

引用格式:LIU Lingcen,ZHANG Qian,WU Feng.Nighttime light remote sensing applications in emergency studies: Cases and progress[J].Remote Sensing Technology and Application,2025,40(1):14-24.[刘冷岑,张倩,吴锋.突发事件研究中的夜间灯光遥感应用:案例与进展[J].遥感技术与应用,2025,40(1):14-24.]
DOI:10.11873/j.issn.1004-0323.2025.1.0014

突发事件研究中的夜间灯光遥感应用:案例与进展

刘冷岑¹,张倩¹,吴锋²

(1.中国农业大学 土地科学与技术学院,北京 100193;

2.中国科学院地理科学与资源研究所 陆地表层格局与模拟重点实验室,北京 100101)

摘要:自然灾害、战争冲突等突发事件因突发性强、危害性大,已逐渐成为全球学界的研究热点,如何准确高效地评估突发事件影响及后续的恢复情况是其重要议题。夜间灯光遥感作为遥感领域的活跃分支,因其可反映地表人类活动差异,近年来已受到社会经济、自然研究等领域的广泛关注。本研究对2012~2022年间夜间灯光遥感数据应用于突发事件中的中英文研究进行梳理归纳,聚焦武装冲突、公共卫生事件、自然灾害3类研究热点,系统梳理夜间灯光数据的研究主题、方法分析及内涵解释。研究发现,夜间灯光数据主要通过人类活动变化、公共基础设施状态、地区经济发展的非预期性改变来反映突发事件的影响,已广泛应用于评估突发事件的影响范围、破坏程度及恢复进展,为政府应急管理和制定灾后恢复策略提供了可靠依据。夜间灯光遥感数据凭借其易获取、相对客观和与社会经济的紧密联系,为快速、大范围评估突发事件影响提供了强有力的支持。未来研究应继续开发更高时空分辨率的夜间灯光数据集,深化与地面监测数据、社会经济数据及其他对地观测数据等多源数据的融合,构建更完善的突发事件监测和评估体系,科学高效地支撑应急管理工作。

关键词:夜间灯光数据;突发事件;自然灾害;武装冲突;公共卫生事件

中图分类号:P237;TP79 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-0323(2025)01-0014-11

1 引言

21世纪以来全球突发事件频发,各类自然灾害、公共卫生和社会安全事件严重威胁着地区社会稳定和人民生命财产安全,为全球经济发展带来了极大的挑战,阻碍了人类社会的可持续发展^[1-2]。根据灾害流行病学研究中心(CRED)的研究,2022年紧急事件数据库EM-DAT记录了全球387次自然灾害,经济损失总计约2 238亿美元,造成30 704人死亡,死亡人数几乎是2002~2021年中位数16 011人的两倍^[3]。目前全球已经进入突发事件发生频次更高、影响范围更广、应对难度更大的阶段,有效预防和妥善处置各种突发事件已成为全球性课题。

在此基础上,如何科学及时地评估突发事件对全球国家和地区的影响程度是当前和未来应对重大突发公共事件的重要依据。

利用传统方法较难实现突发事件快速评估的目标。开展受影响区域的实地调查不仅费时费力,且具有一定危险性;而基础统计数据时间滞后性较大,空间信息不足,难以保证评估准确率。夜间灯光遥感影像因其可有效反映区域经济发展和人类活动强度,具有覆盖范围广、时间分辨率高、经济成本低等突出优势,能够有效弥补统计和调查数据在监测突发事件中的不足,已被广泛应用于战争冲突^[4]、自然灾害^[5]等事件的破坏范围及程度的评估。

收稿日期:2023-09-07;修订日期:2024-11-17

基金项目:国家自然科学基金项目(41971233)。

作者简介:刘冷岑,博士研究生,主要从事夜光遥感应用与城乡可持续发展研究。E-mail:liulingcen@cau.edu.cn

通信作者:吴锋,研究员,博士生导师,主要从事灾害社会学、人与自然耦合复杂系统研究。E-mail:wufeng@igsrr.ac.cn

夜间灯光数据是一种遥感数据,卫星上的传感器能够探测到夜晚地球的灯光、火光等信息。目前普遍使用的夜间灯光遥感数据有 DMSP-OLS 及 NPP-VIIRS 两套数据。1992~2013 年的 DMSP-OLS 夜间灯光数据由美国国家海洋和大气管理局发布,是美国国防气象卫星计划 DMSP 搭载的线性扫描业务系统 OLS 生成的年度夜间灯光数据,首次为经济社会研究提供了太空视角。2012 年美国国家极轨业务环境卫星系统 NPP 搭载的可见光红外成像辐射仪 VIIRS 提供了新一代高质量夜间灯光数据。NPP-VIIRS 与 DMSP-OLS 数据相比,在时空、光谱分辨率等方面得到了提升,进一步扩展了夜间灯光遥感的应用领域,使夜间灯光遥感数据的相关研究进入快速发展阶段^[6]。

已有研究表明,夜间灯光数据可从多维度、多尺度表征社会经济发展情况,是区域经济水平和公共服务的良好代理变量^[7]。与统计数据相比,夜间灯光数据具有易获取、相对客观、打破行政边界等优点,因此已广泛应用于不透水面的提取^[8]、城镇建设用地识别^[9]、城市空间结构分析^[10]等城市扩张及城市化研究;人口和 GDP 空间化^[11]、区域贫困评估^[12]、电力能源消耗^[13]、停电损失^[14]等城市社会经济指标估算;同时还在重大事件评估^[15]、环境^[16]与健康^[17]等方面也起到重要的数据支撑作用。夜间灯光数据为研究区域经济社会发展和人类活动提供了独特视角,被证实是衡量地区经济发展状况的有效指标。相关研究已充分论证,夜间灯光遥感影像是监测突发事件变化的有效工具,评估结果为及时应对突发事件、制定防灾减灾和区域恢复决策提供了重要数据支撑。

目前有关于夜间灯光数据研究的国内外综述性论文较为全面地总结了夜间灯光数据的应用成果,从数据处理与技术方法、应用研究等方面进行归纳^[18-20]。但是对夜间灯光强度代表含义的解释剖析程度较浅,且尚未有集中于突发事件这一主题的综述文章。因此基于目前全球极端天气频发、国际冲突增加、公共卫生事件影响严重的新形势,本研究聚焦于夜间灯光数据在突发事件研究中的应用,梳理归纳近 10 a 有关的国内外文献,以期对相关学者应用夜间灯光数据开展研究提供数据与方法参考。

2 文献来源与描述

以夜间灯光数据在突发事件的研究为主题进

行文献检索。《中华人民共和国突发事件应对法》将突发事件定义为“突然发生,造成或可能造成严重社会危害,需要采取应急处置措施予以应对的自然灾害、事故灾害、公共卫生事件和社会安全事件”^[21]。本研究重点关注通过夜间灯光数据可识别到的自然灾害、武装冲突及公共卫生事件等领域,以中国知网(CNKI)和 Web Of Science(WOS)核心合集数据库分别作为中文和英文文献的来源进行文献搜索归纳,时间范围为 2012~2022 年。通过人工筛选,剔除部分明显与主题无关的文章,分别得到 53 篇中文文献和 150 篇英文文献。

