

doi: 10.6046/gtzyyg.2016.03.04

引用格式: 李峰,米晓楠,刘军,等. 基于 NPP - VIIRS 夜间灯光数据的北京市 GDP 空间化方法[J]. 国土资源遥感,2016,28(3):19-24. (Li F, Mi X N, Liu J, et al. Spatialization of GDP in Beijing using NPP - VIIRS data[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2016, 28(3):19-24.)

基于 NPP - VIIRS 夜间灯光数据的北京市 GDP 空间化方法

李峰¹, 米晓楠², 刘军¹, 刘小阳¹

(1. 防灾科技学院, 三河 065201; 2. 山西省气候中心, 太原 030002)

摘要: 为了分析像素级社会经济活动的空间分布状况,以 Landsat8 和 NPP - VIIRS 夜间灯光影像为数据源,分别对北京市第一产业和第二、三产业 GDP 进行空间化操作。利用分类回归树(classification and regression tree, CART)算法,通过 Landsat8 影像生成北京市的土地利用图,在分析第一产业 GDP 与土地利用类型面积相关性的基础上,构建了第一产业 GDP 与耕地面积的线性回归模型。建立了 5 种灯光指标与第二、三产业 GDP 的数学关系,通过相关性和回归分析确定第二、三产业 GDP 与综合灯光指数呈明显的幂函数关系。根据以上 2 种模型分别生成对应 2 类产业的像素级 GDP 密度图,再分别对其进行线性纠正并求和后制作出北京市 500 m 格网尺寸的 GDP 密度图。误差分析发现,第一产业 GDP、第二、三产业 GDP 和 GDP 总量与实际统计值的平均相对误差分别为 0.86%、0.61% 和 1.37%。结果表明,结合土地利用数据的 NPP - VIIRS 夜间灯光 GDP 空间化方法可以精确估算北京市 GDP 产值,反映北京市经济空间分布特征。

关键词: NPP - VIIRS; 夜间灯光; 省域 GDP; 土地利用; GDP 空间化

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001 - 070X(2016)03 - 0019 - 06

0 引言

国民生产总值(gross domestic product, GDP)是反映一个国家或地区全部生产活动最终成果的重要指标,用来衡量国家或地区的经济实力和状况。长期以来,社会经济数据常基于统计单元(行政区)建立多边形数据库,以点值内插法进行全区域统计数据的分析和操作。但因数据分辨率低而不能充分揭示统计数据的空间差异性。随着对高分辨率 GDP 密度数据需求的日益增加,格网生成技术被用于社会经济统计数据的格网化。刘红辉等^[1]利用遥感数据建立了分产业 GDP 与土地利用类型的空间关系,实现 1 km 格网的社会经济数据的空间定量模拟;易玲等^[2]分别按照人口和土地利用数据构造了 GDP 空间化模型,分析认为土地利用 GDP 模型精度明显高于人口分配 GDP 模型。随后,GIS 和栅格数字模拟技术进一步促进了社会经济数据空间化的发展。自 20 世纪 90 年代起,美国国防气象卫星计划(defense meteorological satellite program's opera-

tional linescan system, DMSP - OLS)夜间灯光数据因能探测城市灯光甚至小规模低强度灯光,而被逐渐用于 1 km 格网的 GDP 空间化和城市化的研究中^[3-5]。Elvidge 等^[6-7]在研究全球 21 个和 200 个国家的 GDP 与 DMSP - OLS 灯光数据后发现,两者分别呈现高度的对数和线性关系;Henderson 等^[8]根据 DMSP - OLS 稳定灯光和辐射定标灯光数据的最佳阈值,提取了旧金山、北京和拉萨经济发展水平有差异地区的空间信息;Doll 等^[9]依据 DMSP - OLS 夜间灯光与 GDP 的关系绘制了区域经济活动图;韩向娣等^[10]利用土地利用图对全国第一产业 GDP 建模,结合 DMSP - OLS 和土地利用数据对全国第二、三产业 GDP 建模,生成的 GDP 密度图比单一数据的精度要高。但是,DMSP - OLS 数据中的像素过饱和和溢出现象削弱了灯光数据与社会经济数据的相关性,而新一代的夜间灯光数据可见光红外成像辐射仪(national polar - orbiting partnership's visible infrared imaging radiometer suite, NPP - VIIRS)却不存在上述问题。Li 等^[11]和 Shi 等^[12]在采用这种夜间灯光数据研究中国大陆的 GDP 后发现,

