

Study on the Influence of Community Opening on Surrounding Traffic

Nan Zhang¹, Luhua Li¹, Tiantian Zhou², Fei Li^{1*}

¹College of Sciences, Beijing Forestry University, Beijing

²College of Economics and Management, Beijing Forestry University, Beijing

Email: 771568416@qq.com, *feifei_1004@bjfu.edu.cn

Received: Jul. 26th, 2017; accepted: Aug. 16th, 2017; published: Aug. 21st, 2017

Abstract

This paper constructs five evaluation indexes, which are used to evaluate the influence of community opening on the traffic capacity of the surrounding roads, and compare the reachability of different types of communities before and after opening. First, the Floyd shortest path method and the corresponding formula are used to calculate the five measures of road traffic. Secondly, the PCA algorithm is used to evaluate the road traffic before and after the opening of different communities. The changes of the indicators before and after the opening of the community are analyzed, and the rationality of the PCA sorting results is tested. Finally, based on the density of the detours and straight roads in the district, three types of communities are selected from the urban road traffic network design in the core area of Chenggong New District, Kunming. The shortest path matrix can be used to compare the external road traffic before and after the opening of the district, and the impact of the established reachability of the road network on the three types of community was evaluated.

Keywords

Community Opening, Road Traffic Evaluation System, Quantification Model, Floyd Algorithm, Principal Component Analysis

小区开放对周边道路通行能力影响的研究

张楠¹, 李路华¹, 周甜甜², 李扉^{1*}

¹北京林业大学理学院, 北京

²北京林业大学经济管理学院, 北京

*通讯作者。

Email: 771568416@qq.com, feifei_1004@bjfu.edu.cn

收稿日期: 2017年7月26日; 录用日期: 2017年8月16日; 发布日期: 2017年8月21日

摘要

本文构建了五个评价指标, 用于评价小区开放对周边道路通行能力的影响, 并通过可达性指标对比了不同类型小区开放前后的通行情况。首先利用Floyd最短路方法以及相应公式对道路通行的五个衡量指标值进行计算。其次, 使用PCA算法对不同小区开放前后道路通行情况进行评价, 并对各指标在小区开放前后的变化进行分析, 检验了PCA排序结果的合理性。最后以小区内部弯路和直路的密度为划分依据, 从昆明市呈贡新区核心区社区道路交通网设计图中选出三种类型小区, 利用最短路矩阵可对比小区开放前后的外部道路通行情况, 并使用已建立的道路网可达性指标对三种类型小区开放的影响进行了评价。

关键词

小区开放, 道路通行评价体系, 量化模型, Floyd算法, 主成分分析

Copyright © 2017 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

2016年2月21日, 国务院发布《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》, 其中第十六条关于推广街区制, 原则上不再建设封闭住宅小区, 已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放等意见, 引起了广泛的关注和讨论[1]。《香港: 窄马路、密路网与开放式街区》[2]一文对国务院的此条意见展开了深入的分析。许多学者就“密路网, 小街区”这一课题进行相关的研究。以天津为例的小街区密路网住区模式研究[3]建立从城市的角度研究住区的视角, 为“小街区, 密路网”住区模型在中国城市中应用提供佐证。以武汉光谷中心城市为例的小街坊密路网实施策略研究[4], 给出了西方小街坊密路网模式对国内相关规范和标准的不适应而水土不服的现象。关于开放街区的讨论[5]从开放街区的特点与意义、我国街区的发展脉络以及应对开放街区的举措三个方面对“开放街区”进行了讨论和梳理。街区变小给城市带来的影响将是深刻的、系统的, 对城市面貌、城市体验都将带来很大改观。

