

# 网络环境下公路节省时间效益的测算

吴焱<sup>1</sup>,王建军<sup>1</sup>,徐华慧<sup>1</sup>,梁志林<sup>2</sup>

(1. 长安大学 建筑学院,陕西 西安,710064; 2. 天津高速公路集团有限公司,天津 300384)

**摘要:**为准确评估公路网的营运经济效益,选取最具影响力的指标因素即节省时间效益,作为测算对象。基于路网与单路时间效益测算方法的对比,提出了公路网按节点选择、路径选择、节省出行时间价值的时间效益计算方法,并以张家口市公路网为实例,验证了该算法的有效性。结果表明:该方法改进了以往研究中只计算单条路段的节约时间价值的弊端,重点分析了组成路网的各条路段间的时间节约模型计算方法;其中节点选择模型以人口、生产总值、公路客货运量为节点重要度计算指标,更能充分真实的反映张家口市路网各节点的区域特征;路径选择模型考虑出行者行为偏好,使得出行者的个人意愿从理性的角度得到满足,更符合实际情况且简单实用;基于节点重要度计算和最优路径选择,利用路段特性函数计算时间价值,充分考虑了路段与路段之间效益的影响,更显合理;路网节约时间效益测算方法更符合公路建成路网的运营状况,该方法可为公路网营运后评价提供理论支持。

**关键词:**交通工程;公路网;节省出行时间;出行时间价值

中图分类号:U491

文献标志码:A

## Calculation of time-saving benefits of highway under network environment

WU Yan<sup>1</sup>, WANG Jian-jun<sup>1</sup>, XU Hua-hui<sup>1</sup>, LIANG Zhi-lin<sup>2</sup>

(1. School of Architecture, Chang'an University, Xi'an 710061, Shaanxi, China;

2. Tianjin Expressway Group Co Ltd, Tianjin 300384, China)

**Abstract:** To accurately assess the economic efficiency of road network operation, this paper selected the most influential factor, benefits of saving time, as measured object. On the base of the contrast between road network and single path time-efficiency calculation methods, this article obtained the calculation procedures of time saving benefits by node selection, path selection and the value of travel time saving. Finally, in order to verify its effectiveness, this paper took the road network in Zhangjiakou as an example. The results show that the method overcomes the drawbacks of previous studies only on the value of time saving on single path, which focus on the calculation model of the value of time saving in various sections for road network. Among them, the node selection model selects population, GDP, road passengers and cargo traffic as indicators for Computing Importance of Nodes can more fully and truly reflect each node's regional characteristic of the road network in Zhangjiakou. The route choice model considering travel behavior preferences satisfies travelers' personal wishes from a rational perspective, which is more in line with the actual situation and simpler and more practical. Using link performance function to cal-

culate the time value based on calculation of node importance and optimal path selection gives full consideration of benefits interaction the sections and sections, which is more reasonable. In a word, the calculation method of the value of time saving for the road network is more in line with the operational status of the completed highway network, and the method can provide theoretical support for the evaluation of the running road network. 2 tabs, 2 figs, 13 refs.

