

中国城市群高铁通达格局与空间交叠特征

郑文升^{1,2,3}, 熊亚骏¹, 王晓芳^{1,2}, 黄建武¹

(1. 华中师范大学城市与环境科学学院, 武汉 430079; 2. 中国旅游研究院武汉分院, 武汉 430079;
3. 华中师范大学湖北高质量发展研究院, 武汉 430079)

摘要: 交通网络构筑了城市关联骨架, 发达的交通网络能够深刻影响城市空间联系并重塑区域空间格局。本文使用2021年高铁客运时刻数据, 以《交通强国建设纲要》中提出的建设“全国123出行交通圈”为切入点, 对比分析了全国城市群以及中心城市通达格局及差异, 进一步使用SLPA模型对全国所有高铁通达城市进行社区划分与交叠空间识别, 探究区域空间格局演化态势以及交叠空间地理特征。研究结论为: ① 中国城市群2 h内通达的数量为15个, 占城市群总量的79%; 城市加权平均通达时间上, 呈现由中心地区向外围地区由低向高扩大的“圈层式”空间格局。② 中心城市3 h通达等值线覆盖圈大多超出城市群范围, 表现出“泛城市群”空间特征。③ 通过交叠社区发现算法将中国城市网络空间划分为14个社区, “胡焕庸线”以西仅有3个社区。④ 对已划分社区进行交叠空间识别, 存在交叠的9个社区共有27个交叠城市产生。⑤ 在空间形态上, 交叠城市呈点状或带状分布; 从空间区位来看, 交叠城市多位于区域中心城市周边, 在行政区划上多处于省间交界地带; 在城市功能上看, 交叠城市依托高铁流通道, 凭借过渡与转换功能, 表现为社区间网络联系桥梁。高铁交通视角下区域空间格局呈现跨城市群联系与组团发展态势, 交叠空间网络化、交互式、跨尺度作用特征凸显。总体来看, 使用SLPA交叠社区发现模型研究区域交叠问题具有一定说服力。为了城市和区域更好的发展, 对已划分出的交叠社区, 可以尝试填补空白区域并提升社区间运能; 对已识别出的交叠空间, 可以尝试结合自身优势创造更多跨区域联系可能。

关键词: 城市群; 高铁通达格局; 交叠社区模型; 社区划分; 交叠空间

DOI: 10.11821/dlxb202304010

1 引言

伴随全球化进程的不断深入, 城市群已成为国际竞合的主体地域单元和社会经济发展的战略空间载体^[1]。交通网络构筑了城市关联骨架, 发达的交通网络能够使得城市群内各要素自由频繁地在城市间流动, 促进区域城镇体系职能分工, 加强区域一体化趋势一并产生规模效应, 深刻影响城市空间联系以及要素流动格局^[2]。考虑到交通网络对城市群发展的重要性, 2019年9月中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》, 明确提出围绕城市群中心城市和全国主要城市形成“全国123出行交通圈”^[3]。

收稿日期: 2021-11-22; 修订日期: 2022-11-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(41971167); 华中师范大学基本科研业务费(CCNU22JC026) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.41971167; Fundamental Research Funds for the Central Universities, No.CCNU22JC026]

作者简介: 郑文升(1982-), 男, 安徽六安人, 教授, 博士生导师, 主要从事城市群网络化发展研究、区域与国土空间规划研究。E-mail: zhengwensheng@ccnu.edu.cn

通讯作者: 王晓芳(1980-), 女, 河南许昌人, 博士, 副教授, 研究方向为旅游地理与交通可达性。

E-mail: wangxiaofang@ccnu.edu.cn

通达性概念最早由英国学者 Hansen 提出并定义为节点之间相互作用机会的大小^[4]。国外学者较早开展了相关研究,发现 M-40 轨道交通的修建能够提升马德里及周边区域的通达性,不同城市受益程度与空间区位显著相关,高速铁路的通达在欧洲尺度上通达程度改善明显,在区域或国家尺度上改善很小^[5]。随着城镇化的快速推进,中国学者对城市群交通联系也展开了大量研究。自 20 世纪 80 年代,中国主要城市群可达性提升明显,长三角的沪苏浙地区综合交通可达性差距不断缩小^[6],广佛都市圈通达性空间格局呈明显的圈层结构,从都市圈的几何中心向外围递减^[7],可达性缩短了城市间“时间距离”,引起城市区位和城市关系网络发生变化,空间结构由“多中心”向“连续带状”结构演变^[8]。相比沿海三大城市群,中原城市群内部的城市间轴线联系强度大于外围区域,空间联系突出了郑州与洛阳“双中心”层次结构特征,整体结构松散且集团化效应明显^[9];滇中城市群交通网络空间结构形态经历了点线、放射、网络不同类型的 3 个阶段,并呈现一体化的发展态势^[10]。近年来高铁对城市群交通格局的影响引起了学者们的广泛关注。长三角城市群的实证研究表明高铁压缩了城市群内部城市的空间距离,提高城市群区域的整体可达性^[11];高铁建设促进了相对区位较优地区向周边地域的迅速扩张,强化了城市发展潜能,在长江中游城市群同样得到了验证^[12]。综合来看,研究内容上多集中在城市群交通网络发展与空间联系的格局特征、时空演化以及对空间结构、空间效应等方面;研究对象上除聚焦国家级城市群外,对区域级城市群与地区性城市群同样也有所关注。

随着中国高铁网络建设的加快,对高铁网络导致的空间格局重塑成为研究热点。地理学者们相继通过加权平均旅行时间、经济潜力和日常可达性等指标测度可达性^[13-15],来反映城市与区域空间差异变化^[16],衡量高铁网络在不同空间尺度的影响^[17]。大量研究表明,跨区域高铁通道能够促进区域空间整合,呈现区域一体化的发展趋势^[18-21]。随着对高铁网络影响区域空间重构研究的深入,一些研究开始关注到区域空间的交叠现象。国外学者相继研究发现,高铁建设扩大了区域中心城市的影响范围,继而改变城市间的竞合态势。如 Willigers 认为国内、国际高铁服务能够影响不同类型区域吸引力,高铁服务范围与其他区域间存在明显交互作用^[22]; Martín 等进一步分析了与高铁服务区域重叠的区域,指出其他交通工具以及周边政策对重叠区域的竞争影响显著^[23]。近年来,国内学者也从高铁流视角对区域空间交叠现象展开了一些研究,如何丹等指出高铁会造成城市影响区域重叠并加剧城市间竞争^[24];初楠臣等则进一步认为高铁会驱使区域城镇体系空间格局产生“重叠区域”^[25];郭嘉颖等研究指出高铁网络能够重塑日交流圈空间格局,并呈现沿高铁通道延伸并重叠范围动态扩大的趋势^[26]。

目前的研究提出了高铁交通视角下会造成一定程度的区域空间分异交叠现象,更深入的研究则还需要进一步探讨在考虑这种交叠现象的基础上,高铁交通会给区域空间秩序带来什么样的影响,以及如何辨识和认识这些交叠空间。这是本文将要探讨的科学问题。为顺利开展这个研究,需要引入适用的科学方法。当前,地理学主流的城市关系空间分析方法多采用复杂网络指标测算城市网络拓扑属性、利用节点关系模式探讨子网络特征以及相互关系等,这些方法不易刻画中国城市交叠格局以及交叠空间识别。近些年,在信息网络以及公共安全等学科领域发展起一种能够有效分析复杂网络交叠问题的交叠社区发现算法^[27-30],成功应用于挖掘网络局部集聚以及子群交互作用,如 Nguyen 使用交叠社区算法挖掘社交网络中不同年龄、职业等节点相互作用,将识别的社会交叠小团体用于不同场景的商业活动中^[31]; Das 通过构建交叠社区发现算法研究网络犯罪活动,利用不同犯罪成员相互关系构造犯罪网络进行类型划分,用以预测犯罪活动并采取预防措施^[32]。

