

文章编号: 2095-2163(2019)05-0171-06

中图分类号: TP391

文献标志码: A

丝路经济带现有铁路网通达性测算及分析

高佩, 姚红光, 戚莹

(上海工程技术大学 航空运输学院, 上海 201620)

摘要: 本文以丝路经济带为研究对象, 结合目前比较成熟的 GIS 软件分析技术, 基于丝路沿带国家现有铁路网中的每个国家部分行政省会城市抽象为铁路网络中的节点, 以 2018 年各国及省会城市间铁路网的加权平均旅行时间距离为度量指标, 直观、准确地对整个丝路沿带现有铁路网的时间通达性及空间格局进行测算和分析。研究表明: (1) 整个研究区时间通达性在空间分布上极不均衡, 最优的主要集中在东欧和中南亚地区城市; 最差主要集中在中亚、西南亚地区城市。(2) 整个研究区在不考虑本国家内城市之间的相互影响下, 时间通达性空间格局发生了较大变化, 但是整体空间分布仍旧极不均衡。

关键词: 丝路经济带; Arc GIS; 铁路网络; 通达性

Calculation and analysis of accessibility of existing railway network in Silk Road Economic Belt

GAO Pei, YAO Hongguang, QI Ying

(School of Air Transportation, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

[Abstract] In this paper, the Economic Belt of Silk Road as the research object, combined with the current more mature GIS software analysis technology, based on the Silk Road along the belt of the country's existing railway network, the administrative provincial capital in each country part is abstracted as a node in the railway networks, between countries and provincial capitals in 2018 the weighted average travel time distance as a measure, the time accessibility and spatial pattern of the whole Silk Road along are accurately calculated and analyzed with the existing railway network. The results show that: (1) The time accessibility of the whole study area is very uneven in spatial distribution, and the optimal concentration is mainly in the cities of Eastern Europe and Central Asia; the worst is mainly concentrated in the cities of Central Asia and West Asia. (2) The spatial pattern of time accessibility has changed greatly in the whole study area without taking into account the interaction between cities in their home countries, but the overall spatial distribution is still extremely uneven.

[Key words] Silk Road Economic Belt; Arc GIS; railway network; accessibility

0 引言

随着中国共建“丝绸之路经济带”的国家级顶级战略提出, 不难发现“设施联通”作为“五通”之一, 对科学地规划、实施丝路经济带战略和促进沿带区域合作共赢起着举足轻重的作用。铁路具有运力大、成本低、通用性好等优势, 所以成为“设施联通”的主角。为了响应国家“高铁走出去”号召, 有必要对现有丝路沿带各国家城市间铁路网通达性进行深入的研究与分析。

一直以来, 通达性都受到来自各个不同研究领域学者的广泛关注, 被认为是有效评价交通网络的综合指标之一^[1]。张天昊^[2]指出对于通达性概念

理解的差异, 本质上是来源于通达性不同层面的涵义。一是客观层面交通运输或通讯通达性, 即各点之间交通、交流的便捷程度, 也就是区位评价; 二是主观层面心理通达性, 即按人的意愿产生的对某一空间点或区域的主观选择优先级。据此划分, 本文所定义的通达性含义更倾向于主观层面, 即丝路经济带现有铁路网中各节点城市之间互相到达的便捷程度。

共建“丝绸之路经济带”战略一经提出, 就得到了国际社会的高度关注和有关国家的积极响应, 也激发了各个研究领域学者的积极探索热潮, 目前已成为研究热点话题^[3]。就通达性的研究, 在交通规划领域是起步最早并且应用最充分的, 研究的内容

基金项目: 国家社会科学基金(16BGL014)。

作者简介: 高佩(1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 交通规划; 姚红光(1978-), 男, 博士, 副教授, 主要研究方向: 交通运输网络规划研究; 戚莹(1996-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 交通规划。