**Key words:** traffic engineering; road network; travel time saving; value of travel time saving

## 0 引言

在许多国家的交通运输规划中,出行和运输时间价值效益通常是一项重要的考虑内容,公路建设项目的直接经济效益分析指标包含降低运营成本效益、旅客时间节约效益、减少交通事故效益等。其中,时间节约效益已经构成了公路建设投资效益的重要组成部分。研究表明,公路运营所产生的经济效益中,节省时间价值效益约占总效益的 25%~50%<sup>[1]</sup>。迄今为止,很多国家已经在交通运输经济和项目评价中对出行时间节约效益进行了标定方法。但所采用的标定,在其数值的确定和高低水平上都存在不同的看法。国外(如美国、英国、荷兰、澳大利亚、加拿大等)已针对道路各种出行时间效益影响因素建立了不同的时间价值计算模型<sup>[2-4]</sup>。如基于随机效用理论的时间分配模型,此方法较灵活,但伴有边际效用恒定的约束性假设;还有使用较多的混合 Logit 模型估算方法,但方法本身的基础理论模型比较复杂。而中国主要将节约时间效益渗透在公路项目国民经济评价中,基于“有无比较法”估算旅客时间节约效益,研究的侧重点偏于经济评价<sup>[5-6]</sup>;也有学者借鉴国外研究,基于消费者效用函数和基于旅客出行决策偏好研究时间节省价值计算模型,但研究大多只针对单条道路展开评价或估算,没有针对路网条件展开,忽略了路段与路段之间效益的影响关系<sup>[7-12]</sup>。为此,本文将针对网络环境下的公路节省时间效益的测算方法进行研究,由组成路网的要素,即节点和路段逐层展开分析,建立测算模型,并以张家口公路网为实例测算该方法的有效性。

## 1 公路网节约时间效益测算思路

单条路表征的是线,它是公路网的重要组成部分。而公路网表征的是一块区域,是网络。从空间地理意义上讲,公路网可看作是由不同道路功能和不同技术等级的单条公路组成。因此,两者在计算时间效益指标时并无本质区别,只是在计算量以及

效益如何叠加的问题上有很大的不同。

### 1.1 单条路线节约时间效益的计算

单条路线时间价值的测算比较单一,即该线路建成现状产生的时间效益与投建前的实际效果的比较分析。必须指出的是,单条路线的时间效益不涉及路段与路段之间效益的相互影响关系。某种意义上讲,单路的时间效益可以是组成线路的各路径时间效益的点 and。

### 1.2 公路网节约时间效益的计算

公路网的节约时间效益计算并不是简单地由组成路网的各路径时间效益的加和。计算公路网节约时间效益方法是基于节点选择的,将一条路网看成若干条由两两相邻节点之间的路径组成的路线集合。选取的节点进行两两配对组成路网中任意 2 个节点之间的线路,确保研究区域内任意 2 个节点都有线路连通。在此基础上,运用最优路径选择模型得到公路网最优出行路径,选择合适的车辆时间计算模型,分别将每条最优路段的车辆行驶时间计算出来,再通过加和得到各条线路的车辆行驶时间。这样就可以测算出路网建设运营前后的车辆行驶时间,进而可以运用时间价值计算模型算出节约的出行时间以及时间价值。如上述分析,单路与公路网节省时间效益测算的区别如下页图 1 所示。

## 2 公路网节点选取及路径选择模型

根据上述分析,区域干线路网出行时间节约效益计算是要将公路网按起始节点的不同分成若干条不相同的路线,然后对各条路线进行分析。一条路线由若干节点链接而成,路线上节点与节点间的部分称为路径(或路段),这样整个公路网就可以看作是由相邻节点间选择出的最优路径组合而成的路线。下面将讨论节点的选取和路径的选择。

