



中国科学院遥感与数字地球研究所

用户简讯

2018/1 总第97期

中国科学院“火石”全球高清夜光 年度产品介绍

中科院遥感地球所 马勇 陈甫 艾丽娅

一、概念

随着经济社会发展，夜间照明设施逐渐普及，人类已经逐步摆脱了黑暗的夜间生活。如果从太空观测夜间无云的地球时，可以发现人类聚居区和经济带发出夺目的光芒，这就是夜光遥感影像。公众可以从夜光遥感影像中欣赏所在区域美丽的夜景，科学家则可以从夜光遥感影像中研究社会经济发展的规律。夜光遥感源于 20 世纪 70 年代的美国军事气象卫星计划 (defence meteorological satellite program, DMSP) 的线性扫描业务系统 (operational linescan system, OLS)。DMSP/OLS 的设计初衷是

为了捕捉夜间云层反射的微弱月光，从而获取夜间云层分布信息，但是无意间发现了它的特殊功能，即在夜间天空无云条件下，DMSP/OLS 能够捕捉到地表发射的可见光—近红外电磁波信息，这些信息大部分由地表人类活动发出，其中最主要的是人类夜间灯光照明，同时也包括石油天然气燃烧、海上渔船、森林火灾以及火山爆发等来源。这些夜间无云条件下获取的地球可见光影像以一个特殊的视角反映了人类的活动轨迹，所以在社会经济参数估算、城市化、区域发展研究、人道主义危机评估等领域里占据了独特的优势。

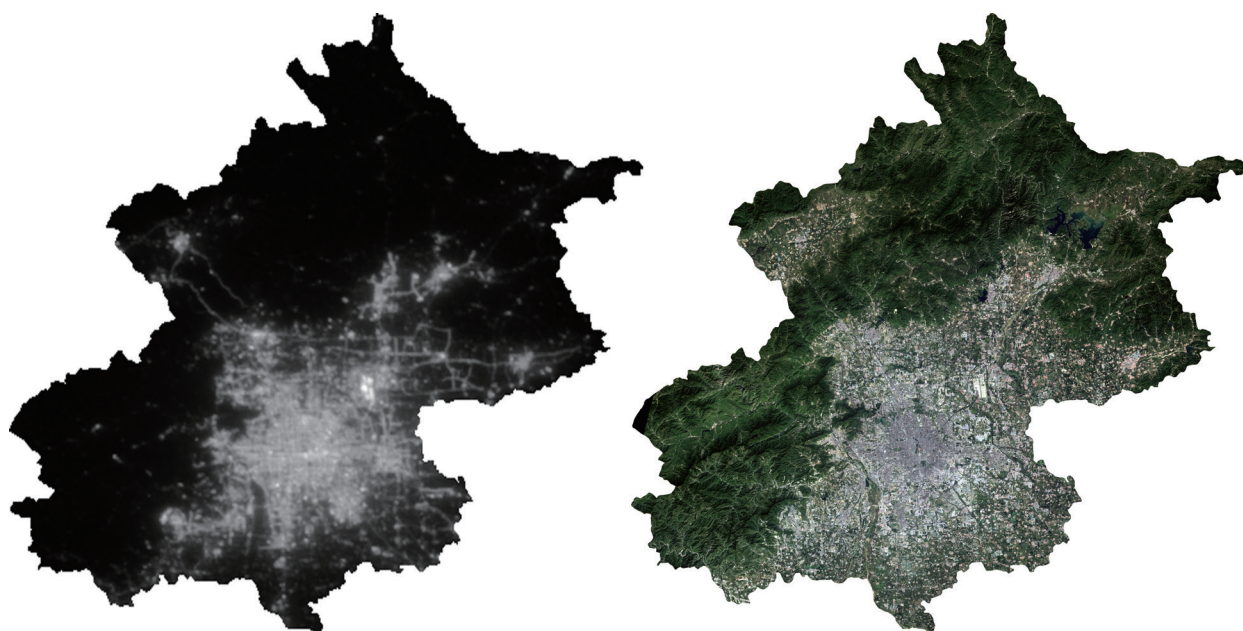


图 1. 北京夜光影像和光学影像对比图（左图为夜光影像，右图为光学影像）

二、夜间遥感与日间遥感比较

传统的遥感影像已经在日常的灾害管理和重特大自然灾害应对中得到了广泛地应用并扮演着越来越重要的角色，但是日间遥感通常仅限于土地覆盖的物理特征信息。与日间遥感相反，夜间遥感则主要根据的是人类活动的人造光，相比于传统的遥感卫星影像，夜光遥感影像可以更多地反映人类活动。

三、不同夜光遥感对地观测平台

夜光遥感还是一个相对新的遥感领域，在经济全球化的大背景下，夜光遥感的未来越来越明朗化，越来越多的传感器也在记录夜光的状况。至今，已经有包括原始DMSP/OLS的多种对地观测传感器可以获取地球夜间的可见光和近红外波段的影像，表1列出了不同夜光遥感对地观测平台的基本参数。