考虑到交叠社区发现算法可以在刻画局部集聚特性的同时实现交叠社区划分^[33], 本文尝试将其引入到地理学区域划分研究中, 以《交通强国建设纲要》中提出的建设“全国 123 出行交通圈”为切入点, 对比分析了全国城市群以及中心城市通达格局及差异; 基于高铁通达态势进一步使用 SLPA 模型对所有城市进行社区划分与交叠空间识别, 探究区域空间格局发展新态势以及交叠空间地理特征并识别网络交叠空间, 以期深化对高铁交通发展背景下区域空间格局的认识, 并提出优化发展策略。

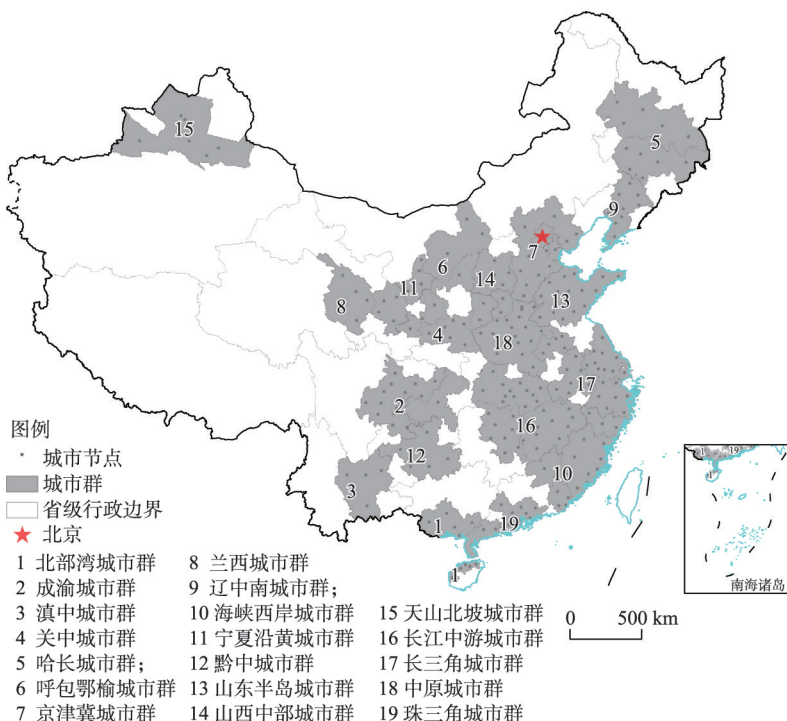
2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

城市群是城镇化发展到高级阶段的产物, 城市群内部拥有发达的交通通信基础设施, 支撑城市间通达需求^[34-35]。本文以《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年(2016—2020年)规划纲要》提出的在全国范围内建设城市群为基础, 结合政府部门批复的规划文件为参考, 选择 19 个城市群作为研究单元(图 1)。

2.2 数据来源

本文选取 2021 年极品时刻表中 G 字头高铁、D 字头动车以及 C 字头城际全部铁路列车时刻表(<http://www.jpskb.com/>)数据。为适应分析需要, 本文将地级及以上城市作为研究节点。需要说明的是本文研究视角侧重城市之间的空间关联与空间格局, 对拥有两个及以上车站的城市进行数据合并, 把城市内部的高铁站点统一定义为研究城市名称。



注: 基于自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2019)1651 号的标准地图制作, 底图边界无修改, 后文同;
高铁网底图根据《中长期铁路网规划》(2016—2025 年)中的“八纵八横”高速铁路主通道图绘制。

图 1 中国城市群格局

Fig. 1 Urban agglomerations in China

2.3 研究方法

2.3.1 通达性方法 为分析城市群内部以及城市群间的通达能力，需要定量获取各城市高铁通达的时间成本。良好的通达能力能够反映一定的交通优势度以及更好发展机会的可能。本文选取城市通过高铁网络达到其他城市列车时刻的平均值表征城市间通达程度，公式如下：

$$C_i = \left(\sum_{j=1}^n T_{ij} \right) / n \quad (1)$$

式中： C_i 表示城市*i*的平均通达时间； T_{ij} 表示城市*i*到其他城市的通达时间； n 为其他城市数量。

2.3.2 交叠社区模型 社区发现模型体现的是城市间功能联系依托生产要素流动来表征集聚或扩散能力的状态^[36-37]。相比传统研究方法，社区发现模型所需数据种类少，无需大规模调查与人工干预，相对客观、科学。现有社区发现模型分为非交叠社区发现模型和交叠社区发现模型两类。非交叠社区发现模型发展较早^[38]，该模型认为社区是彼此不交叠的，一个节点属于一个社区。而交叠社区模型是非交叠社区模型的改进与拓展，该模型认为社区间的过渡是平滑的，允许一个节点属于多个社区。

现实世界中交叠结构类似统计学总体的概念，一般通过样本的统计信息推断出总体的一些特征。目前关于交叠模型评测大致可以分为两步：首先根据给定参数的LFR^①基准网络^[39]来进行评测；然后通过公开数据集来与相关模型进行对比分析。Xie综合评测了SLPA^②模型与13种热门的非交叠社区发现模型^[40-41]，发现SLPA模型的评测结果更接近LFR基准网络，并且在公开数据集中具有显著的适应性和稳健性，本文也采用SLPA模型对中国城市网络进行分析。

SLPA模型更新规则如下：

$$L(i) = L\left\{ \arg \max_k [S(C_k)] \right\} \quad (2)$$

式中： L 表示节点或团体的标签； C_k 是包含一组连接到节点*i*且彼此共享同一标号*k*的节点的子社区； S 是定义于子社区的得分函数。

$$S(C_k) = \sum_{j \in C_k} [1 + c \times h_j(i)] \quad (3)$$

式中： $h_j(i)$ 是节点*j*到节点*i*的整个邻域（不包括节点*i*）的链接数； c 是介于0~1之间的权重。

具体算法运行可以抽象理解为以下几个步骤（图2）：①选取某个城市A，把与A城市有联系的城市设置不同标签（例如标签1、标签2等），生成初始化城市列表与初始化与城市A有联系的城市概率；②根据标签出现的次数来确定A城市与联系城市的概率；③根据阈值*r*来定义社区，进而识别出交叠空间。

为评价社区发现结果效果，评判上述模型在不同区域的适用性，本文引入Nicosia等^[42]在Newman^[43]提出的模块度基础上提出一种改进的、适合于交叠社区的交叠模块度EQ。本文参考Hong等利用道路在城市空间塑造和城市功能区的探索^[44]，结合SLPA算法不考虑空间邻接的拓扑结构特性，本文使用综合联系强度刻画城市间联系；考虑到权重的变

① LFR(Lancichinetti-Fortunato-Radicchi) benchmark 是一种生成基准网络算法。该算法可以生成参数可控的人工合成网络，可以在考虑节点度和社区规模分布异质性等指标情况下，得到先验已知社区。LFR用于比较不同社区发现算法的性能。

② SLPA(Speaker-Listener Label Propagation Algorithm)是LPA(Label Propagation Algorithm)标签传播算法的一种变体，能够检测每个节点所属的一个或多个社区。

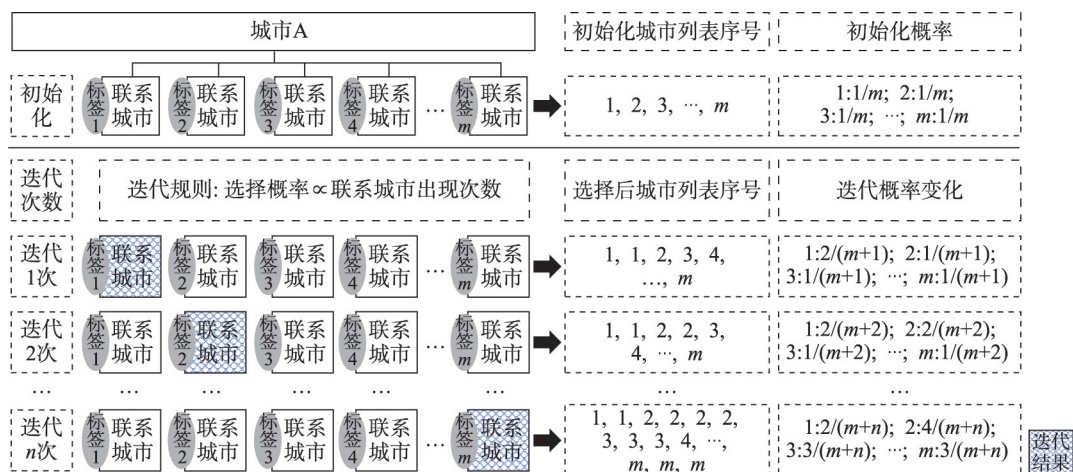


图2 SLPA模型流程图

Fig. 2 SLPA algorithm flow chart

化, 进一步修改邻接矩阵为权重累加矩阵^[45]。模型中交叠模块度取值范围在 $[-0.5, 1.0]$ 之间, 值越大表示社区划分效果越好。

交叠模块度计算公式如下:

$$EQ = \frac{1}{2m} \sum_i \sum_{u \in C_i, v \in C_i} \frac{1}{Q_u Q_v} \left(A_{uv} - \frac{k_u k_v}{2m} \right) \quad (4)$$

