

# 广州市不同交通网的可达性差异分析\*

李煜, 张亦汉, 李建程

(广东财经大学地理与旅游学院, 广东 广州 510320)

**摘要:**以广州市的地铁、高速公路和普通公路为研究对象, 选用加权平均旅行时间为指标, 并运用 ArcGIS 软件, 综合分析了不同交通网络的可达性差异。结果表明: 各个交通网(包括地铁、高速公路、普通公路和综合交通网络)均以中心城区为核心, 主要向北部、东部和南部延伸, 越向外围, 可达性水平越低, 总体上形成从中心向外围的发散型分布格局。由于各个交通网络的分布范围和运行速度等的不同, 地铁、高速公路、普通公路和综合交通网络中可达性系数小于 1(可达性高于平均水平)的区域有较大的差别, 分别为 87.59%, 58.18%, 77.50% 和 85.17%。同时也发现, 行政区内的平均旅行时间差别非常大, 如在普通公路网中, 增城从化两市的最大最小平均旅行时间可达到 79.85 min。

**关键词:**可达性; 不同交通网; 加权平均旅行时间; 广州市; ArcGIS

中图分类号: P208 文献标志码: A 文章编号: 0529-6579(2015)02-0133-08

## Differential Analysis of Accessibility for Different Transportation Network in Guangzhou

LI Yu, ZHANG Yihan, LI Jiancheng

(School of Geography and Tourism, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou, 510320)

**Abstract:** Most of previous studies about accessibility focused on single traffic mode. This paper takes the weighted average travel time as an indicator to analyze the accessibility differences by using ArcGIS for three different traffic modes. Different transportation networks, including metro, highways, normal roads and combined networks, show a similar pattern. The area with highest accessibility is in the central urban area with a developed traffic condition. The better accessibility areas extend from center to the north, east and south. Since the distribution and running speed are different in networks, the percentages of area with an accessibility coefficient less than 1 in metro, highways, roads and common integrated transport network are 87.59%, 58.18%, 77.50% and 85.17% respectively. We also found that the difference of the average travel time is very large in the same district, e. g., the difference between the maximum and minimum average travel time is 79.85 min in Zengcheng and Conghua.

**Key words:** accessibility; different transportation networks; weighted average travel times; Guangzhou; ArcGIS

1959年 Hansen 首次提出了可达性的概念, 并将其定义为交通网络中各节点相互作用的大小<sup>[1]</sup>。

此后, 国内外研究者不断丰富可达性的研究应用。日前, 可达性被广泛应用于景观地理学, 土地管理

\* 收稿日期: 2014-03-30

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973计划)资助项目(2011CB707103); 国家自然科学基金资助项目(41301408); 广东省自然科学基金资助项目(S2013040016071)

作者简介: 李煜(1992年生), 男; 研究方向: 交通模型与地理分析; 通讯作者: 张亦汉; E-mail: zyh4184@163.com

学、交通地理学,城市规划等各个领域的研究中<sup>[2-7]</sup>,但可达性的研究更多集中在交通地理学上。尽管学术界对可达性没有统一的定义,但在交通地理学中普遍认为是指利用一种特定的交通系统从某一给定区位到达活动地点的便利程度<sup>[6-7]</sup>。

交通运输系统是国家或区域社会经济发展的先行条件,而在交通运输系统组合下形成的交通网络作为形成城市体系网络系统的物质条件和必要前提,其不断完善以及提升规划的科学性有着重要的意义<sup>[8-10]</sup>。因此,一些学者开展了区域的交通系统网络可达性研究,如 Linneker 等<sup>[11]</sup>采用市场发展潜力与工业结构、劳动力等指标参数,对比了伦敦外环高速建设前后情况,以反映可达性变化对区域经济的影响。Gutiérrez 等<sup>[12]</sup>通过不同的定量指标研究欧洲高铁网络,探讨站点间不同运输距离与时间的变化导致站点间的相对距离改变,预计了可达性空间格局在欧洲各城市的变化水平。曹小曙和薛德升等在对中国干线公路网络连结的城市可达性的研究中,运用距离矩阵与部分特征指标,探讨公路网络连接的城市空间格局呈现出南北向辐射的形态,提出了东西方向运输有待加强的建议<sup>[9]</sup>。徐涛和王黎明等通过栅格计算方法,探讨民用航空机场的可达性总体呈现东高西低的水平,提出了优先考虑社会经济需求潜力和改善东北及西北地区航空运输服务水平的新机场规划建议<sup>[13]</sup>。可达性已经成为决定个人生活方式和区域前景的一个关键性的因素,而区域可达性的改变将直接影响到区域经济的发展<sup>[14]</sup>。

