

基于客流量预测的旅游公路投建决策研究

宋楚君, 雷定猷*, 单媛

(中南大学 交通运输工程学院, 长沙 410000)

摘要: 旅游公路的建设能够提升景区通达性, 为景区带来经济效益, 同时也需要大量的资金投入. 由于建设资金的限制, 需要根据旅游公路收益率对实际投建项目进行决策. “旅游公路收益率计算模型”通过对景区在不同旅游交通条件下的客流量进行预测, 定量分析旅游公路建设对客流量的影响, 计算出不同旅游公路建设项目的收益率. 该模型中客流量预测以游客对景区的“旅游资源吸引力”和“旅游阻力”评价分布曲线为基础, 认为游客对景区做出选择是基于对该景区的“旅游资源吸引力”评估大于“旅游阻力”评估. 同时以我国西南地区某县为例, 对该县旅游公路建设项目进行投建决策分析.

关键词: 交通运输经济; 投建决策; 客流量预测; 旅游公路; 游客选择行为

The Investment and Construction Decision-making Research of Tourism Highway Based on Prediction of Scenic Spot Tourist Flow

SONG Chu-jun, LEI Ding-you, SHAN Yuan

(School of Traffic & Transportation Engineering, Central South University, Changsha 410000, China)

Abstract: The construction of tourism highway can enhance the transportation accessibility and bring economic benefits to the tourist attractions, however, it should rely on mass investment. Due to the limitation of funds, the priority of investment of tourism highway should be determined based on the rate of return. The “tourism highway yield calculation model” can predict tourist flow of the tourist attraction under different transport conditions (whether to build or rebuild the tourist highway), quantitative analysis the influence of tourist flow caused by the construction of tourism highway, and then calculate the yield of different construction projects. The model based on the tourists’ evaluation distribution curve of “tourism resource’s attraction” and “tourism resistance” in the tourist attraction, and hold the view that, visitors will choose the attraction which “tourism resource’s attraction” is greater than “tourism resistance” in their opinion. At the same time give an example of a county in the southwest in China, where make the decision for the county’s tourism highway construction projects.

Keywords: transportation economy; construction decision-making; tourist flow prediction; tourism highway; tourist choice behavior

0 引言

旅游公路是为沟通旅游景点而专门建设的道路工程^[1]。旅游公路建设项目需要投入大量资金,在旅游公路投建前必须对该旅游公路建设项目进行收益率预测,解释公路建设项目在经济上的合理性,为项目投资决策提供可行性依据。

在旅游交通方面,目前国外的研究主要集中在旅游交通政策管理、旅行者出行行为、交通与旅游需求的相互关系等,国内的研究主要集中在理论研究及规划。在公路的经济效益评估及建设投资决策方面,目前国内外学者大多采用层次分析法通过建立不同的评价体系对公路建设项目的经济效益进行评估:孟巍^[2]通过建立区域经济影响评价体系对高速公路的经济影响进行评价;Talvitie A.^[3]从经济学的角度建立工程经济系统(Engineering-economic system)对公路建设的投资、收益进行评估;W. Pienaar^[4]通过成本及效益分析对道路项目进行经济评价。

旅游公路的收益可通过修建公路后为景区带来的收益增量来体现。本文从游客心理角度出发,建立“旅游公路收益率计算模型”。模型根据游客对景区的“旅游吸引力”与“旅游阻力”评价预测出个体的选择行为,同时以个体选择为基础,通过概率论积分估算出群体的选择行为,对游客量进行预测。旅游公路的建设能在一定范围内减少“旅游阻力”,增加游客选择该景区的倾向性。模型对旅游公路建设前后不同条件下的游客数量进行预测,从而量化旅游公路建设项目为景区带来的经济效益,为旅游公路投建决策提供理论依据。

