

# 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的黄土高原地区城镇化发展研究

张桂霞, 夏嘉欣, 魏建洲\* (甘肃农业大学理学院数量生物研究中心, 甘肃兰州 730070)

**摘要** 在时间和空间上,对黄土高原地区人口和城镇化发展情况做出定量评估,考虑到 DMSP-OLS 夜间灯光与社会经济指标的相关性,对 DMSP-OLS 夜间灯光数据校正处理后,提取黄土高原地区数据,与该地区人口和城镇化率进行比较,结果表明,黄土高原地区人口数量变化在空间上和 DMSP-OLS 夜间灯光有相关性,同时在选取的该地区 23 个典型研究县域上,城镇化率和 DMSP-OLS 夜间灯光呈高度线性相关,因此,DMSP-OLS 夜间灯光数据作为表征该地区人口和城镇化发展情况的综合指数是合理、可行的。

**关键词** 黄土高原;夜间灯光;城镇化

中图分类号 TP 79 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)07-0001-05

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2019.07.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Study on Urbanization Development Based on DMSP-OLS Nighttime Light Data in Loess Plateau

ZHANG Gui-xia, XIA Jia-xin, WEI Jian-zhou (Center for Quantitative Biology, College of Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070)

**Abstract** In order to evaluate the population and urbanization development on both temporally and spatially quantitatively in the Loess Plateau area, the data of DMSP-OLS nighttime light was corrected and extracted, considering the correlation between DMSP-OLS nighttime light and socio-economic indicators, and the data was used to compare with the population and urbanization rate data. The results showed that the change of population in the Loess Plateau was correlated spatially with the DMSP-OLS nighttime light. At the same time, the urbanization rate and nighttime light of DMSP-OLS were highly linear correlated in 23 typical study counties. Therefore, the DMSP-OLS nighttime light data could be used to characterize the population and the development of urbanization in this region. It was reasonable and feasible to regard DMSP-OLS data as a synthetic index to represent the population and urbanization development in the Loess Plateau area.

**Key words** Loess Plateau; Nighttime light; Urbanization

黄土高原总面积 64 万 km<sup>2</sup>,为我国四大高原之一,大致在我国大陆的地理中心区域。长期以来由于人口增长,过度开垦、过度放牧、过度樵采持续加剧了该地区水土流失和土地退化。黄土高原已成为世界上水土流失最严重和生态环境最脆弱的地区之一,20 世纪 50 年代,该地区开展了兴修梯田、植树造林、小流域综合治理、退耕还林还草等一系列的生态治理工程<sup>[1]</sup>,1999 年开始实施的退耕还林还草工程,在恢复黄土高原脆弱的生态环境方面取得了明显成效<sup>[2-4]</sup>。为何在此之前的生态恢复工程效果不明显而退耕还林还草工程取得了显著成效。究其原因,与该地区社会经济发展水平的提高密不可分。但衡量一个地区的社会经济发展水平,往往涉及到人口、经济、政策等因素的耦合<sup>[5-6]</sup>。因此寻求一种能表征地区社会经济发展的综合指示因子,对于研究人与自然生态系统的相互作用至关重要。

夜间灯光强度可以反映一个地区的社会经济发展水平,从遥感角度考虑将夜间灯光数据作为表征一个地区社会经济发展程度的综合指示因子,这为合理地定量化人类活动提供了一条可行途径。李德仁等<sup>[7]</sup>基于夜光遥感数据研究了“一带一路”沿线国家的城市体系空间结构和时空演化趋势。Gao 等<sup>[8]</sup>利用夜间灯光数据分析了 1992—2012 年我国城市化水平动态,发现城市化空间扩张水平可用 DMSP/OLS 夜间稳定灯光数据相对准确地反映。倪金星等<sup>[9]</sup>基于 DMSP/

OLS 夜间灯光数据结合我国 2 303 个县域单元 1998—2013 年人均 GDP 数据,研究了我国县域经济发展的空间格局。Elvidge 等<sup>[10]</sup>发现 DMSP/OLS 数据与人口数、用电水平、经济水平之间存在较强相关关系,因此,使用 DMSP/OLS 数据表征一个地区经济社会发展水平是可行的、合理的。

