

Research on Monitoring of Straw Burning Point in Hubei Based on MODIS Data

Weixuan Shao, Yiguang Deng

School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan Hubei
Email: swx_hello@163.com

Received: Sep. 4th, 2017; accepted: Sep. 18th, 2017; published: Sep. 26th, 2017

Abstract

This paper uses all day four views 1km resolution satellite image data in MODIS. And a method based on context is used to extract abnormal fire points; with the assistance of the data of land use, land cover, land surface temperature, we achieved the removal of false fire point such as buildings. Finally, combined with land use map of Hubei Province, a thematic map of burning fire monitoring at county level is generated. In this paper, the fire point number in Hubei province from September 1, 2015 to November 26th was statistically analyzed by the fire point distribution map. The results show that, monitoring straw burning by remote sensing method, time-efficient straw burning information can be provided to the regulatory authorities at all levels. At the same time, it also improves the warning and monitoring ability in straw burning monitoring.

Keywords

MODIS Data, Straw Burning, Fire Point, Remote Sensing

基于MODIS数据的湖北省秸秆焚烧火点监测研究

邵炜璇, 邓奕光

武汉大学遥感信息工程学院, 湖北 武汉
Email: swx_hello@163.com

收稿日期: 2017年9月4日; 录用日期: 2017年9月18日; 发布日期: 2017年9月26日

摘 要

本文利用MODIS全天四景1 km分辨率卫星影像数据, 采用基于上下文的方法进行热异常火点提取, 并在

土地利用与土地覆盖、地表温度等数据的辅助下, 实现建筑物等虚假火点的去除。最后, 与湖北省土地利用覆盖图结合生成县级秸秆焚烧火点监测专题图。本文结合火点分布图对湖北省2015年9月1日至11月26日的火点数目进行了统计, 其结果表明, 通过遥感手段对秸秆焚烧进行监测, 可以提供给各级监管部门具有时效性的秸秆焚烧信息, 同时也提高了秸秆焚烧的预警与监控能力。

关键词

MODIS数据, 秸秆焚烧, 火点, 遥感

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着农村生活水平的提升, 农业生产中的秸秆已经不被人们作为燃料所使用, 而且由于农民环保意识欠缺、缺少劳动力、管理体制不健全、综合利用技术条件差等因素的影响[1] [2], 很多农民选择在收获农作物的时候直接就地焚烧秸秆, 而秸秆露天焚烧会造成大量烟雾的现象, 一方面影响到公路和航空运输, 降低运输效率; 另一方面, 秸秆露天焚烧过程中释放的大量氮氧化物、二氧化碳和颗粒等污染物是我国大气污染的来源之一[3] [4], 威胁着居民的身体健康。湖北省是我国的农业大省, 每年在水稻收割季节, 是秸秆焚烧最严重的时节, 此时对秸秆焚烧现象的监管尤其重要。但禁烧令的执行存在一定的难度, 究其原因, 一是由于焚烧火点具有分散性, 实地人工逐点排查需要耗费大量的人力物力; 二是由于焚烧火点具有随时性, 如果没有掌握一定的证据很难查处进行过秸秆焚烧的农民, 使得农民往往存在侥幸心理; 三是由于暂时没有研究出有效的措施进行秸秆转化, 而且随着农村家庭劳动力的减少, 农民迫于下季作物种植的压力, 常常会选择秸秆直接焚烧。因此, 本文提出利用多源遥感影像预测火点监测的重点区域, 提高火点监测的准确性和自动化, 同时进行监测区域秸秆量的估算, 提高秸秆转化的效率, 利用多种手段提高禁烧令的实施效果, 减少秸秆焚烧对环境的污染。

