

中国大运河沿线城市扩张时空差异研究

施利锋, 黄贤金*

(南京大学地理与海洋科学学院, 南京210023)

摘要:自20世纪80年代以来, 中国大运河沿线城市建成区规模、空间扩张模式以及空间分布特征都发生了显著变化。虽然当前不缺乏大运河重要河段以及沿线典型城市的研究, 但对于大运河沿线城市整体扩张的研究较为少见。论文结合统计数据与遥感数据分析了1984—2016年中国大运河沿线城市建成区扩张速度特征、空间特征以及区域差异。结果显示: ①中国大运河沿线城市建成区扩张速度特征可被归纳为4类, 不同类别之间差异显著; ②基于遥感影像提取的运河沿线城市建成区面积通常为相同城市对应年份的统计年鉴中建成区面积的1~2倍; ③运河沿线城市建成区空间分布整体趋于离散、破碎, 江浙地区运河沿线城市的建成区空间分布最离散、破碎, 且离散度增长最剧烈。

关键词:城市扩张; 离散度指数; 空间特征; 区域差异; 中国大运河

在交通运输不发达的中国古代社会, 运河成为南北地区政治、经济和文化交流的重要工具, 也成了沿线城市的重要经济支柱(王英华等, 2015)。20世纪初以来, 随着南北铁路的全线通车, 运河的地位一落千丈, 沿线中段城市的发展也一度停滞不前(孙金浩, 2011)。进入80年代, 在中国快速城镇化的背景下, 运河两端京津冀城市群、长三角城市群不断崛起(黄贤金, 2017)。1988年京杭运河建成了与五大水系连通的水运网(程巍华, 2008); 2002年京杭运河被纳入了“南水北调”三线工程, 成为中国南水北调东线工程的重要环节和通道(贾兵强等, 2015); 山东、江苏和浙江也先后斥巨资清理河道、截污纳管、修复景观、征地拆违, 旨在开发运河的景观、生态和旅游功能(沈旭炜, 2017); 2014年通州、武清、香河3地水务部门签订战略合作协议, 京杭大运河通州—香河—武清段有望实现复航(温宗勇等, 2015); 经过8 a的申遗历程, 中国大运河于2014年

被世界遗产委员会列入世界遗产名录(任唤麟, 2017); 习近平总书记分别在2017年2月和6月, 先后2次做出了运河保护的重要批示, 标志着大运河文化带建设拉开了序幕(郑晋鸣, 2017)。

受运河文化建设为主导的国家和地方政策的驱动, 许多地区的大运河文化带建设已经形成了一定的基础和规模(吴欣, 2018)。运河工程的兴建也已经并将继续促进运河沿线交通运输、水利灌溉以及旅游文化产业的发展, 进而影响运河沿线城市的发展(周艳等, 2016)。然而在运河复兴之前, 运河沿线城市已经形成了东部快、中部慢, 两头快、中间慢的发展趋势, 且城市发展的区域差异在不断加剧(项宏建等, 2015)。例如, 京杭运河的起点城市杭州, 在1976—2013年间建成区面积扩张了265.93 km², 而相同时间内, 枣庄的建成区面积仅扩张了36.87 km², 扩张速度悬殊(张增祥等, 2014)。运河沿线城市扩张对土地利用的影响也存在显著的区域

收稿日期: 2018-06-13; 修订日期: 2019-02-11。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(17ZDA061); 江苏省水利科技项目(2018041)。[Foundation: Major Program of the National Social Science Foundation of China, No. 17ZDA061; Hydraulic and Technological Program of Jiangsu Province, No. 2018041.]

第一作者简介: 施利锋(1990—), 男, 江苏启东人, 博士后, 主要从事土地利用分类与城市扩展遥感监测研究。

E-mail: shilif@nju.edu.cn

*通信作者简介: 黄贤金(1968—), 男, 江苏扬中人, 教授, 博士生导师, 主要从事土地利用与规划、土地经济与政策、资源环境与可持续发展等方面研究。E-mail: hxj369@nju.edu.cn

引用格式: 施利锋, 黄贤金. 2019. 中国大运河沿线城市扩张时空差异研究 [J]. 地理科学进展, 38(8): 1206-1216. [Shi L F, Huang X J. 2019. Spatiotemporal differences of urban expansion along China's Grand Canal. Progress in Geography, 38(8): 1206-1216.]
DOI: 10.18306/dlkxjz.2019.08.009

差异,仍以杭州和枣庄为例,杭州新增的建成区面积一半来源于耕地,而枣庄新增的建成区面积超过80%来源于耕地(Liu et al, 2016)。

通过大运河文化带的建设带动运河沿线尤其是运河中段区域经济发展的认知不断形成共识(吴常艳等, 2017)。运河沿线建设用地的合理规划(吴晓等, 2014)、城市的合理空间分布(黄贤金等, 2016)和城镇格局的科学构建(陶潇男, 2015)受到了高度关注,出现了大量相关研究和规划。现有的研究或规划多以沿线重要城市或主要河段为主,研究对象多集中在杭州、扬州、苏州等城市(张京祥等, 2008; 张环宙等, 2011; 张祥娟等, 2011)以及浙江段、江苏段、山东段等河段(曹仁勇, 2007; 阮仪三等, 2007; 康新宇, 2010)。研究内容也偏重运河两岸滨水区旅游开发、滨水区景观格局以及运河沿线名胜古迹保护等专题性的研究(黄昊等, 2013; 杜祥, 2016; 丁旭, 2017)。目前对于中国大运河沿线整体城市扩张的研究并不多见,缺乏全面性和系统性。本文拟以中国大运河沿线城市为研究对象,结合统计数据与遥感数据,归纳城市扩张特征,对比城市扩张区域差异,并分析大运河文化带建设的意义及其对沿线城市扩张和空间格局可能产生的影响。当前大运河文化带建设已经上升到国家战略的层面,大运河沿线城市扩张时空特征与区域差异对运河旅游开发与推广、沿线城市规划调整、区域协同战略结合有着重要的参考价值。

1 研究区域、数据及方法

1.1 研究区域

中国大运河始建于春秋时期,距今已有超过2400 a的历史,跨越中国东部和中部地区6个省份和2个直辖市,包含隋唐大运河、京杭大运河和浙东运河3部分,连通海河、黄河、淮河、长江、钱塘江5大水系,是世界上开凿时间较早、规模最大、线路最长、延续时间最久的运河。大运河沿线城市的界定和数量存在一定出入,本文以“大运河保护与申遗城市联盟”的35个地级市为研究对象(吴欣, 2018),研究区域自北向南跨越北京、天津、河北、河南、山东、安徽、江苏和浙江2市6省,城市辖区总面积约30万km²,占全国国土总面积的3.13%。研究区域地貌以平原为主,地势整体较为平坦(图1)。2016年研究区域户籍人口为2.17亿人,占大陆地区总人