国内外学者对交通网的可达性研究覆盖了公路、铁路、航空等领域,主要研究可达性交通网的时空格局演化。而对于不同类型交通网的差异分析较少,尤其是对同一个城市中不同交通网的可达性进行比对的研究比较缺乏。另外,已有的研究大部分集中在对单一的交通方式进行分析,对综合的交通网的可达性研究鲜有报道。因此,不同交通网的可达性差异比较对于城市交通网现状的分析以及未来的规划有着重要的意义,同时也为可达性在不同交通网的比较上的研究提供更新的案例与实证数据。

本文以广州市为例,在 ArcGIS 软件的支持下对广州市地铁、高速公路以及普通公路数据进行空间分析并得出不同交通网与综合交通网的可达性。采用加权平均旅行时间和可达性系数等指标进行对比分析,揭示出广州市不同交通网的可达性差异,分析广州市交通网的发达与有待规划完善的区位,

以辅助相关职能部门优化交通网。

## 1 研究区与研究方法

### 1.1 研究区概况

根据广州交通规划研究所的 2012 年广州市交通发展年度报告,城市道路长度为 7 100 km,道路面积为 101.40 km<sup>2</sup>,用于市政公用设施建设的固定资产投资约 202 亿元,公共交通约 95.9 亿元,道路桥梁约 59.4 亿元,大部分为轨道交通投资<sup>[15]</sup>。目前,广州市的交通网络呈现核心商圈为集聚中心,向外围逐渐递减的趋势。整体上广州市的陆路交通网处于较完善和较发达的状态(图 1)。

广州市的主要交通网络为地铁网络、高速网络和普通公路网络。目前,广州地铁网络共有站点 145 个,已开通的线路包括 1-6 号线、8 号线、广佛线、APM 线,营运路线总里程 260.5 km,覆盖了 8 个行政区,日均客流量约 580 万人次,极大地缓解了地面交通的压力,是广州市民出行最主要的交通工具之一。广州的高速网络以环城高速为核心,随着珠三角南二环高速、东二环高速、北二环高速、广深沿江高速的通车,市域公路网的第二环

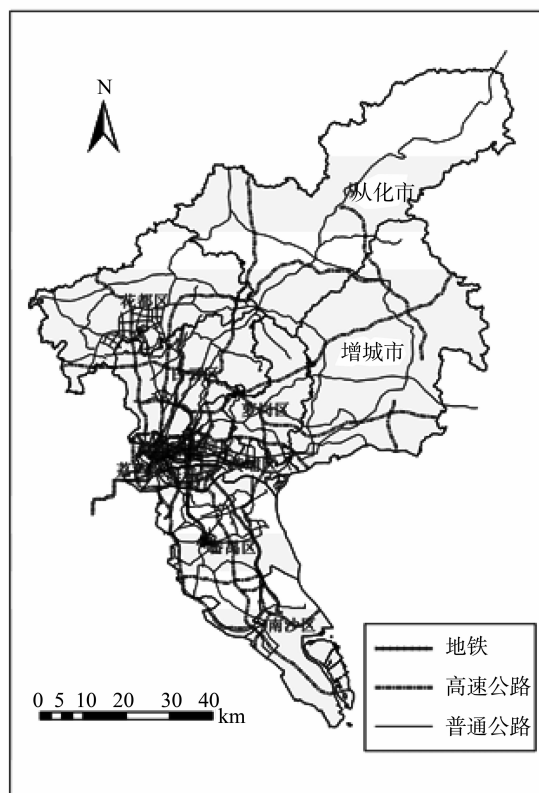


图 1 广州市交通网络

Fig. 1 Transportation network in Guangzhou

基本形成。以广州为中心的“三环，十五射”区域高速网络不断完善，东西连通，南北伸展。高速公路作为各类行政区内外联系的交通系统，在市内接驳口数量比较客观，使得其整体便捷程度高、对外辐射线增强。广州的普通公路网在中心城区较为密集，由于轨道交通的持续发展，偏远行政区如花都区、增城市、从化市的普通公路网络分布较为稀疏，但总体覆盖了所有行政区，普通公路作为人们使用最广泛的运输方式，在区域内的覆盖度最高，是人们出行的必要渠道。

## 1.2 资料获取

本文收集了广东省国土资源厅的广州市行政区划数据、广州地铁官方网站的地铁线路数据以及广州市统计局的人口密度数据。为了方便比较和分析，本文采用了广州交通规划研究所在 2012 年的广州市交通发展年度报告对广州市部分行政区重新划分的分析方案，以海珠区、荔湾区、天河区、越秀区为中心城区，以增城市、从化市为两市。其余行政区按照现今广州市行政区划方案中的规定，分为白云区、花都区、萝岗区、黄埔区、番禺区以及南沙区。