卫星遥感具有实时、动态、高分辨率、大范围覆盖等特点, 将卫星遥感技术应用到秸秆焚烧监测上使重点区域作物信息提取和火点快速监测成为可能[5] [6] [7]。目前, 国内可利用的高分影像包括高分1号(GF-1)、高分2号(GF-2)、资源三号(ZY-3)等多个传感器, 数据重复周期为1~5天, 为作物种植类型、面积等信息的提取提供了数据保障。在火点监测上, 目前主要利用的卫星遥感资料包括MODIS(中分辨率成像光谱仪)、NOAA/AVHRR(先进型甚高分辨率辐射仪)、NPP/VIIRS、我国环境卫星A/B影像等。多源遥感卫星的使用使得火点监测的空间分辨率得到了较大提高[8]。同时, 本研究提出在秸秆焚烧监测的过程中借助无人机系统, 有助于提高火点监测的时间和空间上的灵活性; 而利用无人机的外业核查, 也能够减少人力物力的耗费。本研究利用高分影像和适用于火点监测的中低分影像, 并结合无人机的使用, 提高湖北省秸秆焚烧监测的精度和灵活性, 在保证监测精度的同时, 实现每日动态监测。

2. 数据与方法

2.1. 数据来源

本次研究使用武汉大学MODIS接收站获取的MODIS数据, 该数据依据卫星属性分为两大类, 一类是上午星Terra, 一类是下午星AQUA, 一天中四次过境的时间分别为每天凌晨1:30、上午10:30、下午

1:30 和晚上 10:30。根据秸秆焚烧的实际情况,本研究主要使用后三个时段的 1000 m (1 KM)分辨率的 L1B 数据进行火点监测。实际数据获取时间相对于过境时间大约延迟 2 小时。在波段选择上,使用 MODIS 卫星数据的 1、2、7、21、22、31、32 波段来监测火点[9]。

此外,本研究需利用源自中国资源卫星应用中心的环境星 1B 影像数据、源自武汉大学数据接收站的 NOAA 卫星以及源自国家地球数据中心的 NPP/VIIRS 卫星影像等数据弥补 MODIS 数据在卫星时间、空间分辨率等方面的不足。其中,环境星采取多颗卫星组网飞行的模式,实现一次全球覆盖仅需要两天[10],其 CCD 重访的周期是 2 天,超光谱成像仪或红外相机重访的周期是 4 天,而在波段选择上,使用 HJ-1B 数据的 5、6、7、8 波段辅助监测火点; NOAA 卫星则是来自美国的气象监测卫星。

2.2. 数据处理

本次研究遵循国家火点监测标准,以《秸秆焚烧卫星遥感监测应用技术规范》为依据开展湖北省秸秆焚烧的监测工作。研究主要利用 MODIS 卫星数据,并以 NOAA 气象卫星影像数据、环境星 1B 影像数据、NPP/VIIRS 卫星影像数据为辅助,结合 GIS 手段,最终获得高精度秸秆焚烧火点遥感监测结果,进行后续成图、列表,从而实现秸秆焚烧情况的实时日报。主要技术路线如图 1 所示。

