

文章编号: 2096-1618(2019)01-0054-09

# 基于 FY-3C/VIRR 卫星数据重庆植被覆盖度时空变化研究

杜宝隆<sup>1</sup>, 杨世琦<sup>2</sup>, 王永前<sup>1,2</sup>, 高阳华<sup>2</sup>, 张 强<sup>3</sup>

(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; 3. 重庆市气象局, 重庆 401147)

**摘要:**随着中国产风云系列卫星的飞速发展, FY 系列遥感数据种类不断丰富。中国大多数植被监测研究重视使用国外数据研究轻视国产数据的应用, 文中探究利用中国产 FY-3C/VIRR 植被指数产品数据监测区域植被覆盖度年内变化规律的可靠性。以植被覆盖度(FC)为监测指标, 利用 Aqua/MODIS 植被指数产品数据对比, 采用像元二分模型对重庆区域 2015 年植被覆盖度进行反演分析。结果表明, 基于 FY-3C/VIRR 的 NDVI 植被指数数据与 Aqua/MODIS 植被指数数据在时空分布上具有良好的一致性。空间上, 高值区集中分布在山区, 低值区集中在人口聚居的主城区和长江流域。时间序列上, 1-8 月持续升高, 8-12 月波动降低, 与重庆市实际植被生长规律相同。对重庆市 4 种主要地表覆盖类型(低海拔混交林、低海拔小起伏山地作物、低海拔中起伏山地作物、中海拔混交林)提取分析, 结果显示 FY-3C/VIRR 植被指数数据对多种地物覆盖的大范围研究区植被监测能力与 Aqua/MODIS 植被指数数据相似。重庆市植被覆盖度空间分布差异及分布规律特征明显, 重庆市主城区及主要水系呈现低值, 高值区域主要集中在东北山区和东南局部山区。高值区分布与山区和水系走势一致, 呈现条纹式分布。时间序列上, 基于 FY-3C/VIRR 的植被覆盖度 1-10 月呈现波动上升, 10-12 月显著下降, 最低值出现在 2 月为 38.32%, 最大值出现在 10 月为 72.88%。2015 年年均植被覆盖度 FY-3C/VIRR 为 53.45%, Aqua/MODIS 为 65.55%。

**关键词:** 3S 技术; 遥感; FY-3C/VIRR 数据; 植被指数; 植被覆盖度; 重庆市; 像元二分模型

**中图分类号:** TP79; P407

**文献标志码:** A

**doi:** 10.16836/j.cnki.jcui.2019.01.012

## 0 引言

归一化植被指数(NDVI)、植被覆盖度(FC)作为基于遥感方式监测植被时空分布及反演各项生态参数的基础, 针对二者的遥感研究已经有很多, 但多以国外传感器 Aqua/MODIS 以及 Landsat/TM 等数据为主。随着中国卫星遥感的发展, 国产卫星传感器提供的数据种类也越来越多。其中植被数据也逐渐成为国产卫星传感器提供的多种重要遥感数据之一。风云三号(FY-3)气象卫星是中国第二代极轨气象卫星, 它是在 FY-1 气象卫星技术基础上的发展和提高。风云三号 C 星在 2013 年 9 月 23 日在太原卫星发射中心用长征四号丙运载火箭成功发射, 至今在轨正常运行。针对国产风云系列卫星数据的应用也开展了很多, 权文婷等<sup>[1]</sup>利用 FY-3C/MERSI 数据结合 MODIS 数据对陕西省构建多波段干旱指数; 徐娜等<sup>[2]</sup>利用 FY-3C/MERSI 数据融合多种不依赖于地面同步观测的代替方案, 利

用各方案定标样本的多等级反射率特性, 提出了在轨宽动态综合辐射定标方法, 解决了 FY-3C MERSI 数据反射波段非线性响应导致的传统两点定标不适用问题。

研究重庆地区植被信息的时空分布。目前针对重庆地区的植被研究, 主要以 MODIS 和 TM 数据为主。李建国等<sup>[3]</sup>利用 2001-2010 年的 MODIS NDVI 产品数据对三峡库区重庆段近 10 年来的植被生长状况及其影响因素进行分析, 表明三峡库区重庆段东部、中南部中高山区 NDVI 较高, 西部川东平行岭谷区, 长江干流及其支流谷地 NDVI 较低。地形、坡度和地形起伏度是影响三峡库区重庆段植被生长状况最为重要的因素, 3 个因素从根本上决定了植被的空间分布与变化轨迹; 朱林富等<sup>[4]</sup>利用 2001-2010 年最大值合成的 MODIS-NDVI 数据, 采用 GIS 空间统计并结合 DEM、土地覆被等资料研究重庆市 NDVI 的时空格局分异规律; 马驰等<sup>[5]</sup>以 TM 影像为数据源, 以重庆南川区为研究区, 对植被覆盖度信息提取方法及植被覆盖度与植被指数的关系进行了研究。运用统计分析方法, 分析得出研究区植被覆盖度与归一化差异植被指数之间具有显著的相关性; 兰明娟等<sup>[6]</sup>利用重庆市北碚区 1988

收稿日期: 2018-03-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41471305); 重庆市气象局开放基金资助项目(kfjj-201402); 四川省教育厅创新团队资助项目(16TD0024); FY3 应用示范资助项目(FY-3(02)-UDS-1.11.2)

