

# 基于 MODIS 的广东省植被指数 序列构建与应用

何全军 曹 静 张月维

(广州气象卫星地面站, 510640)

**提 要:** 植被指数是衡量植被长势的重要指标, 植被指数序列有助于准确地认知植被覆盖、土地利用和土壤水分的时空变化规律, 以及进行干旱和植被生长监测。利用 2004—2006 年的 MODIS 数据, 选择 RVI、NDVI 和 EVI 三种植被指数, 采用最大值合成法进行广东省植被指数序列构建。按照不同植被覆盖对三种植被指数的年际变化规律进行分析, 并通过 NDVI 进行植被覆盖度计算以及植被覆盖等级分类来分析植被的空间分布。结果表明, 建立的植被指数序列能真实地反映植被生长规律, 植被覆盖度和广东地区的植被实际分布状况一致。说明建立植被指数序列是动态监测广东省植被长势的及植被环境的变化有效方法。

**关键词:** MODIS 植被指数 时间序列

## Establishment and Application of Vegetation Index Sequences in Guangdong Based on MODIS Data

He Quanjun Cao Jing Zhang Yuewei

(Guangzhou Meteorological Satellite Ground Station, 510640)

**Abstract:** Vegetation index (VI) is an important criterion to evaluate vegetation condition. VI time series can be used to judge the spatial-temporal change rules of the vegetation coverage, land use and soil moisture, also they can be used to monitor drought and vegetation condition. Three kinds of vegetation indices, i. e., ratio vegetation index (RVI), normalized difference vegetation index (NDVI) and enhanced vegetation index (EVI), were selected to establish the time series for Guangdong province using maximum value composites (MVC) based on MODIS data in 2004—2006. The rules of vegetation growth were analyzed in different vegetation cover type for the three vegetation indices. The vegetation coverage was computed by NDVI and classified to ana-

lyze the spatial distribution of vegetation in Guangdong. The results showed that the VI time series could reflect the rules of vegetation growth and change exactly. The vegetation coverage was consistent with the real spatial distribution of vegetation. All these showed that building VI time series were an effective method to monitor the vegetation growth and vegetation environment change dynamically for Guangdong province.

**Key Words:** MODIS vegetation index time series

## 引 言

植被指数是根据遥感的反射波段的特性计算出来的反映地表植被生长情况、覆盖情况、生物量情况和植被种类情况的间接指标<sup>[1]</sup>。卫星遥感的反射光谱是植被、土壤、大气、地带性、水分含量等多种因素影响而成的综合反映,所以植被指数变化在一定程度上可以反映区域内降水和温度的变化。建立植被指数时间序列有助于准确而有效地认知植被覆盖、土地变化和土壤水分的时空变化规律,有助于掌握一定区域内的降水和温度变化<sup>[2]</sup>。国际上广泛使用的植被指数序列主要有 AVHRR-NDVI、MODIS-NDVI 以及 SPOT-VEGETATION NDVI,这些植被指数产品已被科研人员大量使用并取得了显著成果<sup>[3-5]</sup>。

广东省位处华南,属于亚热带气候,常年植被覆盖较为丰富,近年来在全球气候变暖的大背景下气候发生了明显变化,主要表现为高温日数增加,暖冬突出,降水变率加大,冬春干旱加重,研究多年的植被指数变化不但可进行作物长势监测和作物产量监测<sup>[6]</sup>,还对深入研究广东地区气候和生态环境变化具有一定意义。鉴于 MODIS 具有 15 年监测全球气候资源变化的能力,并能获取最高 250m 分辨率的大范围植被指数产品,而且国内已有部分省份开展省级 MODIS 植被指数序列构建和研究工作<sup>[7]</sup>,并取得一定应用成果。我们具有自主实时接收 MODIS 数据的优势,积累了一定历史数据。建立广东地

区 MODIS 植被指数时间序列进行植被实时动态监测非常必要。

## 1 数据来源及处理

本研究数据由广州气象卫星地面站实时接收,数据存贮格式为 HDF (Hierarchical Data Format)。通过国家卫星气象中心的 MODIS 处理系统预处理(投影、定标、太阳高度角订正等)后生成广东省范围的数据。然后利用我们自行开发的软件进行云和水体检测,以及各种植被指数的计算和最大值合成。

