

基于GIS的安徽省交通网络可达性分析

陈 浩, 段天乐, 黄 灏*

安徽建筑大学, 安徽 合肥

Email: *853089087@qq.com

收稿日期: 2021年2月3日; 录用日期: 2021年2月17日; 发布日期: 2021年2月26日

摘 要

自21世纪初以来, 随着经济的稳定和快速增长, 城市化和产业化的进程急剧加快, 对城市交通的需求呈指数增长, 道路问题一直是城市发展的主要关注之一。运输问题是一个涉及政治、经济学和其他许多方面的大而复杂的问题, 建立可持续、高效的运输系统是政府的重要问题。本文分析了安徽省城市可达性差异的空间规律, 并在本地可达性分析中使用标准差分析了城市位置因素在区域可达性中的作用。最后, 针对路网布局的一些弊端提出了相应的建议。

关键词

GIS, 安徽省, 交通网络, 可达性

Analysis of Accessibility of Transportation Network in Anhui Province Based on GIS

Hao Chen, Letian Duan, Hao Huang*

Anhui Jianzhu University, Hefei Anhui

Email: *853089087@qq.com

Received: Feb. 3rd, 2021; accepted: Feb. 17th, 2021; published: Feb. 26th, 2021

Abstract

Since entering the 21st century, with the sustained and rapid economic growth, the process of urbanization and industrialization has increased and the traffic demand of cities has also increased sharply. The traffic problem has become one of the important problems that perplex the urban development. Traffic problem is a huge and complex problem, which is related to political, eco-

*通讯作者。

conomic and other factors. Therefore, it has become an important task for the government to build a smooth and efficient urban transportation system. This paper analyzes the spatial differentiation of Urban Accessibility in Anhui Province, and analyzes the role of urban location factors in regional accessibility by using standard deviation in the analysis of global and local time accessibility. Finally, the paper puts forward some suggestions for the disadvantages of road network layout.

Keywords

GIS, Anhui Province, Transportation Network, Accessibility

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

可达性是城市和交通运输中最重要的方面之一，它始终是指从城市某个地方到另一个地方的出行便利程度。关于城市道路问题中的无障碍通行意识的研究历史悠久，交通通行是城市规划的重要组成部分。改善公共交通的可达性是使公共交通更具吸引力的最有效方法之一。使用 GIS 技术测试城市公共交通通道，并通过适当规划公共交通路线来改善城市公共交通通道。这能使城市的公共交通更有吸引力，能够有效解决交通问题。

同时，GIS 技术在城市交通可达性研究中的优势相当明显，通过运用 GIS 技术进行城市交通可达性的方法来辅助用于城市规划，并能够对聚落、民众的日常活动可达性进行分析，在得出分析结果的同时，也能够对空间分异方面进行研究。

安徽省经过多年的交通建设目前已形成了较为完善的综合交通体系[1]。历年来，学者们关注安徽交通网络较少，仅有潘坤友等及吴威等对安徽沿江地区的路网做过相关研究，就安徽省整个地区路网结构研究还鲜有涉入[1]。本文试图利用多种指标及其基础上建立综合交通可达性模型，对安徽省城镇交通可达性空间格局作较为详尽、综合的剖析，为安徽省交通网络现状的评判及未来的空间布局、结构优化提供一些见解，同时为交通可达性的算法实现在技术上作一些探讨[2]。