-2007年的LANDSAT/TM影像数据,编制NDVI时空分布图,进而计算生成植被覆盖度时空分布图。通过掩膜技术和动态监测等方法提取了研究区1988-2007年的植被覆盖变化信息。李惠敏等<sup>[7]</sup>运用1 km分辨率经过Savitzky-Golay滤波技术平滑处理的SPOT/VGT数据,通过对1998-2007年的NDVI时间序列数据、NDVI与气象因子的关系、10年来NDVI变化率的空间分布以及NDVI与海拔高度的关系等进行分析,研究重庆市植被变化及空间分布情况;刘倩楠等<sup>[8]</sup>采用最大值合成(MVC)与最佳指数斜率提取(BISE)组合法和时间序列谐波分析法(HANTS)对重庆地区2006-2010年MODIS-NDVI时序数据进行降噪处理与数据重构,对重构结果进行对比与评价,并选其优者来评估重庆市的植被生长动态变化。基于风云系列卫星数据产品,借助植被指数数据对重庆地区展开的其他应用研究也多,包括王博为等<sup>[9]</sup>利用FY-3A/VIRRNDVI与陆表温度(LST)建立植被供水指数(VSWI)模型,实现该地区干旱指数监测。与MODIS数据进行干旱监测结果比较,与实测数据进行对比分析表明FY-3A/VIRR数据监测区域干旱情况的可靠性。

对于重庆市归一化植被指数、植被覆盖度的研究成果虽然有很多,但也存在一些问题。例如,基于国产风云系列植被数据产品的研究极少;相关研究的时间序列选取相对久远,针对近几年的研究相当少见;研究多注重长时间序列年际间的变化趋势,对于短时间序列的年内月变化规律研究相对较少。针对这些问题基于FY-3C/VIRR NDVI数据产品利用像元二分模型对2015年重庆市植被覆盖度进行了反演分析,并考虑植被因子和地形因子对植被覆盖度差异的影响,同时利用Aqua/MODIS NDVI数据产品反演得到的植被覆盖度做相关性分析,讨论国产NDVI数据产品反演植被覆盖度的可靠性。

## 1 研究区概况与理论基础

### 1.1 研究区概况

重庆位于115°17'E~110°11'E、28°10'N~32°13'N,地处四川盆地东部,其北部、东部及南部分别有大巴山、巫山、武陵山、大娄山环绕<sup>[10]</sup>。地貌以丘陵、山地为主,坡地面积较大,有“山城”之称。辖区东西长470 km,南北宽450 km,辖区总面积8.24万km<sup>2</sup>,下

辖38个行政区县自治县。

重庆气候温和,属亚热带季风性湿润气候,年平均气温在18℃左右,冬季最低气温平均为6℃~8℃,夏季炎热,7月每日最高气温均在35℃以上。极端气温最高43℃,最低-2℃,日照总时数1000~1200 h,冬暖夏热,无霜期长、雨量充沛、常年降雨量1000~1450 mm。

流经或流入重庆的主要河流有长江、嘉陵江、乌江、涪江、綦江、大宁河等。长江干流自西向东横贯全境,流程长达665 km,横穿巫山3个背斜,形成著名的瞿塘峡、巫峡、西陵峡(该峡位于湖北省境内),即举世闻名的长江三峡。长江、嘉陵江穿过重庆市的主城区。

重庆市内植被类型多样,植被自然分区特征表现为常绿阔叶林、次生针叶林、暖性针叶林、竹林和常绿阔叶灌丛等类型,其中以亚热带常绿阔叶林表现特征最为明显。

### 1.2 数据源预处理与研究方法

采用的研究数据FY-3C/VIRR L3 NDVI数据来自于中国气象局国家卫星气象中心网站。其时间分辨率为10 d,空间分辨率为1 km,数据以HDF5格式下载保存。用于对比检验的数据产品来自于NASA官方网站下载保存的HDF格式的Aqua/MODIS MYD13A3 NDVI数据产品,时间分辨率为16 d,空间分辨率为1 km。图像预处理使用气象及环保行业广泛使用的ENVI软件及IDL编程语言对HDF5及HDF文件进行拼接、投影、研究区提取等处理。再利用ArcGIS软件对数据进行区域分析及所有数据进行可比性处理,包括卫星产品数据空间分辨率统一为1000 m,时间分辨率利用最大值合成法合成月均数据等。并利用ArcGIS软件中统计分析工具对每期月均值数据进行最大值、最小值及平均值统计。

植被覆盖度是指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区面积的百分比。估算植被覆盖度可以采用植被指数法利用像元二分模型反演得到<sup>[11]</sup>。NDVI作为基础植被指数能够很好地估算植被覆盖度。二者的转换关系为

$$NDVI = f_c \times NDVI_{veg} + (1 - f_c) \times NDVI_{soil}$$

其中: $NDVI_{veg}$ 表示纯植被像元NDVI值,为每期月均值数据的最大值; $NDVI_{soil}$ 表示无植被像元NDVI值,为每期月均值数据的最小值;权重系数 $f_c$ 表示像元的植被覆盖程度,所以对公式进行整理可得

$$f_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

2 异源植被指数对比分析

2.1 异源 NDVI 时空对比分析

NDVI 是遥感影像中,近红外波段的反射值与红光波段的反射值之差比上两者之和,是遥感领域中用来表征地表植被覆盖、生长情况的一个简单有效的度量参数<sup>[12]</sup>。图 1 为重庆区域 2015 年 8 月归一化植被指数分级图,其中图 1(a)为 FY-3C/VIRR NDVI 数据产品图,图 1(b)为 Aqua/MODIS NDVI 数据产品图。从图 1 可以看出, FY-3C 数据值域为 0 ~ 0.75, Aqua/MODIS数据值域区间为 0 ~ 1。且城镇、水系、裸