式中: EQ 代表交叠模块度; $2m$ 表示边权重之和; u 、 v 表示城市节点; Q_u 表示节点 u 所属社团; k_u 表示节点 u 的度; A_{uv} 表示修改后的邻接矩阵。

2.3.3 引力模型 为了衡量城市群城市间综合联系强度, 通过测算两城市之间的中心质量与时间距离来刻画两城市综合联系强度值, 公式如下:

$$F_{ij} = \left(\sqrt{G_i \times P_i} \times \sqrt{G_j \times P_j} \right)^{1/2} / T_{ij} \quad (5)$$

式中: F_{ij} 为两城市之间综合联系强度; G_i 与 P_i 分别表示城市 i 的地区生产总值与人口总数; T_{ij} 表示城市 i 与城市 j 的时间距离。

3 城市群通达格局

3.1 城市群内通达格局特征

通过计算城市群城市到其他城市加权平均通达时间, 结合《交通强国建设纲要》中明确提出的“全国123出行交通圈”目标, 按照 ≤ 1 h、 ≤ 2 h、 ≤ 3 h来划分, 比较评价不同时间成本下城市群通达格局。

总体来看, 城市加权平均通达时间上, 中国城市群高铁通达格局呈现由中心向外围地区由低向高逐渐扩大的“圈层式”空间格局。加权平均通达时间1 h内的城市偏向城市群中心地带, 空间上大多分布在“胡焕庸线”以西, 包含天山北坡城市群、兰西城市群、宁夏沿黄城市群、呼包鄂榆城市群等部分城市, “胡焕庸线”以东城市零星分布在华南、西南、中部以及东北地区。加权平均通达时间2 h内的城市分布在中心地带外围, “胡焕庸线”以东城市明显增多, 呈现集中连片的空间分布格局。加权平均通达时间3 h内的城市基本分布在2 h内通达城市外围, 多分布在东南沿海、中部以及东北地区 (图3)。

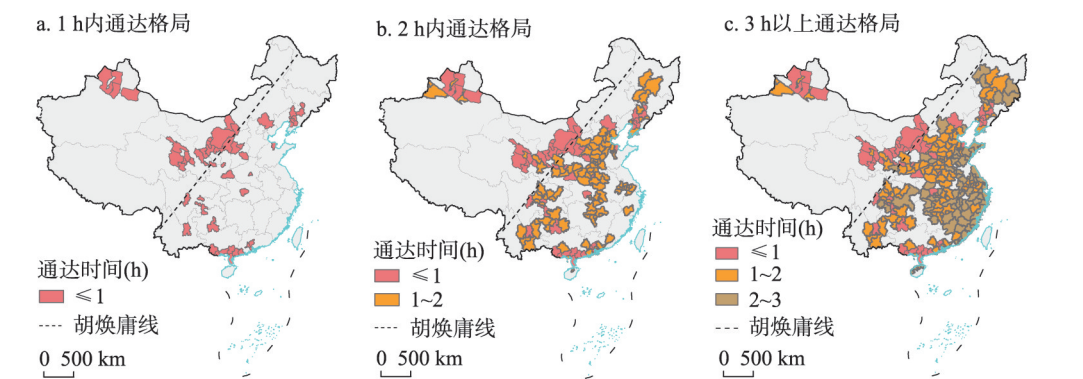


图3 2021年中国城市群高铁通达格局
Fig. 3 High-speed railway access pattern between each pair of central cities in 2021

对城市群内部所有城市进行加权平均，2 h内的城市群有15个，占城市群总量的79%（表1）。加权通达时间在1 h内的城市群有5个，其中兰西城市群（0.54 h）、宁夏沿黄城市群（0.57 h）、呼包鄂榆城市群（0.48 h）、山西中部城市群（0.9 h）位于中国中西部地区，辽中南城市群（0.97 h）位于东北地区。平均通达时间最长的城市群是海峡西岸城市群（2.47 h），与平均通达时间最短的呼包鄂榆城市群相差1.99 h。

表1 2021年中国城市群平均通达时间
Tab. 1 Average access time to China's urban agglomerations in 2021

序号	城市群	加权平均通达时间(h)	序号	城市群名称	加权平均通达时间(h)
1	兰西城市群	0.54	11	京津冀城市群	1.80
2	宁夏沿黄城市群	0.57	12	长三角城市群	2.10
3	呼包鄂榆城市群	0.48	13	长江中游城市群	2.18
4	山西中部城市群	0.90	14	海峡西岸城市群	2.47
5	关中城市群	1.18	15	珠三角城市群	1.17
6	中原城市群	1.55	16	北部湾城市群	1.66
7	山东半岛城市群	2.15	17	滇中城市群	1.29
8	天山北坡城市群	1.11	18	黔中城市群	1.39
9	哈长城市群	1.93	19	成渝城市群	1.44
10	辽中南城市群	0.97			

3.2 中心城市通达格局特征

中心城市是城市群的发展龙头。伴随着中心城市不断发展壮大以及功能外溢，中心城市带动周边城市发展的交通需求也在快速增长，推动中心城市与周边地区融合发展^[46]。结合《交通强国建设纲要》中提到的建设区域性交通枢纽为指引，依据已出台的城市群发展规划，结合地区实际发展，确定图4中32个城市为中心城市。

通过分析中心城市间3 h通达时间测算，得出21对中心城市3 h内通达城市组合。具体来看，东北地区的哈长城市群中心城市哈尔滨、长春与辽中南城市群中心城市沈阳、大连顺次结对，哈尔滨—长春（1.4 h），长春—沈阳（1.3 h），沈阳—大连（2 h），形成相对独立的3 h通达轴线。呼包鄂榆城市群中心城市呼和浩特与北京通达时间为2.5 h，依托京包线与京津冀形成3 h通达通道。在京沪通道支撑下，山东半岛城市群中心城市济南向北与京津冀城市群中心城市北京、天津通达时间分别为1.8 h、1.5 h，向南与长三角中心城市南京通达时间为2.8 h。长江中游城市群中心城市，向东与长三角城市群中心城

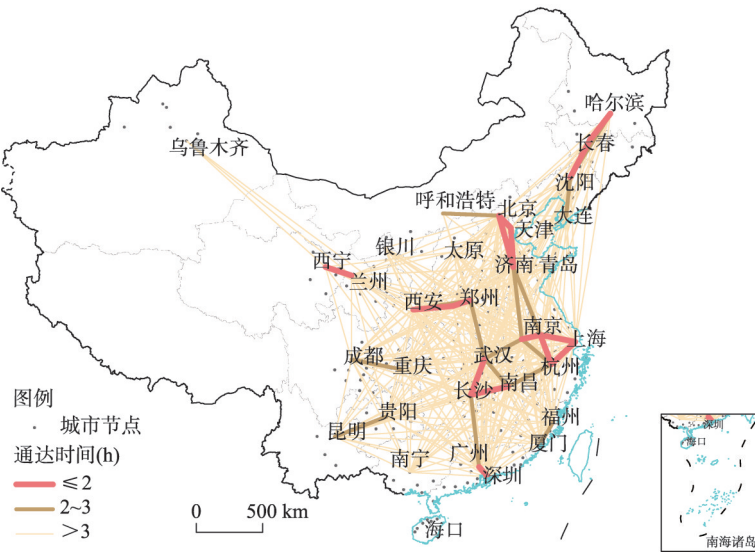


图4 2021年中国中心城市间高铁通达时间格局

Fig. 4 2021 China's central cities between high-speed railway access time pattern