根据《中华人民共和国公路工程技术标准》规定，我们得出高速公路、国道、省道和其它道路的设计速度，分别为 120，100，80 和 30 km/h。由于路面状况、天气和车流量等原因，在计算中往往根据设计速度进行折减并作为实际运行速度。为方便研究，本文将折减系数定为 0.8<sup>[16-18]</sup>，即高速公路、国道、省道和其它道路的运行速度分别为 96，80，64 和 24 km/h。由于广州地铁并未公布各线路实际运行速度，因此，根据各线路的总长度与官方公布的线路到站时间得出各线路的计算速度。其中 1-6 号线、8 号线、APM 线、广佛线的运行速度为 34.7，40.0，54.2，59.6，50.3，48.6，72.0，37.0，25.9 和 65.9 km/h。

## 1.3 研究方法

1.3.1 评价指标的选取 本文采用加权平均旅行时间指标来表示可达性。加权平均旅行时间值越低，区域交通联系的便利程度越高。加权平均旅行时间指标的计算公式为<sup>[18]</sup>：

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{i,j} * M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j} \quad (1)$$

公式中  $i$  与  $j$  为站点的标识， $A_i$  为站点  $i$  的可达性值，文中采用分钟 (min) 为计算单位； $n$  表示区

域内选取的站点总数； $T_{i,j}$  表示站点  $i$  到站点  $j$  的最短时间距离； $M_j$  为站点  $j$  的权重，比如地区生产总值、人口、车流量等，考虑到本文研究的交通网络包括高速、普通公路以及地铁与人口的拟合度比较好，且交通对人口的变化起到基础性的作用<sup>[19]</sup>，所以本文采用站点所在行政区的人口密度作为站点的权重，反映出站点的吸引力。

为了方便比较不同交通网络之间的可达性，本文采用了可达性系数指标。可达性系数指的是各站点可达性值与区域内各站点的平均可达性值的比值<sup>[20]</sup>，其公式为：

$$A_{di} = \frac{A_i}{\sum_{j=1}^n A_j / n} \quad (2)$$

公式中  $A_{di}$  为站点  $i$  的可达性系数。可达性系数越大说明站点的可达性水平越低，大于 1 表示该节点的可达性水平比区域平均水平低，小于 1 说明该站点的可达性高于区域平均水平。

1.3.2 基于 GIS 的可达性分析 交通网络的可达性分析主要分为如下几个步骤：

1) 数据预处理。为了方便分析，文中采用了基于矢量数据结构可达性分析。通过使用 ArcGIS 软件在相同的坐标系下建立普通公路、高速、地铁以及综合交通的数据图层，对每个图层进行地理配准及数字化处理，并计算站点间的距离、实际运行速度以及录入人口密度等各项属性数据。

2) 时间成本分析。站点间的时间成本是评价可达性的重要指标之一，通过数据预处理后，把各类型交通网数据建立网络数据集，使用网络分析中建立 OD 成本矩阵的功能，得出各站点的最短时间成本，并结合各行政区的人口密度作为站点权重，利用 VBA 编程功能，通过公式 (1)，可求出各站点的加权平均旅行时间。

3) 网络可达性分析。交通可达性的研究主要是通过网络中每个站点的可达性的计算结果，再在此基础上计算整个交通网络的可达性。本文以各个站点的加权平均旅行时间为基础，运用 ArcMap 中空间插值方法，得到广州市不同交通网的空间格局，并对各类型的交通网可达性差异进行分析。

