

李晓雪,马小平,刘岸果,等.基于 NPP-VIIRS 数据的夜间灯光指数变化分析——以夏河 $M_s5.7$ 地震为例[J].地震工程学报, 2020,42(5):1232-1235.doi:10.3969/j.issn.1000-0844.2020.05.1232
LI Xiaoxue, MA Xiaoping, LIU Anguo, et al. Variation of Night Light Index Based on NPP-VIIRS Data: A Case Study on the Xiahe $M_s5.7$ Earthquake[J]. China Earthquake Engineering Journal, 2020, 42(5): 1232-1235. doi: 10.3969/j.issn.1000-0844. 2020.05.1232

基于 NPP-VIIRS 数据的夜间灯光指数变化分析 ——以夏河 $M_s5.7$ 地震为例

李晓雪, 马小平, 刘岸果, 朱 瑞

(甘肃省地震局, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 夜间灯光数据具有反映人类活动的特点,其数据变化与电力设施运行情况、建筑物和其他发光物体息息相关,因此近年来被广泛应用于各类科学研究中。本文从夜间灯光数据特点出发,以夏河 $M_s5.7$ 地震灾区为研究区,利用多时相 NPP-VIIRS 夜间灯光数据,经过数据预处理后获得三种灯光指数,从而分析灾区的夜间灯光变化,为地震应急救援工作提供一种震后灾情信息获取的途径和方法,为甘肃县级尺度的地震应急工作提供另一种思路。

关键词: NPP-VIIRS; 灯光指数; 甘肃县级尺度; 灾情信息获取; 地震应急

中图分类号: P315

文献标志码: A

文章编号: 1000-0844(2020)05-1232-05

DOI: 10.3969/j.issn.1000-0844.2020.05.1232

Variation of Night Light Index Based on NPP-VIIRS Data: A Case Study on the Xiahe $M_s5.7$ Earthquake

LI Xiaoxue, MA Xiaoping, LIU Anguo, ZHU Rui

(Gansu Earthquake Agency, Lanzhou 730000, Gansu, China)

Abstract: Night light data can reflect human activities, and its variation is closely related to the operation of electrical facilities, buildings, and other luminous objects. Thus, these data have been widely used in various scientific research. Based on the characteristics of multitemporal NPP-VIIRS night light data, this study obtained three night light indexes to analyze the change of night light in the disaster region of the Xiahe $M_s5.7$ earthquake. Results showed that the NPP-VIIRS data can provide a method of acquiring disaster information after earthquakes, thus providing another perspective for earthquake emergency in Gansu Province at the county scale.

Keywords: NPP-VIIRS; light index; county scale of Gansu; disaster information acquisition; earthquake emergency

收稿日期:2020-07-10

基金项目:甘肃省地震局 中国地震局兰州地震研究所地震科技发展基金项目(2020Q5)

第一作者简介:李晓雪(1987-),女,硕士,助理工程师,主要从事地震应急相关研究。E-mail:490386925@qq.com。

0 引言

严重的地震灾害往往会造成巨大人身和财产损失,因此如何快速获取灾情信息,作出科学、快速、准确的应急决策是应急救援的首要任务之一。地震灾害同时还伴随着通讯和电力设施损坏,导致灾区与外界失去联系。电力设施是光源载体,直观表现为灯光,灯光与人类活动息息相关,一个地区的受灾程度与灯光的破坏范围有直接关系,这就为利用夜间灯光数据提取灾情信息提供了可能,因此,获取夜间灯光影像对救灾决策具有重要意义。