市南京，形成武汉—南京联系通道（3h），同时向北与中原城市群中心城市郑州，形成武汉—郑州联系通道（2.7 h），向南与珠三角城市群广州，形成长沙—广州联系通道（3 h）。关中城市群中心城市西安与中原城市群中心城市郑州通达时间为2 h，滇中城市群中心城市与黔中城市群中心城市通达时间为2.7 h。

通过对3 h通达时间的城市群中心城市进行空间插值以及等值线提取，得到城市群中心城市3 h通达覆盖的空间范围（图5）。整体来看，中心城市3 h通达等值线覆盖圈大多超出城市群范围，表现出“泛城市群”空间特征。哈长城市群与辽中南城市群3 h通达等值线覆盖圈范围向通辽、赤峰延伸，整体覆盖范围还是以东北地区为主。京津冀城市群

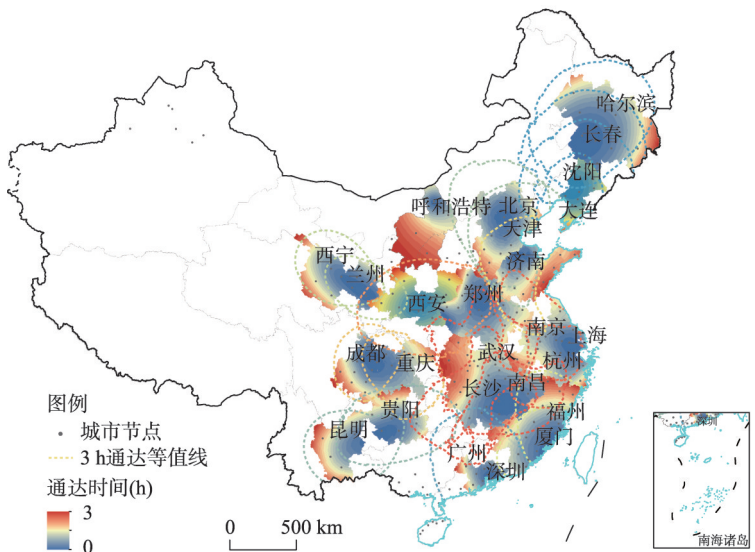


图5 2021年中国城市群空间连接格局

Fig. 5 Spatial connection patterns of China's urban agglomerations in 2021

等时线西至呼包鄂榆城市群,向南延伸至山东半岛城市群,与中原城市群对接。长江中游城市群向北与中原城市群衔接,向南与珠三角城市群有空间交叠,西北方向延伸至关中城市群,向东邻近长三角城市群。关中城市群与兰西城市群以及中原城市群3h通达等值线覆盖圈有空间重叠,并向南延伸至成渝城市群。滇中城市群与黔中城市群等时圈空间范围相互融合,并与成渝城市群对接。珠三角城市群与海峡西岸城市群3h通达等值线覆盖圈在汕头、梅州、汕尾等处有重叠。

4 空间交叠格局特征

4.1 社区划分与地理特征

把全国所有开通高铁的城市作为社区划分样本,通过测算城市间综合联系强度,同时考虑空间分布连续性与城市行政区划完整性,使用SLPA模型把全国城市划分为14个“内部联系紧密,彼此联系较少”的社区。与传统“三大地带”“四大板块”的区域布局相比,本文划分的区域范围偏小,而又普遍大于城市群的尺度,一定程度上反映了高铁跨区域联系背景下中国区域空间格局新变化。

从社区划分结果来看,“胡焕庸线”以东社区分布密集,共有11个社区,占比79%，“胡焕庸线”以西仅有3个社区(图6)。城市整体划分格局上,存在大量高铁覆盖空白区域,包括四川西部、内蒙古中部以及青海、西藏、新疆大部分地区。四川西部的川西高原与青藏高原和横断山脉融为一体,组成平均海拔在4000 m以上的高纬度、低寒、冻土地带,人口密度低与自然环境敏感可能是高铁未通达的原因之一。内蒙古中部、青海南部与新疆西南大部分地区由于城市分布稀疏,与其他城市相距较远,交通基础条件差,可能是这些地区高铁布局缺失的原因之一。

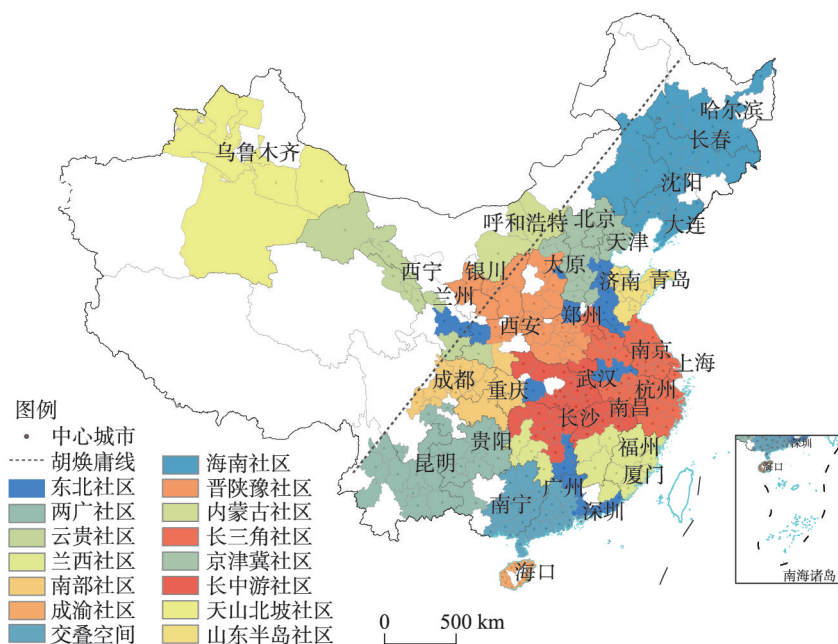


图6 2021年中国城市联系交叠社区划分

Fig. 6 Division of China's urban linkages into overlapping communities in 2021

东北社区以京哈线、哈大线、绥佳线为主体骨架,涉及哈长城市群与辽中南城市群,共有28个城市,对应中国东北地区。社区内部网络密度相对较低,城市之间联系相对较弱。该区域主要以沈阳、长春、哈尔滨、大连等城市为核心节点,以哈尔滨—长春、长春—沈阳、沈阳—大连、沈阳—秦皇岛、延边—长春等线路为联系骨架,联系起铁岭、吉林、营口、锦州、葫芦岛等沿线城市,形成放射性关联格局。

京津冀社区由京石、石武、京津以及京沪线衔接京津冀城市群、山东半岛城市群、中原城市群和晋中城市群的26个城市组成。社区内部以北京、天津为龙头引领区域发展,社区整体向南辐射,形成网络关联格局。山东半岛社区主要位于山东半岛以及长三角城市群、京津冀城市群部分地区,共有16个城市。从社区空间格局来看,京沪线与胶济线构成纵横交错的基本骨架。纵向依托京沪线,串联起济南、沧州、德州、泰安、济宁、枣庄等城市,呈放射性空间联系格局。横向子系统是以横贯山东的胶济线为网络联系轴线,结合烟台、威海、滨州、日照等城市,形成明显省域特色的关联格局。

长三角社区由京沪线、沪蓉线以及沪杭线、宁杭线串联起山东半岛城市群、中原城市群、长江中游城市群部分的49个城市。从综合联系强度来看,高铁车次最多的前3城市为上海、杭州、南京。这些城市以上海为龙头引领区域发展,形成长三角核心区域。

