

基于 DMSP/OLS 灯光数据的川南经济区城镇联系研究

王俊翔, 陈一君, 郭 岚, 韩 兵, 毕 欢

(四川理工学院管理学院, 四川 自贡 643000)

摘 要:城镇发展及城镇联系是区域经济发展的重要研究领域。区别于传统的统计数据进行分析,采用2002年、2007年、2013年的夜间灯光影像数据,以传统统计数据为辅助,运用引力模型对川南经济区的城镇区位强度、空间联系进行研究,以期探寻城镇化发展趋势及城镇联系特点。结果发现:川南经济区总体形成以自贡、内江为核心,泸州、宜宾为副核心的“双核双副”多中心网络结构。自贡、内江的经济区位强度最强;城际联系方面,已形成“双核双副”的点轴状结构,城际轴带化趋势明显;区县联系层次,已形成“双核双副一轴四带”的结构体系,区县网络化趋势明显。区县领域的灯光数据研究为城镇空间结构及经济联系提供了一种更为细致的研究方法,丰富了城镇联系的定量研究。

关键词:川南经济区;灯光数据;引力模型;城镇联系

中图分类号:TU982

文献标志码:A

引 言

经济全球化使得城市间的竞争主体由单体城市演化为区域性群体城市。目前,群体性的城市经济区已成为加快城镇化进程的重要引擎^[1]。城镇联系是研究城市之间、区县间的一种内在经济空间联系,从空间尺度和经济尺度上探寻城市发展的趋势和内部的联系特点。研究经济区的城镇联系可以帮助人们更好的把握城市经济区的发展,构建合理的内部发展机制,提高群体城市的竞争力,并为政府规划和城市现代化提供理论指导。因此,研究城市经济区的城镇联系意义重大。近年来,经济社会的发展推动着城镇的迅速扩展,城市区域的拓展一定程度上造成耕地的流失,并对于城市的可持

续发展造成影响^[2]。城镇化的快速发展也存在着空间拓展的失控问题^[3],为了能够对经济区域进行有效的管控,能够从时间尺度上客观把握城市及城镇发展的进程也具有深远的意义。作为社会经济发展的引擎,城市在为居民提供利益的同时,也产生了许多负面效应。因此,对目前区域城镇化发展的进程必须进行长时间深入的了解^[4]。

在城镇发展中,客观把握城市发展的特征规律,是政府进行科学规划与制定政策的重要基础。在城镇发展的理论研究中,以往学者多用单一主城区用地的范围变化来探寻城镇空间的扩展规律^[5-8]。该方法虽然简便,但却忽视了城市内部的差异性,城市作为一个综合的研究对象,它涵盖了经济、用地、人口、环境等领域,仅

收稿日期:2017-11-23

基金项目:国家社会科学基金(15XGL009);四川省统计局供给侧改革研究项目(2016JGX04);四川省统计科研项目(2017sc24);四川理工学院创新基金项目(y2016022)

作者简介:王俊翔(1991-),男,河南开封人,硕士生,主要从事城市区域规划、工程管理等方面的研究,(E-mail)1258850110@qq.com

通信作者:陈一君(1971-),男,四川大竹人,教授,主要从事战略管理方面的研究,(E-mail)41106621@qq.com

用单一的主城区或城市用地指标研究城镇的发展有失偏颇。此外,目前的研究领域侧重于宏观尺度的土地利用、空间拓展、格局体系分析及模型等多方面,而对城镇经济区空间拓展的微观尺度研究相对比较缺乏。本文在研究过程中,用遥感影像数据的相关分析解决了单一用地变化无法描述城市内部差异性的问题,同时从区域经济微观尺度上,利用具备时间尺度的遥感影像对城市经济区的城镇联系及变化过程进行了定性定量研究。

目前群体经济区的研究,宏观尺度的城市经济区如京津冀、珠三角等,以往学者研究的都比较系统、透彻;而微观尺度的城市经济区,其定量研究的还不够全面。2016年“十三五规划”关于优化城镇化布局和形态的系列政策表明,相关城市经济区的发展日益成为政府决策和科学界所重视的问题。近期,四川省出台了《成渝经济区南部城市群发展规划(2014—2020年)》,规划中明确强调要构建新兴区域性经济区,尤其是川南经济区。因此,本文从微观尺度选取了西南地区四川境内的川南经济区作为研究范围区。

在研究方法上,关于遥感影像数据,它能够实现区域大尺度或全球尺度的同步观测,可以用于城镇信息的快速提取和城镇联系的研究。DMSP/OLS夜间灯光影像数据是遥感影像的一种类型,DMSP(Defence Meteorological Satellite Program, DMSP)指的是美国“国防气象卫星计划”,OLS(Operational Linescan System)是指DMSP搭载的传感器扫描系统,主要用于灯光亮度的记录^[9]。全球范围的DMSP/OLS夜间灯光影像,其亮斑灯光区域代表经济活动较强的城镇区域,而黑暗区域则代表经济活动较弱的乡村区域,可有效区分城镇区和非城镇区^[10]。在时间尺度上,DMSP/OLS全球影像具有广泛的时效性和经济实用性,且年际区域对比性较强,因此广泛用于宏观大尺度的城市空间拓展^[11]、经济发展^[12-15]和人口估计^[16-19]、城镇用电与能源消耗统计^[20]、碳排放^[21]及光学污染等环境评估^[22]。目前,在城市化^[23-24]研究中,灯光数据能够监测城镇化发展水平、人口密度和经济状况等活动,是人类活动的综合表示。国内外研究者常用灯光数据与经济活动的诸多因子进行回归分析,成果丰硕。DMSP/OLS数据通过区域空间的经济规模变

化,对人类的经济活动进行预测,其应用前景广阔^[25]。

在区域城镇联系的对象研究方面,国外相关学者^[26-28]重点分析国家和省域级别范围的城市等级体系及空间结构方面的研究,而对区域上地级市及内部区县的定量研究较少。模型数据方面,学者多用引力模型和统计数据分析,但统计数据存在搜索难度大、不齐全、指标多的缺点,难以大范围的分析城镇化区位及空间联系。而本文选取了区域地级市及区县,并用引力模型进行定量研究,解决了统计数据难以大范围分析城镇化区位及空间联系的难题。国内学者对城市联系的研究多采用数学模型和计量方法^[29],综观文献资料,可以发现以往的研究中,多采用引力模型分析联系紧密且经济水平高的东部地区,而对于联系松散且经济水平低的西南地区研究比较缺乏。因此,本文重点选取川南经济区作为研究对象,用2002年、2007年和2013年的DMSP/OLS数据表征城市发展规模^[30-32],根据DMSP/OLS影像数据分析川南地区的城镇发展总体情况、经济区位强度及空间联系,在城镇联系上分析内部之间的拓展差异性,并辅助以统计数据进行区位强度的验证对比,在区县层次上做进一步探讨,以期探寻城镇化发展的总体趋势及城镇联系特点,并为川南经济区的建设发展提供理论指导。

