

基于 FY-3A/VIRR 卫星数据的干旱监测研究

——以 2011 年重庆地区为例

王博为¹, 王永前^{1,2}, 杨世琦²

(1. 成都信息工程大学资源环境学院, 四川 成都 610225; 2. 重庆市气象科学研究所, 重庆 401147)

摘要:为探讨中国 FY-3A 数据对干旱旱情监测的差异性与可比性,结合植被供水指数 VSWI(vegetation soil water index),利用 Aqua/MODIS(moderate-resolution imaging spectroradiometer)数据作对比,实测站点数据作验证,对重庆地区 2011 年 8 月的旱情进行分析。2011 年 8 月重庆市主要旱情级别为轻旱,干旱情况从西至东有减缓的趋势。从干旱级别来分,重庆西部主城区干旱情况最为严重,达重旱级别;重庆西部地区仍然受到中旱和轻旱两种不同干旱程度的影响;重庆中部大部分处于适宜植被生长的状态;重庆东北、东南地区最为湿润,不受旱情的影响。FY-3A/VIRR 植被供水指数数据与 Aqua/MODIS 植被供水指数数据的相关性达到 0.7537。植被供水指数监测结果和实测数据呈正相关关系,与 20 cm 的实测土壤墒情数据相关性最高,FY-3A/VIRR、Aqua/MODIS 与 20 cm 的实测土壤墒情数据的相关系数分别为:0.7768,0.8171,且均通过 0.01 的显著性检验,说明监测结果可信,即利用 FY-3A 数据进行旱情监测是可行的。另外,针对重庆地区的地表覆盖类型和地貌类型,将重庆地区细分 4 类:作物,小起伏地形的作物,混交林和中起伏地形的混交林,利用动态的旱情评定标准进行针对性旱情分析。发现植被供水指数法比较适宜大面积的旱情监测。

关键词:气象学;大气遥感;FY-3A 数据;干旱监测;植被供水指数;背景区划

中图分类号:P412.27

文献标志码:A

0 引言

2008 年 5 月 27 号酒泉卫星中心成功发射了 FY-3A 极轨卫星,FY-3A 增强了对地表生态过程监测方面的能力,有助于对大面积干旱进行监测,FY-3A 搭载的 13 种传感器,主要用于气象、水文、环境、海洋等领域。其中,可见光红外扫描辐射计(VIRR)有 10 个 1 km 分辨率的光谱通道,有高灵敏度的可见光通道和 3 个红外大气窗口通道。可见光红外扫描辐射计主要用途是监测全球云量,判识云的高度、类型和相态,探测海洋表面温度,监测植被生长状况和类型,监测高温火点,识别地表积雪覆盖,探测海洋水色等。

针对风云数据的使用,朱琳等^[1]利用 FY-3A/MERSI 结合垂直植被指数模型,对 2009 年中国北方旱情进行监测;倪波顺等^[2]利用 FY-3A/VIRR 数据计算植被供水指数 VSWI,对 2011 年重庆地区夏季干旱情况进行监测;高伟等^[3]利用 MODIS 和 FY-2D 降水数据构建综合干旱监测模型 SDCI,分析桂西北 2010

年 3 月中下旬的旱情,并与实际旱情资料进行比较;鲍艳松等^[4]利用高级积分方程模型,应用 FY-3B/MWRI 数据反演裸露地表土壤湿度的方法,分析中国西部干旱半干旱地区土壤湿度,并利用实测土壤湿度数据,进行精度评价,该模型精度较高;姜琳等^[5]采用 TVDI 模型,使用 FY-3A/MERSI 数据和 MODIS 数据进行干旱监测比较,与实测数据对比表明,MERSI-TVDI 的干旱监测结果是可信的;蒋友严等^[6]基于 Terra/MODIS、FY-3B/MERSI 和 HJ/CCD 监测数据,结合研究区同步土壤湿度实测资料,利用垂直干旱指数(PDI),对比分析了各传感器在干旱时空动态中对旱情响应的敏感性和可靠性。

2011 年,西南地区受到夏秋连旱的干旱影响,8 月为作物成熟灌浆的季节,此阶段若受到干旱的影响,对农作物的收获将带来巨大的影响。因此,以 FY-3A/VIRR 为基础,以重庆地区干旱事件为例,尝试对 2011 年 8 月旱情进行监测。使用 Aqua/MODIS 数据反演得到的植被供水指数做对比,以站点实测土壤墒情数据为验证数据。同时考虑植被因子(地表覆被)和地形因子(海拔高度、坡度、坡向)对不同类型区域干旱监测结果进行分析。中国自主型遥感数据的使用,能给相关部门进行防灾减灾提供借鉴和决策的参考作用。

