

基于指引可达性的指路标志布设优化模型*

黄敏, 李敏, 钮中铭, 李尔达

(中山大学工学院//广东省智能交通系统重点实验室, 广东 广州 510006)

摘要: 为了更好地实现指路标志的指引可达性, 结合已有研究对指路标志的布设优化进行了探讨。以指引可达性分析模型为基础, 定义指路标志布设的连续路径(指引可达)与初级路径(指引不可达)。然后构建把初级路径扩展为连续路径的优化算法模型。模型中, 定义衡量扩展指引路径选取的两大优化指标即指引距离和需增设的指引信息数量, 基于网络分析算法, 在路网中搜索指引路径, 动态更新优化指标, 并在最优扩展指引路径中增设指引信息, 实现指路标志的指引可达。把算法模型应用广州大学城指路标志诱导系统中, 对指定的道路进行优化, 使所有指引信息构成路径都是可达的。实例表明: 该优化算法模型是有效可行的。

关键词: 指路标志; 指引可达性; 优化模型; 网络分析

中图分类号: U491 文献标志码: A 文章编号: 0529-6579(2014)03-0019-05

Optimization Model for Guide Sign Deployment Based on Guiding Accessibility

HUANG Min, LI Min, NIU Zhongming, LI Erda

(School of Engineering//Guangdong Provincial Key Laboratory of Intelligent Transportation System,
Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: To better realize the guiding accessibility of guide sign system, the optimization of guide signs deployment is discussed, combining with the existing research. Firstly, the continuous paths and primary paths are defined according to the analysis model for guiding accessibility. Secondly, the algorithm model for optimizing primary path to continuous path is proposed. In this model, two optimization indicators, name as guiding distance and the number of adding guide signs, are defined to decide the selection of extend paths. In the course of searching path, optimization is updated dynamically based on network analysis algorithm, and guide sign information in optimal extend path is added to lead road users to the destination successfully. Finally, the optimization model is tested in Guangzhou Higher Education Mega Center. For a given road, the deployment of guide signs is optimized and all guiding paths are accessible. The result reveals that the algorithm model is feasible and effective.

Key words: guide sign; guiding accessibility; optimization model; network analysis

指路标志是道路的语言, 为交通参与者传递道路方向、地点、距离等信息^[1]。随着我国城市道路的发展建设, 城市路网日趋复杂, 道路路径的选择更趋多元化, 从而使得道路使用者对指路标

志诱导系统的需求和依赖逐渐增加。指路标志作为城市静态诱导系统的核心组成部分, 它为道路使用者提供道路的指引信息。科学合理地布设指路标志不仅能使出行者方便、快捷、舒适地到达目的地,

* 收稿日期: 2013-08-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51178475); 广东省科技计划资助项目(2012B010100023); 广州市科技计划资助项目(2011Y3-00061)

作者简介: 黄敏(1975年生), 女; 研究方向: 路网数据模型与道路交通标志标识系统; E-mail: huangm7@mail.sysu.edu.cn

而且能够从整体上改善交通运行系统的效率^[2-3]。对已有的指路标志诱导系统(下称诱导系统)进行可达性优化是提高指路标志诱导功能与改善道路使用者出行环境的重要举措。

目前国内外对指路标志的研究工作主要集中在指路标志牌的设置位置、版面的设计以及布设整体状况的分析评价几方面,而对指路标志系统优化方面研究的较少,特别是对指路标志可达性优化^[4-13]。很多学者指出,提供连续的指引信息使得出行者顺利到达目的地是指路标志诱导系统最基本的功能^[8-15]。相关文献对诱导系统的指引可达性给予了明确的定义与分析^[5],但如何对指路标志可达性进行优化并没有明确提及。在此背景下,根据已有指路标志可达性分析评价模型^[6],本文对其可达性分析结果进行优化,使其指引可达。首先以前人研究的指路标志指引可达性分析模型为基础,找出连续路径与初级路径(指引不可达),并提出将初级路径转换成连续路径的优化方法,构建了指路标志可达性优化模型;最后,将上述优化模型应用于广州大学城路网中,针对一个给定的被标识对象(道路)对其指引可达性进行优化,验证了优化模型的有效性。

1 指路标志的指引可达性分析

1.1 指引可达的含义

从出现目的地的某个指路标志牌开始,根据指引信息行进,若在分岔口遇到指引信息缺失时,则按默认的寻路规则(如直行)选路,最终能到达目的地,则认为当前的指路标志布设是指引可达的。以图 1 为例, D 为目的地,出行者根据指引行进,在分岔口 O 缺失指引下,选择直行,最终能达到目的地,所以图中的指路标志布设是指引可达的。