2. 可达性概念及其度量方法

2.1. 可达性定义

可访问性专注于许多领域的研究，例如城市地理，交通经济学和工程设计。由于不同研究领域研究中主题的多样性，对可访问性内容的理解也不同。同时没有公认的鉴定方法。

可访问性的起源由来已久。根据经典的位置理论，人们发现可访问性很有意义。农田的地方理论和韦伯产品的地方理论都解释了许多可达性的概念。汉森首先提出了可访问性的概念，并将其定义为传输网络中节点之间进行交互的机会的大小。同时，可达性是一种运输系统，代表通过运输系统在各种性质的土地用途之间进行交互的潜力，这可以理解为到达目的地或参与特定运输方式的人或物。活动便利。李平华认为，由于地球规模不同，进出措施也不同。在一个区域内，可访问性反映了一个区域与另一个区域之间空间交互的困难，这是在新的空间经济发展模式下进行重组的重要原因。在城市中，可访问性可以分为以下几种：个人可达性和娱乐性。前者反映一个人的生活质量，而后者则指在特定位置“接近”的能力。一般来说，可达性是指从一个地方到另一个地方，从一个地方到另一个地方的交通便利程度。

本文中的可达性是指城市交通的可达性。这是一种使用特定交通工具(公共交通工具)到达特定区域的简便方法。

2.2. 影响可达性的因素

有许多因素影响城市内交通的可达性。可以从四个方面来分析城市交通的可达性：土地再分配，城市规划，交通基础设施和规划管理。

1) 土地利用的空间分布

城市土地利用是指各种功能设施的地理位置，空间分布和发展规模，其对城镇交通也有很大的影响。特别是人口和就业的分布决定了交通布局的特征。土地使用密度越高，在一定时间(距离)内可以到达的地点越多，则越容易进入。此外，城市特定区域的土地利用效率越高，它越有吸引力，交通越方便，相应的交通越方便，并且就越能促进城市地区的发展。

2) 城市结构

城市结构是指城市各组成要素的规模，形状和布局。从描述的角度来看，城市的主要优先交通条件是城市的形状和规模。城市的不同形状和中心的不同位置会影响城市的交通网络并影响交通。总体而言，规划的城市边界越多，道路网络越便捷，交通流量也越稳定。

3) 交通基础设施投资

交通基础设施投资在运输中起着重要作用。如果投资大，城市道路网的建设水平就高，道路网的收益就高，交通便利性也就得到改善。不仅如此，它也改善了交通条件。道路网络的总体收益自然会随道路建设的每项投资而变化。如果路网的结构和布局是固定的，那么投资越多，路网越密集，路网的好处就越大，交通便越好。因此，运输基础设施的投资额对运输的效率有着深刻影响。

4) 规划管理

规划和管理的城市交通在城市交通中起着重要作用。精心规划，管理良好且始终如一的城市交通网络可提供高效的交通系统和便捷的交通网络。规划，建设和管理都对整个城市的交通网络有着一定的影响。

2.3. 可达性的评价模型

1) 距离度量方法

距离度量方法是最简单、最直观的可达性度量方法。此方法以各种距离为可达性指标，计算从一个地方到其它不同机会点的距离。距离越大，可达性越小;反之越大。通常用平均距离和加权平均距离来衡量[3]。

① 简单距离法

用最短距离来表示可达性的方式。距离越短，越容易接近，距离越长，越难以接近。该模型是：

$$A_i = \sum_{j=1}^n I_{ij}$$

式中： I_{ij} 为从节点 i 到节点 j 的最短距离。据此，可以计算特定节点的可达性，即，值越大，可达性越差。这种方法简单易懂，但忽略了不同目的地的吸引力，因为我们相信每个人对每个位置都有相同的期望。

② 加权平均距离

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{ij} \times M_j)}{\sum_{j=1}^n M_j}$$

表示方法中： A_i 是运输网络中按点的平均旅行时间，并且是到地方的最短距离(按时间测量)， M_j 为 j 点的质量，可以为 j 点的工作岗位数、加权平均距离的计算方法(例如人口规模和区域 GDP)可以很容易地解释，因为它考虑了节点与经济中心之间的关系。

