

Exploration on the Spatial Relationship between VIIRS Light Remote Sensing Data and PM_{2.5} Concentration in Hebei Province, China

Hongyi Wang¹ Shuo Tian² Shuaijie Liu¹ Jiaqi Pan¹ Dawei Yang¹

1.China Railway 20th Bureau Group Southern Engineering Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250014, China

2.China Construction Xinjiang Construction Engineering Group Shandong Branch, Dezhou, Shandong, 251100, China

Abstract

With the development of economy and society, the intensity of human nighttime activity is gradually enhanced. The emergence and development of night light remote sensing technology provides an effective technical means for monitoring the development intensity of human surface activities. Night light images obtained from the visible infrared radiation imager (VIIRS) have been widely used in urbanization monitoring and evaluation, major natural disasters and other fields. This paper using satellite remote sensing data monitoring night PM_{2.5} concentration in Hebei province, China, to study the VIIRS night light remote sensing data intensity and PM_{2.5} concentration spatial relationship, concluded that high PM_{2.5} concentration and the main population distribution area overall consistent, shows that the area of the environmental pollution largely with the human economic activities in the region has great correlation.

Keywords

VIIRS; PM_{2.5}; remote sensing data; radiation value

探究中国河北省 VIIRS 灯光遥感数据与 PM_{2.5} 浓度的空间关系

王泓易¹ 田硕² 刘帅杰¹ 潘佳奇¹ 杨大伟¹

1. 中铁二十局集团南方工程有限公司, 中国·山东 济南 250014

2. 中建新疆建工集团山东分公司, 中国·山东 德州 251100

摘要

随着经济社会的发展, 人类的夜间活动强度逐渐增强。夜间灯光遥感技术的出现和发展为监测人类地表活动开发强度提供了一种有效的技术手段。于可见红外辐射成像计 (VIIRS) 获取的夜间灯光影像, 已经被广泛用于城镇化监测与评估、重大自然灾害事件等多个领域研究中。论文利用卫星遥感数据监测中国河北省夜间PM_{2.5}浓度, 研究河北省VIIRS夜间灯光遥感数据强度与PM_{2.5}浓度空间关系, 得出PM_{2.5}浓度较高的地区与人口主要分布地区总体一致, 说明该区域的环境污染在很大程度上与该区域人类经济活动有很大的关联性。

关键词

VIIRS; PM_{2.5}; 遥感数据; 辐射值;

1 引言

随着遥感技术的广泛应用, 夜间灯光数据的可获得性显著提高, 已被广泛应用于城市建成区面积提取扩展、城镇体系空间格局演化等多个研究领域^[1,2]。Elvidge 等通过 DMSP/OLS 夜间灯光数据研究了全球 21 个国家灯光面积与 GDP 之间的关系, 发现利用夜间灯光数据能较好地估算

GDP 等社会经济数据^[3]; Wang 等人通过 DNB 图像的对比度可以反映城市尺度的空气质量变化, 夜间光强度的变化反映了地表 PM_{2.5} 浓度的变化^[4,5]; 本研究使用 VIIRS 夜间灯光影像数据, 选取中国河北省地区 14 个空气质量监测点的 PM_{2.5} 实测数据, 分析该省夜间灯光辐射值与 PM_{2.5} 浓度值的空间关系, 并简要分析其成因。

2 研究区域与数据来源

2.1 研究区域

中国河北省地处北纬 36°05′ 至 42°37′, 东经 113°11′ 至 119°45′ 之间, 位于华北平原, 兼跨内蒙古高原 (见图 1)。

【作者简介】王泓易 (1989-), 男, 中国山东陵县人, 硕士, 助理工程师 (初级), 从事地铁和建筑基坑的测量监测研究。

该省地貌复杂多样,地势由西北向东南倾斜,西北部为山区、丘陵和高原,其间分布有盆地和谷地,中部和东南部为广阔的平原,拥有坝上高原、燕山和太行山地、河北平原三大地貌单元。