1 数据及研究区

1.1 数据来源

DMSP/OLS灯光影像数据,由美国NOAA:(National Oceanic and Atmospheric Administration)下属的NGDC(National Geophysical Data Center)发布。已有数据主要包括六代DMSP卫星F10(1992~1994)、F12(1994~1999)、F14(1997~2003)、F15(2000~2007)、F16(2004~2009)、F18(2010~2013),涉及1992~2013年共22年的34期影像,该系列影像可在NGDC官方网站中下载(<http://ngdc.noaa.gov/eog/dmsp/downloadV4composites.html>)。全年的平均灯光影像主要包含无云观测的频数状态、稳定状态和平均状态3种类型,其中的像元DN值(灰度值)表示平均灯光强度,范围为0~63,该值与灯光强度成正比。稳定状态的影像排除了背景噪声的影响,它囊括了城市、县镇和其余持久发光的光源区域。

而且大部分学者研究用到的是稳定灯光产品数据,因为这套产品数据能有效区分城市区和非城镇区,且处理了噪声的影响;其他两种产品有部分欠缺而相对使用较少,所以在本文的研究中采用此数据。

此外,影像的选取时段应该便于分析研究区的城镇差异性,而连续年份的影像变化不明显,以往学者们多采用间隔五年左右的影像,因此,根据研究时段选取 F142002、F162007、F182013 共 3 期影像。

1.2 研究区介绍

本次研究范围以川南经济区为研究区(图 1),川南经济区主要包括内江、自贡、泸州、宜宾四个地级市及乐山五县(井研县、犍为县、沐川县、马边彝族自治县、峨边彝族自治县)。对于乐山五县,在研究市级层次时,为了方便,单独处理成一个独立的行政区域,共计 5 个单元;在研究区县级层次时,将市辖区和下辖各县级行政区作为独立的研究单元,共计 26 个单元。行政区边界方面,中国省级、市级、县级行政区划图来自国家基础地理信息中心(<http://ngcc.sbsm.gov.cn/>),比例尺为 1:400 万,坐标系为 WGS-84。社会经济统计数据方面,本文用到的 2002 年、2007 年、2013 年川南经济区统计数据来源于四川省历年统计年鉴、各地市统计年鉴,并根据地方政府统计公报进行插补完善。

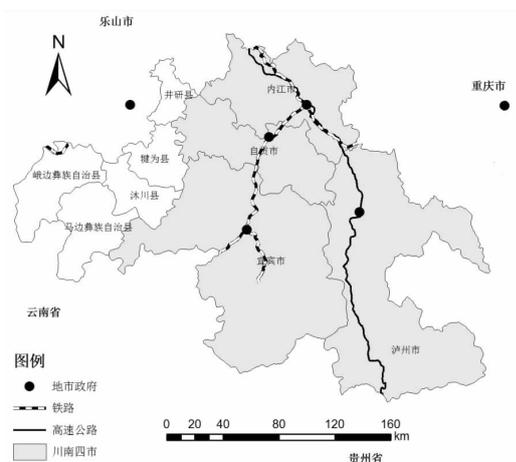


图 1 川南经济区地理区位图

2 研究方法

2.1 城镇联系理论基础

城镇联系及发展的理论研究,多从单一主城区用地的变化分析城镇的扩展特点,忽视了城市的内部差异

化;而且研究偏向于国家及省域层次的城市体系、空间结构、空间用地拓展等宏观尺度上的城市经济区领域,缺乏区域层次上地级市区县的城镇体系、区位差异和空间联系等微观尺度上的城镇经济区定量研究^[33]。本文在选取川南经济区研究时,利用长时间尺度的灯光影像数据进行系列分析,在充分考虑城市内部差异性的前提下,从区域层次的微观经济尺度上,对城镇经济区的城镇体系、区位强度差异、城镇空间联系及总体变化趋势进行定性、定量研究。

城镇模型数据通过引力模型对影像数据处理计算,克服了统计数据搜索难度大、指标多,难以大范围分析城镇区位及空间联系的弱点。

理论及实践创新上运用灯光分布图与 DN 值指标、灯光强度的空间联系相结合的方法,分析城镇联系是本文的创新之处,区县领域的分析,也丰富了区域性微观尺度的定量研究。

城镇联系的研究设计步骤。

(1) 根据川南行政区划裁剪的灯光影像分布图,对影像进行系统研究,分析川南城镇的总体分布情况,以此从时间尺度上对城镇体系发展过程进行整体客观把握。

(2) 以引力模型为基础,根据传统统计数据和 DMSP/OLS 影像数据计算两两城市间引力值,由引力矩阵推算川南地区的区位强度和差异,同时以统计数据进行区位强度的验证对比,以探寻其城镇化发展的内部差异性。

(3) 根据引力模型计算川南城际、区县单元的引力值,然后在行政区划上画出对应的最大引力分布图和城镇联系分布图,以此分析川南城镇化发展的总体趋势及城镇联系特点,并服务于川南经济区的建设发展。

2.2 夜间灯光数据处理

DMSP/OLS 夜间灯光数据,包括很多栅格影像,影像幅宽为 3000 km,空间分辨率为 1 km,光谱分辨率为 6 bit。由于不同卫星、不同年际的影像数据具有差异性和中心饱和性,所以要进行数据校正^[34]。本文应用不变目标法,选用鹤岗市作为不变目标区,并以无饱和的 F162006 数据为参考对象,构建校正模型进行校正。考虑到川南经济区的地理行政位置,并减小地理变形误

差,故采用 WGS84 的地理坐标系,投影方式是兰勃特等角圆锥投影(Lambert Conformal Conic Projection)。同时,为了避免中心城市灯光影像的溢出效应,这里采取经验阈值法进行 DN 总值的提取。

具体操作:首先对 2002 年、2007 年和 2013 年的 DMSP/OLS 灯光数据及中国行政区划进行兰勃特等角圆锥投影,转换为直角坐标系,然后用川南地区的行政区划边界对 3 年的 DMSP/OLS 灯光影像进行裁剪,经过投影变换和重采样后,即得到 2002 年、2007 年和 2013 年的川南经济区 DMSP/OLS 灯光数据。

全球的夜间灯光数据相互校正是由 Elvidge 等(2009)提出,本文使用不变目标法,具体校正方法如下:

第一步,确定参考区,根据年际统计数据变化小且 DN 值分布范围广的双项原则,即城镇发展水平较低,选定鹤岗市^[35]。

第二步,确定参考基准数据,根据 DN 值累积最高的原则,选取 F162006 年数据。

第三步,构建校正模型,以参考影像数据值为准,与待校正的影像数据回归求得相关参数(表 1)。

$$DN_{correct} = a \times DN^b \tag{1}$$

式中, $DN_{correct}$ 为校正后的影像灰度值, a 和 b 是常数。

表 1 夜间灯光数据幂数模型的参数

卫星	年份	a	b	R^2
F14	2002	0.9894	1.1583	0.9153
F16	2007	0.7314	1.2132	0.9369
F18	2013	0.5925	1.2876	0.8913