云监测是植被指数计算前不可缺少的过程。对 MODIS 的 250m 和 500m 分辨率数据,通过红光和近红外双通道组合来进行云识别,当像素分别满足条件  $Ch1 > 30\%$ ,  $Ch1 + Ch2 > 60\%$ ,  $Ch2 - Ch1 < 0$  即认为是云,此处  $Ch1$  和  $Ch2$  分别表示红光和近红外波段反射率。为了最大程度的降低云干扰,必须在计算单日植被指数时就进行云的检测处理。

## 2 植被指数选择

科研人员已经发展了将近 40 多种植被指数<sup>[8]</sup>,这些植被指数各有优缺点。MODIS 数据相对于以往的数据,其红光和近红外波段的探测范围设置更窄,这样就增强了对植被的敏感度,提高了对稀疏植被探测的能力,同时还可以减少水汽的影响。广东省属于亚热带气候,植被覆盖丰富,并且四季常绿,然

而近年来随着经济发展,植被环境受破坏现象也较为严重,导致地表裸露区域增多。因此在选择植被指数时既要考虑高覆盖植被的敏感性,又要兼顾对低植被覆盖的适应性,同时还要考虑植被指数序列构建的通用性和计算简便,基于以上原因决定选用 RVI、NDVI 和 EVI 进行植被指数序列构建。

### 2.1 比值植被指数 RVI

RVI 与叶面积指数、叶干生物量以及叶绿素含量相关性高,被广泛用于估算和检测绿色植物生物量,它比较适合高植被覆盖地区,植被覆盖度小于 50% 时分辨能力显著下降。另外对大气状况敏感,可通过大气校正或多天合成处理来降低大气影响。

### 2.2 归一化植被指数 NDVI

NDVI 可以消除大部分仪器定标、太阳高度角、地形、云及大气条件的干扰,增强了对植被的响应力,是目前应用最广泛的植被指数。然而许多研究表明<sup>[8]</sup>,NDVI 也受定标和仪器特性、云和云影、大气、土壤及叶冠背景影响,同时具有对高覆盖度不敏感的缺点,饱和度低,适用于植被较稀疏条件。

### 2.3 增强型植被指数 EVI

基于土壤和大气的影晌是相互作用的,Liu 和 Huete<sup>[9]</sup> 在土壤和大气植被指数 SARVI<sup>[10]</sup> 基础上引入了一个反馈项来同时对二者进行订正,这就是增强型植被指数 EVI。EVI 利用蓝光对大气气溶胶进行修正,大大降低了大气对植被指数的影响,但是它的数据质量要求较高,会发生数值异常现象。

## 3 植被指数序列的建立方法

MODIS 植被指数合成方法有双向反射

分布函数法(BRDF)、有限视角内的最大值合成法(CV-MVC)以及最大值合成法(MVC)。由于 MVC 法简单易用,倾向于选择最“晴空”(最小光学路径)、最接近于星下点和最小太阳天顶角的像元,在有晴空像元存在的条件下,排除了最受云和大气影响的像元,是国际上通用的合成方法,本文也采用此方法进行植被指数合成。以 NDVI 为例的多天合成计算公式如下:

$$MNDVI = \sum_{i=1}^n \text{Max}(NDVI_i) \quad (1)$$

式中  $NDVI_i$  为第  $i$  天的植被指数, $i=1,2,\dots,n$  表示选取的 NDVI 合成时段的天数。对于 RVI 和 EVI 也采用类似公式(1)的形式来进行多天合成。

多年平均植被指数是将具有历史积累的 MODIS 数据按照旬、月及季度等不同时段进行求平均值。然后可利用当年同时段的植被指数与多年平均值的差异作为一个衡量标准,用于判断当年植被长势优劣及评价植被长势状况的空间分布情况。