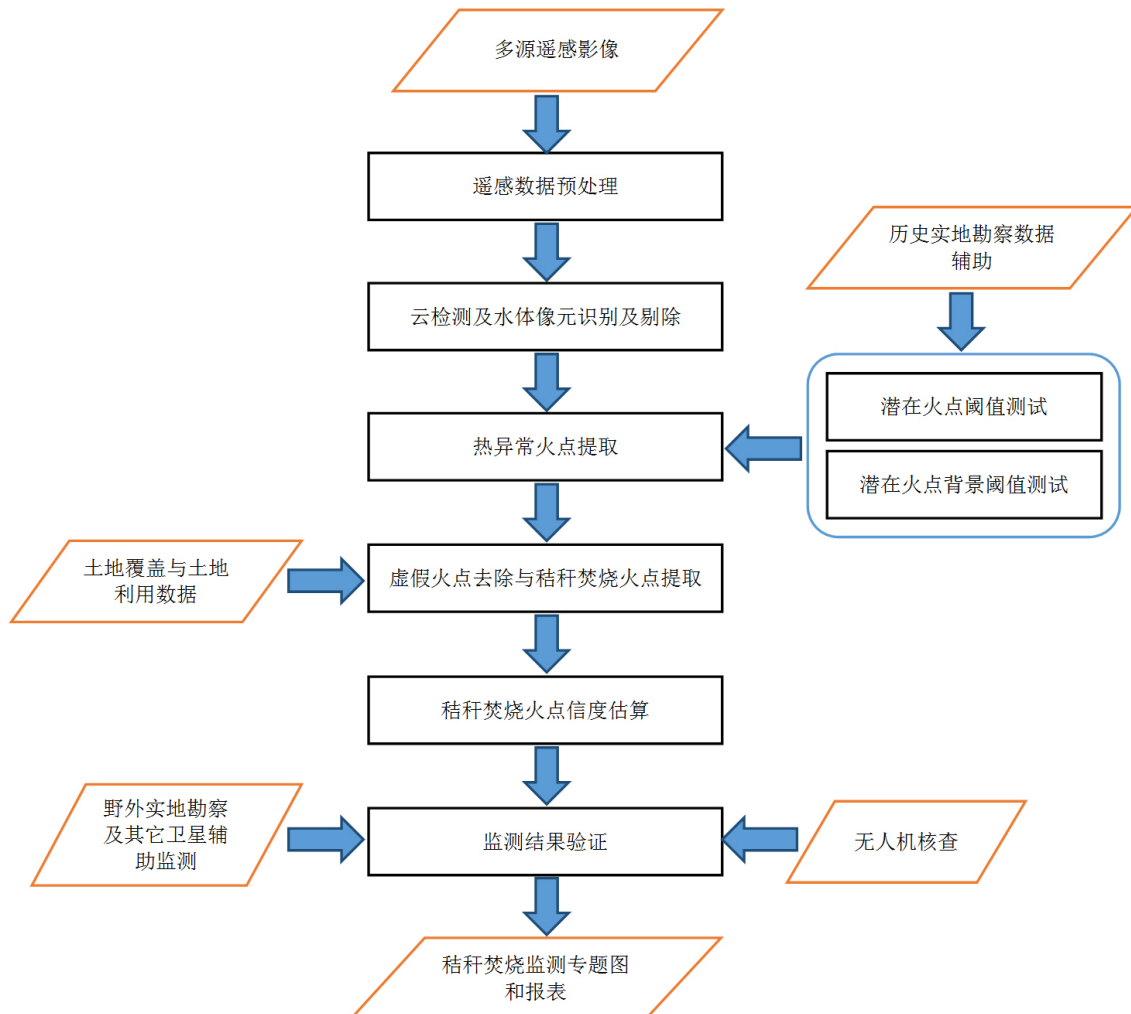


Figure 1. Technical roadmap
图 1. 技术路线图

首先, 根据武汉大学 MODIS 接收站获取的当天四景 MODIS 数据(过境时间分别为每天上午 10:30、下午 1:30 晚上 10:30, 凌晨 1:30), 使用 ENVI 软件对 MODIS 数据做几何校正和辐射校正的处理; 然后, 进行云检测和水体像元识别和剔除, 以此提高火点监测的精度, 并利用校正后的数据进行火点监测; 再者, 利用基于上下文的方法进行热异常火点提取, 并在土地利用、土地覆盖以及地表温度等数据的辅助下, 实现建筑物等虚假火点的剔除操作; 最后, 对剩余的疑似火点进行可信度的估算, 并利用 ArcGIS 软件将数据与季前得到的土地覆盖和土地利用图结合生成县级秸秆焚烧火点监测专题图和文字报表。

2.3. 方法原理

本研究采用的火点监测方法是在《火点监测规范》的基础上, 利用野外实地勘察数据或其它卫星监测数据进行监测结果的验证和阈值测算, 以此提高对湖北省区域秸秆焚烧监测的精度。其中涉及到具体算法原理如下:

(1) 云监测与水体像元提取。利用第一波段、第二波段的反射率和第 11 μm 波段的像元亮温进行云检测。水体采用 MODIS 几何定位产品中提供的水体数据。

(2) 绝对火点判断。将在 4 μm 波段处的亮温具有较高值的疑似火点作为绝对火点。

(3) 有效背景像元。指排除云体以外的陆地像元, 且不能是潜在的火点像元。以待判点为中心, 采用“劈窗法”计算有效背景像元数量占总像元数的比例。

(4) 上下文火点判别。利用 4 μm 和 11 μm 波段的亮温、有效背景像元均值、绝对偏差等信息进行疑似火点的判断。利用火点像元与周围邻近像元的差异性大小来判断像元是否是火点像元。通过设置一定大小的背景窗口, 计算待判定像元与背景像元之间的差异性是否满足条件, 如果满足条件要求则该像元为火点, 否则该像元不是火点。上下文模型在实际应用当中其准确性较绝对阈值模型有了一定的提高, 但是窗口大小的选择对最终结果有一定影响, 如果窗口选择的太小则结果可能产生误差[11]。

(5) 虚假火点去除。对地面出现的强反射点、耀斑、水路交界处等都有可能产生假火点现象[12]。需要参考规范里的方法进行虚假火点的去除。

(6) 秸秆焚烧火点信度估算。对最终确定为秸秆焚烧火点的像元可以通过对其温度特性的统计分析, 估算其火点信度, 按照规范将火点信度分为三级, 置信度低于 40%的火点误差太大可用性太低, 因此不做处理。火点信度分级方法如表 1 所示。

(7) 监测结果验证。采用野外地面数据抽样验证和无人机巡检两种方法, 对检测的结果进行验证, 如果火点位于遥感像元的几何定位精度之内, 则认为检测到的火点结果是准确的, 否则, 认为监测到的火点属于误判火点。限于人工实地勘察耗时耗力的局限性, 引入无人机技术来协助火点核销, 通过监测结果的对比, 验证算法的精度。

(8) 监测产品制作。监测产品以文字、专题图和统计表格的形式表示秸秆焚烧监测结果, 实现一日一报, 另外将火点提取与高分影像结合, 提高火点的可视化分析能力。

3. 结果与分析

3.1. 火点空间分布情况

2015 年湖北省秋季作物收割期间(9 月 01 日~11 月 26 日), 利用卫星遥感数据共监测到 267 个火点, 共涉及 13 个地级市和 30 个区县(市)。2015 年 9 月 01 日到 11 月 26 日期间秸秆焚烧火点的地理空间分布情况如表 2、图 2 所示。

表 2 和图 2 表明 2015 年湖北省秋收期间秸秆焚烧火点主要分布在湖北省中部地区, 西部地区由于以山区为主, 农田面积较小, 基本未发现火点; 东部地区火点较少。孝感市、荆门市、荆州市、天门市以

Table 1. Fire point reliability classification method**表 1.** 火点信度分级方法

信度范围	信度等级
[40%, 60%)	低
[60%, 80%)	中
[80%, 100%]	高

Table 2. Statistics of straw burning fire points in cities and counties of Hubei Province by satellite monitoring**表 2.** 卫星监测湖北省各市县秸秆焚烧火点统计

市/区	县/市	县/市火点数	市/区火点数	总占比
孝感市	汉川市	43	73	27.3%
	应城市	14		
	云梦县	11		
	孝南区	2		
	孝昌县	2		
	安陆市	1		
省直辖市级行政区划	天门市	42	67	25.1%
	潜江市	19		
	仙桃市	6		
	钟祥市	21		
	沙洋县	19		
	京山县	10		
荆门市	东宝区	3	53	19.9%
	监利县	14		
	公安县	4		
	松滋市	3		
	洪湖市	3		
	江陵县	3		
荆州市	石首市	1	28	10.5%
	黄梅县	7		
	武穴市	2		
	团风县	1		
	当阳市	4		
	枝江市	3		
黄冈市	随县	5	7	2.6%
	广水市	1		
	曾都区	1		
	赤壁市	1		
	嘉鱼县	1		
	蔡甸区	1		
咸宁市	新洲区	1	2	0.7%
	恩施土家族苗族自治州	1		
	咸丰县	1		
	大冶市	1		
	黄石市	1		
	武汉市	1		