通过统计发表时间及发表语言可得,本主题的英文文献数量远高于中文文献,国外相关期刊对突发事件问题更加关注,探索也更为全面。10 a 间中英文文献数量均呈现上升趋势,说明随着夜间灯光数据质量的不断提升,以及目前全球极端天气增加、各类突发事件频发等新形势,利用遥感数据研究突发事件这一主题逐渐受到国内外学者重视,夜间灯光数据在突发事件中的应用拥有较广阔的研究前景(图 1)。

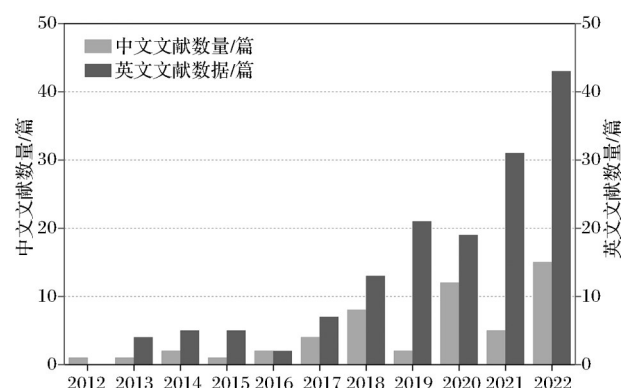


图1 中英文文献数量时间分布图

Fig.1 Time distribution of Chinese and English literature quantity

通过对中英文文献的关键词词频进行统计并归纳排序,可比较学者们对此类主题的关注重点。夜间灯光、遥感均是中英文期刊的核心主题。中文文献中,学者更多关注夜间灯光数据可成为人类活动及区域经济的替代指标,并有将其空间化的潜力,对地震灾害这一突发事件类型的研究较多。英文文献中,中国因各类突发事件总量较多,同时应急管理较为完备,成为最集中的研究区域,其突发事件的影响及恢复能力引起了全球学者的关注。另外学者在英文文献中更加关注突发事件的短期和长期的发展演变,以及夜间灯光数据在城市发

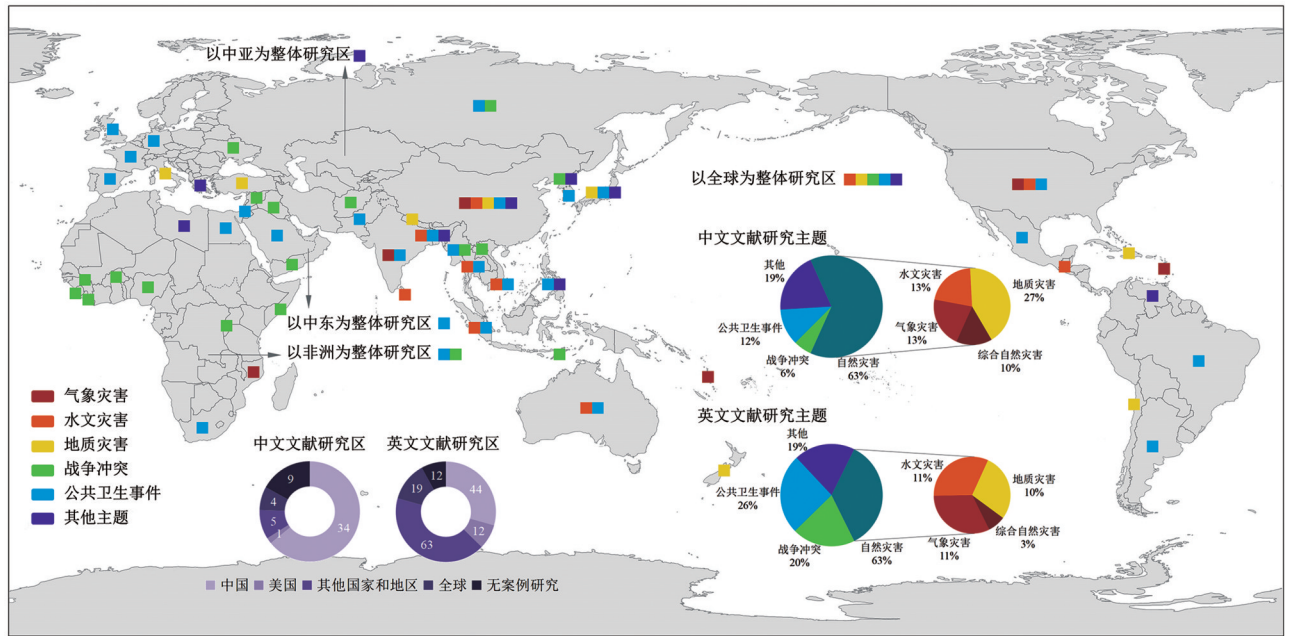
展、电力消耗方面的应用,对突发事件的探索较为丰富(表 1)。

表 1 中英文文献关键词词频统计
Table 1 Keyword frequency statistics in Chinese and English literature

排序	中文文献		英文文献	
	词频	关键词	词频	关键词
1	11	夜间灯光 (夜光遥感,NPP-VIIRS)	42	remote sensing (imagery, satellite imagery)
2	8	风险评估(评价)	38	nighttime light (nighttime lights)
3	6	遥感	27	china
4	4	空间化	23	dynamics
5	4	地震灾害 (汶川地震,地震应急)	18	time series
6	3	灯光指数	17	population
7	2	人类活动	16	urbanization dynamics(city)
8	2	人口经济	15	electric power consumption(consumption)
9	2	空间格局	14	growth
10	2	雷电灾害	7	model

对上述文献的突发事件主题进行归纳,并将其研究区显示在世界地图中,可对突发事件研究主题、研究地域进行进一步分析(图 2)。图中针对研

究区为全球多个案例点的文献,若案例点少于 20 个,对其进行地点标注,其余归至全球整体研究中。



审图号:GS(2016)1667

图 2 中英文文献突发事件主题分布图
Fig.2 Topic distribution of Chinese and English literature emergencies

自然灾害主题在中英文文献中均占比较大,分别为 63% 和 35%,自然灾害下分类较多,地质灾害集中在地震,水文灾害主要为洪水、涝灾,气象灾害以飓风、台风为主要研究内容,另外也有对多种自然灾害进行综合分析的研究(地图中对综合分析主

题文献进行分主题拆分标注)。另外公共卫生事件和战争冲突也是夜间灯光数据在突发事件研究中的研究热点。其他主题中主要包含经济危机长期影响、数据集制备文献和夜间灯光数据综述,与本文主题相关性不强,因此在后文中暂不考虑。

在研究区域的选择中,中国因地质条件、气候条件复杂、新冠肺炎疫情较早被关注,在中英文文献中被广泛选择作为研究区;美国作为世界第一大经济体,也受到了学者的高度关注。另外水文灾害、战争冲突、公共卫生事件等主题也均有在全球尺度的研究。由图2可知,自然灾害研究区具有一定的地理分异规律,学者通常选择自然灾害易发、频发地区进行研究,例如南亚地区易受海啸、洪水侵袭、尼泊尔和秘鲁处在全球活跃地震带、西印度群岛飓风破坏性强,已成为学者们的研究重点;中东地区近年来战火频发,已成为战争冲突研究的热点区域;而新冠肺炎疫情席卷全球,不同的国家政策和经济发展水平会造成各区域对疫情的响应有所差异,因此研究公共卫生事件的研究区域较为广泛。而夜间灯光数据因其覆盖范围大、易获取等优势,提供了进行不同尺度突发事件研究的数据基础。

