

The Analysis and Evaluation of Improving Urban Road Capacity through Community Opening

Aling Song¹, Yixuan Wang², Haifeng Liu³, Shousheng Liu³

¹Army Engineering University of PLA, Nanjing Jiangsu

²College of Computer and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu Sichuan

³Institute of Sciences, PLA University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu
Email: alingsong1979@163.com

Received: Apr. 23rd, 2018; accepted: May 8th, 2018; published: May 15th, 2018

Abstract

The urban enclosed residential district is one of the major causes of road traffic congestion. The opening of the district has urgent realistic demand for optimizing the network structure, improving the road capacity and improving the urban traffic condition. Firstly, in this paper the principle of principal component analysis and entropy method are used to evaluate the road capacity of three cities. Secondly, the differences and reasons of urban road capacity in different scale are analyzed. This work provides a reference for the design of relevant urban design after the opening of the district to optimize the capacity of the road. Finally, based on the change data of the traffic environment before and after the opening of the residential area, this paper optimizes the BPR function by introducing new evaluation factors and completes the data analysis of the opening of the district and the improvement of the urban traffic condition.

Keywords

Traffic Congestion, Community Opening, Principal Component Analysis, Entropy Evaluation Method, BPR Function

小区开放对改善城市道路通行能力评估分析

宋阿羚¹, 王一琰², 刘海峰³, 刘守生³

¹陆军工程大学, 江苏 南京

²电子科技大学计算机科学与工程学院, 四川 成都

³解放军理工大学理学院, 江苏 南京

Email: alingsong1979@163.com

文章引用: 宋阿羚, 王一琰, 刘海峰, 刘守生. 小区开放对改善城市道路通行能力评估分析[J]. 计算机科学与应用, 2018, 8(5): 627-636. DOI: 10.12677/csa.2018.85071

收稿日期：2018年4月23日；录用日期：2018年5月8日；发布日期：2018年5月15日

摘要

城市封闭式小区是造成道路交通拥堵的主要原因之一。小区开放对优化路网结构、提高道路通行能力、改善城市交通状况的数据评估具有迫切的现实需求。本文首先借助主成分分析及熵值法对三类城市的道路通行能力进行评估；其次对不同规模的城市道路通行能力的差异性及原因进行了分析，为相关城市设计小区开放后优化道路通行能力方案提供参考；最后基于小区开放前后影响交通环境的变化数据，通过引入新的评价因子对BPR函数进行优化，实现小区开放对城市交通状况改善的数据分析。

关键词

交通拥堵，小区开放，主成分分析，熵值法，BPR函数

Copyright © 2018 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

1. 引言

城市内封闭式小区对交通通行能力造成了很大程度的拥堵。封闭式小区破坏了城市路网结构、堵塞了城市“毛细血管”，容易造成交通阻塞。随着车流量的激增拥堵状况日益严重，已经成为制约我国城市发展的瓶颈。国务院发布的《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》提出，已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放，新建小区应当对外开放。小区开放能否达到优化路网结构、提高道路通行能力、改善城市的交通状况的问题逐渐引起学者们的关注，而小区开放对周边交通状况影响的评估将成为新建小区以及改建小区相关方案设计需要考虑的主要因素。