表 1. 目前国内外主要的夜光遥感对地观测平台

观测平台	传感器	所在国	存档影像的年份	空间分辨率 /m	数据可获取性
Defence meteorological satellite program (DMSP) 系列卫星	Operational linescan system(OLS)	美国	1992—2013	~ 1000	数据极为丰富（年平均影像可以免费下载，月平均和每日影像需要订购）
Suomi national polar-orbiting partnership (NPP)	Visible infrared imaging radiometer suite(VIIRS)	美国	2012 年 4 月一至今	~ 500	数据极为丰富（部分月平均影像可以免费下载，每日影像可以免费下载）
Satelite de aplicaciones cientificas-C (SAC-C) 卫星	High sensitivity technological camera (HSTC)	阿根廷	2001—至今	200 ~ 300	共享数据较少（数据不对普通用户开放）
Satelite de aplicaciones cientificas-D (SAC-D) 卫星	High sensitivity camera (HSC)	阿根廷	2012—至今	200	共享数据较少（数据不对普通用户开放）
Earth remote observation system-B (EROS-B) 卫星	全色波段传感器	以色列	2013—至今	0.7	未知（需要商业订购）
国际空间站 (international space station)	数码相机（由宇航员拍摄）	美国、俄罗斯等国	2000—至今	60 ~ 100	共享数据较少（已有的影像可以免费下载）
珞珈一号科学试验卫星	高灵敏度夜光遥感相机	中国	2018—至今	130	共享部分数据
吉林 1 号		中国	2015—至今	1	共享数据较少

从表 1 不同对地观测传感器的对比可以明显看出来 DMSP/OLS 和 NPP/VIIRS 从已有存档影像的年份和其数据的可获取性方面都占据了绝对的优势，目前的很多研究也是基于 DMSP/OLS 和 NPP/VIIRS 这两类主流的夜光遥感数据。

四、国内外主要夜光遥感数据介绍

生产夜光数据产品不仅具有重要的科学价值，而且对于建立全球夜光遥感数据库，拓展夜光遥感数据应用范围具有重要的意义。虽说夜光遥感近年来取得了很大的进展，新型的夜光遥感传感器也弥补了很多传统传感器的缺陷，但夜光遥感仍处于初级发展阶段，高质量夜光数据的可用性仍存在限制，生产夜光数据产品存在着一定难度。

由于原始 DMSP/OLS 传感器的设计缺陷，其 DN 最大值为 63，导致灯光强度高的区域出现影像过饱和现象，无法直接使用其灯光 DN 值来做相关研究。且 DMSP/OLS 夜间灯光数据大多属于非辐射定标的产品，空间分辨率 (1 km) 低，尽管研究人员提出的一些方法能在一定程度上降低影像的饱和与溢出，但是长时间序列中灯光的不连续性和不可比性依旧突出。

相比 DMSP/OLS 获取的夜光数据，美国“索米”国家极地轨道合作伙伴关系 (NPP) 卫星为近极地太阳同步轨道卫星，轨道高度 824 km，卫星上共搭载了 5 种传感器，携带的可见红外成像辐射计套件 (VIIRS) 为其中最重要的传感器。NPP/VIIRS 传感器共有 22 个波段，波长范围在 0.4—12 μm ，涵盖可见光和红外光谱区间，光谱分辨率为 16 bit，空间分辨率高达 500 m。VIIRS 的白天/夜晚波段 (day/night band, DNB) 继承并优化了 DMSP/OLS 的微光探测能力，相较于 DMSP/OLS，VIIRS/DNB 具有更小的瞬时视场、更多的灰度级以及更高的空间分辨率，且 DNB 波段采用了和 VIIRS 其他波段相一致的辐射校正。更宽波段的辐射探测和在轨辐射校正技术有效地提高了灯光影像的质量，因此 NPP/VIIRS 夜间灯光数据在社会经济数据的空间化过程中比 DMSP/OLS 数据的精度更高。NPP/VIIRS 的月合成灯光数据从 2012 年 4 月至今每月均有数据，可用于短间隔时间序列分析，目前已经成为夜光观测数据的主要来源，能够更准确反映人类的经济活动空间信息。