为有效、准确地衡量黄土高原地区城镇化发展趋势,以此评估城镇化过程对该地区生态环境的影响,笔者选取典型研究县域,收集整理研究县域城镇人口和农业人口数据,用此表示该地区城镇化发展情况。使用空间数据挖掘方法,收集 1992—2013 年 DMSP/OLS 夜间稳定灯光遥感数据,用统计分析手段揭示 DMSP/OLS 夜间灯光数据表征黄土高原地区城镇化动态发展的合理性和可行性。

### 1 研究区概况与数据来源

**1.1 研究区概况** 黄土高原地处黄河中上游区域,地理跨度大致为 100°~114°E、32°~41°N。该地区气候具有典型大陆性季风气候特征,气候分布具有明显的地带性规律,西北部属中温带半干旱区,中部属暖温带半干旱区,东南部属暖温带半湿润区。年降水量为 150~750 mm,降水在区域上季节上分布极不均匀,年降水量从东南到西北逐渐减少;降水集中在夏秋两季,春冬则干旱缺水。地形西北高、东南低。大部分区域为厚层黄土覆盖,经长期风蚀、水蚀,以及人为改造,黄土高原地貌破碎化程度很高,该区域生态环境也极为脆弱(图 1)。

**1.2 数据来源及预处理** 研究数据有两部分:第一部分,表征人口变化和城镇化的数据,在知网中国经济大数据研究平台(<http://data.cnki.net/>)中收集整理,以及人口空间分布数据下载自中国科学院资源环境数据云平台上中国人口空间

**基金项目** 甘肃农业大学盛彤笙科技创新基金(GSAU-STIS-1326);甘肃农业大学理学院双创项目(lxysc201828)。

**作者简介** 张桂霞(1996—),女,甘肃定西人,从事应用统计学研究。  
\*通信作者,讲师,硕士,从事气候变化与生态系统模拟研究。

**收稿日期** 2018-11-27

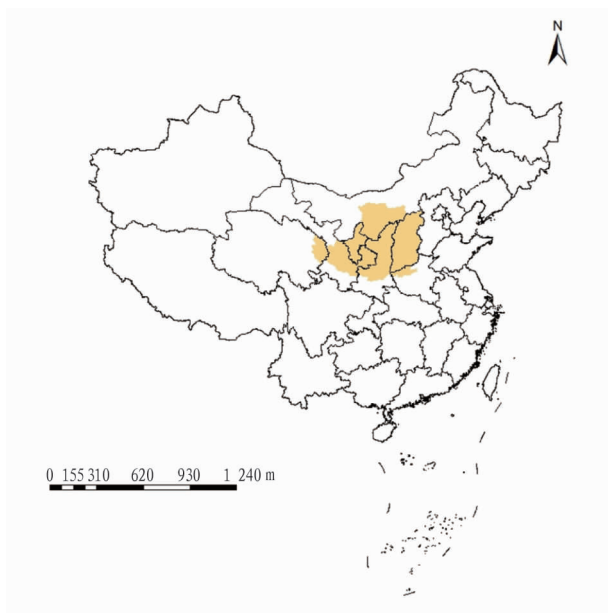


图1 黄土高原区域位置

Fig.1 Regional location of the Loess Plateau

分布公里网格数据集 (<http://www.resdc.cn/data.aspx DA-TAID=251>),并用矢量图裁剪出黄土高原部分。黄土高原从东南到西北依次划分为森林带、森林草原带、典型草原带、荒