收稿日期: 2015 - 02 - 04; 修订日期: 2015 - 04 - 03

基金项目: 河北省高等学校科学研究计划重点项目和中央高校基本科研业务费项目“京津冀地区多维经济统计信息的可视化挖掘方法研究”(编号: ZD2014203)共同资助。

相比 DMSP - OLS 数据,夜间灯光总量与 GDP 之间 有更高的线性关系。随着经济和社会科学的发展, 在全球或国家尺度上的社会经济数据空间化,更多 以行政单元均值的形式来表现,无法全面准确反映 地区的 GDP 分布状况。因而,更多的研究重心开始 转向省域、县域甚至乡镇级 GDP 空间化的工作 中^[13-14]。

为了深入提高省域 GDP 空间化的精度,本文以 北京市为例,在综合分析其经济统计数据的基础上, 通过 NPP - VIIRS 灯光数据建立其与第二、三产业 GDP 的数学模型,通过 Landsat8 影像生成北京市的 土地利用图,分析并构建各土地利用类型与第一产 业 GDP 的回归模型,从而建立适用于省域的像素级 GDP 空间化模型,更加详实准确地模拟省域 GDP 分布状况,为政府经济政策的制定和 GDP 产值估计提 供可靠的决策依据。

1 数据源

NPP - VIIRS 夜晚灯光数据来源于 NOAA/NG- DC([http://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download monthly.html](http://ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_monthly.html))网站,是由 Suomi - NPP 卫星利用 VIIRS 在 2012 年 4—10 月间拍摄,距地表约 824 km,采用极 地轨道,由多幅无云影像拼接得到。与 DMSP - OLS 数据不同,NPP - VIIRS 数据并没有过滤火光、气体 燃烧、火山或极光,背景噪声也未剔除,但是其影像 分辨率达到了 15" (约 450 m),所采用的广角辐射探 测仪消除了灯光过饱和现象,增强了探测敏感度,其 在轨检校程序也进一步提高了影像的清晰度。图 1 显示了 2012 年北京市 NPP - VIIRS 夜间灯光数据。

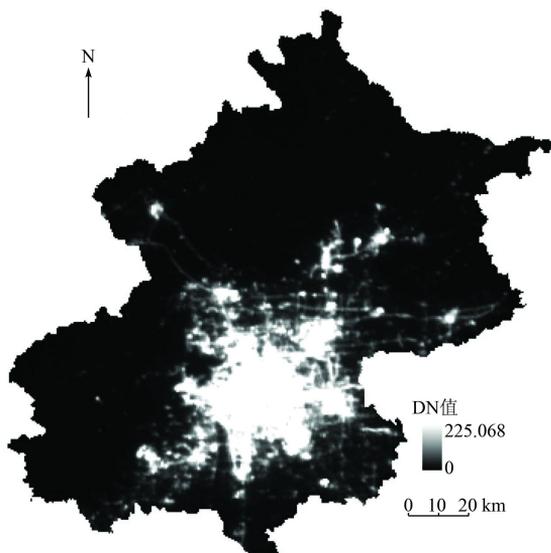


图 1 2012 年北京市 NPP - VIIRS 夜间灯光数据

Fig. 1 NPP - VIIRS night - time light data of Beijing in 2012
原始数据文件采用 WGS84 椭球下的地理坐标

系,为使得投影变形最小,投影转换成 Albers 投影, 以双线性采样的方法重采样成 500 m 网格大小。

为了降低 NPP - VIIRS 的噪声,采用 2012 年北京 市 DMSP - OLS 夜间平均稳定灯光数据提取 NPP - VIIRS 的有效灯光数据。DMSP - OLS 数据清除了 云层的影响,包含城市、乡镇以及永久性光源地,排 除了偶然灯光噪声,背景噪声用 0 值替代, DN 值在 1 ~ 63 之间。

