引用格式:应申,侯景洋,周钰笛,等.基于唐宋文人足迹集聚性分析的中心文化城市变迁[J].地球信息科学学报,2020,22(5):945-953. [Ying S, Hou J Y, Zhou Y D, et al. Transitions of culture-center city in Tang and Song Dynasties based on the aggregation of literati's footprints [J]. Journal of Geo-information Science,2020,22(5):945-953.] **DOI:**10.12082/dqxxkx.2020.190692

基于唐宋文人足迹集聚性分析的中心文化城市变迁

应　申[1,3],侯景洋[1],周钰笛[1],窦小影[1],王兆鹏[2],邵大为[2]

1. 武汉大学资源与环境科学学院,武汉 430079; 2. 中南民族大学文学与新闻传播学院,武汉 430074;
3. 地理信息系统教育部重点实验室,武汉 430079

Transitions of Culture-center City in Tang and Song Dynasties based on the Aggregation of Literati's Footprints

YING Shen[1,3*], HOU Jingyang[1], ZHOU Yudi[1], DOU Xiaoying[1], WANG Zhaopeng[2], SHAO Dawei[2]

1. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. School of Literature, Journalismand Communication, South-central University forNationalities, Wuhan 430074, China; 3. Key Laboratory for Geographical Information Systems, Ministry of Education, Wuhan 430079, China

Abstract: Chinese historical culture has always been a hot topic in Chinese literature research. Most researches are based on the literary works themselves or individual litterateur' characteristics, which are lack of the support of big data about ancient litterateurs' behaviors. The historical development is created by the groups of the individuals, and ancient literati's behaviors potentially influenced and determined the distributions and transitions of ancient culture in the field of cultural geography. This paper proposed a method of big data analysis based on literati's locations and aggregations of literati movements, and demonstrated the changes of the cultural-center cities in Chinese history based on the literati's footprint data in the Tang and Song Dynasties. The opinions about three transitions of Chinese historical cultural center in cultural geography are basically built on qualitative analysis and on the inference of three historical battles, which is short of valid ancient cultural data to validate. This paper tried to examine and demonstrate the opinions based on data science, information science, and GIS analysis techniques. Records about 110 000 footprint data of more than 300 important literati in the Tang and Song Dynasties were collected from the relatedcultural works and literatures, and the paper used location-linked technology in GIS field to form trajectories, and constructed the literati migration network map. The spatialized PageRank algorithm was adopted to calculate the Chinese cities' cultural attractions and their ranks, which visualized the literati aggregation center in different eras and plotted the cultural-center cities of the Tang and Song Dynasties using heat maps. At the same time, quantitative descriptions of the cities' cultural attractions and geographic distributions and changes of different cities in Tang and Song Dynasties were illustrated by maps and tables in this paper. To demonstrate the transition of Chinese historical culture center, the paper summarized the cities' cultural attractions in the Tang and Song Dynasties by the interval of 20 years, and reshaped the change curve to visualize the comparisons and changes of culture weights about south and north in historical china over

收稿日期:2019-11-15;**修回日期:**2020-02-20.

基金项目:"十三五"国家重点研发计划项目(2017YFB0503500)。[**Foundation item:** National Key Research and Development Foundation of China, No.2017YFB0503500.]

作者简介:应　申(1979—),男,安徽界首人,教授,主要从事地图学、3DGIS与三维地籍、位置数据聚合与关联分析等的研究。E-mail: shy@whu.edu.cn

time. Then, this paper scientifically demonstrated the two latter times of the three cultural movements of the Chinese cultural center from the perspective of data science by quantitative analysis and graphic visualization. It was found that the southward movement of the Chinese cultural center was completed as early as the NanSong Dynasty. This paper also analyzed the formation of the cultural-central city and analyzed the possible factors of the cultural-center southward movement with the historical contexts.

Key words: Cultural geography; Tang and Song Dynasties; Literati's footprints; cultural-center city; location-based association; aggregation; Page Rank Algorithm; Data Science

***Corresponding author:** YING Shen, E-mail: shy@whu.edu.cn

摘要：中国历史文化研究一直是中国文学研究的热点，大量的研究都是基于文学作品本身或文人个体特征进行，缺乏大数据的支持；历史的发展是大量个体共同驱动的结果，文化地理中众多文人的行为潜在影响着古代文化分布和变迁。本文提出基于文人群体运动行为的位置关联和聚合的大数据分析方法，根据唐宋时期文人的移动足迹数据来论证中国历史上的文化中心城市的变迁。文化地理领域中的3次文化中心转移的观点，是基于3次历史事件驱动的定性推理分析，缺乏有效的古代文化方面的数据支撑。本文力图从数据科学、信息科学和GIS分析角度来审视这一结论。从人文领域已经出版的学术研究著作中采集唐宋时期具有代表性作家的11万条足迹数据，利用GIS的位置关联技术形成足迹图，构建了文人迁徙网络图；并采用空间化的PageRank算法计算出唐宋时期各城市的文化吸引力，直观地呈现出了不同时期文人聚集的中心城市，重塑唐宋文化中心变迁。同时，从定量、地理位置变化和时序角度剖析了中国不同时期城市的文化吸引力的分布和变化。为论证中国文化中心的南北变迁，对唐宋时期的城市文化吸引力聚合，以20年间隔来科学计算出南北文化中心的对比和演变，科学表现文化中心的南北随时间的变化，论证了中国文化中心3次南移的后2次，发现中国文化中心南移的时间早在北宋时期就已完成。