3 夜间灯光数据在突发事件研究中的应用

3.1 研究主题

3.1.1 战争冲突

评估地区武装冲突的破坏程度具有较大挑战性。考虑战争的巨大危害,研究人员难以在作战区域进行全面实地调查,战况数据的信息透明度和真实性存疑,易使研究结果出现偏差。而遥感技术的应用可以客观、快速地对武装冲突进行时空监测,评价战争破坏程度和范围,有助于科学开展人道主义救援等下一步工作。因此在缺少当地统计数据的前提下,夜间灯光数据能够为评估战争的综合破坏程度提供较为可靠的数据支撑。

近10 a来,全球国际局势紧张,地区热点问题此起彼伏,全域安全风险并行上升。自2011年开始,持续数年的叙利亚内战引起了学者的广泛关注,相关研究运用夜间灯光数据对叙利亚内战对该地区城市的破坏程度^[22]、影响范围^[23]、演变动态^[24],以及内战下人类活动和粮食安全问题^[25]等进行了分析,研究发现随着叙利亚危机的爆发,全国夜间照明急剧下降,内战给叙利亚城市造成了严重破坏。另外相关研究也基于夜间灯光数据,对伊拉克战争^[26]、也门内战^[27]、阿富汗战争^[28],及最新的俄乌冲突^[29]等多次战争进行了细致的评估刻画,例如也门的夜间灯光总值在战争期间下降了71.60%^[27],乌

克兰多数省份因俄乌冲突降低了60%以上的夜间灯光强度^[29],相关研究结果为全球了解战争冲突、识别冲突风险点提供了直接和间接证据。

3.1.2 公共卫生事件

突发公共卫生事件指突然发生,造成(或者可能造成)社会公众健康严重损害的重大传染病疫情等严重影响公众健康的事件^[21]。其中,新冠肺炎疫情是近百年人类遭遇的影响范围最广的全球性大流行病。全球经济受到重创,人类生命安全和健康面临重大威胁。科学及时地对区域经济及民众生产生活情况进行监测评估,对决策者制定有效防疫政策具有重要意义。相关研究采用了官方通报感染人数^[30]、电力能源^[31]、交通通行^[32]、手机信令^[33]等多元数据,其中夜间灯光数据因其可有效捕捉城市社会经济活动变化,获取便捷、覆盖面广,被学者们广泛应用。

相关研究主要集中于测算区域经济受疫情影响程度及范围^[34]、封锁措施强度及其影响^[35]、疫情下停工停产以及后期恢复^[36]、人类活动变化^[37]等,也有与城市内部结构^[38]、能源消耗^[39]、光污染变化^[40]相结合的相关研究,产出了一系列具有理论与实践价值的科研成果,证实了新冠肺炎疫情对全球的巨大影响。在研究区选择时,由于疫情最初在中国被重视,因此大量研究针对中国及中国部分地区(武汉^[37]、北京^[41]、广东^[42]等)进行评估,同时作为发展中大国的印度^[43]和发达国家代表美国^[44]也是学者关注的重点。另外有学者考虑到不同国家的社会文化背景差异,研究关闭清真寺这一特殊政策对沙特阿拉伯人类活动(如礼拜)的影响^[45]。也有部分研究选择全球多个典型城市,测算夜间灯光强度受疫情的影响:结果显示城市封锁后,亚洲城市的夜间灯光强度下降最为突出(印度孟买下降约20%),而欧洲没有明显下降^[38]。

3.1.3 自然灾害

重大自然灾害会损害人类生活环境、影响区域稳定发展,为人类生存带来危害,准确判断受灾区域及影响程度至关重要。根据文献归纳可知,夜间灯光数据在自然灾害研究中的应用集中于地震、洪水、飓风等灾害类型,而干旱、极端高温与区域夜间灯光强度之间的联系较弱^[46],不易从灯光强度变化监测受灾情况。

夜间灯光数据被广泛应用于自然灾害发生的短时间研究中。重大自然灾害发生后,往往造成受

灾区域电力中断或大面积停电,通过对比灾害前后灾区夜间灯光分布和强度的变化,可以评估自然灾害受影响区域及破坏程度。也有文献进一步延伸,通过夜间灯光数据估算受灾人数,对中国海峡西部城市群的台风影响研究得到灾后受灾人群的检测总体准确率为83.2%^[47];对广西“西江2020年第1号洪水”灾情的研究中,受灾人口的准确率为79.4%^[48],测算准确度较高。研究自然灾害的长期影响和经济恢复水平也是该领域研究中的重要主题。在长时间序列研究中,夜间灯光强度因其与GDP等社会经济指标相关性较强,更多作为其替代变量,表征受灾区域的社会经济情况。经学者测算,地震灾害对区域经济的影响大约为5年^[49],海地地震对当地影响在灾难发生10年后仍然持续^[50]。飓风与洪水的破坏力同样巨大,2004年的印尼苏门答腊岛海啸导致当地2005年夜间灯光亮度降低了三分之一^[51];中国沿海地区的台风导致区域当年经济活动减少了20%^[52];卡特里娜飓风造成当地GDP停止快速增长,区域经济转向不同的发展轨迹^[53]。也有研究使用长时间序列夜间灯光数据代表人类活动,探究人类与河流距离的长期变化与灾难性洪水事件发生之间的关系^[54-55]。

除了对单一事件进行评估外,也有学者致力于比较夜间灯光数据应用于评价不同类型自然灾害的结果差异。相关研究均肯定了夜间灯光数据在评估地震、飓风和洪水等突发事件影响的积极作用^[46,56],而不同事件中夜间灯光亮度减弱的原因不同:地震主要导致了建筑物倒塌和停电;台风和洪水在建筑结构普遍坚固的城市区域,更有可能因为停电而造成夜间灯光强度降低^[46]。学者发现由于灾害的单次破坏程度和整体频率有所差异,飓风和洪水灾害导致发展中国家的亮度大幅下降,而地质灾害使发达国家的光强下降较为明显^[56]。整体而言,面对天气异常,中低收入国家的夜间灯光变化往往更为剧烈,需要发达国家在减缓气候变化上作出相应贡献^[57]。

3.2 研究方法及指标

对夜间灯光数据的选择、处理及评价指标的构建是准确评估突发事件影响的重要步骤。常用数据集中,DMSP-OLS夜间灯光数据集主要适用于大尺度、长时间序列的研究,主要使用年度数据;而新一代的NPP-VIIRS夜间灯光数据多用于特定突发事件损失和恢复的细致刻画,每日数据和月度数