1 旅游公路投建决策机理

由于资金的限制,旅游公路投建的基本原则是使资金得到充分的利用,按照收益率的高低进行决策。

$$W_r: e_r = \max(e_i) (i = 1, 2, 3, \dots, n_i) \quad (1)$$

式中: W_r 表示决策出的投建项目; e_r 表示所决策出的公路建设项目 r 的收益率; i 表示待决策旅游公路项目; n_i 表示待决策项目数量。

旅游公路的建设以带动旅游产业发展为主要

目的,旨在为景区带来更高的经济收入。因此旅游公路建设项目的收益应体现在为景区带来的经济效益上,可通过预测修建旅游公路后所在景区的收入增加值来对旅游公路的收益率进行计算。因此收益率计算公式为

$$e_i = N_i C_i / W_i \quad (2)$$

式中: N_i 表示旅游公路建设项目 i 为景区带来的游客增量; e_i 表示旅游公路建设项目 i 的收益率; C_i 表示该景区预测年的旅客人均消费; W_i 表示旅游公路建设项目 i 的总投资。

2 旅游公路收益率计算模型

游客旅游行为发生的前提是认为景区的“旅游资源吸引力”大于“旅游阻力”。参照 MD 模型^[5]中的“效用”及“牺牲”曲线,通过调查分析将旅游地的“旅游资源吸引力”与“旅游阻力”评价分布曲线放置于同一坐标系内,并通过“旅游资源吸引力”大于“旅游阻力”的部分进行积分求出“潜在游客显化率”,同时通过不同交通条件下的游客量预测可计算出旅游公路建设项目的收益率。

2.1 旅游资源吸引力

(1) 基年旅游资源吸引力评价分布。

旅游资源吸引力是指旅游目的地由于自身的旅游资源激发出游客旅游动机的能力。旅游资源吸引力的产生基础是景区旅游资源的自身特性,同时也存在不同游客的评价差异。

采用问卷调查的方式使游客从客观资源条件 g 和宣传认可水平 h 两方面对景区旅游资源吸引力 T_i 进行评价,同时采用 10 分制李克特量表对旅游资源吸引力评价进行量化,最后进行各项的加权求和求得该游客对景区资源吸引力的评价值 (g 、 h 的权重分别为 ξ_g 、 ξ_h)。

对一定范围内的游客进行调查,拟合出基年 i 景区旅游资源吸引力评价值分布概率密度函数 $f(t_i^0) \sim N(\mu_{t_i^0}, \sigma_{t_i^0}^2)$ 。其中 $f(g_i^0) \sim N(\mu_{g_i^0}, \sigma_{g_i^0}^2)$ 及 $f(h_i^0) \sim N(\mu_{h_i^0}, \sigma_{h_i^0}^2)$ 。

(2) 预测年旅游资源吸引力评价分布。

预测年旅游地客观资源条件 g 与基年基本一致,宣传认可水平 h 将随着经济水平的增长而有所

增加.令预测年与基年的GDP比值 $\frac{GDP^j}{GDP^0} = k^j$,则预测年宣传认可水平为

$$h_i^j = h_i^0 \sqrt{k^j} \quad (3)$$

预测年*i*景区的旅游资源吸引力评价分布函数 $f(t_i) \sim N(\mu_{t_i}^j, \sigma_{t_i}^2)$,则可计算出其中

$$\mu_{t_i}^j = \xi_g \mu_{g_i}^0 + \xi_h \sqrt{k^j} \mu_{h_i}^0, \sigma_{t_i}^2 = \xi_g \sigma_{g_i}^2 + \xi_h k^j \sigma_{h_i}^2$$

2.2 旅游阻力

本文中“旅游阻力”指为了进行旅游活动所付出的时间、金钱、不适的体验等,可用式(4)计算.

$$R = \mu_1 M + \mu_2 C + \mu_3 I \quad (4)$$

式中:*R*表示旅游阻力;*M*表示从旅游集散地到旅游景区的时间;*C*表示旅游费用;*I*表示其他影响旅游体验的因素; μ_1 、 μ_2 、 μ_3 分别表示各个因素的系数.

为了使时间*M*和费用*C*的单位一致,引入时间价值*v*,将时间单位转化为货币单位.同时用疲劳系数 ρ 作为旅游公路行驶时间*M*的系数.用*j*表示预测年是否建设旅游公路的系数:*j* = 0表示该景区不进行旅游公路建设项目,*j* = 1表示该景区进行旅游公路建设项目,则旅游景区*i*在预测年*t*的旅游阻力 r_i^j 可按照式(5)计算.

$$r_i^j = \rho_i^j m_i^j v_i^j + c_i^j \quad (5)$$

式中: m_i^j 表示旅游景区*i*在预测年*t*的旅游公路行驶时间; v_i^j 表示旅游景区*i*在预测年*t*的游客时间价值,可按照 $v_i^j = \sqrt{k^j} v_i^0$ 计算; c_i^j 表示旅游景区*i*在预测年*t*的游客平均旅游费用,包括交通费用 c_1 及景区门票、住宿费用 c_2 ,可按照 $c_i^j = c_i^0 \sqrt{k^j}$ 计算.