## 2 结果分析

本文在 ArcGIS 软件的支持下分别求出广州地铁、高速公路以及普通公路的可达性 (图 2)。

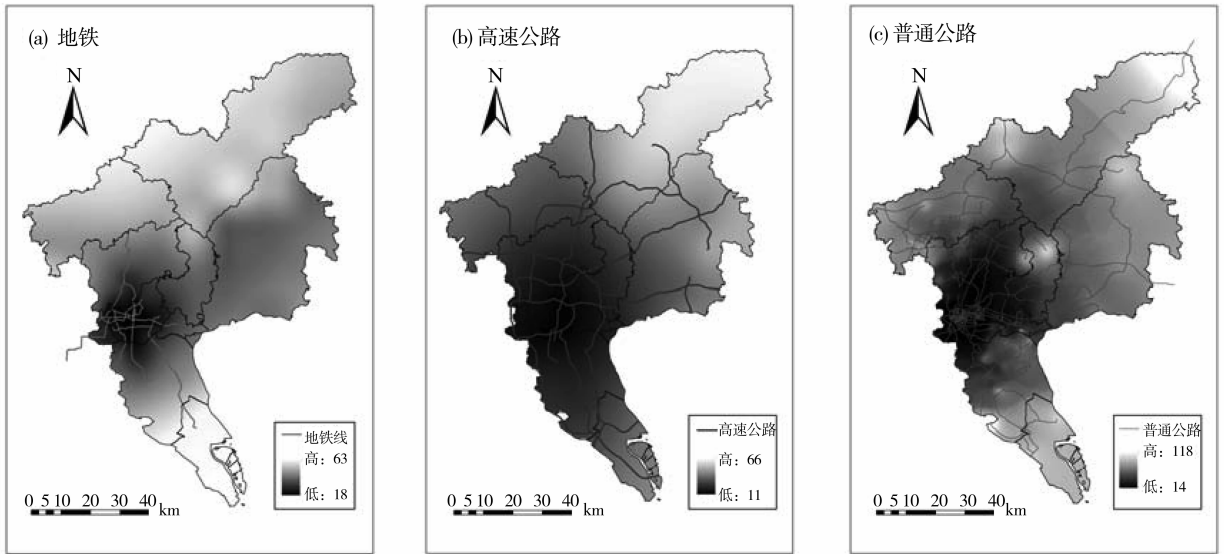


图 2 不同交通网的可达性

Fig. 2 Accessibility of different transportation network

(a. 地铁; b. 高速公路; c. 普通公路)

## 2.1 地铁可达性

地铁的可达性空间格局以中心城区为核心,向外呈带状扩散。根据统计,可达性系数小于 1 (站点可达性高于区域平均水平) 的区域占总数的 87.59%, 说明地铁总体可达性水平高。由图 2a 可得, 地铁加权平均旅行时间在中心城区的值最低, 这些区域的人口密集程度高, 且有便捷交通的支持。地铁网络在中心城区分布最密集, 平均旅行时间最短, 因此该区域可达性水平最高。根据路网统计数据, 线路覆盖度从中心往郊外逐渐递减, 其中以中心城区向东部、北部和南部扩散较为明显。北往白云区南部, 东往黄埔区中西部和南往番禺区北部, 加权平均旅行时间均较低, 可达性水平较高。在更外围的区域中, 加权平均旅行时间的增长速度加快。因为线路覆盖度减少以及部分行政区还没有线路覆盖, 花都区、番禺区南部、南沙区以及两市区域的加权平均旅行时间上升幅度大, 可达性水平较低。

表 1 地铁网各区站点的加权平均旅行时间特征值

Table 1 Eigenvalue of the weighted average travel time of regions in metro network min

| 区域  | 中心城区  | 白云区   | 黄埔区   | 番禺区   | 南沙区   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均值 | 22.17 | 29.24 | 29.07 | 32.70 | 59.10 |
| 最高值 | 29.31 | 45.42 | 30.90 | 48.22 | 62.97 |
| 最低值 | 18.28 | 22.83 | 27.09 | 22.98 | 55.53 |

注: 地铁线路暂没有覆盖萝岗区、花都区以及两市区域。

通过加权平均旅行时间的特征值对比 (表 1), 还可以更好地认识地铁对各区可达性的影响。从表中可以看出, 中心城区站点的整体可达性水平较高, 其特征值的综合水平最高。中心城区线路网密布, 多呈环状封闭, 换乘站点多。广佛线向佛山段的延伸, 且线路网单一, 使最高值出现在荔湾区西南部。天河区中西部换乘站点较多, 使最低值出现在该区。白云区站点整体处于中等的可达性水平, 但因为地铁 2、3 号线的布局, 呈现出可达性水平由南向北缓慢变低的局面。地铁 2、3 号线换乘站点以南区域拥有较高的可达性水平, 使最低值出现在与天河区交界的边缘站点。换乘站点以北地带, 地铁 2 号线的站点分布密度下降, 使最高值出现在最北的机场南站。白云区线路较单一, 只贯穿中部地带, 对于整个白云区可达性的影响有限。黄埔区站点整体处于中等的可达性水平。该区站点密度较大, 最高值与最低值的差值仅有 3.81 min, 但整个区域仅有地铁 5 号线通过其中西部地带, 对于整个区域可达性的影响有限。番禺区站点整体处于中等的可达性水平。该区共有地铁 2-4 号线通过, 三条线路的站点密度较低, 线路南北跨度大, 使最低值出现在与海珠区交界的边缘站点, 最高值出现在地铁 4 号线的最南部站点, 两者差值高达 25.24 min。南沙区站点的整体可达性水平最低, 各指标均处于最低水平。加权平均旅行时间由北向南递增, 站点密度较大, 仅有地铁 4 号线通过其东北部