而珞珈一号 01 星是国内首颗专业夜光遥感卫星，对于我国夜光遥感卫星的发展和遥感在社会领域应用具有开创意义。该星

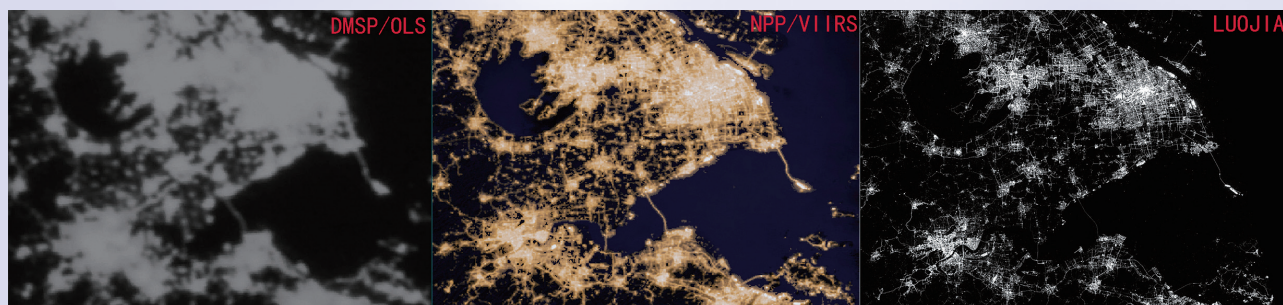


图 2. 上海 DMSP/OLS、NPP/VIIRS 和珞珈一号夜光影像对比图

采用一体化架构设计,功能高度集成;采用了高信噪比高动态成像、大量级冲击隔离、帆板自主锁紧展开等创新技术;同时,卫星采用了高精度双星敏联合定姿等主流遥感卫星配置,为获取高质量遥感数据提供了保障。卫星总质量 22kg,携带大视场高灵敏夜光遥感相机,具备 130m 分辨率、250km 幅宽的夜光成像能力,将为基于夜光遥感的宏观经济分析等研究提供数据。理想条件下可在 15 天内绘制完成全球夜光影像。

五、全球高清夜光年度产品简介

目前,先后有 NASA/NOAA (美国国家航空航天局\美国国家海洋气象局)发布过基于 NPP/VIIRS 的月度和年度(2016\2015)全球夜光数据产品,但是始终都没有推出过正式连续年度产品。其中最重要的原因就是夜光测量是基于光学系统,会受到大气云雾干扰,使得其在低纬度地区受影响较大,会让某些月份的数值失真严重。此外,它的目标是观测地表月光,但受到太阳、月亮等外部光源的干扰,纬度越高,受影响越大。这导致的直接结果就是高纬度地区的月度产品中很多月份是空缺的,而这些缺失都需要加以考虑。

中科院陈甫团队,在深入研究 NPP/VIIRS 夜光卫星月度产品的基础上,结合辐射传输模型,首次构建了 2012~2017 连续的全球高清夜光数据集,可通过五年连续的全球夜光变化,监测人类活动的趋势。相比现有 NASA、NOAA 所公布的产品,中科院版全球高清夜光数据集所利用的数据量更庞大、信息更全面,是具有更高精度、更高可用性的数据产品。通过对 2012~2017 的夜光数据的统计和平均降噪,

这个产品原则上包含了该传感器所采集的每一个比特的内容,拥有较高的保真度。数据处理工作的算法精细,针对高低纬度地区的噪声主要来源的不同,采用了不同的处理方式,并且将其平滑过渡成完整的产品。对年份产品之间建立约束条件,平滑不同年份之间地表因素以外的干扰,使得年份产品之间的差异基本等效于地面亮光的差异。目前完整版的五年期监测图已经在下面网址公开公布:<http://www.tinyurl.com/night-light-cas>。数据集测试版数据目前放在百度网盘上提供开放下载 https://pan.baidu.com/s/17UqS7P66_6AMdr-a4sfUXA。