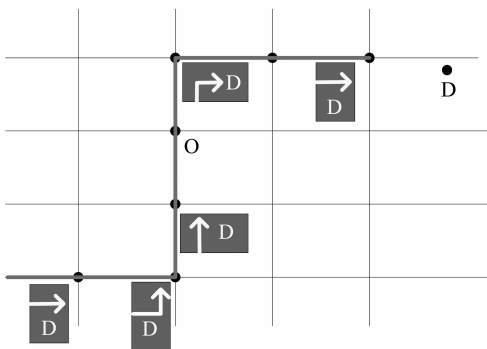


图 1 指引可达示意图

Fig. 1 Example of guiding accessibility

1.2 连续路径及初级路径

文献 [6] 给出指路标志指引信息的可达性分析模型,基于此,对指引信息构成的指引路径进行分类和定义。连续路径:如果道路使用者通过指路标志对目的地(D)的指引信息以及根据默认规则,能够顺利到达目的地,则把此指引的路径称为连续路径,记为 ConPath,如图 2 中的 Path1。初级路径:道路使用者根据指路标志对目的地(D)的指引信息及默认规则寻路,但不能到达目的地,则从寻路开始处到标志信息缺失处的路径称为初级路径,记为 NonPath,如图 2 中的 Path2,其中 A 表示初级路径的末端点。

2 指引可达性算法优化模型

2.1 优化模型考虑的因素

在扩展指引路径时,主要考虑两方面的因素:扩展指引路径的长度(dt)和增加指引信息的数量(cn)。下面以图 2 来进行说明。在图 2 中,弧段 CE 是目的地 D 的入口弧段,指引到达 CE 则属于指引可达。对初级路径 Path2 进行指引扩展可能出现两种情况。第一种是从初级路径的末端 A 增加指引信息到连续路径 Path1 上,通过已有的连续指引路径来到达目的地,此时扩展指引路径为图 3 的 A-B-G-E。第二种是从初级路径的末端增加指引信息直接到目的地,此时扩展指引路径为图 3 中的 A-F-C-E。

扩展指引路径的长度为从初级路径末端指引到目的地的路径长度。对于第一种情况,扩展指引路径的长度等于 A 到 B 的路径长度与连续路径 Path1 上 B 到 E 的路径长度之和;对于第二种情况,扩展指引路径的长度等于 A 到 F、F 到 C 以及 C 到 E 三者的路径长度之和;这两种优化方案需增加的指引信息数量分别为 1 和 2,如图 3 的实点所示。

2.2 选取优化路径的方法

对初级路径进行扩展指引,要求到达目的地的距离尽可能短,增设的指引信息数量尽可能少,因此,需定义一个综合考虑指引距离及增设信息数量的衡量指标,以对不同的优化方案进行评价比选。由于两个考虑要素存在量纲差异,因此需要对其进行归一化处理^[16]。当存在两条扩展指引路径时,设第一条路径的距离为 D_{opt_1} ,需增加指引信息的数量为 N_{opt_1} ;设第二条路径的距离为 D_{opt_2} ,需增加指引信息的数量为 N_{opt_2} ;定义 P_c 对两条路径进行比较,其计算公式如下

$$P_c = \left(\frac{N_{opt1} - N_{opt2}}{N_{opt1} + N_{opt2}} \right) \times 50\% + \left(\frac{D_{opt1} - D_{opt2}}{D_{opt1} + D_{opt2}} \right) \times 50\% \quad (1)$$

P_c 利用扩展优化路径长度和以及标志设置数量和为分母，去除量纲，分子则体现两条路径的在路径长度及标志数量上的差距。若 $P_c \leq 0$ 则选取第一条优化路径，若 $P_c > 0$ 则选取第二条优化路径。