地带，对于南沙区整个区域可达性的影响有限。

### 2.2 高速公路可达性

由图 2b 可得，环城高速基本包裹了整个中心城区，使高速公路网形成以中心城区为核心的可达性空间格局。白云区、黄埔区、萝岗区中部以及番禺区南部被北二环、南二环以及东二环所组成的高速半包围，且环城高速与三条环线高速之间有六条高速连接，使得加权平均旅行时间递增较慢，中心城区可达性水平高的地区向外辐射的范围扩大。外围区域线路网衔接度低，分布较稀疏，可达性水平较低：花都区的北端、从化市的东北部，增城市的中东部，因线路单一，高速出口少且距离远，可达性水平较低；南沙区因南沙港快速路与京珠高速东段的延伸，使其可达性处于中低的水平。可达性系数低于 1 的区域占总数的 58.18%，高速公路的可达性整体处于中等的水平。可达性系数大于 1 的区域以在城市边缘地带居多，线路网较稀疏，站点密度低，且离中心城区较远。

文中分析了各个区域的旅行时间特征值（表 2）。从表中可以看出，中心城区站点的整体可达性水平最高。但由于环城高速围绕的是中心城区的边缘地带，人口密度最高的越秀区没有高速出口，除华南快速的南北连接穿过天河区与海珠区中部外，对中心城区内部的可达性水平影响有限。白云区站点的整体可达性水平较高。高速网形成“田”字形格局，除了东北部缺少高速出口，整体分布较均匀。最低值出现在紧邻越秀区的环城高速与机场高速的交汇点上，最高值则在最北的机场高速出口。萝岗区站点的整体可达性水平较高。该区高速出口极少，且分散于西南部的广深、广惠、广河高速与东二环高速的交汇点上。虽然各指标水平较高，但对整个萝岗区可达性水平影响不大。花都区高速出口可达性水平整体处于中低层次。该区区域面积大，仅有广清、西二环以及大广高速穿过，大广高速在东南部边缘与京珠高速交汇，其他站点也

在边缘地带，导致最高值与最低值所在站点均在区域边缘。番禺区站点的整体可达性水平较高。东新、京珠高速与南沙港快速路北向南贯穿整个区域，南二环与鱼黄支线在南部东西连线，线路南北跨度大。最低值出现在紧邻海珠区的华南快速南端出口，最高值出现在东升高速与南沙港快速路的交汇点。南沙区站点整体处于中低的可达性水平。该区区域形态北向南延伸，使最低值邻近番禺区，最高值则在南沙区西南端的港口位置，两者差值较大。两市区域站点的整体可达性水平较低。该区虽有广河高速、广惠高速、街派高速、从莞深高速的均匀布局，但是两市的面积大，线路之间以及站点的距离较远，使最高值与最低值的差值高达 40.09 min。

表 2 高速公路网各区站点的加权平均旅行时间特征值  
Table 2 Eigenvalue of the weighted average travel time of regions in highway network min

| 区域  | 中心城区  | 白云区   | 萝岗区   | 花都区   | 番禺区   | 南沙区   | 两市    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均值 | 12.40 | 20.58 | 18.49 | 36.27 | 22.95 | 35.76 | 43.06 |
| 最高值 | 14.22 | 26.81 | 17.71 | 41.79 | 30.61 | 48.43 | 65.79 |
| 最低值 | 11.03 | 16.53 | 19.54 | 31.04 | 12.69 | 28.18 | 25.70 |

注：黄埔区没有站点。

### 2.3 普通公路可达性

文中的普通公路包括主要国道、省道、县道与城市主要干道等，数据能较好地反映出整个市区内普通公路网可达性。由图 2c 可知，普通公路网的不规则性，与局部地区的聚拢性，使得其加权平均旅行时间由中心城区不规则地向北、东和南 3 个方向增大。由统计可得，现今广州普通公路密度为 203 km/100 km<sup>2</sup>，路网密度较高。普通公路可达性系数低于 1 的站点占总数的 77.50%，可达性水平整体较高。

表 3 普通公路网各区站点的加权平均旅行时间特征值

Table 3 Eigenvalue of the weighted average travel time of regions in normal road network min

| 区域  | 中心城区  | 白云区   | 萝岗区   | 黄埔区   | 花都区   | 番禺区   | 南沙区   | 两市     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 平均值 | 19.79 | 37.13 | 40.02 | 33.70 | 50.50 | 40.26 | 70.20 | 56.57  |
| 最高值 | 45.47 | 68.02 | 78.61 | 70.56 | 76.07 | 70.61 | 77.50 | 117.62 |
| 最低值 | 14.10 | 21.91 | 29.98 | 29.68 | 39.33 | 26.36 | 65.03 | 37.77  |