第四步,根据校正模型对影像数据进行校正。

调整后的灯光影像如图 2 ~ 图 4 所示。

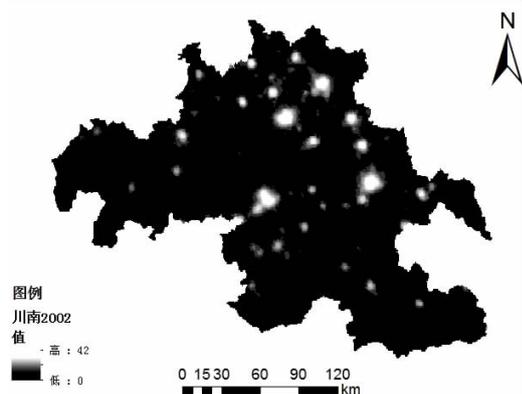


图 2 川南经济区 2002 年 DMSP/OLS 稳定灯光强度图

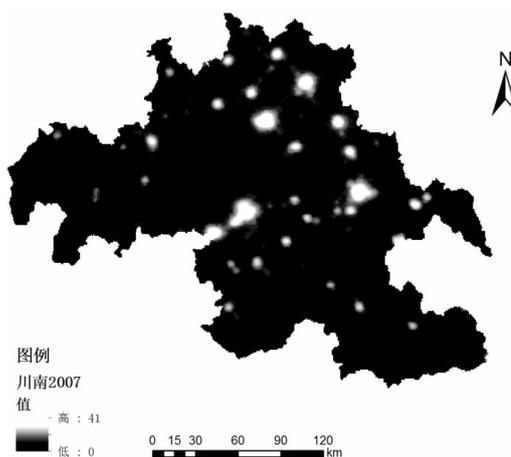


图 3 川南经济区 2007 年 DMSP/OLS 稳定灯光强度图

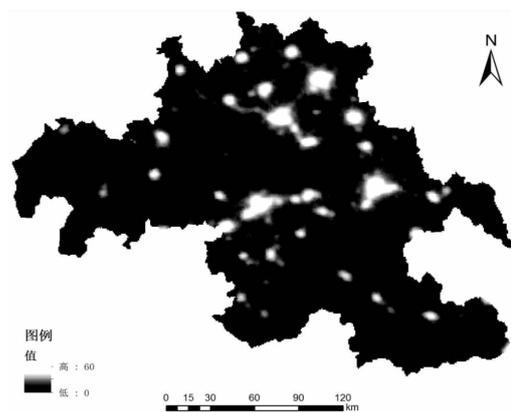


图 4 川南经济区 2013 年 DMSP/OLS 稳定灯光强度图

2.3 引力模型

现有研究中,多数学者选用城际间的功能流向用于分析城市的相互联系,一般用人口、经济、信息、物流等指标^[36]。关于城镇联系模型的研究,传统方法是以统计数据建立模型分析城市间相互联系,这种方式整体上比较准确,并且可操作性比实地调查相对简便。借助于引力模型,基于夜间灯光影像的定量研究则相对较少。

引力模型是现有模型中最常用的一种,通常用于研究城市间的作用联系。引力模型的含义是城市作用联系与经济规模成正比,而与城市距离成反比。

$$F_{ij} = \frac{P_i \times P_j}{D_{ij}^2} (i \neq j) \tag{2}$$

式中, F_{ij} 表示联系强度, P_i, P_j 代表经济规模, D_{ij} 是城市距离。模型的形式一般不变,不同的经济问题可用对应的参数定义。对于表示区域城市规模的变量,考虑到部分数据难以获取,在选择变量和参数时,一般选取与经济活动直接相关的变量,如地区 GDP,人均 GDP,人均

收入,人口数量等。

区位强度的统计数据引力计算以经济区中整体的行政区域城市为研究对象,需要注意的是,对于乐山五县,在研究市级层次时,为了方便计算,这里单独处理成一个独立的行政区域。引力模型公式为:

$$F_{ij} = \frac{\sqrt{P_i G_i} \times \sqrt{P_j G_j}}{D_{ij}^2} (i \neq j) \quad (3)$$

式中, F_{ij} 表示城市引力, G_i, G_j 代表城市的 GDP, P_i, P_j 为该地区的非农业人口, D_{ij} 是城市间距离。

区位强度的灯光数据引力计算参考已有的研究成果,建立城市间空间联系强度。引力模型公式为:

$$I_{ij} = \frac{\sqrt{P_i} \times \sqrt{P_j}}{D_{ij}^2} (i \neq j) \quad (4)$$

式中, I_{ij} 代表该地区的引力值, D_{ij} 代表两城市中的距离, P_i, P_j 代表城市的灯光强度^[37]。通过统计年鉴获取统计数据,使用模型计算出川南经济区各城市之间的引力值。

区位强度的综合计算通过计算各城市引力矩阵,即可求得区位强度。区位强度的含义是单体城市与领域内其它所有城市引力总和占领域内全部城市的引力总和百分比。

$$R_i = \frac{\sum_j F_{ij}}{F_{\text{总}}} (i \neq j; i \in [1, n]; j = n) \quad (5)$$

$$F_{\text{总}} = \sum F_{ij} (i \in [1, n-1]; j \in [i+1, n]) \quad (6)$$

式中, R_i 为城市 i 的区位强度, n 为区域内的城市数量。

城镇空间联系的分析主要包括城市最大引力线和引力线分布图的绘制和经济扩展的趋势分析两部分。本文从城市和区县两个层次上进行分析。

首先画最大引力连接线,根据两两城市的引力画出最大引力的连接线 $I_i^{\max}, I_i^{\max} = (I_{i1}, I_{i2}, \dots, I_{in})$ 。然后根据画出的引力分布图,就可以观察其演变规律,并归纳总结空间联系特征及联系分布图,分析经济扩展的趋势。

整体而言,引力模型在一定的范围内,可使城镇结构精确化,在城镇联系及发展的研究中,应用广泛。它能够精确刻画城市联系的强弱,在管理学意义上具有重要的区域经济价值。本文根据 DMSP/OLS 灯光影像数据,运用引力模型分析川南经济区的城镇区位强度、空