### 2.1 路网节点的选取原则

(1) 节点必须有至少一条干线道路经过。

(2) 节点所在区域的经济、人口、面积必须达到一定规模,能代表相当一部分人的出行生活聚集点,根据节点重要度原理来选取节点。

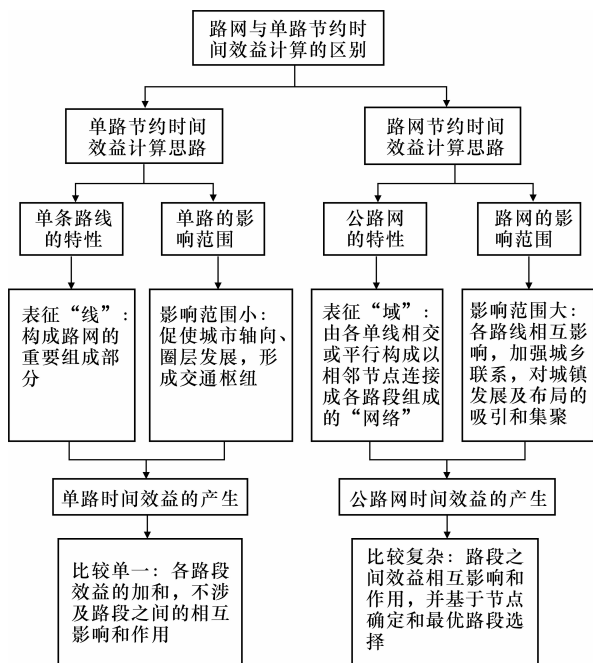


图 1 单路与路网节约时间效益计算的区别

Fig. 1 Difference between single path and road network in time saving benefits calculation

重要度是描述 1 个节点在区域内重要程度的相对指示,为了真实、全面的反映 1 个节点的重要度,最终选择人口、生产总值、公路客运量和货运量 4 个指标作为节点重要度计算的相关指标。人口是节点规模大小的直接反映;生产总值是经济发展速度的重要表现形式;公路客、货运量是交通重要性和活跃性衡量标准。这 4 个指标从不同角度反映 1 个节点的功能强弱情况,直接可以用量来表示。本模型在计算节点重要度前需将节点分类,分成各等级(市、县级节点、乡镇级节点等),重要度计算式为

$$I_i = a_1 P_i / \bar{P} + a_2 G_i / \bar{G} + a_3 K_i / \bar{K} + a_4 H_i / \bar{H} \quad (1)$$

式中:  $I_i$  为节点  $i$  的重要度;  $P_i$  为节点  $i$  的人口数(万人);  $G_i$  为节点  $i$  的国内生产总值(万元);  $K_i$  为节点  $i$  的公路客运量(万人);  $H_i$  为节点  $i$  的公路货运量(万  $t$ );  $\bar{P}$  为本类节点的平均人口数(万人);  $\bar{G}$  为本类节点的平均国内生产总值(万元);  $\bar{K}$  为本类节点的平均公路客运量(万人);  $\bar{H}$  为本类节点的平均公路货运量(万  $t$ );  $a_1, a_2, a_3, a_4$  为各项指标的权重,这里均取 1,表示这 4 个指标的重要度相同<sup>[12]</sup>。

计算得  $I_i > 2$  时,则此节点可以选择进行进一步研究,反之  $I_i < 2$  时,则此节点综合重要度不够大,不做考虑。

(3)路网经过的研究区域等级的下一级节点全部选取,其他等级节点用式(1)计算选取。如研究区域针对某省,那么路网经过的市级节点必须选择,县

级节点用式(1)计算和判断选取。

(4)节点所在地区干线路网变化大者优先于干线路网变化小者。

(5)路网中节点的新增必然意味着路网中干线道路的新增或者变化,干线道路的新增或者变化必然引起相关地区出行时间的变化。所以,路网中新增节点必须选择。

(6)新增干线道路上的重要节点必须选取;道路通过改建提升等级的干线道路上的重要节点必须选取。

(7)位于一条干线道路上距离很近的 2 个节点,在选择节点时可视为 1 个节点。

通过以上 7 点原则和方法对节点进行选择,各条原则之间并列共存,对节点的选择具有共同平等的约束作用。

## 2.2 路径选择模型分析

最优路径选择模型是考虑出行者行为偏好的一种多属性条件下的路径选择模型。本文将已知的路径信息作为客观信息,出行者将所关注的多个属性给出的偏好值作为主观信息,由于主观偏好与客观信息之间存在一定的偏差,为了使这种偏差尽可能的小,建立单目标优化模型,并采用解析的方法对模型进行求解。在节点选取的基础上,从出行者角度选择出行路径的问题由下面讨论的模型来进决。