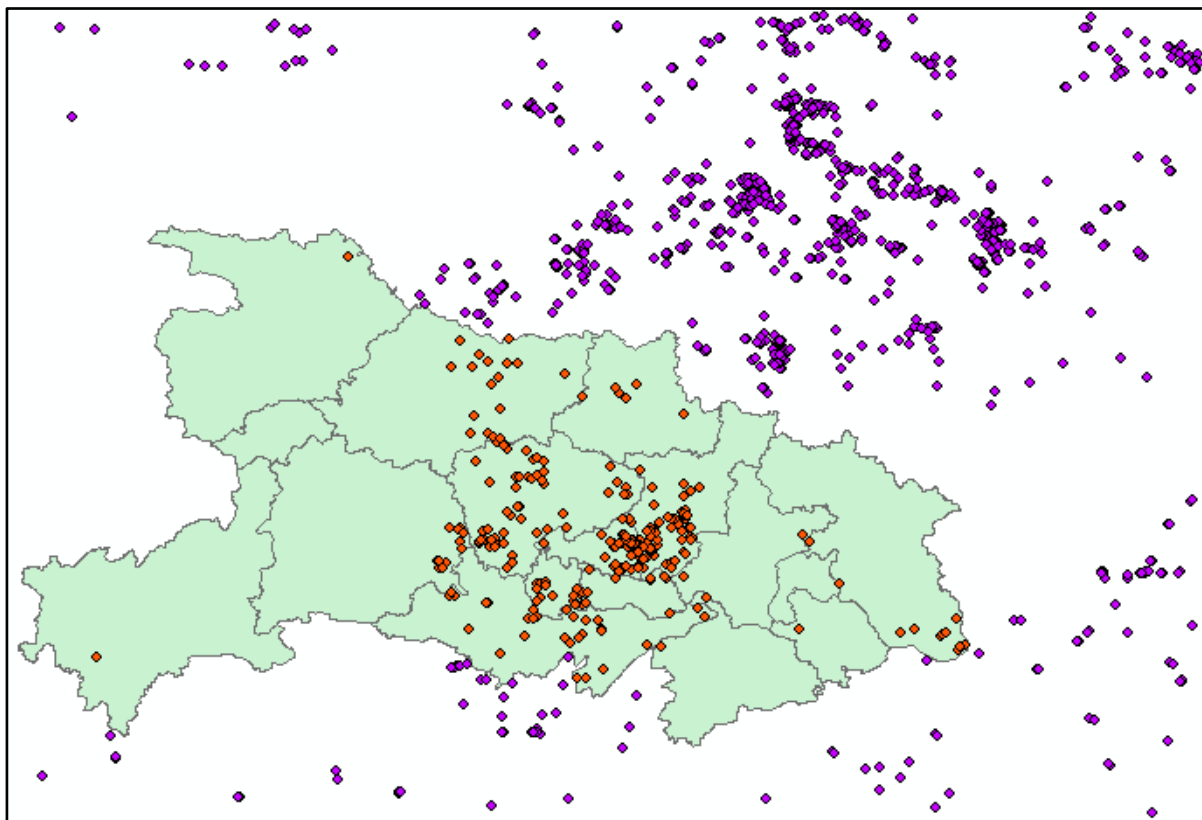


Figure 2. Distribution of straw burning fire points in Hubei and its vicinity by satellite monitoring

图 2. 卫星监测湖北省及周边秸秆焚烧火点分布

及潜江市的火点较多,约占总火点数的 80.5%。其中孝感市火点(占总火点 27.3%)集中分布在汉川市、应城市和云梦县(占总火点 25.5%);尤以汉川市秸秆焚烧最严重(占总火点 16.1%)。荆门市火点(占总火点 19.9%)主要分布在沙洋县和钟祥市(占总火点数目 15.0%);荆州市火点(占总火点 10.5%)以监利县为主(占总火点 5.2%);天门市火点较多,约占总火点总数的 21.0%。潜江市约占总火点数目 7.1%。根据这些火点密集区域的地域特征研究可以发现,各地区秸秆焚烧火点数量的差异性主要与各地区耕地面积大小、耕种作物种类、收获时间上的差异、及各地区秸秆禁烧工作的开展有效程度有关。耕地面积越大、耕种作物种类尤其是多季农作物越多、收获时间越集中、秸秆禁烧工作的开展有效程度越弱,那么该地区的秸秆焚烧火点数量也就越多。