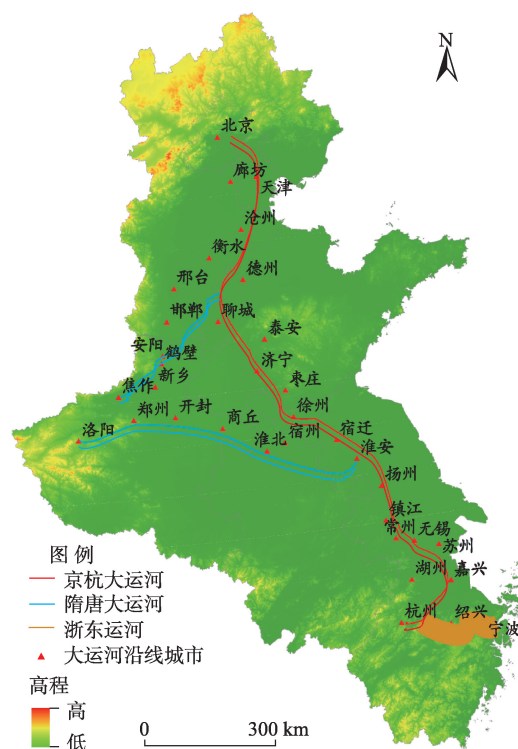


图1 中国大运河流域沿线城市空间分布

Fig.1 Spatial distribution of cities along the Grand Canal of China

口的15.72%;国内生产总值为17.79万亿元,占大陆地区国内生产总值的23.91%(国家统计局, 2017)。区域内城市发展差异较大,淮扬运河和江南运河整体位于富庶的江苏和浙江境内,沿线多为经济发展较快的城市,而卫河沿线所在的河南境内的城市经济发展相对较慢。

1.2 数据来源

城市建成区规模数据来自于《中国城市统计年鉴》。城市建成区是指行政区内实际已经成片开发建设、市政公用设施和公共设施基本具备的地区(国家统计局, 2017)。中华人民共和国建设部1998年的《中华人民共和国城市规划基本术语标准GB/T 50280—98》条文说明:城市建成区在单核心城市和一城多镇有不同的反映。在单核心城市,建成区是一个实际开发建设起来的集中连片的、市政公用设施和公共设施基本具备的地区,以及分散的若干个已经成片开发建设起来、市政公用设施和公共设施基本具备的地区。对一城多镇来说,建成区就由几个连片开发建设起来的、市政公用设施和公共设施基本具备的地区所组成。单核心城市的建成区比较完整,多核心城市则由相对分散的多个区域共同构成。城市建成区是中国统计部门用来反映一

个城市的城市化区域大小的指标。本文收集了35个城市1984—2016年间每年的建成区面积,基于此分析35个城市的建成区扩张速度与区域差异。所有建成区面积数据均来自于《中国城市统计年鉴》,确保了统计数据口径的一致。

为增强统计数据的精度,本文拟采用基于遥感影像目视解译获取的城市建成区补充分析建成区空间扩张及分布特征。由于研究区域覆盖范围较广,长时序遥感影像收集困难,在保证城市建成区提取精度并兼顾数据处理成本的前提下,对大运河沿线城市20世纪80年代末和2010年2个时间点的建成区采用遥感影像提取,旨在分析35个城市建成区扩张的总体空间特征和变化趋势。20世纪80年代末遥感影像数据匮乏,不能保证所有城市的遥感影像都来自于同一年份,以1987年的遥感影像为主,1987年遥感影像缺失的城市以1988—1990年间的遥感影像补充。遥感影像主要采用美国陆地资源卫星Landsat TM/ETM+数据。城市建成区的提取基于行政界线,采用目视解译勾勒出建成区边界,精度验证通过选取样本导入谷歌地球完成,精度高达90%以上。

1.3 研究方法

本文采用遥感影像旨在分析城市建成区扩张的空间特征,单纯的形状刻画指标(如分维数、紧凑度和联通度等)和分布刻画指标(如斑块密度、平均距离和聚集度等)只衡量斑块的某一空间特征,不足以全面地揭示建成区的空间扩张和分布特征。而当综合运用多个形状和分布指标时,又会面临如何选取指标的难题。为此,引入离散度指数(Taubenböck et al, 2014),该指数是同时基于最大面积斑块所占比重和斑块相对密度的概念融合而成的,且最大面积斑块所占比重和斑块相对密度占相同的权重,旨在描述一个研究区域内斑块结构和分布特征。其原始计算公式为:

$$NP = n \quad (1)$$

$$MLPI = \frac{\max(a_1, a_2, \dots, a_n)}{A} \quad (2)$$

$$NP_{\text{norm}} = \frac{NP - 1}{A - 1} \times 100\% \quad (3)$$

$$MLPI_{\text{norm}} = \frac{MLPI - \frac{1}{A}}{1 - \frac{1}{A}} \times 100\% \quad (4)$$

$$DI = \frac{NP_{\text{norm}} + (100 - MLPI_{\text{norm}})}{2} \quad (5)$$

式中: NP 和 n 均表示斑块总数; $MLPI$ 为最大斑块所占的比重; a_i 为第 i 个斑块的面积; A 为斑块总面积; NP_{norm} 为斑块相对密度的标准化; $MLPI_{\text{norm}}$ 为 $MLPI$ 的标准化; DI 为斑块离散度。对 NP 和 $MLPI$ 进行标准化的目的是使得 DI 的值在0~100之间。如果所有斑块大小相同,且均为最小斑块,则 DI 的值为100,如果只有1个斑块,则 DI 的值为0,这2种均是理想状态。图2列举了5个斑块分布的例子。

然而该公式的使用背景与本文存在一定差异。该式中,面积的单位采用 hm^2 ($1 \text{ hm}^2 = 10000 \text{ m}^2$),最小的斑块的面积为 1 hm^2 ,则 NP_{norm} 的值在0~1之间。而本文的面积单位采用 km^2 ($1 \text{ km}^2 = 100 \text{ hm}^2$)。其次,本文目视解译的建成区面积最小的斑块都在 0.1 km^2 以上。为使得离散度指数适用于本文数据,需要考虑最小斑块面积及面积单位的变化,对原先的公式进行换算,换算后各参数的含义不变,具体如下:

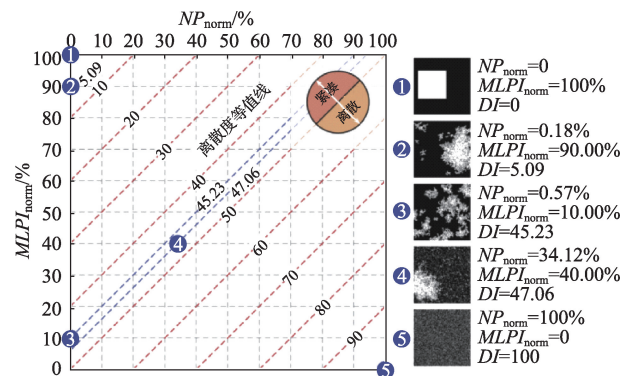
$$NP = n \quad (6)$$

$$MLPI = \frac{\max_{i=1}^n a_i}{A} \quad (7)$$

$$NP_{\text{norm}} = \frac{NP - 1}{10A - 1} \times 100\% \quad (8)$$

$$MLPI_{\text{norm}} = \frac{MLPI - \frac{1}{10A}}{1 - \frac{1}{10A}} \times 100\% \quad (9)$$

$$DI = \frac{NP_{\text{norm}} + (100 - MLPI_{\text{norm}})}{2} \quad (10)$$



注:引自 Taubenböck et al, 2014。倾斜的红色虚线为离散度指数等值线。

图2 5种随机斑块离散度下图斑的分布特征

Fig.2 Patch distribution characteristics of five random dispersion index (DI) values

2 大运河沿线城市建成区扩张速度特征及区域差异

中国大运河沿线35个城市建成区面积从1984年的1447 km²增长到2016年的8229 km²,增长了4.69倍,建成区整体扩张显著。不同规模城市建成区扩张差异较大,其中北京建成区扩张最快,30多年来建成区面积共增长了1054 km²,占35个城市建成区总增长面积的12.81%;其次为天津,建成区面积共增长了766 km²,占35个城市建成区总增长面积的9.31%;沧州和商丘的建成区面积增长最少,仅48 km²。除北京和天津两个直辖市以外,中国大运河浙江和江苏境内的沿线城市建成区平均扩张速度较快,河北和安徽境内运河沿线城市建成区平均扩张速度最慢(图3)。

不同区域的大运河沿线城市建成区扩张速度总体呈现波动增长的趋势,且都表现出明显的阶段特征(图4)。建成区扩张速度在2000年前相对整个时段都较慢,在2000年后总体呈现出强劲的增长趋势,2000年前后建成区扩张速度差异显著。依据不同区域运河沿线城市建成区扩张速度曲线特征,可分为4类:第一类为山东、安徽、江苏和浙江4省;第二类为河北和天津2省市;第三类为北京;第四类为河南。

山东、江苏和浙江3省的运河沿线城市建成区扩张速度曲线极为相似,具体特征表现为:建成区

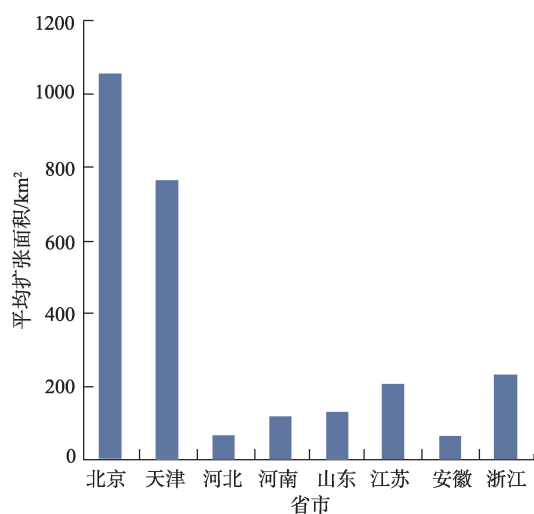


图3 1984—2016年各地区运河沿线城市建成区平均扩张面积

Fig.3 Average growth of built-up area of cities along the Grand Canal of China in different regions, 1984–2016

扩张速度在2000年前都呈现出较温和的波动增长趋势,在2000年后都呈现出剧烈的波动增长的趋势,在末期都呈现出显著的下降趋势。安徽境内运河沿线城市建成区扩张速度与以上3省大体相似,不同之处在于安徽扩张曲线在2000年前波动较为剧烈。河北和天津的建成区扩张曲线较为相似,整个时段都呈现出平稳的波动增长趋势,在末期均出现剧烈增长,不同点在于天津市建成区在早期就呈现出较快的扩张趋势。北京和河南的建成区扩张曲线较为独特,两者建成区扩张的峰值都出现在2000—2005年间,北京建成区在其扩张峰值前后,扩张速度变化极为剧烈,河南境内运河沿线城市建成区在其扩张峰值前后分别呈现波动增长和波动降低的变化趋势。

3 大运河沿线城市建成区扩张空间特征及区域差异

将基于遥感影像目视解译获取的20世纪80年代末和2010年这2个时间点的35个城市建成区面积与统计年鉴中1987年和2010年的建成区面积对比,可以发现遥感监测数据基本都位于统计数据的1~2倍之间,在1.5倍左右居多(表1)。20世纪80年代末35个城市建成区遥感监测总面积是统计数据的1.26倍,2010年增长为1.43倍。采用目视解译提取城市建成区边界的过程中,无法排除因城市扩张而被纳入的农村居民点以及零散的工交建设用地(Nüsser, 2001)。除此以外,受波段相似性的干扰,建成区周边的少量裸地也难以区分(Naidja et al, 2002)。因此,遥感监测数据会在一定程度上大于统计数据。随着建成区的扩张及城镇化的推进,城市边缘逐渐模糊,遥感监测数据与统计数据之间的差距会不断加大,尤其是在人口聚集的大城市区域更为突出。

虽然遥感监测数据与统计数据存在一定差异,但仍在合理、可接受的范围内。采用遥感监测数据分析建成区扩张空间特征及区域差异,在大尺度、多区域的研究中存在明显优势,分析结果具有较高的准确性和可信度。图5为基于遥感影像提取的中国大运河沿线35个城市建成区在20世纪80年代末和2010年的空间分布图。从图中可看出,中国大运河沿线城市多位于平原地区,地势整体平坦,半数以上城市建成区呈现以老建成区为中心,向四周均