除了开放小区可能引发的安保等问题外, 还有很多议论的焦点[6], 比如: 开放小区能否达到优化路网结构、提高道路通行能力、改善交通状况的目的, 以及改善效果如何。一种观点认为封闭式小区破坏了城市路网结构, 容易造成交通阻塞。小区开放后, 路网密度提高, 道路面积增加, 通行能力自然会有提升, 对城市空间形象、社区资源共享、人际交往有着重要影响。也有人认为这与小区面积、位置、外部及内部道路状况等诸多因素有关, 不能一概而论。还有人认为小区开放后, 虽然可通行道路增多了, 相应地, 小区周边主路上进出小区的交叉路口的车辆也会增多, 也可能会影响主路的通行速度。本文针对小区开放能否达到优化路网结构, 提高道路通行能力, 改善交通状况

进行建模探讨。

2. 路网通行能力的评价指标

本问题我们将根据各评价指标的定义、计算方法、指标获取方法，在参考文献[7]和[8]的基础上，根据我们所构造的小区道路系统网的真实数据情况确定小区道路系统分级标准的建议指标。为求解本问题，我们设定以下五个评定参数：道路网面积、道路网密度、道路网连接度、道路网可达性和主干道机动车平均速度。

定义 1.1: 道路网面积是指小区道路网(含外围道路)的道路面积(单位: 平方米)。假设主干道和次干道的平均宽度为它们宽度范围的中间值:

$$S = \sum_{a \in A} S_a$$

其中, S_a 为小区道路网中道路 a 的面积, A 为小区道路网中道路集合。

由定义 1.1 可知, 道路网面积, 就是社区道路的面积。道路面积越大, 通行率越高。

定义 1.2: 道路网密度[7]是指小区道路长度与小区面积的比值(单位: 米/平方米):

$$\rho = \frac{\sum_{a \in A} I_a}{S}$$

其中, a 为小区内道路的长度, A 为小区道路集, S 为小区面积。

路网密度是城市范围内由不同功能、等级、区位的道路, 以一定的密度和适当的形式组成的网络体系结构, 一般而言, 路网密度越大, 可选择路径越多, 交通通行效率更高。

定义 1.3: 道路网连接度是指构成小区道路网的边数与节点数目的比值(单位: 无量纲):

$$\beta = \frac{\sum_i m_i}{N}$$

其中, N 为路网总节点数, m_i 为第 i 节点所邻接的边数。

道路网连接度的物理含义是路网中节点的平均邻接边数, 表征了不同网络结构的连通性能, 从宏观上反映了路网结构的成熟程度和出行便利程度; 连接度值高, 表明路网断头路越少, 成环成网程度越好, 出行便利, 反之则表明路网连通性较差。

定义 1.4: 道路网可达性[7]是指小区任意两个网点间的平均距离(单位: 米):

$$\text{avg}(r_{ij}) = \frac{1}{N^2} \sum_i \sum_j r_{ij}$$

其中, N 为小区道路网中交叉点个数, r_{ij} 为交叉点 i 与 j 之间的最短路径长度。

在交通领域中, 可达性是评价交通网合理性、运输效率的重要指标。包括针对居民的可达性指标以及针对各个位置点的易动性指标, 能够体现小区道路网的空间阻隔性。任两个交叉点间的最短路径长度的平均值越小, 表示可达性越大。

定义 1.5: 主干道机动车平均速度是指小区外围主干道总行驶里程与行驶时间(包括交叉口减速行驶造成的延误)之比(单位: 无量纲):

$$v = \frac{L}{t}$$

其中, L 是小区周边主干道总长度, t 是机动车在小区外围主干道行驶时间。

社区主动干道机动车平均速度即分析正常情况下机动车在小区内道路上的通行能力。平均速度越大,

道路体系越优。

3. 建模与求解

3.1. 数据的获取

选用昆明市规划局提供的昆明呈贡新区核心区社区道路交通网设计数据[9]，并在路网结构图中截取三个区域模拟不同类型小区，如图1所示。

在图上测量所需要的路线的长度，按图示比例尺计算实际路线长度，分别作出选取的三个小区开放前后共6种情况的模型图，如图2所示。统计原始数据，如表1所示。

3.2. 五个指标值的计算

道路网面积、道路网密度、道路网连接度三个指标计算所需数据已列出，根据定义1.1，1.2，1.3中的公式直接计算即可。以下为道路网可达性和主干道机动车平均速度的解法。