六、夜光遥感数据的应用

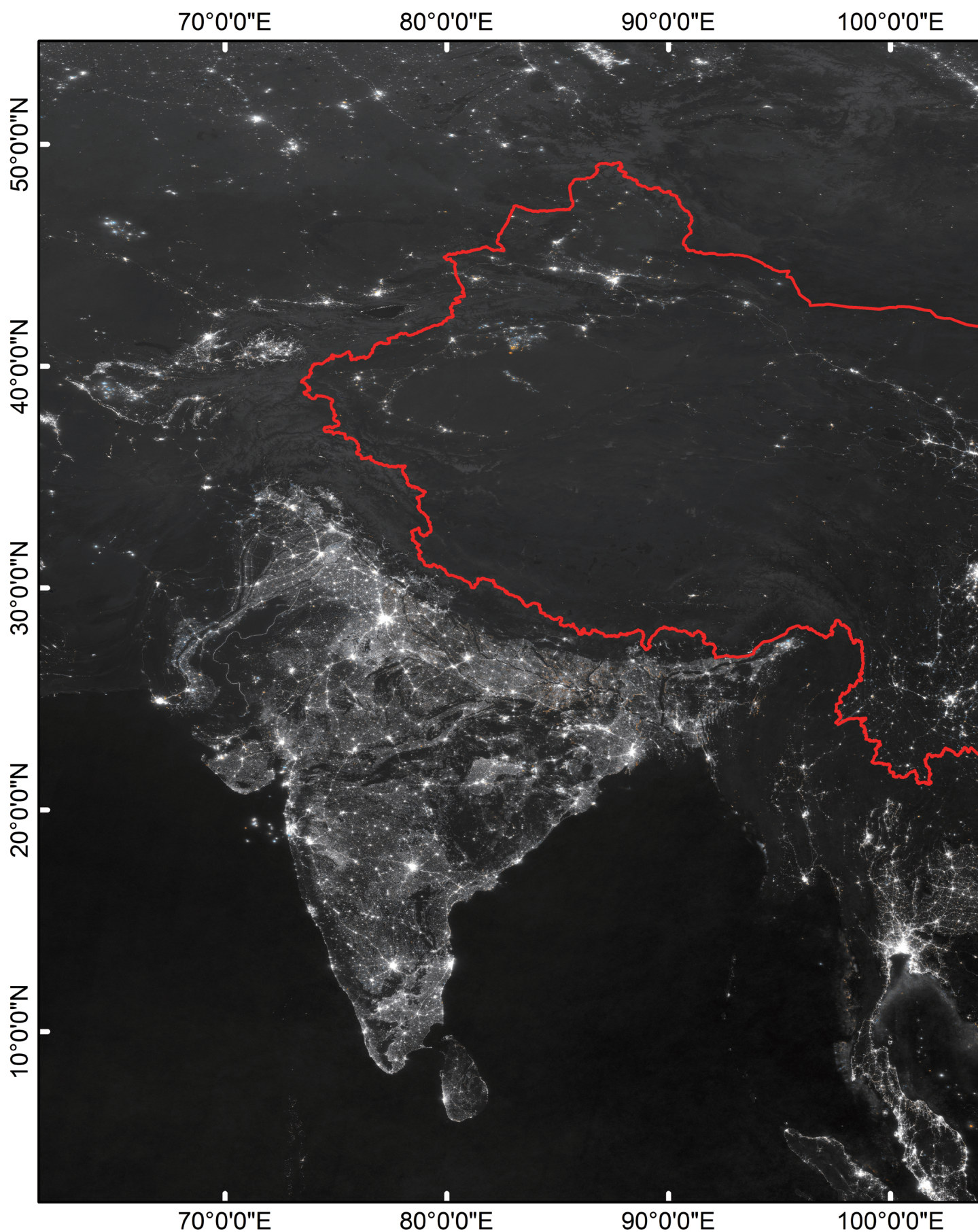
夜光遥感数据以其独特的视角已经广泛的应用于社会经济参数、城市化监测、战争监测、贫困评估、海洋渔业、公共卫生研究等领域。如果把夜间灯光数据的研究进程分为如下三个阶段:

1997—2006 为夜光遥感数据的初级阶段,研究领域集中在人口密度模拟、能源气体排放、电力消耗、海洋渔业、经济活动水平、城市边界提取等等。

2007—2015 为夜光遥感数据的发展阶段,此阶段的发文数量较多且多数是延续以前的领域进行研究,较少出现新的研究方向。随着夜光遥感传感器空间分辨率的提高,学者研究的尺度也越来越小,多集中在城市研究,对城市建成区的提取,以及战争监测、贫困评估、多源数据融合、碳排放等等。

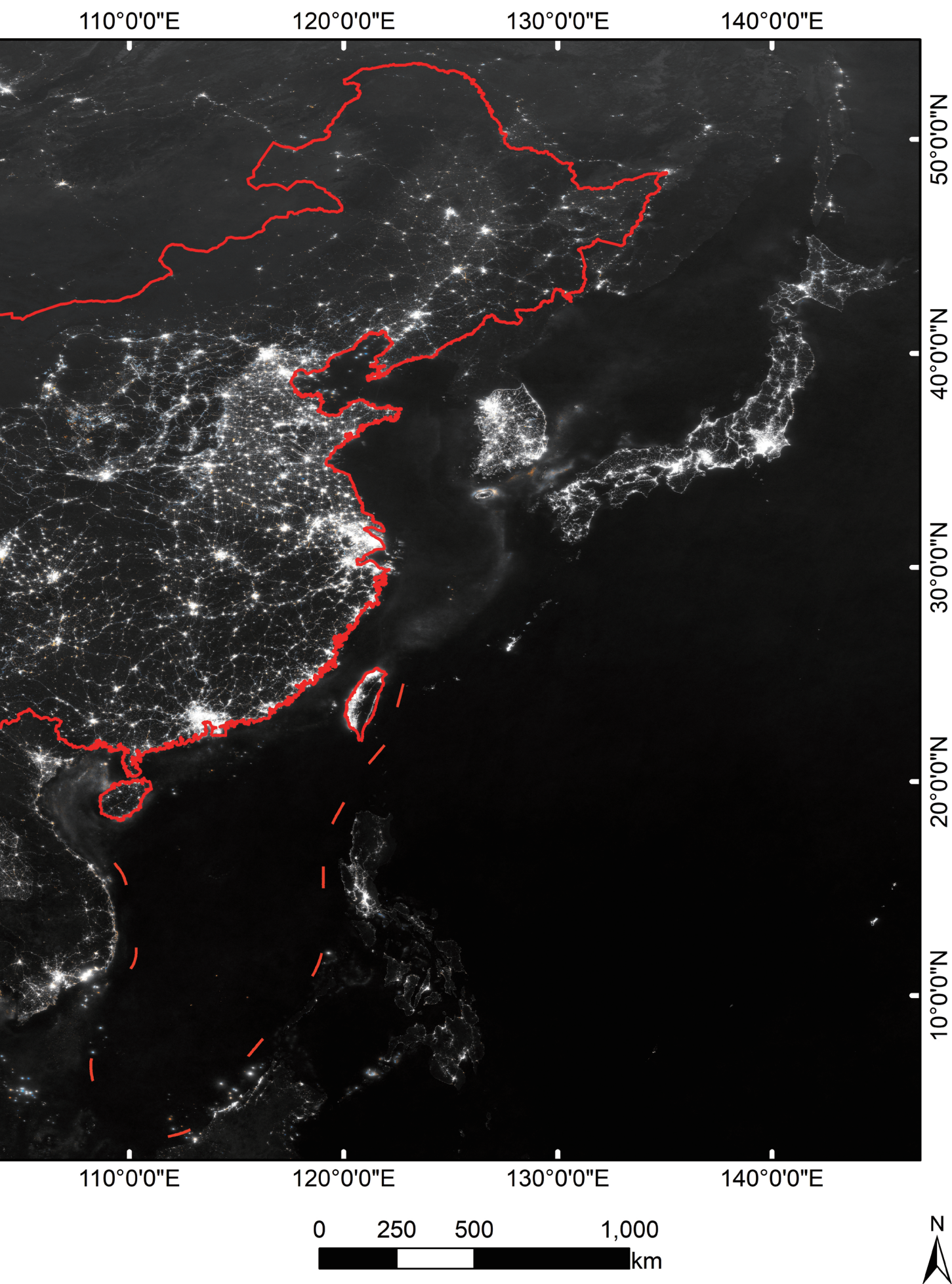
2016 年至今是夜光遥感数据研究较为成熟的阶段,研究前沿仍集中在城市研究,城市的扩展、土地覆盖变化等方面。