关键词：文化地理；唐宋时期；文人足迹；文化中心城市；位置关联；聚集性；PageRank算法；数据科学

1 引言

中国的文化地理知识受悠久的历史、广阔的地理环境和独特的政治历史背景的影响[1]，文化地理学一直受到关注，运用GIS技术能方便有效地对历史、文化方向的地理空间数据实现管理分析[2]。中国的古代文人经常会通过其诗词等文学作品中的空间位置情况来表现自己对于美的喜爱特征与判断能力，同时他们的创作追求与人生抱负也会通过文学作品的地理位置进行表达[3]。已有的对文人、文学作品的研究单独在时间、空间方面的分析较多，同时从时空维度研究较少；忽视了文人们群体的移动迁徙情况、空间聚集情况等；而这些方面的研究恰恰对于深入理解文人、分析文学作品和社会文化有更重要的意义[4]，利用GIS的位置关联和聚合技术研究文化地理是一个新的视角。

群体与个人在不同的地理空间区域中的交互行为活动能体现人与地理空间的关系。对人类群体和个体的移动足迹活动特点是众多学科的关注重点，包括流行病学、社会学、交通规划学、地理科学等[5]。通过长时间的跟踪某个人的移动足迹，能够研究总结这个人在空间中的运动移动特点[6]。利用GIS的空间分析能力，对人类个体的移动行为数据建立个体模型，并在此基础上对个体与群体之间的特征联系起来，找出其中的共性，大数据分析能够进一步分析人类的行为模式、运动规律、以及不同个体间的相似性与背后所暗藏的意义。

现有的历史文化变迁研究大都是基于推理的定性分析，但是也需要利用定量的分析来论证定性分析的正确并发掘一些统计学规律[7]。目前，国内只有少数研究使用定量分析方法研究文人及其作品的空间分布与变化特点，如利用文人的地域分布探索陕西地区的文风分化规律和地域差异[8]、探索古诗词的空间模式和文学作品中的描述地[9]、对李白诗词的创作地点和诗中描述地点进行空间分析，展现出李白的创作空间和诗词文本空间分布格局[10]、对宋词进行量化处理分析宋代词人的情感特征在时空上的变化，并挖掘其变化的成因[11]。计量分析和统计缺少地理空间的分析模型，只能辅助与补充历史文化，而无法成为主流的研究文学、历史地理学的方法，这就说明必须要使用空间分析的理论与方法[12]。

中国文化地理学的文化中心南移理论指出，东晋的永嘉之乱、唐朝时的安史之乱和宋代的靖康之乱是3次文化中心南移的关键点[13-14]，这是基于历史

事件驱动的定性推断方式。文化中心的转移，是一种非常复杂的文化运动方向[13-14]，其评估角度可以从多个方面进行，本文力图从大数据、信息科学和GIS分析角度来审视这一结论，通过历史文人的足迹大数据分析，从科学数据角度证明城市文化中心的变迁。唐宋文人的时空轨迹与行为能够反映出随朝代更迭的分布演变规律。通过文人群体在城市间的流动交互量能表现出不同时期城市之间的互相联系强度，而对文人的移动集聚性进行分析研究能够计算出文人的集聚中心，从而找到对文人而言吸引力最大的地方。同时，朝代更迭交替，每个城市的集聚性也发生着变化。通过对各个时期的文人轨迹重现，能够展示各个文化中心的转移与变迁。

2　唐宋文人足迹的数据与分析方法

2.1　数据采集

本文研究对象是中国的唐、五代和宋3个时期（618—1279年）的重要文人足迹。文人足迹数据由汉语言文学专业的研究生以上水平的师生，按照预设的足迹描述结构（如后）逐条采录。数据来源包括《全唐诗》[15]、《全唐诗补编》[16]、《中国文学家大辞典·唐五代卷》[17]、《中国文学家大辞典·宋代卷》[18]、、《两宋词人丛考》[19]和《全宋诗》[20]等古籍，以及人文领域业已出版的作家年谱、年表、作品编年笺注类著作或论文，部分大家、名家不止一谱或独笺，则由采录人员对比选择后酌情采之，并对年谱年表中缺失的地名信息做出适当补充考证。最后整理出唐宋时期重要的具有代表性的文人一生活动信息、轨迹信息、作品信息、社交信息以及写作过程等信息，构建基本的唐宋文人足迹和作品数据记录。

对整理的文人轨迹活动数据，利用中国古今地名对照表[21]，找出数据中对应时间段古代地名所对应的现代行政单位以便用于空间定位。文人活动与足迹数据处理中，考虑到时间和地点的一致性，采用以“年”为时间分辨率和以“县/市”为空间分辨率，通过地理位置数据的关联构建人、写作行为、时间、地点的复合结构来描述基本数据，如：


```
{
"作家": "李白",
"朝代" : "唐",
"年份" : 718,
"年岁" : 17,
"活动分期" : "少年时期",
"起始点" : "江油市",
"起点经度" : 104.92,
"起点纬度" : 31.95,
"地点名胜" : "",
"目的地省" : "四川",
"目的地市县" : "平武县",
"目的地经度" : 104.39,
"目的地纬度" : 32.44,
"任职官名" : "",
"活动内容或创作缘起" : "往来旁郡，游江油，有诗赠友人",
"交游者姓名" : ""
}
```


