

沙莎,郭锐,李耀辉,等. 三套 NDVI 长时间序列植被指数的对比——以玛曲为例[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 657-665, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0657

三套 NDVI 长时间序列植被指数的对比 ——以玛曲为例

沙莎¹, 郭锐¹, 李耀辉¹, 韩涛²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 西北区域气候中心, 甘肃 兰州 730020)

摘要: NDVI/MODIS、NDVI/GIMMS 和 NDVI/NSMC 是时间长度不同、空间分辨率相差甚远的 3 套 NDVI 数据集, 如何集成应用这些不同时间长度、不同分辨率的数据进行相关研究, 数据集间的比较是最基础的工作。本文以甘肃省甘南州玛曲县为例, 用直方图、相关分析、趋势分析等方法研究了这 3 套 NDVI 产品数据集的相互关系。结果表明: 1) NDVI/NSMC 与 NDVI/MODIS 的直方图具有类似的图像分布特征, 但是 NDVI/MODIS 数据分布范围更大; 2) 3 套 NDVI 在数值上表现为 NDVI/MODIS > NDVI/GIMMS > NDVI/NSMC; 3) 3 套数据集空间图像特征一致, 两两间均具有十分显著的空间相关性, 其中 1 月份相对最弱, 5、10 月份最强, 三者相比 NDVI/NSMC 与 NDVI/MODIS 的空间相关性更强; 4) 1~3 月、5~8 月及年间的 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 值存在显著的时间相关性, 但两者逐年变化趋势存在较大差别, 两者气候倾向率相差最大的高达 5 倍之多。NDVI/NSMC 数据集在处理过程中可能未进行大气订正及交叉定标, 这是造成共同源的 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 差异较大的重要原因。

关键词: NDVI/MODIS; NDVI/GIMMS; NDVI/NSMC; 长序列; 玛曲

文章编号: 1006-7639(2013)-04-0657-09 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0657

中图分类号: P467

文献标识码: A

引言

植被是陆地生态系统的主体之一, 是联结土壤、大气和水分的自然“纽带”^[1-2], 它在调节全球碳平衡、减缓大气中 CO₂ 等温室气体浓度上升及维护全球气候稳定等方面具有不可替代的作用^[3-4]。卫星遥感在空间上的连续性使其成为研究植被特征最重要的手段之一, 基于植物的光谱特征, 将可见光与近红外遥感光谱观测值进行组合运算可以得到多种植被指数, 迄今为止植被指数已经发展出 40 余种^[5], 其中, 归一化植被指数 NDVI^[6-7] 由红光波段和近红外波段组合运算得到, 是应用最广的一种^[8], 它与生物量、叶绿素含量、能量吸收等高度相关^[9], 被广泛的用于干旱监测、生态环境监测、气候变化、地表感热特性等相关研究中^[10-15]。

随着不同卫星传感器资料的积累, 已经形成多

种长序列的植被指数数据集, 这为气候变化^[16-18]等相关研究提供了基本的数据支持。目前, 在国际上广泛应用的是由美国国家航天航空局(NASA)推出的 25 a 长序列 8 km NDVI 数据集(NDVI/GIMMS)。近期, 国家卫星气象中心建立了覆盖中国区域 20 a 的 NDVI 数据集(NDVI/NSMC), 空间分辨率为 1.1 km。MODIS 是 EOS(Earth Observation System)系列卫星搭载的重要传感器, 1999 年发射升空, 由其获得的 NDVI 数据(NDVI/MODIS)分辨率可达 250 m。这些数据集在时间长度和空间分辨率方面各具优势, 如何集成应用这些不同时间长度、不同分辨率的数据进行气候变化等方面的研究, 进行数据间的对比并建立相互间的关系是最基础的工作。近年来不少学者进行了 AVHRR、MODIS、SPOT-Vegetation、SeaWiFS、LandSAT 等传感器 NDVI 数据集在时间和空间上的一致性比较^[19-22], 研究表明虽然不同传感

收稿日期: 2012-10-31; 改回日期: 2013-07-25

基金项目: 国家科技支撑计划(2009BAC53B02)、公益性行业(气象)科研专项项目(GYHY201006023)、科技部农业科技成果转化资金项目(2011GB24160005)共同资助

作者简介: 沙莎(1985-), 女, 汉族, 辽宁沈阳人, 助理工程师, 硕士, 主要从事 GIS、遥感的气象应用研究. E-mail: nuist_shasha@126.com

器获得的 NDVI 相对大小存在一定差异,但其年内变化、距平等都具有很好的相似性^[19],而空间分辨率是影响空间相关性的重要因素^[20],并基于 NDVI/GIMMS 使用一元线性关系获得了更长时间的植被指数序列^[16-17,19]。本文首先介绍了 3 套数据集,并比较了 AVHRR 和 MODIS 2 种传感器的特点,然后以甘肃玛曲县为研究区,从图像特征、空间相关性、逐年变化趋势等方面讨论了玛曲 NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC、NDVI/MODIS 这 3 种数据集间的相互关系,旨在为这 3 类资料的综合应用研究提供基础。

1 研究区介绍

玛曲县位于青藏高原及黄河源区的东端,黄河上游河曲地带,甘肃省西南部,地处甘、青、川 3 省交界处,海拔 3 300 ~ 4 806 m^[23],黄河由南、东、北绕流而过(图 1)。全县天然草场占土地总面积的 89.54%,其中可利用草场高达 96.7%,均为高寒草甸类植被^[24],被誉为“亚洲第一牧场”^[25],黄河在玛曲境内的补充水量,占黄河总水量的 45%,玛曲又被誉为“黄河的蓄水池”^[24]。可以说玛曲是连接三江源地区和黄河中下游地区的纽带,研究玛曲的植被状况具有十分重要的意义。由于全县植被类型较单一,植被类型变化对 NDVI 的影响较小,便于研究比较,因此以玛曲为研究区对上述 3 套 NDVI 数据集进行了对比分析。