中国夜光分布



中国科学院中国遥感卫星地面站

(2012–2017)



七、应用案例

1. 法国核电监测

法国的能源主要是靠核能，其所占比例很长时间都居世界之首。2014 年的时候法国总统奥朗德召集核政策委员会会议，会议确认到 2025 年，核能发电占全法发电总量的比例将从目前的 75% 降至 50%。从变化监测图中遍布的蓝色区域，可以发现法国数以百计的社区和村镇正在陷入黑暗，而且这个过程仍在逐年恶化中。



图 3. 法国核电监测

2. 美国油气监测

普通光学卫星可以看到地面上是否有油井装置，但是不一定能确定其是否在生产，但是夜光数据可以提供很重要的辅助证据，从而可以监测到在夜间伴随强光照明正在投入生产的油井。我们选取美国的德州西部油田，通过绘制出的变化监测图，我们可以明显地看出大面积的橙色增加区，表明这里油井暴增。

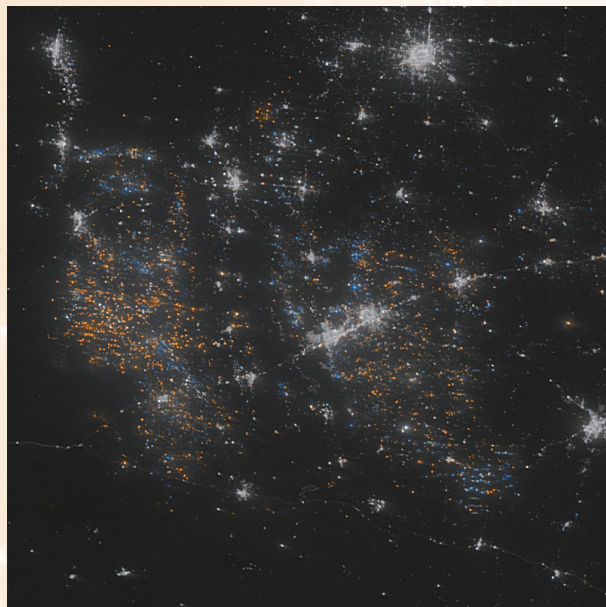


图 4. 美国油气监测

3. 肯尼亚经济监测

某种程度上夜光的分布代表着人口的分布，从夜间灯光影像上可以看出肯尼亚的人口主要分布在内罗毕以及以西靠近大湖的高原上。

而从 2012—2017 夜光变化监测可以看出，随着这五年间肯尼亚的经济发展和人民生活水平的提高，社区用电量也持续上升。



图 5. 肯尼亚经济监测

4. 中东战争监测

叙利亚的反复拉锯战，导致除了叙政府军收缩坚守的几个城市以外全部陷入黑暗。而叙利亚以外的周边国家如约旦、黎巴嫩、土耳其，在这个五年期间，灯光亮度都略有提高，这很好地解释了战争与和平的差异。以色列的发展已经达到一定的高度，变化不明显。