2) 累积机会模型

累积机会模型将使用来自特定位置的特定运输方式以及个人可以在特定距离或时间内接近的到达数量来衡量可访问性通过定义时间或成本限制，可以将某个特定位置的障碍内所有可能机会的数量视为该区域可访问的数量，可以表示为：

$$A_i = \sum_j O_j \tau$$

式中： τ 是预先设定的时间阈值； j 是到 i 的出行时间； $O_j \tau$ 是 j 中的机会数量。该模型易于理解，但是时间设置通常由经验指定，使用主观因素可以隐藏不同位置的可访问性差异。

3) 空间阻隔模型

空间障碍模型通过克服空间障碍的难度来衡量可访问性的水平。两个节点之间的空间障碍(可以用旅行时间表示)用作可访问性的值。可以说是：

$$A_i = \frac{1}{J} \sum_{j \in J-i} t_{ij}$$

其中： t_{ij} 是 i 区到 j 区所用的时间； J 是小区的总数。

该模型是一个简单直观的模式，专注于交通网络本身，不反映其他信息，例如土地使用或交通需求。

3. 安徽省交通网络可达性分析

3.1. 多指标的可达性分析

本文中有许多城镇，包括 4 个指标，且数据量很大(具体参考 2.2)。不根据版本和容量考虑列出各种可访问性指标的值[4]。仅附图显示结果。

3.1.1. 基于栅格技术的最短时间分析

进行以下定义，以便可以在下面清楚地表达它们。我们将从节点到州中任何一点的最小时间成本分析定义为全局分析，并将从全局分析中获得的平均值视为每个城镇的可访问性值。从错误的位置到城市管理中任何位置的最短时间的成本分析被定义为国内分析。从国内分析获得的中位数被认为是市区的可达性或控制区的一般可达性。到各地时间成本的分析被定义为开放分析(或邻域分析)，并且分析结果使用了每个镇对休息区的影响。

全局分析的时间成本结果如图 1 所示。安徽省的城市可达性模式主要集中在合肥市(2939 小时)，肥东县(2879 小时)和肥西县(2921 小时)，从北向南延伸，并显示出相似的核心。第二圈(等值线为 3.3 小时)中的多圈结构向北延伸至淮南市和蚌埠市，仅在南部穿过巢湖市和庐江县，在第三圈中，环的范围(等值线为 3.6 小时)为与第二个区域相反。北部面积很小，南部沿河流下游大范围围绕着芜湖县，芜湖市，庆阳县，繁昌市，铜陵县和铜陵市，第四轮(等值线为 3.9 小时)与第三级相反的南北延伸。北部靠近最南端，主要是由于南部山区，北部平原和富阳铁路交界处。皖江以南的城镇在第三排，而附近的城镇不在第三排。天长市则延伸到江苏以西，并且距离该省相对较远。显然，城市交通和合肥为核心的循环性是不平等的。区域可达性轮廓越密集，可达性越差，这表现在安徽南部山区，大别山区和该省边缘城市中。轮廓的凹凸方向也可以解释可访问性的增加或减少趋势，并且曲线向内延伸，表明城市可达性趋向于显著恶化。

从国内分析的角度来看，当地交通的最佳地点是铜陵市，芜湖市，蚌埠市，淮北市，马鞍山市，合

肥市，芜湖县，独山县和繁昌市。这些区域大多很小。他们大多数是城市和经济开发区。最难达到的地区是安徽南部的山区和东南部的大别山区域。例如，宽县和宁国市有 100.68 小时，岳西县 103.33 小时，休宁县 104.5 小时，石台县 116.28 小时，祁门县 124.65 小时，金寨县有 129.10 小时，黄山市有 137.9 小时。淮北高原和其他丘陵地区不适合运输。其次，与全省长江口附近的马鞍山等城市的交通可达性差异很小。由于北部城市位于平原上，因此城市较为规则，大多数城市都位于该区域的中心，而安徽南部和安徽西南部则是山区，这是城市所在的地区和形状使其非常不规则。