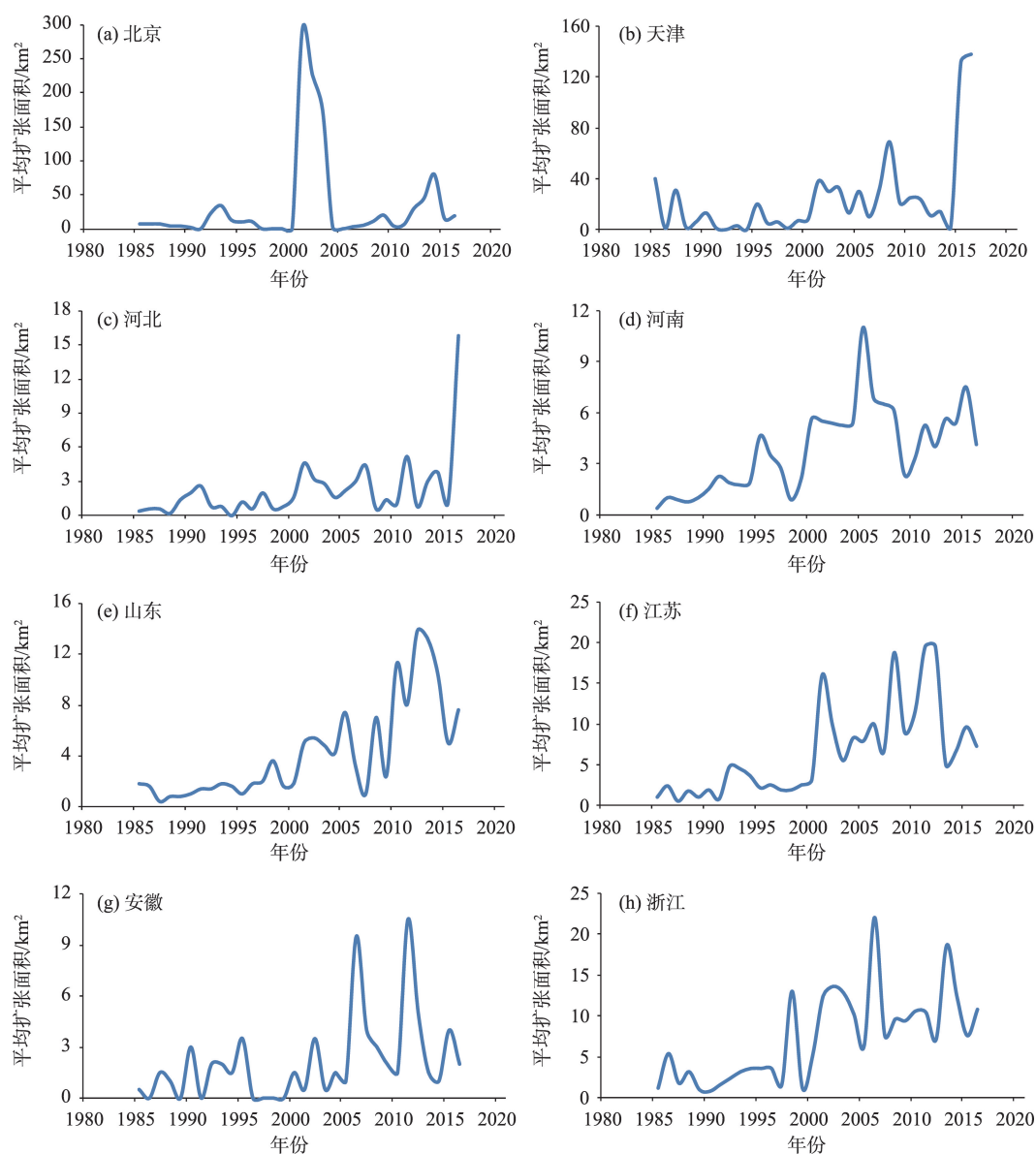


图4 1984—2016年各地区运河沿线城市建成区平均扩张速度曲线

Fig.4 Average built-up area growth speed of cities along the Grand Canal of China in different regions, 1984–2016

匀蔓延的摊大饼式空间扩张特点,这些城市主要集中出现在中国北方地区。江南地区水系发达、河流密布、扩张动力大,建成区空间分布相对分散、破碎,如江苏的苏州、无锡和常州等,浙江的杭州、绍兴和宁波等,这些城市建成区在扩张后期往往出现多个中心,并以新的中心向外蔓延扩张。

20世纪80年代末到2010年间,除廊坊和沧州以外,其余33个中国大运河沿线城市建成区离散度指数均有不同程度的增长,表明建成区空间分布整体趋于离散、破碎(表2)。北京市建成区的空间扩张是典型的“摊大饼”式扩张模式,离散度指数虽有所增长,但建成区整体空间形态紧凑,破碎图斑较少,

空间分布最完整。江苏和浙江2省的运河沿线城市建成区面积增长速度明显高于其余运河沿线城市,与此同时建成区的离散度指数以及离散度指数的增长量也远高于其余运河沿线城市,表明江浙2省的运河沿线城市建成区空间分布最离散、破碎,且变化最为剧烈。山东省运河沿线城市建成区空间分布离散、破碎程度紧随其后,离散度的增长也较为明显。河南和安徽2省的运河沿线城市建成区空间分布相对完整、紧凑,离散度增长相对较弱。除北京以外,河北省运河沿线城市建成区离散度指数和离散度指数增长量都最低,建成区空间分布完整、紧凑。

表1 35个城市遥感影像建成区面积与统计年鉴建成区面积比较

Tab.1 Comparison of built-up areas based on remote sensing and statistical data (km²)

城市	1987年建成区面积		2010年建成区面积		城市	1987年建成区面积		2010年建成区面积	
	统计年鉴	遥感监测	统计年鉴	遥感监测		统计年鉴	遥感监测	统计年鉴	遥感监测
北京	387	407	1225	1848	济宁	19	30	89	91
天津	314	349	687	1363	枣庄	33	40	109	122
廊坊	12	19	59	89	徐州	55	69	239	273
沧州	25	33	46	65	宿迁	9	14	65	102
衡水	13	22	44	51	淮安	13	18	120	210
邢台	22	33	70	75	扬州	21	40	82	183
邯郸	61	64	111	115	镇江	27	38	109	138
安阳	30	48	76	112	常州	36	60	153	348
鹤壁	12	18	51	53	无锡	48	69	231	396
新乡	40	46	97	111	苏州	35	54	329	646
焦作	33	46	90	95	淮北	21	36	63	94
商丘	15	33	60	106	宿州	12	16	53	64
开封	41	49	94	96	湖州	15	16	78	81
郑州	74	112	343	417	嘉兴	18	21	85	89
洛阳	42	69	181	192	杭州	66	82	413	435
德州	22	34	89	98	绍兴	14	22	100	125
聊城	17	24	69	72	宁波	42	47	272	298
泰安	18	24	77	86	合计	1662	2102	6099	8739