目前,世界上应用较多的夜间灯光数据有 1976 年 9 月美国发射的国防气象卫星 DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) 搭载 OLS (Operational Linescan System) 传感器获取的灯光影像、2011 年 10 月美国宇航局发射的 Suomi NPP 携带的可见光近红外成像辐射仪 VIIRS (visible infrared imaging radiometer suite) 获取的影像,2018 年 6 月由武汉大学团队研发并成功发射的“珞珈一号”卫星获取的影像等。其中,DMSP/OLS 影像空间分辨率约为 1 km,已经广泛应用在大、中尺度(国家、省、州)研究中,如森林火灾检测^[1-2]、城市化水平及相关研究^[3-4]、能源危机^[5]、地震灾害^[6]等。日本和美国学者在 2000 年将该数据应用在西印度地震灾情评估中,验证了 DMSP/OLS 数据在灾情预测方面的准确性和快捷性。国内张小咏等利用 DMSP/OLS 提取了 2001 年印度 7.9 级地震和 2011 年日本“3·11”9.0 级大地震后图像破坏信息,讨论了 DMSP/OLS 数据在强震巨灾后灾情信息获取的应用潜力和局限性^[7];张宝军利用 DMSP/OLS 数据分析了汶川地震极重灾区 2003—2013 年夜间灯光分布范围和强度的年际变化特点,研究灾区夜间灯光变化和灾害损失之间的关系^[8]。NPP-VIIRS 作为后起之秀,因其与 DMSP/OLS 相比具有更高的微光探测能力和时空分辨率近年来被广泛应用于科学研究中^[9-11],但对地震灾情信息获取方面的研究较少,尤其在甘肃县级尺度的研究几乎没有。

本文从 NPP-VIIRS 的数据特点出发,利用夏河 5.7 级地震前后的 NPP-VIIRS 合成月数据,经过数据预处理后获取三种夜间灯光指数,从而分析地震前后夜间灯光变化,为甘肃县级尺度的灾情信息获取和地震应急工作提供一种思路和方法。

1 研究区与数据获取

据中国地震台网正式测定,2019 年 10 月 28 日

01 时 56 分,甘肃甘南州夏河县扎油乡(102.69°E, 35.10°N)发生 5.7 级地震,震源深度 10 km,震中位于西秦岭北缘断裂郭麻滩断裂和临潭—宕昌断裂(北支西段)之间,受灾区域为甘南州夏河县、合作市 2 个县(市)。因此,本文选取甘南州夏河县和合作市为研究区。夏河县位于甘南州西北部,东邻合作市,总面积为 6 274 km²,截止 2018 年末常住人口为 9.03 万人,地区生产总值 18.01 亿元;合作市西接夏河县,总面积为 2 670 km²,截止 2018 年末常住人口为 9.55 万人,地区生产总值 43.72 亿元。

NPP-VIIRS 传感器有 22 个波段,波长范围在 0.4~12 μm ,涵盖可见光和红外光谱,夜间灯光数据发布在该卫星的 DNB (Day and Night Band) 波段,空间分辨率可达 375 m。NPP-VIIRS 继承了 DMSP/OLS 的微光探测能力,消除了像元饱和,减少了溢出现象,具有更优越的夜间灯光探测能力,能有效提高灯光影像质量。目前对外发布的数据有日、月度合成和年度合成数据。

由于研究区属于经济不发达的县城,因此研究数据选择各方面都优于 DMSP/OLS 的 NPP-VIIRS 月合成夜间灯光数据,格式选用已排除杂散光的 vcmcfg 数据。时间选择 2019 年 8 月、9 月、10 月、11 月、12 月、2020 年 1 月作为连续时间序列的对比,下载地址为:https://www.ngdc.noaa.gov/eog/viirs/download_dnb_composites.html。研究数据如图 1 所示。从图上可以看出,作为甘南州府的合作市,其夜间灯光范围最大,亮度较高,夏河县的拉卜楞真、达麦乡、王格尔塘镇和麻当镇存在少量夜间灯光亮度较大区域,而震中所在的扎油乡夜间灯光几乎没有。

2 数据预处理

由于月度 NPP-VIIRS 数据存在负值,后续处理需要统计面积,因此,需要对月度夜间灯光数据进行投影变换、重采样、裁剪、消除负值等一系列预处理。

(1) 投影变换

月度数据的空间参考为 WGS-84,但没有投影,考虑到后续的处理,采用等积圆锥投影 Asia North Albers Equal Area Conic (Asia)。