旅游景区*i*在预测年*t*的疲劳系数 ρ_i^j 可用式(6)计算.

$$\rho_i^j = \alpha x_i^j + \beta y_i^j + \chi z_i^j \quad (6)$$

式中: x_i^j 、 y_i^j 、 z_i^j 分别表示旅游景区*i*在预测年*t*不同道路条件下的道路的崎岖颠簸度、景色可观赏度及表示道路安全度; α 、 β 、 χ 为相应的系数.

根据当地*t*年游客的时间价值分布函数 $f(v_i) \sim N(\mu_{v_i}^j, \sigma_{v_i}^2)$ 及式(5)可得出景区*i*年旅游阻力评价分布曲线 $f(r_i^j)$.其中 $\mu_{r_i^j} = \rho_i^j m_i^j \mu_{v_i}^j + c_i^j, \sigma_{r_i^j}^2 = (\rho_i^j m_i^j)^2 \sigma_{v_i}^2$.

若道路的疲劳系数、行驶时间只与道路路况有关,则 $\mu_{r_i^j} = \sqrt{k^j} (\rho_i^j m_i^j \mu_{v_i}^0 + c_i^0), \sigma_{r_i^j}^2 = k^j (\rho_i^j m_i^j)^2 \sigma_{v_i}^2$.

2.3 旅游公路收益率计算

实际游客与潜在游客的比率称之为显化率,用公式表示为

$$\frac{q_i}{Q_i} = k \quad (7)$$

式中: q_i 表示景区的实际游客人数; Q_i 表示景区的潜在游客人数,可用景区所在市区范围内游客周转量*P*来表示;*k*表示该景区的潜在游客显化率.

如图1所示,将旅游资源吸引力评价分布函数*f*(*t*)、旅游阻力评价分布函数*f*(*r*)构建于同一坐标体系内,*g*(*r*)是将*r*转化为与*t*相同单位的转化函数,根据一般规律 $g(r) = \theta r + \gamma$,参数数值可通过历史数据计算.通过转化函数对*f*(*t*)大于*f*(*r*)的部分进行积分,可对潜在游客显化率进行求解.

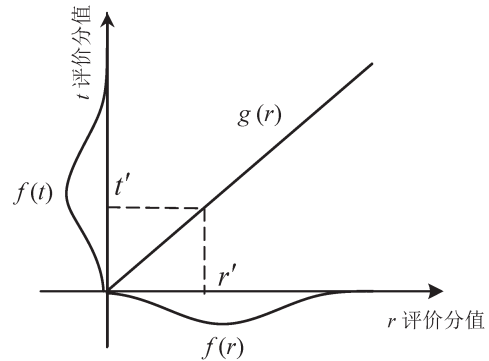


图1 潜在游客显化率计算图示

Fig. 1 Calculation sketch map for the explicit ration of potential tourists

图1中,旅游阻力评价分值*r*通过转化函数*g*(*r*)可转化为与之相对应的*t*值*t'*(即 $t' = g(r')$),对*f*(*t*)中大于*t'*的部分进行积分,即为*r* = *r'*时游客选择实现出行的概率: $k' = \int_{g(r')}^{+\infty} f(t) dt$.在*r*的取值区间内对*r*所有取值进行积分即为潜在游客显化率.

$$k = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} f(r) \int_{g(r)}^{+\infty} f(t) dt dr \quad (8)$$

式中: r_{\max} 与 r_{\min} 分别表示游客对旅游阻力评价的最大值、最小值.

将改建(新建)旅游公路项目前后的旅游阻力评价分布 $f(r_i^0)$ 、 $f(r_i^j)$ 放置在同一坐标内,如图2所示.