据较为常见。然而两类数据集均存在缺陷:DMSP-OLS数据存在“过饱和”现象和不同卫星和年份间的数据不可比的问题;NPP-VIIRS数据中存在较多背景噪声和异常值。同时两类灯光数据因传感器差异,同一时空位置的灯光值无法直接衔接,影响长时间序列研究。以上不足均需要进行数据预处理操作,表2展示了相关研究中的夜间灯光数据常见处理方法。也有研究对夜间灯光数据进行了更为细致的处理,一项评估飓风“厄玛”“玛丽亚”破坏程度的研究将夜间灯光产品分解,去除季节分量和剩余分量后,其亮度可以更准确地反映当地社会经济指标的时间变化^[58]。也有研究通过与其他数据融合提高识别精度,比如将夜间灯光数据与人口数据、都市区数据结合,测算2012年桑迪飓风后的停电情况^[59];将夜间灯光指数联系增强植被指数,评估2021年中国郑州洪水的影响^[60]。通过对夜间灯光数据的科学处理,可有效监测自然灾害、武装冲突等事件破坏与恢复的短期、长期变化,研究结果可为政府、社会更好地协调减灾工作、恢复区域经济提供支持。

在评估突发事件影响的研究中,学者基于夜间灯光数据构建了丰富的评价量化指标(表3):区域灯光总值可表征区域夜间灯光强度变化情况,该指标与GDP相关性较高,可反映突发事件影响社会经济和人类活动的总体情况^[22],而夜间灯光平均值则是消除了区域面积影响,可更好比较不同区域间灯光强度差异^[44]。夜间灯光面积可通过确定光照亮度阈值并计算相应面积得出,能够判断突发事件的影响的夜间灯光分布范围变化^[23]。在以上指标的基础上,学者又开发出夜间灯光变化值、夜间灯光变化率、夜间灯光差值指数等指数进行应用。也有研究利用景观生态学中的斑块数量、最大斑块面积比等指标评估战争影响情况,发现战争使城市景观斑块类型更加破碎^[22];利用夜间灯光数据与人口数据构建区域差异指数,通过评估不同区域经济稳定情况预测长期冲突风险^[28]。另外在对中国新冠肺炎疫情的评估研究中,因为疫情爆发正值中国春节,该时间段灯光强度与其他时间有明显差异。研究多采用前一年春节的夜间灯光数据作为对照组,由此带来了数据不连续问题,可能产生区域社会经济发展使夜间灯光强度变高的误差影响。因此相关研究中多添加相关发展指标来修正结果,去除因经济增长引起的灯光增长值,保证了结果的可信

表 2 夜间灯光数据常见处理方法

Table 2 Common processing methods of nighttime light data

数据	主题	代表方法	参考文献
DMSP-OLS	过饱和矫正	以 F12-1999 影像为参考数据集,所用影像均经过校准以匹配 F12-1999 中的亮度值分布	Qiang 等 ^[53] (2020)
		将 Elvidge 通过遥感影像识别的天然气管道燃烧区作为灯光值过饱和区域,将所研究影像去除上述区域	Felbermayr 等 ^[57] (2022)
	连续性校正	采用自动迭代法搜索影像间具有稳定夜间灯光值的栅格,根据栅格亮度值计算校准系数,从而进行连续性矫正 运用基于不变目标区域的回归分析法对研究区域的多幅 DMSP-OLS 夜间稳定灯光遥感影像数据进行相互校正	Li 等 ^[26] (2018) 张宝军 ^[61] (2018)
NPP-VIIRS	消除云层、月光影响	利用月球辐照度模型,使用 8 天的 MODIS 表面反射率量化月球辐射量,从而消除月光辐射影像 根据每个图像中相应的云索引波段去除潜在的云像素,由全部有效图像的中位数组成复合影像	Zhao 等 ^[46] (2018) Yin 等 ^[62] (2021)
		城市外的异常照明采用建成区掩膜去除;建成区内负值栅格被替换为零,正值较大栅格被替换为当地主要城市夜间灯光的最大值	Li 等 ^[25] (2022)
	噪声处理	在多幅夜间灯光影像中选取若干个小样本获得归一化模型参数进行辐射归一化,得到去除火点、月光等噪声的遥感图像 将 DMSP-OLS 影像中亮度值 10 作为阈值,生成照明区域掩膜,以去除 NPP-VIIRS 的背景噪声	江泽霖等 ^[41] (2022) Jiang 等 ^[27] (2017)
DMSP-OLS 及 NPP-VIIRS	数据衔接	通过低通滤波器和幂函数从 NPP-VIIRS 影像模拟形成 DMSP/OLS 图像,进行数据衔接	Li 等 ^[24] (2017)

表 3 基于夜间灯光数据构造的常见突发事件评估指标

Table 3 Common evaluation indicators of emergencies constructed from nighttime light data

指标	含义	代表案例	参考文献
夜间灯光总值	区域内夜间灯光影像元亮度值之和	通过测算多个夜间灯光指数变化进行台风灾情评估,研究发现夜间灯光总值与 GDP 呈显著正相关	Zheng 等 ^[47] (2019)
夜间灯光平均值	区域夜间灯光总值与区域包含像元数的比值	将美国各县平均夜间灯光值代表夜间灯光强度,从而分析其与 COVID-19 发病率和死亡率之间的关系	Zhang 等 ^[63] (2022)
夜间灯光面积	区域内夜间灯光影像元亮度大于指定阈值的面积之和	发现叙利亚阿勒颇城区自 2011 年内战开始后夜间灯光面积减少至战前的 20% 以下	范俊甫等 ^[22] (2018)
夜间灯光变化值	事件发生后夜间灯光总值(或平均值)与发生前稳定总值(或平均值)的差值	通过比较不同年份夜间灯光总值差异,判断汶川地震后的重建使灾区的人类活动在震后 3 年内显著增加	Li 等 ^[64] (2018)
夜间灯光变化率	事件发生后夜间灯光总值(或平均值)与发生前稳定总值(或平均值)的比值	测算 ISIS 入侵伊拉克前后的夜间灯光总值比值,发现多地夜间灯光变化率超 50%	Li 等 ^[26] (2018)
夜间灯光差值指数	对事件发生前后的夜间灯光数据像元亮度差值的总值(或平均值)分析	将地震前 3 个月高质量夜间灯光图像的平均值作为震前图像,将地震前后图像的栅格差异作为地震造成的夜间灯光亮度损失	Fan 等 ^[65] (2019)

度^[36]。国内外学者从多个角度对突发事件的破坏及恢复程度进行科学刻画,丰富并发展了突发事件的影响评估工作。

3.3 数据内涵

夜间灯光数据能够识别不同突发事件影响的逻辑有所差异,下面分别进行分析。武装冲突前后夜间灯光发生变化有以下原因:首先,战争会破坏城市的机场、道路等公共基础设施,使夜间照明迅

速减少;其次,战争导致了人类活动的巨大变化,引起了大规模的迁徙和死亡,从而导致区域人类活动强度降低,由人类活动造成的夜间灯光强度也会降低。同时部分冲突中当地政府实施的宵禁等政策也会在遥感数据中得到反映。自然灾害中灯光变化原因与武装冲突类似,自然灾害发生后,往往会对受灾区域承载光源的基础设施、公共服务设施、居民住房等造成严重破坏,导致灾害影响区域灯光