间联系。在空间联系分析上,主要通过画出引力分布图分析川南经济区城镇联系扩展规律和变化特征。

3 结果与分析

3.1 川南经济区灯光影像整体分析

城镇总体分布:以川南四市为“核心”的多中心网络格局基本形成(图 5、图 6)。

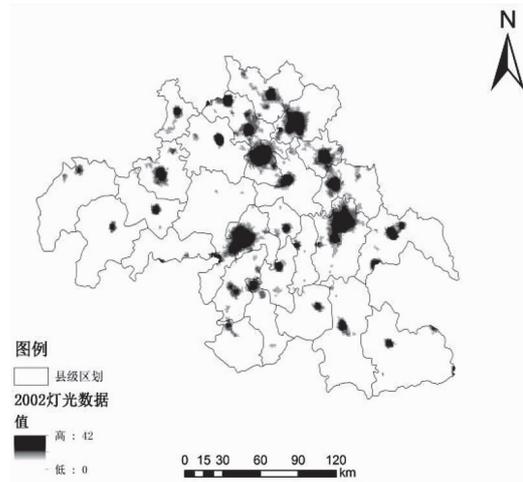


图 5 川南经济区 2002 年灯光分布图

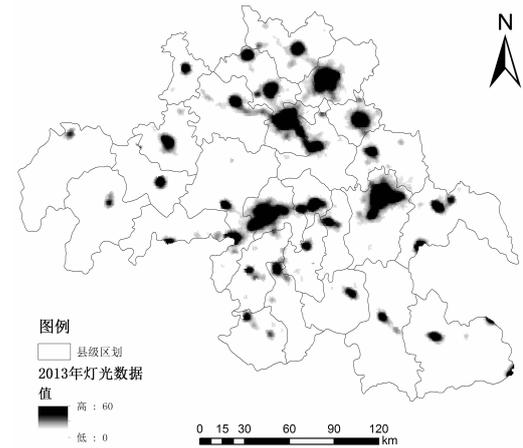


图 6 川南经济区 2013 年灯光分布图

由图 5 和图 6 可知,川南经济区总体形成以内江、自贡、宜宾和泸州为核心的多中心星状式结构。川南经济区总体分布是一种以自贡、内江、泸州、宜宾为“核心”,以其周边县镇区域为“网络连接点”的 M-C-N 结构。区域内的灯光密度呈现出显著的差异性,按照四川省的行政地区边界范围,其中 2013 年自贡、内江、宜宾和泸州的灯光密度分别为 $4.75/\text{km}^2$ 、 $6.49/\text{km}^2$ 、 $2.64/\text{km}^2$ 和 $2.34/\text{km}^2$,是典型的密集区,而乐山五县

城镇,其灯光密度仅为 $0.9/km^2$,是明显的低密度区,川南整体的灯光密度为 $2.91/km^2$,从近年来的灯光占比知(表2),川南四市区域灯光占比达94.1%,乐山五县区域占比仅为5.9%。尽管泸州、内江两市占比有所下降,但仍然不影响川南四市的主体地位。

表2 川南经济区区域灯光数据

指标	川南区域	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
DN 总值	12 700	20 824	34 967	28 636	35 082	7491
DN 密度	2.91	4.75	6.49	2.34	2.64	0.9
DN 密度变化	1.84	3.12	3.94	1.33	1.89	0.52
DN 占比/%	100	16.4	27.53	22.55	27.62	5.9
DN 占比变化/%	0.00	0.99	-2.07	-4.12	6.13	-0.93

由图5、图6可知,目前该区域呈现显著的城镇经济区集群特征,以荣县-自贡市区-富顺县、内江市、宜宾县-宜宾市辖区-南溪县和泸州市区为核心,以绵遂内宜铁路(银昆高速)、渝昆铁路(成渝环线高速)的长江段与蓉遵高速公路为主轴发展线的“点轴格局”特征显著。点轴外的灯光密集区仅有隆昌、资中、威远和犍为等地零星分布。泸州市辖区、宜宾县-宜宾市辖区-南溪县区域即成渝环线高速公路及渝昆铁路川内区域为长江上游经济区的“核心”,该地为连接滇黔渝的主要交通物流中转枢纽,并承担川南经济区的港口运输和白酒基地的物流经济功能。

3.2 基于DMSP/OLS和统计数据的川南区位强度分析

3.2.1 基于统计数据的引力模型和城市引力矩阵

川南经济区各城市地区GDP和非农业人口见表3~表5。

表3 川南经济区2002年各城市GDP与非农业人口数据

城市	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
GDP/亿元	181.23	178.22	192.22	258.3	57.77
人口/万人	74.8	75.2	74.0	85.0	21.89

注:统计数据来源:四川省统计年鉴2003,川南经济区各城市统计年鉴2003。

表4 川南经济区2007年各城市GDP与非农业人口数据

城市	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
GDP/亿元	394.15	374.61	403.90	529.05	121.95
人口/万人	99.1	82.1	84.9	94.5	25.0

注:统计数据来源:四川省统计年鉴2008,川南经济区各城市统计年鉴2008。

根据川南经济区区位图,用ArcGIS软件测算各城市

的距离,计算结果见表6。

表5 川南经济区2013年各城市GDP与非农业人口数据

城市	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
GDP/亿元	1001.6	1069.34	1140.48	1342.89	290.73
人口/万人	112.52	96.4	152.3	106.2	36.42

注:统计数据来源:四川省统计年鉴2014,川南经济区各城市统计年鉴2014。

表6 川南经济区各城市间直线距离(单位:公里)

	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
自贡	0	38.2	82.9	66.7	81.8
内江	38.2	0	87.3	100.7	115.3
泸州	82.9	87.3	0	79.1	150
宜宾	66.7	100.7	79.1	0	84.5
乐山五县	81.8	115.3	150	84.5	0

将表3~表5中的GDP与非农业人口统计数据与表6中的各城市距离代入式(3)计算得到各城市的引力值,最后得到的引力值矩阵(表7~表9)。

表7 川南经济区2002年各城市间引力值矩阵(统计数据)

	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
自贡	0	9.24	2.02	3.88	0.62
内江	9.24	0	1.81	1.69	0.31
泸州	2.02	1.81	0	2.82	0.19
宜宾	3.88	1.69	2.82	0	0.74
乐山五县	0.62	0.31	0.19	0.74	0

表8 川南经济区2007年各城市间引力值矩阵(统计数据)

	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
自贡	0	23.76	5.33	9.93	1.63
内江	23.76	0	4.26	3.87	0.73
泸州	5.33	4.26	0	6.62	0.45
宜宾	9.93	3.87	6.62	0	1.73
乐山五县	1.63	0.73	0.45	1.73	0

表9 川南经济区2013年各城市间引力值矩阵(统计数据)

	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
自贡	0	73.86	20.36	28.50	5.16
内江	73.86	0	17.56	11.96	2.49
泸州	20.36	17.56	0	25.15	1.91
宜宾	28.50	11.96	25.15	0	5.44
乐山五县	5.16	2.49	1.91	5.44	0