漠草原带、荒漠带5个生物气候带,在不同生物气候带之间,县域经济社会发展差异性明显,因此,在每个生物气候带中选取5个典型县,研究夜间灯光在县域范围上表征城镇化发展的合理性(图2)。第二部分,夜光遥感数据,下载自 <https://www.ngdc.noaa.gov/eog/dmsp.html>。使用的影像由DMSP卫星的F10(1992—1994)、F12(1994—1999)、F14(1997—2003)、F15(2000—2007)、F16(2004—2009)和F18(2010)6颗不同的卫星,不同年份间影像在时间上有的相互重叠,而且,由于不同卫星的成像环境以及自身硬件差异,导致不同卫星获取的相同年份的影响有所差异,不同年份影像之间的DN值不具有可比性<sup>[2-3,11]</sup>。因此,在使用长时间序列的夜光遥感影像时,首先需要针对不同卫星获取的遥感影像做互相校正。Elvidge等<sup>[12]</sup>使用西西里岛地区的非辐射定标DMSP-OLS稳定夜间灯光数据,以F12(1999)数据集为基准,将F10(1992)、F10(1993)、F16(2009)、F18(2010)数据分别与F12(1999)做回归分析,得出不同卫星夜间灯光数据的经验校正模型。Li等<sup>[13]</sup>使用逐步校正的方法,得到时间上一致的1992—2013年稳定夜间灯光时间序列数据。该研究采用文献[13]的方法,对黄土高原地区夜光影响进行校正处理,获得该地区1992—2013年稳定夜间灯光数据。