土等分布规律较为接近,高低值空间分布上分布也十分相似。但两种传感器对比明显可以看出,MODIS 值域更广,更接近重庆地区真实植被情况,水系及主城区人口聚集区更明显。FY-3C数据整体值域偏低,相比 MODIS数据平均偏低0.2左右,在植被分布情况细节上不够突出。

空间上高值分布集中于北部山区。城口县、巫溪县、巫山县、奉节县、开州区以及云阳县植被指数均值均在0.7以上。同时中部高值区域沿长江流域两侧分布,东南部山区也呈现相对高值。低值主要分布在重庆市主要人口聚居区以及长江水系,分布较为分散。且 MODIS 数据相比 FY-3C 数据在水体部分表现的更加突出。

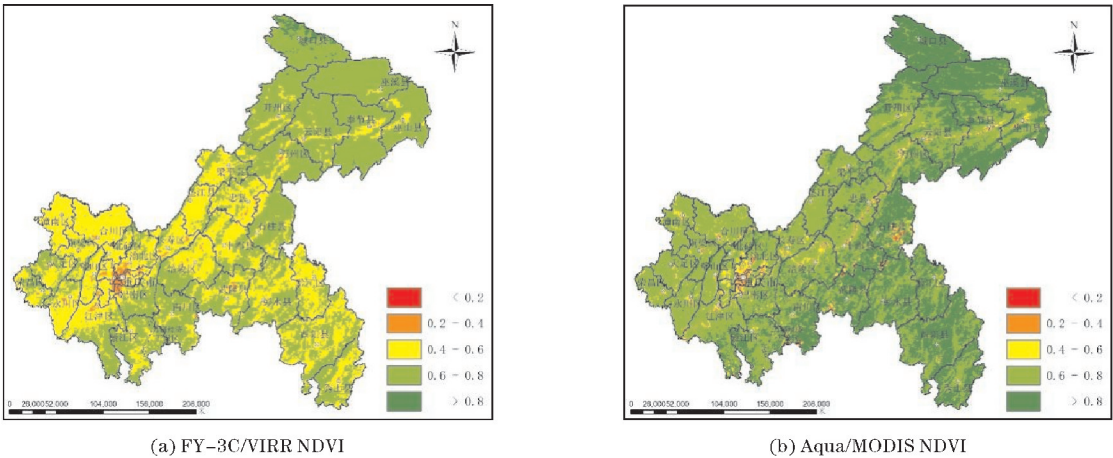


图 1 2015 年 8 月归一化植被指数分级图

之季节变化及作物成熟,开始缓慢下降。FY-3C 植被指数 2015 年年内月平均值极差为0.38,同时 MODIS 植被指数年内月均值极差为0.32。两种传感器得到的植被指数最大浮动基本保持一致。

2.2 异源植被指数差异分析

采用的研究数据为 FY-3C/VIRR NDVI 产品数据与 Aqua/MODIS NDVI 产品数据进行对比实验。由于产品数据在生产过程中观测几何设计、辐射定标方法、光谱响应函数的设计、大气状况、各国卫星遥感数据产品的生产标准等一系列影响条件的不同,使不同传感器的数据产品存在一定的差异<sup>[13]</sup>。图 3 为 2015 年 1-12月 FY-3C 植被指数产品与 MODIS 植被指数产品对比分析结果图。表 1 为 2015 年重庆地区 FY-3C/VIRR 与 Aqua/MODIS 月平均植被指数相关性统计表。

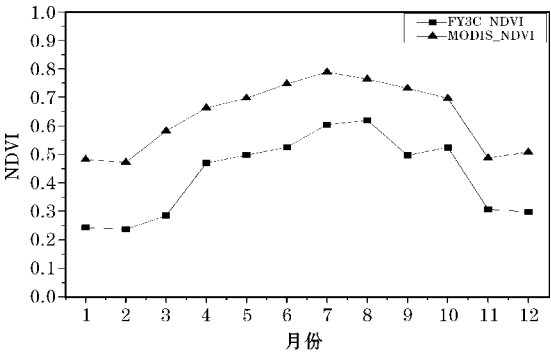


图 2 2015 年月平均归一化植被指数折线图

图 2 为 2015 年月平均归一化植被指数折线图,根据折线图可以看出,植被指数月均值随时间变化情况基本与植被长势相符合,其中 FY-3C 植被指数 1-8 月植被指数持续增长,并在 8 月达到全年最高,FY-3C 数据为0.62。MODIS 月平均植被指数变化趋势与 FY-3C 数据基本相同,在 7 月达到全年最高为0.79。之后随