每条文人足迹数据都从历史时刻上描述某个文人从一个城市到另一个城市的行为，以及相应的文学创作和关联的亲朋好友。经过位置关联构建的唐宋文人的位置关联数据110 623条，其中文人、时间、地点均可确定的记录为94 295条，包括328位唐宋文人，涉足市县900余个，从中提取出文人的足迹数据11 470条。

2.2　文人聚集的城市PageRank空间化计算

PageRank（PR）最初是一个网页排序和衡量网站重要性的方法，该算法在网络节点定量计算和排序上应用突出，如衡量街区的连通性[22]。GIS空间分析可有效地支持空间网络分析，对网络比较关注各个边上所代表的属性信息，例如城市之间的经济活动、不同城市的人与人之间的人际关系[23]。人口流动的空间网络模型与PR算法所针对的网页链接模型存在有共性同时又有细节上的差别。可以把地理空间中从一个城市指向另一个城市的流量类比成网页间的超链接模式，就可利用PR算法分析不同的城市之间的人口流动与集聚特性，把文人在不同城市之间移动看作对城市的“投票”。通过计算各个城市的分数大小，分析各个城市在所有城市中对文人吸引力的强弱。地理空间环境下的城市网络模型要比网页链接模型更加复杂，需要弥补PR算法中不具备空间分析能力，才能将PR算法运用到地理空间下的网络模型进行分析[24-27]。本文引入文人移动流量和城市距离融入到PR算法中：① 文人流量。城市网络模型中2个城市的文人流动具有量的大小，即从A城市到B城市有多少文人进行了空间迁移。原始PR算法中根据出链来均分上一次计算的PR值。在该模型则根据流出节点的文人数量按比例配给相应的PR值。② 城市距离。城市网络空间中距离直接构成对于流动最主要的

成本和阻力，这也符合古代交通的特征。为了便于计算分析，直接将2个城市的距离作为权重因子加入算法。利用文人流量与城市距离进行空间化之后的PR算法公式为：

$$PR(i)=\frac{1-\sigma}{n}+\sigma\sum_{j=1}^{n}PR(j)\times Flow(j-i)\times D(j-i)^{k} \tag{1}$$

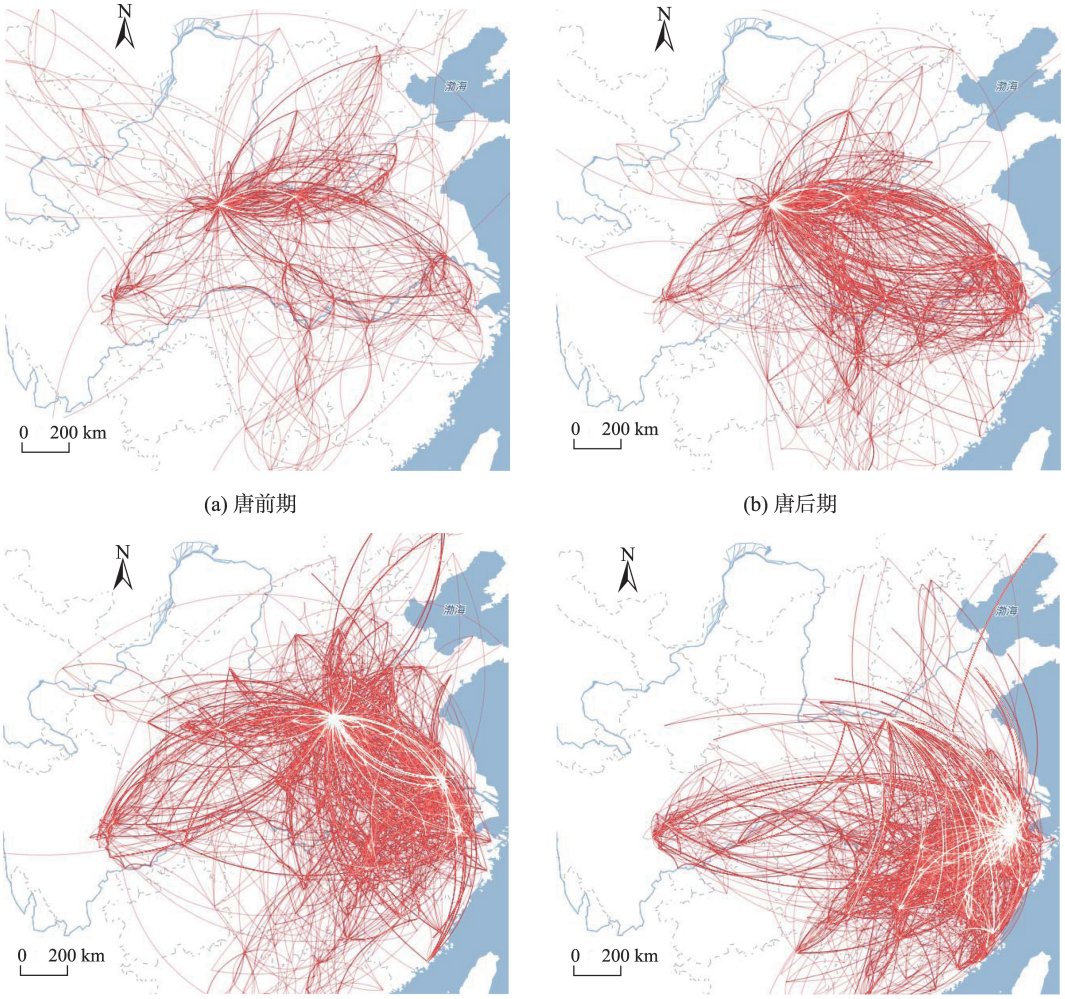
式中：$PR(i)$为城市i的PR值；$PR(j)$为城市j的PR值；$Flow(j\text{-}i)$为城市j向城市i的文人流量比例；$D(j\text{-}i)$为城市i与城市j的空间距离；k是空间距离的影响参数；σ为阻尼系数，指在某时刻文人到达某城市后并继续向其他城市移动的概率；n为城市总数量。