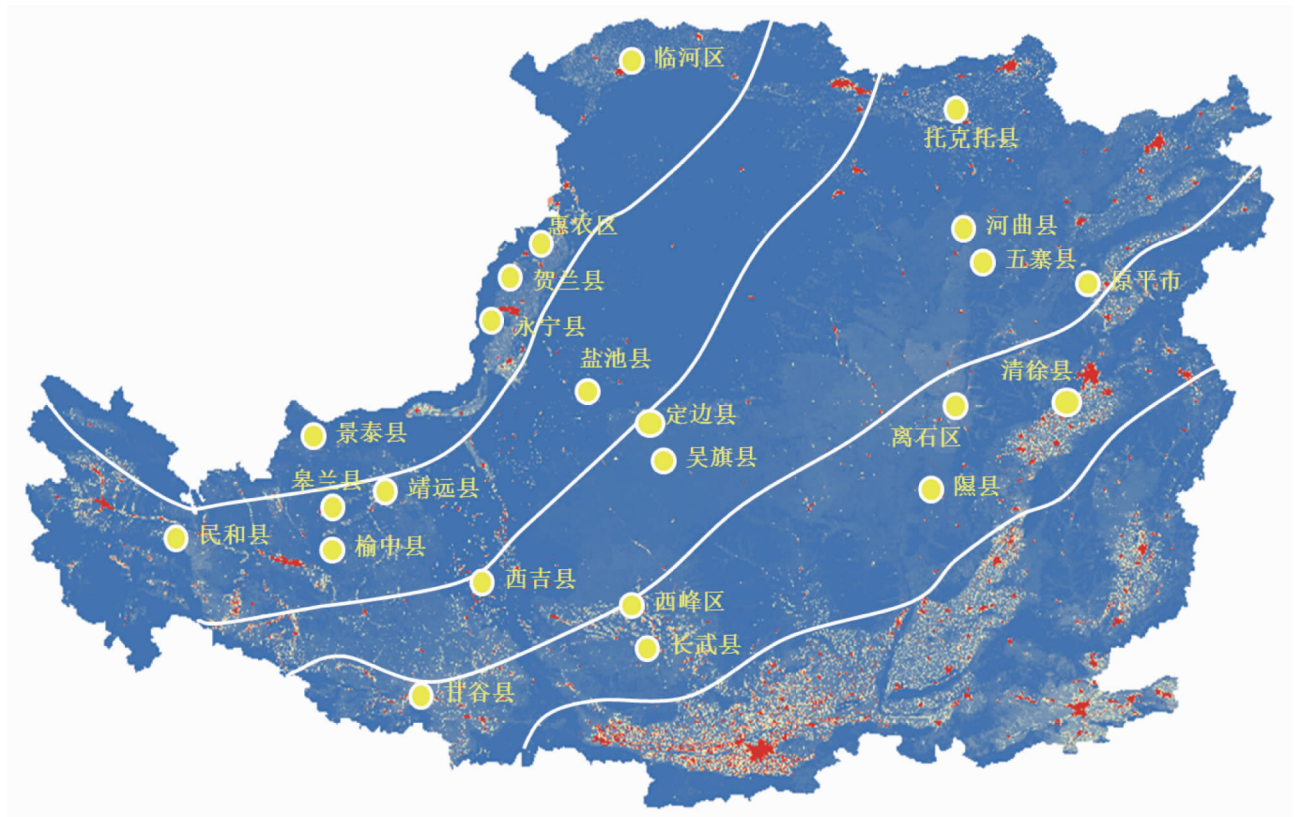


图2 典型县域

Fig.2 Typical county

## 2 结果与分析

**2.1 人口数量和夜间灯光空间对比分析** 利用资源环境数据云平台上人口空间分布数据集,提取黄土高原地区人口空间分布,与该地区DMSP-OLS稳定夜间灯光数据在空间上

做对比分析。

经过人口空间分布与夜间灯光空间分布的对比分析发现,人口在空间上的聚集情况和夜间灯光有一定的空间相关性,因此,使用夜间灯光表征人口分布是合理的(图3)。

## 2.2 典型县域城镇化发展与夜间灯光的关系

**2.2.1 黄土高原城镇化发展情况。**城镇化发展受制于资源、环境、经济社会及宏观政策等多种因素,使得黄土高原不同地区城镇化发展差异明显。在空间上,定量评估黄土高原地区城镇化发展情况存在很多困难,考虑在黄土高原不同区

域上选取一些典型县域,如果这些县域上城镇化率与 DMSP-OLS 夜间灯光有相关关系,在整个黄土高原区域上,就可以使用 DMSP-OLS 夜间灯光反映黄土高原地区城镇化发展情况。为此,首先收集图 2 上典型县域 1992—2013 年城镇人口和总人口数据,计算城镇化率。荒漠带、荒漠草原带、典型草