南部社区由25个城市组成,位于中国南方部分地区,以福建省域城市为主体,涉及海峡西岸城市群、长株潭城市群、环鄱阳湖城市群、珠三角城市群。需要一提的是,固有认知里福建省依托东南沿海区位形成较发达的海外贸易,山多地少地形特征影响着与内陆地区的资源要素交换,以此形成相对自我封闭的区域。然而与传统印象相左,南部社区不仅囊括了福建省,还包括湖南省、江西省、广东省等部分城市,反映了高铁推动视角下区域发展新格局。

两广社区涉及珠三角城市群与北部湾城市群,共有32个城市。社区内以武广线、南广线、厦深线、湘桂线以及柳南线为主的高铁线路,联系起广西、湖南以及潮汕地区部分城市,形成网络交织的社区格局。云贵社区主要由云南与贵州省城市构成,涉及四川省部分城市。社区内部以沪昆线、成贵线以及渝黔线为骨架,衔接起24个城市,形成相对封闭的社区关联格局。

长中游社区主要位于中国长江中游地区,由34个城市组成,涉及长三角城市群、长江中游城市群以及成渝城市群,空间整体连续,反映长中游社区承东启西、连南望北的区位特性。成渝社区主要位于中国成渝地区,由15个城市组成,涉及成渝城市群、长江中游城市群,社区内部成渝线、成昆线、成贵线以及汉蓉线相互交织,形成社区网络联系格局。

晋陕豫社区由34个城市构成,涉及中原城市群、兰西城市群、关中城市群以及晋中城市群部分城市。郑西铁路构成社区内主联系轴线,以郑州、西安为引领,串联起洛阳、三门峡、渭南等城市,向北吸纳晋中城市群部分城市,形成社区组团。

兰西社区主要位于河西走廊地区,西北段沿河西走廊大通道延伸至酒泉,东南段至汉中,联系起兰西城市群与陕西南部部分城市,整体呈西北—东南向条带状联系格局,共有12个城市组成。社区整体沿丝绸之路延展并辐射中亚,其特殊的、重要的战略区位,承担着东西合作与双向开放的重要职责。社区内核心枢纽兰州,是内陆与西北联通的重要城市,也是徐兰高铁与兰新高铁的关键节点,在城市网络中表现为强联系、多关联等方面。

海南社区位于海南省内,共由12个城市组成。社区内高铁沿环岛分布,由于琼州海峡形成的天然屏障,从而形成相对独立社区。内蒙古社区由呼和浩特、乌兰察布、包

头、鄂尔多斯4个省内相对活跃的城市组成,共同构成了区域联系的骨架,由于地理区位与设施空间的差异成为独立社区。天山北坡社区主要位于新疆维吾尔自治区内,由9个城市组成,形成明显的省内关联格局。

4.2 社区交叠空间识别

通过SLPA模型进一步识别交叠空间发现,全国14个社区中有9个社区之间产生交叠空间,产生交叠空间社区数占社区总量的64%(表2、图7)。长中游社区特有的地理区位使其与南部社区、成渝社区、长三角社区都有交叠空间产生。长中游社区与南部社区之间的交叠空间包括韶关、株洲、郴州3个城市(图7a)。这些交叠城市分布在武广线沿线,呈

表2 交叠空间概况
Tab. 2 Overview of overlapping spaces

交叠类型	交叠空间内部城市	城市数量(个)
长中游社区、南部社区	韶关、株洲、郴州	3
长中游社区、成渝社区	宜昌	1
长中游社区、长三角社区	合肥、马鞍山、六安	3
京津冀社区、晋陕豫社区	阳泉、安阳、鹤壁、新乡	4
京津冀社区、山东半岛社区、长三角社区	济南、枣庄、济宁、泰安、德州、沧州、徐州	7
两广社区、南部社区	汕头、惠州、汕尾、东莞、潮州、揭阳	6
晋陕豫社区、兰西社区	宝鸡、天水、定西	3

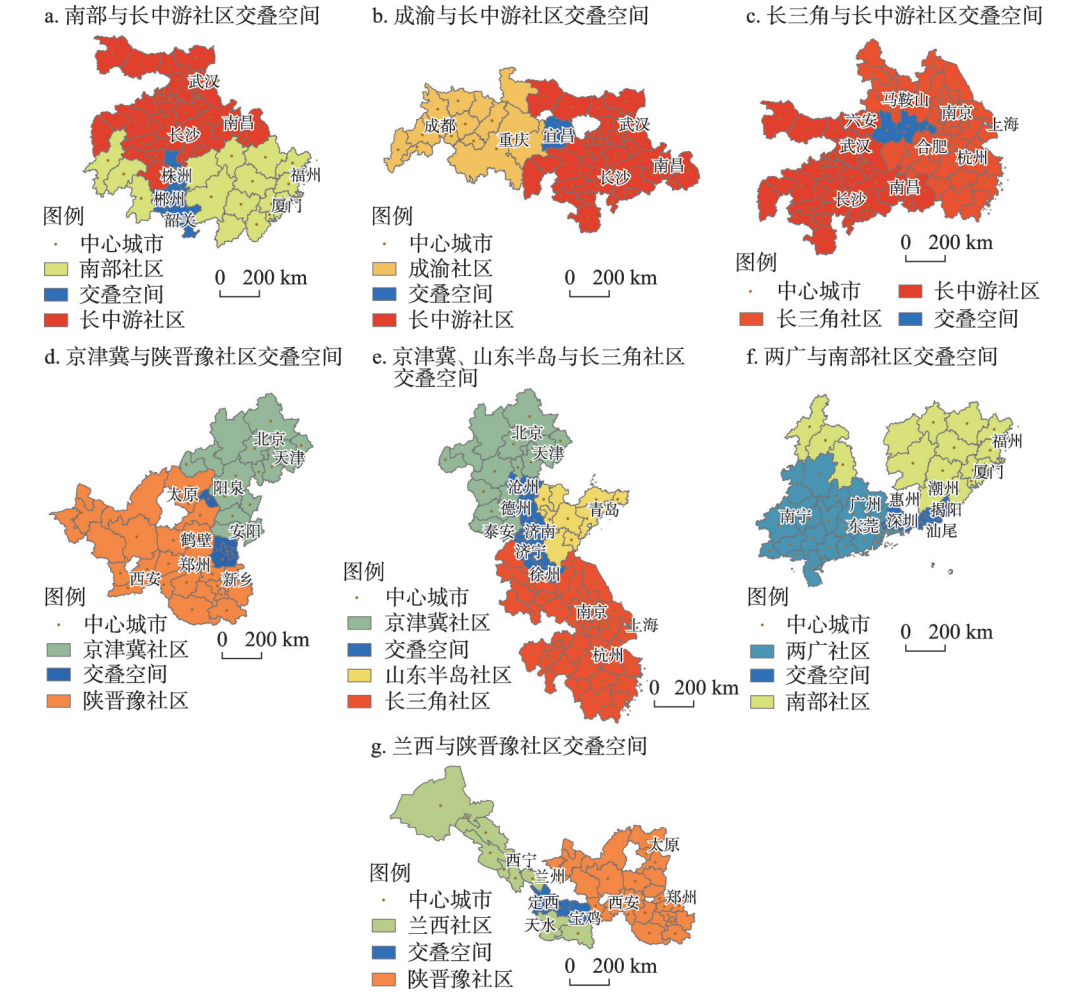


图7 2021年中国城市联系社区交叠空间识别

Fig. 7 Identification of overlapping spaces in China's urban linkages communities in 2021

团块状零散分布。具体来看,交叠城市株洲联动郴州、韶关,依托武广高铁,衔接长中游地区与福建地区,发挥交叠空间门户枢纽作用与区域联动对接作用。

长中游社区与成渝社区形成交叠空间宜昌,成为社区之间的门户与枢纽(图7b)。宜昌处于湖北与成渝地区交接地带,一方面与省会武汉交通对接、功能衔接,另一方面西向联动周边城市对接成渝一体化发展,在汉蓉高铁线路支撑下,实现社区间交流互动。长中游社区与长三角社区形成的交叠城市合肥、六安、马鞍山,3个城市是长中游地区连接长三角地区的衔接区域,在推进长三角一体化发展、促进中部地区加快崛起等国家战略共同推进背景下,以合肥为代表的交叠城市凭借“左右逢源”的区位优势,以沪汉通道为主轴,连同六安、马鞍山形成东西向通道枢纽(图7c)。