由于 2012 年 Landsat5 传感器失效,但是据统计 年鉴数据可知 2012 年第一产业 GDP 与 2013 年相 比变化较小。因此,本文利用 2013 年 10 月 3 日 Landsat8 卫星 OLI 多光谱数据获得的北京市土地 利用类型图建立 2012 年第一产业 GDP 模型。

2 省域 GDP 空间化建模方法

本文的目的在于通过夜间灯光数据和土地利用 数据建立与地区生产总值(GDP)、第一产业产值 (GDP_1)以及第二、三产业产值(GDP_{23})之间的数学 模型。作为第二产业的工业、建筑业与以服务业为 主的第三产业之间的城市灯光差异很小,因此综合 第二、三产业的夜间灯光数据的建模结果要优于单 独建模的结果。夜间灯光数据很难准确探测到城市 以外的农村地区,第一产业的产值与灯光数据的关 系也不明显,而与耕地等农业用地关系密切,土地 利用数据可以为第一产业产值建模提供便利^[15]。

2.1 第一产业产值建模

北京市土地利用分类数据通过采用分类回归树 (classification and regression tree, CART)算法基于 Landsat8 影像分类获得^[16]。与其他决策树相比, CART 算法简单、结构清晰、运行速度快,能最大 限度地降低各个步骤的不纯洁度,有效处理大量的 高维数据。

参加分类的变量包括 Landsat8 影像中的第 1— 7 个多光谱波段、NDVI 值、MNDWI 值及北京市 30 m 空间分辨率 DEM。鉴于草地与耕地的光谱差异极 小,且北京市草地面积仅占总面积的 0.13%,本文 将草地归入耕地类别。选择林地、耕地(含草地)、 水域、建设用地和其他(裸地和阴影)共 5 种土地 类型的 6 092 个训练样本,通过学习得到 56 个叶结 点的决策树结构。根据高空间分辨率 Google Earth 影像随机提取的 276 个检验样本建立混淆矩阵。检 验结果显示,CART 算法的总体分类精度达 95.65%, Kappa 系数为 0.94。虽然北京市林地面积占全市 总面积的 53.31%,但是并非所有的林地都能为第 一产业贡献产值,故通过 GIS 的分析功能提取坡向在

90°~270°且坡度小于20°的经济林地来分析其对第一产业的贡献。

根据北京市16个区县的土地利用类型面积(耕地、水域和经济林地)和对应第一产业的产值,分析各土地利用类型面积与 GDP_1 的相关性,发现呈多元线性关系,对应的耕地(含草地)、水域和经济林地面积的模型回归系数分别为 $m_1 = 0.0261$, $m_2 = 0.0733$ 和 $m_3 = -0.0004$,相关系数为0.689。单独分析耕地面积(S_c)与 GDP_1 的相关性,其回归关系如图2所示。

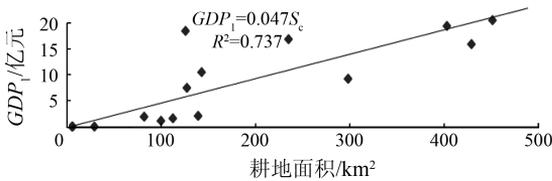


图2 耕地面积与 GDP_1 的关系

Fig. 2 Relationship of agricultural acreage and GDP_1

很明显,就 GDP_1 而言,与耕地面积(S_c)的相关性明显高于其他各土地利用类型面积,因此本文采用式(1)来模拟北京市 GDP_1 的产值,即

$$GDP_1 = 0.047S_c \quad (1)$$

2.2 第二、三产业产值建模

2.2.1 NPP-VIIRS数据去噪

假设2012年的NPP-VIIRS数据和2012年的DMSO-OLS稳定灯光数据有着同样的灯光范围,因而可以通过同年份的DMSO-OLS数据制作掩模提取NPP-VIIRS中的有效灯光数据。去噪的DMSO-OLS数据仍然存在灯光过饱和及溢出现象,根据2.1节的土地利用类型结果,将分类的建筑用地与DMSO-OLS灯光数据叠加来确定最佳灯光阈值(DN值范围在14~63),通过去饱和灯光的DMSO-OLS数据掩模NPP-VIIRS数据来消除其背景噪声和偶然灯光噪声^[17]。为了去除NPP-VIIRS数据中孤立的极亮像元,将全部像元值按升序排列,取像元数99.9%处的像元值作为阈值 DN_M (本文为89.145),高于此阈值的像元值均赋值为 DN_M 。