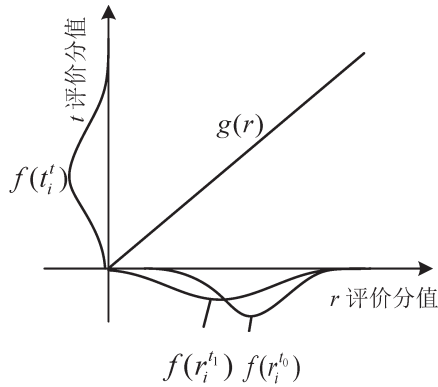


图2 潜在游客显化率增量计算图示

Fig. 2 Calculation sketch map for the increment in explicit ration

图2中,预测年旅游公路建设项目完工后,减小了游客的旅游阻力,因此 $\mu_{r_i^t} < \mu_{r_i^0}$ 。根据式(8),预测年不同道路状况下的潜在游客显化率差值 k_i^{α} 为

$$k_i^{\alpha} = k_i^t - k_i^0 = \sum_{j=0}^{i-1} \left\{ (-1)^{j+1} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} f(r_i^t) \int_{g(r)}^{+\infty} f(t_i) dt dr \right\} \quad (9)$$

用 Q_i^t 表示 t 年潜在游客量,则预测年新建公路项目 i 对景区带来的收益增量 N_i^t 为

$$N_i^t = Q_i^t \cdot k_i^{\alpha} \quad (10)$$

根据式(2), t 年的收益率可用公式 $e_i^t = N_i^t C_i / W_i$

进行计算.因此项目收益率 e_i 可表示为

$$e_i = \sum_{t=1}^{n_i} e_i^t \quad (11)$$

式中: n_i 表示收益率计算年限.

3 实例分析

位于我国西南地区的某县拥有丰富的生态茶园及历史古镇旅游资源,现阶段此县的A景区及B景区均有进行公路改扩建的需求,但由于当地用于交通建设的资金限制,需要对待建景区进行收益率分析,确定首先进行投建的旅游公路项目.

3.1 旅游资源吸引力评价分布调查

(1) 调查内容.

调查内容分为两部分,第一部分是游客的基本信息,包括收入水平、职业、居住地等;第二部分是通过分项打分的方式对景区进行旅游资源吸引力评价.具体评价指标如表1所示.

(2) 调查样本数.

调查样本数采用市场细分法确定,根据最近研究表明,每个调查市场至少需要75个样本.通过参考近年来该县的游客组成,对调查样本数进行确定.不同类型游客所需要的样本数如表2所示.

表1 旅游资源吸引力调查指标
Table 1 Index of tourism resource's attraction

目标	综合指标	基本指标	指标权重	评价内容	评分标准				
					1~2	3~4	5~6	7~8	9~10
旅游资源评价	客观资源条件 g	A_1 观赏价值	$\rho_{A_1} = 0.16$	美感度	差	一般	比较美	很美	非常美
		A_2 特有价值	$\rho_{A_2} = 0.14$	珍稀程度	无珍稀资源,景观常见	个别珍稀资源,景观常见	少量珍稀资源,景观少见	较多景观资源,景观少有	大量珍稀资源,景观罕见
		A_3 休闲娱乐价值	$\rho_{A_3} = 0.07$	娱乐活动丰富程度	较少	一般	较多	很多	非常多
		A_4 生态环境价值	$\rho_{A_4} = 0.11$	生态环境完整度	破坏严重	破坏不严重	较为完整	很完整	非常完整
		A_5 其他附加值	$\rho_{A_5} = 0.12$	民俗体验、历史人文价值等	较少	一般	较多	很多	非常多
宣传认可水平 h		B_1 宣传力度	$\rho_{B_1} = 0.22$	游客对景区的了解度	不了解	稍有了解	较多了解	很了解	非常了解
		B_2 认可度	$\rho_{B_2} = 0.18$	对景区的认可情况	不认可	稍有认可	较为认可	很认可	非常认可

表2 调查所需样本数

Table 2 Number of samples required for investigation

年休假时长								
<30天		30~60天		>60天				
月收入/元	居住地		月收入/元	居住地		月收入/元	居住地	
	本省	外省		本省	外省		本省	外省
<1 500	75	160	<1 000	80	200	<1 000	87	110
[1 500,3 500)	90	230	[1 000,2 500)	115	220	[1 000,2 500)	110	135
[3 500,5 500)	125	315	[2 500,4 000)	150	370	[2 500,4 000)	160	200
[5 500,7 500)	100	275	[4 000,5 500)	130	345	[4 000,5 500)	145	160
≥7 500	75	120	≥5 500	110	150	≥5 500	75	95

(3) 调查数据的处理.

