

# 新疆植被指数与气象因子关系分析

蒲云锦, 韩春光

(石河子气象局, 新疆 石河子 832000)

**摘要:**以新疆为研究区,分析2002—2008年MODIS植被指数(NDVI)及气象因子(温度、降水和日照)的时间序列特征、植被指数与气象因子响应范围分析,还有时间滞后分析等。结果表明:新疆植被指数和各气象因子7a来呈增长趋势,新疆MODIS植被指数与温度和降水量相关关系显著,并有时间滞后差,而与日照时数相关关系不大。气象因子与以气象站点为中心半径60 km范围的植被指数相关关系最大。新疆气象因子与植被指数响应强度为降水最强,温度次之,日照最弱。

**关键词:**MODIS;气象因子;NDVI;时间滞后差

**中图分类号:**TP79

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-0799(2010)05-0044-04

## Relationships of MODIS Vegetation Index and Meteorological Factors in Xinjiang

PU Yun-jin, HAN Chun-guang

(Shihezi meteorological bureau, Shihezi 832000, China)

**Abstract:** In this paper, time-series characteristics of MODIS vegetation index (NDVI) in Xinjiang during 2002—2008 and meteorological factors (temperature, precipitation and sunshine) were analyzed as well as the response of MODIS Vegetation Index to Meteorological factors and the time lag etc. The results showed that the vegetation index and meteorological factors is increasing in the past seven years in Xinjiang, MODIS vegetation index has a significant correlation with temperature and precipitation in Xinjiang, but has a time lag; meanwhile it has a weak correlation with sunshine. Temperature and precipitation is correlated largely with vegetation index around weather station in a radius of 60 km. Response of vegetation index is the most strong to precipitation in Xinjiang, second to temperature, the weakest to sunshine.

**Key words:** MODIS; meteorological factor; NDVI; time lag

植被与气候关系的研究是全球变化中最复杂和最具有活力的内容,是生态系统对全球变化响应研究的基础<sup>[1]</sup>。植被效应的研究正日益被重视。与植被指数的相关研究已成为当前植被及其变化的研究热

点,其动态变化反应了地球上的植被对全球变化的响应程度<sup>[2]</sup>。气候与植被之间的关系密不可分,主要表现在两个方面,植被对气候的适应性与植被对于气候的反馈作用<sup>[3]</sup>。气候是决定地球上植被类型和分布的最主要因素,而植被是气候最鲜明的反映和综合标志。植物生态学的观点认为,主要的植被类型表现着植物界对于主要气候类型的适应,每个气

收稿日期:2009-12-15

作者简介:蒲云锦(1977-),女,助理工程师,现从事气候变化与遥感工作。E-mail:y\_xs74092901@tom.com

候类型或分区都有一套相应的植被类型。另一方面,不同的植被类型通过影响植被与大气之间的物质(如水和 CO<sub>2</sub> 等)和能量(如太阳辐射,动量和热量等)交换来影响气候,改变的气候又通过大气与植被之间的物质和能量的交换作用对植被的生长产生影响,最终可能导致植被类型的变化。

## 1 新疆气候特征

新疆气候特征是干旱,表现为光热丰富,降水稀少。来自海洋的水分在长途输送过程中逐渐减少,到达新疆上空时又被高山阻挡,不但水分减少,也形成降水分布的地区差异。由于天山能阻挡冷空气南侵,天山成为气候分界线,北疆属中温带,南疆属暖温带。降水分布规律是:北疆多于南疆,西部多于东部,山地多于平原。本文对南疆和北疆资料进行分别统计和分析。

## 2 资料和方法

### 2.1 气象资料

气象数据来自新疆 48 个气象站月平均温度、月降水量和月日照时数,时间是 2002—2008 年的每年的植被生长期(4—10 月)。本文所选 48 个气象站(小红十字)在新疆 MODIS 影像中的位置,较均匀地分布在新疆区域内,通过对这 48 个气象站的月平均 NDVI 值与月平均温度、月降水量和月日照时数响应分析,应能较好地反映出新疆植被与气象因子之间的响应关系。

### 2.2 遥感资料

新疆 MODIS 影像数据来自新疆气象局遥感中心,从 2002—2008 年 4—10 月(植被生长期),每月上、中、下旬各挑选一副无云或少云影像,共计 147 期影像,数据处理量较大。