3.2.1. 道路网可达性

根据已经定义的可达性公式，需要求小区道路网中任两点间最短路径长度的平均值。使用 Floyd 算

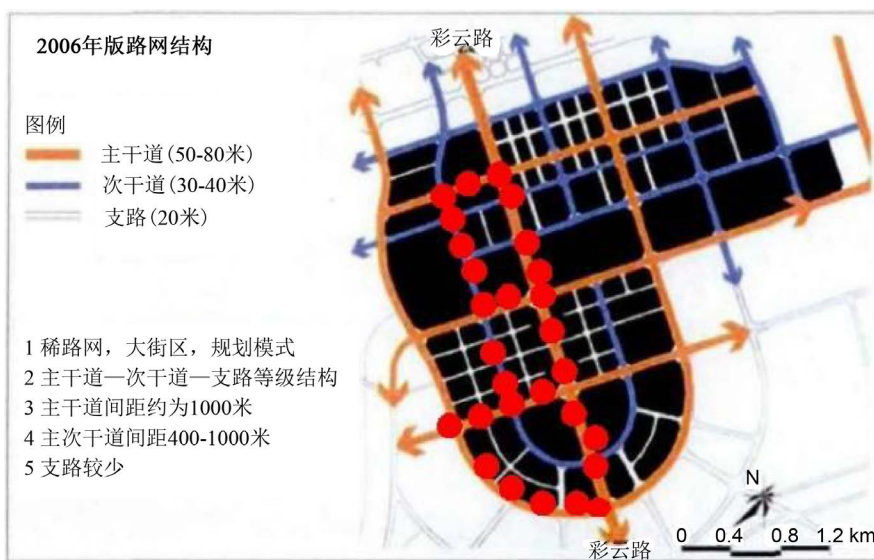


Figure 1. Kunming Chenggong New District core area community road traffic network
图1. 昆明呈贡新区核心区社区道路交通网

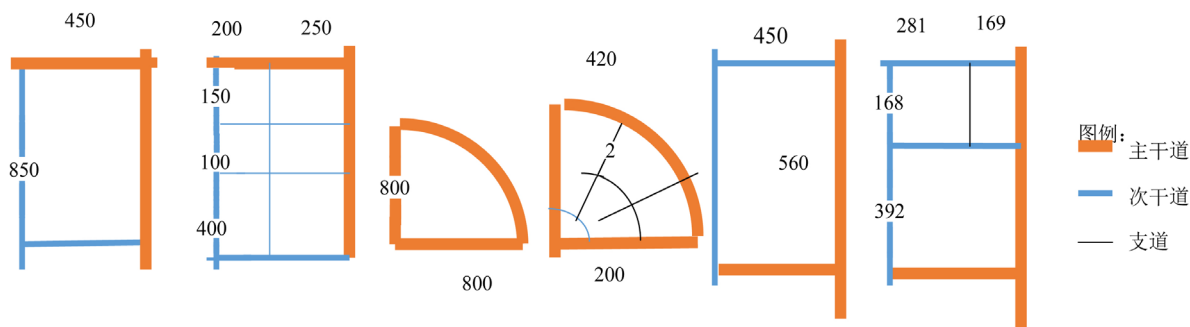


Figure 2. Three district models before and after opening
图2. 三个小区开放前后模型图

Table 1. Raw data sheet

表 1. 原始数据表

数据标记	小区	开放前		开放后	
小区内支路宽度 l_1	一、二、三			20	
小区内次干道宽度(取其范围中间值) l_2	一、二、三			35	
路网总节点数 N	一	4		12	
	二	3		12	
	三	4		8	
路网总边数(路段数) M	一	4		17	
	二	3		17	
	三	4		10	
小区道路网中道路总长度 ρ	一	2600		4350	
	二	2860		4918	
	三	2020		2638	
小区周边主干道总长度 L	一	1750		1750	
	二	2860		2860	
	三	1010		1010	
小区外围主干道上的交叉路口 n, n_1, n_2		n	n	n_1	n_2
	一	3	3	4	0
	二	3	3	3	2
	三	2	2	0	1