根据式(1)可知：城市i被其他城市指向的数量越多，指向i城市的城市影响力越大，并且i城市的文人流量越大；文人流动的出发城市j与目的城市i的距离越远时，认为该城市对文人的吸引力越大。每个城市PR值的确定是一个逐步迭代的过程，经过不断的重复计算，每个城市的PR值都会趋于正常和稳定，其收敛性可经过数学证明。

3 基于唐宋文人足迹聚集性的城市文化中心

3.1 唐宋时期城市对文人的吸引力

将唐宋期间具有代表性的328位文人移动足迹按照朝代的更迭变化，划分618—770年、771—907年、960—1127年、1128—1279年为4组数据(908—959年为五代时期，数据较少，未做分析)，唐朝以安史之乱为节点划为唐前期、唐后期，宋朝分为南宋、北宋，各时期的文人轨迹图如图1所示。本文的研



(a) 唐前期 (b) 唐后期

(c) 北宋 (d) 南宋

注：地图底图来自百度地图开放平台服务。

图1 唐宋各时期328位文人移动轨迹

Fig. 1 Origin-destination diagrams of literati' movements in different periods

究时期为唐朝和宋朝，时间跨度较大，并且内部疆域与行政区划变化频繁，同时当代文学地理中关于三次文化中心转移是基于目前中国范围作为参考进行描述的，这样可以避免古今行政区划的差异造成的地理区域偏差。因此本文基于当前中国地图来绘制相关结果，保持与当前相关研究中地图的一致性。

通过文人轨迹的叠加图虽然可以直观地呈现唐宋不同时期各地区的文人活动量，该方式只能静态的展现唐宋文人的足迹和遍历的城市，虽然叠加文人足迹可以展现可能的城市关联关系，但是不具备定量的对比分析能力，并没有考虑城市之间的联系。本文利用空间化PR算法计算不同时期的城市PR值，不单单是按照“文人流量”来给城市赋予权值的，还引入不同城市在网络空间里地理位置的影响力，即不仅考虑到出发城市的数量，还考虑到出发城市的影响因素，包括出发城市吸引力、城市间距离和城市间流通人数，二者相结合获得了更科学的城市文化吸引力评价，可更好地评估随着朝代更迭不同城市文化吸引力的大小变化。表1给出基于文人足迹聚集的城市吸引力排名和量化值，图2给出了各时期城市吸引力的图式化对比。

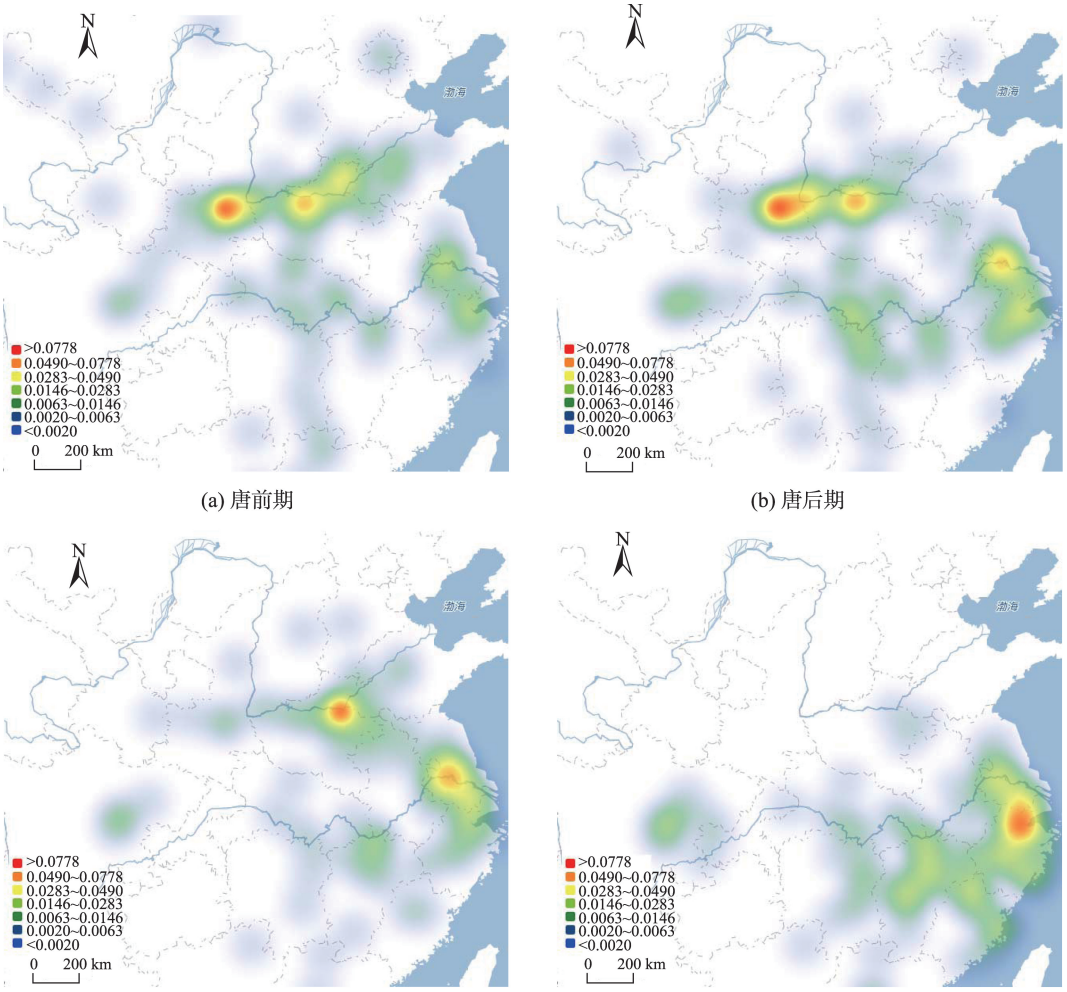
从图2不同城市文化吸引力热力图对比和表1的定量化描述，可知在唐朝前期，西安与洛阳依靠政治因素成为文人集聚性最高的城市，二者的吸引力为0.1381。从唐国公李渊在群雄并起的隋末起兵称帝，到唐太宗开创“贞观之治”，以及唐玄宗励精图治，开创了万邦来朝的开元盛世。唐朝辉煌强大的帝国统治力激励了文人们的政治情怀，西安与洛阳瞬间成为了文人墨客的梦想之地，到天子脚下实现政治抱负与人生价值。唐前期在西北边塞有一个小的聚集中心吉木萨尔，这是其他几个时期所不存在的现象，高适、岑参、李颀、王昌龄、王之涣、王翰等杰出的边塞文人都活跃于该时期。由图2(a)可知，中国该时期城市吸引力明显处于北强南弱的态势。