文中分析了各个区域的旅行时间特征值（表 3）。从表中可以发现，各个区域站点的加权平均

旅行时间极差均很大。除中心城区外，因为普通公路系统运行速度较低，外围各区站点的整体可达性

均处于中等及以下水平。中心城区站点整体处于较高的可达性水平。因为在海珠区东部线路单一且长,出现了最高值,而最低值则出现在路网密度最高的越秀区。白云区站点整体处于中低的可达性水平,线路分布较均匀。最高值出现在线路单一的东南部边缘站点,最低值则紧邻越秀区。萝岗区站点整体处于中低的可达性水平。线路与站点极少,且分散分布,使得最高值与最低值的差距非常大。黄埔区站点整体处于中等的可达性水平。路网西部较密集,东部单一,使加权平均旅行时间从西向东递增较快。花都区站点整体处于较低的可达性水平。虽在其南部地区有聚集的路网,但因区域较大且与中心城区之间有面积较大的白云区相隔,使得最低值也较大。番禺区站点整体处于中低的可达性水平。北部加权平均旅行时间偏低的站点较少,最低值出现在紧邻海珠区的站点。中部地区有聚集的路网,但因聚焦强度小,且整个番禺区呈南北状拉伸,使南部出现最高值。南沙区站点的整体可达性水平最低。因为路网不发达,距离中心城区远,且仅在区域的北部有站点,使得最高值与最低值的差距较小。两市站点的整体可达性水平较低。虽然有多条国道与省道从邻近区域延伸,使得最低值出现在增城市西南部。但由于区域面积最大,站点密度最低,使最高值出现在区域边缘地带,两者差值达 79.85 min。

#### 2.4 综合交通网可达性

本文还对综合交通网的空间格局进行分析,结合地铁、高速公路以及普通公路的广州交通网络的可达性(图3)。因为综合交通网络是地铁、普通公路以及高速公路三者的互补,可达性水平总体上仍然是核心高,外围低的格局。中心城区因为地铁、环城高速与普通公路的连接,使得可达性有了进一步的提高。中心城区以北,地铁2、3号线北段与北部的普通公路相衔接,使得花都区的可达性处于中等水平。从化市中高速与普通公路网的衔接,使得从化市南部的可达性有所改善,但整个区域而言变化不甚明显。增城市中省道、国道与广河、广惠高速的交接,使得整个增城市的可达性水

平得到优化。南部番禺区地铁3号线与普通公路网的延伸结合,大大压缩了该区域的加权平均旅行时间。南沙区中高速公路与普通公路在北部的少量交汇,使得南沙区北部的可达性处于中低水平。综合交通网可达性系数低于1的站点占总数的85.17%,可达性水平整体较高。

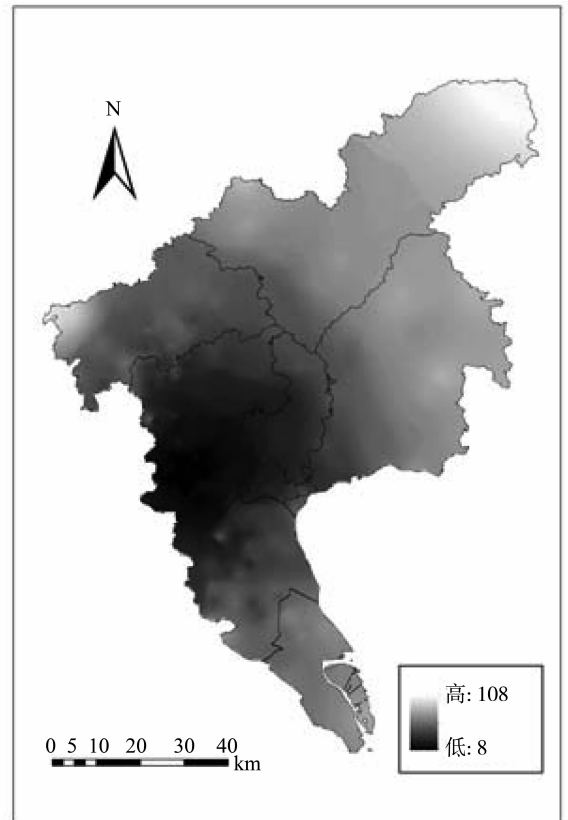


图3 广州综合交通网可达性

Fig. 3 Accessibility of combined transportation network in Guangzhou

文中分析了各个区域的旅行时间特征值(表4)。从表中可以发现,各区站点的整体可达性水平平均有不同程度的提高,最高值与最低值也相对单一路网有所降低。通过对比可以发现,综合交通使得中心城区及邻近区域路网接近饱和状态,外围区域则增加了站点的密度。除了花都区、南沙区以及