4 大运河沿线城市扩张区域时空差异成因分析

中国大运河沿线城市跨越6省2市,不同城市的经济基础、发展条件、地理区位都存在较大的差异,城镇用地时空扩张特征各不相同。随着近年来中国城镇化进程的不断推进,区域差异也在不断加剧。本文的统计数据 and 遥感数据都显示,不同区域的大运河沿线城市的扩张速度、扩张面积以及空间扩张模式的差异都在持续增加。除北京和天津2个直辖市以外,江浙2省的运河沿线城市建成区扩张速度整体最快,波动最明显,这种现象在进入21世纪后更为突出。与此同时,江浙2省运河沿线城市建成区的空间格局最离散、破碎,离散度增长最剧烈。山东省境内运河沿线城市时空扩张特征与江浙2省相似,但波动程度相对温和。由此可见,城市发展水平以及空间扩张速度很大程度上由经济、人口、政策、区位等因素决定。江浙一带发达的经济基础、密集的人口分布以及优越的地理区位是城市快速扩张的主要动力,城市扩张速度显著高于其他运河沿线城市。区域内河流众多、水系密布,且历史文化城镇众多、乡村经济发达,是江浙2省运河沿

线城市建成区空间分布离散、破碎的主要原因。当然,建成区的快速、过度扩张以及不够合理的扩张模式会使这一现象加剧。河南、河北和安徽等省份经济发展较江浙地区落后,城市空间扩张也相对较慢。经济发展较弱不利于多中心的城镇用地发展模式,加上河南和河北地处北方平原地区,地势平坦、水系密度低,建成区整体空间形态紧凑,空间分布完整。

如今大运河的实用功能和经济价值已无法和明清时期相提并论,也不再是带动一座城市发展的经济动脉,但其对沿线城市建成区扩张及空间分布仍有着较为直接的影响。这种影响主要通过大运河文化带建设推动运河旅游产业的发展,进而影响城市发展重点,最终干预城市建设用地扩张及空间分布。山东、江苏和浙江3省对于运河旅游的开发较早,在21世纪初就陆续开始斥资修复运河的生态、景观和旅游等功能。与此同时,运河沿线基础设施不断完善,工业、物流、旅游产业的步伐也随之加快,运河沿线建设用地面积快速增长。在大运河文化带建设的背景下,以上地区率先形成了较为成熟的省内运河旅游品牌。例如:山东的“儒风运河”、江苏的“水韵江苏”和浙江的“一山一水”等运

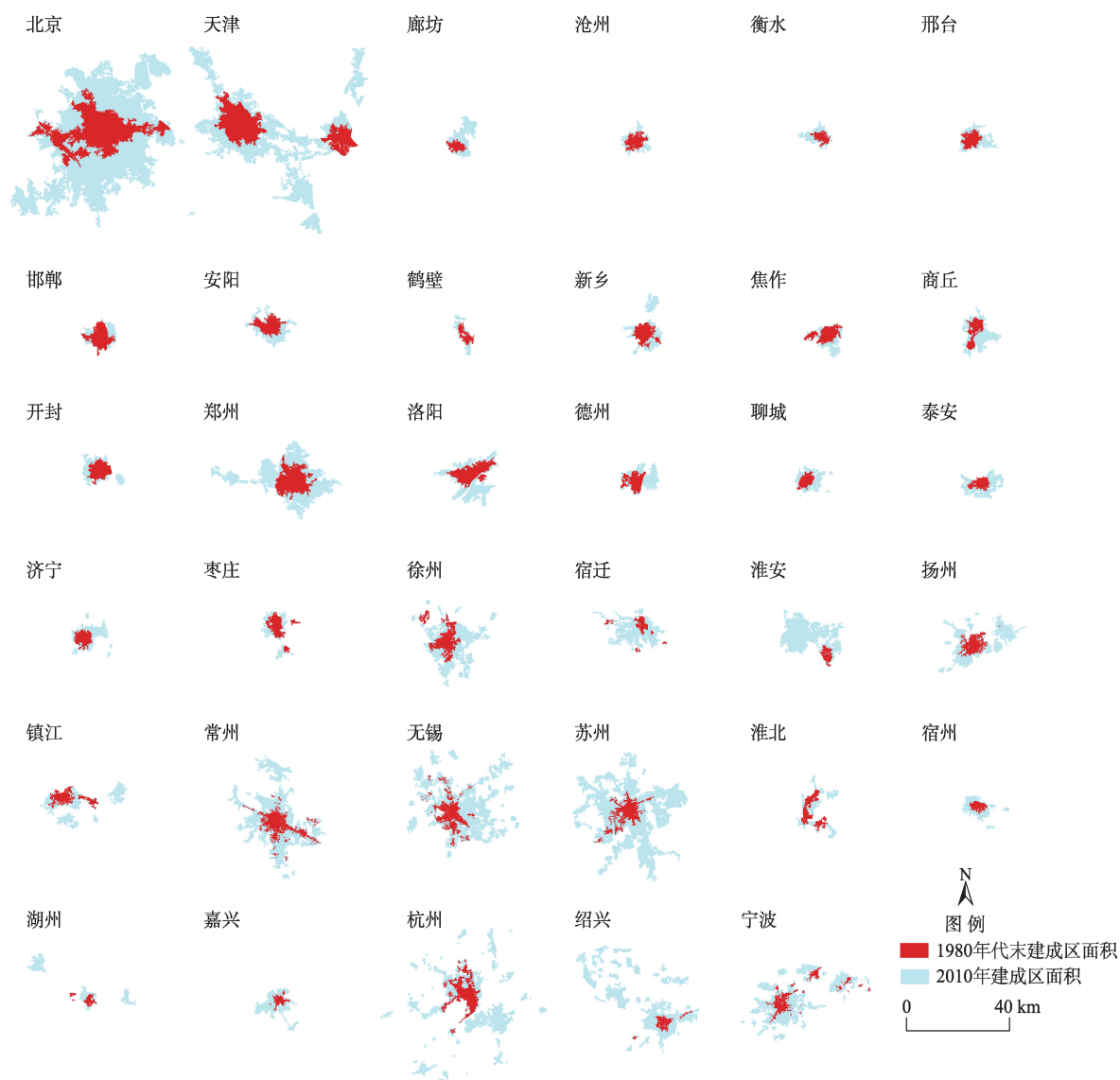


图5 20世纪80年代末至2010年间35个城市建成区空间扩展

Fig.5 Spatial expansion of built-up areas of 35 cities between the late 1980s and 2010