备注: 开放小区前小区外围主干道上的交叉路口(含拐弯)数记为 n (机动车逼近小区外围主干道两个端点路口时只有加速或减速过程, 为了便于计算, 主干道两个端点的交叉路口各算 0.5 个交叉路口); 开放小区后, 小区外围主干道上多了与支路交叉的路口数以及与次干道交叉的路口数, 分别记为 n_1 和 n_2 。

法[10]求解小区道路网的 N 个交叉点中任两个交叉点 i, j 间的最短路径长度。首先递推产生一个矩阵序列 $A_0, A_1, \dots, A_k, \dots, A_n$, 其中 $A_k(i, j)$ 表示从顶点 v_i 到顶点 v_j 的路径上所经过的顶点序号不大于 k 的最短路径长度, 迭代公式:

$$A_k(i, j) = \min(A_{k-1}(i, j), A_{k-1}(i, k) + A_{k-1}(k, j))$$

式中, k 是迭代次数, $i, j, k = 1, 2, \dots, n$ 。

最后, 当 $k = n$ 时, A_n 即是各顶点之间的最短通路值。程序运行结果是最小路径矩阵和路由矩阵(每个矩阵中第 i 行第 j 列元素表示从 v_i 点到 v_j 点的最短路径长度 r_{ij})。

3.2.2. 主干道机动车平均速度

根据中华人民共和国中央人民政府官方网站公布的《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》[11], 作如下假设:

1) 假设变速均匀, 且机动车在小区道路行驶速度为 $v_i = 50 \text{ km/h}$, 在通过交叉路口时速度为 $v_j = 40 \text{ km/h}$, 那么加速与减速过程中的平均速度为 $v_m = 45 \text{ km/h}$ 。

2) 假设机动车在小区周边主干道拐弯路口时拐直角弯, 且在距离交叉路口 $l_m = 75 \text{ m}$ 时开始减速, 减速到 $v_j = 40 \text{ km/h}$ 时立即开始加速。

根据假设(1)和(2), 开放小区前、后机动车在小区外围主干道行驶时间分别为:

$$t_1 = \frac{L - 2 * n * l_m}{v_i} + \frac{2 * n * l_m}{v_m},$$

$$t_2 = \frac{L - n_1 * l_1 - n_2 * l_2 - 2(n_1 + n_2 + n) * l_m}{v_i} + \frac{n_1 * l_1 + n_2 * l_2}{v_i} + \frac{2 * (n_1 + n_2 + n) * l_m}{v_m},$$

其中, L, l_1, l_2, n, n_1, n_2 所标记的数据见 3.1 的原始数据表。

分别将 t_1 和 t_2 代入公式 $v = \frac{L}{t}$ 即得开放前后机动车在小区外围主干道行驶的平均速度。

将三个小区开放前后的 6 种情况编号: 开放前的一、二、三号小区分别为 1, 3, 5, 开放后的一、二、三号小区分别为 2, 4, 6。汇总三个小区开放前后五项指标, 如表 2 所示。

3.3. 小区开放前后的道路通行情况

使用主成分分析方法, 对三个小区开放前后的六种情况进行评价。主成分分析[12]是将多个变量综合归纳为少数几个具有代表性的变量, 使得这些变量能够代表原始变量中的大多数信息又不会相互影响, 从而更利于数据的分析与建模。主成分分析得到小区综合评价排名, 如表 3 所示。

3.4. 小区开放对各评价指标的影响

为了检验 PCA 法得出的结论的合理性, 作五个指标的折线, 将较小的指标数据扩大以便作图观察(每一指标的数量级相同, 横坐标是小区编号), 观察小区开放前后指标变化, 如图 3 所示。

比较发现, 只有主干道机动车平均速度降低了, 但下降幅度较小, 因此小区开放的影响总体上是积

Table 2. Five indicators summary of the three communities before and after the opening