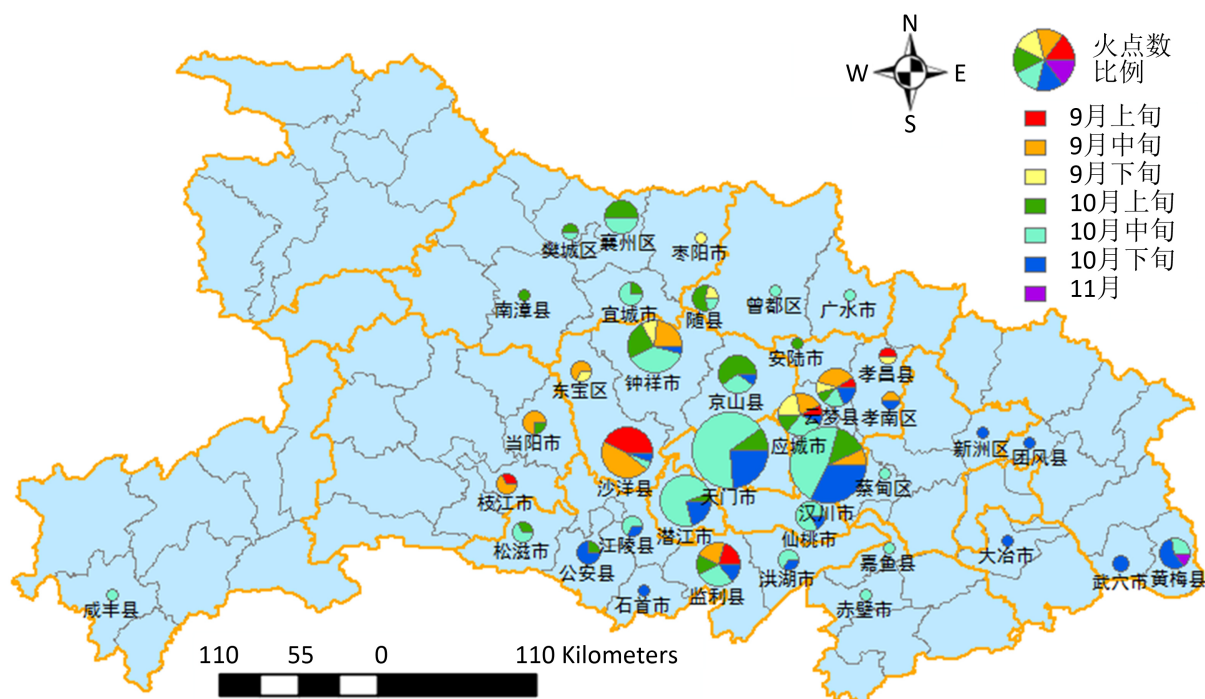
3.2. 火点时间分布情况

在时间分布方面,2015 年湖北省秋季作物收割期间(9 月 01 日~11 月 26 日),利用卫星遥感数据共监测到的 267 个火点中,包括 9 月份 60 个火点,10 月份 206 个点,以及 11 月份 1 个火点。2015 年 9 月 01 日到 11 月 26 日期间湖北省秸秆焚烧火点的时间分布情况如表 3、图 3 所示。

根据以上图表所描述的时间分布信息可知,湖北省秸秆焚烧秋季火点分布并不均匀,而且主要集中在九月和十月,九月份火点约占总火点数量 22.5%,十月份约占总火点数量的 77.2%。其中九月各时间段分布同样不均匀,大多数火点集中在九月中旬,约占九月总火点数的 58.3%。而十月份火点上旬占 19.9%,中旬占 54.4%,下旬占 25.7%。根据湖北省作物信息、天气情况等数据进行分析可知,造成这一现象的原因一方面是不同的作物的收获时间不一致;另一方面则与湖北省天气状况有很大关系,连续的雨天影响到