根据1.1节所设计的调查方案,共得到4 487份评价数据,且不同类型的样本数据数量满足表3的需求.采用“专家评分”的方式,让该县旅游局及旅游资源评价方面的专家对两景区的旅游资源进行评分,因此在不同的样本类型中随机抽取

评价值,以概率 $\frac{|t_i - T_{min}| + |t_i - T_{max}|}{T_{max}}$ (T_{min} 、 T_{max} 为专家评价的最大值、最小值)对其进行剔除,筛选出4 000份有效数据,用Matlab软件对数据进行分析.游客对景区的评价分布如图3和图4所示,其中横坐标代表相应的评价分值,纵坐标表示评价该分值的人数.

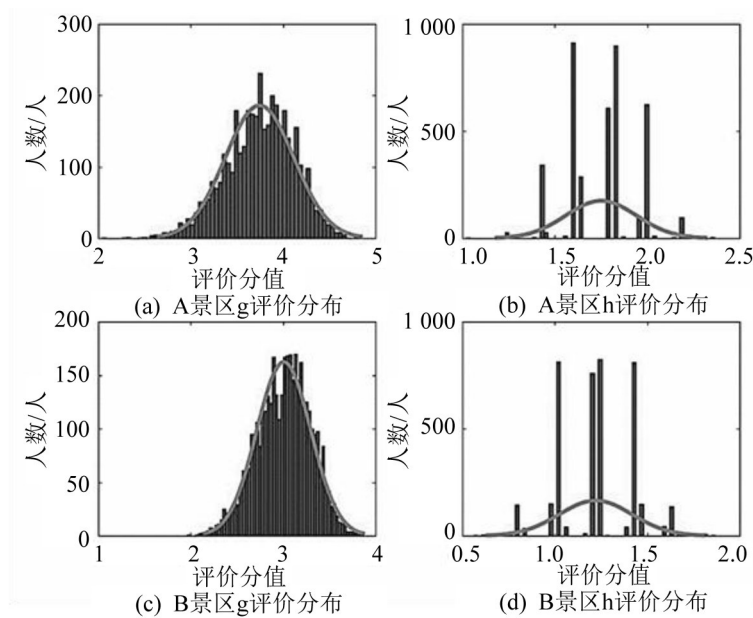


图3 景区g、h评价分布

Fig. 3 Assess distribution of g and h in scenic spots

根据该县旅游资源吸引力评价标准, $\xi_g = 0.6$, $\xi_h = 0.3$,基年A景区与B景区旅游资源吸引力评价分布基本服从正态分布.

$$f(t'_A) \sim N(5.58, 0.35) \tag{12}$$

$$f(t'_B) \sim N(4.23, 0.32) \tag{13}$$

则根据2.1节的计算公式,未来*t*年景区旅游资源吸引力评价分布为

$$f(t'_A) \sim N(3.84 + 1.74\sqrt{k'}, 0.15 + 0.20k') \tag{14}$$

$$f(t'_B) \sim N(2.98 + 1.25\sqrt{k'}, 0.11 + 0.21k') \tag{15}$$

3.2 旅游阻力评价分布函数计算

参照该县年鉴中关于游客收入水平方面的统计数据及个人收入与时间价值的对应关系^[6-7],可得出该县基年游客时间价值的分布情况:服从 $\mu_v^0 = 13.76$ $\sigma_v^0 = 4.37$ 的正态分布.通过相关系数判定,该

地区旅游公路相关指标值如表3所示.