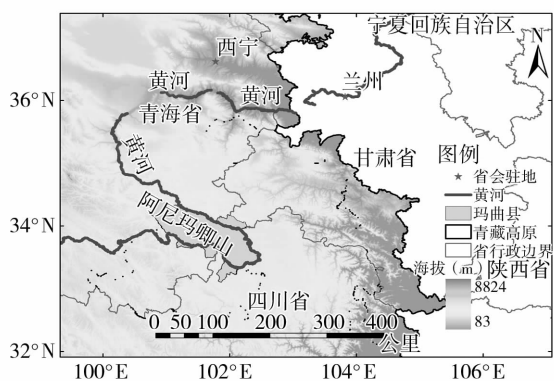


图 1 玛曲县的地理位置

Fig. 1 The geographic location of the Maqu county

2 3 套遥感数据集及其处理方法介绍

NDVI/GIMMS 数据集^[26]为 NASA 陆地数据中心推出的全球植被指数变化数据,由 NOAA 系列卫星搭载的 AVHRR 传感器获得,是基于卫星上降分辨率压缩数据产生的,时间范围为 1981 年 7 月至 2006 年 12 月,分辨率仅为 8 km,该数据集采用 15 d 合成期用最大值合成法(MVC)合成得到,用经验模

式分解(EMD)、交叉定标等方法降低或消除了轨道漂移、不同卫星间定标方式差别对 NDVI 的影响;NDVI/NSMC 数据集是由国家气象卫星中心利用我国 NOAA/AVHRR 接收站接收的覆盖我国的原分辨率资料建立的,时间范围为 1989 年 1 月至 2008 年 12 月,空间分辨率为 1.1 km,采用了 10 d 的合成期;NDVI/MODIS 数据集由 NASA 戈达德航天航空中心“1 级数据和大气产品数据存档分发系统”(Level 1 and Atmosphere Archive and Distribution System, LAADS Web)对外发布,由 MODIS 传感器获得,时间为 2000 年 3 月至现在,空间分辨率包括 250 m、500 m、1 000 m,NDVI/MODIS 采用了 16 d 的合成期,天空晴朗时采用 BRDF(双向反射率函数)合成消除由于地表双向反射造成的误差,而在 BRDF 不可用时(云太多)则采用 MVC 方法进行合成。

这 3 套数据集来自于 AVHRR 和 MODIS 2 种传感器,自 1978 年第一代 AVHRR 传感器随 TIROS - N 升空以来,AVHRR 经历了 3 代更新,从 4 个探测波段发展到 6 个探测波段^[27],星下分辨率为 1 100 m。MODIS 传感器共有 0.4 ~ 14.5 μm 之间的 36 个光谱波段,其分辨率有 2 个波段是 250 m,5 个波段是 500 m,其余 29 个波段是 1 000 m,其中红光波段和近红外波段的分辨率均为 250 m。首先,3 套数据集空间分辨率相差巨大(如图 2 所示),虽然相同时间的 3 套数据在空间分布上具有一致的变化特征,但空间精细程度相差巨大,且 NDVI 值有所差别。3 套 NDVI 低值主要分布于西北部阿尼玛卿山地区,高值主要沿黄河分布,NDVI/MODIS 精细到可以看出黄河的分布,而 NDVI/GIMMS 在玛曲仅看到“马赛克”。此外,MODIS 具有更高的光谱分辨率,图 3 给出了 MODIS 及不同 NOAA11、14、16 卫星 AVHRR 传感器在红光波段、近红外波段的光谱响应函数,从图 3 中可以看到,2 个波段 MODIS 的波谱响应宽度明显小于 AVHRR,大致为 AVHRR 波谱响应宽度的 1/2、1/6 左右,这使 MODIS 避开了水汽在 0.69 μm 和 1.1 μm 处的 2 个强吸收峰,有效地排除了大气水汽吸收的影响。而不同 NOAA 卫星携带的 AVHRR 传感器的光谱响应函数也略有不同。由于传感器光谱响应函数不同,所获得的 NDVI 有所差别。AVHRR 与 MODIS 采用了不同的定标方式,AVHRR 采用发射前定标,其定标参数随卫星运行发生变化,而 MODIS 传感器采用在轨定标,可以提供高精度的定标结果,减少了由传感器定标不确定性给 NDVI 带来的误差^[28]。

