{ -\frac{[\ln(V) - u]^2}{2c^2} \right\} \quad (10)$$

式中, u 和 c 为待估参数。由于方程 (8) 为非闭合形式 (non-closed form), 因此需要借助极大模拟似然估计 (MSLE) 对随机系数加以参数估计。MSLE 的原理是产生一组服从某种分布形态的随机种子, 记作 $V_k (k = 1, 2, \dots, K)$, 然后把式 (8) 用以下公式近似:

$$Pr(y_i) \approx SP(y_i)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^K \{ [H(U_0 + x_i U_k + t_i V_k)]^{y_i} [1 - H(U_0 + x_i U_k + t_i V_k)]^{1-y_i} \}}{K} \quad (11)$$

本文采用哈尔顿序列法 (Halton sequence method) 产生伪随机种子。K 取 500

对于所有的样本 (记样本总量为 N), 对数似然函数的形式如下:

$$LL(U_0, U, u, \epsilon) = \sum_{i=1}^N \ln [SP(y_i)] \quad (12)$$

二元 probit 模型的详细介绍参见相关文献^[17-18,20]。本文采用 Gauss 软件^[21]进行模拟似然函数及其一阶导数的程序代码编写和 U_0, U, u, ϵ 的估计。

3.2 模型估计结果

SP 调查中每位驾驶员回答 8 个问题, 共有 280 个驾驶员,

因此共有 2240 个 (280 × 8) 样本用于模型估计。估计模型时所选的解释变量包括所有可能影响改道行为的因素, 包括年龄、性别、驾龄、快速路使用频率、用车类型、行程时间节省量、信控交叉口数量、快速路延误原因。表 3 给出了假设行程时间节省量系数服从对数正态分布的路径选择概率模型 (简称“对数正态系数模型”) 的参估计结果。表 3 中所列变量的括号内是变量的助记符, 例如, 年龄以 AGE 表示。如表 3 所示, 具有显著影响的变量有年龄 (AGE)、年龄平方 (AGE-SQR)、驾龄 (DRV-AGE)、表示很少使用快速路的哑变量 (FRW-USE-SELDOM)、表示几乎每天使用快速路的哑变量 (FRW-USE-DAILY)、表示单位公车驾驶员的哑变量 (PUB-VEH)、替换道路信控交叉口数量 (SIGNAL)、出行时间节省量 (TIME-SAV), 而快速路延误原因和性别两个变量因为所获系数不显著, 没有进入模型。

表 3 二元 probit 模型的估计结果

变量 (助记符)	对数正态系数模型		常参数模型	
	系数	t 检验值	系数	t 检验值
常数项 (Constant)	2.9109	1.653	1.9612	2.335
年龄 (AGE)	-0.1945	-1.842	-0.1297	-2.941
年龄平方 (AGE-SQR)	0.0026	1.868	0.0018	3.014
驾龄 (DRV-AGE)	0.0279	1.671	0.0205	2.053
表示很少使用快速路的哑变量 (FRW-USE-SELDOM)	0.3065	1.678	0.2206	1.949
表示几乎每天使用快速路的哑变量 (FRW-USE-DAILY)	-0.7959	-2.153	-0.4958	-5.073
表示单位公车驾驶员的哑变量 (PUB-VEH)	-0.5813	-2.034	-0.3584	-4.074
替换道路信控交叉口数量 (SIGNAL)	-0.0852	-2.430	-0.0560	-6.963
出行时间节省量 (TIME-SAV)	/	/	0.1660	10.285
u (for coefficient of TIME-SAV)	-1.3887	-3.076	/	/
ε (for coefficient of TIME-SAV)	0.6159	3.084	/	/
L(U)	-661.08	-662.29		
L(c)	-774.72	-774.72		
Adj. d²(c)	0.1351	0.1348		
样本数	2240	2240		

作为比较, 表 3 中还给出了假设行程时间节省量系数为常参数的模型 (简称“常参数模型”) 的参数估计结果。由表 3 可知, 对数正态系数模型的 $L(U)$ (-661.08) 大于常参数模型的 $L(U)$ (-662.29), 对数正态系数模型的 Adj. $d^2(c)$ 略高于常参数模型 (0.1351 > 0.1348), 这说明对数