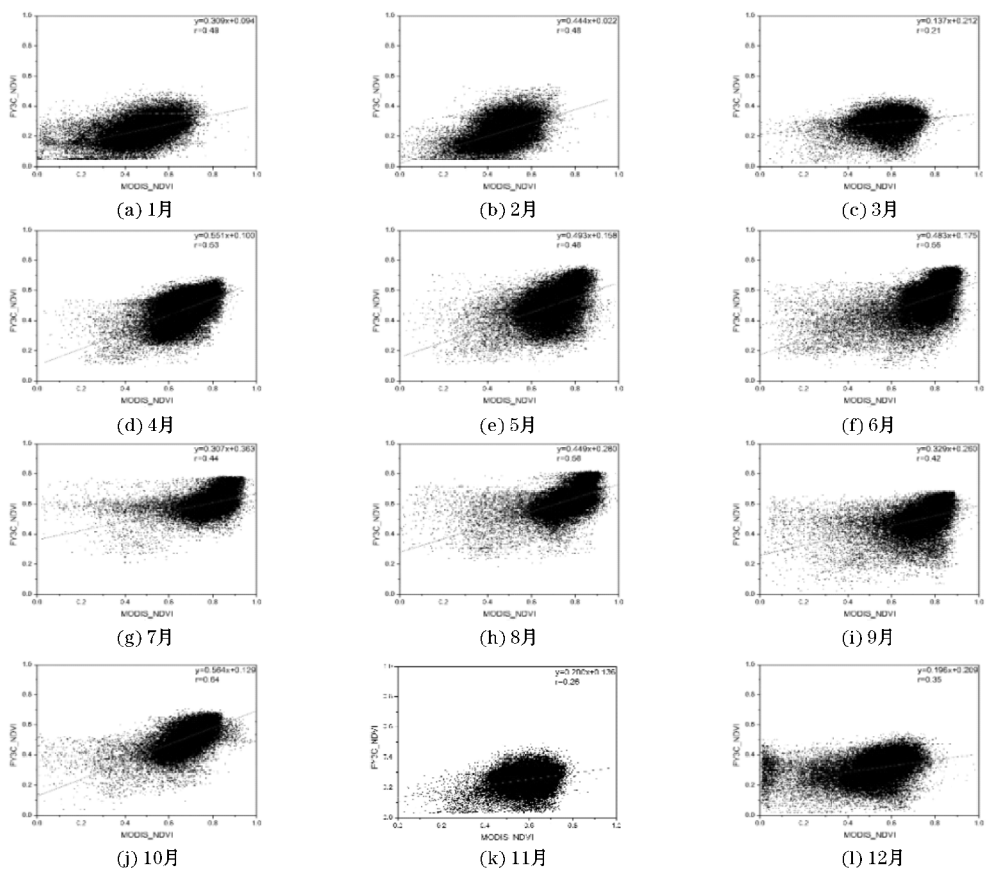


图3 2015年1-12月FY-3C/VIRR植被指数与Aqua/MODIS植被指数对比分析结果图

表1 FY-3C/VIRR植被指数与Aqua/MODIS植被指数相关系数统计表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
相关系数/R	0.49	0.48	0.21	0.53	0.46	0.55	0.44	0.56	0.42	0.64	0.26	0.35

从图3及表1可以看出,Aqua/MODIS数据比FY-3C/VIRR数据整体偏高。两种数据对比的相关系数除个别月较低外均在0.50左右。其中4月、6月、8月和10月两种数据产品对比结果较好,相关系数分别为0.53、0.55、0.56和0.64。而3月、11月和12月较差为0.21、0.26和0.35。由于使用的实验数据均为产品数据,所以差异主要来自于传感器自身误差<sup>[9]</sup>。可见光红外波段与近红外波段对绿色植物分别具有强吸收的特性、高反射及高透射的特性,归一化植被指数所采用的波段就是这两个,其中可见光红外波段的波长为0.6~0.7 μm,近红外波段的波长为0.7~1.1 μm。对比生产Aqua/MODIS与FY-3C/VIRR植被指数产品数据的一级数据的波段设置,EOS/MODIS与FY-3/VIRR对应波段的比较如表2所示。可以看出MODIS传感器可见光红外波段(Band1)和近红外波段(Band2)均小于VIRR传感器,大气水汽成分是近红外波段衰减的主要原因,波长小有助于传感器接收反射波时规避水汽影响,所以MODIS数据受大气条件影响小于VIRR传感器,对于光谱变化的

表2 EOS/MODIS与FY-3/VIRR对应波段的比较

EOS/MODIS		FY-3/VIRR	
波段	波长/μm	波段	波长/μm
Band1	0.620~0.670	Band1	0.580~0.680
Band2	0.841~0.876	Band2	0.840~0.890

敏感性要好于VIRR传感器。

同时重庆市气候条件为亚热带季风性湿润气候,每年4-10月降水相对均匀、日照充足适宜植被生长,大气环境较为均匀,所以4-10月两种数据相关性相对良好。11月后至次年3月重庆进入梅雨期降水增加、气温降低使植被生长受限,同时大气中水汽成分增加对不同传感器接收地表反射造成不同程度的影响,使得两种数据在此时间序列上相关性相对较低。