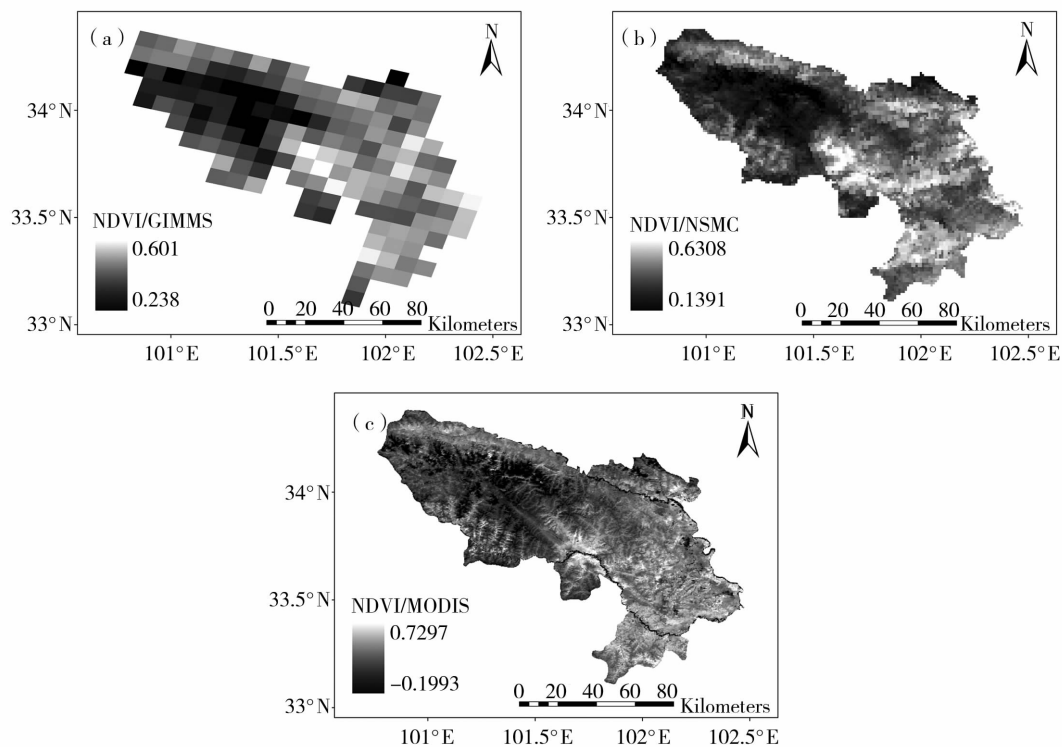


图2 2003年10月玛曲NDVI/GIMMS(a)、NDVI/NSMC(b)、NDVI/MODIS(c)图像

Fig. 2 The images of NDVI/GIMMS(a), NDVI/NSMC(b), NDVI/MODIS(c) in October 2003 in Maqu

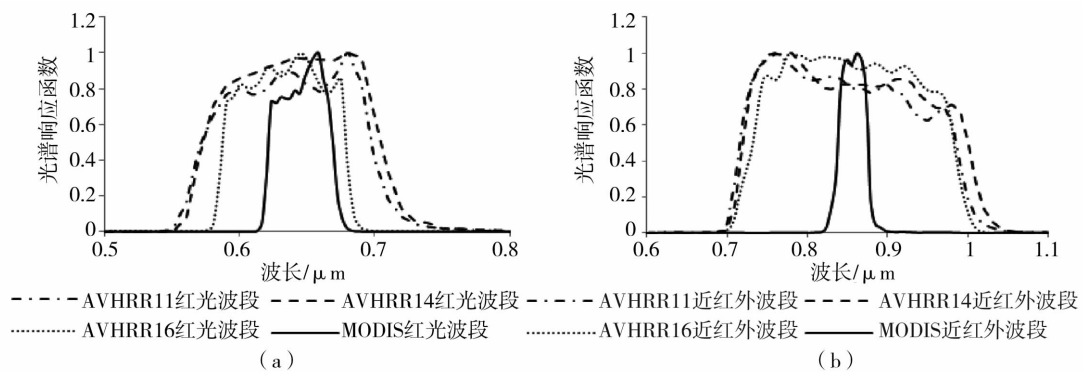


图3 不同传感器红光波段(a)、近红外波段(b)的光谱响应函数图

(由 ENVI 软件中包含的各种传感器光谱响应函数资料绘制得来)

Fig. 3 Spectral response range of red (a) and near - infrared (b) from different remote sensors

首先对3种数据集进行了质量控制,使用数据质量标志对NDVI/GIMMS及NDVI/MODIS受云影响和质量标志为不可用的像元进行了剔除;NDVI/NSMC由于缺失或者坏线问题存在数据缺失,一幅图像缺失或者有坏线则认为是无效,若当月3幅图像均无效则将该月NDVI/NSMC值记为无效值。3套数据集经质量控制后均用MVC方法合成得到逐月数据。3套数据在2000年3月至2006年12月相互重叠。在数据控制的基础上本文通过直方图、相关分析、趋势分析等方法分析了玛曲以上3套NDVI

数据集在空间和时间上的相互关系。

3 结果分析

3.1 直方图对比

NDVI/GIMMS数据分辨率最低,在玛曲仅有153个像元,这里不统计其直方图。分别选取2004年7月、2003年10月MODIS和NSMC2种质量较好的4幅数据,并将NDVI/MODIS重采样为与NDVI/NSMC相同的1.1 km,统计直方图。从直方图分布(图4,NDVI数值扩大100倍)中可以看到:1)两

者直方图的分布相近,但 NDVI/MODIS 的数据分布范围大于 NDVI/NSMC, NDVI/MODIS 数据分布更加集中而 NDVI/NSMC 更分散,据统计 2003 年 10 月 NDVI/NSMC、NDVI/MODIS 均值分别为 0.41、0.39,标准差分别为 0.086、0.084;2004 年 7 月两者的

均值为分别 0.71、0.77,标准差分别为 0.055、0.086;2)不同月份两者峰值出现位置不尽相同。如 2004 年 7 月 NDVI/MODIS 直方图峰值出现在 0.8,而 NSMC/NDVI 则出现在 0.74 附近;2003 年 10 月两者峰值比较一致,均出现在 0.40~0.45 之间。