收稿日期:2016-05-09

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41471305);四川省杰出青年基金培育资助项目(2015JQ0037);重庆市气象局开放基金资助项目(kfj-201402);四川省教育厅创新团队资助项目(16TD0024);重庆市科委资助项目(CSTC2016ShmSZX00006)

1 研究区概况与数据预处理

1.1 研究区概况

重庆位于 28°10′N~32°13′N,105°17′E~110°11′E,地处较为发达的东部地区 and 资源丰富的西部地区的结合部,东邻湖北、湖南,南靠贵州,西接四川,北连陕西,是西南工商业重镇和水陆交通枢纽。重庆地势由南北向长江河谷逐级降低,西北部和中部以丘陵、低山为主,东南部靠大巴山和武陵山两座大山脉。主要河流有长江、嘉陵江、乌江、涪江、綦江、大宁河等。重庆位于北半球副热带内陆地区,属中亚热带湿润季风气候类型,北部和东南部分布有山,构成四川盆地边缘山地。形成了“夏热冬暖,无霜期长”气候特点,为长江三大“火炉”之一。重庆呈现立体式气候,是近年来干旱频发的区域。文中应用 FY-3A 和 Aqua/MODIS 数据,基于使用广泛的 VSWI 干旱指数,对比分析 FY-3A 卫星数据的干旱监测能力。

1.2 数据来源和预处理

研究采用的 FY-3A/VIRR L3 NDVI、LST 产品均来自于中国气象局国家卫星气象中心 HDF5 存储格式。对比数据使用来自于 NASA,其存储格式为 HDF 的 Aqua/MODIS MYD13A3 植被指数产品和 MYD11A1 地表温度产品。因研究时段内数据获取的时间、空间分辨率均存在差异,对其作可比性处理,统一空间分辨率至1000 M后,采用平均值法合成月陆表温度产品。

研究数据处理使用 SMART(卫星监测分析与遥感应用系统)进行拼接、投影、裁剪,再利用 ArcGIS 进行后续处理;验证数据使用 MRT 进行拼接、裁剪,后续工作由 ArcGIS 完成。

2 研究方法

在干旱情况下,植物的供水不足,作物生长受影响,植物蒸腾作用的水分减少,导致叶面温度升高。利用植被指数和陆表温度可以恰当地反映植物在生长季节的干旱情况。原始的植被供水指数(VSWI)形式为

$$VSWI = \frac{T_s}{NDVI}$$

冯锐等(1998)作出适当改进,将植被供水指数形式定义为

$$VSWI = \frac{NDVI}{T_s} \times 100$$

式中:NDVI 为植被指数(无量纲);Ts 为 FY-3A 卫星遥感到的作物冠层温度(K);100 为图像增强系数。

植被指数采用 FY-3A/VIRR L3 植被指数旬产品,分辨率为 1000M;Aqua/MODIS MYD13A3 月合成植被指数产品,分辨率为1000 M。陆表温度分别使用 FY-3A/VIRR L3 陆表温度旬产品,分辨率为 1000 M;Aqua/MODIS 陆表温度日产品,分辨率为1000 M。

3 结果分析

3.1 植被指数

图 1 为 NDVI 分级图,可以看出,城镇、裸地和水体的 NDVI 值较低,且数据呈现相似的变化趋势。FY-3A 数据的 NDVI 值主要介于 0.4~0.8;而 Aqua/MODIS 数据的 NDVI 值主要介于 0.4~1.0;较 FY-3A 数据,显而易见的是 Aqua/MODIS 数据的值分布范围更广,细节更为明显。

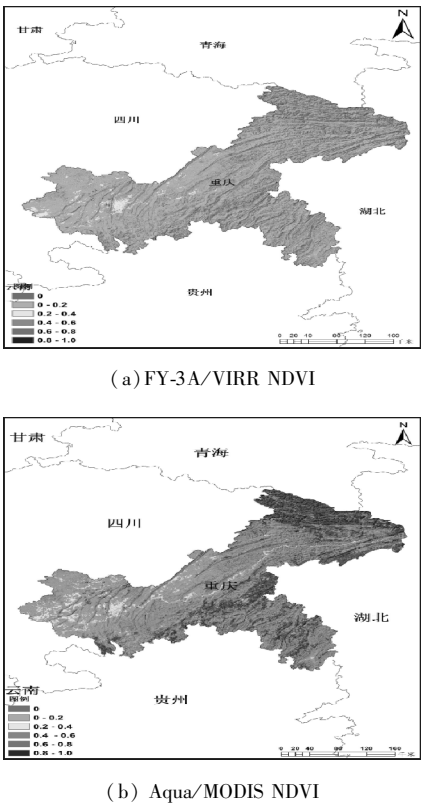


图 1 2011 年 8 月植被指数分级图

相关研究表明,当重庆地区的 NDVI<0.3 时,图像像元表示为水体、雪或裸地,可默认为此类地区无干旱现象或无作物。因此,设定 NDVI 的取值范围为 0.3~1,并分析 Aqua/MODIS 和 FY-3A 数据之间的相关性如图 2 所示。