设交通网络为  $G = (V(G), E(G))$ , 其中  $V(G)$  为节点集,  $|V(G)| = n$ ,  $E(G)$  为路段的集合。设给定起点  $s$  到终点  $d$  有  $J$  ( $J \geq 2$ ) 条路径,每条路径的性质由  $Q$  ( $Q \geq 2$ ) 个属性来表述,路径集合  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_J\}$  和属性集合  $U = \{q_1, q_2, \dots, q_Q\}$ , 令  $i$  ( $1 \leq i \leq J$ ) 为行变量,  $j$  ( $1 \leq j \leq Q$ ) 为列变量,  $a_{ij}$  为路径  $x_i$  关于属性  $q_j$  的取值,则决策矩阵  $A = \{a_{ij}\}_{J \times Q}$  为

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1Q} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{J1} & \cdots & a_{JQ} \end{bmatrix}$$

为了消除不同量纲对决策的影响,对决策矩阵  $A$  利用式(2)和式(3)做规范化运算。

成本型

$$r_{ij} = \min_{1 \leq i \leq J} \{a_{ij}\} / a_{ij}, i = 1, 2, \dots, J; j = 1, 2, \dots, Q \quad (2)$$

效益型

$$r_{ij} = a_{ij} / \max_{1 \leq i \leq J} \{a_{ij}\}, i = 1, 2, \dots, J; j = 1, 2, \dots, Q \quad (3)$$

并得到规范化矩阵  $\mathbf{R} = \{r_{ij}\}_{J \times Q}$ 。

设出行者在出发之前给出属性的主观偏好向量  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_Q)$ , 其中  $0 \leq \theta_j \leq 1$  ( $\theta_j$  为属性值), 当  $\theta_j$  越趋向于 1 时, 说明出行者对该属性的重视程度越高, 反之则对该属性的重视程度越低。这里把规范化矩阵  $\mathbf{R} = \{r_{ij}\}_{J \times Q}$  中的属性值  $r_{ij}$  看作出行者在属性  $q_j$  下对路径  $x_i$  的客观信息值。由于种种条件的制约, 出行者的主观偏好与客观信息之间存在着一一定的差距, 为了减少这种差距, 选择属性权重向量  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_Q)$  时要实现出行者的主观偏好与客观信息总偏差最小的目标。为此建立下列单目标优化模型为

$$\begin{aligned} \min F(\omega) &= \sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^Q [(r_{ij} - \theta_j) \omega_j]^2 \\ &= \sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^Q (r_{ij} - \theta_j)^2 \omega_j^2 \\ \text{s. t. } \omega_j &\geq 1, j = 1, 2, \dots, Q \text{ and } \sum_{j=1}^Q \omega_j = 1 \end{aligned}$$

用 Lagrange 乘数法对上述模型进行求解, 设 Lagrange 函数为

$$L(\omega, \xi) = \sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^Q (r_{ij} - \theta_j)^2 \omega_j^2 + 2\xi \left( \sum_{j=1}^Q \omega_j - 1 \right)$$

其中  $\omega_j, \xi$  为 Lagrange 乘子。对  $L$  分别以  $\omega_j, \xi$  为自变量求偏导, 并令偏导数为 0, 即

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_j} = 2 \sum_{i=1}^J (r_{ij} - \theta_j)^2 \omega_j + 2\xi = 0, j = 1, 2, \dots, Q \quad (4)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \omega_j} = \sum_{j=1}^Q \omega_j - 1 = 0 \quad (5)$$

由式(4)得

$$\omega_j = -\frac{\xi}{\sum_{i=1}^J (r_{ij} - \theta_j)^2}, j = 1, 2, \dots, Q \quad (6)$$

将式(6)代入式(5)中有

$$\xi = -\frac{1}{\sum_{j=1}^Q [1 / \sum_{i=1}^J (r_{ij} - \theta_j)^2]} \quad (7)$$