唐朝后期，虽然安史之乱的发生对当时的政局造成了一定的动荡，却无法撼动西安洛阳政治、经济文化中心的霸主地位，他们的吸引力依然高达

表1　唐宋4个时期文人吸引力前二十的城市排名和PR值

Tab. 1　Attraction ranks and values of the top-twenty cities in Tang and Song Dynasties

唐朝前期		唐朝后期		北宋时期		南宋时期	
城市	*PR*值	城市	*PR*值	城市	*PR*值	城市	*PR*值
西安市	0.0959	西安市	0.1036	开封市	0.1172	杭州市	0.0779
洛阳市	0.0422	洛阳市	0.0363	洛阳市	0.0130	南京市	0.0145
襄阳市	0.0135	扬州市	0.0165	杭州市	0.0122	福州市	0.0142
扬州市	0.0103	镇江市	0.0120	扬州市	0.0117	吉安市	0.0135
登封市	0.0091	开封市	0.0114	商丘市	0.0110	苏州市	0.0119
南京市	0.0081	杭州市	0.0108	西安市	0.0093	绍兴市	0.0114
开封市	0.0078	苏州市	0.0107	镇江市	0.0087	长沙市	0.0109
九江市	0.0076	九江市	0.0097	苏州市	0.0087	南昌市	0.0097
吉木萨尔县	0.0072	南京市	0.0095	南京市	0.0083	九江市	0.0088
华阴市	0.0069	宜春市	0.0087	九江市	0.0073	成都市	0.0086
成都市	0.0067	成都市	0.0087	成都市	0.0071	温州市	0.0070
绍兴市	0.0066	岳阳市	0.0076	长沙市	0.0063	衢州市	0.0068
武汉市	0.0065	襄阳市	0.0075	大名县	0.0062	扬州市	0.0066
商丘市	0.0064	武汉市	0.0071	许昌市	0.0059	湖州市	0.0066
镇江市	0.0061	永济市	0.0070	常州市	0.0055	武夷山市	0.0064
苏州市	0.0061	荆州市	0.0068	湖州市	0.0054	开封市	0.0060
岳阳市	0.0061	绍兴市	0.0067	徐州市	0.0053	镇江市	0.0060
济宁市	0.0059	长沙市	0.0066	盱眙县	0.0050	荆州市	0.0058
灵宝市	0.0057	华阴市	0.0064	南昌市	0.0050	莆田市	0.0053
武威市	0.0055	衡阳市	0.0058	淮安市	0.0047	建瓯市	0.0052



(a) 唐前期

(b) 唐后期

(c) 北宋

(d) 南宋

注:地图底图来自百度地图开放平台服务。

图2 各时期城市文化吸引力热力分布

Fig. 2 Attraction heat maps of cities in different periods

0.1399。“学而优则仕”,中国古代读书人向来是以治国平天下为己任的,西安与洛阳的文化吸引力造就文人的向往和聚集。但是同时这段时间中,大量南方城市例如扬州、镇江、杭州、苏州等文化氛围兴起,如扬州,《旧唐书》[28]曾称“广陵(今扬州)大镇,富甲天下”,《新唐书》[29]则称“扬州雄富冠天下”。大运河的开通使扬州处于南北大运河与长江的交汇点,凭借着得天独厚的地理位置与自然条件,使其一举成为唐代后期最繁荣的商业城市,对文人们而言不仅有着春风十里的烟花美景,更是繁华富庶的从政的好地方,不少文人们都选择扬州作为实施政治梦想的地方,正所谓“十年一觉扬州梦”,扬州逐渐成为了最吸引文人墨客的地方之一。由图2(b)的图示效果就可判断南方总体吸引力已和北方持平。