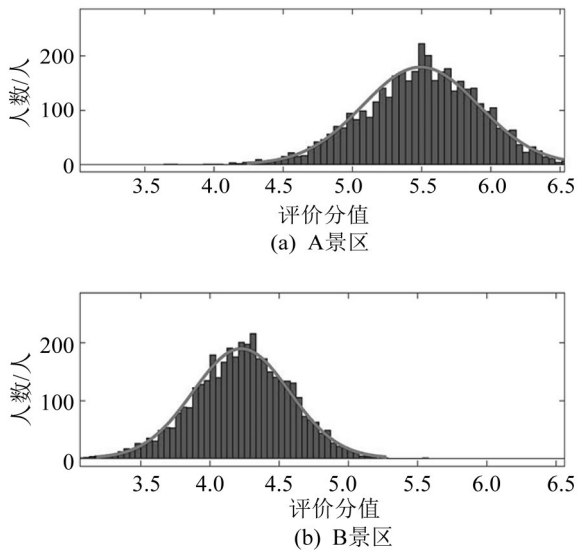


图4 景区旅游资源吸引力评价分布

Fig. 4 Assess distribution of tourism resource's attraction

表3 景区旅游公路不同条件下指标值

Table 3 Index value of tourist highway under different conditions

景区	旅游道路 行驶时间 m_w/h	交通费用 $c_t/\text{元}$	疲劳系数 ρ_w
A	1.43	30	0.86
	1.93	39	1.37
B	0.23	10	0.93
	0.35	14	1.42

根据式(6),未来 t 年不同交通条件下A景区与B景区旅游阻力评价分布为

$$f(r_A^t) \sim N(75.383\sqrt{k^t}, 30.552k^t) \quad (16)$$

$$f(r_B^t) \sim N(46.922\sqrt{k^t}, 20.811k^t) \quad (17)$$

$$f(r_A^0) \sim N(20.839\sqrt{k^t}, 1.079k^t) \quad (18)$$

$$f(r_B^0) \sim N(12.943\sqrt{k^t}, 0.200k^t) \quad (19)$$

3.3 旅游公路投建决策分析

通过潜在游客显化率的不同计算方法,联立式(7)和式(8)得

$$k = \frac{q_i}{Q_i} = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} f(r) \int_{g(r)}^{+\infty} f(t) dt dr \quad (20)$$

选取2010年数据用于 $g(r)$ 参数计算,2010年的市区游客周转量 $Q_i=82$ 万人次、A景区实际游客数量26万人次及旅游资源吸引力评价服从 $f(t_A) \sim N(2.47, 0.12)$ 、旅游阻力评价分布服从 $f(r_A^0) \sim N(44.61, 13.91)$,根据式(20)计算出 $g(r) = \theta r + \gamma$

中 $\theta=46.25, \gamma=29.67$.

根据项目建设估算,景区A旅游公路建设需投资858万元,景区B旅游公路建设需投资540万元.本文选取2015年作为预测基年,根据当地人均GDP及地区年客流量的预测数据,依据旅游公路收益率计算模型对为来年景区的收益率进行计算,计算周期为15年,如表4所示.

表4 主要年份旅游公路收益率预测

Table 4 Prediction for the yield of tourism highway in main years

年份	该地区人均 GDP/元	该地区年客 流量/万人次	景区旅游公路 年收益率(折现后)	
			A	B
2015	21 762	109.51	0.097	0.086
2017	24 850	132.50	0.102	0.097
2019	26 221	146.27	0.126	0.103
2021	28 917	176.99	0.143	0.129
2023	31 861	214.16	0.193	0.147
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2030	55 420	440.22	0.306	0.211

由表4可以看出,A景区旅游公路收益率在预测未来年内均大于B景区,且由于两景区在预测年的游客人均消费及游客时间价值等变量增速相当,可认为未来年 $e_A > e_B$,建议首先实施A项目.

4 结论

本文从游客选择行为的角度提出一种计算旅游公路建设项目的收益率的新方法,并运用此方法对旅游公路进行投建决策.与传统的层次分析法不同,用于决策的“旅游公路收益率计算模型”从游客的旅游心理出发,对“旅游资源吸引力”与“旅游阻力”评价进行调查,以此为基础通过旅游公路建设前后不同路况下的客流量对比,对公路建设项目的经济效益进行评估,为旅游公路的建设决策提供参考依据.将该模型运用到我国西南地区某县旅游公路投建决策分析,认为A景区旅游公路改造项目收益率更高,应该首先投入建设.