再由式(6)、式(7)解得

$$\omega_j = \frac{1}{\sum_{j=1}^Q [1 / \sum_{i=1}^J (r_{ij} - \theta_j)^2] \sum_{i=1}^J (r_{ij} - \theta_j)^2} \quad (8)$$

这样就得到了综合客观信息和主观偏好的属性权重向量

$$\mathbf{Z}_i(\omega) = \sum_{j=1}^Q r_{ij} \omega_j, i = 1, 2, \dots, J \quad (9)$$

计算各条路径的综合属性值, 最大的即为最优路径。

以下为该模型的具体实现步骤:

(1) 对决策矩阵  $\mathbf{A} = \{a_{ij}\}_{J \times Q}$  按照式(1)和式(2)计算规范化矩阵得  $\mathbf{R} = \{r_{ij}\}_{J \times Q}$ ;

(2) 出行者给出各个属性的主观偏好值  $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_Q)$ ,  $0 \leq \theta_j \leq 1$ , 并且满足;

(3) 根据式(8)计算属性的权重向量  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_Q)$ ;

(4) 根据式(9)计算路径的综合属性值  $Z_i(\omega)$  ( $i = 1, 2, \dots, J$ );

(5)  $Z_i(\omega)$  ( $i = 1, 2, \dots, J$ ) 中最大值所对应的路径  $x^*$  即为最优路径<sup>[13]</sup>。

此模型考虑到出行者的心理, 将驾驶人主观认为的出行相关因素与实际道路的相关因素相结合, 得到主观与客观差距最小的路径选择模型, 且此模型需要的已知数据较少, 难易程度适中, 计算方法较为简便, 实用性较强。

### 3 公路网节省时间效益的计算

#### 3.1 节省出行时间的计算

根据路径选择模型得到的多因素影响下的出行者选择路线, 可以得到由最优路线组成的公路网的里程和车辆运行时间。车辆运行时间的计算方法也有条件的约束。考虑到收集数据的难易以及交通条件等各项因素的影响, 在这里采用美国公路局 BPR(U. S. Bureau of Public Road)路段特性函数。公式为

$$t_a = t_0 [1 + \alpha (\frac{q_a}{c_a})^\beta] \quad (10)$$

式中:  $t_a$  为路段  $a$  上的阻抗(运行时间);  $t_0$  为零流阻抗, 即路段上为空静状态时车辆自由行驶所需要的时间;  $q_a$  为路段  $a$  上的交通量;  $c_a$  为路段  $a$  的实际通行能力, 即单位时间内路段实际可通过的车辆数;  $\alpha, \beta$  为阻滞系数, 美国的参数取值分别为  $\alpha = 0.15, \beta = 4$ <sup>[14]</sup>。

BPR 函数适用于路段长、交叉口少的干线路网中道路的研究, 且当  $q_a < c_a$  时, 函数计算比较准确, 适应性强, 而干线道路中正常情况下为  $q_a < c_a$ , 所以, 此函数适合本部分内容的研究。根据 BPR 函数并通过计算, 可以得到公路网建设前后的路网的车辆行驶时间, 也就可以得到路网建成前后路网车辆行驶的节省时间。BPR 函数考虑了交通流量的影响, 并且使用起来比较简便, 应用比较广泛。

#### 3.2 节省出行时间价值的计算

时间价值是公路建设项目时间节省经济效益的

一个重要参数。公路的建设与发展,改善了路网结构,提高了运输效能,促进了区域间的交流,同时也节约了大量的社会运输消耗,包括物质上的和时间上的,因而产生了巨大的经济效益。借鉴“建设项目经济评价方法与参数”,计算运输通道旅客单位时间价值的公式为

$$V=\sum_i^k\frac{I_{\text{GDP}}}{302\times8P}P_i$$

(11)

式中: $V$  为单位时间价值(元 $\cdot\text{h}^{-1}$ ); $I_{\text{GDP}}$  为  $i$  地区人均国民生产总值(元/人); $k$  为影响区的分区数; $P_i$  为节点  $i$  的人口数(万人); $P$  为通道影响区的总人口(万人)<sup>[5]</sup>。