Figure 1. Time cost of global analysis
图 1. 全局分析的时间值图

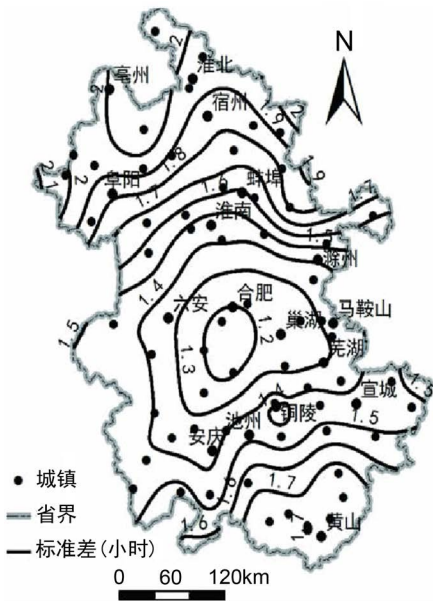


Figure 2. Standard deviation of global analysis
图 2. 全局分析的默认偏差

全局分析的默认偏差结果如图 2 所示, 这种小的标准差分析结果还反映出, 偏差与城市位置密切相关。本地分析计算从城市节点到区域中任何点的最短距离, 并使用平均值作为可访问性来表征该区域的一般可访问性。由于范围相对较小, 因此可访问性不受传输网络的影响。除了影响之外, 它还充分反映了土地资源, 城市位置和可达性地理位置的影响。以上因素都不能忽略。

对比各城镇 P1, 把安徽省城镇分为严重萎缩型($P1 \leq 0.6$)、急剧扩张型($P1 \geq 1.40$)、相对稳定型($0.90 \leq P1 < 1.10$)和上下浮动型($0.6 < P1 < 0.9$ 或 $1.1 \leq P1 < 1.4$)四种类型。其中, 铜陵县, 祖德县, 淮北市区和合肥市区急剧萎缩, 黄山市区, 休宁县和铜陵市区迅速扩大, 祁门县, 来安县, 丰台市县, 芜湖县, 蒙城县, 望江县, 深南县, 淮南市, 萧县, 天长市, 宁国市, 全椒县和明光市基本稳定, 其他则上下浮动。

3.1.2. 两种费用成本分析

总体而言, 随时间和距离的主要支出指数分布在全省郊区。砀山县的最高物价指数是 7539.6, 其次是天长市 7512, 祁门县 6680.5 和临泉县 6604.4, 休宁县 6499.1, 界首市 6489, 黄山市 6450.3, 萧县 6353.6, 歙县 6346.9。从十个价格指数高的城市的角度来看, 南北成本指数的格局是基本一致的, 与之相对的是, 基于以北为高而南的捷径的成本指数的不平等。这些费用的南北供应差异很小的原因是道路的差异[5]。在该省, 道路分配不平等, 重点是沿长江平原与江淮山站的道路连接。这种现象在公路网的南部重心上直接影响了短期成本基础区域的传递, 使得北部城市的成本普遍高于南部城镇[6]; 并建立了基于时间和距离的较低价格指数, 最短路径的费用成本如图 3 所示, 最小费用成本如图 4 所示。在降低成本的基础上, 即通过花费更多的时间和旅行来计算, 由于火车的旅行成本远低于公路, 因此铁路的布局直接影响成本的地理成本。从安徽省火车站的状况来看, 北部地区非常平衡, 没有时间和距离的最低旅行费用也相当均衡。