通讯作者: 姚红光 Email: Yhg1yhg@sina.com

收稿日期: 2019-07-10

可分为单一和多种交通方式两种^[4]。研究单一交通方式通达性主要用于城市间或城市内公路交通网络;随着计算机水平的提高,结合 GIS 技术的通达性度量方法不断得到应用,通达性的研究被提升到一个新的高度,更加注重深层次的数据挖掘。国外学者对通达性的研究起步较早, Gleason 等人^[5]最早使用区位模型来确定城市公共交通通达性水平; Munnell^[6]指出区域间通达性差异可以看成是区域发展差异形成的原因之一,并对美国东西部沿海地区两个城市群进行了实证分析; Vickerman 等人^[7]评价了欧洲综合交通网建设的影响; Bentlage 等人^[8]使用联锁网络模型定量地评估了运输方式和运输方式的相互关联性。国内对交通网络通达性的研究也取得了长足的进步,近年来,随着中国社会经济发展和交通基础设施大力建设,各类重大研究贡献成果陆续涌现。李玉森等人^[9]基于交通时间和路网里程对辽宁省干线公路网络通达性进行了研究,来衡量城市通达性水平的高低以及空间格局的规范与合理;李亚婷等人^[10]以最短时间和可达性系数为指标分析了河南省公路网的可达性空间格局极其演化特征;吴威等人^[11]以加权平均旅行时间为指标对 3 个时间断面的长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化进行研究;张兵等人^[12]以基于最短路径模型、经济权重可达性和经济潜力指数为主要指标对近 20 年来湖南公路网络优化做出研究,对其空间格局演变进行分析;张志学等人^[13]基于 GIS 研究了陕西省县级尺度交通可达性,同时指出提高区域交通通达性的均衡是今后交通建设的重点。

上述研究都从不同方面采用相关指标对路网通达性进行评价,反映了评价路网通达性研究的必要性。由已有研究来看,目前从交通和城市联系角度出发对丝绸之路经济带的系统研究还较少。多是对丝绸之路经济带中国段范围的分析,缺乏从整体角度对“丝绸之路经济带”跨国范围的系统分析^[14],结合 GIS 技术对丝路经济带铁路网通达性进行分析及评价的研究成果则尤显匮乏。据此,本文在确定研究区域之后,基于现有铁路网络结合 GIS 技术对丝路经济带通达性进行测算及分析。对此拟展开研究论述如下。

1 丝路经济带现有铁路网概况与研究方法

1.1 研究区概况

截至目前,丝绸之路经济带并没有一个统一的

精确空间范围。从国内现有研究来看,较多将“一带一路”统一考虑并将其范围界定为包括东南亚、南亚、西亚/中东、中东欧、中亚、蒙古和俄罗斯、中国等 65 个国家所组成的区域^[15]。实际上,在整个“丝绸之路经济带”版图上,中亚、东欧、西亚共同构成了丝绸之路经济带的中部核心地区,是丝绸之路经济带战略推进的重点。据此,从资源互补性、地缘影响力以及数据可获得性出发,本文以中国作为丝绸之路经济带的东部起点,选取核心区中亚 5 国、重点区 15 国,以及欧洲 18 国。共 39 国作为“丝绸之路经济带”国家代表,综合考虑这些国家的国土面积、行政区划、经济发展水平和交通枢纽城市节选出代表城市共 121 个,总面积约 4 254.37 万 km²,总人口近 37.79 亿。这条线路很长且横向辐射范围广,是当前世界上最有发展潜力的地区,涵盖了不同发展程度的各类国家城市,本文所选国家经济发展水平程度分布详见表 1。

表 1 丝路经济带沿带主要国家经济发展水平

Tab. 1 Economic development level of major countries along belt in Silk Road Economic Belt