### 4 实例分析

本文取 2000 年张家口公路网为参照对象,与规划年形成的比较完整的干线路网作对比分析,假设 2010 年公路网完全形成并投入运营。张家口干线公路网目前已形成了三纵(红)、四横(绿)、一线(蓝)的路网布局(图 2)。

#### 4.1 节点计算

根据理论部分中节点选择的原则和方法,基于目前张家口干线公路网的结构,选择张家口市干线公路网的节点,具体如图 2 所示。



图 2 张家口骨架公路及关键节点分布  
Fig. 2 Distribution of skeleton highways and key nodes in Zhangjiakou

对 2000 年的基本路网进行分析,得到两两相邻节点的组合:尚义—张北;尚义—怀安;尚义—张家口;尚义—阳原;尚义—逐鹿;怀安—逐鹿;阳原—逐鹿;下花园—赤城;下花园—蔚县;阳原—蔚县;张家口—沽源;张家口—阳原;张家口—逐鹿。为避免重复计算,两者在节点选择时相同路段的情况不予考

虑,只对两者路段选择可能产生不同结果的节点进行分析。

#### 4.2 网络路径选择

取上述 2000 年的路段(尚义—张北)作举例分析:有 2 条路径,一条是通过乡道直接向东到达张北县( $P_1$ );另一条是由尚义向北经过乡道到达东西方向的县道上往东走到张北县( $P_2$ )。第一条路径较短,但道路条件不如第二条;第二条路径较长,但道路条件较好。给定这两条路径关于时间和费用属性的客观信息分别为和(5.5,11.2)和(7.2,9.3),即得决策矩阵  $A$ ,根据理论部分具体实现步骤如下。

(1)对决策矩阵

$$A=[a_{ij}]_{J\times Q}=\begin{bmatrix}7.2 & 9.3 \\ 5.5 & 11.2\end{bmatrix}$$

(2)按式(1)和式(2)计算得规范化矩阵

$$R=[r_{ij}]_{J\times Q}=\begin{bmatrix}0.763 & 9 & 1.000 & 0 \\ 1.000 & 0 & 0.830 & 4\end{bmatrix}$$

(3)假设某出行者认为费用属性重要于时间属性,故设费用主观偏好值为  $\theta_2=0.95$ ,时间主观偏好值为  $\theta_1=0.58$ ,即得时间和费用的属性向量  $\theta=(\theta_1,\theta_2)$ ;

(4)根据式(8),计算属性的权重向量  $\omega=(0.074,0.262)$ ;

(5)根据式(9),计算两条路径属性值  $Z(P_1)=0.982\,5,Z(P_2)=0.842\,9$ ;

(6) $Z(P_1)$  大于  $Z(P_2)$ ,故选择路径  $P_1$ 。

根据这个步骤,也可得出其他节点之间的路径选择结果。这样张家口公路网建设前后所选任意 2 个节点之间基于出行者选择的最优路径就可分析出来。

#### 4.3 节约出行时间计算

根据 BPR 路段特性函数,将张家口干线公路网建成前(2000 年)与建成后(2010 年)节省的道路出行时间用节点确定的路径变化来表示。以路段(康保—尚义,尚义—张家口,张家口—张北)为例,罗列各路段建设前后节约时间,见表 1。

根据以上计算,结合需求部分得出的结果,得到基于出行者特性和需求情况下张家口干线公路网节省的出行时间总和为 1 261 min。

表 1 节省时间统计示例

Tab. 1 Samples for statistics of time saving

路段	2000 年行驶时间/min	2010 年行驶时间/min	节省的时间/min
康保—尚义	215	145	70
尚义—张家	150	100	11
张北—张家	95	45	0