Table 3. Statistics of straw burning fire points in different time periods by satellite monitoring**表 3.** 卫星监测各时间段秸秆焚烧火点统计

月份	时间段	火点统计个数	按月统计	合计
9 月	上旬	15	60	267
	中旬	35		
	下旬	10		
10 月	上旬	41	206	
	中旬	112		
	下旬	53		
11 月	11 月	1	1	

**Figure 3.** The quantity of each city's straw burning fire points in different time periods by satellite monitoring**图 3.** 不同时间段卫星监测各市县秸秆焚烧火点数量

了秸秆焚烧活动, 此外多云天气也会影响到卫星对秸秆焚烧火点的监测, 从而间接导致了各时间段火点分布不均匀的现象。

3.3. 技术改进

针对目前现有的仅凭借 MODIS 数据进行秸秆焚烧火点监测的技术进行分析可知, 该技术主要存在以下不足之处:

(1) 时间分辨率低。

MODIS 卫星(包括 TERRA\MODIS 和 AQUA\MODIS)一天过境湖北四次, 过境时间为凌晨一点半、上午十点半、下午一点半和晚上十点半, 考虑到火点余温等因素, 有效的火点监测时间段为凌晨

00:30~1:30、上午 9:30~10:30、下午 12:30~13:30 以及晚上 9:30~10:30。结合以往调研经验,农户焚烧秸秆大多集中在傍晚时分,也就是下午 16:00~20:00,恰好 MODIS 在这个时间段内没有卫星过境,因此不能满足实时监测的需求。

(2) 小火点遗漏。

对于大面积的火点用 MODIS 火点监测算法较易检测,但是由于秸秆焚烧火点与林火不同,通常是许多小型火点,现行的许多火点监测算法难以检测出这种小型火点,因此会造成一些小型火点的遗漏。

(3) 火点误判。

基于亮温提取出的初始火点还需要进一步筛查,主要的筛查手段是结合土地覆盖图和高分卫星图。但由于原始影像的分辨率本身不高造成火点的提取精度有限,火点的误判不可避免。

(4) 焚烧秸秆与焚烧垃圾的区分。

虽然焚烧垃圾也会对生态环境造成危害,但是将秸秆焚烧火点与垃圾焚烧火点进行区分,能够提高实地核查秸秆焚烧火点的准确性,有利于单向分析秸秆焚烧对空气质量变化的影响。

另外,湖北省秸秆焚烧具有以下特点:第一,焚烧火点较为分散,小型火点较多;第二,焚烧火点部分属于条带式焚烧,焚烧过后的黑斑呈现条带状;第三,在行政边界处堆积焚烧。因此本次研究针对现有监测方法的不足,同时结合湖北省秸秆焚烧特点,提出了改进方案,即采用多源卫星影像相结合的方式改进传统监测算法,包括 NPP 卫星、环境减灾卫星、NOAA 气象观测卫星等。

NPP 卫星搭载的 VIIRS 是 MODIS 系列的改进型,拥有优于 MODIS 的传感器系统,共有 9 个可见光、近红外波段(0.4~0.9 μm), 9 个中短红外波段(1~4 μm)以及 4 个热红外波段(8~12 μm),是用来测量云量海洋和陆地表面温度、火灾和地球反照率的良好数据源。此外,NPP 卫星的过境时间为上午 6:00 和下午 6:00,都是没有 MODIS 卫星过境的时间,因此加入 NPP 卫星影像数据可以提高监测的时间分辨率。

环境减灾卫星中的 CCD 的分辨率可达 300 m, IRS 的分辨率可达 150 m,因此在有环境星数据覆盖的区域使用环境星来监测火点,可以提高监测的空间分辨率,也有助于小型火点的检测。

搭载于 NOAA 系列极轨气象卫星的 AVHRR 传感器,具有从可见光到热红外谱段的六个通道,拥有长久的火点检测应用历史,其火点产品相较于 MODIS 数据更为成熟。因此可使用 NOAA 的火点产品进行辅助监测,减少火点错判和遗漏的几率。