表4 综合交通网各区站点的加权平均旅行时间特征值

Table 4 Eigenvalue of the weighted average travel time of regions in the integrated transportation network min

| 区域  | 中心城区  | 白云区   | 萝岗区   | 黄埔区   | 花都区   | 番禺区   | 南沙区   | 两市     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 平均值 | 11.61 | 21.46 | 28.50 | 21.80 | 34.43 | 25.62 | 41.27 | 44.00  |
| 最高值 | 23.87 | 60.69 | 69.71 | 41.19 | 72.23 | 52.40 | 54.80 | 108.06 |
| 最低值 | 8.27  | 10.83 | 17.72 | 18.46 | 25.81 | 12.34 | 33.86 | 25.32  |

两市区域，其他各区域站点的整体可达性均处于较好及以上水平。地铁、高速公路与普通公路在中心城区、白云区、黄埔区、番禺区以及南沙区中相互交替复合，高速公路与普通公路在萝岗区、花都区以及两市区域的交汇，是这些区域站点可达性整体水平提升的原因。

## 2.5 交通网可达性比较分析

三类交通网均以中心城区为核心，向外拓展，主要向北部、东部和南部延伸，总体上形成从中心向外围扩散的分布格局。但三者因线路网的覆盖程度而形成了互不相同的可达性水平。为了更好地衡量各类交通及综合交通的可达性，文中统计了用于对比不同交通网络的可达性系数（表 5）。

表 5 各交通网络可达性系数分布统计

Table 5 The distribution of accessibility coefficient for different transportation network %

| 项目   | 可达性系数 < 1 | 最大值  | 最小值  | 标准差  |
|------|-----------|------|------|------|
| 地铁   | 87.59     | 1.73 | 0.50 | 0.23 |
| 高速公路 | 58.18     | 2.28 | 0.38 | 0.47 |
| 普通公路 | 77.50     | 2.67 | 0.32 | 0.34 |
| 综合   | 85.17     | 3.34 | 0.26 | 0.34 |

注：可达性系数小于 1 说明该站点可达性高于区域平均水平，可达性系数标准差可反映路线分布的均衡性。

由表 5 可知，在现有地铁线路覆盖的范围内，地铁总体的可达性水平为最高。除了可达性系数最小值较其他三者高外，其余指标均最好。这说明地铁逐渐发展成为广州最为便捷的交通工具。高速公路在可达性系数小于 1 的比值上最小，标准差最高，说明高速公路站点较少，且外围行政区站点距离较远。虽然高速公路网在市内分布均匀，但其更多承担区外沟通的职能。高速公路系统运行速度较高，使得站点的可达性水平虽高，若不结合其他交通网，在非站点区域的可达性贡献较低。普通公路各指标均比较适中，标准差与综合交通相等。这说明普通公路作为便捷的交通方式，普遍分布于各区。普通公路虽然受制于线路速度，使加权平均旅行时间向外围递增较快，但总体上可达性分布较均衡。综合交通覆盖度最高，其在可达性系数上有最大值也是合理的，但其小于 1 的可达性系数比例仅微弱低于地铁，标准差仅高于地铁，说明了三类交通网的综合互补使可达性分布更为均衡。

## 3 结 论

为了分析不同交通网的可达性差异，本文通过

ArcGIS 软件，以广州市为例，采用加权平均旅行时间和可达性系数为指标，展示了广州市 3 类不同交通网及综合交通网的可达性。得出了以下结论：

1) 地铁可达性水平由中心城区向外围区域呈带状降低，线路以南北方向延伸为主。中心城区线路最密集，以天河区换乘点最多，可达性水平最高。外围行政区线路单一以及边缘行政区尚没有线路覆盖，可达性水平向外围不断下降。

2) 高速公路可达性水平以环城高速为中心向外围缓慢递减，线路网分布较均匀。因其承担对外长途运输的职能，站点（即，高速的出入口）较少，各行政区仅在站点所在地带附近有较高的可达性水平，高速公路需结合其他交通网才能提高对区域可达性的贡献。

3) 普通公路可达性以越秀区为中心城区水平最高的区域不规则地向外围扩展。因为运行速度较低与外围区域路网密度下降，使普通公路的可达性水平向外递减速度较快，中心城区以外区域可达性均处于中等及以下水平。

4) 综合交通网的可达性在中心城区拥有比三类交通网更高的水平。因其路网覆盖水平更高，站点更多，所以可达性水平向外围区域变化较缓。可达性中等及以上水平的地区覆盖度较三类单一的交通网均要高，外围区域可达性虽在各类交通综合衔接下有所提高，但还处于较低水平。