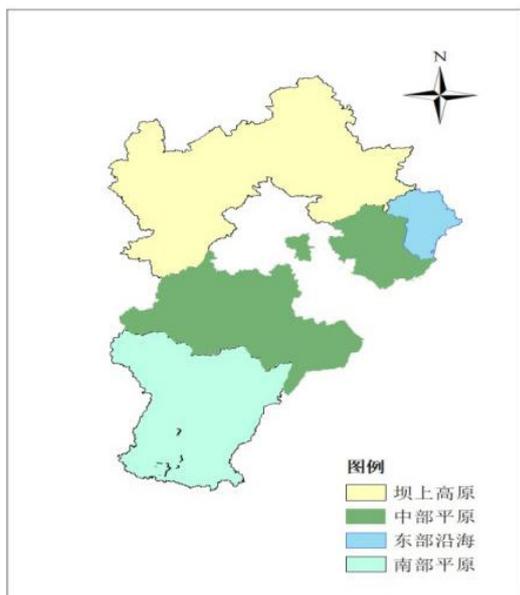


图1 研究区域地形图

2.2 数据来源

PM_{2.5}浓度数据为中国河北省14个站点的2014年1—2月时值数据,单位为“μg/m³”,详见表1。

表1 监测点数据

站点	经度	纬度	PM _{2.5} 浓度
兴隆	117.52	40.43	134
邯郸	114.47	36.60	239
晋州	115.03	38.03	260
滦平	117.33	40.93	109
满城	115.50	38.89	298
平山	114.2	38.25	295
迁安	118.68	40	146
赵县	114.77	37.75	292
三河	117.07	39.99	164
涉县	113.67	36.57	205
文安	116.47	38.87	186
涿州	115.97	39.25	195
遵化	117.95	40.18	175
怀来	115.52	40.4	153

论文数据来源于美国国家极轨业务环境卫星系统预备项目(NPOESS)的首颗卫星Soumi National Polar-orbiting Partnership(NPP),该卫星搭载可见红外成像辐射计VIIRS在内的5个对地观测仪,每4h经过赤道一次,星下点空间分辨率优于400m,扫描带边缘空间分辨率约为800m,可扫描幅宽3040km,拥有22个波段,其中5个高

分辨率图像波段、16个中等分辨率波段和1个DNB波段,详见表2。本研究选取的夜间灯光数据来源于美国国家地球物理数据中心,灯光灰度值范围为0~63。

表2 NPP/VIIRS 卫星对地观测通道

波段	中心波长	波长范围	说明	空间分辨率
DNB	0.70	0.50~0.90	可见光	全扫描范围 750m
I1 (B)	0.64	0.60~0.68	可见光	
I2 (G)	0.865	0.85~0.88	近红外	
I3 (R)	1.61	1.58~1.64	红外	375m
I4	3.74	3.55~3.93	中波红外	
I5	11.45	10.5~12.4	长波红外	

3 数据处理

3.1 理论基础

常见的户外灯光有高压钠灯、荧光灯和二极管灯(Light-emitting Diode, LED)。通过研究三种灯光的光谱曲线可以发现,大部分的透射是在可见光小于0.65μm的波段,它们在大气中传输过程不受主要气体吸收线的影响。在整合灯光光谱强度和DNB光谱响应函数后,可以认为DNB对气溶胶的变化很敏感,这在复杂地表条件下建立光传输模型提供了理论支持。

3.2 对灯光影像提取数据与结果分析

对夜间灯光遥感数据进行提取分析处理,提取出河北省区域的夜间灯光影像,得出如图2的影像,并对影像进行分类处理后,得出图3河北省灯光影像辐射值分布图。该省在东南部、东北部和西北部的灯光影像辐射值很高,且主要分布在该省的平原地带和丘陵地带。

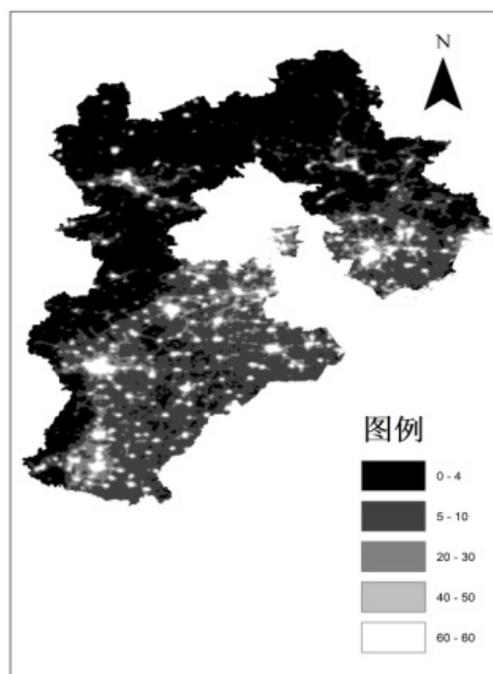


图2 灯光影像辐射值 W/(cm²·sr)