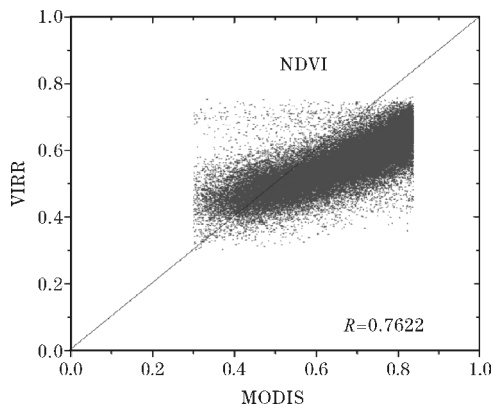
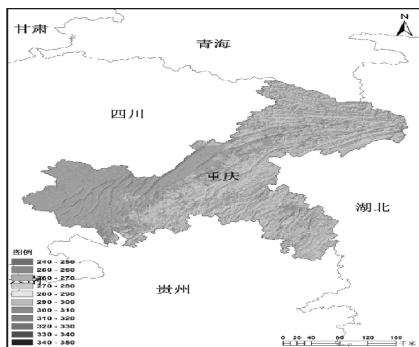


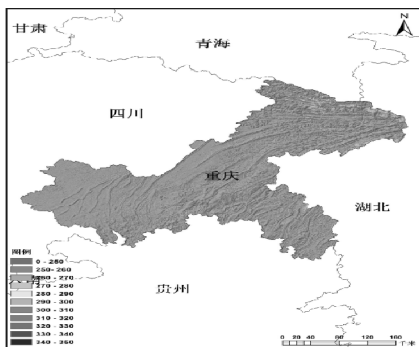
图2 2011年8月 Aqua/MODIS 和 FY-3A 数据植被指数相关性分析

单从 NDVI 的相关性看,可见 Aqua/MODIS 与 FY-3A/VIRR 由于使用的是产品,传感器自身的差异性为 主要的原因。标准误差是对一组数据可靠性的估计,将 3 种植被指数数据进行标准误差分析,均通过了 0.01 的标准误差分析检验,说明数据可靠性较高。Aqua/MODIS 数据的值整体都比 FY-3A 的偏高,两个不同卫星数据整体数值有着较好的一致性。

3.2 陆表温度



(a) FY-3A/VIRR LST



(b) Aqua/MODIS LST

图3 2011年8月数据陆表温度分级图

重庆地区的陆表温度呈现东南低,西北高的分布 状况,过渡带呈西南东北走向。城镇、裸地和水体的陆 表温度较高,植被覆盖区域陆表温度较低,这是由于水的 比热容较大,热传导性较强造成的。FY-3A/VIRR

陆表温度值大部分介于 290 ~ 310 K, Aqua/MODIS 陆 表温度值主要介于 300 ~ 320 K。

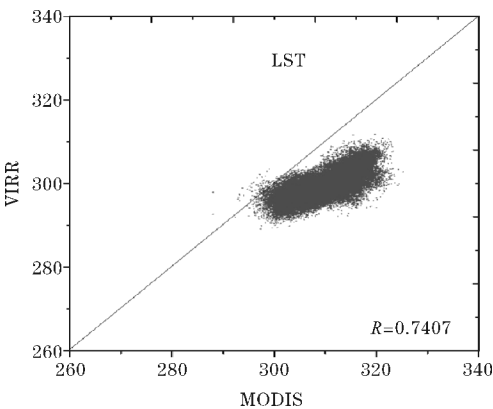


图4 2011年8月 Aqua/MODIS 和 FY-3A 数据陆表温度相关性分析

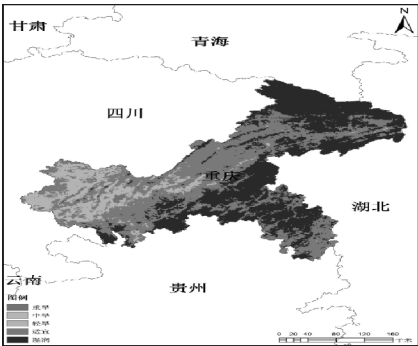
图 4 为陆表温度相关性分析的结果。FY-3A/ VIRR 与 Aqua/MODIS 的陆表温度相关性分别为 0.7407。由此可以说明, FY-3A/VIRR 数据与 Aqua/ MODIS 数据具有较好的整体相关性,它们之间的差异 主要是因为探测仪器本身的参数,光谱响应差异等因 素的存在。FY-3A/VIRR 利用改进后的局地裂窗算法 反演得到陆表温度, Aqua/MODIS 数据则是用普适性 劈窗算法得到的陆表温度。