本文在综合的交通网时，并没有考虑不同交通系统之间换乘的时间消耗问题，因此拟在下一步研究中考虑不同交通网间的换乘对可达性的影响。

## 参考文献：

- [1] HANSEN W G. How accessibility shapes land-use [J]. Journal of the American Institute of Planners, 1959, 25: 73 - 76.
- [2] O'SULLIVAN D, MORRISON A, SHEARER J. Using desktop GIS for investigation of accessibility by public transport: an isochrone approach [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2001, 14: 85 - 104.
- [3] BERTOLINI L, LE CLERQ F, KAPOEN L. Sustainable accessibility: A conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward [J]. Transport Policy, 2005, 12: 201 - 220.
- [4] MARTIN D, JORDAN H, RODERICK P. Taking the bus: incorporating public transport timetable data into health care accessibility modeling [J]. Environment and

- Planning A, 2008, 40: 2510 – 2525.
- [5] CHOI K, SON K. LEED public transportation accessibility and its economic implications [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2012, 138(9): 1095 – 1102.
- [6] 刘俊, 陆玉麒. 江苏省公路交通网络可达性评价研究 [J]. *南京师范大学学报: 自然科学版*, 2008, 31(3): 129.
- [7] 李平华, 陆玉麒. 可达性研究的回顾与展望 [J]. *地理科学进展*, 2005, 24(3): 69 – 77.
- [8] 崔功豪, 魏清泉, 陈宗兴. 区域分析与规划 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [9] 曹小曙, 薛德升, 阎小培. 中国干线公路网络联结的城市通达性 [J]. *地理学报*, 2005, 60(6): 903 – 910.
- [10] GEURS K. Accessibility, land-use and transport: Accessibility evaluations of land-use and transport developments and policy strategies [D]. Netherlands: Utrecht University, 2006.
- [11] LINNEKER B, SPENCE N. Road transport infrastructure and regional economic development: the regional development effects of the M25 London orbital motorway [J]. *Journal of Transport Geography*, 1996, 4(2): 77 – 92.
- [12] GUTIÉRREZ J, GONZALEZ R, GOMEZ G. The European high speed train network: predicted effects on accessibility patterns [J]. *Journal of Transport Geography*, 1996, 4(4): 227 – 238.
- [13] 徐涛, 王黎明, 张大泉. 中国民用航空机场的可达性研究 [J]. *地理与地理信息科学*, 2008, 24(4): 88 – 91.
- [14] 张莉, 陆玉麒. 基于陆路交通网的区域可达性评价 [J]. *地理学报*, 2006, 61(12): 1235 – 1246.
- [15] 邓兴栋, 马小毅. 广州市交通发展年度报告 [R]. 广州市交通规划研究所, 2012.
- [16] MARSDEN G, LUCAS K, BROOKS M, et al. Assessment of capabilities for examining long-term social sustainability of transport and land use strategies [J]. *Transportation Research Record*, 2007, 2013: 30 – 37.
- [17] 宋佃星, 李强, 延军平. 陕西省公路交通可达性时空演变研究 [J]. *干旱区资源与环境*, 2012, 36(2): 36 – 41.
- [18] 熊鹰, 张清敏. 湖南省公路交通网络可达性研究 [J]. *测绘科学*, 2013, 38(3): 93 – 95.
- [19] 李涛, 曹小曙, 黄晓燕. 珠江三角洲交通通达性空间格局与人口变化关系 [J]. *地理学报*, 2012, 31(9): 1661 – 1672.
- [20] 金凤君, 王娇娥. 二十世纪中国铁路网扩展及其空间通达性 [J]. *地理学报*, 2004, 59(2): 293 – 302.

(上接第 132 页)

- [10] MULLER A, ARNAUD P, LANG M, et al. Uncertainties of extreme rainfall quantiles estimated by a stochastic rainfall model and by a generalized Pareto distribution [J]. *Hydrol Sci J*, 2009, 54(3): 417 – 429.
- [11] AGHAKOUCHAK A, NASROLLAHI N. Semi-parametric and parametric inference of extreme value models for rainfall data [J]. *Water Resour Manage*, 2010, 24(6): 1229 – 1249.
- [12] PICKANDS J. Statistical inference using extreme order statistics [J]. *Annals of Statistics*, 1975, 3: 119 – 131.
- [13] JENKINSON A F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements [J]. *Q J R Meteorol Soc*, 1955, 81: 158 – 171.
- [14] COLES S. An introduction to statistical modeling of extreme values [M]. New York: Springer Verlag, 2001: 36 – 78.
- [15] HOSKING J R M. L-moments: Analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics [J]. *J R Stat Soc, Ser B*, 1990, 52: 105 – 124.
- [16] SCHOLZ F W, STEPHENS M A. K-sample Anderson-Darling tests [J]. *J AM Stat Assoc*, 1987, 82: 918 – 924.