(2) 重采样

月度数据星下点的空间分辨率可达 375 m,通过最近邻重采样法将所有像元大小统一化。

(3) 裁剪

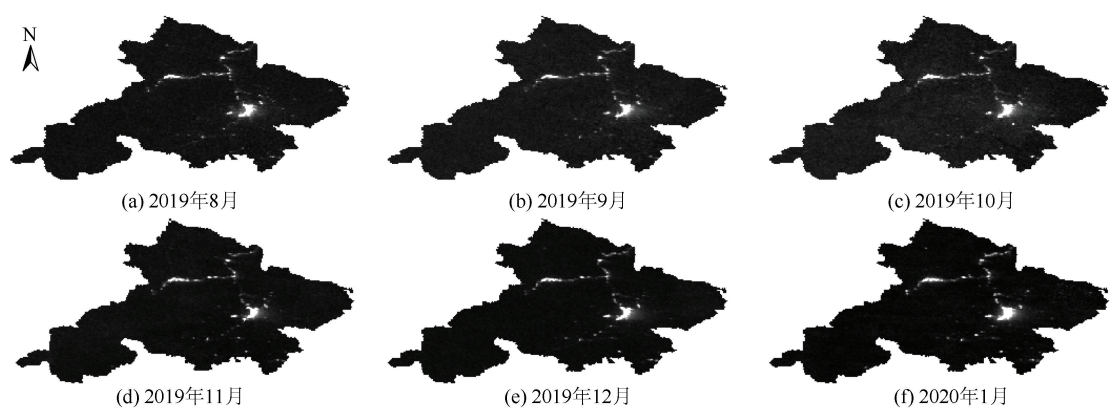


图 1 研究区 6 幅月度 NPP-VIIRS 影像

Fig.1 Six monthly NPP-VIIRS images in the study area

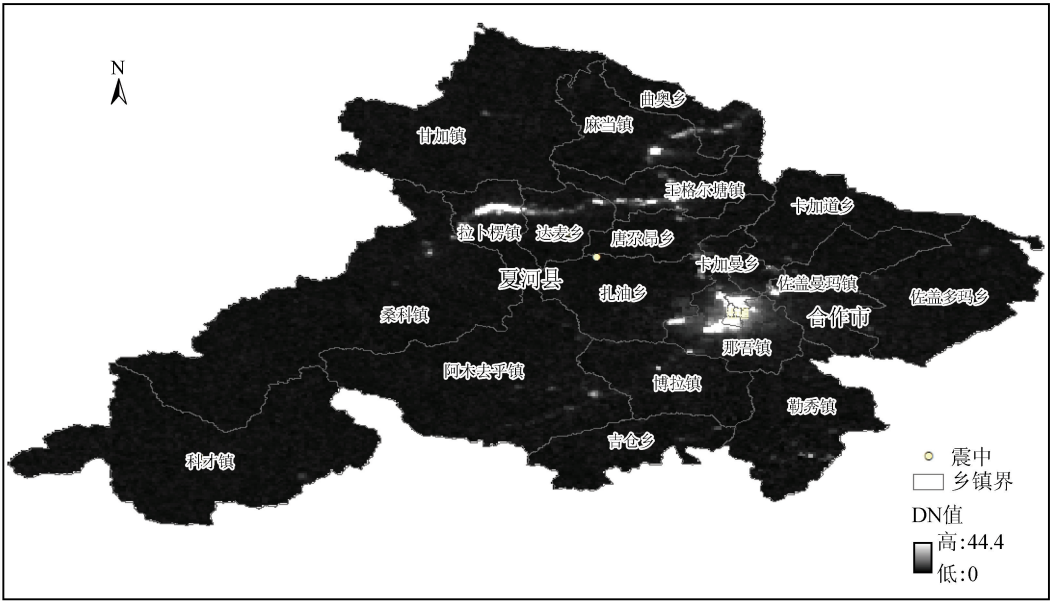


图 2 研究区乡镇行政区划

Fig.2 Administrative division of villages and towns in the study area

在以上处理的基础上进一步进行裁剪,得到夏河县和合作市的夜间灯光影像。

(4) 消除负值

将夏河县和合作市夜间灯光影像中的负值赋值为 0。

3 灯光指数

常用的灯光指数有夜间灯光总强度 (TNL)、综合灯光指数 (CNLI) 和亮值像元总个数 (NNL)。夜间灯光总强度是指行政单元内灯光 DN 值的总和;综合灯光指数为平均灯光强度 (I) 与灯光面积比 (S) 的乘积,平均灯光强度为夜间灯光强度占最大灯光强度的比率,灯光面积比为灯光面积与行政单元面积之比;亮值像元总个数指灯光