京津冀社区与晋陕豫社区形成阳泉、安阳、鹤壁、新乡4个交叠城市,以石武高铁为纽带,充当京津冀社区与晋陕豫社区的联系枢纽(图7d)。京津冀社区与山东半岛社区、长三角社区形成交叠空间济南、枣庄、济宁等7个城市,依托京沪通道,发挥着三社区之间联系支点的作用(图7e)。

两广社区与南部社区形成交叠空间汕头、惠州、汕尾等6个城市。空间分布上集中连片,整体呈条带状分布(图7f)。依托厦深高铁,衔接福建与广东之间的联系,反映了沿高铁通道网络联系的廊道效应与距离衰减效应,一定程度上也反映出交叠城市较为集中的分布在单一通道而弱化了社区间可能形成其他通道的特征。

晋陕豫社区与兰西社区形成交叠空间包含宝鸡、天水、定西3个城市,这些交叠空间是中原地区连接西北的关键区域,同时也是区域之间联通的仅有通道,依托郑西高铁形成东西向通道枢纽,反映出中原地区与西北地区之间高铁织网密度低的特点(图7g)。

综上所述,社区间交叠空间从空间形态、区域位置以及城市功能等方面存在诸多共性。在空间形态上,交叠城市呈点状或带状分布。从区域位置来看,交叠城市多位于区域中心城市周边,在行政区划上多处于省间交界地带,特殊的地理区位使得交叠城市承担区域间交流互动,反映一定的高铁廊道效应与距离衰减效应。在城市功能上,交叠城市依托高铁通道,通过过渡与转换功能,表现为社区间联系桥梁,体现了交叠空间在城市联系的尺度效应。

5 结论与讨论

5.1 结论

本文使用2021年高铁客运时刻数据,以《交通强国建设纲要》中提出的建设“全国123出行交通圈”为切入点,对比分析了全国城市群以及中心城市通达格局及差异,基于“泛城市群”通达态势,进一步使用SLPA模型对所有城市进行社区划分与交叠空间识别,探究区域空间格局发展新态势以及交叠空间地理特征。研究结论为:①中国城市群2 h内通达的数量为15个,占城市群总量的79%;城市加权平均通达时间上,整体上呈现由中心向外围由低向高扩大的“圈层式”空间格局。②中心城市3 h通达等值线覆盖圈大多超出城市群范围,表现出“泛城市群”空间特征。③通过交叠社区发现算法将中国城市空间划分为14个社区,“胡焕庸线”以西仅有3个社区。④对已划分社区进行交叠空间识别,其中存在交叠的9个社区共有27个交叠城市产生。⑤在空间形态上,交叠城市呈点状或带状分布;从空间区位来看,交叠城市多位于区域中心城市周边,在行政区划上多处于省间交界地带;在城市功能上看,交叠城市依托高铁流通道,通过过渡与转换功能,表现为社区间网络联系桥梁。

针对划分社区与交叠空间特点,为了城市和区域更好的发展,可采取措施进行优化与调整。各社区方面:① 尝试推进社区内空白区域的高铁建设,破除欠发达地区的交通瓶颈;② 提升东西向通道运能,以枢纽城市为中心拓宽核心区与边缘区的城市联系,着力填补区域高铁路网空白;③ 尝试加强东北社区、海南社区、内蒙古社区、天山北坡社区高铁轴带建设,尝试实现内成网、外畅通、点线协调的铁路网布局结构。交叠空间方面:① 零星分布的交叠城市可以尝试扩大地理邻近节点区位优势,创造更多跨区域联系可能,为区域发展提供新的路径与动力;② 拓展区域铁路连接线,针对交叠城市宝鸡、天水、定西所在社区,尝试建立城际铁路骨干通道;③ 其他交叠空间所在区域,尝试建立城际铁路网,进一步完善高铁网络,扩大覆盖范围。

5.2 讨论

高铁作为现代交通的重要组分,是推动区域空间重塑的显著力量。《交通强国建设纲要》中指出:“到2035年,要基本形成都市区1 h通勤、城市群2 h通达、全国主要城市3 h覆盖的中国交通格局”。本文通过对城市群内城市通达格局进行对比分析,发现中国19个城市群中达到2 h通达标准的城市群数量已达15个,另有5个城市群在1 h之内,达到了都市区通勤程度,考虑到高铁的时空压缩效应,城市群内部城市有能力且会表现出超越本城市群范围的空间联系与相互作用。中心城市不仅是承载要素发展的主要空间载体,还肩负起引领区域发展的作用。因此,本文进一步通过对中心城市通达格局分析以及3h通达等值线覆盖圈范围提炼,期望能够更清晰地呈现中心城市通达范围超越城市群边界现象以及跨城市群的空间发展态势。

1978年改革开放以来,基于自然人文地理条件、区域发展的地域差异和传统交通联系方式,中国区域空间格局的划分方式主要包括东中西三大经济地带、四大板块、七大经济区以及“十四五”规划提出的19个城市群、现代化都市圈等,南方和北方的经济空间分异也日益受到重视。与一般区划不同,本文研究显示,高铁流视角下的中国区域空间格局呈现跨城市群联系与区域组团发展态势。从空间尺度看,本文识别的社区范围要小于三大经济地带、四大板块、七大经济区,而大于城市群与都市圈空间范围。从各社区来看,传统长中游城市群、中原城市群东侧的部分城市被长三角社区吸纳,或是成为交叠区域,反映了高铁交通视角下东部沿海发达地区区域影响力的扩大;南部社区跨越若干经济区,反映高铁交通作用下南方地区正在形成纵贯东西的联系格局;两广社区包含广东、广西大部分地区,中国历史上传承悠久的“两广地区”似乎在高铁流衔接下重新显现;晋陕豫社区与兰西社区联系紧密,共同搭建起西北至内陆的桥梁;成渝社区、云贵社区、天山北坡社区、东北社区、内蒙古社区、海南社区仍然表现为相对独立、完整的地域单元。

基于空间联系的中国城市交叠空间的网络化、交互式、跨尺度作用特征凸显。① 网络化特征:从城市关系视角来看,交叠空间韶关、宜昌、阳泉等城市不仅垂直依附省会城市,也同时存在与其他城市之间的水平相互影响,对外联系也不再仅限于城市群内部,伴随武长高铁、汉蓉高铁等形成的高铁远程通道,交叠空间超越社区内部联系,呈现垂直关系与水平关系共存的网络联系特征;交叠空间合肥、济南,一方面存在垂直的控制或依附关系,另一方面也存在水平的相互获取关系,在较强的行政影响力作用下,通过京沪、沪蓉等高铁通道,使得长中游社区、长三角社区、京津冀社区、山东半岛社区相互衔接,呈现网络联系特征。综上,“网络范式”下,城市等级隶属职能弱化而节点竞合关系加强,依托高铁通道,城市的外部影响力能够弱化地理邻近与行政边界的约束,交叠空间在长距离网络联系与跨区域网络覆盖下生长。② 交互式特征:从区域交互

视角来看,长中游社区与长三角社区、京津冀社区与晋陕豫社区在沪蓉通道、京广通道形成交叠空间并与社区分界吻合,交叠空间呈团块状零散分布,反映沪蓉通道、京广通道与中部部分地区高铁联系较弱的特征;长中游社区与南部社区、兰西社区与晋陕豫社区、京津冀社区与山东半岛社区和长三角社区形成交叠空间,空间分布上集中连片并呈不同走向地条带状连续分布。其余社区之间产生的交叠空间,在空间形态上多呈点状或团块状分布,承担社区间交流互动。由此可见,社区之间相互作用、相互影响,表现出不同形态和特征的空间交互。③跨尺度作用特征:从空间尺度视角来看,交叠空间合肥、济南、汕头等城市一方面是行政中心或处于省行政区交汇处,承担不同行政区间的过渡转换,另一方面在高铁通道作用下,还充当长中游社区、长三角社区、京津冀社区、山东半岛社区、两广社区、南部社区空间联系支点,跨越不同空间尺度,发挥空间交互作用。可见,多层级区域综合作用于交叠空间,体现出跨尺度的空间过程。