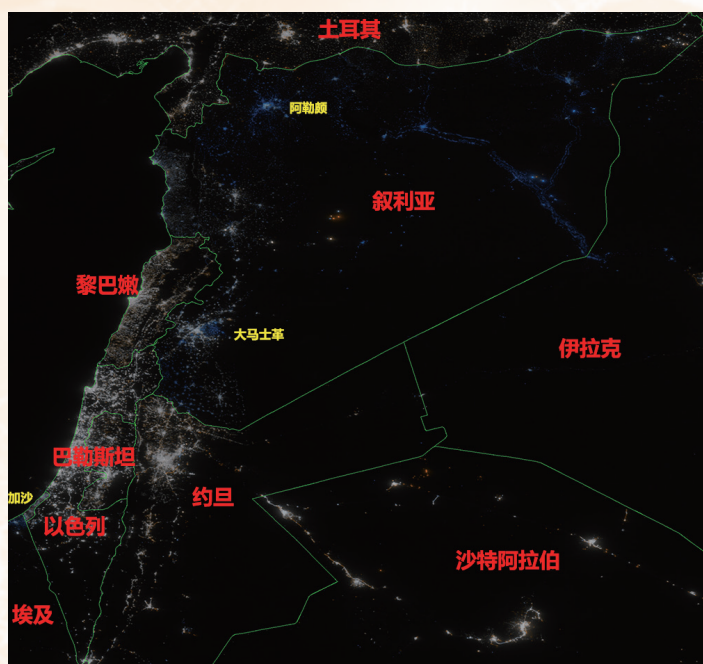
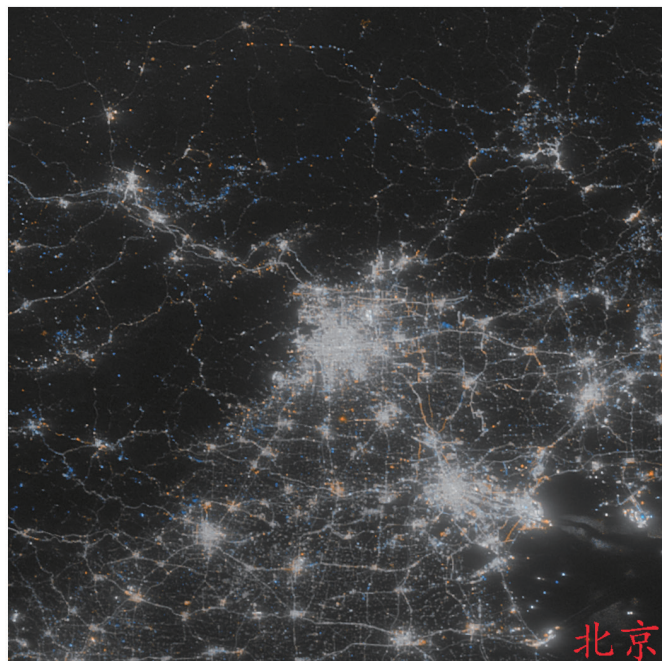
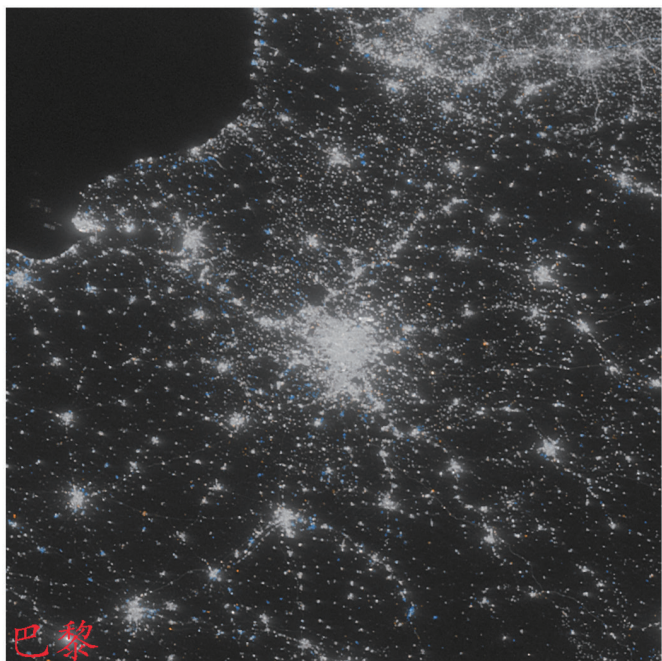
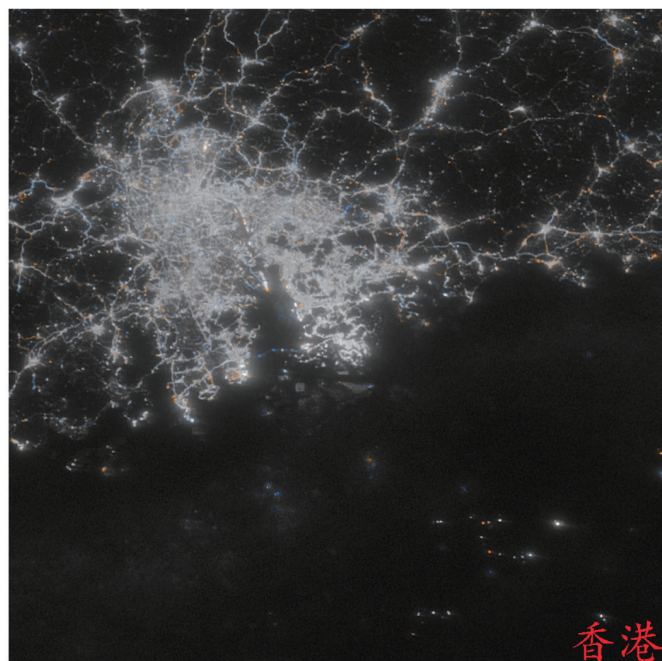
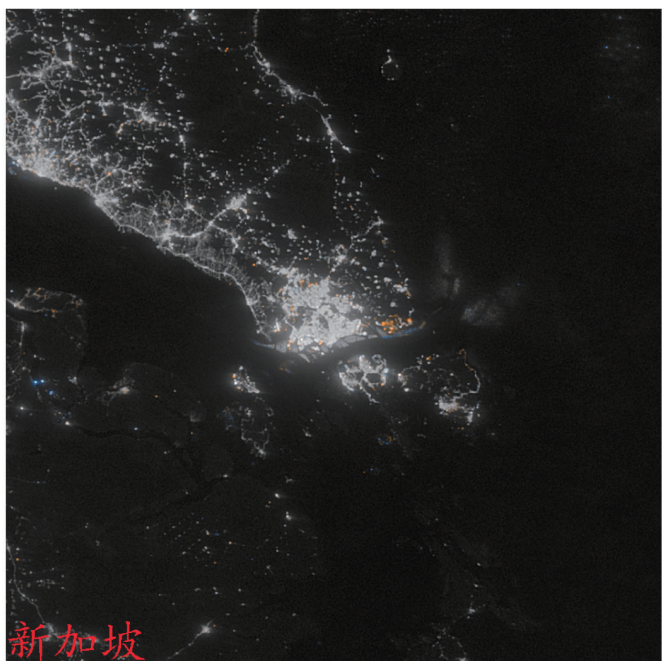
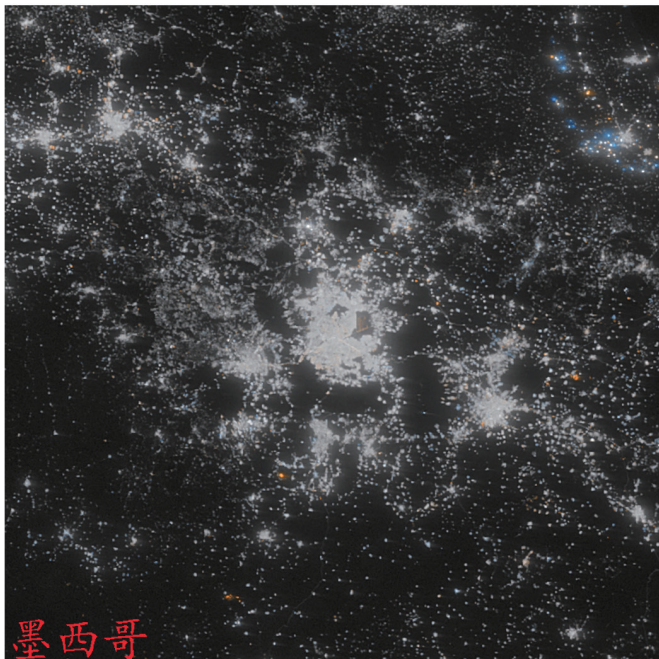
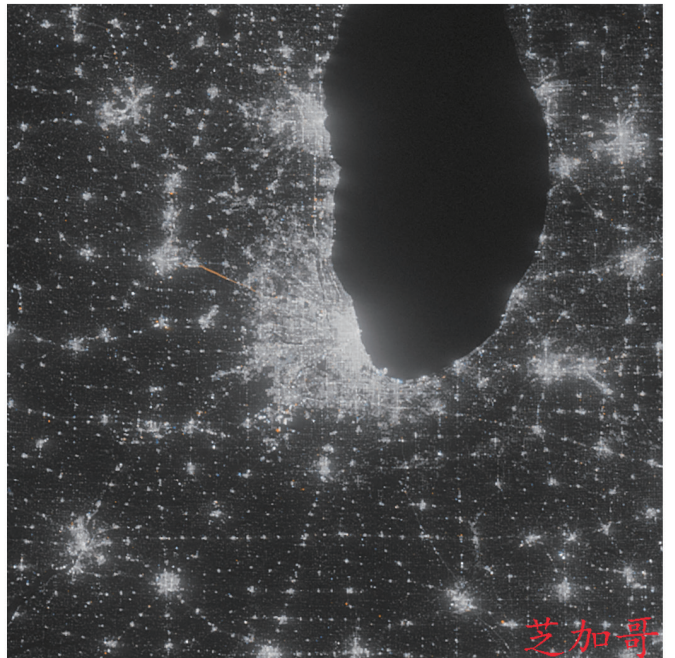