4.4 节省的时间价值计算

根据理论部分,按张家口干线路网预测出的大客车和小客车的比例分配,得到张家口特征年单位客车的出行时间价值,并基于出行者特性和需求情况节省的出行时间得到各特征年节省的时间价值,见表 2。

表 2 特征年节省的时间价值  
Tab. 2 Time saving values of specific years

年份	车型	单位时间价值/ (元·(veh·min <sup>-1</sup> ))	节省时间价 值/万元	合计/万元
2010	小客车	0.585	4 000	6 881
	大客车	3.217	2 880	
2020	小客车	0.850	60 009	117 049
	大客车	5.000	57 040	
2025	小客车	0.880	99 800	193 960
	大客车	5.202	94 160	

以张家口干线路网现状图为例,验证了本模型适用于路网条件下节约时间效益的测算。节点选择模型中选择人口、生产总值、公路客货运量为节点重要度计算指标,能充分真实地反映张家口市路网各节点的人口、经济等区域特征;算例也说明了主观偏好的确对路径选择结果有很大的影响,路径选择模型使得出行者的个人意愿从理性的角度得到了满足,更符合实际情况,并且简单实用;基于节点重要度计算和最优路径选择,利用路段特性函数计算时间价值更显得合理,因为其充分考虑了路段与路段之间效益的影响,并且实例的最后部分根据预测数据也方便地计算出结果,为公路建成项目经济评价提供了基础依据。

5 结 语

(1)与单条路线节约时间效益计算相比,路网的节约时间效益计算不是各路段效益的简单叠加,要考虑各条路线之间相互的影响和作用,路网可看作是由相邻节点间选择出最优路径组合而成的路线集合。

(2)在节点选择部分,得出了路网节点选取的一般规律,考虑与节点关联较大的因素,引用了基于关联分析的公路网节点重要度计算公式;在路径选择部分,考虑出行者行为偏好与客观路径信息的偏差,建立了单目标优化模型,进而用数学解析方法求解模型,得出了较简单的路径选择计算方法。

(3)基于节点选择和最优路径选择,本文采用了较实用的 BPR 路段特性函数得出路网总的节约时间;进而,借鉴“建设项目经济评价方法与参数”,运输通道旅客单位时间价值的计算公式得出路网总的节约时间价值。

参考文献:

References:

[1] 朱 达. 基于旅客出行选择的旅行时间价值研究[D]. 北京:北京交通大学,2008.  
ZHU Da. Research on the value of travel time based on travel decision-making[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University,2008. (in Chinese)

[2] Jiang M L,Morikawa T. Theoretical analysis on the variation of value of travel time savings[J]. Transportation Research A,2004,38(8):551-571.

[3] Stephane H,Michel B,John W P. Estimation of value of travel-time savings using mixed logit models[J]. Transportation Research A,2005,39(2-3):221-236.

[4] Juande D O,Luis G. Willumsen modelling transport [M]. West Sussex:John Wiley & Sons,1994.

[5] 王 丽,何良德,钟 霞. 公路建设项目经济评价方法及应用[J]. 建筑管理现代化,2005,81(2):22-25.  
WANG Li, HE Liang-de, ZHONG Xia. Economic evaluation and its applications of the highway construction [J]. The Modernization of Construction Management,2005,81(2):22-25. (in Chinese)

[6] 肖秋生,任福田,叶 彬. 公路建设项目国民经济评价方法的研究[J]. 中国公路学报,1995,8(1):131-136.  
XIAO Qiu-sheng, REN Fu-tian, YE Bin. Research in economic evaluation of highway construction projects [J]. Journal of China Road, 1995, 8(1): 131-136. (in Chinese)

[7] 王海洋. 客货运输时间价值的确定方法研究[D]. 西安:长安大学,2001.  
WANG Hai-yang. Method for determination of the time value of the passenger and freight transport [D]. Xi'an:Chang'an University,2001. (in Chinese)