为了进行植被分类和探测植被的覆盖变化,还可以通过多时相植被指数 MTVI 来比较不同时间段植被的生长情况。以 NDVI 为例,其定义为:

$$MTVI = NDVI_{t+1} - NDVI_t \quad (2)$$

表示两个不同日期的 NDVI 差值。对 RVI 和 EVI 也采用公式(2)的方式来进行处理。

## 4 植被指数序列的应用

按照月最大值合成处理得到了 2004—2006 年 3 年的 MODIS RVI、NDVI 和 EVI 序列,下面从植被长势监测和植被覆盖度计算方面进行分析。

### 4.1 植被长势和生长规律监测

按照无植被覆盖和有植被覆盖两种地表

类型对植被指数序列进行统计分析。有植被覆盖区在西樵山、白云山及新丰江水库附近的绿地选择样本并取平均值,无植被覆盖区在广州白云机场和大学城等裸露地表选择样本并取平均值。在取样之前将 EVI 按照最近邻域法插值为 250m 分辨率。图 1 为统计得到的月植被指数变化图,横轴表示时间,左纵轴代表 NDVI 和 EVI 值,右纵轴代表 RVI 值。由于 2004 年 1 月只有半个月的数据,在植被指数序列构建过程中未作处理。

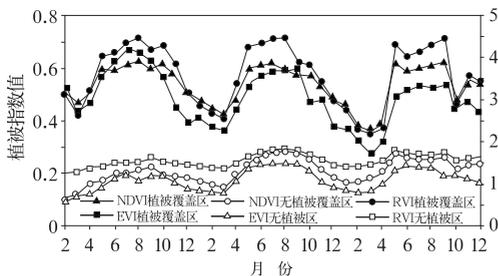


图 1 2004—2006 年不同地表类型中的 3 种植被指数的月变化曲线

通过月植被指数变化曲线以及植被指数序列图进行分析后可得出以下结论:

(1) 植被指数的年度季节性变化规律显著。从植被覆盖区的统计曲线可以看出,每年的 3 月份是植被生长低谷,4 月份开始回升,5 月份进入植被生长高峰,10 月份后开始减弱直到次年 3 月。在无植被区的植被指数变化较小,但也随着由植被覆盖区的变化有曲线的相应起伏现象,而且 2005 和 2006 年的无植被覆盖区植被指数好于 2004 年,原因在于机场和大学城建成之后绿化有所恢复。

(2) 年际间的植被长势差异显著。3 年的植被长势呈递减趋势,尤其在每年的下半年更明显,这跟广东地区逐年降水减少、干旱加剧有关。另外 2006 年植被指数变化振荡明显,通过分析广东省气候中心的气候监测资料,植被指数的变化和本年度降水变化密切相关,尤其在 10 月份植被指数急剧下降后

11 月份又增高的现象,也是因为从 9 月下旬一直到 10 月末广东地区降水异常偏少,直到 11 月降水又异常偏多所导致。同时 2006 年 10 月份珠三角地区长时间轻雾和霾天气也会对植被指数有影响。

(3) 3 种植被指数的变化趋势基本一致。RVI 和 NDVI 的相关性较高,同时 RVI 增强了对高密度植被的响应,植被覆盖度大时植被指数增长迅速,NDVI 则相对会压缩高植被覆盖区的植被指数。EVI 能增强低植被覆盖和高植被覆盖之间的对比,但是在研究区域远离星下点时有数值异常增大现象,这和前人的研究结果一致<sup>[4]</sup>。

(4) 以城镇为中心的低植被指数范围有周期性的扩张和缩小。以珠三角地区为例,每年 1 至 3 月以市区为中心的低植被指数范围迅速扩大,4 月份开始低植被指数范围开始收缩,逐渐聚集在市区,到了 10 月份低植被指数范围则又逐渐向外扩展。另外在较平坦地区的植被指数变化幅度远高于山地。