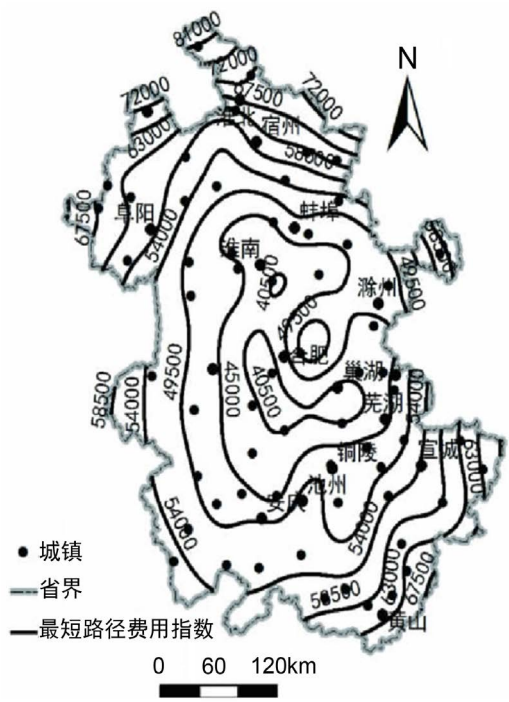


Figure 3. Cost of the shortest path
图 3. 最短路径的费用成本

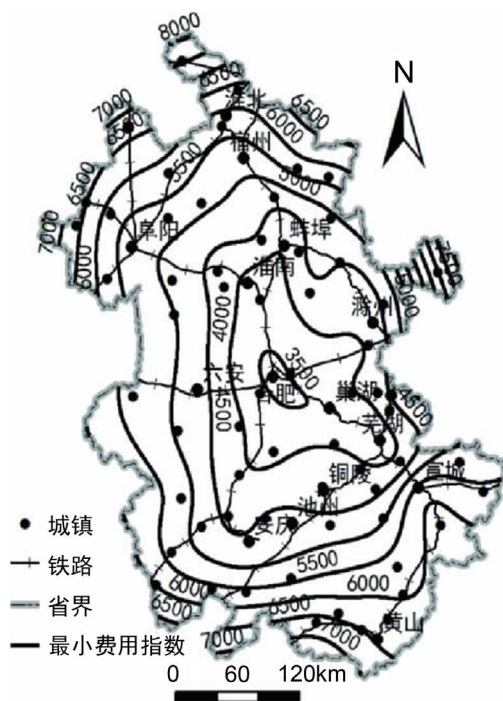


Figure 4. Minimum cost of expenses
图 4. 最小费用成本

3.1.3. 吸引机会指数分析

城镇吸引机会指数如图 5 知，全省城镇吸引机会指数总体呈“Y”形，以淮北市、怀远县和宿州市为右分支，以临泉县，沉南县，太和县，颍上县和霍邱县为左分支，安徽北部城市布局有吸引力：六安市，肥西县，安徽省中部全椒县和滁州市沿 312 国道直线型分布，另一支沿皖江与马鞍山市，芜湖市和安庆市