#### 2.2.1 影像数据几何校正及处理

将 MODIS 接收处理系统存档的 0 级原始数据,利用国家卫星气象中心星地通公司所提供的软件包将这些原始资料进行预处理,生成可以使用的 MODIS1B 数据集。经过定标定位后的 1B 级数据是国际标准的 EOS-HDF 格式。输出后的 HDF 文件经过了太阳高度角订正、投影转换和 SI 的反射率/亮温转换,可以用 ENVI 软件直接读取。与处理前的文件相比较,这里的各个波段以及经纬度信息都经过了空间校正和投影转换。

由于 MODIS 数据本身带有详细的经纬度波段信息,这种地理信息以波段的形式存放,可以以单灰

度影像的形式打开,该灰度影像每一象素的灰度值记录的是 MODIS 数据中对对应象素点的经纬度信息,这种详细的地理信息可以使影像不需要选择大量地面控制点就可以作精度纠正,而且精度会比选控制点的方法更高。ENVI 软件提供了“Georeference from Input Geometry(用既定地理信息校正影像)”功能,即用现成的“IGM(Input Geometry)对影像进行地理校正。

基于 MODIS 图像自带经纬度坐标的特点,对所选的 147 幅图像进行了统一标准的精校正,共选取了相对应的 30 个 GCP 点,其误差 < 0.5 个像元,然后用新疆区域矢量图(UTM 投影)对这 147 幅图进行切割。

#### 2.2.2 计算 NDVI

选取这 147 幅几何校正好的 MODIS 遥感图像中 band 1 和 band 2 波段(波长分别为 620~670 nm, 841~876 nm)。在 ENVI 软件 basic tools 下拉菜单中,通过 bandmath 命令,采用公式:  $NDVI = (\text{float}b_2 - \text{float}b_1) / (\text{float}b_2 + \text{float}b_1)$ 。式中,  $b_1$  和  $b_2$  分别为 band<sub>1</sub> 和 band<sub>2</sub> 的反射率,采用 float() 函数取其浮点数,可求出每个图像的 NDVI。

#### 2.2.3 MODIS 植被指数合成

MODIS 植被指数合成的目标是优先选择近星下点无云像元,尽可能减小残存云、暗影、大气气溶胶和 BRDF 效应的影响,在仪器特性和地表特性的限制条件下尽可能增加空间和时间的覆盖度,同时保证合成资料的质量和一致性,以及合成时段、空间分辨率和全球陆地范围的代表性。本文选用最大值合成(MVC),目的是为了减少大气的云、颗粒、阴影、视角以及太阳高度角的影响。编写 IDL 程序运行完成,每次选取上旬和中旬图像合成,产生的图再与下旬图像合成,作为该月植被指数图。IDL 程序代码:

```
FUNCTION BM_maxvalue, b1, b2
  Return, (b1 ge (b2 > 0)) * b1 + ((b1 > 0) le b2) * b2 +
  ((b1 < 0) or (b2 < 0))
End
```

其中程序中的  $b_1, b_2$  为一个月中三幅图的两副植被指数图。

## 3 时间序列特征分析

将 2002—2008 年平均 NDVI、年平均温度、年降水量和年平均日照变化作了统计(图 1)。

从图 1a 中可以看出全疆、南疆和北疆年均

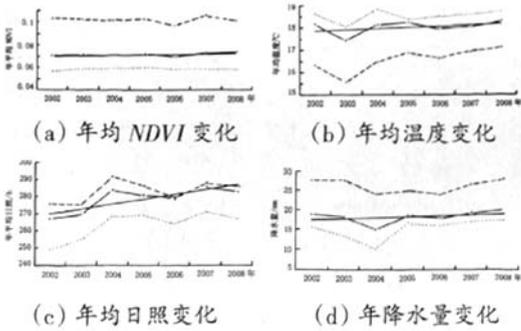
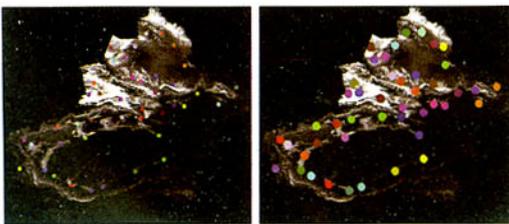


图1 年均NDVI和年气象因子时间序列特征分析  
(----北疆 .....南疆 ——全疆 ——线性趋势)