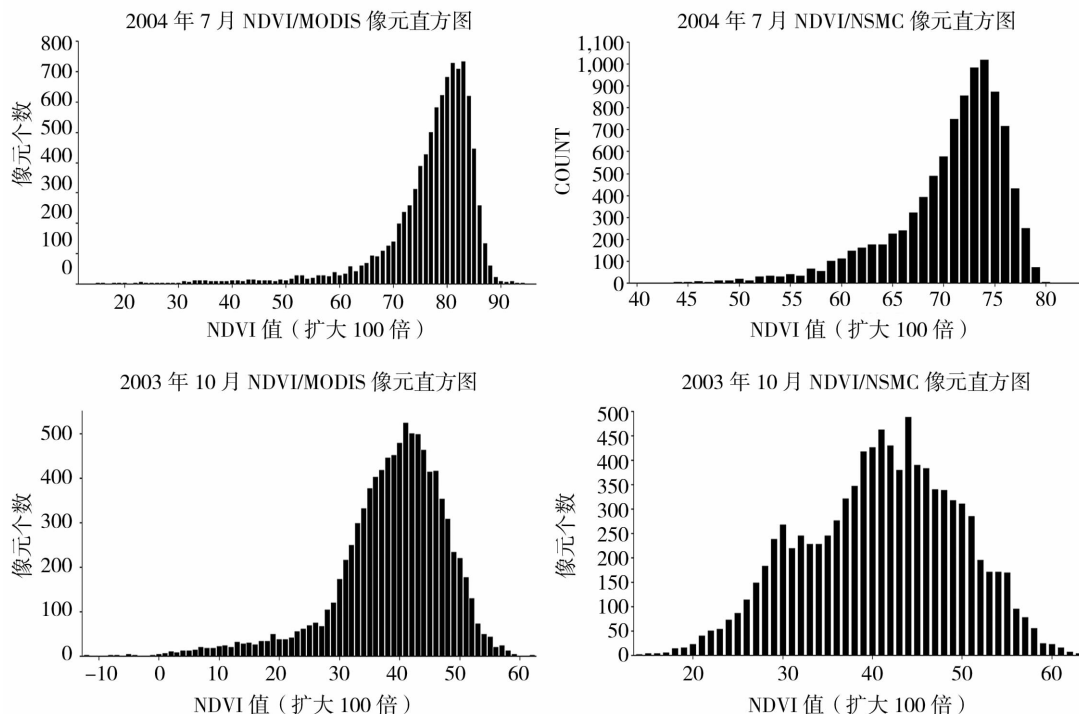


图 4 玛曲 NDVI/MODIS、NDVI/NSMC 直方图对比

Fig.4 The contrast of histograms between NDVI/MODIS and NDVI/NSMC in Maqu

3.2 生长季逐年植被指数对比

根据牧业气象观测^[29],江源区牧草每年 4 月上、中旬开始返青,9 月上、中旬开始枯黄,至 10 月中下旬已完全枯萎。结合数据质量情况,本文选 4~9 月为生长季,统计了每年生长季的 NDVI 均值(其中 2002 年 NDVI/NSMC 数据不全,为无效值)。图 5 给出了玛曲 3 套数据集生长季 NDVI 的逐年变化曲线。由图可见,在数值上 NDVI/MODIS > NDVI/GIMMS > NDVI/NSMC;三者均呈现出上升趋势,NDVI/MODIS、NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC 气候倾向率分别为 0.009/10 a、0.018/10 a、0.073/10 a,其中 NDVI/GIMMS 和 NDVI/NSMC 的上升趋势通过了 0.05 的显著性水平检验。NDVI/GIMMS 与 NDVI/MODIS 的逐年变化趋势相近。NDVI/GIMMS 和 NDVI/NSMC 为同一传感器获取的数据,但在数值上和变化趋势上二者均存在较大的差异,并且这种差异随时间逐渐变小。

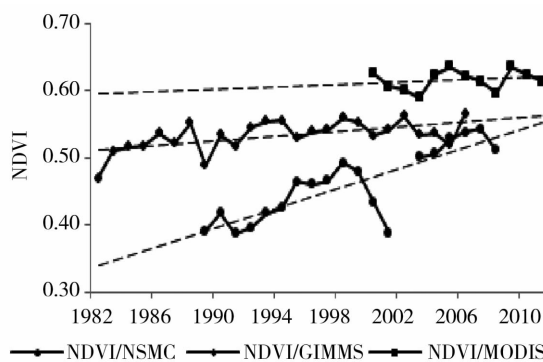


图 5 玛曲 NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC、NDVI/MODIS 4~9 月 NDVI 均值的时间序列图

Fig.5 The time series of mean NDVI/GIMMS, NDVI/NSMC, NDVI/MODIS from April to September in Maqu

3.3 空间相关关系

以 2001~2006 年这段重叠时间数据进行空间相关分析。NDVI/GIMMS、NDVI/MODIS、NDVI/

NSMC 的空间分辨率不同,分别为 8 km、250 m、100 m,为了统一分析,计算 NDVI/GIMMS 图像中的每个 8 km 栅格(其值记为 $NDVI_{GIMMS}$,共有 153 个 8 km 栅格区域)区域内 NDVI/MODIS、NDVI/NSMC 的像元均值(记为 $NDVI_{MODIS}$ 、 $NDVI_{NSMC}$)。逐月对 6 a 间每个栅格区域的 3 组数据求年均值后,对 3 组年均值两两间进行空间相关分析。结果如表 1 所示,其中 y_1 、 y_2 、 y_3 分别为 NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC、NDVI/MODIS,从表中可以看到:各月 3 套

NDVI 数据集两两间存在十分显著的空间相关性,其中 1 月份相关性相对最弱,5、10 月份相关性最强,三者相比 NDVI/NSMC 与 NDVI/MODIS 的空间相关性更强。在数值上,除 9、10 月份是 NDVI/GIMMS > NDVI/MODIS > NDVI/NSMC 外,其他月份均是 NDVI/MODIS > NDVI/GIMMS > NDVI/NSMC,3、4、5、10 月份 NDVI/MODIS 与 NDVI/GIMMS 差距超过了 30%,4、10 月份 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 差距超过了 20%。

表 1 玛曲 NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC、NDVI/MODIS 三者的空间相关性

Tab. 1 The spatial correlation between NDVI/GIMMS, NDVI/NSMC and NDVI/MODIS in Maqu