[8] 刘东坡. 旅客旅行时间价值分析方法研究[D]. 上海:经济管理学院,2003.  
LIU Dong-po. Research on the approach to the travel time value analysis[D]. Shanghai:Economy and Management School,2003. (in Chinese)

[9] 顾 典. 旅客出行时间节省价值的研究[D]. 上海:上海海事大学,2005.  
GU Dian. Research on passengers' travel-time Savings [D]. Shanghai: Shanghai Maritime University, 2005. (in Chinese)

[10] 王 方. 基于 SP 调查的行为时间价值研究[D]. 北京:北京工业大学,2005.  
WANG Fang. Study on travel time value of urban public transportation based on stated preference sur-

- vey[D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2005. (in Chinese)
  - [11] 吴群琪,徐 星. 旅客出行选择的机理研究[J]. 长安大学学报:社会科学版,2007,9(2):14-16.  
WU Qun-qi,XU Xing. Mechanism research on traveling choices of passengers[J]. Journal of Chang'an University:Social Sciences Edition, 2007, 9 (2): 14-16. (in Chinese)
  - [12] 王 旭,刘世铎,贾红兵. 基于灰色关联分析的公路网节点重要度测算方法研究[J]. 交通标准化,2011(8):91-94.  
.....
  - (上接第 70 页)
  - [ 2 ] 刘晨慧,戚春华,朱守林. 内蒙古草原旅游公路交通量预测方法研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2010,31(1):187-191 .  
LIU Chen-hui, QI Chun-hua, ZHU Shou-lin. Traffic volume forecast for highway grassland tourism Inner Mongolia [J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University,2010,31(1):187-191. (in Chinese)
  - [ 3 ] 崔建萍. 旅游公路修建与环境保护[J]. 华东公路,2001(5):54-55.  
CUI Jian-ping. The tourist highway construction and environmental protection [J]. East China Highway, 2001(5):54-55. (in Chinese)
  - [ 4 ] 孟 强. 关于我国旅游公路发展的思考与探索[J]. 公路交通科技:应用技术版,2009(8):196-198.  
MENG Qiang. Thinking about the development of China's tourist highway and exploration [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development,2009(8):196-198. (in Chinese)
  - [ 5 ] 秦晓春,张肖宁. 旅游公路景观设计及美学研究[J]. 公路,2007(10):212-217.  
QIN Xiao-chun, ZHANG Xiao-ning. Scenic highway landscape design and aesthetic study [J]. Highway, 2007(10):212-217. (in Chinese)
  - [ 6 ] 刘卫东,甄 峰. 信息化对社会经济空间组织的影响研究[J]. 地理学报,2004,59(增 1):67-76.  
LIU Wei-dong, ZHEN Feng. Spatial implications of new information and communication technologies[J]. Acta Geographica Sinica,2004,59(S1):67-76. (in Chinese)
  - [ 7 ] 李连璞,杨新军,赵 荣. “时空缩减”背景下客源市场空间分布及演变趋势分析[J]. 人文地理,2007(1):45-49.  
LI Lian-pu, YANG Xin-jun, ZHAO Rong. Analysis on spatial distribution and evolutionary trend of tourist origins in the background of “Time-Space Reduction” [J]. Human Geography,2007(1):45-49. (in Chinese)
  - [ 8 ] 陈森贤. 浅谈高速公路建设对经济的促进作用[J]. 行政事业资产与财务,2012(2):94-96.  
CHEN Sen-xian. Highway construction role in promoting economic[J]. Administrative and Institutional Assets and Financial,2012(2):94-96. (in Chinese)
  - [ 9 ] 吴立新,刘 锐,王富贵. 与自然环境相协调的旅游公路设计新理念[J]. 吉林建筑工程学院学报,2005,22(4):1-5.  
WU Li-xin, LIU Rui, WANG Fu-gui. Design idea of touristy road in accordance with natural environment [J]. Journal of Jilin Architectural and Civil Engineering Institute,2005,22(4):1-5. (in Chinese)