3.2.2 基于DMSP/OLS灯光数据的引力模型和城市间引力矩阵

已有研究证明:DN总值与不同类型产业数量之间的相关性都较高(房地产业最高),DN总值与城市发展水平、区域地理条件、区域产业政策相关性较大,随着产业结构的升级,DN总值也在增大。DN总值在某种水平上可反映出区域产业结构发展、演变以及城镇化水平,它可用于区域产业结构及其演变分析、城市区域发

展和城镇化规划等。

通过对行政边界范围内灯光影像的像元 DN 值进行统计,加权求和即得到整个区域的灯光强度(表 10)。

表 10 川南经济区各城市区域灯光强度统计表

城市	2002 年	2007 年	2013 年
自贡	7160	12 918	20 824
内江	13 752	23 127	34 967
泸州	12 390	21 183	28 636
宜宾	9983	26 190	35 082
乐山五县	3176	8263	7491

将表 10 中的灯光强度数据与表 6 中的各城市间直线距离代入式(4)计算各城市之间的引力值,得到的引力值矩阵(表 11~表 13)。

表 11 川南经济区 2002 年各城市间引力值矩阵(灯光数据)

	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
自贡	0	6.80	1.37	1.90	0.71
内江	6.80	0	1.71	1.16	0.50
泸州	1.37	1.71	0	1.78	0.28
宜宾	1.90	1.16	1.78	0	0.79
乐山五县	0.71	0.50	0.28	0.79	0

表 12 川南经济区 2007 年各城市间引力值矩阵(灯光数据)

	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
自贡	0	11.84	2.41	4.13	1.54
内江	11.84	0	2.90	2.43	1.04
泸州	2.41	2.90	0	3.76	0.59
宜宾	4.13	2.43	3.76	0	2.06
乐山五县	1.54	1.04	0.59	2.06	0

表 13 川南经济区 2013 年各城市间引力值矩阵(灯光数据)

	自贡	内江	泸州	宜宾	乐山五县
自贡	0	18.49	3.55	6.08	1.87
内江	18.49	0	4.15	3.45	1.22
泸州	3.55	4.15	0	5.07	0.65
宜宾	6.08	3.45	5.07	0	2.27
乐山五县	1.87	1.22	0.65	2.27	0

3.2.3 川南区位强度分析

根据区位强度公式(5)式和(6)式,分别对表 7~表 9 中的统计引力值和表 11~表 13 的灯光引力值进行计算,计算结果见表 14、表 15。

表 14 川南经济区各城市间区位强度统计表(统计数据)

城市	2002 年	2007 年	2013 年
自贡	0.6758	0.6971	0.6647
内江	0.5596	0.5594	0.5503
泸州	0.2933	0.2857	0.3378
宜宾	0.3915	0.3799	0.3693
乐山五县	0.0798	0.0779	0.0780

表 15 川南经济区各城市间区位强度统计表(灯光数据)

城市	2002 年	2007 年	2013 年
自贡	0.6341	0.6092	0.6408
内江	0.5982	0.5569	0.5835
泸州	0.3024	0.2954	0.2868
宜宾	0.3312	0.3786	0.3605
乐山五县	0.1341	0.1599	0.1284

通过对比传统统计数据 and 灯光数据的区位强度,可知二者整体上都维持着一致的总体趋势,误差比较小。这表明:夜间灯光数据在一定程度上与经济活动方面的参数有着较高的相关性,可定量研究城市发展、城镇化进程、城镇联系、空间结构演变等领域。

自贡和内江在三个年份中利用灯光数据和统计数据计算的值相较其它城市而言,有较小的偏差,变化范围分别在 0.6 至 0.7,0.5 至 0.6 之间,偏差都在 0.1 以内。其中自贡、宜宾的灯光计算值始终比统计计算值偏小,内江和泸州的灯光计算值与统计计算值时高时低,而乐山五县的灯光计算值始终比统计计算值偏大。近十年各个城市之间的经济区位强度变化不大,相对都比较稳定。按数值划分可分为三级:自贡和内江的区位强度始终处在第一级,都在 0.5 以上,泸州和宜宾处于第二级,在 0.2 到 0.4 之间,第三级即 0 至 0.2 之间的城市为乐山五县。

综上所述:川南地区整体形成自贡、内江为核心、宜宾、泸州为次级、乐山五县为三等级的区位特征。

川南经济区的三个等级划分,主要是受地理上城市距离分布的影响。虽然从 GDP、人口和灯光总亮度上自贡、内江、泸州、宜宾相差不大,且泸州、宜宾的总量大于自贡、内江,但是从引力模型上分析,自贡和内江的较近距离对两个城市的经济区位强度起着决定性作用。而泸州、宜宾的城市地理分布上较为偏远,因此经济区位强度相对较低。

大部分城市在近十年里的影响强度都有略微下降,自贡和内江的经济区位强度始终保持较高的水平,分别占 60%~70%、50%~60%,表明自贡和内江处于经济区的中心位置,在地理上对经济区中其它城市的总体联系影响较大。宜宾在近十年中略有波动,其经济区位强度占 30%~40%,但距离周边城市相对较远,地理上与自贡和内江的联系受到一定程度的影响,且南部有较多山区,在一定程度上对其它地区的辐射影响强度有所阻

碍。泸州在近十年中变化比较稳定,其经济区位强度占25%~35%,距离周边城市都很远,地理上与其他城市的联系受到很大程度的影响,在一定程度上对其它地区的辐射影响强度阻碍较大。乐山五县是从乐山分割出的几个县城,与川南四市相比,区域面积、经济总量和人口都很小,而且地理分布呈现由南向北发展,其经济区位强度占7%~16%,虽然距离自贡、内江、宜宾相对较近,但其经济总量和人口都很小,因此在一定程度上对其它地区的辐射影响强度最弱。

3.3 川南经济区城镇空间联系强度分析

3.3.1 川南经济区城市空间联系强度分析

画最大引力连接线:计算*i*城市和其它各城市的引力值,选择引力最大的连接线 I_i^{max} ,根据城市的最大引力连接线即可得到整个城镇体系的引力分布图,如图7~图9所示。根据引力图即可得出川南城市联系分布图(图10)。