2.2.2 灯光数据与 GDP_{23} 的回归分析

目前常用的灯光数据指标有总灯光强度(total night-time light, TNL)、平均灯光强度(I)、灯光面积比(S)、线性加权综合灯光指数(L)和综合灯光指数(compounded night light index, CNLI)。TNL是指行政单元内灯光DN值的总和。上述指标的表达式分别^[18-19]为

$$I = \sum_{i=1}^{DN_M} (DN_i n_i) / (DN_M N) \quad (2)$$

$$S = A_N / A \quad (3)$$

$$L = I p_1 + S p_2 \quad (4)$$

$$CNLI = IS \quad (5)$$

式中: DN_i 和 n_i 分别表示行政单元内第*i*级灰度像元值和像元数; N 和 A_N 分别代表行政单元内位于 $[1, DN_M]$ 区间的像元总数和所占据的面积; A 表示行政单元面积; L 为 I 和 S 的函数; p_1 和 p_2 分别为指标 I 和 S 的权重,通过多元线性拟合的方式求出,故利用Matlab软件求出 p_1 和 p_2 的值分别为0.9和0.1,即

$$L = 0.9I + 0.1S \quad (6)$$

分别统计并生成北京市16个区县的 TNL, I, S, L 和 $CNLI$ 这5种灯光数据指标与对应 GDP_{23} 的散点图,如图3所示,分析其与 GDP_{23} 的相关性,确定最佳回归模型。