苏兵[1]等通过对改善交通状况的可替代路径分析入手，以任意起讫点对间的交通便捷度方形小区影响因子以及网络交通便捷度方形小区影响因子为衡量方形小区对城市方格网络的影响指标，结合西安市的封闭小区情况对方格城市网络的路网结构和交通运行效率的差异性进行量化分析，给出了优化交通状况的思路。李向朋[2]基于交通分析理论和 Braess 悖论，以道路通行能力、延误时间、行程时间、排队长度以及 V/S 等因素为评价指标对小区开放的交通状况进行量化评估，进而对小区不同形式的交通开放道路通行优化提出相关对策。张磊[3]在对国内外交通模式发展及现状研究的基础上，分析了居住区的人车分行、人车混行特点及适用范围，从促进人际交往的区域交通视角入手提出了适用于改善城市交通状况的住区道路网络结构模型。张杰[4]从资源共享的视角对小区开放实践案例进行分析。以道路系统、公共服务设施系统以及开放空间为评估指标对开放小区的交通状况进行研究，并以西安市一开放小区为案例提出小区开放的相应策略。裴玉龙等[5]在对城市微循环路网结构分析的基础上，使用局部路网评价指标对小区开放前后局部路网的可靠度进行分析，提出开放小区路网的途径与方法。张娜[6]以小区的容积率、土地使用的多样性、周边路网密度以及公交线路条数等指标对深圳南山区 6 个开放小区交通状况进行了量化分析，提出了相应的改善交通状况策略。游向然[7]从控制住区规模、创建合理的道路形态、发挥边界活力效应以及加大混合开放度等角度对小区开放的交通状况进行分析并提出相应的优化策略。

上述相关研究特点总体看主要是从宏观层面对小区开放与路网结构的关系进行分析研究，在小区开放后路网结构的效率评估模型构建及数据分析方面略显不足。本文的研究思路主要是分析开放小区与路

况的各项数据,借助主成分分析及熵值法等数理统计手段对相关数据进行统计分析,以小区周边影响交通环境的主要因素为指标对城市交通能力评估模型进行优化,实现小区开放对改善交通状况的量化评估。

2. 基于主成分分析及熵值法的城市交通环境评估

2.1. 城市交通状况评估指标体系建立及相关因素分析

建立小区开放对周边交通状况影响的评价体系,首先要保证所建模型的可使用性及数据处理的可靠性。系统分析小区开放与路况关系的实际现状,尽可能全面地选取评价指标,建立多层次多指标的评价体系模型是实现路网状况评估的关键。通过分析基于数理统计的相关研究[8][9][10]文献,梳理路网交通的主要影响因素并研究相关案例城市的具体城市规划方案以及中国交通年鉴等相关资料,本文确定路网通行能力评价体系结构为路网规模、路网状况以及交通功能等3个一级指标、8个二级指标的综合评价体系。指标结构体系如图1所示。

指标层面各项指标内涵及计算方式说明如下:

1) 道路长度。道路长度 $P(\text{km})$ 指的是小区附近道路总长度 $p = \sum_{i,j} (L_i + L_j)$ 。其中 L_i 为各支路路段长度(km), L_j 为主、次干道各路段长度(km)。道路长度反映了该地域道路交通设施总体状况。

2) 路网密度 M 。计算公式为: $M = \sum_{i,j} (L_i + L_j) / S$ 。其中 S 表示区域面积(km²)。道路网密度可以反映小区附近道路密集程度。道路密度越大表示网格越小,车辆绕行的距离就越短,但同时造成道路交叉口增多,影响车辆行驶速度;反之道路网密度越大,表示路况越好,交通越便捷。因而区域道路网密度能较好地体现交通建设的数量和质量。

3) 人均道路长度 β 。人均道路长度 β 即道路占用率,指的是区域道路总面积与小区人口的比。计算公式为: $\beta = (\sum L_i \times D_i + L_j \times D_j) / n$, 其中 n 为区域内人口数。人均道路长度越小该区域人流量越大,道路越拥堵。该数据用以评价小区附近车流量、人流量以及居民对于交通状况需求。

4) 连接度指数 L 。 $L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i = 2v/n$ 。其中 m_i 为第 i 节点邻边的数量, n 为区域内结点总数, v 为道路总的边数。连接度指数 L 可以量化区域路网的成熟度。 L 值越高表示道路网连接越紧密、断头路越少。