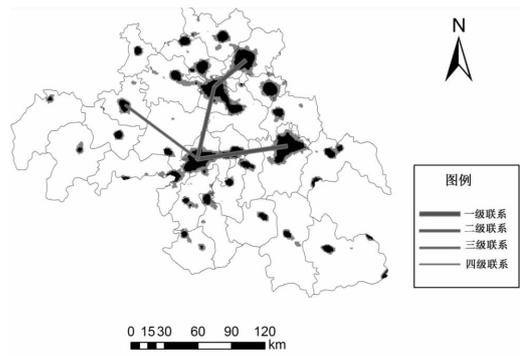


图9 2013年川南经济区最大引力线分布图

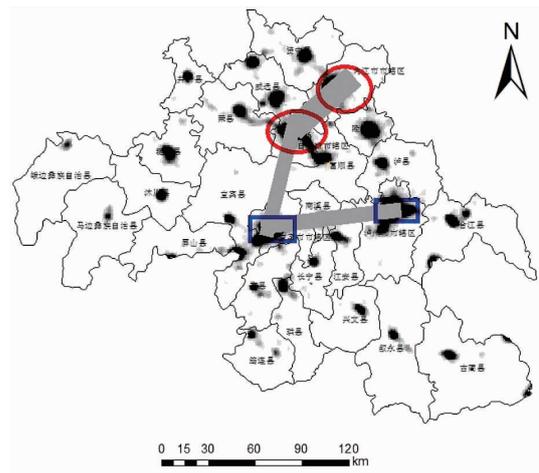


图10 川南经济区城市联系分布图

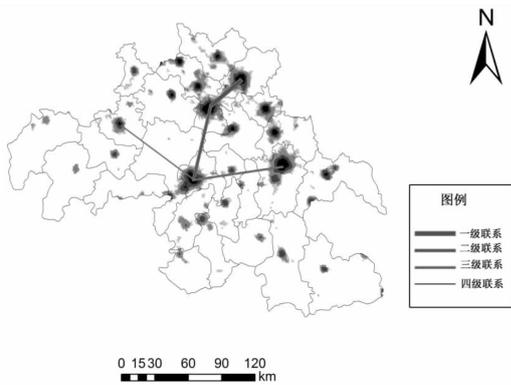


图7 2002年川南经济区最大引力线分布图

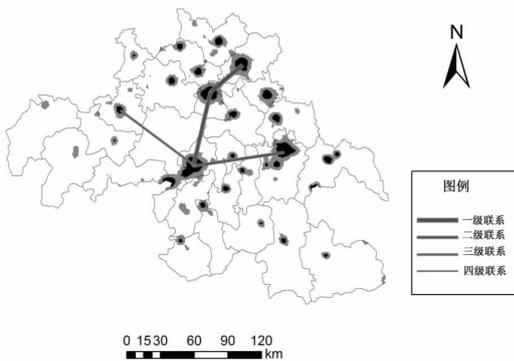


图8 2007年川南经济区最大引力线分布图

将城市联系的引力分布图按联系强弱划分等级,引力值的总和越大,联系越强。城市的引力线越粗,数目越多,该城市的引力和联系就越强。由图10可知,川南地区城

市一直保持“双核双副”的多中心城市团体系,城际联系已形成特殊的点轴状结构,在各时间节点均显著;内江、自贡、宜宾、泸州始终是川南经济区的多核心群团。随着城市规模的拓展,城市的结构联系轴带化趋势十分明显。

2002年,“双核双副”城市团结构已经突显,其中自贡和内江引力值最强,城市联系最为紧密,其次是宜宾和自贡,泸州和宜宾、乐山五县和宜宾联系较小。2007年,除原有的自贡和内江引力最强,联系最为紧密外,宜宾和自贡的联系逐渐加强并升级为一级联系,泸州和宜宾之间的联系、乐山五县和宜宾之间的联系都不断增强和升级,轴带化趋势开始显现。2013年,自贡和内江两市的影响范围继续扩大,各市的辐射能力均有增强,其中泸州和宜宾联系已升级为一级,辐射能力明显增强,乐山五县的总体影响范围也略有显现。

从灯光斑块分布分析,2002年,川南四市只是点状发展,城市联系较少,川南各县以四市为核心发展;2007年,川南四市点状发展不断增强,其中宜宾市辖区开始

向西南宜宾县与屏山县交界处发展,泸州市辖区也沿着长江一带向西南延伸,泸州、宜宾的长江沿岸轴带化趋势加深;2013 年,四市斑块有显著的扩张发展,其中自贡市辖区向东南延伸,和富顺连接成片;内江市辖区开始向自贡方向延伸;宜宾向西南宜宾县和屏山县交界处延伸,宜宾市辖区东部也有所扩张,轴带化趋势很强;泸州市辖区分别向西南和东部延伸,这和宜宾的趋势相同;在自然环境、交通通道和区位条件上,自贡市区向东南发展,主要是得益于成泸高速和省道的交通优势;内江向自贡方向延伸则突显两市联系紧密,经济一体化的利益需求;宜宾和泸州的轴带化趋势主要是由于两市依附于长江一带临港产业,并且有成渝环线高速和渝昆铁路的物流区位优势所致。

3.3.2 川南经济区各区县空间联系强度分析

各区县空间联系分析主要包括区县最大引力线和引力线分布图的绘制和经济扩展的趋势分析两部分。类比城市空间联系的方法,区县的引力分布图如图 11 ~ 图 13 所示。根据引力图即可得到区县层级的城镇联系分布图(图 14)。