河文化旅游品牌。成熟的运河文化旅游品牌吸引了大量游客,为沿线城市带来较为可观的经济收益。例如:2016年山东省旅游收入高达8030.70亿元,超过山东省第三产业产值的1/4(<http://www.sd-ta.gov.cn/>),同期江苏省旅游收入超过1万亿元,约占江苏省第三产业产值的1/7(<http://www.jssb.gov.cn/>),旅游收入中运河旅游相关产业的比重持续增长。山东省在2018—2025年旅游发展总体规划中,在山东省全域规划了6个旅游功能区和5条旅游带,大运河旅游带作为5条旅游带之一,规划重点在小城镇与村庄的串联,在发展旅游经济的同时推进城镇化进程。这一规划在一定程度上会促进建成区在空间上的蔓延,城镇用地空间格局也会随之发

生变化。由此可见,运河旅游开发和大运河文化带的建设虽非运河沿线城市发展的决定因素,但对沿线城市发展的推动作用不可忽视。此外,目前大运河通航河段集中在江苏和浙江境内,山东济宁以南的大运河河段尚能通航,而济宁以北的河段早已淤塞,无法通航(俞孔坚等,2008)。虽然运河的通航能力及其实用价值远不如从前,然而大运河通航河段的货物运输、贸易往来也无疑会促进沿线城市经济发展,引发沿线城市建设用地的增长(如港口建设),进而加剧大运河南北城市发展的差异。

江苏、浙江和山东等地区具有沿海、沿线和沿江等优势,而河南、河北和安徽等地区位于运河沿线腹地,缺乏区位优势,逐渐成为中国大运河沿线

表2 20世纪80年代末和2010年35个城市建成区离散度指数
Tab.2 Dispersion index (DI) of the built-up areas of 35 cities in the late 1980s and 2010

城市	建成区离散度指数		城市	建成区离散度指数		城市	建成区离散度指数	
	1980年代末	2010年		1980年代末	2010年		1980年代末	2010年
北京	10	13	洛阳	17	19	淮北	18	22
天津	17	20	德州	18	21	宿州	12	14
廊坊	16	15	聊城	13	17	湖州	17	25
沧州	16	15	泰安	16	20	嘉兴	19	23
衡水	18	19	济宁	15	22	杭州	34	44
邢台	14	17	枣庄	19	23	绍兴	23	42
邯郸	11	13	徐州	31	36	宁波	32	38
安阳	15	19	宿迁	27	35	河北均值	15	16
鹤壁	19	22	淮安	16	31	河南均值	17	20
新乡	22	23	扬州	27	39	山东均值	16	21
焦作	16	18	镇江	25	32	江苏均值	28	36
商丘	15	17	常州	30	35	安徽均值	15	18
开封	14	18	无锡	37	35	浙江均值	25	34
郑州	17	21	苏州	34	43	总均值	20	25

经济带发展的“短板”。经过几十年的发展,当前大运河沿线城市已经形成了东部快、中部慢,两头快、中间慢的发展趋势,并且城市发展的区域差异在不断加剧。从江苏、浙江、山东3省运河旅游开发和大运河文化带建设已经产生的经济效益对运河沿线基础设施建设的推动以及对区域规划的影响来看,其对城市发展的推动作用明显。大运河文化在中国经济文化生产力布局中占据着重要的地位,全区域的大运河文化带必然会强化运河文化经济的传导和辐射功能,带动相对落后城市的旅游产业,缓解运河沿线城市发展的区域差异;大运河文化带建设将会推动运河自然生态、人文景观以及水利运输等功能的统一、科学的管理,直接影响运河沿线建设用地的规划,进而影响城市发展和规划导向,最终对城镇用地空间分布格局产生作用;当前大运河文化带建设已经上升到了国家战略的层面,推动大运河南北全线贯通,有利于聚集运河沿线产业,连接长三角和京津冀2大经济圈,为区域协同发展提供助力。

5 结论

大运河文化带建设对促进沿线城市发展具有积极推动作用。全面了解运河沿线城市扩张的特征及区域差异是大运河文化带建设规划、区域协同发展规划的基础和前提。本文结合统计数据和遥

感监测数据,揭示了运河沿线城市建成区扩张速度特征以及空间特征,并对比分析了不同区域城市建成区扩张的差异。主要结论如下:

(1) 1984—2016年间,中国大运河沿线城市建成区面积共增长了6782 km²,北京、天津、江苏和浙江等地的建成区面积增长显著,河北和安徽的建成区面积增长缓慢。运河沿线建成区扩张速度变化特征表现为:山东、安徽、江苏和浙江的建成区扩张速度在2000年后剧烈波动,在末期显著下降;河北和天津的建成区扩张速度平稳增长,在末期急剧增长;北京的建成区扩张速度在峰值前后急剧变化;河南的建成区扩张速度在峰值前后平稳变化。

(2) 基于遥感影像监测的建成区面积普遍大于对应年份统计年鉴中获取的建成区面积,是统计数据1~2倍。北方运河城市建成区多以“摊大饼”式向外蔓延扩张,南方运河城市建成区多呈多中心向外蔓延扩张。大运河沿线城市建成区空间分布整体趋于离散、破碎,其中江浙地区水网密布、小镇发达,加上城市发展快,建成区空间分布最离散、破碎,且离散度增长最剧烈;北京建成区空间分布最完整、紧凑,河北建成区离散度增长最少。

(3) 山东、江苏和浙江3省目前已经形成成熟的省内运河旅游品牌,运河旅游带来的经济收益对第三产业贡献突出,直接影响了区域内未来旅游规划的重点,进而影响城市的发展规划。运河开发和建设虽非运河沿线城市发展的决定因素,但对沿线

城市建成区发展方向和空间格局变化的影响不可忽视。

参考文献(References)