分布范围和强度的变化。两类主题研究从更长时间尺度分析,夜间灯光强度已被证实与区域经济社会发展,如GDP、贫困水平等具有较强的相关性。而战争冲突和自然灾害会影响该地区的经济发展,因此通过长时间序列的夜间灯光变化能够从遥感角度观测到地区经济社会发展的非预期性改变,从而识别战争冲突和自然灾害的不利影响。而冲突和灾害之后,随着电力基础设施的修复、当地民众生产生活的增加,以及宏观经济的逐步恢复,夜间灯光水平得到明显提升^[55]。

突发公共卫生事件中夜间灯光亮度值变化所代表的含义也被学者们充分讨论。不同于武装战争和自然灾害会对人类聚集区的道路交通、电力设备等基础设施造成严重破坏,公共卫生事件主要通过影响人类活动,从而造成夜间灯光亮度的改变。为了应对新冠疫情,全球各国都采取了不同程度的封城、居家令等封控措施,通过减少人流量来抑制病毒的传播。在已有文献中,部分学者发现夜间灯光强度的变化与当地确诊病例数无关,而是反映了区域内政府防控力度强弱^[62],而也有文献证实了夜间灯光强度与确诊人数的较强相关性。结论的不同与研究区域封锁政策的下达时间和力度有关,如中国在疫情尚未广泛传播前,就几乎同时采取了严格封锁措施,夜间灯光的变化更多地反映防控政策的力度;而若防控措施发布时间较晚或封锁力度较弱,则结论会有所差异^[39]。也有学者进一步分析,在对印度的研究中发现当全国各地都实行统一的限制措施时,新冠肺炎感染率较高的地区夜间灯光强度下降幅度更大,表明当感染风险增加时,民众自愿减少活动的行为会改变夜间灯光亮度变化^[35]。在封锁令解除后及疫情后期,学者普遍采用夜间灯光数据监测当地经济危机是否持续,判断当地的经济恢复情况^[43]。

4 讨 论

夜间灯光数据具有打破行政边界的优势,能够低成本、快速反映人类活动强度,并表征基础设施和建筑物的分布及规模。作为预测区域社会经济发展的替代统计指标,在各类突发事件研究中得到了广泛应用。在突发事件影响评估中,利用夜间灯光数据主要能回答以下问题:突发事件造成的受影响区域面积有多大,影响程度如何?突发事件对当地社会经济发展造成多大的影响,恢复情况如何?

突发事件下的人类活动变化是怎样的?突发事件中的政府政策效果如何?国内外学者主要围绕上述问题对各类突发事件展开研究。

夜间灯光数据的选择对研究主题和结果均有决定性影响。近10 a基于夜间灯光数据的突发事件研究主要运用DMSP-OLS和NPP-VIIRS两种夜间灯光影像。学者多采用DMSP-OLS年度数据代表区域经济发展水平,评估突发事件的长期影响;因其难以准确评估突发事件的短时间破坏程度或演变趋势,使相关研究受到阻碍。而后生产出品的NPP-VIIRS数据因其效地弥补了DMSP-OLS夜间灯光数据在时空分辨率和辐射分辨率等方面的短板,极大地拓展了夜间灯光数据的研究方向和应用领域。使用NPP-VIIRS数据的研究主要评价突发事件短期影响及恢复程度,多使用其逐日数据及逐月数据,刻画突发事件前后的灯光差异及亮度范围变化。也有学者将以上两套数据衔接,以研究更长时间序列的突发事件演变规律。另外中国生产的珞珈一号卫星因其高空间分辨率,在测算受灾范围的研究中也得到了一定关注^[9]。

学者多采用区域夜间灯光总值、夜间灯光平均值、夜间灯光面积等指标进行突发事件前后对比,并尽可能减少除突发事件外的其他原因导致的夜间灯光变化,保证结果科学性。然而,遥感影像只能显示栅格内灯光的明暗变化,难以准确得知灯光变化的具体原因,其具体含义尚需深入探究。例如大地震后政府及社会组织均会派出大量人员进行救援,在夜间进行搜救时照明灯的使用可能会影响结果。另外有研究表明在经济落后地区的测算结果精度可能低于经济发达区域^[46]。经济落后地区或者农村的夜间灯光值在正常时间段内较低,遭遇突发事件后,夜间灯光降低幅度可能低于经济发达地区,而根据经验,经济落后地区应对突发事件的能力更差(即夜间灯光变化幅度应更大),因此夜间灯光变化的结果需要进一步验证。

在明晰夜间灯光数据局限性的基础上,国内外研究多将该数据与不同种类数据相结合,以得到更为科学准确的结果。各类突发事件普遍采用土地覆盖类型数据^[24,65]判断受灾区域土地利用类型和地面覆盖物、采用空间化人口数据^[63,66]确定人类活动区域,GDP^[56]、区域人口数据^[67]等社会经济统计数据也多作为研究的辅助数据。特定研究中,飓风轨迹数据^[52]、地震强度数据^[50]、洪水水位数据^[68]等在

自然灾害研究中具有确定受灾位置和强度等作用;新冠肺炎确诊人数^[69]和人口迁徙数据^[40]被多次在突发公共事件研究中,探究疫情下人类活动情况,并对夜间灯光数据结果进行验证;战争冲突研究中有学者利用社交网络图片和相关新闻协助识别受灾情况^[58]。通过丰富、综合的多元数据信息的联合使用,提高了结果科学性,使研究发现更具有说服力。经过近年来国内外学者的持续研究,夜间灯光遥感应用于突发事件的结果精度与正确率大幅提升。但相比于在城市发展、社会经济等方面的应用,夜间灯光数据在单一或综合突发事件中的探索仍然较少。由日趋复杂的国际形势和相关文献发表趋势可以推断,夜间灯光数据在突发事件中的应用研究还将会持续拓展。在未来的研究中,首先,开发长时间序列、高时空分辨率的夜间灯光遥感数据集^[70-71],对于拓宽突发事件研究的主题、进一步提高影响评估精度具有重要意义。此外,鉴于夜间灯光数据中误差可能对评估结果产生影响,未来应加强数据处理和误差控制手段,优化去除异常值的过程,以确保分析的稳定性与精确性。同时需要认识到,夜间灯光数据虽能宏观反映人类活动动态,但其亮度变化与具体经济指标之间尚无明确的完全替代关系,在个体行为和资源分配等微观层面上仍存在研究局限。因此,未来可以探索将夜间灯光数据与其他遥感数据、气象站点数据、移动通信网络数据、社交网络数据及传统社会经济数据相结合、通过多源数据的交叉验证和综合分析,构建更全面的突发事件监测和评估框架。

5 结 语

突发事件常常具有复杂性、破坏性、持续性等特点,对国家安全、人民福祉造成威胁,严重影响全球可持续发展进程。夜间灯光遥感数据因其可识别承载光源的基础设施、反映人类活动、表征区域经济发展水平,同时具有时间分辨率高、覆盖面广、易获取等突出优势,有效弥补了传统调查与统计数据不足,被广泛应用于突发事件影响的快速评估中。2012~2022年间相关文献数量持续增加,应用范围不断扩大,为政府合理制定应急管理措施提供了可靠的数据基础。