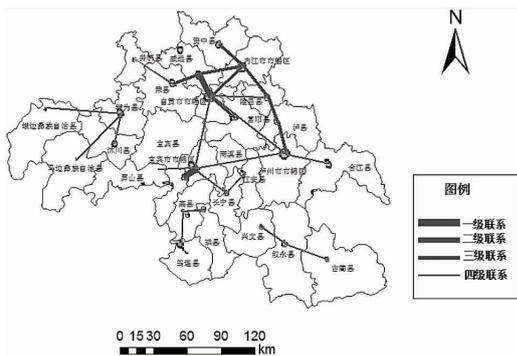


图 11 2002 年川南各区县最大引力线分布图

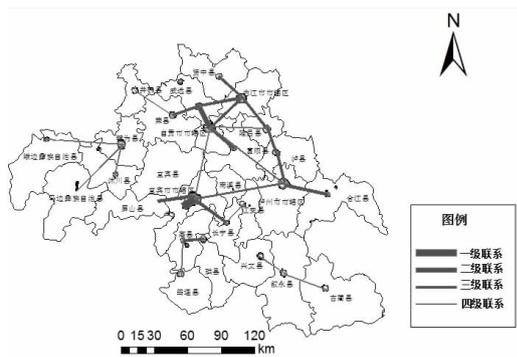


图 12 2007 年川南各区县最大引力线分布图

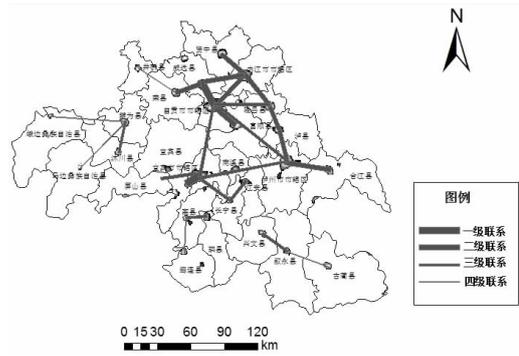


图 13 2013 年川南各区县最大引力线分布图

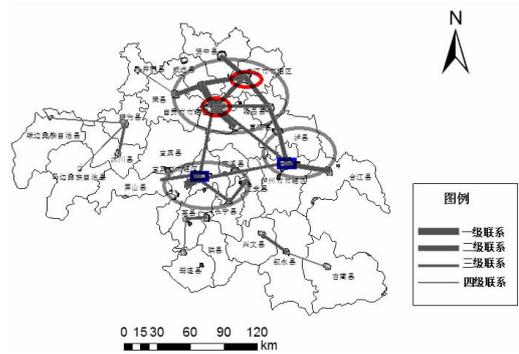


图 14 川南区县城镇联系分布图

川南经济区城镇内部空间形成了以自贡、内江市区为核心,泸州、宜宾市区为副核心的“双核双副”的网络化圈层结构体系,川南区县内部分化为以自贡 - 内江市区、泸州市区和宜宾市区为中心的 3 个城镇联系经济圈(图 15)。在城镇带联系发展中形成“一轴四带”的结构体系,在各时间节点均显著。内江、自贡、宜宾与泸州市区始终是川南经济区内的多核心团体。随着城镇规模的扩张,区县结构网络化趋势明显。2002 年自贡市区和内江市区的网络化辐射已比较明显,泸州市区 - 泸县 - 隆昌县开始轴带化,宜宾市区开始星状辐射发展,其中自贡市区 - 威远县、宜宾市区 - 宜宾县的引力值最强,区县联系最为紧密;其次是自贡市区 - 内江市区、自贡市区 - 富顺县、内江市区 - 资中县、内江市区 - 威远县、内江市区 - 隆昌县、荣县 - 威远县,泸州市区 - 泸县、泸县 - 隆昌县;乐山五县与其它地区联系较少,内部联系则以犍为县为中心。自贡、宜宾、泸州市区间联系较弱。2007 年,在 2002 年原有的区县联系体系基础上,宜宾市区和宜宾县联系逐渐加强并升级为一级联系;此外,泸州市区 - 合江县、高县 - 珙县、宜宾市区 - 长宁县/屏山县的联系也逐步的加强;川南区县网络化趋势开始显现

出来。但是,自贡、宜宾、泸州市区间联系依然较弱,乐山五县与其它地区联系依然较少,内部联系没有变化。2013年与2007年相比,川南四市城区的影响范围继续扩大,各市的辐射能力均有增强,自贡市区和威远县升级为一级联系,自贡市区-富顺县、自贡市区-内江市市区、内江市市区-资中县、内江市市区-威远县、内江市市区-隆昌县、荣县-威远县、泸州市市区-泸县及合江县、泸县-隆昌县、长宁县-江安县、兴文县-叙永县、犍为县-沐川县联系均得到增强;自贡、宜宾、泸州市区间联系增强,川南区县网络化趋势已十分明显。不过,乐山五县的总体对外联系仍没有显现出来。

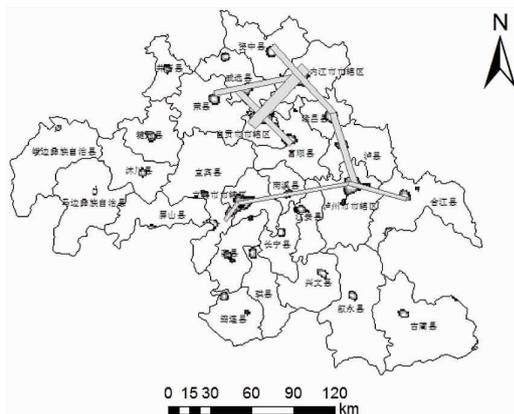


图 15 川南区县城镇带分布图

4 结束语

本文基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据,以传统统计数据为辅助,运用引力模型对川南经济区的城镇区位强度、空间联系进行了研究,并探讨了城镇化发展趋势及城镇联系特点。通过计算分析发现,川南经济区总体形成以自贡、内江为核心,泸州、宜宾为副核心的“双核双副”多中心网络结构。受地理影响,自贡、内江的经济区位强度最强,川南内部分化为三个区位等级;空间联系上,川南经济区空间内部长期保持着“双核双副”的城市团体系,城际联系形成特殊的点轴状结构,城际轴带化趋势明显,在各时间节点均显著;区县联系层次上,川南经济区内形成了“双核双副一轴四带”的区县团体系,随着城镇规模的扩张,城镇联系不断的深化,各县镇围绕中心城区发展,区县间结构网络化趋势明显。区县领域的灯光数据研究为城镇空间结构及经济联系提供了一种更为细致的研究方法,丰富了城镇联系的定量研究。

此外,在计算区县层次的城镇联系时还发现,根据城镇结构、经济发展情况,自贡、内江、宜宾、泸州四个城市周边已形成三个城镇联系经济圈,周边区县与中心市区联系十分紧密,亟需以区域的发展理念指导城市规划,以期推动区域城市化的发展。目前,川南城镇化正在城市范畴内扩散,政府在规划时可着手从政策上给予自贡和内江的合作环境,并促进宜宾、泸州两地的联系,加快构建自贡与内江、泸州、宜宾等区域性城市团,促进城镇一体化的发展。

运用引力模型分析城市空间联系时,以夜间灯光亮度替代传统统计数据的研究方法还有很多细节值得商榷,例如提取灯光数据的阈值选取,以欧式空间距离表述城市通达性的实效程度,不同地区利用引力模型所达到的实际效果。还有,目前学者们多数侧重于省级大尺度城市联系的定量及定性分析,而缺乏小尺度区县层次的定量分析,这方面以后可作为研究者的一个研究方向。

参考文献:

- [1] 方创琳,周成虎,顾朝林,等.特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J].地理学报,2016,71(4):531-550.
- [2] 蔡凌雁.城市化后期城镇建设用地空间演变模拟研究[D].南京:南京大学,2017.
- [3] 方创琳.改革开放30年来中国的城市化与城镇发展[J].经济地理,2009,29(1):19-25.
- [4] 李娜.基于夜间灯光数据对我国城镇发展的探讨[D].兰州:兰州大学,2016.
- [5] 陈玉光.大城市空间扩展方式与空间结构研究的历史演进及未来展望[J].江淮论坛,2017,285(5):60-65.
- [6] 李保杰,顾和和,纪亚洲,等.基于地学信息图谱的矿业城市空间扩展研究——以徐州市为例[J].地域研究与开发,2012,31(1):50-54.
- [7] 陈东湘,周生路,吴绍华.基于遥感评价城市扩张对耕地质量等级结构及产能的影响[J].农业工程学报,2017,33(13):264-269.
- [8] 李全林,马晓冬,朱传耿,等.基于GIS的盐城城市空间结构演化分析[J].地理与地理信息科学,2007,23