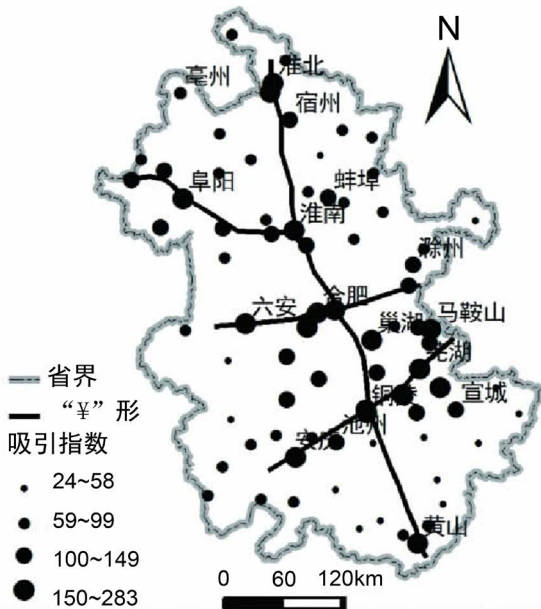


Figure 5. Urban attraction opportunity index
图 5. 城镇吸引机会指数

沿直线分布,最南端的城市为黄山市,铜陵市的北部,合肥市,长丰县和淮南市是贯穿安徽中部的另一个分支。这五个分支沿线的城市基本上是具有较大吸引力指数的城市,但五个分支线之间的吸引力指数相差较大:皖江线的城市吸引力指数通常最大。作为大型工业城市,它也是一个对外开放度很高的城市。除少数城市外,大多数城市人均 GDP 较高,突出特点是经济发展较好;若把右分支和中纵线合成一条线的话,整体上,该沿线城镇点吸引机会指数整体上略低于沿江地带城镇,但指数仍然很高,这条纵贯安徽南北的城镇带之所以有较大的吸引力,与其丰富的资源是分不开的,淮北和淮南具有丰富的煤炭、铜陵市的铜矿、合肥市是省会城市且区位居中,以及黄山的旅游资源;位于淮北平原的左分支城镇,经济发展并不算好,但这些城镇人口基数很大,此区域拥有 6 个安徽省前 10 大人口城镇,同时,阜阳市是安徽省的铁路枢纽,使得它们的吸引力指数能够提高,但与其他分支相比还是相对较低;横贯中部的城镇虽然空间占用布局不是很多,但是因为其成员结构复杂,没有共同的特征,六安市经济发展较为落后,但是它拥有 201 万人口,同时合肥市,肥东县,肥西县有着区位优势,全椒县有合宁高速与铁路的经过,东部毗邻南京,滁州市有着蚌宁高速(铁路)和 104 国道的原因,此部分区域的指数还是不低的。但是其余横贯中部支线的城市,指数则不是很高。即使是在皖江城镇带与纵贯线城市带中的城镇吸引力指数甚至达不到紧急薄弱的左分支城镇,原因主要还是因为,左分支城镇的人口庞大,在外流与回流中,提高了人流指标。

3.2. 多指标的综合可达性指数分析

城镇综合可达性指数如图 6 所示,可以从郊区城镇通行的这种广泛访问的形式中看到:

- 1) 安徽省城市无障碍通道的分布格局呈现出一种普遍的格局,从中心到边界逐渐升高,从北到南的协调格局较小。总体方向高于安徽北部,南北格局不相等。
- 2) 地形因素在城市综合可达性指数中起着重要作用,但不是确定性的。皖南需要改善的原因不止一个。山区有地形因素,最南端的地形因素,路网的结构因素,该地区的人口因素,经济发展水平的因素等等,但达比山的城镇也有。由于地理位置和人口等因素,它属于要升级的类别。皖北的大多数城市都属于普通类别,因为它们位于平原。

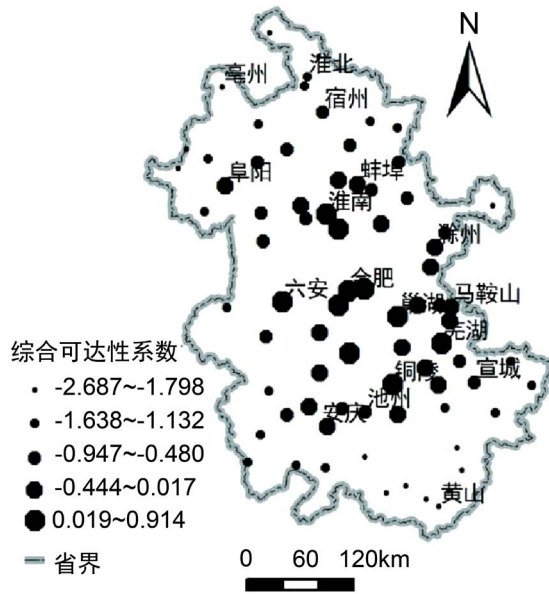


Figure 6. Urban comprehensive accessibility index
图 6. 城镇综合可达性指数

3) 省会合肥位于国家中心, 拥有自己的行政资源, 为安徽省城镇和乡村的综合通道模式, 安徽河地区的发展及其所促进的交通网络奠定了基础。皖江地带的经济发展及其带动的交通网络建设打破了江淮丘陵地区地形因素可能破坏综合可达性呈对称格局的局而起到了重要的作用。