除此以外,本研究提出了在重点监测区域采用无人机巡检的改进方案,以此保证监测火点的时效性。由于可见光波段一般可以达到要求,因此无人机只用装载对应的设备,这样做既降低了它的载荷,又有利于无人机在巡查过程中的升降。通过无人机,监测者可以在地面指挥车内查看其拍摄的实时影像。在监测到火点后,还需要在实地核查,掌握证据以便于依照规定实施处罚。

综上所述,本研究通过对多种卫星影像数据、无人机采集的影像数据进行综合性的处理,实现了对湖北省地理信息的全覆盖,同时可以确保火点监测工作的时效性,以便相关单位利用火点监测结果图进行快速反应。此外,通过多个卫星数据的综合利用,对火点成果图进行验证与核对,保证监测火点的精度。

4. 结论

本研究利用 MODIS 全天四景 1 km 分辨率卫星影像数据对湖北省秋季作物秸秆焚烧进行遥感监测,采用多种卫星影像数据配合无人机获取的影像数据进行辅助处理,保证了秸秆焚烧火点监测的准确度。对湖北省 2015 年秋季作物秸秆焚烧火点进行时空分析发现,火点主要集中在湖北省中部地区,西部地区由于以山区为主,农田面积较小,基本未发现火点,东部地区则仅有少量零散分布的火点出现,应加大对秸秆焚烧严重地区的监管力度,同时积极丰富秸秆利用途径;此外,湖北省 2015 年秋季秸秆焚烧主要

集中在九月中旬和十月中旬, 其中十月份约占总火点数量八成, 这与作物收获时间以及天气状况关系密切, 有关部门应有针对性地提前采取预警措施, 最大程度缓解秸秆焚烧带来的危害。然而, 由于本研究使用的 MODIS 数据仅用于分析秸秆焚烧火点的时空分布, 未涉及秸秆焚烧的面积、焚烧持续时间等信息, 并且遥感火点监测会受到天气情况、卫星过境时间等因素影响, 后续工作需要针对这些因素进行进一步的研究和探讨。

参考文献 (References)

- [1] 张彦, 刘婷, 李冰, 等. 基于 MODIS 数据的河南省秋季作物秸秆焚烧火点监测研究[J]. 河南农业科学, 2016(11): 149-154.
- [2] 王子峰, 陈良富, 顾行发. 基于 MODIS 数据的华北地区秸秆焚烧监测[J]. 遥感技术与应用, 2008(6): 611-617.
- [3] 胡梅, 齐述华, 舒晓波, 等. 华北平原秸秆焚烧火点的 MODIS 影像识别监测[J]. 地球信息科学, 2008(6): 6802-6807.
- [4] 尹聪, 朱彬, 曹云昌, 等. 秸秆焚烧影响南京空气质量的成因探讨[J]. 中国环境科学, 2011(2): 207-213.
- [5] 赵文化, 单海滨, 钟儒祥. 基于 MODIS 火点指数监测森林火灾[J]. 自然灾害学报, 2008(3): 152-157.
- [6] 周利霞, 高光明, 邱冬生, 等. 基于 MODIS 数据的火点监测指数方法研究[J]. 火灾科学, 2008(2): 77-82.
- [7] 胡尧. 基于 MODIS 数据的森林火灾遥感监测方法研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2015.
- [8] 刘琳. 基于 MODIS 数据的重庆市森林火灾监测与预警研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆师范大学, 2014.
- [9] 周梅, 郭广猛, 宋冬梅, 等. 使用 MODIS 监测火点的问题探讨[J]. 干旱区资源与环境, 2006(3): 180-183.
- [10] 吴琳. 环境与减灾 C 星发射成功[J]. 中国航天, 2012(12): 17.
- [11] Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C.O., et al. (2003) An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, **87**, 273-282. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00184-6](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00184-6)
- [12] 缪婷婷. 基于 MODIS 数据的森林火点监测算法及迹地面积估算的研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京信息工程大学, 2012.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-549X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: gst@hanspub.org