3.3 植被供水指数整体结果分析

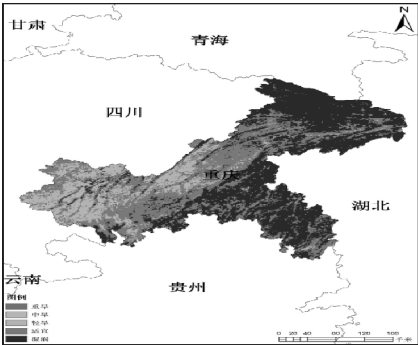
参考 GB20481-2006 气象干旱等级(表 1)以及王颖 等^[7]的相关研究,并结合重庆市的实际情况,分别将 VSWI 值分级划分为 5 级,如表 2 所示。

表 1 土壤相对湿度干旱指数的干旱等级划分表			
等级	类型	10 ~ 20 cm 深度 土壤相对湿度	干旱影响程度
1	无旱	60 % < R	地表湿润或正常,无旱象
2	轻旱	50 % < R ≤ 60 %	地标蒸发量小,近地表空气干燥
3	中旱	40 % < R ≤ 50 %	土壤表面干燥,地表植物叶片有萎蔫现象
4	重旱	30 % < R ≤ 40 %	土壤出现较厚的干土层,地表植物萎蔫、叶片干枯,果实脱落
5	特旱	R ≤ 30 %	基本无土壤蒸发,地表植物干枯,死亡

表 2 VSWI 指数干旱监测等级划分表		
分级	范围	
	FY-3A/VIRR	Aqua/MODIS
重旱	0 ≤ VSWI ≤ 0.11549	0 ≤ VSWI ≤ 0.09908
中旱	0.11549 < VSWI ≤ 0.13629	0.09908 < VSWI ≤ 0.13288
轻旱	0.13629 < VSWI ≤ 0.15709	0.13288 < VSWI ≤ 0.16668
适宜	0.15709 < VSWI ≤ 0.19869	0.16668 < VSWI ≤ 0.23428
湿润	VSWI > 0.19869	VSWI > 0.23428



(a) FY-3A/VIRR VSWI



(b) Aqua/MODIS VSWI

图 5 2011 年 8 月数据 VSWI 分级图

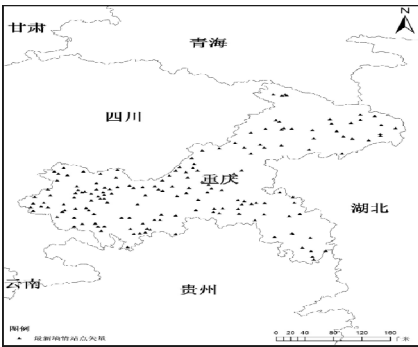


图 6 重庆土壤墒情实测站点分布

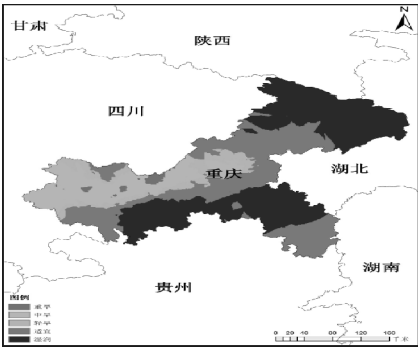


图 7 重庆土壤墒情 20 cm 实测结果分级图

图 5 为 2011 年 8 月重庆市植被供水指数分级图,就 2011 年 8 月的情况来看,重庆市干旱情况从西至东有减缓的趋势。从干旱级别来分,重庆西部主城区干旱情况最为严重,达重旱级别,这与城市热岛效应有必然的联系;重庆西部地区仍然受到中旱和轻旱两种不

同程度的影响;重庆中部大部分处于适宜植被生长的状态;重庆东北、东南地区最为湿润,不受旱情的影响。FY-3A/VIRR 数据能清晰地反映重庆主城区的集中干旱现象,而 Aqua/MODIS 数据在这方面效果不太明显;FY-3A/VIRR 数据和 Aqua/MODIS 数据能比较好地体现重庆东北地区、东南地区的细节性结果。