月份	n	NDVI/GIMMS 和 NDVI/MODIS 关系		NDVI/NSMC 和 NDVI/MODIS 关系		NDVI/NSMC 和 NDVI/GIMMS 关系	
		线性方程	R^2	线性方程	R^2	线性方程	R^2
1	150	$y_1 = 0.76 y_3 + 0.03$	0.37 **	$y_2 = 0.28 y_3 + 0.13$	0.24 *	$y_2 = 0.27 y_1 + 0.14$	0.34 **
2	150	$y_1 = 1.29 y_3 - 0.11$	0.65 **	$y_2 = 0.65 y_3 + 0.02$	0.51 **	$y_2 = 0.38 y_1 + 0.11$	0.46 **
3	150	$y_1 = 0.93 y_3 - 0.03$	0.62 **	$y_2 = 0.54 y_3 + 0.04$	0.79 **	$y_2 = 0.39 y_1 + 0.10$	0.58 **
4	150	$y_1 = 0.84 y_3 - 0.03$	0.83 **	$y_2 = 0.58 y_3 - 0.002$	0.87 **	$y_2 = 0.56 y_1 + 0.05$	0.68 **
5	150	$y_1 = 0.86 y_3 - 0.08$	0.88 **	$y_2 = 0.76 y_3 - 0.08$	0.91 **	$y_2 = 0.79 y_1 + 0.02$	0.84 **
6	150	$y_1 = 1.17 y_3 - 0.25$	0.76 **	$y_2 = 1.17 y_3 - 0.31$	0.85 **	$y_2 = 0.83 y_1 + 0.04$	0.79 **
7	150	$y_1 = 0.86 y_3 + 0.05$	0.46 **	$y_2 = 0.75 y_3 + 0.10$	0.72 **	$y_2 = 0.53 y_1 + 0.30$	0.59 **
8	153	$y_1 = 0.83 y_3 + 0.10$	0.48 **	$y_2 = 0.78 y_3 + 0.08$	0.83 **	$y_2 = 0.54 y_1 + 0.27$	0.57 **
9	151	$y_1 = 0.72 y_3 + 0.20$	0.65 **	$y_2 = 0.71 y_3 + 0.13$	0.81 **	$y_2 = 0.74 y_1 + 0.10$	0.69 **
10	153	$y_1 = 0.90 y_3 + 0.13$	0.72 **	$y_2 = 0.80 y_3 + 0.06$	0.86 **	$y_2 = 0.72 y_1 + 0.02$	0.81 **
11	153	$y_1 = 0.90 y_3 + 0.005$	0.76 **	$y_2 = 0.56 y_3 + 0.08$	0.81 **	$y_2 = 0.49 y_1 + 0.12$	0.65 **
12	150	$y_1 = 1.18 y_3 - 0.08$	0.62 **	$y_2 = 0.49 y_3 + 0.10$	0.43 **	$y_2 = 0.34 y_1 + 0.15$	0.45 **

注:表中 n 为样本数, R^2 为相关系数, * 通过了 0.05 的显著性检验, ** 通过 0.01 的显著性检验

3.4 时间相关关系

首先分析了 2001 年 1 月至 2006 年 12 月重叠时间段内 3 套数据的时间相关性,图 6 给出了玛曲 2001~2006 年 3 套 NDVI 数据的逐月变化曲线,从图中可以看出:三者逐月 NDVI 变化起伏较为一致(两两间相关系数如表 2 所示,均通过了 0.001 的显著性水平检验),年内均呈现单峰型,在 7 月达到峰值,植被生长最茂盛;3 套数据 NDVI 在数值上总的看来为: NDVI/MODIS > NDVI/GIMMS > NDVI/NSMC, NDVI/MODIS 与 NDVI/GIMMS 的差异在年内呈现出先增大后减小至负值再增大的变化特征,5 月两者差距最大,9、10 月两者差值为负值,而 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 的差距逐月变小,在年

内两者差异呈现先增大后减小再增大再减小的变化特征,其中 10 月份两者相差最大。

此外 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 数据有 18 a 数据重叠(1989~2006 年),本文分析了二者 1~12 月以及生长季、年平均 NDVI 相关性。如表 3 所示,1~3 月、5~8 月及年均的 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 存在显著的时间相关性,其中 7、8 月份两者时间相关性最显著,超过了 0.01 的显著性水平检验,1、2、3 月份超过了 0.05 的显著性水平检验,5、6 月份仅超过 0.1 的显著性水平检验;4、9~12 月份、生长季两者的时间相关性均未达到 0.1 显著性水平检验,这种差异的原因还有待进一步的深入分析。

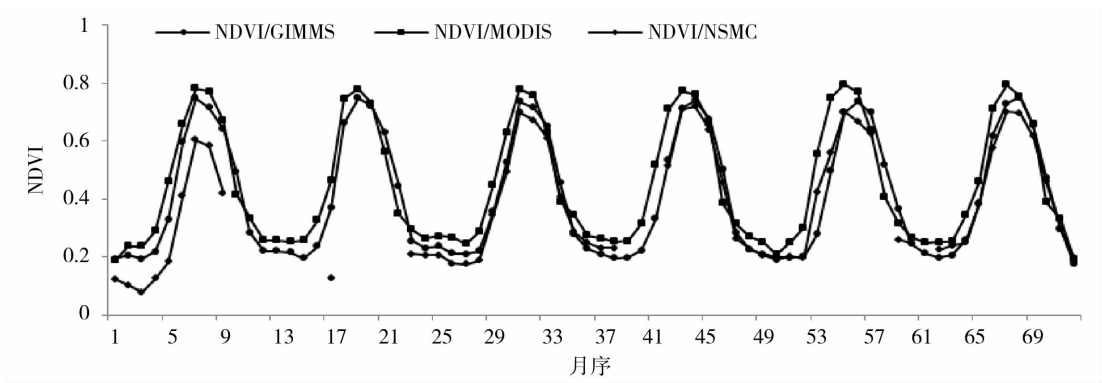


图 6 玛曲 2001 ~ 2006 年逐月 NDVI/MODIS、NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC
区域平均 NDVI 变化曲线图