历史风云变化莫测,西安、洛阳自宋朝一落千丈,退去了都城的光环,开封成为新帝都,其文化中心地位占据绝对的领先地位,其吸引力为0.117,比唐朝时期西安对文人的吸引力还要大,从《清明上河图》和《东京梦华录》中的城市繁荣程度就可见一斑。著名史学家陈寅恪说:“华夏民族之文化,历数千载之演进,造极于赵宋之世”[30],开封是当时著名的文化、经济、艺术、政治中心,其繁荣程度,后世难以企及。北宋时对外交易开展,杭州经济繁荣,是全国四大商港,交通便利,再加上秀美的景色,文人们自然是纷至沓来。由图2(c)可知,开封文化吸引力强势聚集,但是南方组团活跃,南方文化吸引力总体上不弱于北方。

由图2(d)可知，南宋时期城市吸引力的核心已经完全移到江南，且文化中心城市已连为一体，多核心趋势愈加明显，吸引力大于0.01的城市有7个，并且城市间的差异也不断缩小。南宋的疆域由于北方蛮族南侵，北界大大南移到了秦岭淮河一线，所以文人们的活动范围也以南方为主。政治地位的改变，促使城市的吸引力的升高。随着南宋定都杭州，杭州依靠着文化、经济、政治、地理位置、交通、自然环境成为当时当之无愧的最具吸引力城市，而当时南京由江宁府改为建康府，成为“东都”，成为文人聚集城市的前两名。

3.2 基于文人足迹论证中国文化中心南移

根据不同时期的文人轨迹计算出来文人集聚性分析，能够反映唐宋文化中心的分布与变迁。从数据可视化效果来看，唐宋文人集聚的中心的整体格局是：唐代文人的集聚中心在北方，北宋开始向南方变迁，为了探究具体南移的细节，本文将中国以秦岭淮河为界将省份分为南方和北方，然后将所有文人足迹按照20年分辨率进行归类，计算每个时期各个城市文化吸引力的*PR*值，统计南北方城市的*PR*值总和，以北方*PR*值减去南方*PR*值的差量绘制成定量的南北吸引力变化曲线(图3)(618—658年和五代十国的数据量不足，本文不作分析)。从南北吸引力变化曲线，可清晰发现：唐朝初期基本上北方城市文人吸引力大于南方，在开元盛世(713—741年)北方与南方吸引力差值达到峰值0.43；而紧随其后的安史之乱(755—763年)，战争与动乱直接导致北方的吸引力跌到一个低谷，北方吸引力要低于南方0.29；但是不同于以往的认知，北方并未因此次动乱而一蹶不振，战乱平息之后一段时期里，吸引力迅速恢复到北方稍微强于南方的状态；直到唐朝晚期(836—907年)，北方吸引力才开始逐渐下降并低于南方吸引力，这一时期北方吸引力约低于南方0.2。

北宋初期到北宋中期(960—1058年)整体上处于南方城市吸引力强于北方，但是由于新的统一王朝的建立并定都于开封，所以该时期北方文人吸引力有所回升，北方吸引力约低于南方0.1，南北的吸引力差异并不明显；北宋中后期(1058—1127年)，北方吸引力一直匀速下降，南方持续增强，到1127年北宋灭亡时，南北吸引力差值已经高达0.6；到南宋时期，南方处于绝对的中心，南北吸引力差值稳定在0.66。

在五代十国以前，北方的中原地区基本上是我国文化的中心。到五代十国、北宋前期，中国文化出现了南北对峙的局面，并南方逐渐增强。至南宋时，中国的文化中心移到了南方[31]。唐宋时期文化中心的南移，始于晚唐五代，完成于北宋，而不是如前人所认为的始于安史之乱、成于靖康之乱[32]。

通过唐宋文人足迹大数据分析，从文人吸引力的角度可以有力地来评估文化中心南移的进程。文人吸引力的南移始于晚唐五代，北宋初期处于稳定状态，发展于北宋后期，彻底完成于北宋末、南宋初。安史之乱对于文人吸引力南移的影响是暂时性的，战乱时北方吸引力急剧下降，但是战乱之后南北文人吸引力又恢复到了北方强于南方的状态。而到靖康之乱时，文人吸引力南移已经完成，南北文人吸引力的格局已经基本稳定。

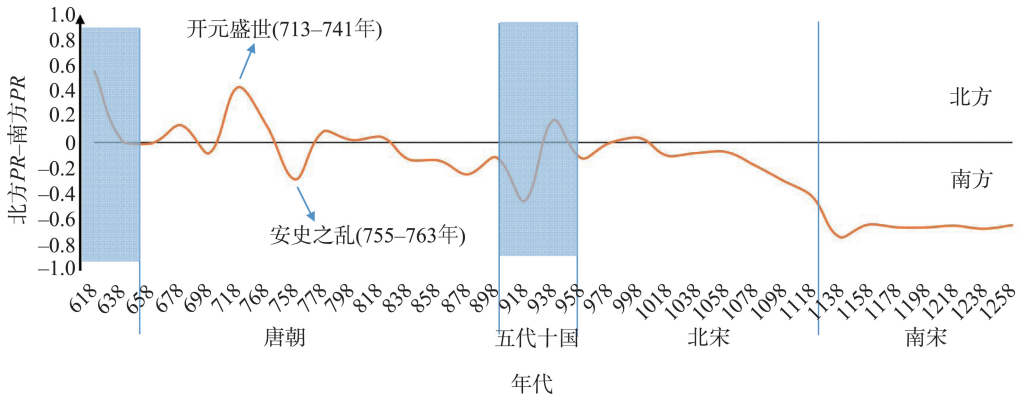


图3　唐宋时期南北方文化吸引力变化曲线

Fig. 3　The changing curve of the cultural attraction of the South and the North during the Tang and Song Dynasties