将图 6 所示站点实测得到的 10 cm、20 cm、30 cm、40 cm 深度的土壤墒情数据进行克里金插值处理,再与 VSWI 干旱遥感监测结果进行相关分析,表 3 表明:VSWI 指数与不同深度的土壤墒情之间均呈正相关,且通过 0.01 的置信度检验,说明 VSWI 能够反映土壤相对湿度的变化。进一步分析可见,各指标与不同土壤相对湿度之间相关系数大小不同,其中,与 20 cm 土壤湿度的相关系数较大,均在 0.75 以上,与 10 cm 的相关性次之,在 0.7 以上。对于 30 cm 和 40 cm 深度的土层,VSWI 和土壤墒情的相关性较低,原因之一是光学遥感测定的是地表的反射特性,30 cm 以下的深度可能超出了可见光、近红外的遥感测定范围。图 7 为 2011 年 8 月重庆市土壤墒情 20 cm 实测结果插值后得到的分级图,可以看出实测的旱情分布情况和植被供水指数的反演结果大致一致。由于站点分布不均匀,重庆西北部站点比重庆其他地区多且密集,重庆东北部几乎没有足够的站点数进行均匀差值,这是插值结果与反演结果差异的主要原因。

表 3 VSWI 指数与土壤墒情的整体性相关关系分析

传感器	时间段	土层深度/cm			
		10	20	30	40
FY-3A/VIRR	2011 年 8 月	0.74796 **	0.77686 **	0.17374 **	0.2062 **
Aqua/MODIS	2011 年 8 月	0.7864 **	0.81714 **	0.15121 **	0.18621 **

注:**表示相关系数通过 0.01 水平的显著性检验。

再将 3 种数据得到的 VSWI 值进行相关分析,结果如图 8 所示。

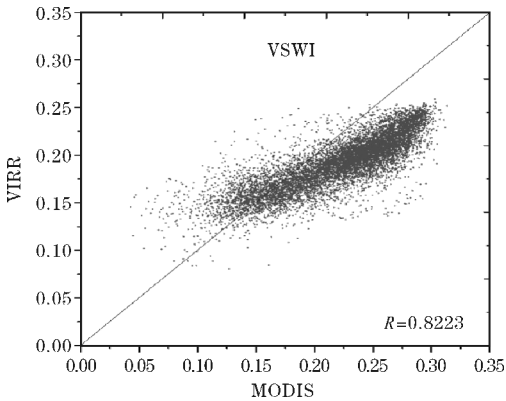


图 8 2011 年 8 月 Aqua/MODIS 和 FY-3A 数据 VSWI 相关性分析

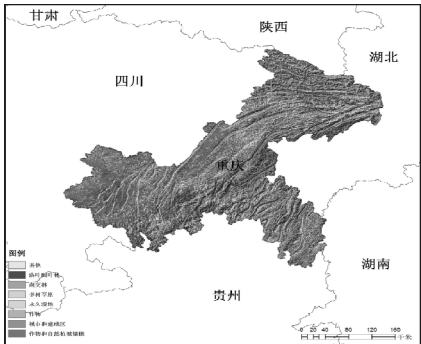
Aqua/MODIS 的监测结果比 FY-3A/VIRR 和的略大,偏差平均值分别为:与 FY-3A/VIRR 偏差均值为 0.0279,与 FY-3A/MERSI 偏差均值为0.0160。除了仪器本身的客观因素之外,不同传感器不同的波段范围,导致的植被指数的差异,不同反演算法导致的陆表温度的差异都为植被供水指数的反演结果带来影响。

查阅 2011 年重庆市统计年鉴,重庆市主要农作物为谷物(稻谷、中稻、小麦、玉米、高粱等)、豆类(大豆)、薯类(马铃薯)、油料(花生、油菜籽、芝麻)、麻类(苧麻、黄红麻)、糖料(甘蔗)、烟叶、蔬菜和瓜果,它们的根系大致都在土壤深度40 cm以内的耕作层,当土壤相对湿度达到40 % 以下时植物会受到极大的影响,且 8 月属于植物的成熟灌浆期,干旱会导致农作物的减产,给人民生活带来影响。对于林地植物大部分根系深入地下数米,所在区域浅层土壤水分充足,不仅不会有旱情的发生,而且土壤水分的近饱和也不会对植物根系造成渍害的影响,侧面也说明植物有强大的保水能力。因此,利用20 cm处实测的土壤墒情确定划分标准是具有科学性的。