Fig.6 The monthly change of mean NDVI from 2001 to 2006 for NDVI/GIMMS,
NDVI/NSMC, NDVI/MODIS in Maqu

表 2 玛曲 2001 ~ 2006 年逐月 NDVI/MODIS、NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC 的相关系数

Tab.2 The temporal correlations of mean NDVI from 2001 to 2006 for NDVI/GIMMS,
NDVI/NSMC, NDVI/MODIS in Maqu

数据集	线性方程	R^2
NDVI/MODIS 与 NDVI/GIMMS	$y = 0.9644x + 0.0623$	0.9063
NDVI/NSMC 与 NDVI/GIMMS	$y = 0.9097x - 0.0005$	0.9016
NDVI/NSMC 与 NDVI/MODIS	$y = 0.8781x - 0.0293$	0.862

注:表中样本数 $n = 55$, R^2 为相关系数,均通过了 0.001 的显著性水平检验

表 3 玛曲 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 月、生长季、年相关分析

Tab.3 The temporal correlations of time series between
NDVI/GIMMS and NDVI/NSMC in Maqu

时间	时间样本数 n	线性方程	R^2
1 月	16	$y = 1.586x - 0.1576$	0.3698 **
2 月	17	$y = 1.5441x - 0.1369$	0.2771 **
3 月	18	$y = 1.343x - 0.1017$	0.2706 **
4 月	18	$y = 0.9629x - 0.0599$	0.1083
5 月	18	$y = 0.4669x + 0.106$	0.1683 *
6 月	16	$y = 0.5306x + 0.1869$	0.2194 *
7 月	17	$y = 0.878x + 0.0042$	0.3743 ***
8 月	17	$y = 1.1521x - 0.201$	0.3762 ***
9 月	17	$y = 0.7951x + 0.0305$	0.1167
10 月	16	$y = 0.7337x + 0.0078$	0.14
11 月	15	$y = 0.6622x + 0.0217$	0.1057
12 月	15	$y = 0.6541x + 0.0385$	0.1057
生长季	16	$y = 0.8887x - 0.0255$	0.1085
年均	16	$y = 2.8674x - 0.812$	0.3812 ***

注:表中 n 为样本数, R^2 为相关系数, * 通过了 0.1 的显著性检验,

** 通过 0.05 的显著性检验, *** 通过了 0.01 的显著性检验

选取 NDVI/GIMMS 和 NDVI/NSMC 显著相关的 5~8 月份及年均 NDVI 进一步对比两者逐年变化趋势的差别,结果如图 7 所示。在数值上 NDVI/GIMMS 大于 NDVI/NSMC; NDVI/GIMMS 随时间变化幅度相对较小,其中 8 月份和年均 NDVI 的上升趋势通过了 0.05 的显著性水平检验,其气候倾向率分别为 0.025/10 a、0.013/10 a; NDVI/NSMC 随时间

间变化起伏较大,呈现显著的上升趋势(均通过了 0.05 的显著性水平检验),气候倾向率分别为 0.061/10 a、0.079/10 a、0.071/10 a、0.064/10 a、0.074/10 a,是 NDVI/GIMMS 倾向率的 2~6 倍。NDVI/GIMMS 和 NDVI/NSMC 这 2 套数据存在一定的时间相关性,但它们的逐年变化趋势存在较大差异,并且这种差异随时间明显变小。