经济发展水平	主要国家
发达经济体 (11 个)	爱沙尼亚、拉脱维亚、立陶宛、波兰、捷克、斯洛伐克、匈牙利、罗马尼亚、斯洛文尼亚、克罗地亚、保加利亚
发展中经济体 (7 个)	蒙古、巴基斯坦、阿富汗、土耳其、伊拉克、伊朗、科威特
转型经济体 (16 个)	俄罗斯联邦、阿塞拜疆、亚美尼亚、格鲁吉亚、白俄罗斯、乌克兰、摩尔多瓦、波黑、塞尔维亚、马其顿、阿尔巴尼亚、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦

整个研究区现有铁路网分布,主要是以中国为东方起点,贯通整个亚欧大陆,从中国的东北、到蒙古、新疆,连接中亚五国河中地区,再分别从北路俄罗斯、东欧通道进入欧洲,和南路伊朗、巴基斯坦、中东土耳其通道进入欧洲。

1.2 数据来源与预处理

数据主要包括空间矢量和属性两类,对此可得研究表述如下。

(1)空间矢量数据,包括研究区国家级、省级行政区划、铁路道路网数据,来源于 2018 年开放街道地图(Open Street Map,简称 OSM)^[16],运用 ArcGIS 10.2 将基础图层数字化,使得研究区各国分省界与数字化铁路网图层叠加,形成丝路经济带现有铁路网分布图。

(2)属性数据,包括人口数据:研究区行政区域人口数据来源于《中国城市统计年鉴》(2018年)和哥伦比亚大学地球观测系统数据与信息中心^[17];研究区GDP和人口数据来源于《中国城市统计年鉴》(2018年)、世界银行公开数据^[18]。

若要对空间数据进行预处理,可将获取到的空间矢量路网信息数据全部导入Arc GIS 10.2版本下Arc Map中,在软件中进行坐标系统定义(地理坐标和投影坐标),地理坐标统一定义为GCS-WGS-1984,投影坐标统一定义为WGS_1984_World_Mercator;铁路运行速度按90 km/h计算^[19]。

1.3 研究方法

随着国内、外对通达性问题研究的逐步深入,通达水平的测度方法也越来越多。其中,最为常用的2个指标为平均最短旅行时间距离和加权平均旅行时间距离^[20]。然而区域通达性除了与空间位置和交通基础设施水平有关,还与城市规模和区内经济发展水平有关,经济发展水平的高低影响着人员空间流动的动机和空间方向。考虑到节点城市规模的大小和经济发展水平的高低对通达性的影响,研究中采用了加权平均旅行时间距离指标,其数学定义公式可表示为:

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

其中, T_{ij} 为节点*i*到节点*j*的最短旅行时间距离; M_j 为节点*j*的权重,既可以是人口规模,也可以是地区生产总值,用以反映节点城市规模对人员流动意愿的影响程度;采用节点城市的人口规模和地区生产总值的几何平均值为权重,即 $M_j = \sqrt{P_j G_j}$, P_j 为*j*市的人口规模, G_j 为*j*市的GDP总量,可以使测到的通达性更加精准合理; n 为除*i*点外的节点城市总数; A_i 为节点城市*i*的加权平均旅行时间,表示*i*点在铁路网中的通达性, A_i 的值越小表示节点的通达性越好;反之则节点城市通达性越差。

为进一步反映各节点城市在整个铁路网中的作用及变动趋势,采用另一相关指标—通达性系数,来揭示各节点城市通达性的相对高低。通达性系数为节点城市通达性值与整个路网所有节点城市通达性平均值的比,其数学表达式为:

$$A'_i = A_i / (\sum_{i=1}^n A_i / n). \quad (2)$$

其中, A'_i 为*i*节点的通达性系数; A_i 表示节点*i*

的通达性值; n 为节点个数。 A'_i 值越大表明节点通达性越差,大于1表明该点通达性水平低于区域平均水平,小于1表明该点通达性优于区域平均水平。

2 通达性测算及分析

2.1 通达性测算

2.1.1 节点城市的确定

在本文界定的丝路经济带范围内,部分国家铁路网相对较发达,通达性好,而多数国家城市通达性则较差。测算和分析通达性一般和较差地区的铁路网有助于加深对该地区铁路网情况的了解,发现导致铁路网通达性较差的原因所在,为寻找有效提高通达性的方式提供理论依据,更具有现实意义。