4 结论

城市文化中心的变迁是大量个体文人共同驱动的时空变换，本文将GIS的位置数据关联和分析技术应用到人文领域分析中，利用唐宋文人的足迹大数据，科学定量重塑唐宋时期文化中心的分布格局与变迁过程，主要得出以下结论：

（1）在唐朝前期文人聚集中心为西安和洛阳，北方整体吸引力大于南方；唐朝后期，依旧是西安和洛阳两中心，但是环太湖流域的文人聚集性逐渐初现，整体上南北文化吸引力均衡；北宋时期，开封占据了绝对的领先地位成为文化中心，同时环太湖流域和长江流域整体的文人聚集性迅速增强，南方吸引力已经大于北方；南宋由于社会和疆域变化，江苏南部的城市群、江西的城市群、浙江的城市群文化吸引力上升并占据主导，同时福州和成都的文人聚集性也得到了极大的发展。

（2）城市文化吸引力的南移过程：通过20年时间粒度的演变进行统计，曲线展现唐朝初期城市文化吸引力北方强于南方，开元盛世唐王朝达到鼎盛，北方文人吸引力也达到了顶峰0.71；随后安史之乱，北方吸引力跌到极小值0.36，战乱结束恢复到北方略强于南方的稳定状态，直到唐朝晚期，文人吸引力开始南移，由北方强于南方转入北方弱于南方；北宋初期处于稳定状态，南方吸引力强于北方吸引力0.1左右，到北宋后期，文人吸引力南移进一步巩固，南移过程彻底完成于北宋末、南宋初；南宋时期文人吸引力已经南移完成，南北吸引力差值稳定在0.66。

本文基于数据科学思维，利用文人足迹大数据，从定量、地理位置变化和时序角度分析文化聚集中心的指数及其变化，并基于“南北”的划分，以20年间隔来科学计算出唐宋时期南北文化中心的对比和演变，验证城市文化中心的南北随时间的变化，为文化地理中的理论提供有力支撑和证明。空间化PR算法可扩展应用到历史地理学研究中空间网络流动等问题分析（如人物关系网、城市网等），定量计算和描述其空间特征并进行知识挖掘。

参考文献(References)：

[1] 梅新林.文学地理学的学科建构[J].华中师范大学学报(人文社会科学版),2012,51(4):92-98. [Mei X L. Discipline construction of culture geography[J]. Journal of Huazhong Normal University (Humanities and Social Sciences), 2012,51(4):92-98.]

[2] 李凡,朱竑.GIS在历史及文化地理学研究中的应用——国外研究进展综述[J].人文地理,2009,24(1):41-47. [Li F, Zhu H. The application of GIS to the study on historical and cultural geography[J]. Human Geography, 2009, 24(1):41-47.]

[3] 邹建军,刘遥.文学地理学研究的主要领域[J].世界文学评论,2009(1):41-46. [Zhou J J, Liu Y. Main research fields in Cultural geography[J]. The World Literature Criticism, 2009(1):41-46.]

[4] 杨义.人文社会科学的归属、价值和责任[N].人民日报,2009-11-13(007). [Yang Y. Belonging, value and responsibility in Humanities and Social Sciences[N]. Renmin Ribao, 2009-11-13(007).]

[5] 刘瑜,康朝贵,王法辉.大数据驱动的人类移动模式和模型研究[J].武汉大学学报·信息科学版,2014,39(6):660-666. [Liu Y, Kang C G, Wang F H. Towards big data-driven human mobility patterns and models[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(6):660-666.]

[6] 贾若然,刘曙光,孙启龙.基于位置轨迹数据的用户相似性分析[J].计算机与数字工程,2016,44(8):1523-1527. [Jia R R, Liu S G, Sun Q L. User similarity analysis based on location trajectory data[J]. Computer & Digital Engineering, 2016,44(8):1523-1527.]

[7] Schich M, Song C, Ahn Y Y, et al. A network framework of cultural history[J]. Science, 2014,345(6196):558-562.

[8] 梁璐.陕西文学地理分异研究[J].地理科学,2008,28(1):100-106. [Liang L. Geographical probe into Shaanxi literature[J]. Scientia Geographic Sinica, 2008,28(1):100-106.]

[9] 李文娟.基于GIS及空间统计方法的诗词文学空间模式研究[D].石家庄:河北师范大学,2015. [Li W J. A study on poetry literatures spatial patters based on GIS and spatial statistical methods: A case of Li Bai and Du Fu's poetry[M]. Shijiazhuang: Heibei Normal University, 2015.]