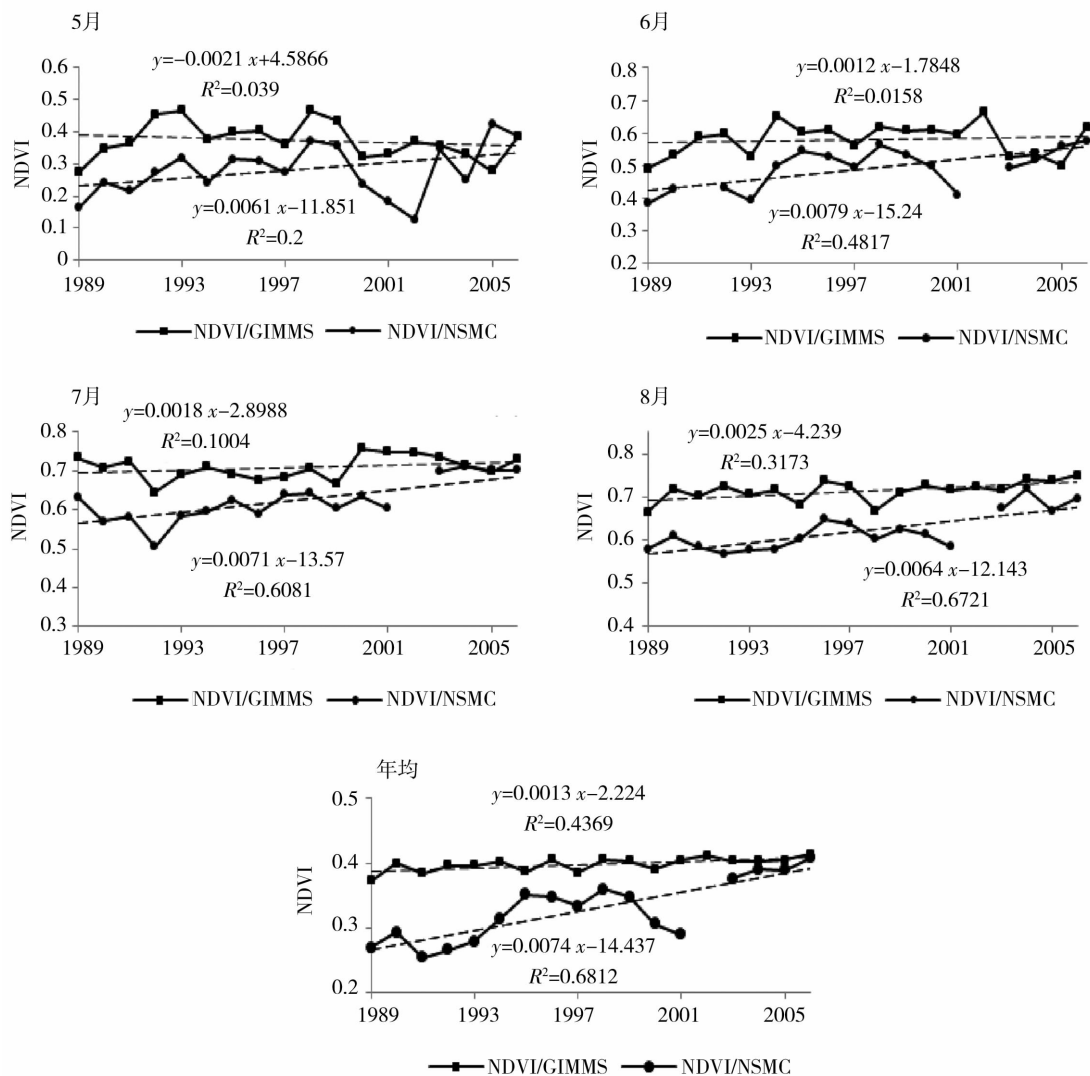


图7 玛曲5月(a)、6月(b)、7月(c)、8月(d)、年均(e) NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC 的逐年变化比较

Fig. 7 The yearly changes of NDVI/GIMMS, NDVI/NSMC in May (a), June (b), July (c),

August (d) and annual averaged value (e) in Maqu

4 结论与讨论

(1) NDVI/NSMC 和 NDVI/MODIS 的直方图分布较为接近,但是 NDVI/MODIS 的数值分布范围更大且数据分布更为集中。

(2) 3 套 NDVI 在数值上表现为 NDVI/MODIS > NDVI/GIMMS > NDVI/NSMC。

(3) 3 套数据集两两间均具有显著的空间相关性,其中 1 月份相关性相对最弱,5、10 月份相关性最强,NDVI/NSMC 与 NDVI/MODIS 的相关性更强。

(4) NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 具有一定的时间相关性,但二者的逐年变化趋势却有较大差别;生长季 NDVI/GIMMS、NDVI/NSMC 均呈现显著的上升趋势(通过了 0.05 的显著性水平检验),但两

者气候倾向率相差 3 倍之多;1~3 月、5~8 月及年均 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 存在显著的时间相关性(通过 0.1~0.01 的显著性水平检验),其中 8 月份和年均 NDVI/GIMMS 呈现显著上升趋势(通过 0.05 的显著性水平检验),而 NDVI/NSMC 均呈现显著上升趋势(通过 0.05 的显著性水平检验),两者气候倾向率相差最大高达 5 倍之多。

MODIS 和 AVHRR 传感器的光谱响应函数、空间分辨率、定标方式的不同是造成这 3 套数据差异的部分原因。数据处理方式的差别,如大气订正、交叉定标等后续处理也会对 NDVI 数据产生较大的影响。已有研究表明,大气订正会使 NDVI 值增大^[30],NDVI/NSMC 数据集在处理过程中可能未进行大气订正,这是造成同源的 NDVI/NSMC 明显小于 NDVI/GIMMS 的重要原因。此外,NDVI/GIMMS 通过交叉定标方法消除了由于不同传感器定标方式的差异对数据集造成的影响,NDVI/GIMMS 和 NDVI/NSMC 的差异逐年变小表明:NDVI/NSMC 数据集可能未经过不同传感器间的交叉定标,这是同源的 NDVI/GIMMS 与 NDVI/NSMC 差异较大并逐年变小的另一重要原因。本文受到数据的限制还存在以下不足:3 套数据集共同重叠的年份只有 6 a,由于数据缺失有些月份仅有 4 a 的重叠时间,文中建立的空间线性方程欠缺一定的说服力;因 NDVI/MODIS 与另 2 套数据集重叠年份太少,文中并未讨论 NDVI/MODIS 与它们之间的时间相关性。虽然国家气象卫星中心的数据集较 GIMMS 数据集时间序列要短一些,但是它的空间分辨率更具优势,是气候变化工作中十分珍贵的数据,应该进一步订正处理该数据集,使其发挥更大的作用。

致谢:感谢美国 NASA 戈达德航天中心提供的 GIMMS 和 MODIS 数据资料,感谢国家气象卫星中心提供的 NDVI 数据资料!感谢郭锐研究员在论文撰写过程中给予的悉心指导和帮助。

参考文献:

- [1] 郭锐. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 71-75.
- [2] Parmesan C, Yohe G. A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts across Natural Systems[J]. Nature, 2003, 421(6918): 37-42.
- [3] 武永峰, 李茂松, 宋吉青. 植物物候遥感监测研究进展[J]. 气象与环境学报, 2008, 24(3): 51-58.
- [4] 李霞, 李晓兵, 王宏, 等. 气候变化对中国北方温带草原植被的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2006, 42(6): 618-623.
- [5] 索玉霞, 王正兴, 刘闯, 等. 中亚地区 1982 年至 2002 年植被指数与气温和降水的相关性分析[J]. 资源科学, 2009, 31(8): 1422-1429.
- [6] Deering D W. Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors[D]. Texas A & M University, 1984.
- [7] Turker C J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation[J]. Remote Sensing of Environment, 1979, 8(2): 127-150.
- [8] Cracknell A P. The exciting and totally unanticipated success of the AVHRR in applications for which it was never intended[J]. Advances in Space Research, 2001, 28: 233-240.
- [9] Myneni R B, Hall F G, Sellers P J, et al. The interpretation of spectral vegetation indexes[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1995(33): 481-486.
- [10] 管晓丹, 郭锐, 黄建平, 等. 植被状态指数监测西北干旱的适用性分析[J]. 高原气象, 2008, 27(5): 1046-1053.
- [11] 王静, 郭锐, 王振国, 等. 甘南草地地上部生物量遥感监测模型[J]. 干旱气象, 2010, 28(2): 128-135.
- [12] 张静辉, 文军, 张堂堂, 等. 黄河源区植被覆盖度对区域气候影响的数值模拟[J]. 高原气象, 2011, 30(4): 989-995.
- [13] 张钦仁, 张明伟, 多福学. 中国西北地区植被时空动态及其影响因子分析[J]. 高原气象, 2010, 29(5): 1148-1152.
- [14] 王慧, 李栋梁. 卫星遥感结合气象资料计算的西北干旱区地面感热特征分析[J]. 高原气象, 2012, 31(2): 312-321.
- [15] 于琳琳, 陈海山. 青藏高原 4 月陆面状况和地表加热异常与中国夏季降水的联系[J]. 高原气象, 2012, 31(5): 1173-1182.
- [16] Pettorelli N, Vik J O, Mysterud A, et al. Using the satellite derived NDVI to assess ecological responses to environmental change[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2005, 20(9): 503-510.
- [17] 武晋雯, 冯悦, 纪瑞鹏, 等. 辽宁省旱田 MODIS 植被指数时间序列的构建[J]. 中国农学通报, 2010, 26(23): 310-317.
- [18] 顾娟, 李新, 黄春林. NDVI 时间序列数据重建方法评述[J]. 遥感技术与应用, 2006, 21(4): 391-395.
- [19] Brown M E, Pinzon J E, Didan K, et al. Evaluation of the consistency of Long-Term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-Vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ Sensors[J]. Geoscience and remote sensing, 2006, 44(7): 1787-1793.
- [20] Song Y, Ma M G, Veroustraete F. Comparison and conversion of AVHRR GIMMS and SPOT-Vegetation NDVI data in China[J]. International Journal of Remote Sensing, 2010, 31: 2377-2392.
- [21] Tarnavsky E, Garrigues S, Brown M E. Multiscale geostatistical analysis of AVHRR, SPOT-VGT, and MODIS global NDVI products[J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(2): 535-549.
- [22] Fensholt F, Rasmussen K, Nielsen T N, et al. Evaluation of earth observation based long term vegetation trends - intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel From AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data[J]. Remote Sensing of Environment, 2009, 113: 1886-1898.
- [23] 王素萍, 宋连春, 韩永翔, 等. 玛曲气候变化对生态环境的影响[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4): 556-561.
- [24] 戚登臣, 李广宇, 陈文业, 等. 黄河上游玛曲县天然草场退化现

- 状、成因及治理对策[J]. 中国沙漠, 2006, 26(2): 202-207.
- [25] 周九菊. 玛曲草原面临的问题及对策[J]. 畜牧兽医杂志, 2009(6): 43-44.
- [26] GIMMSdocumentation_NDVIg_GLCF. http://www.glcfc.umd.edu/library/guide/GIMMSdocumentation_NDVIg_GLCF.pdf
- [27] Advanced Very High Resolution Radiometer - AVHRR. <http://noaa.noaa.gov/NOAASIS/ml/avhrr.html>
- [28] 刘良明, 梁益同, 马慧云, 等. MODIS 和 AVHRR 植被指数的关系研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004, 29(4): 307-310.
- [29] 张国胜, 李林, 汪青春, 等. 青藏高原气候变化及其对高寒草甸牧草生长影响的研究[J]. 草业学报, 1999, 8(3): 1-10.
- [30] 杨嘉, 郭锐, 贾建华. 西北地区 MODIS/NDVI 与 MODIS/EVI 对比分析[J]. 干旱气象, 2007, 25(1): 38-43.

Contrast of the Long-term NDVI/MODIS, NDVI/GIMMS and NDVI/NSMC: a Case of Maqu

SHA Sha¹, GUO Ni¹, LI Yaohui¹, HAN Tao²

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA/ Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster of Gansu Province/Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China)

Abstract: NDVI/MODIS, NDVI/GIMMS and NDVI/NSMC are three NDVI datasets, due to their different lengths of time series and the giant difference in spatial resolution, the fundamental work should be done about comparing these datasets before applying these data to carry out relevant research. This article took Maqu County of Gansu Province as an example, used the ways of histogram, correlation analysis, trend analysis and so on to research mutual relations of three NDVI datasets. The results are as follows: 1) The histograms of NDVI/NSMC and NDVI/MODIS had the similar distribution feature, but the NDVI/MODIS data distributed more wider than that of the former; 2) The numerical value of the three datasets were: NDVI/MODIS > NDVI/GIMMS > NDVI/NSMC; 3) Three datasets had consistent spatial image feature, there were very significant spatial correlation between any two of them, and in January the correlation was relatively weakest while in May and October it was strongest, among these datasets, NDVI/NSMC and NDVI/MODIS had more stronger spatial correlation; 4) The numerical value of NDVI/GIMMS and NDVI/NSMC from January to March, May to August and annual average values had remarkable temporal correlation, but both of them had big difference in yearly changed trend, and the difference of the climate tendency rate of them reached up to 5 times. The dataset of NDVI/NSMC might miss the atmospheric correction and cross-calibration during the data processing, which was an important factor resulting in big difference for the homologous datasets of NDVI/GIMMS and NDVI/NSMC.

Key words: NDVI/MODIS; NDVI/GIMMS; NDVI/NSMC; long-term series; Maqu County