鉴于地理范畴较大,节点城市的选定源自于沿带各国家内在综合考虑了各国首都、经济中心、行政中心及主要交通枢纽城市等因素后最终得到的121座城市,以期能够通过城市、国家之间通达性的测算来全面反映研究区整体通达水平。

2.1.2 建立铁路网络数据集

要在Arc GIS软件中计算加权平均旅行时间距离,即需要将矢量电子地图转化为可用于寻找路径的路网,在GIS中称之为网络数据集。利用Arc Map软件,创建要素数据集,将研究区城市、研究区铁路、世界和研究区国家共计4个点、线、面要素导入要素数据集中构建网络数据集,完成后就可用于网络分析。

2.1.3 求解加权平均最短旅途时间

对于加权平均旅行时间距离的分析,在此可得阐释论述如下:Arc GIS软件并没有直接提供计算时间度量的方法,但是却给出了2种计算最短出行路径方法。一种为简单的路径分析,适用于单个节点对单个节点之间。另一种为OD成本矩阵分析,则适用于多个节点对多个节点之间的最短路径分析。鉴于本文讨论的是121个节点城市相互之间的路径分析,研究中选择先创建OD成本矩阵来分析最短路径。OD成本矩阵用来计算两地之间的成本的,该成本可以是出行距离、也可以是出行时间。而在本文用到的是分析时间距离指标,故而在构建网络数据集时,自定义为OD时间成本,如图1所示。并根据公示 $t = s/v$,赋予时间成本表达式为“[长度]/90”,如图2所示。其中,[长度]字段值为该段道路的长度(单位:Km),由GIS软件自行计算得出。



图1 添加时间成本

Fig. 1 Add time cost



图2 时间成本赋值器

Fig. 2 Time cost evaluator

定义好时间成本后,需要对 OD 时间成本矩阵进行分析设置,以获取所需数据。当分析选择的是时间指标时,结果就是节点间加权平均旅行时间距离,不过由于软件的局限性,其本身并没有给出时间的单位,由于前面长度设置单位为 Km,速度单位为 Km/h,故时间单位处理为小时(h)。

设置完成后,分别将 121 个城市添加为起始点和目的地点求解路径,即可利用得到的出行距离计算出加权平均旅行时间距离。为方便后续计算分析,将软件中为 dbf 格式文件的 OD 时间成本矩阵分析结果转换为 Excel 的文件格式导出。

2.2 通达性分析

根据以上步骤,通过 Arc GIS 的网络分析功能可计算得出各个节点城市之间的加权平均旅行时间距离,在此基础上,设定 2 个指标反映丝路经济带沿线铁路网络的时间通达性,即每个城市节点的加权平均旅行时间距离和通达性系数。研究中主要从 2 个方面加以分析,内容详情分述如下。

(1)分析各城市的时间通达性结果。分析后可知,可以看出整个研究区时间通达性在空间分布上极不均衡,时间最短跨度为 6.66 ~ 133.46 h。最优的主要集中在东欧和中南亚地区城市,通达性都维持在 6 ~ 60 h 之间;最差主要集中在中亚、西南亚地区城市,通达性基本都在 60 ~ 130 h 之间。另外,由于自然地理环境影响,位于中国的乌鲁木齐市通达

性也很差,为 116.03 h。中国与俄罗斯作为整个丝路经济带两大经济体通达性处于较好水平。

进一步对各城市时间通达性系数结果进行分析。分析后可知,通达性系数大于 1 的城市主要集中在整个研究区的中间地带,反映出中间地带城市通达性水平低于整个研究区平均水平,通达性差;通达性系数小于 1 的城市主要集中在东西两侧,且东侧通达性水平高于西侧。