2.3 不同地表覆盖类型下的异源NDVI对比分析

重庆以山城著称,海拔起伏较大,植被的垂直性分布比较明显,导致不同地表覆盖类型的植被指数有一

定差异。因此,为了分析不同地表覆盖类型的植被指数分布情况,基于 DEM 数据和 MODIS 土地覆盖类型

产品数据统计出重庆地区不同背景区主要地表覆盖类型及其所占比重见表 3。

表 3 不同背景区主要地表覆盖类型及其所占比重

%

地形	重庆地区	混交林	作物	作物及自然植被镶嵌	其他
低海拔平原台地	0.66	0.00	0.56	0.09	0.01
低海拔丘陵	8.68	0.05	5.55	2.89	0.18
低海拔小起伏山地	21.44	2.01	8.10	7.78	3.55
中海拔小起伏山地	0.38	0.33	0.00	0.02	0.02
低海拔中起伏山地	35.36	11.53	6.29	7.87	9.66
中海拔中起伏山地	9.15	7.70	0.19	0.59	0.67
低海拔大起伏山地	10.38	5.19	0.87	1.11	3.21
中海拔大起伏山地	13.94	12.20	0.14	0.75	0.86
重庆地区	100.00	39.02	21.70	21.11	18.16

重庆地区地形地貌主要为低海拔小起伏山地、低海拔中起伏山地和中海拔中起伏山地,分别所占比重为21.44%、35.36%和9.15%;地表覆盖类型主要为混交林类、作物类和作物及自然植被镶嵌类,3类占到重庆地表覆盖类型的81.84%。结合二者可知,混交林在低海拔和中海拔地区都有存在;作物类和作物及自然植被镶嵌类主要分布在低海拔小起伏山地和低海拔中起伏山地。因此,联系二者之间的关系,将重庆地区的背景区划分为低海拔混交林、中海拔混交林、低海拔小起伏山地作物和低海拔中起伏山地作物4类进行分析。为了直观了解重庆市4类主要地表覆盖类型的空间分布情况,图4为重庆市主要地表覆盖类型分布图。

为了更加具体的测试 FY-3C/VIRR 植被指数数据在小范围单一作物覆盖条件下数据的可靠性,对 FY-3C 和 MODIS 数据进行了低海拔混交林、低海拔小起

伏山地作物、低海拔中起伏山地作物、中海拔混交林,重庆市4种主要地表覆盖类型的区域数据提取和相关性分析,表4为主要地表覆盖类型 FY-3C/VIRR 与 Aqua/MODIS NDVI 月均值相关系数统计表。

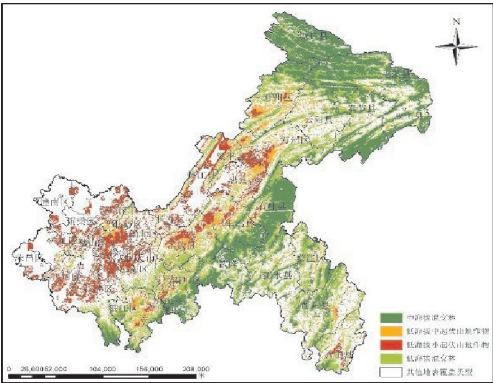


图 4 重庆市主要地表覆盖类型分布图

表 4 主要地表覆盖类型 FY-3C/VIRR 与 Aqua/MODIS NDVI 月均值相关系数统计表

月份	FY-3C/VIRR NDVI 与 Aqua/MODIS 相关系数			
	低海拔混交林	低海拔小起伏山地作物	低海拔中起伏山地作物	中海拔混交林
1	0.21	0.40	0.12	0.22
2	0.32	0.38	0.31	0.36
3	0.08	0.32	0.17	0.01
4	0.31	0.17	0.13	0.27
5	0.22	0.29	0.10	0.40
6	0.27	0.50	0.25	0.50
7	0.16	0.37	0.14	0.18
8	0.23	0.50	0.31	0.25
9	0.16	0.45	0.34	0.25
10	0.40	0.40	0.37	0.23
11	0.03	0.02	0.04	0.21
12	0.34	0.27	0.25	0.32

结合表 1、表 4 可以看出,在重庆市 4 种主要植被所覆盖的区域 FY-3C/VIRR 植被指数与 Aqua/MODIS 植被指数数据的相关系数比整个重庆地区 2 种数据的相关系数有所降低,表明单一作物覆盖条件下两种数据存在一定差异,但在不同地表覆盖条件下 2 种植被指数数据相关性年内变化与重庆市 2 种植被指数相关性变化规律相似。FY-3C/VIRR 植被指数数据在大范围植被监测能力上与 Aqua/MODIS 植被指数数据具有较好的一致性。

2 种数据在空间分布及整体数值上具有良好的一致性,均能很好的反应研究区的植被情况。肖洋等<sup>[14]</sup>利用 MODIS 数据对重庆区域植被进行了动态变化研究,结果显示 Aqua/MODIS 植被指数数据能够准确的反演重庆各项植被生态指数,所以 FY-3C/VIRR 植被指数数据与 Aqua/MODIS 植被指数数据良好的相关性与空间分布的一致性,为基于 FY-3C/VIRR 植被指数

数据反演植被覆盖度的可靠性提供了依据。

### 3 植被覆盖度时空分析

植被覆盖度是重要的生态气候参数,是植物群落覆盖地表状况的综合量化指标,同时也是影响土壤侵蚀和水土流失的重要因子,对研究区域生态环境具有重要意义<sup>[15-18]</sup>。图 5 为分别基于 FY-3C 与 MODIS 植被指数数据产品利用图像二分模型反演得到的重庆区域地表植被覆盖度分级图(以 2015 年 10 月为例)。由图 5 可以看出,重庆市整体植被覆盖程度较为均匀,且 FY-3C 数据与 MODIS 数据反演结果具有较高的一致性。但 MODIS 数据反演结果比 FY-3C 数据反演结果在主城区更加精确,水系特征更为突出,与重庆实际情况更为符合。