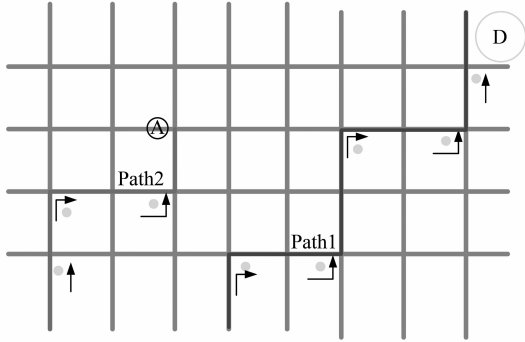


图 2 连续路径与初级路径示意图

Fig. 2 The continuous path and primary path

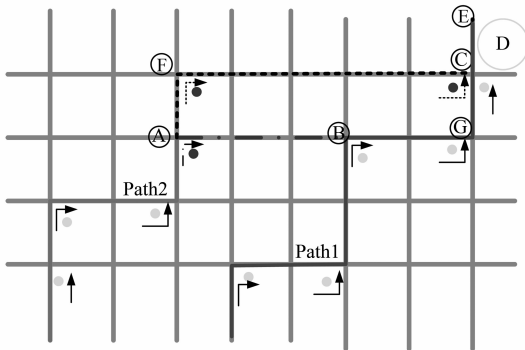


图 3 初级路径优化示意图

Fig. 3 The optimization of primary path

2.3 优化算法模型

根据上述优化的思想，提出了优化初级路径的算法模型，算法的主要思路为：根据与目的地的远近对初级路径排序，距离目的地近的优先处理，对每一条初级路径进行优化，增加指引信息，使其成为连续路径，并更新至连续路径集中。下面以一条初级路径为例，说明优化的思想。

1) 建立用于存储需搜索弧段的链表，初始化时把初级路径末端弧段放入链表中。

2) 对链表中的弧段进行遍历，取出一条弧段，判断当前搜索弧段是否处于入口路段集或连续路径集中，若是则更新相关数据；若否则转步骤 3)；

3) 更新当前弧段的属性，再以当前弧段为基

础找到相邻连通弧段集并逐一判断是否需要加入链表中，具体方法见算法流程图。

4) 重复步骤 2)、3) 到链表中的所有弧段均被搜索完。

算法模型中用到的符号如下：

DT 为扩展指引路径的长度阈值； CN 为所需要增加的指引信息的数量阈值，设定初始值 DT 与 CN 均为无穷大。

$Entrance$ 为目的地的入口路段集； $ConPaths$ 为已有的连续路径集；

a 为当前正在搜索的弧段； e 为初级路径的最后一弧段；

$a.ln$ 为从初级路径末端到当前正在搜索的弧段 a 的长度； $a.len$ 为当前正在搜索的弧段的长度； $a.st$ 、 $a.lt$ 、 $a.rh$ 、 $a.ut$ 分别为从初级路径的末端到达当前搜索弧段 a 需要增加的直行、左转、右转、掉头的指引信息数； $a.cn$ 为从初级路径末端到达当前弧段 a 所需要增加的指引信息总数； $a.parent$ 为 a 的上一弧段； $a.flag \in \{-2, -1, 0, 1\}$ ，表示弧段在搜索过程中的状态，其中 -2 表示不能通过此弧段到达目的地，不用从当前弧段向外搜索（即超过了搜索的权值等）； -1 表示当前弧段还未被搜索过； 0 表示当前弧段正处于搜索过程中； 1 表示当前弧段已达到连续路径或目的地的入口上。

$a.dt'$ 为当前搜索弧段为入口路段或连续路段时的扩展指引路径长度； $a.cn'$ 为扩展指引路径中需要增加的指引信息的数量。

a' ： a 的某条相邻连通弧段；

对一条初级路径优化的具体算法流程如图 4 所示，其中处理一条相邻连通弧段 a' 的算法流程如图 5 所示，该算法主要是判断是否将 a' 加入 list 中以及改变其属性值。

3 应用实例

本文选取广州大学城为示范区域，建立起指路标志数据库^[5,14]，运用可达性分析算法模型分析大学城道路的指引可达性^[6]，再运用本文提出的优化算法模型，对指引可达性进行优化。以中环东路为例，其中指引中环东路的指路标志有 61 个；3 个指引信息未能构成连续指引，如图 6 大圆圈所示，故中环东路的连续性为 $58/61 \times 100\% = 95.07\%$ 。