5) 非直线系数 F 。居民的日常生活需要小区各个功能区(如商场、公园、居住区、车站等)的人流集散点之间有便捷的通道,使到达的时间最小。非直线系数是衡量路线便捷程度的重要指标,其计算公式为 $F = 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^{n+1} \frac{F_{ij}}{n(n-1)}$, $F_{ij} = d/d_0$, 其中 d 表示两点实际距离, d_0 表示直线距离, F_{ij} 表示 i,j 两节点间的非直线系数。

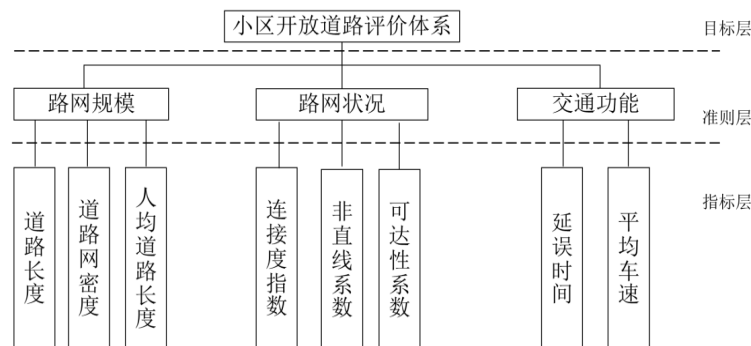


Figure 1. Sketch map of multi index stratified evaluation system

图1. 多指标分层评价体系示意图

6) 可达性系数 K 。该指标用于评价道路网内不同节点的通达程度以及主干道网的分布状况,用该区域内干道网长度与区中心至四周干道最短路径之和的比值来表示: $K = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(L_a / \sum_{k=1}^4 D_{ik} \right)$, 式中 L_a 为交通小区范围内干道总长, m 为小区数, D_{ik} 为小区至四周某一方向干道的最短路径。

7) 延误时间 Y 。考虑基于红绿灯有效时间 t 及其周期 T 和车道饱和度 x , 延误时间表达式 Y 为: $Y = 0.5T \left(1 - \frac{t}{T} \right) / \left[1 - \left(\frac{\min(1, x)t}{T} \right) \right]$ 。

8) 平均车速 V 。平均车速 v 量化车辆在该区域行驶的通畅程度。通常选取各个时间段的车流量作为参考依据, 通过统计学计算其平均速度。

图 1 是一个分层的评估体系。特点是既可以通过准则层主观大致判断一个地域影响小区开放后的主要因素, 也可以通过下面的二级指标具体统计数据而后通过数据的定量计算分析出准确结果。

2.2. 交通状况评估体系相关指标数据的采集及预处理

小区开放对周边交通状况影响评价体系模型应该具有普适性。通过比较不同城市相应指标所占的权重与实际道路的通行情况可以判断该评估体系是否具有一般性。同时, 不同规模的城市道路通行能力的差异原因评估可以为相关城市小区开放后优化道路通行能力提供思路。本文选取北京、南京和衡水作为特大型、大型以及中型城市的代表, 使用该模型对其相关数据进行统计分析, 寻找路况优化途径。

先以南京市为例进行数据分析。选取南京的十个地区作为样本收集到的有关数据如表 1 所示。数据来自南京市各区 2015 年城市规划方案、各行政区的官方网站公布的数据以及《2015 年中国交通年鉴》等。以 8 个指标的相关数据作为列向量构建原始数据矩阵 $X = [x_i(k)]$ 如下:

$$X = \begin{bmatrix} 2572.00 & 1.65 & 21.76 & 3.7 & 1.36 & 1.9 & 42 & 34.94 \\ 146.29 & 2.96 & 1.43 & 4.2 & 1.19 & 2.1 & 47 & 24.52 \\ 245.43 & 3.03 & 3.76 & 4.3 & 1.13 & 2.3 & 52 & 21.71 \\ 103.35 & 1.28 & 2.27 & 3.9 & 1.27 & 1.9 & 43 & 32.22 \\ 1687.85 & 1.14 & 18.20 & 3.1 & 1.42 & 1.7 & 32 & 36.64 \\ 148.30 & 2.78 & 1.15 & 4.1 & 1.18 & 2.0 & 45 & 23.75 \\ 1256.89 & 1.38 & 17.69 & 3.2 & 1.38 & 1.8 & 35 & 33.24 \\ 831.81 & 2.13 & 12.45 & 3.7 & 1.33 & 1.8 & 34 & 31.23 \\ 267.46 & 1.99 & 6.48 & 4.0 & 1.29 & 1.9 & 39 & 28.47 \\ 853.34 & 0.79 & 20.25 & 2.9 & 1.46 & 1.6 & 28 & 46.34 \end{bmatrix}$$

Table 1. Statistical table of traffic condition evaluation in ten areas of Nanjing

表 1. 南京市十地区交通状况评估指标统计表

地区	道路长度(km)	道路密度(km/1000 m ²)	人均道路长度(km/万人)	连接度系数	非直线系数	可达性系数	延误时间	平均车速
江宁区	2572.00	1.65	21.76	3.70	1.36	1.90	42.00	34.94
秦淮区	146.29	2.96	1.43	4.20	1.19	2.10	47.00	24.52
玄武区	245.43	3.03	3.76	4.30	1.13	2.30	52.00	21.71
建邺区	103.35	1.28	2.27	3.90	1.27	1.90	43.00	32.22
六合区	1687.85	1.13	18.20	3.10	1.42	1.70	32.00	36.64
鼓楼区	148.30	2.78	1.15	4.10	1.18	2.00	45.00	23.75
浦口区	1256.89	1.38	17.69	3.20	1.38	1.80	35.00	33.24
栖霞区	831.81	2.13	12.45	3.70	1.33	1.80	34.00	31.23
雨花台	267.46	1.99	6.48	4.00	1.29	1.90	39.00	28.47
溧水区	853.34	0.79	20.25	2.90	1.46	1.60	28.00	46.34

其中 $x_i(k)$ 表示第 i 个区域的第 k 项指标, $i=1,2,\dots,10$, $k=1,2,\dots,8$ 。例如 $X_2(3)=1.43$ 表示秦淮区的人均道路长度。根据级差变换公式: $p_i(k) = \frac{x_i(k)}{\sum_{i=1}^{10} x_i(k)}$ 将数据进行归一化处理, 计算结果保留小数点后 4 位,

得到变换后样本矩阵为:

$$P = (p_i(k)) = \begin{bmatrix} 0.3065 & 0.0863 & 0.2063 & 0.0997 & 0.1045 & 0.1000 & 0.1058 & 0.1116 \\ 0.0174 & 0.1548 & 0.0135 & 0.1132 & 0.0915 & 0.1105 & 0.1184 & 0.0783 \\ 0.0293 & 0.1594 & 0.0357 & 0.1159 & 0.0869 & 0.1211 & 0.1310 & 0.0693 \\ 0.0123 & 0.0668 & 0.0216 & 0.1051 & 0.0976 & 0.1000 & 0.1083 & 0.1029 \\ 0.2012 & 0.0594 & 0.1726 & 0.0836 & 0.1091 & 0.0895 & 0.0806 & 0.1170 \\ 0.0177 & 0.1453 & 0.0109 & 0.1105 & 0.0907 & 0.1053 & 0.1134 & 0.0759 \\ 0.1498 & 0.0720 & 0.1678 & 0.0863 & 0.1061 & 0.0947 & 0.0882 & 0.1062 \\ 0.0991 & 0.1114 & 0.1181 & 0.0997 & 0.1022 & 0.0947 & 0.0856 & 0.0998 \\ 0.0319 & 0.1039 & 0.0614 & 0.1078 & 0.0992 & 0.1000 & 0.0982 & 0.0909 \\ 0.1017 & 0.0418 & 0.1921 & 0.0782 & 0.1122 & 0.0842 & 0.0705 & 0.1480 \end{bmatrix}$$