表 2. 三个小区开放前后五项指标汇总

小区编号	道路网面积	道路网密度	道路网连接度	道路网可达性	主干道机动车平均速度
1	14.3500	0.0068	2.0000	0.0017	48.6111
2	17.8500	0.0114	2.8333	0.0018	46.4191
3	18.9500	0.0057	2.0000	0.0016	49.1409
4	23.6510	0.0098	2.8333	0.0019	47.023
5	10.1000	0.0080	2.0000	0.0020	49.2683
6	12.0110	0.0105	2.5000	0.0023	47.1963

Table 3. Community comprehensive evaluation ranking

表 3. 小区综合评价排名表

名次	小区及状态
第 1 名	2 号小区开放后
第 2 名	1 号小区开放后
第 3 名	2 号小区开放前
第 4 名	1 号小区开放前
第 5 名	3 号小区开放后
第 6 名	3 号小区开放前

极的，而主干道可以视为在小区外部。因此，内部道路网络较复杂的小区开放后，综合评价结果会提高的可能性更大。PCA 评价结果中排名最高的二号小区开放后情形，恰好是小区内部道路网络最密集的情形。

4. 不同类型小区开放前后可达性对比

前文已经建立了完整的评价指标并给出了综合评价方法。通过使用可达性指标 1.4 可以对比不同类型小区开放前后的可达性。为此需要先给出不同类型小区的划分依据。

4.1. 小区划分依据

首先，简化小区内部结构以矩形路(直路)密度和弧形路(弯路)密度为主要划分依据，其次考虑周边道路情况，以主干道密度，次干道密度为次要划分依据。选取在路网结构图中截取的三个特征区域为三种不同类型小区为例。一号小区：小区内部为较多矩形路的小区类型，其矩形路密度为 7 (简化处理使用小区内部路条数) (如图 4 左)；二号小区：小区内部为弧形路的小区类型(如图 4 中)；三号小区：小区内部为较少矩形路的小区类型，其矩形路密度为 3 (如图 4 右)。