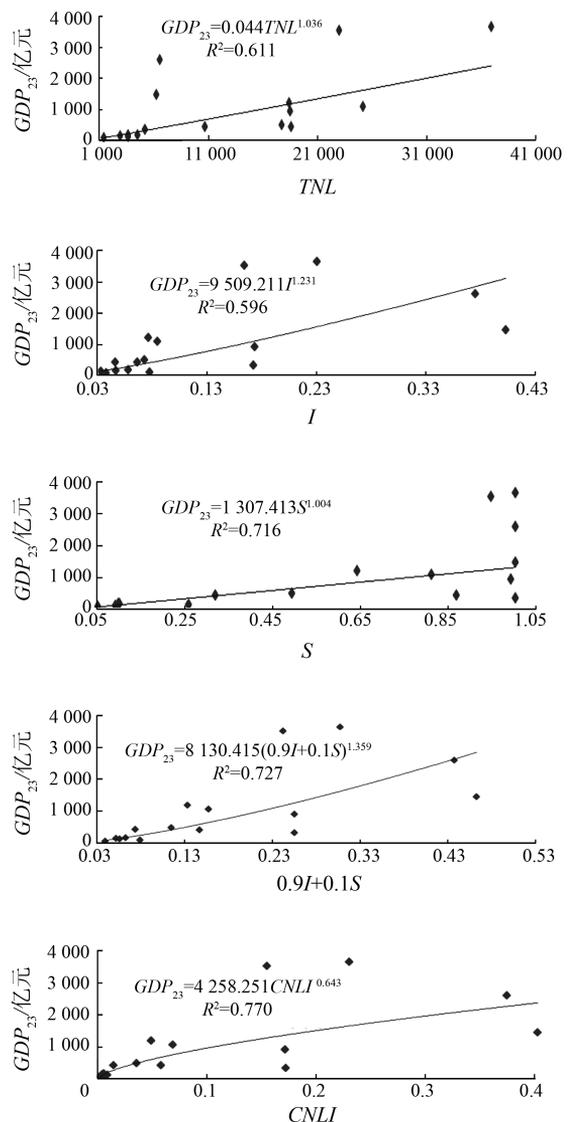


图3 5种灯光指标与 GDP_{23} 的回归关系

Fig. 3 Relationships of five light indexes and GDP_{23}

经过实验发现,上述5种指标均与 GDP_{23} 呈现幂函数关系。选取其中相关系数最大的 $CNLI$ 灯光指标建立与 GDP_{23} 的最优回归模型,采用

$$GDP_{23} = 4\ 258.251 CNLI^{0.643} \quad (7)$$

来模拟北京市 GDP_{23} 的产值。为了估计行政单元内的任意像元所代表的 GDP_{23} 值,式(7)可改写为

$$GDP_{23} = 4\ 258.251 (DN_i/DN_M)^{0.643} \quad (8)$$

虽然式(8)为北京市 GDP_{23} 的最优回归模型,但它是通过各区县的灯光数据与实际统计数据回归分析得到,直接用任意灯光像元计算得到的 GDP_{23} 的误差依然较大,因此需要对模拟的 GDP_{23} 进行分区县重新纠正。

2.3 GDP 空间化

对社会经济数据空间化时,格网尺度大小对最终模拟结果有着重要的影响,格网尺度并非越小越好。研究表明,国家和全球格网尺度为 1 km 或 5 km,省市级区域的格网尺度在 100 ~ 1 000 m 之间为佳。确定格网尺度的原则为:在顾及地理数据尺度的前提下,既要反映社会经济数据的原始分布状态,又要反映出其连续分布的现实^[20-21]。

本文在模拟 GDP_1 和 GDP_{23} 时分别采用了 30 m 和 500 m 空间分辨率的影像,考虑到北京市山地面积和城市用地面积分别占全市总面积的 55% 和 37%,过小的格网会导致没有 GDP 分布,过大的格网会忽略 GDP 分布的差异性。为此,本次研究选用了 500 m 格网尺度。为了避免重采样造成的精度损失,通过将模拟的 500 m 空间分辨率的 GDP_{23} 图上每个像元的地理坐标映射到同范围 30 m 空间分辨率的土地利用图上,并统计其中耕地像元的面积,再利用式(1)计算出 500 m 空间分辨率每个格网内的 GDP_1 。

直接采用式(1)和式(8)模拟的 GDP_1 和 GDP_{23} 误差仍较大,故需要分别利用第一和第二、三产业实际产值通过线性调整的方式来纠正。对每个区县,在保证各区县 GDP_1 和 GDP_{23} 总量为实际统计值的前提下,采用式(9)来分别逐像元纠正模拟的 GDP_1 和 GDP_{23} 值,即

$$GDP_T = GDP_j (GDP_i / GDP_{all}) \quad (9)$$

式中, GDP_T 为纠正后的 GDP 产值; GDP_j 为格网 j 模拟的 GDP 产值; GDP_i 为该区县的统计的实际 GDP 值; GDP_{all} 为该区县的模拟的 GDP 值。

将纠正后的 GDP_1 和 GDP_{23} 直接求和可得到该地区的总产值,生成的 2012 年北京市 GDP 图如图 4 所示。

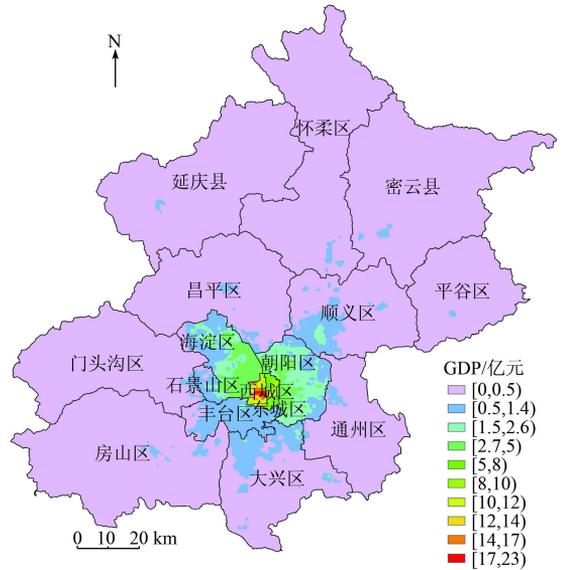


图 4 2012 年北京市 500 m 空间分辨率的 GDP 图
Fig. 4 Beijing GDP map with 500 m resolution in 2012

3 结果与分析

对北京市各区县 GDP_1 , GDP_{23} 和 GDP 的模拟结果与实际统计值进行误差分析,结果如表 1 所示。

表 1 北京市各产业产值模拟结果与实际统计值的相对误差
Tab. 1 Relative errors of simulated three kinds of GDP in Beijing (%)