NDVI在2002—2008年期间变化很小,没有大的起伏,北疆年均NDVI值较高,全疆居中,而南疆最低,北疆植被覆盖面积较大,南疆有塔克拉玛干大沙漠,生态环境恶劣,植被覆盖面积相对要少得多。对全疆NDVI作趋势线分析,全疆年均NDVI呈微弱增长趋势,增长系数很小,为0.0002。图1b中南疆年均温度较高,北疆年均温度较低,对全疆年均温度做了线性趋势分析,全疆年均温度呈增长趋势,增长系数是0.0499。北疆年均日照时数比南疆年均日照时数多(图1c),基本呈平行趋势,对全疆年均日照时数做了线性趋势分析,全疆年均日照时数呈增长趋势,增长系数是2.9011,增长幅度较大。北疆年降水量比南疆年降水量大得多,北疆较为湿润,南疆干旱(图1d)。对全疆年降水量的线性趋势分析表明,全疆年降水量呈增大趋势,增长系数是0.3048。

4 气象因子与NDVI范围响应分析

考虑到每个气象点温度、降水和日照与NDVI是点相关关系显著还是在一定区域内显著,故对全疆48个气象点做缓冲区(半径20 km、40 km、60 km),因80 km缓冲区出现互相重叠现象,故只做到60 km缓冲区(图2为新疆站点缓冲半径为20 km和60 km的遥感图,彩色圆点为缓冲区)。



(a) 缓冲半径为20 km (b) 缓冲半径为60 km  
图2 气象站点缓冲区

求取此气象点缓冲区内平均NDVI值和此点NDVI值,与当月温度、降水和日照时数相关关系见表1,无论是点NDVI值还是缓冲区NDVI平均值都与当月温度呈现出较明显的负相关,与当月降水量有更显著的正相关,与当月日照时数相关性不明显。随着缓冲区的增大,NDVI值与当月温度和月降水量相关关系显著性也逐渐增大,而与当月日照时数不显著相关。缓冲区为60 km里的NDVI值(NDVI<sub>60</sub>)与月平均温度和月降水量相关系数是最大的,所以本文后面的分析都是用60 km的NDVI值(NDVI<sub>60</sub>)与气象因子进行分析。

表1 气象因子与NDVI范围响应分析

	NDVI <sub>点</sub>	NDVI <sub>20</sub>	NDVI <sub>40</sub>	NDVI <sub>60</sub>
当月温度	-0.422**	-0.430**	-0.480**	-0.490**
当月降水量	0.492**	0.651**	0.670**	0.697**
当月日照时数	0.125	0.176	0.127	0.151

注:\*\* 极显著相关,0.01水平

5 月气象因子与月NDVI滞后差分析

植被对气候的最大响应并不一定是瞬时的,例如植被对降水的响应,考虑到降水通过土壤渗透、植物根系吸收到反映植被指数上的过程较为缓慢,植被指数对于降水的响应在时间上有一定的滞后性<sup>[4]</sup>。本研究中对时滞概念理解为:植被生长对气候的最大响应(通过植被指数与气候要素的最大相关系数来反映)在时间上是否出现滞后现象,如果有滞后现象,则说明植被对气候的变化有时滞性。

将某月的NDVI值分别与南疆、北疆和整个新疆的前一、二、三月和本月的月平均温度、月降水量和月日照时数进行了相关分析(表2)。

表2 月气象因子与月NDVI滞后差分析

	全疆月NDVI	南疆月NDVI	北疆月NDVI	
平均温度	前三个月	-0.367*	-0.349	-0.203
	前二个月	-0.424**	-0.398	-0.302
	前一个月	-0.477**	-0.474*	-0.437
	当月	-0.362*	-0.429	-0.095
降水量	前三个月	0.476*	0.285	0.476*
	前二个月	0.527**	0.328	0.614**
	前一个月	0.689**	0.405	0.743**
	当月	0.188	0.371	0.222
日照时数	前三个月	-0.042	0.001	-0.297
	前二个月	0.139	0.151	-0.249
	前一个月	-0.027	0.064	-0.215
	当月	-0.06	-0.016	-0.245

注:\*\* 极显著相关,0.01水平;\* 显著相关,0.05水平

由表 2 可看出,全疆 *NDVI* 与前两个月和前一个月的月平均温度都极显著相关,达到 0.01 水平。而与本月的月均温度是显著相关,达到 0.05 水平,其中全疆 *NDVI* 与前一个月的月均温度关系最大,为 0.477。也就是说,全疆月平均温度与 *NDVI* 时间滞差是一个月。全疆 *NDVI* 与前两个月和前一个月的月降水量都极显著相关,达到 0.01 水平。而与前三个月的月降水量是显著相关,达到 0.05 水平,与当月降水量不显著相关,其中全疆 *NDVI* 与前一个月降水量相关关系最大,为 0.689。全疆降水量与 *NDVI* 时间滞差是一个月。南疆月 *NDVI* 与前一月月均温度显著相关,说明南疆月 *NDVI* 与月均温度时间滞差是一个月。北疆月 *NDVI* 与前一个月降水量相关关系最大,说明北疆月 *NDVI* 与北疆月降水量时间滞差是一个月。