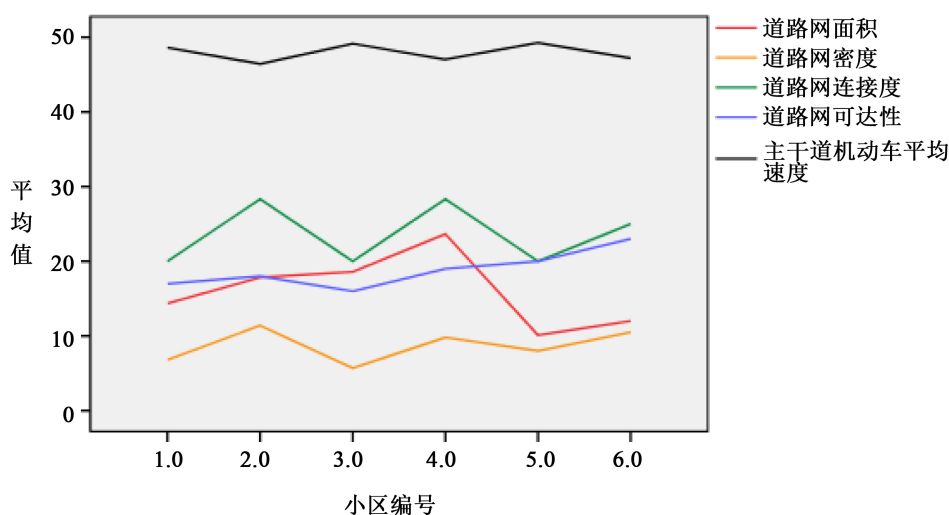


Figure 3. Differences of indicators before and after the opening

图 3. 小区开放前后指标变化图

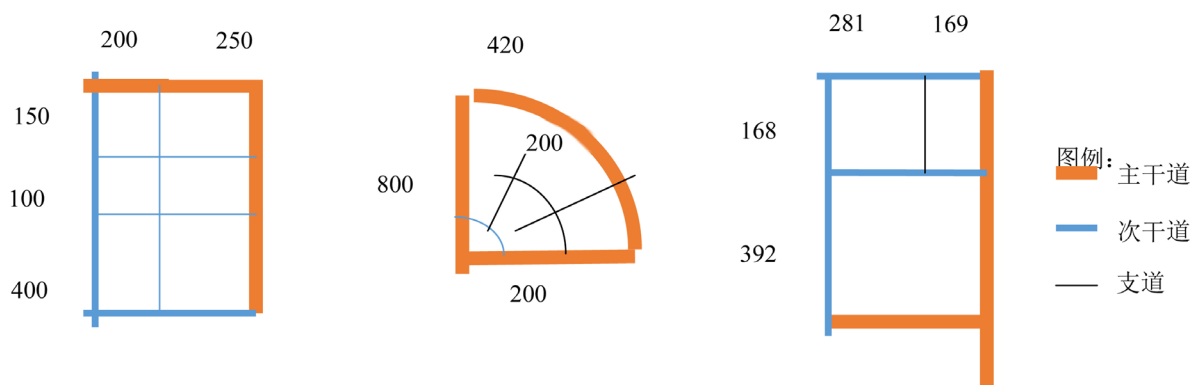


Figure 4. Three types of communities

图 4. 三种类型小区

4.2. 不同类型小区开放前后可达性对比建模求解

为了分析小区开放前后的可达性，前面使用了任意两交叉口位置的最小路径作为变量，这里继续使用通过 Floyd 法求解小区开放前后任意两交叉口位置的最小路径[13]，分析不同小区类型带来的影响差异，它的优点是只要不改变封闭小区原交叉口的编号方(V1, V2, V3, V4,.....)，就可以在开放后的最小路径矩阵的左上角得到原来的交叉口之间的最小路径 B，从而可以与小区封闭时做比较。最后定量分析不同类型小区开放前后对原来交叉口通行状况中最小路径的影响，以及整个小区内外通行情况的影响。

选取一号小区举例分析，给小区编号，如图 5 所示。

将带有编号的小区道路简化成只有点和边的赋权图[14]，边上的权重为路径长度，从而得到开放前后的赋权图。根据赋权图得到带权邻接矩阵[15] W。

依据图 5 计算得到一号小区封闭时带权邻接矩阵 $W(close-N1)$ 。通过 Floyd 任意两点最小路径计算方法可以得到最小路径矩阵 $b(close-N1)$ 及一号小区最小路径均值 $avg(close-N1)$ 和可达性指标。其道路网可达性指标为 $k1=0.0017$ 。依据图 5 计算得到一号小区开放时带权邻接矩阵 $b(open-N1)$ ，通过 Floyd 任意两点最小路径计算方法可以得到最小路径矩阵 $avg(open-N1)$ 及最小路径均值 $avg(open-N1)$ 和可达性指标，道路网可达性指标 $k2=0.0018$ 。

由于一号小区开放前后小区外部交叉路口编号不改变，为 V1, V2, V3, V4，从而可以在最小路径矩阵 $b(open-N1)$ 的左上角得到一号小区开放后小区外部交叉口的最小路径矩阵 $B(open-B)_N1$ 。也就是从下图最小路径矩阵 $b(open-N1)$ 中左上角 4×4 方阵得到。并计算 $B(open-B)_N1$ 的相应指标得最小路径均值 $Avg(open-N1-B)=650$ 道路网可达性指标 $k2=0.00154$ 。

b 为:

0	850	1300	450	400	700	1050	900	600	200	1150	850
850	0	450	1300	450	150	200	350	650	1050	600	900
300	450	0	850	900	600	250	400	700	1100	150	450
450	1300	850	0	850	1150	1100	950	650	250	700	400
400	450	900	850	0	300	650	500	200	600	750	450
700	150	600	1150	300	0	350	200	500	900	450	750
1050	200	250	1100	650	350	0	150	450	850	400	700
900	350	400	950	500	200	150	0	300	700	250	550
600	650	700	650	200	500	450	300	0	400	550	250
200	1050	1100	250	600	900	850	700	400	0	950	650
1150	600	150	700	750	450	400	250	550	950	0	300
850	900	450	400	450	750	700	550	250	650	300	0