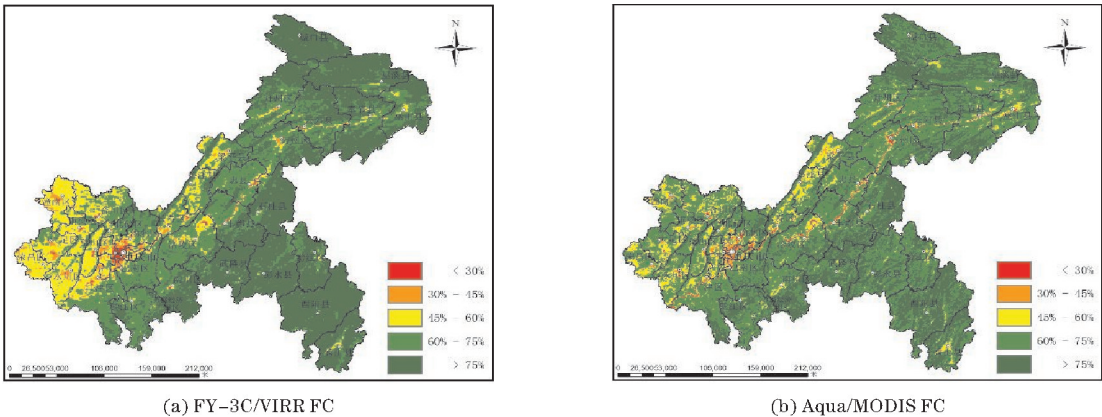


图 5 2015 年 10 月植被覆盖度分级图

从空间上可以看出,2 种传感器的反演结果在重庆区域整体植被覆盖度表现出明显的空间分布差异。河流水系、主要城市建设区域、人口聚居区域植被覆盖度呈现低值。高值区主要集中在东北方向山区及中南部地区山区,且高值走势与山区走势基本吻合。同时 MODIS 数据反演结果山体走势更加明显,植被覆盖信息更加详细。

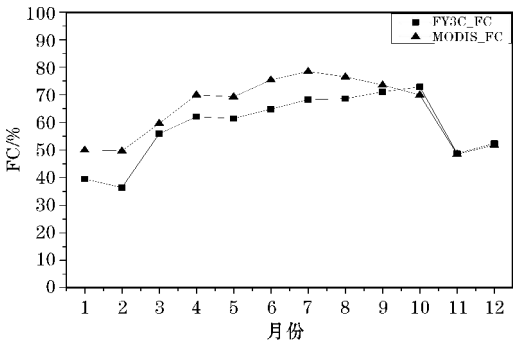


图 6 2015 年月平均植被覆盖度折线图

图 6 为 2015 年月平均植被覆盖度折线图。从时间序列上可以看出,FY-3C 数据与 MODIS 数据值域与走势相似,但 MODIS 数据更接近重庆真实植被覆盖变化情况。其中 FY-3C 数据在 1-10 月整体呈现上升趋势,在 2 月有明显波动,在 2 月降至 2015 年全年最低值为 36.39%,在 10 月全年植被覆盖度月均值达到最高值为 72.89%,之后开始出现显著下降,全年极差为 36.50 个百分点。MODIS 数据 1-7 月持续上升,在 7 月全年植被覆盖度月均值达到最大值为 78.48%。之后开始下降并在 11 月与 FY-3C 数据达到相同水平,全年极差为 29.99 个百分点。为了更加具体地比较两种数据的反演结果,表 5 为 FY-3C 与 MODIS 植被覆盖度月均值分级占比统计表。将 2 种数据的植被覆盖度反演结果小于 30% 定义为植被覆盖度低值区、30% ~ 45% 定义为植被覆盖度偏低值区、45% ~ 60% 定义为植被覆盖度中值区、60% ~ 75% 定义为植被覆盖度偏高值区、大于 75% 定义为植被覆盖度高值区,并对不同等级植被覆盖度进行了面积统计。

表 5 2015 年 FY-3C 与 MODIS 植被覆盖度月均年均值分级占比统计表 %

月份	FY-3C/VIRR 植被覆盖度					Aqua/MODIS 植被覆盖度				
	低值区	偏低值区	中值区	偏高值区	高值区	低值区	偏低值区	中值区	偏高值区	高值区
1	24.58	40.13	28.22	6.35	0.72	5.92	21.18	54.87	17.54	0.49
2	38.44	28.53	26.88	5.49	0.66	3.42	23.27	61.02	12.00	0.29
3	4.74	12.79	40.54	37.86	4.06	0.72	3.87	44.05	49.82	1.54
4	2.50	13.97	23.26	39.22	21.06	0.38	1.58	11.96	53.78	32.30
5	1.82	10.98	34.94	33.96	18.29	0.63	2.09	11.02	57.28	28.91
6	2.63	8.48	23.31	39.06	26.53	1.96	2.63	4.80	24.33	66.29
7	0.44	1.18	15.45	62.60	20.33	0.45	1.02	2.33	19.20	77.00
8	0.83	2.03	17.30	53.65	26.19	0.64	1.49	2.92	29.24	65.72
9	1.07	3.50	10.56	44.78	40.09	1.36	2.06	5.27	36.34	54.97
10	0.56	1.91	14.06	34.64	48.83	0.72	1.46	8.93	56.98	31.90
11	27.39	16.50	16.66	23.74	15.72	21.89	10.00	30.47	34.02	3.63
12	11.05	19.60	31.58	31.18	6.58	9.95	12.84	44.23	31.61	1.38
年均	9.67	13.31	23.58	34.37	19.08	4.00	6.96	23.49	35.18	30.37