像元总个数。TNL、CNLI、I 和 S 分别可用式(1)、(2)、(3)、(4)表示:

$$TNL = \sum_{i=DN_{min}}^{DN_{max}} (DN_i \times n_i) \tag{1}$$

$$CNLI = I \times S \tag{2}$$

$$I = TNL / (DN_{max} \times N_L) \tag{3}$$

$$S = A_N / A \tag{4}$$

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_L 和 A_N 分别代表行政单元内在 $[0, DN_{max}]$ 区间的像元总数和所占据的面积, A 表示行政单元面积。

4 夏河 5.7 级地震灾区灯光变化分析

本文选取的 6 个月的三种夜间灯光指数如表 1

所列。

表 1 连续 6 个月的三种夜间灯光指数

Table 1 Three night light indices for 6 consecutive months

时间	夜间灯光指数		
	TNL	CNLI	NNL
2019-08	12 245.25	0.99	48 210
2019-09	15 626.39	0.99	48 210
2019-10	27 360.54	0.99	48 210
2019-11	19 620.81	0.99	48 210
2019-12	14 585.68	0.99	48 209
2020-01	7 387.65	0.98	47 455

从表中可以看出,仅 TNL 指数在地震前后发生变化, $CNLI$ 指数和 NNL 指数几乎没有变化,说明此次地震并未对当地造成电力设施等光源载体造成大的破坏。图 3 可以看出, TNL 指数在地震前呈现上升趋势,在地震当月出现峰值,地震后又逐渐开始下降。根据马小平等^[12]的研究结果表明,此次地震未造成严重的人员伤亡,仅造成少数土木、砖木房屋轻微破坏,所以, $CNLI$ 指数和 NNL 指数变化不明显,而发生地震后由于各方救援力量到达现场实施救援,造成当地夜间灯光总强度 TNL 在 10 月呈现峰值,并在后面随着救援队伍的撤离, TNL 值也呈现下降趋势。

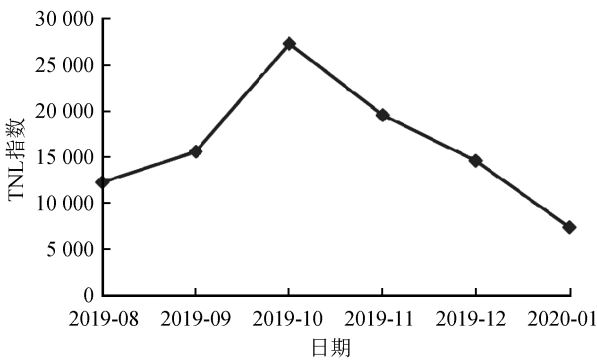


图 3 TNL 指数变化

Fig.3 Changes of TNL index

5 结论与讨论

本文利用 NPP-VIIRS 月度夜间灯光数据,经过数据预处理后获取三种夜间灯光指数,与已有研究对比发现,此次地震仅夜间灯光总强度指数(TNL)先呈现上升趋势,在 2019 年 10 月达到峰值,从 10 月开始呈现下降趋势,这是由于地震当月救援力量的增加,灯光总强度也随之升高,随着震后救援力量的撤离灯光总强度也随之降低;而综合灯光指数($CNLI$)和亮值像元总个数(NNL)并未发生明显变化,说明此次地震并未对当地光源承载设

施造成大的破坏。这与野外烈度调查结果一致,展示了 NPP-VIIRS 数据在甘肃县级尺度地震灾情信息获取方面的潜力,可为地震应急救援工作提供另一种思路。

参考文献(References)

[1] CHAND T R K,BADARINATH K V S,MURTHY M S R,et al.Active Forest Fire Monitoring in Uttaranchal State,India Using Multi-temporal DMSP-OLS and MODIS Data[J].International Journal of Remote Sensing,2007,28(10): 2123-2132.

[2] BADARINATH K V S,KUMAR KHAROL S,KIRAN CHAND T R,et al.Variations in Black Carbon Aerosol,Carbon Monoxide and Ozone over an Urban Area of Hyderabad,India,during the Forest Fire Season[J].Atmospheric Research,2007,85(1): 18-26.

[3] ZHANG Q L,SETO K C.Mapping Urbanization Dynamics at Regional and Global Scales Using Multi-temporal DMSP/OLS Nighttime Light Data[J].Remote Sensing of Environment,2011,115(9): 2320-2329.