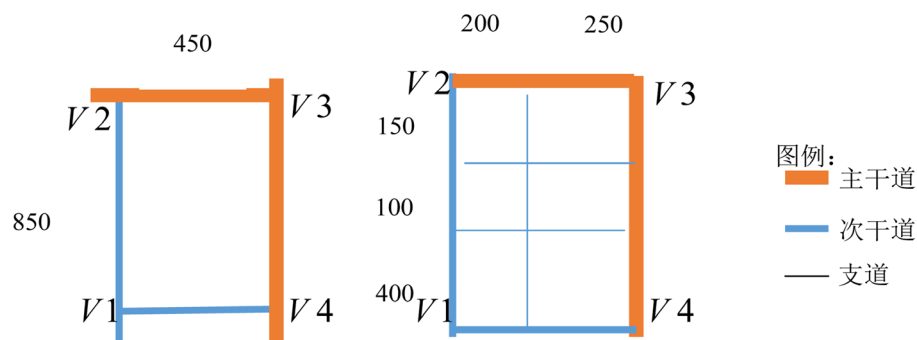


Figure 5. No. 1 Community before opening and after the opening
图 5. 一号小区开放前与开放后

使用同样的计算方法就可以得到三个小区的开放前后数据，如图 6 所示。

统计三种类型小区开放前后的道路网可达性对比、最小路径平均值对比，分别如表 4、表 5 所示。

4.3. 结果分析

从三种类型社区开放前后任意两交叉口最小路径平均值表中可以发现：三个小区开放后任意两交叉口最小路径的平均值都小于开放前的平均值，从而可达性得到提高。但各小区最小路径均值的减少程度有区别。从柱状图中可以看出：小区开放前后，最小路径均值降低最明显的是二号小区，其次是三号小区，最后是一号小区。可达性对比中 2 号、3 号小区提高较明显。所以单从任意两交叉口最小路径平均值来看小区的开放对弧形路密度大的小区影响大于对矩形路密度大的小区。并且对矩形路密度小的影响要大于对矩形路密度大的小区。其次，观察各小区开放前后的小区外部路口最小路径平均值对比表可知，虽然小区开放提高了各路口的可达性但原来小区外部路口间的最小路径平均值没有减少，反而有增加，

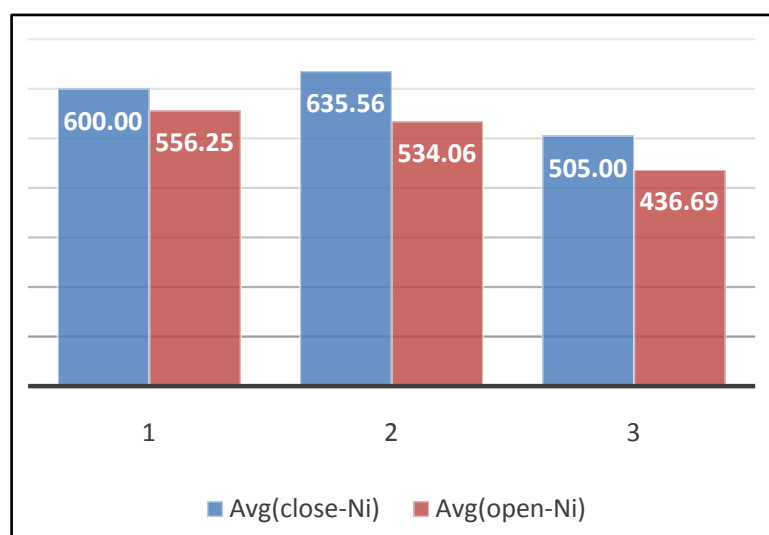


Figure 6. The minimum path average of the intersection before and after the opening

图 6. 开放前后交叉口最小路径平均值

Table 4. Comparison of the reachability of the road network of the three types of communities before and after the opening