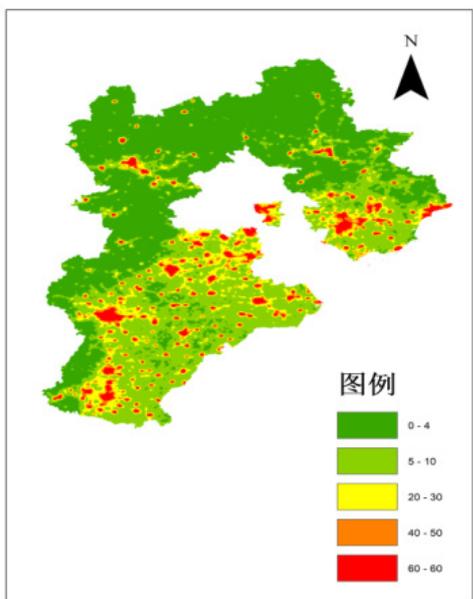


图3 灯光影像辐射值 $W / (cm^2 \cdot sr)$

3.3 PM_{2.5} 数据进行处理与分析

河北省 14 个观测站点相关信息包括各个站点的经纬度和 PM_{2.5} 数据导入到 ArcMap 中, 通过反距离权重插值方法, 得出 14 个观测点的区域平均 PM_{2.5} 浓度值, 如图 4 所示。

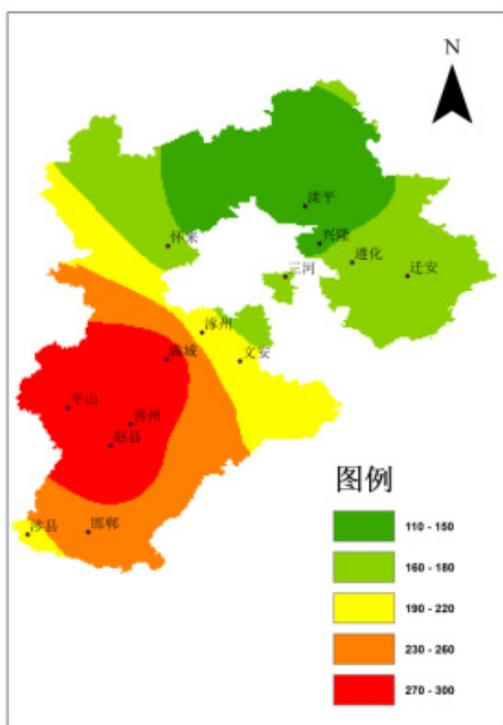


图4 区域平均 PM_{2.5} 浓度值 ($\mu g/m^3$)

由上图可知, PM_{2.5} 浓度值较高的区域出现在河北省的南部平原地区, 平山县、晋州和赵县观测点的 PM_{2.5} 的浓度值比较高, 在 1 月份和 2 月份 PM_{2.5} 浓度值平均超过 $260 \mu g/m^3$, 达到严重污染等级。

表 3 PM_{2.5} 检测网空气质量标准

空气质量等级	24 小时 PM _{2.5} 平均值标准值
优	0~35 $\mu g/m^3$
良	35~75 $\mu g/m^3$
轻度污染	75~115 $\mu g/m^3$
中度污染	115~150 $\mu g/m^3$
重度污染	150~250 $\mu g/m^3$
严重污染	>250 $\mu g/m^3$

4 结论

夜间灯光遥感数据影响中反映的人类活动强度较大的区域与人为贡献较大的 PM_{2.5} 浓度值较高区域在空间上具有很好的对应性。文章以 VIIRS 夜间灯光数据为基础, 结合河北省 11 个地级市 14 个观测点的 PM_{2.5} 浓度值, 得出以下结论:

第一, 河北省南部地区灯光影像辐射值高的区域, 同时存在着该区域内观测点附近具有较高浓度的 PM_{2.5}。

第二, 河北省灯光影像辐射值高的区域, 大部分是在平原和丘陵地带, 同时说明该省的人口主要分布在平原和丘陵地带, 且这些地区经济较为活跃。

第三, PM_{2.5} 浓度较高的地区与人口主要分布地区总体一致, 说明该区域的环境污染在很大程度上与该区域人类经济活动有很大的关联性。

5 展望

论文利用中国河北省 VIIRS 夜间灯光影像辐射值数据和 1—2 月份 PM_{2.5} 平均浓度值, 分析了该省南部地区灯光影像辐射值高的区域与 PM_{2.5} 浓度值较高地区的空间一致性, 但是缺少石家庄、保定、唐山等地区的 PM_{2.5} 浓度值数据, 并不能较为全面地说明河北全省的 PM_{2.5} 情况。

PM_{2.5} 浓度监测较晚, 数据积累少, 在以后的研究中, 要结合河北省的 PM10、水汽、风速反演长时间的 PM_{2.5} 浓度序列, 进而开展河北省地区的 VIIRS 夜间灯光影像下的 PM_{2.5} 浓度时空演化特征分析。

参考文献

- [1] Naveen Chandra, Jayanta Kumar Ghosh, Ashu Sharma. A cognitive framework for road detection from high-resolution satellite images[J]. Geocarto International, 2019, 34(8):1035-1039.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Xu, Xiaoguang, Aegerter, et al. Potential application of VIIRS Day/Night Band for monitoring nighttime surface PM_{2.5} air quality from space[J]. Atmospheric environment, 2016(124):55-63.
- [5] 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.