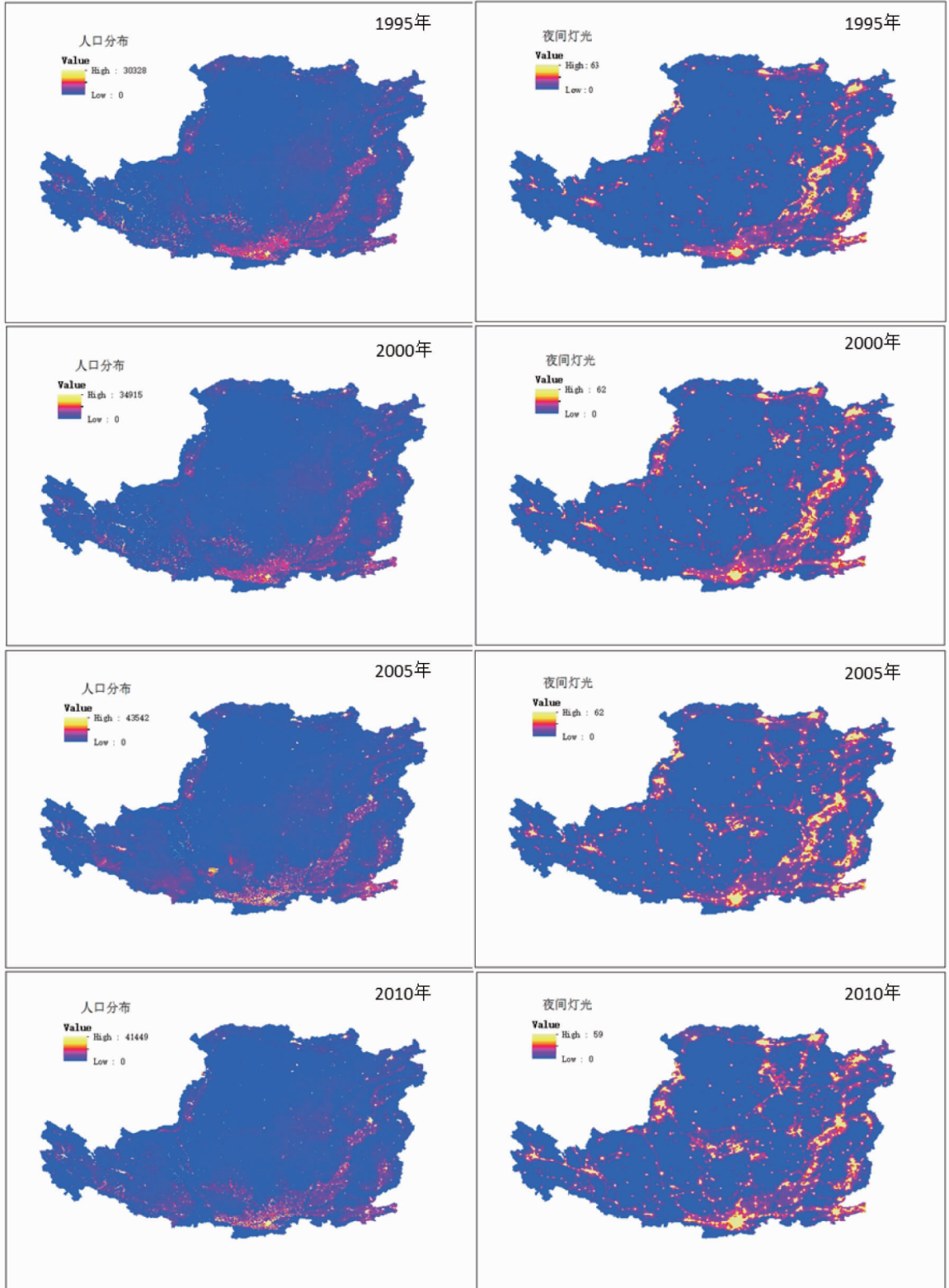


图 3 1995、2000、2005、2010 年黄土高原地区人口与夜间灯光空间分布对比

Fig. 3 Comparison of spatial distribution of population and night light in the Loess Plateau in 1995, 2000, 2005 and 2010