当运用本文提出的优化算法模型后，最终需增加两个相关指引信息，就能满足中环东路的连续性

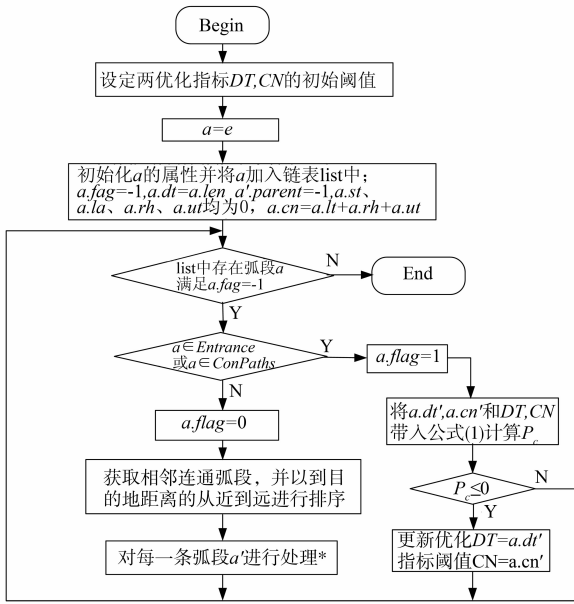


图 4 优化模型算法总流程图

Fig. 4 The flow chart of optimization algorithm

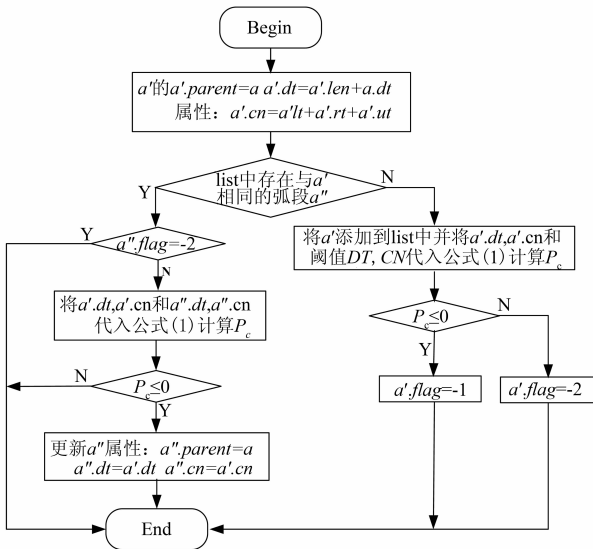


图 5 处理一条相邻连通弧段的算法流程图

Fig. 5 Algorithm for processing one adjacent arc

达到 100%，其示意图如图 7 所示，虚线小圈表示需要增加的指路标志的位置，有空心长方形的线表示扩展路径。

4 总结

随着城市路网的日趋复杂，指路标志诱导系统作为静态诱导系统的重要组成部分在交通系统中起到了重要的作用，对指路标志的诱导功能进行优化是指路标志诱导系统分析评价的进一步工作，是对诱导系统功能的补充与完善。本文的工作旨在对指

路标志指引可达性进行优化。文中简单地介绍了先前研究的指路标志可达性分析模型，在此基础上考虑扩展指引路径的长度以及增加的指引信息数这两个要素，构建了指引可达性优化模型。最后应用上述成果，对广州大学城中环东路的指引可达性进行分析及优化。本优化模型只考虑了单个给定目的地的指引可达性优化，若对多个目的地进行优化，增设指引信息，可能会造成指引信息过载的问题，在后续的研究中将对过载信息进行相关处理以达到综合最优，更好地完善指路标志的诱导功能。

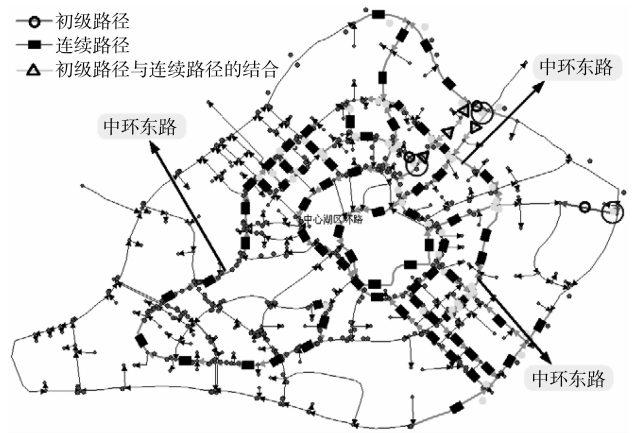


图 6 中环东路可达性分析示意图

Fig. 6 Guiding accessibility of Zhonghuandong road

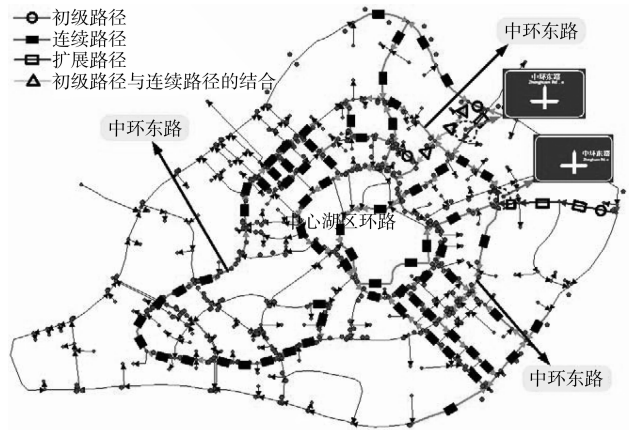


图 7 中环东路可达性优化示意图

Fig. 7 Optimization of Zhonghuandong road

参考文献:

[1] 中国国家标准化管理委员会. GB5768 - 2009 道路交通标志和标线[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
 [2] 唐良. 城市道路交通指路标志智能设计系统的研究与实现[D]. 合肥:中国科学技术大学,2008.
 [3] HUANG K, WANG H, TANG J J. Research on Chinese

- character height model of guide signs based on 3D technology and information processing characteristics of Chinese drivers[C] // Proceedings of the Computational Intelligence and Software Engineering (CiSE), 2010:188 - 194.
- [4] TOI S, KIYOTAM, YOSHITAKE, et al. A method for planning of road sign system in highway using straying index [J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2005, 6(7): 981 - 996.
- [5] 黄敏,余志,张小兰. 基于交叉口特征的指路标志建模方法[J]. 西南交通大学学报, 2007,42(1): 110 - 114.
- [6] 黄敏,饶明雷,李敏. 指路标志诱导系统指引连贯性的分析评价[J]. 公路交通科技学报, 2012, 29(11): 110 - 115.
- [7] LIU Y C. A simulated study on the effects of information volume on traffic signs, viewing strategies and sign familiarity upon driver's visual search performance[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2005, 35(12): 1147 - 1158.
- [8] 郭敏,楼晓寅. 标志指路体系的模型[J]. 公路交通科技学报,2009, 26(10):130 - 134.
- [9] 姜军,陆建,李娅. 基于驾驶人视认特性的城市指路标志设置[J]. 东南大学学报,2010,40(5):1089 - 1092.
- [10] ZWAHLEN H T, SCHNELL T. Legibility of traffic sign text and symbols [J]. Transportation Research Record, 1999,1692: 142 - 151.
- [11] 邓兴栋. 城市道路指路标志信息选取方法研究[J]. 交通科学与工程, 2010,26(1): 97 - 102.
- [12] 肖国荣,余志,黄敏. 基于偏离指数的指路标志优化模型研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2008, 47(1): 38 - 41.
- [13] 王新华. 环形交叉口的优化控制[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2009, 48(4): 141 - 144.
- [14] 黄敏,吴海宾,饶明雷,等. 城市道路指路标志数据模型设计及应用[J]. 测绘科学技术学报, 2011,28(6): 454 - 457.
- [15] 蒋海峰,韩文元,侯德藻. 指路交通标志信息分级及发布原则研究[J]. 公路交通科技学报, 2009, 51(3):31 - 36.
- [16] 李美娟,陈国宏,陈衍泰. 综合评价中指标标准化方法研究[J]. 中国管理科学学报, 2004, 12(10):45 - 48.

(上接第13页)

- [8] QIAN S X, SNOW J B, CHANG R K. Coherent raman mixing and coherent anti-stokes raman scattering from individual micrometer-size droplets[J]. Opt Lett, 1985, 10(10): 499 - 501.
- [9] ILCHENKO V S, MATSKO A B, SAVCHENKOV A A, et al. High efficiency microwave and millimeter-wave electro-optical modulation with whispering-gallery resonators[J]. Proc SPIE, 2002, 4629: 158 - 163.
- [10] BORISKINA S V, SEWELL P, BENSON T M, et al. Accurate simulation of two-dimensional optical microcavities with uniquely solvable boundary integral equations and trigonometric galerkin discretization[J]. Opt Soc Amer B, 2004, 21(3): 393 - 402.
- [11] BORISKINA S V, BENSON T M, SEWELL P, et al. Spectral shift and Q change of circular and square-shaped optical microcavity modes due to periodic sidewall surface roughness[J]. Opt Soc Amer B, 2004, 21(10): 1792 - 1796.
- [12] YEE K S. Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell equations in isotropic media [J]. IEEE Trans on Anten and Prop, 1966 14(3): 302 - 307.
- [13] 陈晓文,刘叶新,吴添洪,等. 条形波导的三维标量 FDTD 法分析[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005,44(3): 119 - 121.
- [14] 孙飞,刘润民,李国正. 有效折射率法的研究[J]. 半导体光电,2001,22(1): 34 - 37.
- [15] YARIV A. Universal relations for coupling of optical power between microresonators and dielectric waveguides [J]. Electronics Lett, 2000, 36(4): 321 - 322.
- [16] 张晓燕,周庆,曾军英,等. 回音壁模圆盘谐振腔的光能分布[J]. 云南大学学报, 2004,26(5): 425 - 428.