4. 讨论

本文分为三个级别: 时间指数, 成本指数和有吸引力的机会指数, 它们特别分为全局时间可访问性, 本地时间可访问性和邻域(开放性)的时间影响区域, 基于最短路径的成本指数[7]。基于不依赖社会经济因素的时间和距离的最小成本指标的六个指标以及吸引力指标的中心, 我们分析了安徽省城市可达性的空间差异规律, 并分析了全球时间可达性和本地时间可达性。使用标准差来确定城市的可达性。分析安徽的交通网络的可达性得出以下结论:

1) 皖中北部的公路网稀疏, 主要是由于这里的市区稀疏, 这直接导致该地区的经济延误和城市缺乏动力, 直接影响交通可达性。在该地区, 政策倾向和资本支出可用于在较小的地区培育增长极或减少对某些城镇的行政管辖权。

2) 各种指标表征的城镇可达性空间格局基本上南北走向较明显, 说明安徽省境内高等级道路网建设在东西走向上有点不足, 之所以形成这种模式, 是因为它过于依赖省会城市的领导作用, 而忽略了省内城镇之间的水平联系。除皖江城市带之间的紧密联系外, 皖北尚无这种现象[4]。

3) 皖北平原虽然地形好, 但在建设高等级公路方面落后于经济较好的沿江地带, 这也就造成了安徽交通网络重心偏南的现象发生, 因此加快淮北平原的高等级公路的建设特别是加强城镇间横向联系, 以及贯通苏北和豫南的省际联系颇为必要。

4) 皖江城市带城镇综合可达性大部分较大, 但也存在着一些数值一般的城镇, 同时, 城镇间差异很大。尽管巢湖有一定的阻挡作用, 但不足以改变这样的局面。舒城县, 庐江县, 无为县, 巢湖市和含山县仅通过省道连接。在这些地区, 必须提高道路等级。

5. 结论

随着研究的进展, 下一步的研究工作有望在以下几个方面改进与深入:

1) 我们将继续通过实地调研, 获取更详细、更可靠的信息和原始数据, 提高数据的准确性和及时性, 确保最终评价结果与实际情况相一致[8]。

2) 对不同的可访问性度量方法进行实证研究, 比较评估结果, 并基于验证模型的合理性构建更合适的可访问性度量系统。

基金项目

安徽建筑大学(校级)教学研究项目(2020jy63)。

参考文献

- [1] 沈惊宏, 陆玉麒, 兰小机, 等. 区域综合交通可达性评价——以安徽省为例[J]. 地理研究, 2012, 31(7): 1280-1293.
- [2] 沈惊宏. 改革开放以来泛长江三角洲空间结构演变研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2013.
- [3] 田春红. 基于 GIS 的石家庄市公交线网可达性评价初探[D]: [博士学位论文]. 石家庄: 河北师范大学, 2010.
- [4] 宋海宏, 谭云凤, 王鲁帅. 基于 GIS 的小城镇交通网络可达性分析[J]. 山西建筑, 2013, 39(35): 7-9.
- [5] 吴超, 王栋, 吴黎明. 基于 GIS 的南通市公路交通网络可达性研究[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2014(1): 57-60+83.

- [6] 蒋海兵, 张文忠, 祁毅, 等. 基于可达性分析的高速公路投资空间溢出效应[J]. 地理研究, 2014, 33(1): 71-82.
- [7] 李乐乐, 白建军, 宋冰洁. 西安市交通网络综合通达性研究[J]. 人文地理, 2014, 29(5): 88-93.
- [8] 蒋晓威, 曹卫东, 罗健, 等. 安徽省公路网络可达性空间格局及其演化[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1591-1599.