据此数据对该市总体路况通行能力进行评估。

2.3. 基于熵值法的各评价指标权重计算

使用信息熵法计算二级指标权重。信息论基本原理指出信息是系统有序程度的度量, 而熵值则是系统无序程度的一个度量。如果考评指标的信息熵越小则该指标所包含的信息量就越大, 在系统的综合评估中所起作用就越大, 其权重就应该越高。熵值法可以用来度量数据包含的有效信息量, 根据评价指标的信息值的差异程度以便确定指标的权重[9] [10]。具体步骤是利用公式

$$w_k = (1 - e_k) / \sum_{i=1}^{10} (1 - e_k), k=1,2,\dots,8 \quad (2.1)$$

计算样本矩阵 P 中各个二级指标数据的权重, 其中 $e_k = -\frac{1}{\ln 10} p_i(k) / \sum_{i=1}^{10} p_i(k) \ln p_i(k)$, 各二级指标的权重 w_k 统计如表 2 所示。

分析表 2 可以发现, 南京封闭小区开放对周边交通的影响各因素中一级指标占比重最大的是路网规模, 因此改善交通状况的方案设计中该指标将占决定性地位。其次是交通功能和路网状况。而对于二级指标来说, 关联度最大的是人均道路长度, 其次是道路网密度, 再次是平均车速, 因此可以认为从政府的角度来说, 路网规模的大小是任何地域交通发达程度的一个硬性指标, 而对于小区居民来说, 当地人口和面积的比值则关系更大。

通过相同方式, 使用熵值法对北京及衡水两市相关数据进行统计, 结果如表 3、表 4 所示。

2.4. 数据分析及小区开放对路网状况优化的思路

首先从一级指标数据可以看出, 南京和北京二者之间差别主要体现在道路密度与人均道路长度这两个指标上面。人均道路长度在南京的评价体系中占据绝对优势, 而对于北京来说这两个指标就要相对平均一些。其原因在于这两个城市经济均较为发达, 城市交通网建设水平较高且较为平均, 因而其不同地域内路网状况和交通功能的一级指标的权重较小。但是由于北京在人均道路长度上拥有其他城市无法比拟的优势, 其道路总长乃全国城市之最, 因而该项指标的改变对改善交通状况的影响相对较小。而南京人口密度分布相对不均成为其主要的因子, 不同地区的人均道路长度差距较大, 说明南京在道路长

Table 2. Weights statistics table of two level indicators in Nanjing
表 2. 南京市二级指标权重统计表

路网规模	87.88%	道路长度	18.11%
		道路网密度	23.26%
		人均道路长度	46.51%
路网状况	3.50%	连接度指数	1.74%
		非直线系数	0.69%
		可达性系数	1.07%
交通功能	8.63%	延误时间	3.48%
		平均车速	5.15%

Table 3. Weights statistics of two level indicators in Beijing
表 3. 北京市二级指标权重统计表

路网规模	92.69%	道路长度	30.43%
		道路网密度	36.12%
		人均道路长度	26.14%
路网状况	4.04%	连接度指数	1.02%
		非直线系数	0.59%
		可达性系数	2.43%
交通功能	3.27%	延误时间	1.66%
		平均车速	2.01%

Table 4. Weights statistics table of two level indicators in Hengshui
表 4. 衡水市二级指标权重情况表

路网规模	28.22%	道路长度	10.32%
		道路网密度	8.05%
		人均道路长度	9.85%
路网状况	42.43%	连接度指数	13.94%
		非直线系数	13.85%
		可达性系数	14.64%
交通功能	29.35%	延误时间	14.75%
		平均车速	14.60%

度改善的空间要比北京要大，因此小区开放后导致的人均道路长度的变化会对南京这样的城市造成较大的影响。另一方面，像北京、南京这样的大型城市，其道路规划已经相对成熟、小区开放后的某些交通指标的变化对整个地域道路通行的影响相对较小，而诸如道路密度与人均道路长度等因素指标将对整个路况改善有着较为明显的作用。