- (3):69-73.
- [9] 董晨炜,曹宇,谭永忠.基于夜间灯光数据的环杭州湾城市扩张及植被变化[J].应用生态学报,2017,28(1):231-238.
- [10] 王晓慧.基于DMSP/OLS夜间灯光数据的中国近30年城镇扩展研究[D].南京:南京大学,2013.
- [11] YI N H, JIAN P, YANXU L, et al. Mapping Development Pattern in Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration Using DMSP/OLS Nighttime Light Data[J]. Remote Sensing, 2017, 9(7):760.
- [12] RICHARD F, CHARLOTTA M, TIM G. Global Metropolis: Assessing Economic Activity in Urban Centers Based on Night-time Satellite Images[J]. Professional Geographer, 2010, 64(2):178-187.
- [13] LIU H, LIN M A, GUOPING L I, et al. Pattern evolution and its contributory factor of cold spots and hot spots of economic development in Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. Geographical Research, 2017(1):97-108.
- [14] QI K, HU Y, CHENG C, et al. Transferability of Economy Estimation Based on DMSP/OLS Night-Time Light[J]. Remote Sensing, 2017, 9(8):786.
- [15] HENDERSON J V, STOREYGARD A, WEIL D N. Measuring Economic Growth from Outer Space[J]. American Economic Review, 2012, 102(2):994-1028.
- [16] TRIPATHY B R, TIWARI V, PANDEY V, et al. Estimation of Urban Population Dynamics Using DMSP/OLS Night-Time Lights Time Series Sensors Data[J]. IEEE Sensors Journal, 2017, 17(4):1013-1020.
- [17] HUANG Q, YANG Y, LI Y, et al. A Simulation Study on the Urban Population of China Based on Night-time Light Data Acquired from DMSP/OLS[J]. Sustainability, 2016, 8(6):521.
- [18] TRIPATHY B R, TIWARI V, PANDEY V, et al. Estimation of Urban Population Dynamics Using DMSP/OLS Night-Time Lights Time Series Sensors Data[J]. IEEE Sensors Journal, 2017, 17(4):1013-1020.
- [19] SUTTON P C, TAYLOR M J, ELVIDGE C D. Using DMSP/OLS Imagery to Characterize Urban Populations in Developed and Developing Countries [M]. Remote Sensing of Urban and Suburban Areas, 2010, 329-348.
- [20] XIE Y, WENG Q. World energy consumption pattern as revealed by DMSP-OLS nighttime light imagery [J]. Mapping Sciences & Remote Sensing, 2016, 53(2):265-282.
- [21] ZHANG X, WU J, PENG J, et al. The Uncertainty of Nighttime Light Data in Estimating Carbon Dioxide Emissions in China: A Comparison between DMSP/OLS and NPP-VIIRS[J]. Remote Sensing, 2017, 9(8):797.
- [22] 邹进贵,陈艳华,田径,等.基于ArcGIS的DMSP/OLS夜间灯光影像校正模型的构建[J].测绘地理信息, 2014, 39(4):33-37.
- [23] LI X, ZHOU Y. A Stepwise Calibration of Global DMSP/OLS Stable Nighttime Light Data (1992-2013)[J]. Remote Sensing, 2017, 9(6):63701-63714.
- [24] JIA T, CHEN K, WANG J. Characterizing the Growth Patterns of 45 Major Metropolitans in Mainland China Using DMSP/OLS Data [J]. Remote Sensing, 2017, 9(6):571.
- [25] 杨眉,王世新,周艺,等.DMSP/OLS夜间灯光数据应用研究综述[J].遥感技术与应用, 2011, 26(1):45-51.
- [26] SUTTON P, ROBERTS D, ELVIDGE C, et al. Census from Heaven: An estimate of the global human population using night-time satellite imagery [J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(16):3061-3076.
- [27] LIU Y, YANG Y, JING W, et al. A new urban index for expressing inner-city patterns based on MODIS LST and EVI regulated DMSP/OLS NTL[J]. Remote Sensing, 2017, 9(8):777.
- [28] BENNETT M M, SMITH L C. Advances in using multi-temporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics [J]. Remote Sensing of Environment, 2017, 192:176-197.

- [29] 张仲元.基于GIS的中原城市群空间结构与布局研究[D].开封:河南大学,2008.
- [30] 顾朝林,庞海峰.基于重力模型的中国城市体系空间联系与层域划分[J].地理研究,2008,27(1):1-12.
- [31] 张陆,高素英.多中心视角下的京津冀都市圈空间联系分析[J].城市发展研究,2014,21(5):49-54.
- [32] 刘建朝,高素英.基于城市联系强度与城市流的京津冀城市群空间联系研究[J].地域研究与开发,2013,32(2):57-61.
- [33] 吴健生,赫胜彬,彭建,等.基于DMSP-OLS数据的城市发展空间特征研究[J].地理与地理信息科学,2014,30(2):20-25.
- [34] 曹子阳,吴志峰,匡耀求,等.DMSP/OLS夜间灯光影像中国区域的校正及应用[J].地球信息科学学报,2015,17(9):1092-1102.
- [35] WU J, HE S, PENG J, et al. Intercalibration of DMSP/OLS night-time light data by the invariant region method[J]. International Journal of Remote Sensing, 2013, 34(20):7356-7368.
- [36] 徐慧超,韩增林,赵林,等.中原经济区城市经济联系时空变化分析——基于城市流强度的视角[J].经济地理,2013,33(6):53-58.
- [37] 张雨晨.基于DMSP/OLS夜间灯光数据的中原城市群时空格局分析[D].成都:成都理工大学,2016.

Study on Urban Connection of South Sichuan Economic Zone Based on the DMSP/OLS Night-Time Satellite Data

WANG Junxiang, CHEN Yijun, GUO Lan, HAN Bing, BI Huan

(School of Management, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong 643000, China)

Abstract: Urban development and urban contact are important research areas of regional economic development. Differing from the traditional statistical analysis of data, according to the 2002, 2007 and 2013 year night-time Satellite data & the lighting image and the traditional statistical data for auxiliary, the location intensity and urban spatial relation of South Sichuan economic zone is analyzed by using gravity model, in order to explore the development trend of urbanization and the characteristics of urban contact. The result shows that the South Sichuan Economic Zone has formed a multi center network structure with Zigong and Neijiang as the core, Luzhou and Yibin as the secondary core. The most location intensity is Zigong city, followed by Neijiang city. The intercity connection has formed a “dinuclear, sub core” of point axis structure, intercity axial band trend is very obvious. For the county level connection, the South Sichuan Economic Zone has formed a “dual core, sub center, one axis and four belt” of the county league system, while the county contact has formed a typical network structure. The research of lighting data in county and district provides a more detailed research method for urban spatial structure and economic linkage, and enriches the quantitative study of town contact.

Key words: South Sichuan Economic Zone; lighting data; gravity model; contact of towns and cities