## 4.2 植被覆盖度计算

植被覆盖度是植被在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比<sup>[11]</sup>。它是衡量地表植被状况的重要指标,也是影响土壤侵蚀与水土流失的主要因子。遥感反演中常通过 NDVI 来进行植被覆盖度计算<sup>[12]</sup>,公式为:

$$f = (NDVI - NDVI_v) / (NDVI_v - NDVI_s) \quad (3)$$

其中  $NDVI_v$ 、 $NDVI_s$  分别为研究区域的纯植被和纯裸地的植被指数值,本研究中通过对植被覆盖地区和裸露地表的植被指数进行统计得到。

按照  $f$  值的高低可划分无植被覆盖、低植被覆盖、中植被覆盖、高植被覆盖以及全植被覆盖 5 个等级来制作植被覆盖等级图。图 2 为 2004 年 8 月的广东省植被覆盖等级图。

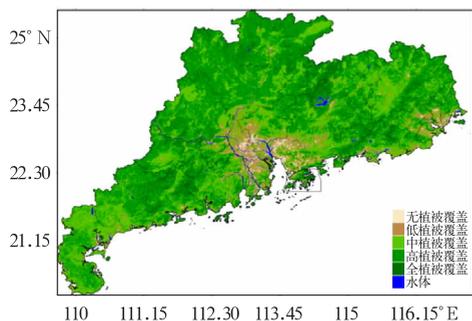


图2 2004年8月广东省植被覆盖等级图

植被覆盖及其变化是区域生态系统环境变化的重要指示,植被覆盖等级图是其最直观的表现手段之一。由图2可以发现:

(1) 广东地区整体呈中高以上植被覆盖。低植被覆盖区与中高植被覆盖区分布界线明显。低植被覆盖区域主要集中在城镇,山区地带都表现为高植被覆盖以上等级。

(2) 形成以珠三角城市群和潮汕地区为中心的两大显著低植被覆盖区域,而这两个地区也是广东省经济发展的重要地带。这说明区域城市化建设和经济发展和植被环境变化呈负相关,城市扩大、工业发展必然导致植被环境的破坏。

## 5 结论

针对2004—2006年的MODIS数据采用RVI、NDVI和EVI构建广东省植被指数序列,并进行了相关植被指数的应用分析,结果表明:

(1) 植被指数序列能真实地反映植被的年生长期规律及长势。RVI和NDVI的相关性高且结果稳定,是广东省植被指数序列构建的最佳选择。EVI具有数据异常现象,原因在于研究区域偏离星下点较远时,卫星传感器视角加大,数据畸变严重。

(2) 植被指数的变化与降水、雾和霾等天气现象密切相关。此外植被指数的空间分

布和变化与地表覆盖类型相关性高,与地形也有直接关系。

(3) 利用NDVI计算的植被覆盖度及植被覆盖等级分类,可以有效的监测城市发展过程中导致的植被环境变化。

本文研究结果符合广东省实际状况,表明建立植被指数序列是进行植被长势以及区域生态环境动态监测的有效方法。

## 参考文献

- [1] 孙红雨,王长耀,牛铮. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系——基于NOAA时间序列数据分析[J]. 遥感学报,1998,2(3):204-209.
- [2] 普布次仁. 归一化植被指数与降水量、土壤湿度的关系[J]. 气象,1995,21(12):8-12.
- [3] 马明国,董立新,王雪梅. 过去21a中国西北植被覆盖动态监测与模拟[J]. 冰川冻土,2003,25(2):232-236.
- [4] 张春桂. 用MODIS植被指数研究福州城区空间扩展变化[J]. 气象,2006,32(10):30-34.
- [5] 宋怡,马明国. 基于SPOT VEGETATION数据的中国西北植被覆盖变化分析[J]. 中国沙漠,2007,27(1):89-93.
- [6] 杨英莲,邱新法,殷青军. 基于MODIS增强型植被指数的青海省牧草产量估产研究[J]. 气象,2007,33(6):102-106.
- [7] 张树誉,李登科,李星敏,等. 省级MODIS植被指数序列的建立与应用[J]. 陕西气象,2006(3):25-28.
- [8] 郭妮. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象,2003,21(4):71-75.
- [9] Liu H. Q., Huete A. R.. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise[J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 1995, 33: 457-465.
- [10] Kaufman Y. J., Janre D.. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS[J]. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 1992, 30(2): 261-270.
- [11] 陈云浩,李晓华,史培军,等. 北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J]. 植物生态学报,2001,25(5):588-593.
- [12] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2003:391.