原带、森林草原带上各个县域城镇化率年际变化见图4。从图4可以看出,城镇化率在绝大多数县域上均有明显增加趋

势,其中惠农区,在2002年由于行政区划的改变,导致城镇人口以及总人口数量发生较大的波动。

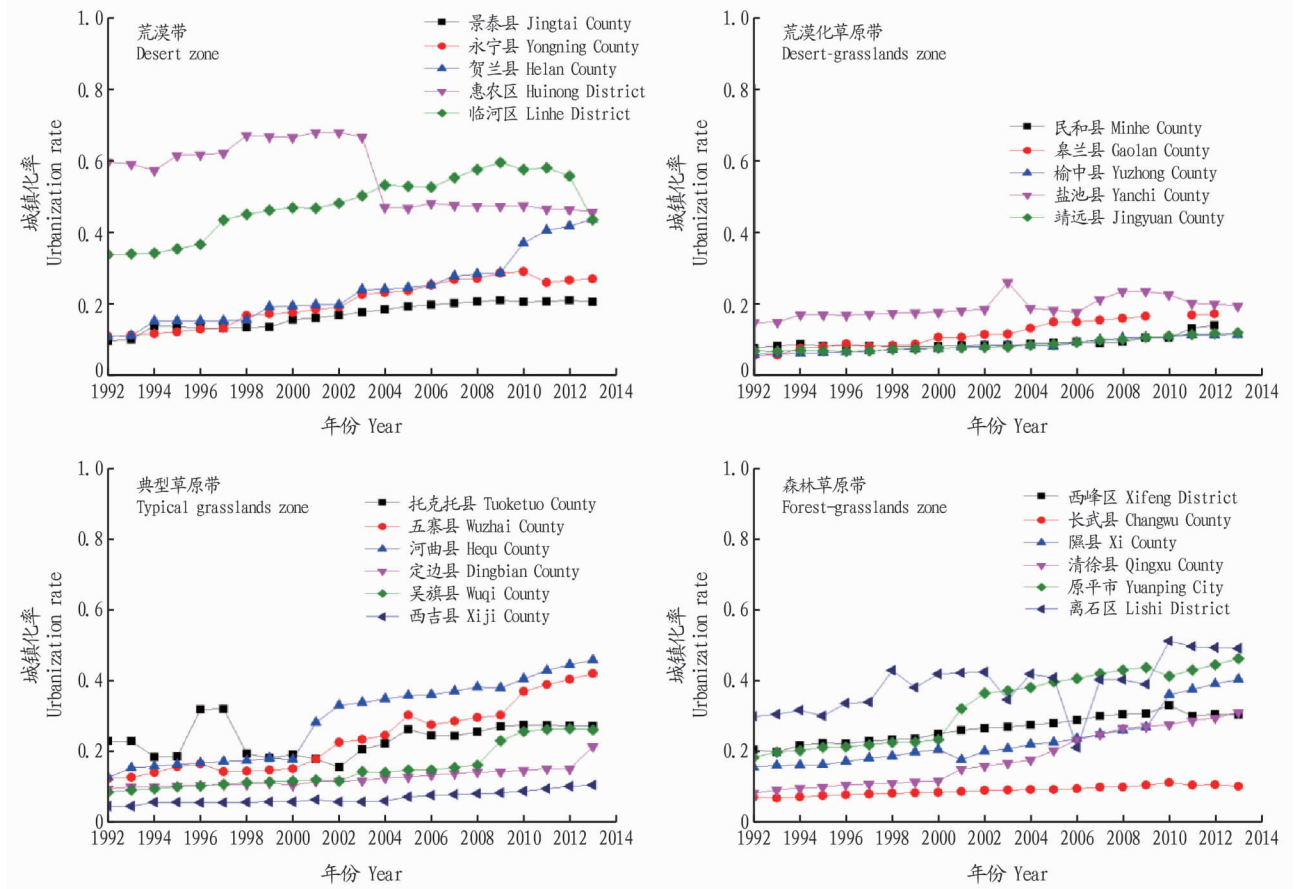


图4 黄土高原4个生物气候带上典型县域城镇化率年际变化

Fig. 4 Interannual changes of urbanization rates of typical counties in four bioclimatic zones of the Loess Plateau

**2.2.2 典型县域城镇化发展与夜间灯光的相关性。**从黄土高原不同区域典型县域的城镇化率变化情况看,总体上,城镇化在该区域均有扩大、发展加快趋势。在时间和空间上对该区域城镇化发展情况要做出定量评估,就要考虑使用 DMSP-OLS 夜间灯光遥感影像数据,在各个典型县域上考察城镇化率与 DMSP-OLS 夜间灯光数据的拟合情况,由此得到使用 DMSP-OLS 夜间灯光定量评估该地区城镇化发展情况的合理性。

总体上看,黄土高原4个不同生物气候带上,城镇化率与夜间灯光强度在绝大多数县域上呈显著线性相关关系。因此,使用 DMSP-OLS 夜间灯光表征该地区的城镇化发展情况是合理的。在黄土高原整个区域上,可以考虑使用 DMSP-OLS 夜间灯光指数表征该地区人口以及城镇化发展,在时间和空间上,用夜间灯光这个统一的指数可以表征该地区人口和城镇化等社会经济发展状况(图5)。

### 3 结论与讨论

为在时间和空间上对黄土高原地区人口和城镇化发展情况做出定量评估,选取与社会经济发展指标有相关性的 DMSP/OLS 夜间灯光数据表征黄土高原地区人口和城镇化发展。首先,用逐步校正的方法,对黄土高原地区 DMSP/