[10] 张建立,李仁杰,傅学庆等.古诗词文本的空间信息解析与可视化分析[J].地球信息科学学报,2014,16(6):890-897. [Zhang J L, Li R J, Fu X Q, et al. Spatial information analysis and visualization analysis of the ancient poetry[J]. Journal of Geo-information Science, 2014,16(6):890-897.]

[11] 陈曦东,毛凌潇,陈丙寅,等.宋词中情感的时空特征分析[J].地理科学进展,2017,36(9):1140-1148. [Chen X D, Mao L X, Chen B Y, et al. Temporal and spatial characteristics of emotion in Song Ci poetry[J]. Progress in Geography, 2017,36(9):1140-1148.]

[12] 尚永亮.数据库、计量分析与古代文学研究的现代化进程[J].文学评论,2007(6):187-190. [Shang Y L. Modern progresses between database, quantitative analysis and ancient literary research[J]. Literary Review, 2007(6):187-190.]

[13] 陈正祥.中国文化地理[M].北京:生活、读书、新知三联出版社,1983:1-5. [Chen Z X. Chinese cultural geography [M]. Beijing: SDX Joint Publishing Company, 1983:1-5.]

[14] 王会昌.中国文化地理[M].武汉:华中师范大学出版,1992:105-122. [Wang H C. Chinese cultural geography [M]. Wuhan: Central China Normal University Press, 1992:105-122.]

[15] (清)彭定求等.全唐诗[M].北京:中华书局,1960. [Peng D Q, et al. Tang poems[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1960.]

[16] 陈尚君.全唐诗补编[M].北京:中华书局,1992. [Chen S J. Tang poems with complements[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1992.]

[17] 周祖撰.中国文学家大辞典·唐五代卷[M].北京:中华书局,1992. [Zhou Z Z. The dictionary of Chinese litterateurs: Tang and Wudai Dynasties[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1992.]

[18] 曾枣庄.中国文学家大辞典·宋代卷[M].北京:中华书局,2004. [Zeng Z Z. he dictionary of Chinese litterateurs: Song Dynasty[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 2004.]

[19] 王兆鹏.两宋词人丛考[M].南京:凤凰出版社,2007. [Wang Z P. Studies of Ci poets in Beisong and Nansong Dynasties[M]. Nanjing: Phoenix Publishing & Media Group, 2007.]

[20] 北大古文献研究所.全宋诗[M].北京:中华书局,1998. [Institute of Ancient Chinese Classics &Archives(Peking University). Song Potms[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1998.]

[21] 薛国屏.中国古今地名对照表(第2版)(精)[M].上海:辞书出版社,2014. [Xue G P. Zhongguogujin diming duizhaobiao(edition 2) [M]. Shanghai: Shanghai Lexicographic Publishing House, 2014.]

[22] Wen T H, Chin W C B, Lai P C. Understanding the topological characteristics and flow complexity of urban traffic congestion[J]. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2017,473(1):166-177.

[23] Camagni R, Salone C. Network urban structures in northern Italy: elements for a theoretical framework[J]. Urban Studies, 1993,30(6):1053-1064.

[24] 钟斌青,刘湘南.基于空间化PageRank算法的人口流动空间集聚性分析[J].地理与地理信息科学,2011,27(5):82-86. [Zhong B Q, Liu X N. A spatialized pagerank algorithm for migration spatial agglomeration analysis[J]. Geography and Geo-Informaion Science, 2011,27(5):82-86.]

[25] Chin W C B, Wen T H. Geographically modified pagerank algorithms: Identifying the spatial concentration of human movement in a geospatial network[J]. PLoS ONE, 2015,10(10):e0139509.

[26] Xing W, Ghorbani A A. Weighted pagerank algorithm[A]// In 2nd Annual Conference on Communication Networks and Services Research (CNSR 2004)[C]. Fredericton, N. B. Canada, IEEE, 2004:305-314.

[27] 马超,孙群,陈换新,等.加权网页排序算法在道路网自动选取中的应用[J].武汉大学学报·信息科学版,2018,43(8):1159-1165. [Ma C, Sun Q, Chen H X, et al. Application of weighted pagerank algorithm in road network auto- selection[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2018,43(8):1159-1165.]

[28] 刘昫等.旧唐书(校点本)[M].北京:中华书局.1975. [Liu X, et al. Book of Tang Dynasty(old version)[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1975.]

[29] 欧阳修,宋祁.新唐书(简体横排本)[M].北京:中华书局,2000. [Ouyang X, Song Q. Book of Tang Dynasty(new version)[M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 2000.]

[30] 陈寅恪.邓广铭〈宋史职官志考正〉序[A],金明馆丛书(第2编)[C].上海:上海古籍出版社,1980:245. [Chen Y K. Preface of “Textual Criticism of Official Records in Song Dynasty” [A], Jinmingguan Series(2nd edition) [C]. Shanghai: Shanghai Ancient Books Publishing House, 1980:245.]

[31] 倪士毅,徐吉军.论中国文化重心南移的原因[J].杭州大学学报(哲学社会科学版),1989(2):127-133,126. [Ni S Y, Xu J J. Reason analysis of southward transition of Chinese cultural center[J]. Journal of Hangzhou University, 1989(2):127-133,126.]

[32] 王兆鹏.唐宋诗歌版图的空间分布与位移[J].中国人民大学学报,2016,30(6):2-9. [Wang Z P. Spatial distribution and displacement of Tang and Song poetry map[J]. Journal of Renmin University of China, 2016,30(6):2-9.]