总的来说,全疆月 *NDVI* 与月气象因子响应强度顺序是:降水>温度>日照;南疆是温度>降水>日照;北疆是降水>温度>日照。

### 6 植被指数与气象因子拟合方程模型

为了直观地表现出气候因子(温度、降水)与植被指数之间的响应关系,对其进行曲线拟合,所选用的曲线模型类型包括直线模型、二次方程、三次方程、复合曲线模型、指数方程和 S 形曲线等 10 种模型,并根据模型的决定系数  $R^2$  值选择最佳拟合模型(图 3)。

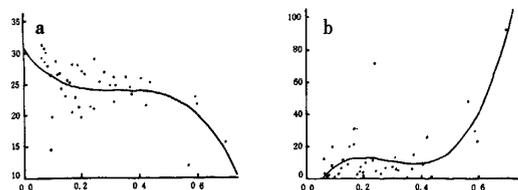


图 3 植被指数与南疆上月平均温度(a)、北疆上一月降水量(b)拟合方程模型

南疆上一月平均温度与月平均 *NDVI* 相关系数最大,作曲线拟合,经比较,拟合三次方程决定系数  $R^2$  值最大(图 3a),为 0.597,拟合性最好。

曲线方程为:

$$Y=30.764-62.247X+191.776X^2-196.543X^3, \quad (1)$$

其中,  $Y$  是月平均 *NDVI*,  $X$  是上一月平均温度。

北疆上一月降水量与月平均 *NDVI* 相关系数最大,作曲线拟合,经比较,拟合三次方程决定系数  $R^2$

值最大(图 3b),为 0.760,拟合性最好。

曲线方程为:

$$Y=-15.206+336.731X-1.257X^2+1.420X^3, \quad (2)$$

其中  $Y$  是月平均 *NDVI*,  $X$  是上一月的降水量。

### 7 结论

(1)近 7 a 中,新疆年 *NDVI* 变化较为平稳,呈微弱增长态势,表明新疆植被覆盖度增加。北疆 *NDVI* 值比南疆 *NDVI* 值高。新疆年平均温度、年降水量和年日照时数均小幅增加。

(2)考虑到植被指数与气象因子响应有一定范围,经过分析,气象站点的气象因子(温度和降水)与此气象站点为中心半径 60 km 范围的植被指数响应最大。

(3)全疆月 *NDVI* 与月平均温度和月降水量相关性大,有一个月时间滞后差;南疆月 *NDVI* 与前一个月月平均温度相关关系大,有一个月时间滞后差;北疆月 *NDVI* 与前一个月月降水量相关关系最大,时间滞后差是一个月。

(4)全疆 *NDVI* 与气象因子响应强度顺序是降水>温度>日照;南疆是温度>降水>日照;北疆是降水>温度>日照。

### 参考文献:

- [1] 潘耀忠,李小兵,何春阳.中国土地覆盖综合分类研究-基于 NOAA/AVHRR 和 Holdridge PE [J]. 第四纪研究, 2000,20(3):207-218.
- [2] 张强,赵鸣.干旱区绿洲与荒漠相互作用下陆面特征的数值模拟[J].高原气象,2002,17(4):335-369.
- [3] 中国科学院植物研究所.中国气候植被区划资源信息 [EB/OL]. [2009-12-15]. [http://vegetation.ibcas.ac.cn/SubVeg/new\\_page\\_2.htm](http://vegetation.ibcas.ac.cn/SubVeg/new_page_2.htm).
- [4] 王正兴,刘闯,Huete Alfredo. 植被指数研究进展:从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI [J]. 生态学报,2003,23(5):979-986.
- [5] 张霞,张兵,卫征,等.MODIS 光谱指数监测小麦长势变化研究[J].中国图象图形学报,2005,10(4):420-424.
- [6] 郭锐.植被指数及其研究进展[J].干旱气象,2003,21(4):71-75.
- [7] 李震,阎福礼,范湘涛.中国西北地区 *NDVI* 变化及其与温度和降水的关系[J].遥感学报,2005,9(3):308-313.
- [8] 齐述华,王长耀,牛铮,等.利用 *NDVI* 时间序列数据分析植被长势对气候因子的响应[J].地理科学进展,2004,23(3):91-98.
- [9] 杨兰芳,李宗义.陇东地区近 5 年植被变化与降水的关系 [J].高原气象,2005,24(4):629-634.