- 曹仁勇. 2007. 京杭大运河江苏段沿线城市滨水空间景观标识系统规划研究 [D]. 南京: 南京林业大学. [Cao R Y. 2007. Research of the planning of waterfront landscape sign systems of the cities in Jiangsu along the Beijing-Hangzhou Grand Canal. Nanjing, China: Nanjing Forestry University.]
- 程巍华. 2008. 京杭运河沟通钱塘江第二通道航道线位优选研究 [D]. 杭州: 浙江大学. [Cheng W H. 2008. Research on optimization channel alignment for second passage linking Beijing-Hangzhou Canal with Qiantang River. Hangzhou, China: Zhejiang University.]
- 丁旭. 2017. 遗产廊道理念下大运河风景路的规划研究 [D]. 南京: 南京林业大学. [Ding X. 2017. Study on the planning method of the Grand Canal scenic byway under the concept of heritage corridor. Nanjing, China: Nanjing Forestry University.]
- 杜祥. 2016. 济宁城区古运河景观传承与再生策略研究 [D]. 济南: 山东建筑大学. [Du X. 2016. Jining city ancient canal heritage and landscape regeneration strategy. Jinan, China: Shandong Jianzhu University.]
- 国家统计局. 2017. 中国城市统计年鉴2017 [M]. 北京: 中国统计出版社. [National Bureau of Statistics of the People's Republic of China. 2017. China city statistical yearbook 2017. Beijing, China: China Statistics Press.]
- 黄昊, 贾铁飞. 2013. 古运河旅游开发及其空间模式研究: 以京杭大运河长江三角洲区段为例 [J]. 地域研究与开发, 32(2): 129-133. [Huang H, Jia T F. 2013. A study on ancient canal tourism development and its spatial mode: A case of the Grand Canal in Yangtze River Delta. Areal Research and Development, 32(2): 129-133.]
- 黄贤金. 2017. 基于资源环境承载力的长江经济带战略空间构建 [J]. 环境保护, (15): 25-26. [Huang X J. 2017. Strategic space construction of the Yangtze River Economic Belt based on resources and environment carrying capacity. Environmental Protection, (15): 25-26.]
- 黄贤金, 周艳. 2016. 基于资源环境人口承载力的国土空间格局优化研究: 以江苏沿海地区为例 [J]. 淮海工学院学报(人文社会科学版), (5): 83-86. [Huang X J, Zhou Y. 2016. National spatial pattern optimization based on population carrying capacity of resources and environment: A case study of the coastal areas of Jiangsu Province. Journal of Huaihai Institute of Technology (Humanities & Social Sciences Edition), (5): 83-86.]
- 贾兵强, 朱晓鸿. 2015. 图说治水与中华文明 [M]. 北京: 中国水利水电出版社. [Jia B Q, Zhu X H. 2015. Theory of water control and Chinese civilization. Beijing, China: China Water Power Press.]
- 康新宇. 2010. 在用巨型线性文化遗产保护: 大运河浙江段五城市(杭州、嘉兴、湖州、绍兴、宁波)遗产保护规划 [J]. 城市规划通讯, (6): 14-16. [Kang X Y. 2010. Conservation in five cities (Hangzhou, Jiaxing, Huzhou, Shaoxing, Ningbo) in Zhejiang section of Grand Canal. Urban Planning Newsletter, (6): 14-16.]
- 任唤麟. 2017. 基于地理特征的跨区域线性文化遗产旅游形象策略研究 [J]. 地理与地理信息科学, 33(1): 95-101. [Ren H L. 2017. Study on the tourism images strategies of cross-regional linear cultural heritage based on geographical characteristics. Geography and Geo-information Science, 33(1): 95-101.]
- 阮仪三, 朱晓明, 王建波. 2007. 运河踏察: 大运河江苏、山东段历史城镇遗产调研初探 [J]. 同济大学学报(社会科学版), (1): 38-54. [Ruan Y S, Zhu X M, Wang J B. 2007. Walking along the Great Canal: An investigation of the heritage of the historical towns from Jiangsu through Shandong. Tongji University Journal (Social Science Section), (1): 38-54.]
- 沈旭炜. 2017. 改革开放后我国大运河旅游发展阶段及特征 [J]. 商丘职业技术学院学报, 16(5): 51-55. [Shen X W. 2017. Stages and characteristics on development of the Grand Canal tourism science Reform and Opening-up. Journal of Shangqiu Vocational and Technical College, 16(5): 51-55.]
- 孙金浩. 2011. 清中期以后京杭大运河衰落对运河地区城乡经济的影响 [D]. 成都: 四川省社会科学院. [Sun J H. 2011. The impact of the decline of the Beijing-Hangzhou Grand Canal on the urban and rural economy after the middle of the Qing Dynasty. Chengdu, China: Sichuan Academy of Social Sciences.]
- 陶潇男. 2015. 苏北地区历史城镇景观变迁研究 [D]. 南京: 南京师范大学. [Tao X N. 2015. Study on landscape changes of historical towns in northern Jiangsu. Nanjing, China: Nanjing Normal University.]
- 王英华, 杜龙江, 邓俊. 2015. 图说古代水利工程 [M]. 北京: 中国水利水电出版社. [Wang Y H, Du L J, Deng J. 2015. Ancient water conservancy project. Beijing, China: China Water Power Press.]
- 温宗勇, 赵一诺, 李伟. 2015. 唤醒沉睡的大运河: 京杭大运河京津冀段调查实录 [J]. 北京规划建设, (4): 135-145. [Wen Z Y, Zhao Y N, Li W. 2015. Arousing the sleeping Grand Canal: An investigation of the Beijing-Tianjin-Hebei Section of the Beijing-Hangzhou Grand Canal. Beijing