夜间灯光遥感数据应用于突发事件的研究主要集中于武装冲突、公共卫生事件和自然灾害三类主题,学者多聚焦于影响范围广、程度大的事件进

行探讨。研究多评价突发事件短期的影响范围、程度及其恢复情况,探究突发事件引发的区域人类活动强度变化等长期影响。相关研究通过对夜间灯光数据集的预处理、突发事件前后对比影像的科学选择、评估指标的多样化构建,保证了评价结果的准确度。大量研究也结合区域实际情况和多元数据对研究结果进行了深入讨论,提高了结果可信度。未来构建长时序、可对比、高质量的夜间灯光数据集;进行多元数据融合等研究将有效促进夜间灯光数据在突发事件领域的延伸与深入。

参考文献(References):

- [1] ROHDE M M. Floods and droughts are intensifying globally[J]. *Nature Water*, 2023, 1(3): 226-227.
- [2] FONTANA G, SAWYER M. The macroeconomics of near zero growth of GDP in a world of geopolitical risks and conflicts[J]. *Journal of Environmental Management*, 2024, 351: 119717. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119717
- [3] CRED, UNDRR. 2020: The Non-COVID Year in Disasters[R]. Brussels: CRED, 2021.
- [4] XU H, BARBOT S, WANG T. Remote sensing through the fog of war: Infrastructure damage and environmental change during the Russian-Ukrainian conflict revealed by open-access data[J]. *Natural Hazards Research*, 2024, 4(1): 1-7.
- [5] JIA M, LI X, GONG Y, *et al.* Estimating natural disaster loss using improved daily night-time light data[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2023, 120: 103359. DOI: 10.1016/j.jag.2023.103359
- [6] CHEN Yingbiao, ZHENG Zihao, WU Zhifeng, *et al.* Review and prospect of application of nighttime light remote sensing data[J]. *Progress in Geography*, 2019, 38(2): 205-223. [陈颖彪, 郑子豪, 吴志峰, 等. 夜间灯光遥感数据应用综述和展望[J]. *地理科学进展*, 2019, 38(2): 205-223.]
- [7] MELLANDER C, LOBO J, STOLARICK K, *et al.* Night-time light data: A good proxy measure for economic activity? [J]. *Plos One*, 2015, 10(10): e139779. DOI: 10.1371/journal.pone.0139779
- [8] GONG P, LI X, WANG J, *et al.* Annual maps of Global Artificial Impervious Area (GAIA) between 1985 and 2018[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2020, 236: 111510. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111510
- [9] LI Xiang, ZHU Jiang, YIN Xiangdong, *et al.* Mapping construction land of Guangzhou based on LuoJia No.1 nightlight data[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2019, 21(11): 1802-1810. [李翔, 朱江, 尹向东, 等. 基于珞珈一号夜间灯光数据的广州市建设用地识别[J]. *地球信息科学学报*, 2019, 21(11): 1802-1810.]
- [10] CAI J, HUANG B, SONG Y. Using multi-source geospatial big data to identify the structure of polycentric cities[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 202: 210-221.
- [11] WANG L, FAN H, WANG Y. Improving population mapping using LuoJia 1-01 nighttime light image and location-based social media data[J]. *Science of the Total Environment*, 2020, 730: 139148. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139148

- [12] ELVIDGE C D, SUTTON P C, GHOSH T, *et al.* A global poverty map derived from satellite data[J]. *Computers & Geosciences*, 2009, 35(8): 1652-1660.
- [13] FALCHETTA G, PACHAURI S, BYERS E, *et al.* Satellite observations reveal inequalities in the progress and effectiveness of recent electrification in Sub-Saharan Africa [J]. *One Earth*, 2020, 2(4): 364-379.
- [14] KERBER S W, DUNCAN N A, L'HER G F, *et al.* Tracking electricity losses and their perceived causes using nighttime light and social media [J]. *iScience*, 2023, 26 (12) : 108381. DOI:10.1016/j.isci.2023.108381.
- [15] ZHANG L, LI X, CHEN F. Spatiotemporal analysis of venezuela's nighttime light during the socioeconomic crisis [J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2020, 13: 2396-2408.
- [16] WEI W, CHEN D, ZHANG X, *et al.* Estimation of carbon emissions from different industrial categories integrated nighttime light and POI data—A case study in the Yellow River basin [J]. *Journal of Environmental Management*, 2024, 370: 122418. DOI:10.1016/j.jenvman.2024.122418.
- [17] CHEN Qian, DING Mingjun, YANG Xuchao, *et al.* Spatially explicit assessment of heat health risks using multi-source data: A case study of the Yangtze River delta region, China [J]. *Journal of Geo- information Science*, 2017, 19(11): 1475-1484. [陈倩, 丁明军, 杨续超, 等. 长江三角洲地区高温热浪人群健康风险评估[J]. *地球信息科学学报*, 2017, 19(11): 1475-1484.]
- [18] BENNETT M M, SMITH L C. Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 192: 176-197.
- [19] YU Bolang, WANG Ccong Xiao, GONG Wen kang, *et al.* Nighttime light remote sensing and urban studies: Data, methods, applications, and prospects [J]. *National Remote Sensing Bulletin*, 2021, 25(1): 342-364. [余柏浪, 王丛笑, 宫文康, 等. 夜间灯光遥感与城市问题研究: 数据、方法、应用和展望 [J]. *遥感学报*, 2021, 25(1): 342-364.]
- [20] LEVIN N, KYBA C C M, ZHANG Q, *et al.* Remote sensing of night lights: A review and an outlook for the future [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2020, 237: 111443. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111443
- [21] XUE L, ZHONG K B. Classification of types levels and stages for emergencies: Managerial foundation of government emergency response system [J]. *Chinese Public Administration*, 2005(2): 102-107. [薛澜, 钟开斌. 突发公共事件分类、分级与分期: 应急体制的管理基础 [J]. *中国行政管理*, 2005(2): 102-107.]
- [22] FAN Junfu, HE Hhuixin, HU Taoying, *et al.* An assement method of urban destruction degree in Syria war [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2018, 43(9): 129-134. [范俊甫, 何惠馨, 胡桃英, 等. 一种叙利亚战争城市破坏程度的评估方法 [J]. *测绘科学*, 2018, 43(9): 129-134.]
- [23] LI X, LI D. Can night-time light amages play a role in rvaluating the Syrian crisis? [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2014, 35(18): 6648-6661.
- [24] LI X, LI D, XU H, *et al.* Intercalibration between DMSP/OLS and VIIRS night-time light images to evaluate city light dynamics of Syria's major human settlement during Syrian civil war [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2017, 38(21): 5934-5951.
- [25] LI X, LI X, FAN Z, *et al.* Civil war hinders crop production and threatens food security in Syria [J]. *Nature Food*, 2022, 3(1): 38-46.
- [26] LI X, LIU S, JENDRYKE M, *et al.* Night-time light dynamics during the Iraqi civil war [J]. *Remote Sensing*, 2018, 10(6): 858. DOI:10.3390/rs10060858
- [27] JIANG W, HE G, LONG T, *et al.* Ongoing conflict makes Yemen dark: From the perspective of nighttime light [J]. *Remote Sensing*, 2017, 9(8): 798. DOI:10.3390/rs9080798
- [28] COSCIEME L, SUTTON P C, ANDERSON S, *et al.* Dark times: Nighttime satellite imagery as a detector of regional disparity and the geography of conflict [J]. *GIScience & Remote Sensing*, 2017, 54: 118-139.
- [29] LI L, LIANG P, JIANG S, *et al.* Multi-scale dynamic analysis of the Russian - Ukrainian conflict from the perspective of night-time lights [J]. *Applied Sciences*, 2022, 12(24): 12998. DOI:10.3390/app122412998
- [30] ZHAO Hongbo, WEI Jiachen, WANG Shuang, *et al.* The risk assessment of Covid-2019 epidemic in metropolis and precise prevention and control measures: A case study of Zhengzhou city [J]. *Economic Geography*, 2020, 40(4): 103-109, 124. [赵宏波, 魏甲晨, 王爽, 等. 大城市新冠肺炎疫情风险评估与精准防控对策——以郑州市为例 [J]. *经济地理*, 2020, 40(4): 103-109, 124.]
- [31] LU Xiao, XU Chunlei, LENG Zhaoying, *et al.* Load characteristic portrait model of power users in epidemic stage applying data-driven method [J]. *Electric Power Construction*, 2021, 42(2): 93-106. [陆晓, 徐春雷, 冷钊莹, 等. 基于数据驱动方法的疫情阶段电力用户负荷特性画像模型 [J]. *电力建设*, 2021, 42(2): 93-106.]
- [32] XU Weilin, LI Chunjiang, CHAI Yanwei, *et al.* Analyzing the changes in residents' space-time behaviors and constraints factors under the influences of the COVID-19 [J]. *Urban Development Studies*, 2021, 28(3): 1-9, 17. [许伟麟, 李春江, 柴彦威, 等. 新冠肺炎疫情影响下居民时空行为变化及其制约因素分析 [J]. *城市发展研究*, 2021, 28(3): 1-9, 17.]
- [33] XIA Jizhe, ZHOU Ying, LI Zhen, *et al.* COVID-19 risk assessment driven by urban spatiotemporal big data: A case study of Guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2020, 49(6): 671-680. [夏吉喆, 周颖, 李珍, 等. 城市时空大数据驱动的新型冠状病毒传播风险评估——以粤港澳大湾区为例 [J]. *测绘学报*, 2020, 49(6): 671-680.]
- [34] HU Yujie, ZHOU Liang, SUN Dongqi, *et al.* Impact of COVID-19 on nighttime lighting and spatio-temporal heterogeneity analysis in urban agglomeration: taking Yangtze River middle reaches megalopolis, China for an example [J]. *Remote Sensing Information*, 2022, 37(6): 60-67. [胡于杰, 周亮, 孙东琪, 等. 新冠疫情对城市群夜间灯光影响及时空异质性分析——以长江中游城市群为例 [J]. *遥感信息*, 2022, 37(6): 60-67.]
- [35] BEYER R C M, FRANCO-BEDOYA S, GALDO V. Examining the reconomic impact of COVID-19 in India through daily electricity consumption and nighttime light intensity [J]. *World Development*, 2021, 140: 105287. DOI: 10.1016/j.worlddev.2020.105287
- [36] LAN T, SHAO G, TANG L, *et al.* Quantifying spatiotem-