OLS 夜间灯光做校正处理,得到时间上稳定的黄土高原地区长时间序列稳定灯光数据,从时间上看,该地区绝大多数区域夜间灯光强度均有加强趋势,表明随着经济社会的发展,该地区各项社会经济指标也得到不断提高。其次,在空间上,将1995、2000、2005、2010年这4年的人口空间数量分布,与对应年份的 DMSP/OLS 夜间灯光数据进行对比,人口数量分布和 DMSP/OLS 夜间灯光在空间上有高度相关性。最后,在黄土高原地区4个不同生物气候带上,选取23个典型县域,研究这些县域上城镇化率与 DMSP/OLS 夜间灯光强度的相关性,结果发现,时间上,不论是平均灯光强度,还是灯光亮度总值,均与该地区城镇化率呈高度线性相关性,因此,以后考虑使用 DMSP/OLS 夜间灯光作为一个综合指数研究该地区人口和城镇化发展情况,进而研究该地区人口和城镇化发展对该地区生态环境的影响。

社会经济发展情况评估是一个复杂的社会经济问题,要研究社会经济系统与生态系统耦合问题,需要将社会经济发展情况进行定量评估。该试验研究了 DMSP/OLS 夜间灯光在表征社会经济发展状况的合理性,为社会经济系统与生态系统耦合研究提供一种可行的方法。