(2)从不包括国家内城市两两之间的时间通达性角度分析各城市的时间通达性结果。由结果对比分析后可知,可以看出整个研究区在不考虑本国家内城市之间的相互影响下,时间通达性空间格局发生了较大变化,但是整体空间分布仍旧极不均衡,时间最短跨度为 15 ~ 123.72 h。通达性最优依然主要集中在东欧和南亚地区城市,通达性都维持在 15 ~ 40 h 之间;最差地区发生了变化,主要集中在西南亚地区城市和中国绝大多数城市,通达性基本都在 100 h 以上。由此可以得出中国基于铁路对外的通达性水平差,尤其是在中国沿海城市主要依靠海运,铁路运输并不占主导地位。

进一步分析各城市时间通达性系数的结果。结果显示,通达性系数大于 1 的城市主要集中在俄罗斯东、西部、中国绝大部分和西南亚地区,反映出这些地区城市通达性水平低于整个研究区平均水平,通达性差;通达性系数小于 1 的城市占整个研究区的比重较小,主要集中在东欧、俄罗斯中部以及南亚地区城市,且东欧和南亚通达性水平高于俄罗斯中部地区城市。

3 结束语

本文在界定丝绸之路经济带研究范围基础之上,基于现有铁路网数据,结合 GIS 技术利用成本加权时间距离算法首先分别从包括和不包括国内城市相互之间两个角度测算丝路经济带现有铁路的时间通达性,其次基于两个方面对丝路经济带时间通达性和时间通达性系数空间格局给予分析,得出相关结论主要有:

(1)整个研究区时间通达性在空间分布上极不均衡,最优的主要集中在东欧和中南亚地区城市;最差主要集中在中亚、西南亚地区城市;另外,位于中国的乌鲁木齐市通达性由于自然地理环境影响也很差。中国与俄罗斯作为整个丝路经济带两大经济体通达性处于较好水平。

(2)整个研究区在不考虑本国家内城市之间的相互影响下,时间通达性空间格局发生了较大变化,但是整体空间分布仍旧极不均衡。通达性最优依然主要集中在东欧和南亚地区城市;最差地区发生了变化,主要集中在西南亚地区城市和中国绝大多数城市。由此可以得出中国基于铁路对外的通达性水平差,尤其是在中国沿海城市主要依靠海运,铁路运输并不占主导地位。

通过测算,了解并得出了丝路经济带现有铁路网的时间通达性现状。从节约时间成本角度考虑,为后期进行现有铁路线路改造和高铁线路规划及布局方案的提出提供了更广泛的角度。但是文章只是针对地理区位和现有铁路现状分析了时间通达性,考虑到通达性水平与经济发展情况是密不可分的,所以各城市之间通达性水平与经济两者之间的联系及联系强度等是下一步需要研究的内容,以期能更好地为日后进行现有铁路线路改造和高铁线路规划及布局提供支持,进而促进研究区城市和国家之间的贸易合作。

参考文献

- [1] 吴威,曹有挥,曹卫东,等. 长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化[J]. 地理学报, 2006, 61(10):1065-1074.
- [2] 张天昊. 基于 ArcGIS 的广州市综合客运网络通达性研究[D]. 西安:长安大学,2017.
- [3] 曹小曙,李涛,杨文越,等. 基于陆路交通的丝绸之路经济带可达性与城市空间联系[J]. 地理科学进展, 2015, 34(6):657-664.
- [4] 任启龙. 东北经济区综合交通通达性研究[D]. 大连:辽宁师范大学,2014.
- [5] KWAN M P, MURRAY A T, O'KELLY M E, et al. Recent