正态系数模型的拟合精度更高。

如表 3 所示, 不论是对数正态系数模型, 还是常参数模型, 各影响变量的系数都获得了符合逻辑的符号, 以下加以讨论。

① 年龄。AGE 系数为负, 而 AGE-SQR 为正, 说明年

轻的和年长的驾驶员更可能受 VMS 影响而改道。计算可知, 36~ 3 岁的驾驶员改道的可能性最小。对这一现象可能的解释是: 年轻的驾驶员耐性较差, 对延误更加敏感, 而年长的驾驶员对延误引起的油耗增加更加不能容忍, 因而在 VMS 告知延误后更愿意改道。

② 驾龄。DRV-AGE 系数为正, 说明驾龄越长, 改道可能性越大。这是因为驾车经验越丰富的驾驶员可能更加熟悉替换道路, 在事故等异常情况发生时更能从容应对, 因而在接收 VMS 信息后改道可能性更大。

③ 快速路使用频率。FRW-USE-DAILY 系数为正, 而 FRW-USE-SELDOM 系数为负。这符合逻辑判断, 即: 经常使用快速路者可能对快速路依赖性更大或者更不熟悉替换路径, 因而更不愿意改道; 很少使用快速路者可能对快速路依赖性更小或更熟悉替换道路, 因而更可能受 VMS 信息影响而改道。

④ 公车驾驶员。PUB-VEH 系数为负, 说明公车驾驶员更不愿意改道。可能的原因是: 由于他们的车辆出行费用可以由单位报销, 因而对延误引起的油耗增加更不敏感, 从而在接收 VMS 信息后, 改道可能性更小。

⑤ 替换路径的信控交叉口数量。SIGNAL 系数为负, 说明替换道路所含信控交叉口越多, 改道可能性越小。这一现象符合直觉判断, 即, 替换道路所含交叉口越多, 驾驶员行车过程中加减速、停车等更频繁, 这不仅增加驾驶员的不适感, 还造成油耗增加, 这样驾驶员选择替换路径的概率将减小。

⑥ 行程时间节省量。对于对数正态系数模型, 行程时间节省量的系数 \bar{V} 的均值和方差的点估计分别为:

$$E(\bar{V}) = \exp(u + \frac{\sigma^2}{2}) \approx 0.3015$$

$$STD(\bar{V}) = \frac{\sigma \exp(2u + \sigma^2) [\exp(\sigma^2) - 1]}{2} \approx 0.2048$$

常参数模型中, TIME-SAV 的系数为正, 说明如果改道后能节省的行程时间越多, 驾驶员受 VMS 信息影响而选择改道的可能性越大。这一结论同样符合逻辑判断。

4 结语

VMS 诱导信息影响下的驾驶员路径选择行为研究是当今国际热点。本文对 VMS 同时提供快速路和替换道路行程时间条件下的驾驶员路径选择行为进行了 SP 调查, 采用离散选择分析方法对影响路径选择的因素进行了多变量分析, 建立了描述路径选择概率的二元 probit 模型。分析结果表明, 驾驶员的路径选择会受 VMS 诱导信息显著影响, VMS 影响大小取决于 VMS 信息内容、驾驶员个体属性(年龄、驾龄、用车类型以及快速路使用频率)以及替换路径属性(所含信控交叉口数目)。具体地讲, 就是:

(a) VMS 信息内容的影响: 信息所显示的行程时间节省量越大, 改道可能性越大;

(b) 驾驶员个体属性的影响: 年轻和年长者较之中等年龄者, 改道可能性更大; 驾龄越长, 改道可能性越大; 单位公车驾驶员较之其他用车类型驾驶员的改道可能性更小; 使用快速路频率越低, 改道可能性越大;

(c) 替换路径属性的影响: 替换路径所含信控交叉口越多, 改道可能性越小。

本文研究成果可为更好地设计、运行和评价 VMS 信息发布策略提供参考。

下一步的研究思路是: 将路径选择模型集成到动态交通网络模型中, 定量评估 VMS 信息对路网交通流运行的影响, 为评估交通诱导系统的效益和优化 VMS 信息诱导策略提供依据。

参考文献:

- [1] Abdel-Aty M, Abdalla P E F. Modeling drivers diversion from normal routes under ATIS using generalized estimating equations and binomial probit link function [J]. *Transportation*, 2004, 31(3): 327 ~ 348.
- [2] Jou R C, Lam S H, Weng M C, Chen C C. Real time traffic information and ITS impacts on route switching behavior of expressway drivers [J]. *Journal of Advanced Transportation*, 2004, 38(2): 187~ 223.
- [3] Srinivasan K K, Mahmassani H S. Analyzing heterogeneity and unobserved structural effects in routes switching behavior under ATIS a dynamic kernel logit formulation [J]. *Transportation Research Part B*, 2003, 37(9): 793~ 814.
- [4] Emmerink R H M, Nijkamp P, Rietveld P, Van Ommeren J N. Variable message signs and radio traffic information: an integrated empirical analysis of drivers' route choice behavior [J]. *Transportation Research Part A*, 1996, 30(2): 135~ 153.
- [5] Ben-Akiva M, de Palma A, Kaysi I. Dynamic network models and driver information systems [J]. *Transportation Research Part A*, 1991, 25(5): 251~ 266.
- [6] Bonsall P. The influence of route guidance advice on route choice in urban networks [J]. *Transportation*, 1992, 19: 1~ 23.
- [7] Chatterjee K, Hounsell N B, Firmin P E, Bonsall P W. Driver response to variable message sign information in London [J]. *Transportation Research Part C*, 2002, 10(2): 149~ 169.

- [8] Wardman M, Bonsall P W, Shires J D. Driver response to variable message signs a stated preference investigation [J]. Transportation Research Part C, 1997, 5(6): 389~ 405.
- [9] Bonsall P, Firmin P, Anderson M, Palmer I, Balmforth P. Validating the results of a route choice simulator [J]. Transportation Research Part C, 1997, 5(6): 371~ 387.
- [10] Lai K H, Wong W G. SP approach toward driver comprehension of message formats on VMS [J]. Journal of Transportation Engineering, 2000, 126(3): 221~ 227.
- [11] Peeta S, et al. Content of variable message signs and on-line driver behavior [J]. In Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 2000, (1725): 102~ 108.
- [12] Khattak A, Schofer J, Koppelman, Commuters enroute diversion and return decisions analysis and implications for advanced traveler information systems [J]. Transportation Research Part A, 1993, 27(2): 101~ 111.
- [13] 黄海军. 城市交通网络动态建模与交通行为研究 [J]. 管理科学, 2005, 2(1): 18~ 22.
- [14] 干宏程, 孙立军, 陈建阳. 提供交通信息条件下的途中改道行为研究 [J]. 同济大学学报, 2006, 34(11): 1484~ 1488.
- [15] 曾松, 史春华, 杨晓光. 基于实验分析的驾驶员路径选择模式研究 [J]. 公路交通科技, 2002, 19(4): 85~ 88.
- [16] 曾松, 杨晓光. 驾驶员异常交通信息响应特性的分析 [J]. 同济大学学报, 2000, 28(3): 301~ 305.
- [17] 陆化普. 交通规划理论与方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1998.
- [18] 关宏志. 非集计模型——交通行为研究的工具 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [19] Gan H C, Sun J J, Chen J Y, Yuan W P. Advanced traveler information system for metropolitan expressways in Shanghai, China [J]. In Transportation Research Record Journal of Transportation Research Board, 2006, (1944): 35~ 40.
- [20] Ortuzar J de D, Willumsen L G. Modeling transport (3rd) [M]. John Wiley & Sons, 1994.
- [21] GAUSS 8. 0. Aptech Systems [Z]. Washington Maple Valley, 2006.

Exploring Drivers' Route Choice Response to Real-time Guidance Information of Variable Message Signs

GAN Hong-cheng

(Depart. of Transp. Engi., Univ. of Shanghai for Sci. and Tech., Shanghai 200093, China)

Abstract For better supporting informed diversion decisions in case of congestion and incidents, it is important to provide drivers with detailed real-time traffic information such as travel times on intended and alternated routes through Variable Message Signs (VMS). This paper used a stated preference (SP) approach to undertake a quantitative assessment of the potential effects of travel time information provided by VMS on en-route diversion behavior of Shanghai urban freeway drivers. Using SP data, a binary probit model was estimated with a log-normal random coefficient accommodating heterogeneous taste preference for travel time savings. The main findings follow. Drivers' en-route decision on diverting from the regular freeway route to the alternate local street route can be significantly influenced by VMS information. The impact of information is significantly influenced by the characteristics of driver, route, and VMS message of travel time. Travel time saving and drivers' driving age serve as positive factors in drivers' diversion behavior. Signal number on alternate local route, driving employer-provided public car, frequency of driving on freeway, and driver's being mid-age, serve as negative factors in diversion behavior. The findings have important implications for the operation of VMS-based advanced traveler information systems (ATIS).

Key words Variable Message Signs; Route Choice; Stated Preference Survey; Travel Time; Discrete Choice Analysis; Binary Probit Models; log-normal Distribution