衡水市和上述两个城市差别较大,其权重基本呈现均匀分布的态势。这说明了该地区交通发展不够发达,路网状况和交通功能水平参差不齐,小区开放后引起的各项指标的变化都会使得其交通状况发生较大的改善,也就是相对于北京、南京两市来说该城市的各方面的指标都有待提高,同时其优化的空间也相对较大。

3. 小区开放对城市交通状况的影响评估

3.1. 小区开放道路通行能力评估指标及其权重的确定

小区开放前的城市道路通行能力评估主要依据图 1 涉及的 8 个指标以及通过公式(2.1)确定的权重,因而小区开放前城市道路通行能力可以使用道路通行指数 $z = \sum_{i=1}^8 \beta_i x_i$ 度量。其中 β_i 为各个指标所占的比重, x_i 为各个指标标准化之后的数值。小区开放后的交通环境发生变化,同时现有的城市交通不规范行为比如行人侵占机动车道等因素应该加以考虑。

出发地到目的地所需要的行驶时间是人们能最直观感受到的评价交通网质量的重要指标。通过量化比较小区开放前后行驶时间的差异可以度量封闭小区的开放对周围交通的影响程度。

美国联邦公路局函数(BPR 函数)反映的是实际车流量对行驶时间的影响:

$$t = t_0 \left[1 + \delta \left(\frac{Q}{C} \right)^\gamma \right] \quad (3.1)$$

其中 t 为路程行驶时间, t_0 为自由行驶的最短时间, Q 为机动车的通行量, C 为路程中机动车的通行能力, δ, γ 为参数,一般取 $\delta = 0.15, \gamma = 4$ 。

一般的小区周围人口密集,我国国情决定了人们选择非机动车辆出行及或步行的方式比较多,对道路的通行量有较大影响,而 BPR 函数只考虑了实际流量对行驶时间的影响,并没有涉及到非机动车辆及行人等其他因素。所以为了更好地反映道路阻抗的实际情况,本文考虑再增加另外 3 个评估指标非机动车、行人以及道路宽度后对 BPR 函数进行改进。

一般来说,小区开放增加的道路都属于城市支路的级别,大多为双向两车道,交通构成长为混合交通,受到其他因素的影响会比较大,而上式中并没有考虑非机动车、行人等的影响,不适合开放小区的数学模型。综合考虑上述因素,本文引入了非机动车、行人、道路宽度以及 2.3 节讨论的道路优化指数四个影响因子进行建模评估。

1、行人横穿马路对机动车行驶干扰系数 α_1 的确定

开放小区后由于道路比较窄,道路设施不完善,行人量较多等因素会造成行人横穿马路等现象,这对道路的车速、道路的利用率、通行能力都有较大影响。对于现有的道路可以根据实际调查行人横穿流量与车辆延误时间数据之间的相关系数计算其干扰修正系数 $\alpha_1 \in (0,1]$ 。其值越小,对路况的干扰程度越大,无干扰情况下取 $\alpha_1 = 1$ 。但是对于未开放的小区,行人横穿马路的流量是未知的,需要采用定量与定性相结合的方法确定 α_1 ,根据待开放小区的区域特点、干扰程度、参考改建封闭小区开放前后行人对交通状况的影响[1][2],得行人干扰修正系数 α_1 值如下表 5 所示。

一般来说,地处市中心的小区,行人对路况干扰程度定位为很严重或者严重;地处一般地段的小区,行人对路况干扰程度为较严重或一般;地处郊区或者欠发达地区的小区,行人对路况干扰程度为很小或者无干扰。

2、非机动车对机动车行驶干扰系数 α_2 的评估

该指标应分三种情况考虑:

1) 当小区的机动车道与非机动车道间有隔离带时,此时非机动车对机动车道的影响很小甚至没有影

Table 5. Pedestrian interference correction factor of α_1 **表 5.** 行人干扰修正系数 α_1 值

干扰程度	很严重	严重	较严重	一般	很小	无
α_1	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

响, 可以不予修正, 取 $\alpha_2 = 1.0$ 。

2) 当小区的机动车道与非机动车道间没有设立隔离带时, 此时非机动车就对机动车的行驶产生干扰。此时如果非机动车通行量小于非机动车道的通行能力, 那么非机动车就基本上在非机动车道上行驶, 对机动车通行影响不大, 所以可以取 $\alpha_2 = 0.8$ 。

3) 当小区的机动车道与非机动车道之间没有设立隔离带时, 并且非机动车的通行量大于非机动车的通行能力, 非机动车将侵占机动车道, 影响机动车的正常行驶, 道路通行能力大大降低, 其影响系数 α_2 计算公式如下: $\alpha_2 = 0.8 - \left(\frac{q_{bike}}{Q_{bike}} + 0.5 - W_2 \right) / W_1$ 。其中 α_2 为非机动车对机动车道的干扰系数, q_{bike} 为非机动车的实际通行量(辆/小时), Q_{bike} 为设计的非机动车道的通行能力(辆/小时); W_2 为单向非机动车道的宽度(m); W_1 为单向机动车道宽度(m)。

3、小区内的车道宽度对车辆的通行能力及利用率的影响程度度量

在城市道路规划中标准的车道宽度为 3.5 m, 而多数小区中有些宅间小路达不到这个标准, 这样车辆的行驶自由度、车速、通行能力降低, 车道宽度与车速、通行能力之间的关系曲线一般呈现下陡上缓走势, 因而取 α_3 的计算公式如下:

$$\alpha_3 = \begin{cases} 0.5(W - 1.5) & W \leq 3.5 \text{ m} \\ -0.54 + \frac{1.88W}{3} - \frac{0.16W^2}{3} & W \geq 3.5 \text{ m} \end{cases}$$

其中 W 为机动车道的宽度(m)。

将 2.3 节研究的道路通行指数与上述 3 个因素对路况通行能力影响进行综合分析应用于(3.1)式, 得到改进后的 BPR 综合阻抗函数计算公式如下:

$$T_{new} = \begin{cases} \left[t_0 + \delta \left(\frac{Q}{\alpha_1 \alpha_2 0.5(W - 1.5)C} \right)^\gamma f + Y \right] / \Delta Z & 0 \leq \alpha_2 \leq 1, W \leq 3.5 \text{ m} \\ \left[t_0 + \delta \left(\frac{\alpha_2 Q}{\alpha_1 0.5(W - 1.5)C} \right)^\gamma f + Y \right] / \Delta Z & \alpha_2 \geq 1, W \leq 3.5 \text{ m} \\ \left[t_0 + \delta \left(\frac{\alpha_2 Q}{\alpha_1 \left(-0.54 + \frac{1.88W}{3} - \frac{0.16W^2}{3} \right)} \right)^\gamma f + Y \right] / \Delta Z & \alpha_2 \geq 1, W \geq 3.5 \text{ m} \\ \left[t_0 + \delta \left(\frac{Q}{\alpha_1 \alpha_2 \left(-0.54 + \frac{1.88W}{3} - \frac{0.16W^2}{3} \right)} \right)^\gamma f + Y \right] / \Delta Z & 0 \leq \alpha_2 \leq 1, W \geq 3.5 \text{ m} \end{cases}$$

其中 f 为道路的车流量, Y 为延误时间, ΔZ 为道路改善系数。

3.2. 小区开放道路通行能力评估案例分析

本文以南京中心地带的王府国际花园附近 4 个小区开放前后的各项道路数据进行案例分析验证模型的有效性。通过获取该地域小区开放前后红绿灯时长数据，借助软件测距得到开放道路总长为 2135 m，开放后主干道增加节点 8 个，支路节点增加 12 个。南京王府国际花园附近小区区域图见图 2。