- poral changes in human activities induced by COVID-19 pandemic using daily nighttime light data[J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2021, 14: 2740–2753.
- [37] LIU Q, SHA D, LIU W, *et al.* Spatiotemporal patterns of COVID-19 impact on human activities and environment in China using nighttime light and air quality data[J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(10): 1576. DOI: 10.3390/rs12101576
- [38] XU G, XIU T, LI X, *et al.* Lockdown induced night-time light dynamics during the COVID-19 epidemic in global megacities[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2021, 102: 102421. DOI: 10.1016/j.jag.2021.102421
- [39] ROWE F, ROBINSON C, PATIAS N. Sensing global changes in local patterns of energy consumption in cities during the early stages of the COVID-19 pandemic[J]. *Cities*, 2022, 129: 103808. DOI: 10.1016/j.cities.2022.103808
- [40] JECHOW A, HÖLKER F. Evidence that reduced air and road traffic decreased artificial night-time skyglow during COVID-19 lockdown in Berlin, Germany[J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(20): 3412. DOI: 10.3390/rs12203412
- [41] JIANG Zelin, DENG Jian, LUAN Haijun, *et al.* Rapid extraction of COVID-19 information based on nighttime light remote sensing: A case study of Beijing[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2022(7): 43–48. [江泽霖, 邓健, 栾海军, 等. 基于逐日夜间灯光遥感的新冠肺炎疫情变化信息快速提取——以北京市为例[J]. *测绘通报*, 2022(7): 43–48.]
- [42] WANG Zheng, JIA Gongxi, ZANG Qingling, *et al.* Impacts of COVID-19 epidemic on the spatial distribution of GDP contributed by secondary and tertiary industries in Guangdong province in the first quarter of 2020[J]. *Remote Sensing for Natural Resources*, 2021, 33(3): 184–193. [王正, 贾公旭, 张清凌, 等. COVID-19疫情背景下2020年第一季度广东省二、三产业GDP空间分布变化分析[J]. *自然资源遥感*, 2021, 33(3): 184–193.]
- [43] GHOSH T, ELVIDGE C D, HSU F, *et al.* The dimming of lights in India during the COVID-19 pandemic[J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(20): 3289. DOI: 10.3390/rs12203289
- [44] XU Gang, WANG Chuanli, MENG Qingxiang, *et al.* Spatiotemporal variations of night-time lights at early stages of the COVID-19 epidemic in the United States[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2022, 26(9): 1777–1788. [许刚, 王传立, 孟庆祥, 等. COVID-19疫情初期美国城市夜间灯光时空变化分析[J]. *遥感学报*, 2022, 26(9): 1777–1788.]
- [45] ALAHMADI M, MANSOUR S, DASGUPTA N, *et al.* Using daily nighttime lights to monitor spatiotemporal patterns of human lifestyle under COVID-19: The case of Saudi Arabia[J]. *Remote Sensing*, 2021, 13(22): 4633. DOI: 10.3390/rs13224633
- [46] ZHAO X, YU B, LIU Y, *et al.* NPP-VIIRS DNB daily data in natural disaster assessment: Evidence from selected case studies[J]. *Remote Sensing*, 2018, 10(10): 1526. DOI: 10.3390/rs10101526
- [47] ZHENG Y, SHAO G, TANG L, *et al.* Rapid assessment of a typhoon disaster based on NPP-VIIRS DNB daily data: The case of an urban agglomeration along western Taiwan straits, China[J]. *Remote Sensing*, 2019, 11(14): 1709. DOI: 10.3390/rs11141709
- [48] HE Yuanrong, WANG Xiaorong, CHAI Chunfang, *et al.* Flood damage assessment and visualization based on NPP-VIIRS nighttime light remote sensing[J]. *Journal of Natural Disasters*, 2022, 31(3): 93–105. [何原荣, 王晓荣, 柴春芳, 等. 基于NPP-VIIRS夜光遥感的洪水灾损评估及可视化[J]. *自然灾害学报*, 2022, 31(3): 93–105.]
- [49] FABIAN M, LESSMANN C, SOFKE T. Natural disasters and regional development – the case of earthquakes[J]. *Environment and Development Economics*, 2019, 24: 479–505.
- [50] JOSEPH I. The effect of natural disaster on economic growth: Evidence from a major earthquake in Haiti[J]. *World Development*, 2022, 159: 106053. DOI: 10.1016/j.worlddev.2022.106053
- [51] GILLESPIE T W, FRANKENBERG E, FUNG CHUM K, *et al.* Night-time lights time series of tsunami damage, recovery, and economic metrics in Sumatra, Indonesia[J]. *Remote Sensing Letters*, 2014, 5(3): 286–294.
- [52] ELLIOTT R J R, STROBL E, SUN P. The local impact of typhoons on economic activity in China: A view from outer space[J]. *Journal of Urban Economics*, 2015, 88: 50–66.
- [53] QIANG Y, HUANG Q, XU J. Observing community resilience from space: Using nighttime lights to model economic disturbance and recovery pattern in natural disaster[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 57: 102115. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102115
- [54] MARD J, Di BALDASSARRE G, MAZZOLENI M. Night-time light data reveal how flood protection shapes human proximity to rivers[J]. *Science Advances*, 2018, 4(8): r5779. DOI: 10.1126/sciadv.aar5779
- [55] CEOLA S, LAIO F, MONTANARI A. Satellite nighttime lights reveal increasing human exposure to floods worldwide[J]. *Geophysical Research Letters*, 2014, 41(20): 7184–7190.
- [56] KLOMP J. Economic development and natural disasters: A satellite data analysis[J]. *Global Environmental Change*, 2016, 36: 67–88.
- [57] FELBERMAYR G, GRÖSCHL J, SANDERS M, *et al.* The economic impact of weather anomalies[J]. *World Development*, 2022, 151: 105745. DOI: 10.1016/j.worlddev.2021.105745
- [58] ZHAO N, LIU Y, HSU F, *et al.* Time series analysis of VIIRS-DNB nighttime lights imagery for change detection in urban areas: A case study of devastation in Puerto Rico from hurricanes Irma and Maria[J]. *Applied Geography*, 2020, 120: 102222. DOI: 10.1016/j.apgeog.2020.102222
- [59] COLE T, WANIK D, MOLTHAN A, *et al.* Synergistic use of nighttime satellite data, electric utility infrastructure, and ambient population to improve power outage detections in urban areas[J]. *Remote Sensing*, 2017, 9(3): 286. DOI: 10.3390/rs9030286
- [60] LI F, WANG Q, HU W, *et al.* Rapid assessment of disaster damage and economic resilience in relation to the flooding in Zhengzhou, China in 2021[J]. *Remote Sensing Letters*, 2022, 13: 651–662.
- [61] 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. [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.]
- [62] YIN R, HE G, JIANG W, *et al.* Night-time light imagery reveals China's city activity during the COVID-19 pandemic period in early 2020[J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2021, 14: 5111–5122.
- [63] ZHANG Y, PENG N, YANG S, *et al.* Associations between nighttime light and COVID-19 incidence and mortality in the United States[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2022, 112: 102855. DOI: 10.1016/j.jag.2022.102855
- [64] LI X, ZHAN C, TAO J, *et al.* Long-term monitoring of the impacts of disaster on human activity using DMSP/OLS night-time light data: A case study of the 2008 Wenchuan, China earthquake[J]. *Remote Sensing*, 2018, 10, 588. DOI: 10.3390/rs10040588
- [65] FAN X, NIE G, DENG Y, *et al.* Rapid detection of earthquake damage areas using VIIRS nearly constant contrast night-time light data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2019, 40(5–6): 2386–2409.
- [66] SARKAR S. Rapid assessment of cyclone damage using NPP-VIIRS DNB and ancillary data[J]. *Natural Hazards*, 2021, 106(1): 579–593.
- [67] LEVIN N, PHINN S. Assessing the 2022 flood impacts in Queensland combining daytime and nighttime optical and imaging radar data[J]. *Remote Sensing*, 2022, 14(19): 5009. DOI: 10.3390/rs14195009
- [68] ZHANG Xiaoyuan, WANG Hao, NING Xiaogang, *et al.* Spatio-temporal difference analysis of the economic impact of the COVID-19 outbreak on urban economy[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2022, 47(4): 189–198. [张校源, 王浩, 宁晓刚, 等. 新冠疫情暴发对城市经济影响的时空差异分析[J]. *测绘科学*, 2022, 47(4): 189–198.]
- [69] LEVIN N, ALI S, CRANDALL D. Utilizing remote sensing and big data to quantify conflict intensity: The Arab Spring as a case study[J]. *Applied Geography*, 2018, 94: 1–17.
- [70] WU B, WANG Y, HUANG H, *et al.* Potential of SDG-SAT-1 nighttime light data in extracting urban main roads[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2024, 315: 114448. DOI: 10.1016/j.rse.2024.114448
- [71] HU Y, ZHOU X, YAMAZAKI D, *et al.* A self-adjusting method to generate daily consistent nighttime light data for the detection of short-term rapid human activities [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2024, 304: 114077. DOI: 10.1016/j.rse.2024.114077