表 4. 三种类型小区开放前后的道路网可达性对比表

	1 号小区	2 号小区	3 号小区
开放前	0.0017	0.0016	0.002
开放后	0.0018	0.0019	0.0023

Table 5. Comparison of the minimum path average of the external intersection of the three types of communities before and after the opening

表 5. 三种类型小区开放前后的外部路口最小路径平均值对比表

	1 号小区	2 号小区	3 号小区
开放前	600	635.56	505
开放后	650	635.56	505

这是因为开放前各路口间主要被小区外围路直接连通, 而小区开放后, 可以通过穿越小区内部到达, 对于弧形路密度大的小区, 路径距离改变自然不大, 而对于矩形路密度大的小区, 这样的计算则是考虑了所有行走路线, 其中许多绕路的选择导致最终开放后小区外部路口间的最小路径均值升高。

5. 模型评价

本文创新点是按比例从昆明市规划局取得的昆明市呈贡新区核心区社区道路网设计数据的原始资料作为理论数据支撑, 并且在路网结构图中选取三块典型社区进行分析, 根据小区路网结构变化建立了路网通行能力的评价指标; 此外, 本文使用的 PCA 主成分分析法, 解决了评价指标关系不明确的综合评价问题; 最后, 使用 Floyd 算法获得的最小路径矩阵可以在其左上角得到编码不变点的最小路径矩阵, 从而可以对比开放前后小区外部交叉路口的可达性。但也存在缺点: 由于本文使用的数据较少, 得到的结果具有一定的偶然性, 如果在数据足够充裕的条件下, 模型的建立将更有依据, 得到的结论也更加权威。

基金项目

中央高校基本科研业务经费 200-121701215。

参考文献 (References)

- [1] 全国大学生数学建模竞赛. 全国大学生数学建模竞赛[EB/OL]. <http://www.mcm.edu.cn/>, 2015-9-12.
- [2] 姚婕, 杨彦琴. 香港: 窄马路、密路网与开放式街区[J]. 北京规划建设, 2016(3): 57-60.
- [3] 卞洪滨. 小街区密路网住区模式研究——以天津为例[D]: [博士学位论文]. 天津: 天津大学, 2010.
- [4] 吕华明. “小街坊密路网”的实施策略研究——以武汉光谷中心城为例[C]//中国城市规划学会. 城乡治理与规划改革——2014 中国城市规划年会论文集: 2014 年卷. 北京: 中国城市规划学会, 2014: 10.
- [5] 杨保军. 关于开放街区的讨论[J]. 城市规划, 2016, 40(12): 113-117.
- [6] 刘瑞, 孙芳缤, 陈家琦. 关于开放小区对道路通行影响的研究[J]. 科技资讯, 2017, 15(7): 255-256.
- [7] 曾松, 杨佩昆, 方棣波. 城市道路网结构的可达性评价[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2001, 29(6): 666-671.
- [8] 胡文婷. 城市交通系统效率指标体系与多方式路网优化设计[D]: [博士学位论文]. 南京: 东南大学, 2015.
- [9] 申凤. “密路网, 小街区”规划模式在昆明呈贡新区核心区的适用性研究[D]: [博士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2014.
- [10] 王荣, 江东, 韩惠. 基于 Floyd 方法的最短路径算法优化算法[J]. 甘肃科学学报, 2012, 24(4): 110-114.
- [11] 中华人民共和国中央人民政府. 中华人民共和国中央人民政府[EB/OL]. <http://www.gov.cn/>, 2015-8-23.
- [12] 张鹏. 基于主成分分析的综合评价研究[D]: [硕士学位论文]. 南京理工大学, 2004.
- [13] 胡桔州. Floyd 最短路径算法在配送中心选址中的应用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2004, 30(4): 382-384.
- [14] 张蕾. 矩阵方法求赋权图中最短路的算法[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2004, 34(5): 527-530.
- [15] 刘亚国. 图论中邻接矩阵的应用[J]. 忻州师范学院学报, 2008, 24(2): 78-80.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱：hjdm@hanspub.org