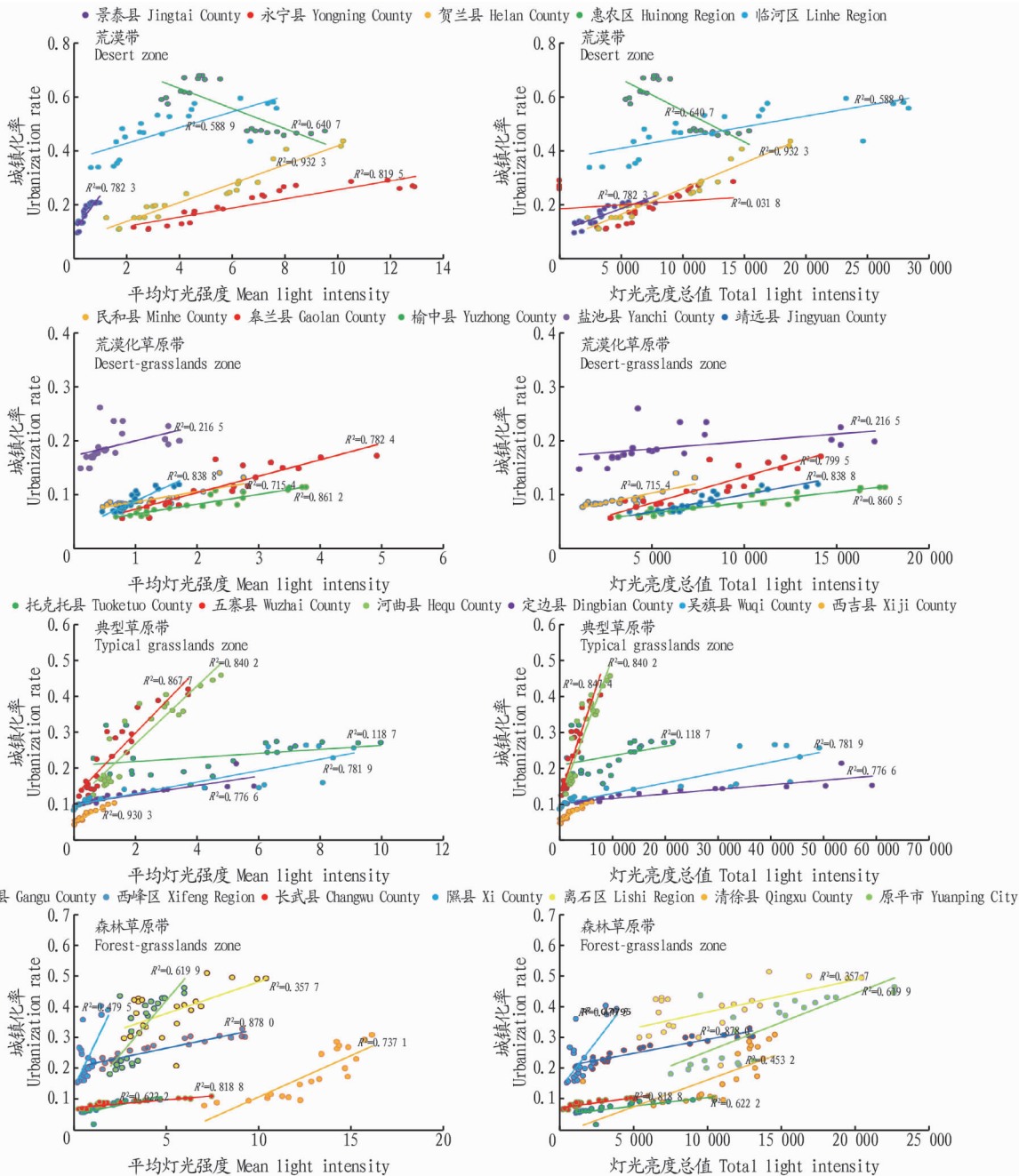


图 5 黄土高原 4 个生物气候带上典型县域城镇化率与夜间灯光强度拟合

Fig. 5 Fitting of urbanization rate and light intensity at night in typical counties in four bioclimatic zones of the Loess Plateau

参考文献

[1] 李相儒,金钊,张信宝,等. 黄土高原近 60 年生态治理分析及未来发展建议[J]. 地球环境学报,2015,6(4):248-254.

[2] ZHOU H J,VAN ROMPAEY A,WANG J A. Detecting the impact of the “Grain for Green” program on the mean annual vegetation cover in the Shaanxi province,China using SPOT-VGT NDVI data[J]. Land use policy,2009,26(4):954-960.

[3] SUN W Y,SONG X Y,MU X M,et al. Spatiotemporal vegetation cover variations associated with climate change and ecological restoration in the Loess Plateau[J]. Agricultural & forest meteorology,2015,209-210(1):87-99.

[4] 赵安周,刘宪锋,朱秀芳,等. 2000~2014 年黄土高原植被覆盖时空变化特征及其归因[J]. 中国环境科学,2016,36(5):1568-1578.

[5] REYNOLDS J F,STAFFORD-SMITH D M,LAMBIN E F,et al. Global desertification:Building a science for dryland development [ J ]. Science, 2007,316(5826):847-851.

[6] VITOUSEK P M,MOONEY H A,LUBCHENCO J,et al. Human domination of Earth’s ecosystems[J]. Science,1997,277(5325):494-499.

[7] 李德仁,余涵若,李熙. 基于夜光遥感影像的“一带一路”沿线国家城市发展时空格局分析[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2017,42(6):711-720.

[8] GAO B,HUANG Q X,HE C Y,et al. Dynamics of urbanization levels in China from 1992 to 2012:Perspective from DMSP/OLS nighttime light data [ J ]. Remote sensing,2015,7(2):1721-1735.

[9] 倪金星,杨剑,徐冬冬,等. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的中国经济空间格局[J]. 华中师范大学学报(自然科学版),2016,50(6):930-936.

[10] ELVIDGE C D,BAUGH K E,DIETZ J B,et al. Radiance calibration of DMSP-OLS low-light imaging data of human settlements [ J ]. Remote sensing & environment,1999,68(1):77-88.

[11] 郝蕊芳,于德永,刘宇鹏,等. DMSP/OLS 灯光数据在城市化监测中的应用[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2014,50(4):407-413.

[12] ELVIDGE C D,ZISKIN D,BAUGH K E,et al. A fifteen year record of global natural gas flaring derived from satellite data[J]. Energies,2009,2(3):595-622.

[13] LI X C,ZHOU Y Y. A stepwise calibration of global DMSP/OLS stable nighttime light data(1992-2013)[J]. Remote sensing,2017,9(6):1-14.