Nighttime Light Remote Sensing Applications in Emergency Studies: Cases and Progress

LIU Lingcen¹, ZHANG Qian¹, WU Feng²

(1. College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: Emergencies such as natural disasters and armed conflicts have become significant research hotspots in the global academic community due to their sudden onset and substantial impact. An important research topic is how to efficiently and accurately assess the effects of these events and monitor the subsequent recovery processes. Nighttime light remote sensing, a dynamic subfield within remote sensing, has gained widespread attention in recent years across socio-economic and environmental studies because of its ability to reflect variations in human activities on the Earth's surface. This study systematically reviews the application of nighttime light remote sensing data in Chinese and international research from 2012 to 2022, focusing on three key areas: armed conflicts, public health emergencies, and natural disasters. The analysis highlights research themes, methodological approaches, and interpretative frameworks. Findings indicate that nighttime light data are used to capture the impacts of emergencies through changes in human activities, the status of public infrastructure, and unexpected shifts in regional economic development. These data have been extensively applied to assess the spatial extent, severity, and recovery progress of emergencies, providing robust evidence for governments to formulate emergency response and post-disaster recovery strategies. With advantages such as accessibility, relative objectivity, and strong correlations with socio-economic factors, nighttime light remote sensing supports rapid and extensive assessment of emergency impacts. Future research should aim to develop nighttime light datasets with higher spatial and temporal resolution, enhance integration with ground monitoring, socio-economic data, and other Earth observation data, and establish a more comprehensive system for emergency monitoring and assessment. This would provide more scientific and effective support for emergency management.

Key words: Nighttime light data; Emergency; Natural disasters; Armed conflicts; Public health emergencies