- advances in accessibility research: Representation, methodology and applications[J]. Journal of Geographical Systems, 2003, 5(1):129-138.
- [6] WIECHMANN T. Errors expected-aligning urban strategy with demographic uncertainty in shrinking cities[J]. International Planning Studies, 2008,13(4): 431-446.
- [7] BLANCO H, ALBERTI M, OLSHANSKY R, et al. Shaken, shrinking, hot, impoverished and informal: Emerging research agendas in planning[J]. Progress in Planning, 2009,72(4): 195-250.
- [8] BENTLAGE M, LÜTHI S, THIERSTEIN A. Knowledge creation in German agglomerations and accessibility: An approach involving non-physical connectivity[J]. Cities, 2013, 30(2): 47-58.
- [9] 李玉森,王利. 辽宁省干线公路网络通达性研究[J]. 资源开发与市场,2012,28(2):122-125.
- [10] 李亚婷,秦耀辰,闫卫阳,等. 河南省公路网络的可达性空间格局及其演化特征[J]. 地域研究与开发,2010,29(1):60-64.
- [11] 吴威,曹有挥,曹卫东,等. 长江三角洲公路网络的可达性空间格局及其演化[J]. 地理学报,2006,61(10):1065-1074.
- [12] 张兵,金凤君,于良. 近20年来湖南公路网络优化与空间格局演变[J]. 地理研究,2007,26(4):712-722.
- [13] 张志学,李同升. 基于 GIS 的县级尺度交通可达性研究—以陕西省为例[J]. 人文地理,2010(1):100-104.
- [14] 张志坤. 基于 GIS 与可达性的南方丝绸之路经济带时空演变研究[D]. 昆明:云南师范大学,2017.
- [15] 王姣娥,王涵,焦敬娟. “一带一路”与中国对外航空运输联系[J]. 地理科学进展,2015,34(5):554-562.
- [16] OpenStreetMap. 2018 年开放街道地图[EB/OL]. <https://www.openstreetmap.org/#map=3/37.02/135.00>.
- [17] NASA. 哥伦比亚大学地球观测系统数据与信息中心[EB/OL]. [1997]. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/>.
- [18] 中文互联网数据资讯中心. 世界银行公开数据[EB/OL]. [2017-12-23]. <http://data.worldbank.org/cn/>.
- [19] 王振波,徐建刚,朱传耿,等. 中国县域可达性区域划分及其与人口分布的关系[J]. 地理学报, 2010,65(4):416-426.
- [20] 孟德友,陆玉麒. 基于铁路客运网络的省际可达性及经济联系格局[J]. 地理研究, 2012, 31(1):107-122.

征稿启事

《智能计算机与应用》期刊是由哈尔滨工业大学主办,哈尔滨工业大学计算机科学与技术学院承办的国内外公开发行的计算机类优秀学术期刊。中国标准连续出版物号:CN 23-1573/TN, ISSN 2095-2163,邮发代号:国内 14-144,国外 6376BM,单本定价:15元。全国各地邮政局均可订阅,也可直接电话详询本刊编辑部订阅《智能计算机与应用》期刊。

《智能计算机与应用》期刊定位为“以学术和技术为主,兼顾应用”,期刊密切关注以计算机应用和学术研究为核心的现状热点及发展趋势,并以快速反映计算机技术、方法和理论在通讯、网络、自动控制等方面的较新实用研究成果为特色,本刊中包括、但不限定于如下内容:智能研发与应用、软件设计与应用、网络科技与应用、控制科学与应用、及其它等,具有较强的科学性、可读性和实用性。

《智能计算机与应用》期刊将于2020年1月起,由双月刊改为单月刊,望新老读者、作者能够继续支持,并踊跃投稿、订阅。

投稿须知:具体要求请参照“封二”。投稿时请使用 word 格式并注明作者简介(姓名、出生年、性别、学位、职称、主要研究方向)。严禁一稿多投、及抄袭行为,否则一切后果由作者本人负责。投稿时请留下您的通信地址、邮编及联系电话,以方便论文发表后快递期刊。

投稿信箱:ica@hit.edu.cn

本刊编辑部地址:哈尔滨工业大学新技术楼 916 室

联系电话:0451-86413183

编辑部 QQ:2438031325

投稿邮箱:ica@hit.edu.cn