从表 5 中可以看出,2015 年 1-3 月重庆市植被覆盖度主要以中值区及以下为主,4-10 月以植被覆盖度偏高值区和植被覆盖度高值区占比最多,11 月和 12 月则各等级植被覆盖占比相对均匀。重庆市 2015 年年均植被覆盖度中值以上植被覆盖面积占总面积比例,FY-3C/VIRR 为 53.45%,Aqua/MODIS 为 65.55%。叶勤玉等<sup>[12]</sup>利用 2000-2014 年 MODIS NDVI 产品,基于像元二分模型计算重庆 15 年来的植被覆盖度,结果表明重庆市植被状况良好,2000-2014 年,15 年间平均值植被覆盖度为 65.24%。所研究的 2015 年植被覆盖度变化情况与叶勤玉等分析 2000-2014 年重庆 15 年年平均植被覆盖度时空变化结果基本吻合。

4 结论

根据 2015 年重庆市行政区划内植被生长及覆盖实际情况出发,以遥感原理为基础方法,基于 FY-3C/VIRR 植被指数数据产品和 Aqua/MODIS 植被指数数据产品为数据源,利用 Aqua/MODIS 植被指数产品对 FY-3C/VIRR 植被指数产品做相关性检验,使用像元二分模型获取重庆市行政区划范围内植被覆盖度信息,经过研究分析得到以下结论:

(1)FY-3C/VIRR 植被指数数据与 Aqua/MODIS 植被指数数据在空间分布上具有良好的一致性。高值区集中分布在山区,低值区集中在人口聚居的主城区

和长江流域。但 Aqua/MODIS 植被指数数据空间分布信息更加丰富,植被沿山体走势分布呈明显条带分布,水系低值区也更加突出。在时间序列上,2015 年1-12 月 FY-3C/VIRR 植被指数数据与 Aqua/MODIS 植被指数数据月均值变化规律一致,与重庆市实际植被生长规律相同。

(2)FY-3C/VIRR 植被指数产品数据相比 Aqua/MODIS 植被指数产品数据数值区间偏小,Aqua/MODIS 植被指数数据月平均数据平均比 FY-3C/VIRR 植被指数数据大 0.2 左右,由于使用数据为 2 种卫星官方网站发布的产品数据,所以传感器的性能差异为主要原因,FY-3C/VIRR 传感器在可见光红外波段与近红外波段波长设置均大于 Aqua/MODIS 传感器,使得 FY-3C/VIRR 传感器更易受到大气环境、气候条件和复杂的植被作物分布等条件影响。

(3)在多种地物覆盖的大范围研究区植被监测能力上 FY-3C/VIRR 植被指数数据具有与 Aqua/MODIS 植被指数数据相近的监测能力。2015 年月均植被指数数据整体相关性检验均表现为线性相关,12 个月相关性平均值在0.43左右。2 种数据在整体上具有较好的一致性,但也存在一定的差异性,主要表现在两种数据在单一作物覆盖条件下研究区的数据相关性较差。

(4)从 2015 年重庆市植被覆盖度月平均值空间分布可以看出,重庆市植被覆盖度空间分布差异及分布规律特征明显,渝北地区为重庆市主城区及人口相



对集中地地区,植被覆盖度呈现低值,高值区域主要集中在东北方向山区和东南部局部山区,中部高值区分布在长江流域两岸。且植被覆盖度高值区分布与山区和水系走势一致,呈现条纹式分布。

(5)2015 年重庆市植被覆盖度月平均值时间序列上可以看出,FY-3C/VIRR 数据 1-10 月呈现波动上升,10-12 月显著下降。变化趋势与 Aqua/MODIS 数据基本保持一致。基于 FY-3C/VIRR 植被指数数据估算的植被覆盖度月均值最低值出现在 2 月为 38.32%,最大值出现在 10 月为 72.88%。2015 年年均植被覆盖度 FY-3C/VIRR 为 53.45%,Aqua/MODIS 为 65.55%。