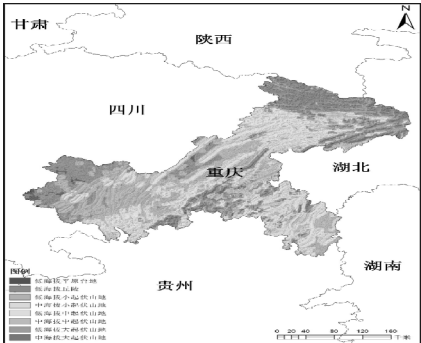
3.4 不同地表覆盖类型下的对比分析

由重庆地区土地覆盖类型图(图 9a)可以看出,重庆地区主要以作物和混交林为主;再由高程数据得到的重庆土地背景规划图(图 9b)可以看出,主要地形以小起伏地形和中起伏地形为主。因此,进一步分析在不同土地覆盖类型下 3 种数据干旱监测的结果。根据 2013 年重庆土地利用分类图,将土地覆盖类型分为 8 类(落叶阔叶林、混交林、多树草原、永久湿地、作物、城市和建成区、作物和自然植被镶嵌、其他)。主要土地覆盖类型为混交林、作物。因此,虽然重庆以混交林为主要土地覆盖类型,但是在主要地形(低海拔中起伏山地)中所占比例不是很大。总体来看,混交林还是重庆土地覆盖的主要类型,比例随着海拔的升高几乎呈增长趋势;作物类型占地比例随海拔的升高呈减少趋势,以上 2 类土地覆盖类型都与地形起伏度没有很大关系。

因此选取作物,混交林,小起伏度地形作物和中起伏地形混交林为对象,进行植被供水指数反演结果的



(a) 重庆市地表覆盖类型图



(b) 重庆市地貌类型图

图 9 重庆市背景区划图

对比分析。并且等级划分以与表 2 得到的线性关系确定,即标准具有动态性。

表 4 2011 年 8 月分类 VSWI 和实测数据相关性比较

地表覆盖类型	样本数	相关系数	
		FY 与 20 cm 墒情数据	MODIS 与 20 cm 墒情数据
作物	12054	0.6377	0.5642
小起伏地形的作物	6266	0.5483	0.4819
混交林	21581	0.6317	0.5789
中起伏度地形的混交林	10516	0.5090	0.5295

可以看出,植被供水指数(VSWI)适合于高植被覆盖度大范围的干旱监测,划分类型越细,相关性越低。而且对于作物来讲,FY-3A/VIRR 与实测相关性最高,这也说明了中国自主研发卫星数据的可靠性和可用性。表 5 为不同数据各等级面积统计结果。

表 5 面积统计

传感器	旱情等级	面积百分比/%				
		重庆市	作物	小起伏地形作物	混交林	中起伏地形的混交林
FY-3A/VIRR	重旱	1.13	1.55	3.54	2.77	18
	中旱	1.82	4.84	7.95	3.67	6.32
	轻旱	10.75	18.64	19.90	9.17	7.82
	适宜	44.13	50.22	47.88	44.38	19.34
	湿润	42.17	24.75	20.71	40	48.50
Aqua/MODIS	重旱	1.37	3.35	12.4	8.10	26.06
	中旱	4.22	7.81	11.23	5.56	4.17
	轻旱	11.42	18.83	15.43	8.27	4.19
	适宜	37	41.88	28.79	26.93	10.58
	湿润	45.99	28.13	32.13	51.14	54.99

从土地利用类型的角度看,受旱情况由重至轻的顺序为:小起伏地形的作物,作物,重庆市地区;混交林几乎不受旱情影响,大部分地区适宜植物生长。从旱情等级上来看,重庆市受到不同程度旱情的影响,主要旱情等级为轻旱,其次为中旱以及重旱,整体剩余部分旱情等级为适宜和湿润。其中,统计结果显示, FY-3A/VIRR 数据中轻旱面积占10.75%, Aqua/MODIS 中轻旱面积占11.42%。作物部分旱情情况主要为轻旱, FY-3A/VIRR 数据中轻旱面积为18.64%, Aqua/MODIS 中轻旱面积占18.83%。小起伏作物主要受旱情况为轻旱, FY-3A/VIRR 数据中轻旱面积为19.9%, Aqua/MODIS 中轻旱面积占15.43%。混交林受旱较少,分别为 FY-3A/VIRR 数据中轻旱面积为9.17%, Aqua/MODIS 中轻旱面积占8.27%。中起伏度地形混交林受轻旱面积分别为 FY-3A/VIRR 数据中轻旱面积为7.82%, Aqua/MODIS 中轻旱面积占4.19%。

4 结论

根据重庆地区的实际情况出发,以遥感原理为基础,以 FY-3A/VIRR 和 Aqua/MODIS 影像为数据源,结合实测土壤湿度数据,获取研究区旱情分布图监测重庆地区的旱情,并进行验证。经过研究得到如下结论:

(1) VSWI 指数监测重庆地区干旱情况的最佳土壤深度为 20 cm,其次为 10 cm。

(2) 通过分析可以看出,两种数据不论在整体上还是典型样本点上都呈现明显的线性相关性,且相关系数都通过0.01的显著性检验。从重庆地区旱情空间分布情况来看,两者的湿润、正常、轻旱、中旱以及重旱5个干旱等顶级的分布情况大致一致,但是 FY-3A/VIRR 和 Aqua/MODIS 数据的纹理特征明显, FY-3A/VIRR 比 Aqua/MODIS 更能体现重庆市主城区的干旱情况。

(3) 重庆地区 2011 年 8 月的整个土壤墒情情况与 VSWI 干旱情况分布数据变化趋势基本一致,说明三者干旱监测结果是可信的。

(4) FY-3A/VIRR 数据具备干旱监测能力,且其检测结果与 Aqua/MODIS 数据的监测结果具有可比性。

(5) 利用植被供水指数进行干旱监测方法简单,监测精度能够满足要求,但在干旱监测中,数据质量还受到传感器本身,大气状况,传感器角度,地表植被类

型等多方面因素的影响,在实际应用中应注意 VSWI 干旱分级标准的动态性。对 VSWI 等级的划分具有一定的人为性。但如何根据 VSWI 的数值进行较为精确的干旱等级划分,还需要进一步的研究。

(6) 以重庆地区的地形分类来看,主要以丘陵地形为主,下垫面不均匀,而且存在气候条件和植被生长状况的差异,土壤类型也有所不同,使用的干旱监测方法是否完全适合,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 朱琳,刘健,张晔萍,等. FY-3A/MERSI 数据在中国北方干旱监测中的应用[J]. 遥感学报,2010,14(5):1004-1016.
- [2] 倪波顺,高阳华,李月臣,等. 基于 FY-3A/VIRR 数据的重庆市干旱监测研究[J]. 西南大学学报,2014,36(7):143-147.
- [3] 高伟,林妍,潘新华. 基于多源遥感卫星数据的桂西北旱情监测研究[J]. 广西水利水电,2014,(1):20-24.
- [4] 鲍艳松,毛飞,闵锦忠,等. 基于 FY-3B/MWRI 数据的裸土区土壤湿度反演[J]. 国土资源遥感,2004,26(4):131-137.
- [5] 姜琳,冯文兰,刘志红,等. FY-3A/MERSI 与 MODIS 的温度植被干旱指数反演及对比分析[J]. 水土保持研究,2014,21(3):231-241.
- [6] 蒋友严,韩涛,徐燕,等. 基于多源卫星数据的 3 中干旱遥感监测效果比较[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(2):47-51.
- [7] 王颖,李国春,高阳华,等. FY-3A/MERSI 数据在重庆市伏旱监测中的应用[J]. 现代农业科技,2011,(10):271-273.
- [8] Ehrlich D, Estes J E, Singh A. Application of NOAA-AVHRR 1000M data for environmental monitoring[J]. Remote Sensing,1994,15(1):145-161.
- [9] Ghulam A, Qin Q M, Zhan Z M. Designing of the perpendicular drought index [J]. Environmental Geology, 2007, 52(6): 1045-1052.
- [10] Koike T, Fujii H, Ohta T, et al. Development and validation of TMI algorithms for soil moisture and snow [C]. Remote Sensing & Hydrology 2000.