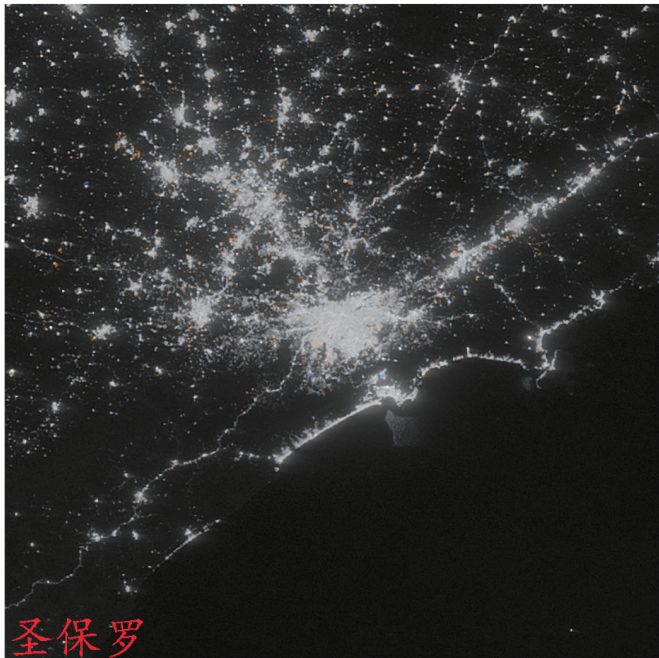
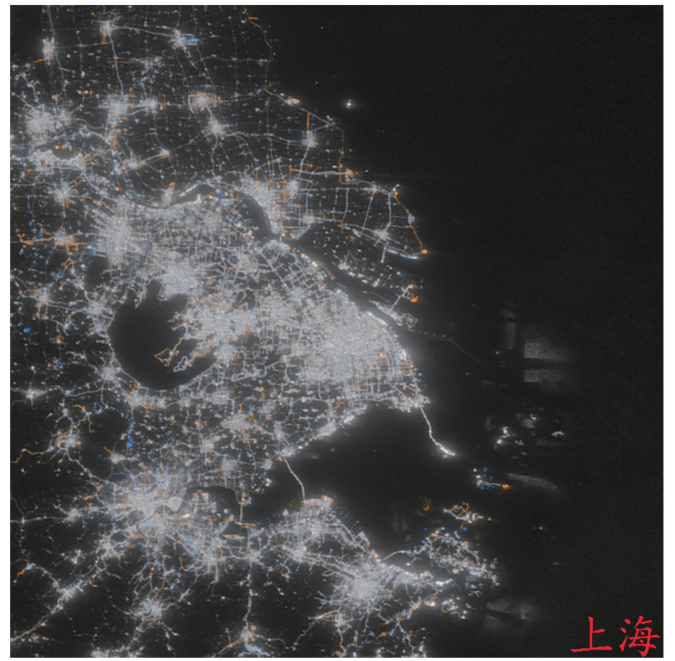
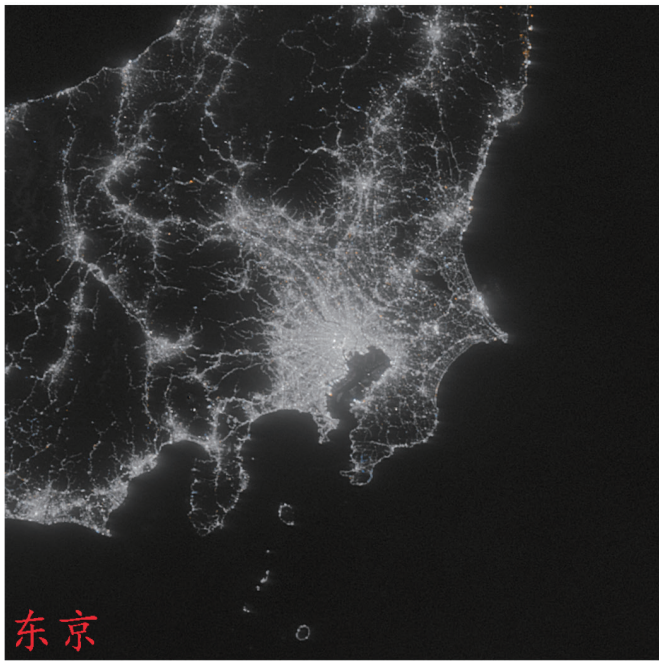


图 6. 中东战争监测

全球十二大城市夜光分布





本期 目录

- 中国科学院“火石”全球高清夜光年度产品介绍
- 中国夜光分布图
- 全球十二大城市夜光分布



中国科学院遥感与数字地球研究所

开户行：中国工商银行北京永丰支行

户 名：中国科学院遥感与数字地球研究所

账 户：0200151809100041862

服务热线：(010) 62553662 62554865

主任电话：(010) 62652101

传 真：(010) 82631979

主 页：<http://www.radi.ac.cn/>

数据查询网址：<http://eds.ceode.ac.cn/>

数据服务电子信箱：imgserv@radi.ac.cn

数据服务部地址：北京市朝阳区大屯路科学园南里风林绿洲

18 号楼 201 室 邮编：100101

出版日期：2018 年 11 月

本期责任编辑

靳 丽 伟