(6)以重庆实际情况来看,利用 FY-3C/VIRR 植被指数数据产品对重庆区域进行各项生态指数进行估算是可行的,且方法简便。但由于重庆地区复杂的下垫面分布情况、土壤类型、多变的天气状况、大气条件的复杂性、传感器自身误差以及估算模型的选取等条件对重庆地区植被各项指数的估算及分析的影响有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 权文婷,周辉,李红梅,等.基于 TM 影像的重庆市北碚区地表植被覆盖变化[J].西南大学学报(自然科学版),2009,31(4):100-104.
- [2] 徐娜,吴荣华,胡秀清,等.FY-3C/MERSI 反射波段在轨宽动态综合辐射定标方法[J].光学学报,2015,35(12):1228001-1-1228001-9.
- [3] 李建国,濮励杰,刘金萍,等.2001 年至 2010 年三峡库区重庆段植被活动时空特征及其影响因素[J].资源科学,2012,34(8):1500-1507.
- [4] 朱林富,杨华.基于 MODIS 数据的重庆 NDVI 时空分异研究[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2015,32(2):38-44.
- [5] 马驰,卢玉东.重庆南部 TM 图像植被指数与植被覆盖度信息的关系研究[J].水土保持研究,2008,15(6):136-138.
- [6] 兰明娟,魏虹,熊春妮.武汉地区 1988-2002 年植被覆盖度变化动态分析[J].遥感技术与应用,2008,23(5):511-516.
- [7] 李惠敏,刘洪斌,武伟.近 10 年重庆市归一化植被指数变化分析[J].地理科学,2010,30(1):119-123.
- [8] 刘倩楠,岳彩荣,欧阳志云,等.基于 MODIS-NDVI 时序数据的重庆市植被变化研究[J].测绘与空间地理信息,2012,35(3):99-102.
- [9] 王博为,王永前,杨世琦.基于 FY-3A/VIRR 卫星数据的干旱监测研究[J].成都信息工程大学学报,2016,31(6):637-644.
- [10] 倪波顺,高阳华,李月臣,等.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.
- [11] Pech R P, Greatz R D, Davis A W. Reflectance modelling and the derivation of vegetation indices for an Australian semi-arid shrubland[J]. International Journal of remote sensing, 1986, 7(3): 389-403.
- [12] 叶勤玉,高阳华,杨世琦,等.基于 MODIS 数据的重庆市植被覆盖度时空变化分析[J].高原山地气象研究,2016,36(2):53-58.
- [13] Shabanov N, Zhou L, Knyazikhin Y, et al. Analysis of inter-annual changes in northern vegetation activity observed in AVHRR data from 1981 to 1994[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(1): 115-130.
- [14] 肖洋,熊勤犁,欧阳志云,等.基于 MODIS 数据的重庆市植被覆盖度动态变化研究[J].西南大学学报,2013,35(7):121-126.
- [15] 方精云,朴世龙,贺金生,等.近 20 年来中国植被活动在增强[J].中国科学(C 辑),2003,33(6):554-565.
- [16] Gitelson A A, Kaufman Y J, Stark R, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[J]. Remote sensing of Environment, 2002, 80(1): 76-87.
- [17] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, et al. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991[J]. Nature, 1997, 386: 698-702.
- [18] Lindquist E J, Hansen M C, Roy D P, et al. The suitability of decadal image data set for mapping tropical forest cover change in the democratic republic of congo implications for the global land survey[J]. International journal of remote sensing, 2008, 29(23-24): 7269-7275.



## Spatial and Temporal Variations of Fractional Vegetation Coverage in Chongqing based on FY-3C/VIRR Data

DU Baolong<sup>1</sup>, YANG Shiqi<sup>2</sup>, WANG Yongqian<sup>1,2</sup>, GAO Yanghua<sup>2</sup>, ZHANG Qiang<sup>3</sup>

(1. College of Environmental and Resource Science, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Chongqing Institute of Meteorological Sciences, Chongqing 401147, China; 3. Chongqing Meteorological Administration, Chongqing 401147, China)

**Abstract:** With the rapid development of domestic FY-Serial meteorological satellites, the variety of FY Satellite data has been continuously enlarged. In China, the majority of fractional vegetation monitoring researches put emphasis on using foreign data instead of domestic data. With the help of domestic FY-3C/VIRR vegetation index product data, this article explores the reliability of annual change laws within the Fractional Vegetation Coverage area. Taking Fractional Vegetation Coverage (FC) as monitoring index, this article makes comparisons with Aqua/MODIS vegetation index product data, and conducts a back analysis on the Fractional Vegetation Coverage of Chongqing in the 2015 with the Dimidiate Pixel Model (DPM). Result shows that the data of NDVI based on FY-3C/VIRR are in favorable consistency with the data of Aqua/MODIS in space and time. In terms of space, areas of high index were concentrated in mountainous areas while areas of low index in the main populous urban areas and Yangtze river basins. In terms of time, the data increased continuously from January to August, while a fluctuant decline occurred from August to December, which was consistent with the actual law of vegetation growth in Chongqing. Based on the extraction analysis of four major surface coverage types in Chongqing (low-elevation mixed forest, low-elevation low-relief mountainous crops, low-elevation intermediate-relief mountainous crops, intermediate-elevation mixed forest), the result of this study shows that the FY-3C/VIRR NDVI data has the similar monitoring ability with Aqua/MODIS NDVI data in the extensive research area covered with various vegetation. There are obvious allocation differences and evident distribution features of FC in Chongqing. In Chongqing, the main urban area and the main water system, the FC is low. Areas of high FC are mainly located at the northeast mountainous area and part of the southeast mountainous area. The distribution trend of high FC area was consistent with the trend of mountainous area and water system, showing a fringe distribution trend. In terms of time series, the FC based on FY-3C/VIRR increased with fluctuation from January to October. However, there was a significant decrease from October to December. The minimum coverage was 38.32% in February while the maximum was 72.88% in October. In 2015, the average annual FC was 53.45% while Aqua/MODIS was 65.55%.

**Keywords:** FY-3C/VIRR data; vegetation index; fractional vegetation coverage; Chongqing; dimidiate pixel model