使用交叠社区发现模型,能够较好的揭示中国城市空间发展格局特征。从SLPA模型性能来看,该模型表现出一定的适应性和稳健性,能够较有效地揭示城市交叠结构;从分析结果来看,SLPA模型能够结合高铁联系特点,反映出不同于传统区划的空间格局,呈现不同社区空间差异,并在此基础上识别出社区间交叠空间,整体来看对中国城市空间交叠的研究具有一定说服力。

在未来研究中本文还有进一步探讨与优化的地方:①本文使用的是时间截面数据,后续可结合多时间尺度,在空间演化和作用机制方面进一步探究;②可以尝试以动态数据结合多种交通方式,进一步探讨城市网络交叠空间;③高铁站虽然在一些城市没有设点,但仍可享受高铁服务辐射,后续可结合更多地方情况进行探讨。

参考文献(References)

- [1] Fang Chuanglin. Progress and the future direction of research into urban agglomeration in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(8): 1130-1144. [方创琳. 中国城市群研究取得的重要进展与未来发展方向. *地理学报*, 2014, 69(8): 1130-1144.]
- [2] Wang Degen, Fan Ziqi, Zhao Meifeng. Spatial pattern of 2h travel circle of major urban agglomerations in the Yangtze River Economic Belt. *Geographical Research*, 2022, 41(5): 1388-1406. [汪德根, 范子祺, 赵美凤. 长江经济带主要城市群2h出行交通圈格局特征. *地理研究*, 2022, 41(5): 1388-1406.]
- [3] The Communist Party of China Central Committee and the State Council issued the "Outline for Building A Leading Transportation Nation". http://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm. [中共中央国务院印发《交通强国建设纲要》. http://www.gov.cn/zhengce/2019-09/19/content_5431432.htm.]
- [4] Hansen W G. How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of Planners*, 1959, 25(2): 73-76.
- [5] Gutierrez J, Gomez G. The impact of orbital motorways on intra-metropolitan accessibility: The case of Madrid's M-40. *Journal of Transport Geography*, 1999, 7(1): 1-15. DOI: 10.1016/S0966-6923(98)00029-5.
- [6] Wu Wei, Cao Youhui, Liang Shuangbo. Temporal and spatial evolution of integrated transport accessibility in the Yangtze River Delta: 1986-2005. *Progress in Geography*, 2010, 29(5): 619-626. [吴威, 曹有挥, 梁双波. 20世纪80年代以来长三角地区综合交通可达性的时空演化. *地理科学进展*, 2010, 29(5): 619-626.]
- [7] Li Peiquan, Cao Xiaoshu. The road network accessibility and spatial pattern of Guangzhou-Foshan Metropolitan Area. *Economic Geography*, 2011, 31(3): 371-378. [李沛权, 曹小曙. 广佛都市圈公路网络通达性及其空间格局. *经济地理*, 2011, 31(3): 371-378.]
- [8] Liu Hui, Shen Yuming, Meng Dan, et al. The city network centrality and spatial structure in the Beijing-Tianjin-Hebei Metropolitan Region. *Economic Geography*. *Economic Geography*, 2013, 33(8): 37-45. [刘辉, 申玉铭, 孟丹, 等. 基于交通可达性的京津冀城市网络集中性及空间结构研究. *经济地理*, 2013, 33(8): 37-45.]
- [9] Liu Zhengbing, Liu Jingyu, He Xiaopei, et al. The spatial connection and network feature of Zhongyuan Economic District base on intercity traffic flow. *Economic Geography*, 2014, 34(7): 58-66. [刘正兵, 刘静玉, 何孝沛, 等. 中原经济区城市空间联系及其网络格局分析: 基于城际客运流. *经济地理*, 2014, 34(7): 58-66.]
- [10] Liu Anle, Yang Chengyue, Ming Qingzhong, et al. Urban agglomerations transportation network space-time evolution

- in the frontier mountainous area: A case of Urban Agglomerations in the Central Yunnan. *Economic Geography*, 2016, 36(4): 70-77. [刘安乐, 杨承玥, 明庆忠, 等. 边疆山地城市群交通网络的时空演化: 以滇中城市群为例. *经济地理*, 2016, 36(4): 70-77.]
- [11] Sun Yang, Yao Shimou, Zhang Luocheng. Functional structure of spatial flow in the Yangtze River Delta: Analysis of passenger based data for the high speed railway. *Progress in Geography*, 2016, 35(11): 1381-1387. [孙阳, 姚士谋, 张落成. 长三角城市群“空间流”层级功能结构: 基于高铁客运数据的分析. *地理科学进展*, 2016, 35(11): 1381-1387.]
- [12] Mei Lin, Huang Baishi, Ao Rongjun, et al. The spatial pattern and evolution of high-speed railways accessibility of the urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River. *Economic Geography*, 2018, 38(6): 62-68. [梅琳, 黄柏石, 敖荣军, 等. 长江中游城市群高速铁路可达性格局及演变. *经济地理*, 2018, 38(6): 62-68.]
- [13] Gutiérrez J, González R, Gómez G. The European high-speed train network: Predicted effects on accessibility patterns. *Journal of Transport Geography*, 1996, 4(4): 227-238.
- [14] Horner A. Changing rail travel times and time-space adjustments in Europe. *Geography*, 2000, 85(1): 56-68.
- [15] Gutiérrez J. Location, economic potential and daily accessibility: An analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border. *Journal of Transport Geography*, 2001, 9(4): 229-242.
- [16] José M, Ureña, . The high-speed rail challenge for big intermediate cities: A national, regional and local perspective. *Cities*, 2009, 26(5): 266-279.
- [17] Chen C L, Hall P. The wider spatial-economic impacts of high-speed trains: A comparative case study of Manchester and Lille sub-regions. *Journal of Transport Geography*, 2012, 24: 89-110.
- [18] Wu Kang, Fang Chuanglin, Zhao Miaoxi, et al. The intercity space of flow influenced by high-speed rail: A case study for the rail transit passenger behavior between Beijing and Tianjin. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(2): 159-174. [吴康, 方创琳, 赵渺希, 等. 京津城际高速铁路影响下的跨城流动空间特征. *地理学报*, 2013, 68(2): 159-174.]
- [19] Wang Jiaoe, Jiao Jingjuan, Jin Fengjun. Spatial effects of high-speed rails on interurban economic linkages in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1833-1846. [王姣娥, 焦敬娟, 金凤君. 高速铁路对中国城市空间相互作用强度的影响. *地理学报*, 2014, 69(12): 1833-1846.]
- [20] Jin Fengjun, Jiao Jingjuan, Qi Yuanjing. Evolution and geographic effects of high-speed rail in East Asia. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(4): 576-590. [金凤君, 焦敬娟, 齐元静. 东亚高速铁路网络的发展演化与地理效应评价. *地理学报*, 2016, 71(4): 576-590.]
- [21] Huang Jie, Du Delin, Wang Jiaoe, et al. A comparative study on network structures of high-speed train and inter-city coach based on the urban agglomerations. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(12): 1958-1966. [黄洁, 杜德林, 王姣娥, 等. 基于城市群尺度的高铁列车与长途汽车网络结构比较. *地理科学*, 2020, 40(12): 1958-1966.]
- [22] Willigers J, Van Wee B. High-speed rail and office location choices. A stated choice experiment for the Netherlands. *Journal of Transport Geography*, 2011, 19(4): 745-754.
- [23] Martín J C, Román C, García-Palomares J C, et al. Spatial analysis of the competitiveness of the high-speed train and air transport: The role of access to terminals in the Madrid-Barcelona corridor. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2014, 69: 392-408.
- [24] He Dan, Yang Ben. A study on the influence of high-speed railways on urban hinterland: The case of north Anhui. *Urban Planning Forum*, 2011(4): 66-74. [何丹, 杨犇. 高速铁路对沿线地区城市腹地的影响研究: 以皖北地区为例. *城市规划学刊*, 2011(4): 66-74.]
- [25] Chu Nanchen, Jiang Bo, Zhao Yinghui, et al. Potential impact and optimization of intercity high-speed rails on the urban system spatial pattern evolution in Heilongjiang province. *Economic Geography*, 2016, 36(4): 78-83, 125. [初楠臣, 姜博, 赵映慧, 等. 城际高铁对未来黑龙江城镇体系空间格局的影响及优化. *经济地理*, 2016, 36(4): 78-83, 125.]
- [26] Guo Jiaying, Wu Wei, Cao Youhui, et al. Assessing the impacts of high-speed rail on regional spatial structure: A study of Yangtze River Delta urban agglomeration. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(12): 2817-2826. [郭嘉颖, 吴威, 曹有挥, 等. 铁路高速化对长三角城市群区域空间联系格局的影响. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(12): 2817-2826.]
- [27] Chakraborty T, Chakraborty A. OverCite: Finding overlapping communities in citation network//2013 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM 2013). IEEE, 2013: 1124-1131.
- [28] Yang J, Leskovec J. Overlapping community detection at scale: A nonnegative matrix factorization approach//Proceedings of the Sixth ACM International Conference on Web Search and Data Mining, 2013: 587-596.
- [29] Maity S, Rath S K. Extended Clique percolation method to detect overlapping community structure//2014 International

- Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI). IEEE, 2014: 31-37.
- [30] Ghorbani M, Rabiee H R, Khodadadi A. Bayesian overlapping community detection in dynamic networks. 2016: arXiv: 1605.02288. <https://arxiv.org/abs/1605.02288>.
- [31] Nguyen N P, Dinh T N, Shen Y L, et al. Dynamic social community detection and its applications. Plos One, 2014, 9(4): e91431. DOI: 10.1371/journal.pone.0091431.
- [32] Das A, Nayak J, Naik B, et al. Generation of overlapping clusters constructing suitable graph for crime report analysis. Future Generation Computer Systems, 2021, 118: 339-357.
- [33] Palla G, Derényi I, Farkas I, et al. Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society. Nature, 2005, 435(7043): 814-818.
- [34] Fang Chuanglin, Wang Zhenbo, Ma Haitao. The theoretical cognition of the development law of China's urban agglomeration and academic contribution. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(4): 651-665. [方创琳, 王振波, 马海涛. 中国城市群形成发育规律的理论认知与地理学贡献. 地理学报, 2018, 73(4): 651-665.]
- [35] Zheng W S, Du N Q, Wang X F. Understanding the city-transport system of urban agglomeration through improved space syntax analysis. International Regional Science Review, 2022, 45(2): 161-187.
- [36] Chen Wei, Liu Weidong, Ke Wenqian, et al. The spatial structures and organization patterns of China's city networks based on the highway passenger flows. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(2): 224-241. [陈伟, 刘卫东, 柯文前, 等. 基于公路客流的中国城市网络结构与空间组织模式. 地理学报, 2017, 72(2): 224-241.]
- [37] Zheng Wensheng, Xiong Yajun, Wang Xiaofang. Evolutionary characteristics of railway flow network urban agglomerations in the middle reaches of Yangtze River: Based on game overlapping community model. Economic Geography, 2022, 42(11): 9-18. [郑文升, 熊亚骏, 王晓芳. 长江中游城市群铁路流网络演化特征: 基于博弈交叠社区模型的分析. 经济地理, 2022, 42(11): 9-18.]
- [38] Wu Xiaolan, Zhang Chengzhi. Multi-label propagation for overlapping community detection based on contribution degree. Journal of the China Society for Scientific and Technical Information, 2015, 34(9): 949-957. [吴小兰, 章成志. 基于贡献度的多标签传播重叠社区发现研究. 情报学报, 2015, 34(9): 949-957.]
- [39] Lancichinetti A, Fortunato S, Radicchi F. Benchmark graphs for testing community detection algorithms. Physical Review E, Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics, 2008, 78: 046110. DOI: 10.1103/PhysRevE.78.046110.
- [40] Xie J R, Kelley S, Szymanski B K. Overlapping community detection in networks: The state-of-the-art and comparative study. ACM Computing Surveys (csur), 2013, 45(4): 1-35. DOI: 10.1145/2501654.2501657.
- [41] Xie J, Szymanski B K, Liu X. Slpa: Uncovering overlapping communities in social networks via a speaker-listener interaction dynamic process//2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops. IEEE, 2011: 344-349.
- [42] Nicosia V, Mangioni G, Carchiolo V, et al. Extending the definition of modularity to directed graphs with overlapping communities. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2009, 2009(3): P03024. DOI: 10.1088/1742-5468/2009/03/P03024.
- [43] Newman M J. Modularity and community structure in networks. PNAS, 2006, 103(23): 8577-8582.
- [44] Hong Y, Yao Y. Hierarchical community detection and functional area identification with OSM roads and complex graph theory. International Journal of Geographical Information Science, 2019, 33(8): 1569-1587.
- [45] Chen Yu, Xu Jun. A distance-based method of community detection in complex networks. Journal of Geo-information Science, 2013, 15(3): 338-344. [陈娱, 许珺. 考虑地理距离的复杂网络社区挖掘算法. 地球信息科学学报, 2013, 15(3): 338-344.]
- [46] Xiong Ying, Xu Yadan, Sun Weijun, et al. Comparison and optimization of the spatial structure benefits of urban agglomeration: A case study of Changsha- Zhuzhou- Xiangtan urban agglomeration and Dongting Lake urban agglomeration. Scientia Geographica Sinica, 2019, 39(10): 1561-1569. [熊鹰, 徐亚丹, 孙维筠, 等. 城市群空间结构效益评价与优化研究: 以长株潭城市群与环洞庭湖城市群为例. 地理科学, 2019, 39(10): 1561-1569.]

High-speed railway access pattern and spatial overlap characteristics of China's urban agglomerations

ZHENG Wensheng^{1,2,3}, XIONG Yajun¹, WANG Xiaofang^{1,2}, HUANG Jianwu¹

(1. College of Urban and Environmental Science, Central China Normal University, Wuhan 430079, China;

2. Wuhan Branch of China Tourism Academy, Wuhan 430079, China; 3. Hubei High Quality Development Institute, Central China Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: A well-developed transportation network can profoundly influence the spatial connection of cities and reshape the regional spatial pattern. This paper used 2021 high-speed railway passenger time data, and took the construction of "National 123 Travel Traffic Circle" proposed in the "Outline for the Construction of a Strong Transportation Country" as the starting point. It compares and analyzes the access patterns and differences of national urban agglomerations and central cities, and further uses the SLPA model to identify the community division and overlapping space of all high-speed railway connected cities in China, and explores regional development trend and the geographic characteristics of overlapping space. Some conclusions can be drawn as follows: (1) There were 15 urban agglomerations with 2-hour access to Chinese urban agglomerations, accounting for 79% of the total number of urban agglomerations, and the weighted average access time of cities showed a "circle-type" spatial pattern of expanding from the central area to the peripheral areas from low to high. (2) Most of the 3-hour access contour coverage areas of central cities are beyond urban agglomerations, showing the spatial characteristics of "cross-urban agglomerations". (3) The overlapping community discovery algorithm divides China's urban space into 14 communities, and there are only 3 communities west of the Hu Line. (4) The overlapping space was identified for the divided communities, in which 9 communities overlapping a total of 27 cities were generated. (5) In terms of spatial morphology, the overlapping cities were distributed in a point or belt pattern; in terms of spatial location, the overlapping cities are mostly located around the regional central city, and in terms of administrative divisions, they were mostly in the inter-provincial junction zone; in terms of urban function, the overlapping cities rely on the high-speed railway circulation channel, and through the transition and conversion function, they were manifested as a network connection bridge between communities. From the perspective of high-speed railway transportation, the regional spatial pattern showed cross-urban agglomeration linkage and group development, and the networked, interactive, and cross-scale role of overlapping spaces was highlighted. For the better development of the city and the region, for the characteristics of overlapping communities and overlapping spaces, communities can try to fill in the gaps and improve the inter-community capacity, while overlapping spaces can try to combine their own advantages to create more cross-regional connection possibilities.

Keyword: urban agglomeration; high-speed railway access patterns; overlapping community models; community division; overlapping spaces