区县	GDP_1 相对误差	GDP_{23} 相对误差	GDP 相对误差
东城区	0.00	0.26	0.26
西城区	0.00	0.15	0.15
朝阳区	2.43	0.47	0.47
丰台区	0.59	0.47	0.48
石景山区	0.00	0.61	0.61
海淀区	0.14	0.39	0.39
房山区	0.74	0.33	1.05
通州区	0.13	0.05	0.26
顺义区	0.20	1.04	1.29
昌平区	0.76	0.98	1.06
大兴区	0.45	1.08	1.74
门头沟区	2.14	1.94	1.00
怀柔区	1.11	0.02	1.78
平谷区	0.44	0.46	1.38
密云县	2.57	0.86	4.57
延庆县	2.08	0.66	5.46
平均值	0.86	0.61	1.37

在第一产业产值的相对误差中,东城区、西城区和石景山区的误差为 0,主要是由于这 3 个城区的第二、三产业相当发达,行政单元内绝大部分区域被建筑用地所覆盖,耕地、草地和林地面积相对较少,经过线性纠正后的 GDP_1 模拟值与实际统计结果一致。其中,朝阳区、门头沟区、密云县和延庆县的 GDP_1 相对误差超过了 2%; 朝阳区的第二、三产业

很发达而第一产业的比重较低,在使用 Landsat8 影像分类时不可避免地把不会产生第一产业产值的公园草地归类为耕地,造成该区耕地面积被高估,使得第一产业误差增大;门头沟区、密云县和延庆县均为山区,耕地面积较少,除耕地外,占大部分面积的林地、密云水库等对第一产业产值的贡献更大,因此只用耕地来预估 GDP_1 会低估其产值,从而增大 GDP_1 的相对误差。第二、三产业产值的相对误差均小于 2%,这表明利用 NPP - VIIRS 夜间灯光数据来模拟 GDP_{23} 的精度较高。总产值的相对误差中,除密云县和延庆县外,其余区的 GDP 相对误差都低于 2%,这很可能是因为这 2 个县的 GDP_1 模拟误差较大所造成。 GDP_1 、 GDP_{23} 和 GDP 的平均相对误差分别为 0.86%、0.61% 和 1.37%,三者的平均相对误差都很小,各类 GDP 预测精度较高。

4 结论

利用 NPP - VIIRS 夜间灯光和 Landsat8 数据对北京市的各产业 GDP 进行空间化处理,研究结果表明:耕地面积与第一产业 GDP 的相关性要高于其他土地利用类型;第二、三产业 GDP 与区县 NPP - VIIRS 综合灯光指数呈现较强的幂函数关系;基于像素级的第一产业 GDP 和第二、三产业 GDP 的回归模型直接计算的 GDP 产值误差较大,需要进行线性纠正才能达到较高的精度;从模拟的各产业 GDP 平均相对误差上看,各产业 GDP 的平均误差均小于 2%,模拟精度较高,生成的像素级 GDP 分布可完整地反映北京市经济分布的实际状况。

NPP - VIIRS 夜间灯光数据在 2012 年开始对外提供数据,当前针对这种新数据源的研究成果较少,如何有效过滤其背景噪声和偶然灯光因素,优化回归模型构建方法,分析社会经济数据的时空变化情况,将成为后续深入研究的重点。

参考文献(References):

[1] 刘红辉,江东,杨小唤,等.基于遥感的全国 GDP 1km 格网的空间化表达[J].地球信息科学,2005,7(2):120-123.
Liu H H, Jiang D, Yang X H, et al. Spatialization approach to 1km grid GDP supported by remote sensing[J]. Geo-Information Science, 2005, 7(2): 120-123.

[2] 易玲,熊利亚,杨小唤.基于 GIS 技术的 GDP 空间化处理方法[J].甘肃科学学报,2006,18(2):54-58.
Yi L, Xiong L Y, Yang X H. Method of pixelizing GDP data based on the GIS[J]. Journal of Gansu Sciences, 2006, 18(2): 54-58.