[4] FAN J F,MA T,ZHOU C H,et al.A New Approach to the Application of DMSP/OLS Nighttime Light Data to Urbanization Assessment[C]//2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium.22-27 July 2012,Munich,Germany.IEEE,2012: 6983-6986.

[5] FILHO C R D S,ZULLO JR J,ELVIDGE C.Brazil's 2001 Energy Crisis Monitored from Space[J].International Journal of Remote Sensing,2004,25(12): 2475-2482.

[6] TAKASHIMA M,HAYASHI H,KIMURA H,et al.Earthquake Damaged Area Estimation Using DMSP/OLS Nighttime Imagery-application for Hanshin-Awaji Earthquake[C]//IGARSS 2000.IEEE 2000 International Geoscience and Remote Sensing Symposium.Taking the Pulse of the Planet: the Role of Remote Sensing in Managing the Environment.Proceedings (Cat. No. 00CH37120). 24-28 July 2000,Honolulu,HI,USA.IEEE,2000: 336-338.

[7] 张小咏,朱俊杰,许建华.基于灯光遥感图像的地震灾情信息提取[J].地震研究,2018,41(2): 311-318.

ZHANG Xiaoyong,ZHU Junjie,XU Jianhua.Earthquake Disaster Information Extraction Based on Night-time Lighting Images[J].Journal of Seismological Research,2018,41(2): 311-318.

[8] 张宝军.2003-2013 年汶川地震极重灾区夜间灯光年际变化分析[J].灾害学,2018,33(1): 12-18,22.

ZHANG Baojun.Analysis of the Inter-annual Variation of Nighttime Lights in the most Affected Area of Wenchuan Earthquake from 2003 to 2013[J].Journal of Catastrophology,2018,33(1): 12-18,22.

[9] 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.

京:中国建筑工业出版社,2013.

JC/T796-2013 The Method of Evaluating the Fired Common Brick Strength Grading by Rebound Hammer[S].Beijing:China Architecture & Building Press,2013.

[8] 施楚贤.砌体结构理论与设计(第二版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2003.

[9] 银川市文物管理处.海宝塔台基内填土勘探报告[R].2015.

[10] 宁夏工程物探勘察研究院.银川市海宝塔修缮工程的岩土勘察报告[R].2015.

[11] 卢俊龙.砖石古塔土-结构相互作用理论与应用研究[D].西安:西安建筑科技大学,2008.

[12] 赵祥,尚天伟,谢启芳,等.基于 ECC 的小雁塔抗震加固性能分析[J].地震工程学报,2017,39(5):829-835.

ZHAO Xiang, SHANG Tianwei, XIE Qifang, et al. Performance Analysis of Small Wild Goose Pagoda Seismic Reinforcement Based on Engineered Cementitious Composite[J].China Earthquake Engineering Journal,2017,39(5):829-835.

[13] 刘文峰,柳春图,应怀樵.通过频率改变率进行损伤定位的方法研究[J].振动与冲击,2004,23(2):28-30,17.

LIU Wenfeng, LIU Chuntu, YING Huaqiao. Research on Damage Orientation by Change of Eigenfrequency[J].Journal of Vibration and Shock,2004,23(2):28-30,17.



(上接第 1235 页)

LI Feng, MI Xiaonan, LIU Jun, et al. Spatialization of GDP in Beijing Using NPP-VIIRS Data[J].Remote Sensing for Land & Resources,2016,28(3): 19-24.

[10] 潘竞虎,胡艳兴.基于夜间灯光数据的中国多维贫困空间识别[J].经济地理,2016,36(11): 124-131.

PAN Jinghu, HU Yanxing. Spatial Identification of Multidimensional Poverty in China Based on Nighttime Light Remote Sensing Data[J].Economic Geography,2016,36(11): 124-131.

[11] 李钢.GIS 支持下的浙江省台风灾害直接经济损失评估[D].南京:南京信息工程大学,2014.

[12] 马小平,孙艳萍,陈文凯,等.甘肃夏河 $M_s5.7$ 地震烈度评定及震害特征分析[J].地震工程学报,2020,42(3): 777-783.

MA Xiaoping, SUN Yanping, CHEN Wenkai, et al. Seismic Intensity Evaluation and Damage Characteristics of Xiahe, Gansu $M_s 5.7$ Earthquake[J].China Earthquake Engineering Journal,2020,42(3): 777-783.