- New Mexico, USA: Proc. of a symposium held at Santa Fe, 2000: 390-393.
- [11] Palmer W C. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new crop moisture index [J]. *Weatherwise*, 1968, 21(4): 156-161.
- [12] Ramesh P S, Sudipa R, Kogan F N. Vegetation and temperature condition indices from NOAA/AVHRR data for drought monitoring over India [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(22): 4393-4402.
- [13] Kogan SRF, Corresponding RPS. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection [J]. *Advances in Space Research*, 1995, 15(1): 91-100.
- [14] 陈怀亮, 邹春辉, 邓伟, 等. 植被温度条件指数在土壤墒情遥感监测中的应用[J]. *气象科技*, 2005, (S1): 148-150.
- [15] 陈修治, 苏泳娴, 李勇, 等. 基于被动微波遥感的中国干旱动态监测[J]. *农业工程学报*, 2013, 29(16): 151-158.
- [16] 陈艳英. 基于MODIS和FY-3A的重庆2010年夏季干旱监测及评价[C]. 创新驱动发展提高气象灾害防御能力——s7应对气候变化与农业气象防灾减灾. 北京: 中国气象学会, 2013: 1-8.
- [17] 杜灵通, 田庆久, 王磊, 等. 基于多源遥感数据的综合干旱监测模型构建[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(9): 126-132.
- [18] 侯英雨, 何延波, 柳钦火, 等. 干旱监测指数研究[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(6): 892-897.
- [19] 李峰, 赵玉金, 赵红, 等. FY-3A/MERSI数据在山东省农田干旱监测汇总的应用[J]. *干旱气象*, 2014, 32(1): 18-22.
- [20] 李紫甜. 基于风云三号热红外资料的地表温度反演方法研究[D]. 南京, 南京信息工程大学, 2014: 15-20.
- [21] 刘欢, 刘荣高, 刘世阳. 干旱遥感监测方法及其应用发展[J]. *地球信息科学学报*, 2012, 14(2): 232-239.
- [22] 路京选, 曲伟, 付俊娥. 国内外干旱遥感监测技术发展动态综述[J]. *中国水利水电科学研究院学报*, 2009, 7(2): 265-271.
- [23] 莫伟华, 王振会, 孙涵, 等. 基于植被供水指数的农田干旱遥感监测研究[J]. *南京气象学院学报*, 2006, 29(3): 396-401.
- [24] 冷松, 武建军, 周磊. 利用多波段遥感干旱监测方法研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2013, 27(2): 102-107.
- [25] 王鹏新, 孙威. 基于植被指数和地表温度的干旱监测方法的对比分析[J]. *北京师范大学学报*, 2007, 43(3): 319-322.
- [26] Carlson T N, Gilles R R, Perry E M. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurement to infer surface soil water content and fractional vegetation cover[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1994, 9(1): 161-173.
- [27] 向大亨, 刘良明, 韩涛. FY-3AMERSI数据干旱监测能力评价[J]. *武汉大学学报*, 2010, 53(3): 334-338.
- [28] 闫娜, 李登科, 杜继稳, 等. 基于MODIS产品LST/NDVI/EVI的陕西旱情监测[J]. *自然灾害学报*, 2009, 19(4): 178-182.
- [29] 杨丽萍, 乌日娜, 闫伟兄. 利用植被供水指数法监测干旱的研究[J]. *干旱环境监测*, 2007, 21(4): 226-228.
- [30] 易佳, 高阳华, 杨世琦, 等. MODIS-EVI时间序列重庆夏季干旱研究[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(35): 20093-20095.
- [31] 张红卫, 陈怀亮, 申双和, 等. NDVI-LST特征空间及干湿边变化特征[J]. *气象科技*, 2010, 38(1): 87-95.
- [32] 赵丽荣, 武伟, 刘洪斌, 等. 基于温度植被指数法的农业干旱研究[J]. *西南师范大学学报: 自然科学版*, 2009, 34(2): 80-84.
- [33] 李晓兵, 史培军. 基于NOAA/AVHRR数据的中国主要植被类型NDVI变化规律研究[J]. *植物学报*, 1999, 41(3): 314-324.

Drought Monitoring from FY-3A/VIRR Observations ——A Case Study of Chongqing in 2011

WANG Bo-wei¹, WANG Yong-qian^{1,2}, YANG Shi-qi²

(1. College of Resources and Environment, Chengdu University of Information and Technology, Chengdu 610225, China; 2. Chongqing Institute of Meteorological Science, Chongqing 401147, China)

Abstract: For the purpose of probing into the otherness and comparability of drought monitoring, by using FY-3A data, combining with VSWI (vegetation soil water index), comparing with the MODIS data and the confirmation data as the site data to analyze the drought condition of Chongqing in August 2011. The main drought condition of Chongqing in August 2011 was light and there was a tendency to slow down from the west to the east. As to the level of drought, the worst condition was in the urban area of western Chongqing, which reached heavy drought; moderate drought and light drought has effected western Chongqing, and the center of Chongqing was in a state of suitable for vegetation growth; the north-east and southeast of Chongqing were the most humid areas, not affected by the drought. The relativity of VSWI between FY-3A/VIRR and MODIS is 0.7537. And the relativity of VSWI and site data is a positive correlation, the correlation with the 20 cm depth soil water content is the most stable one, which is 0.7768 and 0.8171 respectively. They all passed the significance test of 0.01, which illustrate the result's credibility, that's to say, using FY-3A/VIRR to monitor the drought condition is feasible. Moreover, aiming at the different land cover types and landform types, Chongqing is divided into four categories: crops, crop in little undulate terrain, mixed forest, mixed forest in moderate undulate terrain. Vegetation Water Supply index method is more suitable for the large area drought monitoring.

Key words: meteorology; atmospheric remote sensing; FY-3A; remote sensing data; drought monitoring; vegetation supply water Index; regionalization of study area