参考文献:

[1] 薛明, 马忠英, 叶奋. 青海省高原旅游道路的景观与环境设计[J]. 中国公路学报, 2001, 14(S0): 39-43. [XUE

- M, MA Z Y, YE F. Design of landscape and environment of the plateau tour-road in Qinghai province[J]. China Journal of Highway and Transport, 2001, 14(S0): 39-43.]
- [2] 孟巍. 高速公路对区域经济影响分析与评价方法研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2006. [MENG W. The research on evaluation method and influences analysis of expressway on regional economic[D]. Changsha: Changsha University of Science & Technology, 2006.]
- [3] TALVITIE A. Evaluation of road projects and programs in developing countries[J]. Transport Policy, 2000, 7(1): 61-72.
- [4] PIENAAR W. Economic evaluation of the proposed road between gobabis and grootfontein, namibia[J]. South African Journal of Economics, 2008, 76(4): 667-684.
- [5] 宋雪梅, 蒋阳升, 云亮. MD 预测模型的计算方法研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2010, 8(2): 65-69. [SONG X M, JIANG Y S, YUN L. Study on the calculation method of MD forecast model[J]. Journal of Transportation Engineering and Information, 2010, 8(2): 65-69.]
- [6] 宗芳, 隽志才, 张慧永, 等. 出行时间价值计算及应用研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2009, 9(3): 114-119. [ZONG F, JUAN Z C, ZHANG H Y, et al. Calculation and application of value of travel time[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2009, 9(3): 114-119.]
- [7] JIANG Y, CHEN Y, CHEN Z. Study on the parameter estimation in the modal demand forecast theory[C]// International Conference on Transportation Engineering 2007. ASCE, 2014: 4020-4025.

上接第 13 页

- [32] 葛芳. 大城市地面公交优先技术策略模型与实证研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010. [GE F. Study on model and demonstration of public transit priority technology strategy in megalopolis[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2010.]
- [33] 张卫华, 陆化普, 石琴, 等. 公交优先的信号交叉口配时优化方法[J]. 交通运输工程学报, 2004, 4(3): 49-53. [ZHANG W H, LU H P, SHI Q, et al. Optimal signal-planning method of intersections based on bus priority[J]. Journal of Trafficand Transportation Engineering, 2004, 4(3): 49-53.]
- [34] 吴娇蓉, 郑宇. 设定服务水平的公交专用道通行能力研究[J]. 同济大学学报(自然科学版). 2008, 36(2): 197-201. [WU J R, ZHENG Y. Capacity research of bus lane of given level of service[J]. Journal of Tongji University(Natural Science), 2008, 36(2): 197-201.]
- [35] 陆化普, 文国玮. BRT 系统成功的关键: 带形城市土地利用形态[J]. 城市交通, 2006, 4(3): 11-15. [LU H P, WEN G W. Key to the success of BRT: the linear urban land use pattern[J]. Urban Transport of China, 2006, 4(3): 11-15.]
- [36] GENNARO N BIFULCO, GIULIO E CANTARELLA, FULVIO SIMONELLI, et al. Advanced traveler information systems under recurrent traffic conditions: Network equilibrium and stability[J]. Transportation Research Part B, 2016, 7, in press.
- [37] RYU B Y, JUNG H J, BAE S H, et al. Estimation of carbon dioxide emissions per urban center link unit using data collected by the advanced traffic information system in Daejeon, Korea[J]. Atmospheric Environment, 2013(81): 433-442.

上接第 19 页

- [6] 郝成, 李静, 李雪梅, 等. 基于粗糙集的城市轨道交通项目效益因素多元组合权重研究[J]. 中国铁道科学, 2008, 29(6): 121-125. [HAO C, LI J, LI X M, et al. Research on the combination weight of multiple benefit factors in urban rail transit project based on rough set[J]. China Railway Science, 2008, 29(6): 121-125.]
- [7] 熊萍, 程华斌, 吴晓平. 基于粗糙集理论的一种综合定权法[J]. 海军工程大学学报, 2003, 15(1): 53-56. [XIONG P, CHENG H B, WU X P. A synthetic weighting method based on rough sets[J]. Journal of Naval University of Engineering, 2003, 15(1): 53-56.]