- Planning Review, (4): 135-145.]
- 吴常艳, 黄贤金, 陈博文, 等. 2017. 长江经济带经济联系空间格局及其经济一体化趋势 [J]. 经济地理, 37(7): 71-78. [Wu C Y, Huang X J, Chen B W, et al. 2017. Analysis of economic and spatial linkage and economic integration trend in Yangtze River Economic Belt from social network analysis perspective. *Economic Geography*, 37(7): 71-78.]
- 吴晓, 王承慧, 滕珊珊, 等. 2014. 历史保护规划中的展示利用思路初探 [J]. 城市规划, 38(3): 70-77. [Wu X, Wang C H, Teng S S, et al. 2014. A preliminary exploration of ideas of exhibition and utilization in historical conservation planning. *Urban Planning*, 38(3): 70-77.]
- 吴欣. 2018. 中国大运河蓝皮书: 中国大运河发展报告(2018) [M]. 北京: 社会科学文献出版社. [Wu X. 2018. Annual report on development of China Grand Canal (2018). Beijing, China: Social Sciences Academic Press.]
- 项宏建, 李悦铮. 2015. 京杭大运河沿线主要城市旅游经济时空差异及其预测 [J]. 云南地理环境研究, 27(5): 35-42. [Xiang H J, Li Y Z. 2015. The spatio-temporal variation of regional tourism economy and prediction in major cities along Beijing-Hangzhou Grand Canal. *Yunan Geographic Environment Research*, 27(5): 35-42.]
- 俞孔坚, 李迪华, 李伟. 2008. 京杭大运河的完全价值观 [J]. 地理科学进展, 27(2): 1-9. [Yu K J, Li D H, Li W. 2008. Recognition of the holistic values of the Grand Canal. *Progress in Geography*, 27(2): 1-9.]
- 张环宙, 沈旭炜, 高静. 2011. 城市滨水区带状休闲空间结构特征及其实证研究: 以大运河杭州主城段为例 [J]. 地理研究, 30(10): 1891-1900. [Zhang H Z, Shen X W, Gao J. 2011. Spatial structure of the leisure zone in urban waterfront: A case study of the Grand Canal in downtown Hangzhou. *Geographical Research*, 30(10): 1891-1900.]
- 张京祥, 刘雨平. 2008. 沿京杭大运河地区的空间发展: 以京杭大运河扬州段为例 [J]. 经济地理, 28(1): 1-5. [Zhang J X, Liu Y P. 2008. Research on the spatial development of areas along the Beijing-Hangzhou Canal: With the case study of Yangzhou part of Beijing-Hangzhou Canal. *Economic Geography*, 28(1): 1-5.]
- 张祥娟, 李新, 李秀霞, 等. 2011. 用层次分析法建立京杭大运河苏州高新区段水环境承载力指标体系研究 [J]. 环境保护与循环经济, 31(2): 42-49. [Zhang X J, Li X, Li X X, et al. 2011. Water environment carrying capacity index system of Suzhou High-tech Zone section of Beijing-Hangzhou Grand Canal based on analytic hierarchy process. *Environmental Protection and Circular Economy*, 31(2): 42-49.]
- 张增祥, 赵晓丽, 刘芳, 等. 2014. 中国城市扩展遥感监测图集 [M]. 北京: 星球地图出版社. [Zhang Z X, Zhao X L, Liu F, et al. 2014. Remote sensing monitoring of urban expansion in China. Beijing, China: Star Map Press.]
- 郑晋鸣. 2017. 让千年文脉奔涌不息: 江苏推进大运河文化带建设 [N]. 光明日报, 2017-08-11. [Zheng J M. Keep the thousand years of culture run on: Promote the construction of the Grand Canal Cultural Belt in Jiangsu. *Guangming Daily*, 2017-08-11.]
- 周艳, 黄贤金, 徐国良, 等. 2016. 长三角城市土地扩张与人口增长耦合态势及其驱动机制 [J]. 地理研究, 35(2): 313-324. [Zhou Y, Huang X J, Xu G L, et al. 2016. The coupling and driving forces between urban land expansion and population growth in Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 35(2): 313-324.]
- Liu F, Zhang Z, Shi L, et al. 2016. Urban expansion in China and its spatial-temporal differences over the past four decades [J]. *Journal of Geographical Sciences*, 26(10): 1477-1496.
- Naidja A, Huang P M, Anderson D W, et al. 2002. Fourier transform infrared, UV-visible, and X-ray diffraction analyses of organic matter in humin, humic acid, and fulvic acid fractions in soil exposed to elevated CO₂ and N fertilization [J]. *Applied Spectroscopy*, 56(3): 318-324.
- Nüsser M. 2001. Understanding cultural landscape transformation: A re-photographic survey in Chitral, eastern Hindu-kush, Pakistan [J]. *Landscape and Urban Planning*, 57(3-4): 241-255.
- Taubenböck H, Wiesner M, Felbier A, et al. 2014. The spatio-temporal evolution from a polynuclei area to a mega-region based on remote sensing data [J]. *Applied Geography*, 47: 137-153.

Spatiotemporal differences of urban expansion along China's Grand Canal

SHI Lifeng, HUANG Xianjin*

(School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Since the 1980s, with demands from water conservancy projects, the rise of canal tourism, and the proposal of the national canal cultural development strategy, the China's Grand Canal has been reviving. At the same time, the size, expansion pattern, and spatial distribution of built-up areas along the Grand Canal have experienced significant changes, with far-reaching effects on city traffic, communication, production, daily life, and public facilities. There have been abundant studies on the key river sections or typical cities. However, there is a general lack of research on the overall expansion of cities along the Grand Canal. In this study, 35 cities along China's Grand Canal were selected as the research subjects. The research area covered two municipalities and six provinces from north to south. Statistical data and remote sensing data were combined in this study for analyzing urban expansion speed, urban expansion pattern, and regional differences of cities along the Grand Canal during 1984–2016. All statistical data were collected from statistical yearbooks. Landsat images were the main data source for urban land mapping. Dispersion index (*DI*) was applied in this study. The index is a new landscape metric, which was developed for describing the structures and distributions of geographic elements in a region. The results show that: 1) The cities can be classified into four types according to the characteristics of the speed of expansion. Class one contains Shandong, Anhui, Jiangsu, and Zhejiang Provinces, where urban land expansion speed increased dramatically after 2000 and decreased latter. Class two contains Hebei Province and Tianjin Municipality, where urban land expansion speed increased moderately but decreased dramatically latter. Class three contains Beijing, where the highest expansion speed appeared in 2000 and then changed dramatically. Class four contains Henan Province, where expansion speed of urban land changed moderately before and after 2000. 2) Urban built-up areas extracted from remote sensing images are generally larger than urban built-up areas collected from statistical yearbooks. The former is usually between 1–2 times of the latter, and urban expansion in northern China mainly extended around one center, but urban expansions in southern China gradually became polycentric. 3) The spatial distribution of built-up areas in most cities tends to become dispersed and discontinuous, and cities in Jiangsu and Zhejiang Provinces are more remarkable in this respect. The spatial distribution of built-up areas in Beijing was most integrated and compact. The growth of *DI* values of built-up areas in Hebei Province was the lowest and urban land expansion there was slow. With the successful application for World Heritage of the Grand Canal and the proposal of the Grand Canal cultural development strategy, the construction of the Grand Canal culture belt and the development of canal tourism will become an important measure for promoting the joint development of different regions.

Keywords: urban expansion; dispersion index; spatial feature; regional difference; China's Grand Canal