通过表 6 以上数据之间的对比可以发现，小区开放前后对周边的交通状况有较大的优化。其中连接度、非直线性、可达性系数等各项指标都有所改善。对于南京市这类城市来说最主要因素人均道路长度增加较大，道路通行优化指数Z提升了 33.28%，修正的 BPR 路阻函数值减小了 8.30%，人们的道路通行更加顺畅。

4. 结束语

单一型封闭式小区模式是我国城市居民居住环境的主流结构，随着我国城市化进程飞速发展的今天，交通拥堵、环境污染、公共服务基础设施不配套以及城市居民交往空间缺失等一系列问题成为困扰城市发展的重要瓶颈。小区开放成为缓解道路拥堵、改善城市交通现状的有效途径。本文首先通过分析影响城市交通的基本因素入手，借助主成分分析及熵值法等统计手段对城市交通环境进行初步评价，进而借助小区开放前后影响交通环境的变化数据，通过引入新的评价因子对 BPR 函数进行优化，实现小区开放



Figure 2. Map of Nanjing Wangfu International Garden neighborhood area
图 2. 南京王府国际花园附近小区区域图

Table 6. Comparison of various road indexes before and after the opening of Nanjing Wangfu International Garden
表 6. 南京王府国际花园附近小区开放前后各项道路指标对比

南京王府国际花园附近小区开放前后各项道路指标对比									
	道路长度 (km)	道路密度 (km/km ²)	人均道路 长度万人 (km/万人)	连接度系数	非直线系数	可达性系数	延误时间	Z	路阻
开放前	9.67	13.52	6.45	4.20	1.40	2.00	46.00	2.36	19.08
开放后	11.81	16.51	7.78	4.30	1.10	2.20	42.00	3.14	17.50
增量	7.91	3.19	3.60	0.50	-0.40	0.50	-8.00	0.78	-1.58
提升 比例	47.20%	47.20%	47.20%	13.51%	-26.67%	29.41%	-20.51%	33.28%	-8.30

对城市交通状况改善的数据评估。

不同种类小区开放前后对周边道路通行的影响应该具有差异性。针对不同类型的小区,设计相应的小区开放后其内部的路网结构以及小区周边的路网优化方案具有更大的实用价值,这也是本文的后续研究方向。

基金项目

国家自然科学基金(71071161, 61273209); 江苏省自然科学基金(BK2012511)。

参考文献

- [1] 苏兵, 徐寅峰. 居住和单位小区对方格网络交通便捷度的影响分析[J]. 系统工程 2006, 24(12): 33-39.
- [2] 李向朋. 城市交通拥堵对策——封闭性小区交通开放研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙理工大学, 2014.
- [3] 张磊. 促进交往的街区式住区交通设计初探[D]: [硕士学位论文]. 中南大学, 2009.
- [4]
- [5] 裴玉龙, 丁千峰. 考虑封闭小区内道路使用的路网评价研究[J]. 中国城市交通规划学术委员会年会暨学术研讨会, 2005.
- [6] 张娜. 住区建成环境对公共交通步行可达性的影响研究——以厦门市为例[D]: [硕士学位论文]. 厦门大学, 2015.
- [7] 游向然. 住区开放度均衡策略研究[D]: [硕士学位论文]. 同济大学, 2009.
- [8] 郭继孚. 对中国大城市交通拥堵问题的认识[J]. 城市交通 2013, 34(5): 34-39.
- [9] 王兰化, 张莺. 层次分析——熵值定权法在城市建设用地适宜性评价中的应用[J]. 地质调查研究, 2011, 4(34): 305-310.
- [10] 俞立平, 潘云涛, 武夷山. 非线性科技评价方法合适性测度研究[J]. 情报杂志, 2010, 2(29): 45-47.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: csa@hanspub.org