[3] 徐梦洁,陈黎,刘焕金,等.基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的长江三角洲地区城市化格局与过程研究[J].国土资源遥感,2011,23(3):106-112. doi:10.6046/gtzyyg.2011.03.19.

Xu M J, Chen L, Liu H J, et al. Pattern and process of urbanization in the Yangtze Delta based on DMSP/OLS data[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2011, 23(3): 106-112. doi:10.6046/gtzyyg.2011.03.19.

[4] 王晓慧,肖鹏峰,冯学智,等.基于 DMSP/OLS 数据的中国大尺度城镇用地信息提取[J].国土资源遥感,2013,25(3):159-164. doi:10.6046/gtzyyg.2013.03.26.
Wang X H, Xiao P F, Feng X Z, et al. Extraction of large-scale urban area information in China using DMSP/OLS nighttime light data[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25(3): 159-164. doi:10.6046/gtzyyg.2013.03.26.

[5] 陈征,胡德勇,曾文华,等.基于 TM 图像和夜间灯光数据的区域城镇扩张监测——以浙江省为例[J].国土资源遥感,2014,26(1):83-89. doi:10.6046/gtzyyg.2014.01.15.
Chen Z, Hu D Y, Zeng W H, et al. TM image and nighttime light data to monitoring regional urban expansion: A case study of Zhejiang Province[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2014, 26(1): 83-89. doi:10.6046/gtzyyg.2014.01.15.

[6] Elvidge C D, Baugh K E, Kihn E A, et al. Relation between satellite observed visible - near infrared emissions, population, economic activity and electric power consumption[J]. International Journal of Remote Sensing, 1997, 18(6): 1373-1379.

[7] Elvidge C D, Imhoff M L, Baugh K E, et al. Night-time lights of the world: 1994 - 1995[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2001, 56(2): 81-99.

[8] Henderson M, Yeh E T, Gong P, et al. Validation of urban boundaries derived from global night-time satellite imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2003, 24(3): 595-609.

[9] Doll C N H, Muller J P, Morley J G. Mapping regional economic activity from night-time light satellite imagery[J]. Ecological Economics, 2006, 57(1): 75-92.

[10] 韩向娣,周艺,王世新,等.基于夜间灯光和土地利用数据的 GDP 空间化[J].遥感技术与应用,2012,27(3):396-405.
Han X D, Zhou Y, Wang S X, et al. GDP spatialization in China based on DMSP/OLS data and land use data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(3): 396-405.

[11] Li X, Xu H M, Chen X L, et al. Potential of NPP - VIIRS nighttime light imagery for modeling the regional economy of China[J]. Remote Sensing, 2013, 5(6): 3057-3081.

[12] Shi K F, Yu B L, Huang Y X, et al. Evaluating the ability of NPP - VIIRS nighttime light data to estimate the gross domestic product and the electric power consumption of China at multiple scales: A comparison with DMSP - OLS data[J]. Remote Sensing, 2014, 6(2): 1705-1724.

[13] 梁友嘉,徐中民.基于夜间灯光辐射数据的张掖市甘州区 GDP 空间分布建模[J].冰川冻土,2013,35(1):249-254.
Liang Y J, Xu Z M. Modeling the spatial distribution of GDP based on night light radiation: A case study in Ganzhou district, Zhangye municipality[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2013, 35(1): 249-254.

[14] 杨妮,吴良林,邓树林,等.基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的省域 GDP 统计数据空间化方法——以广西壮族自治区为例[J].地理与地理信息科学,2014,30(4):108-111.
Yang N, Wu L L, Deng S L, et al. Spatialization method of provincial statistical GDP data based on DMSP/OLS night lighting data:

- A case study of Guangxi Zhuang Autonomous Region[J]. *Geography and Geo - Information Science*, 2013, 30(4): 108 - 111.
- [15] 韩向娣, 周艺, 王世新, 等. 夜间灯光遥感数据的 GDP 空间化处理方法[J]. *地球信息科学学报*, 2012, 14(1): 128 - 136.
Han X D, Zhou Y, Wang S X, et al. GDP spatialization in China based on nighttime imagery[J]. *Journal of Geo - information Science*, 2012, 14(1): 128 - 136.
- [16] 陈云, 戴锦芳, 李俊杰. 基于影像多种特征的 CART 决策树分类方法及其应用[J]. *地理与地理信息科学*, 2008, 24(2): 33 - 36.
Chen Y, Dai J F, Li J J. CART - based decision tree classifier using multi - feature of image and its application [J]. *Geography and Geo - Information Science*, 2008, 24(2): 33 - 36.
- [17] 米晓楠, 白林燕, 谭雪航, 等. 基于 DMSP/OLS 数据的城市中心城区提取新方法[J]. *地球信息科学学报*, 2013, 15(2): 255 - 261.
Mi X N, Bai L Y, Tan X H, et al. A new method of extracting areas of center city regions based on DMSP/OLS data[J]. *Journal of Geo - Information Science*, 2013, 15(2): 255 - 261.
- [18] 陈晋, 卓莉, 史培军, 等. 基于 DMSP/OLS 数据的中国城市化过程研究——反映区域城市化水平的灯光指数的构建[J]. *遥感学报*, 2003, 7(3): 168 - 175.
Chen J, Zhuo L, Shi P J, et al. The study on urbanization process in China based on DMSP/OLS data: Development of a light index for urbanization level estimation [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2003, 7(3): 168 - 175.
- [19] 卓莉, 史培军, 陈晋, 等. 20 世纪 90 年代中国城市时空变化特征——基于灯光指数 CNLI 方法的探讨[J]. *地理学报*, 2003, 58(6): 893 - 902.
Zhuo L, Shi P J, Chen J, et al. Application of compound night light index derived from DMSP/OLS data to urbanization analysis in China in the 1990s [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(6): 893 - 902.
- [20] 叶靖, 杨小唤, 江东. 乡镇级人口统计数据空间化的格网尺度效应分析——以义乌市为例[J]. *地球信息科学学报*, 2010, 12(1): 40 - 47.
Ye J, Yang X H, Jiang D. The grid scale effect analysis on town leveled population statistical data spatialization [J]. *Journal of Geo - information Science*, 2010, 12(1): 40 - 47.
- [21] 李月娇, 杨小唤, 王静. 基于景观生态学的人口空间数据适宜格网尺度研究——以山东省为例[J]. *地理与地理信息科学*, 2014, 30(1): 97 - 100.
Li Y J, Yang X H, Wang J. Grid size suitability of population spatial distribution in Shandong Province based on landscape ecology [J]. *Geography and Geo - Information Science*, 2014, 30(1): 97 - 100.

Spatialization of GDP in Beijing using NPP - VIIRS data

LI Feng¹, MI Xiaonan², LIU Jun¹, LIU Xiaoyang¹

(1. *Institute of Disaster Prevention, Sanhe 065201, China*; 2. *Shanxi Climate Center, Taiyuan 030002, China*)

Abstract: In order to analyze spatial distributions of socioeconomic activities at pixel scale, the authors used Landsat8 and NPP - VIIRS night - time light images as data sources and produced spatialization maps of primary industry GDP and the secondary, tertiary industry GDP in Beijing. The land use map of Beijing for the spatialization was produced from Landsat 8 image with CART decision - tree algorithm. According to the correlation results between the primary industry GDP and areas of land use, a linear regression model was built based on the primary industry GDP and areas of plough. By analyzing the correlation relationships between five light indexes and the secondary, tertiary industry GDP, compounded night light index (CNLI) and the secondary, tertiary industry GDP presented apparent power function's correlation relationship. Using linear corrections and summation of two types of pixel level's GDP density maps produced both modes listed above, and a total GDP density map was generated with the resolution of five hundred meters in Beijing. The results of GDP relative errors show that the primary industry GDP and the secondary, tertiary industry GDP were 0.86%, 0.61% and 1.37% respectively. This suggests that this approach of pixel level's GDP spatialization can be applied to estimate Beijing's GDP and reflect characteristics of its economic distribution.

Keywords: NPP - VIIRS; night - time light; provincial GDP; land use; GDP spatialization

第一作者简介: 李峰(1979 -), 男, 讲师, 工程师, 工学博士, 主要从事测量与遥感方面的教学与研究工作。Email: lif1223@aliyun.com。

(责任编辑: 陈理)