

基于 NDVI 序列影像的植被覆盖变化研究

杜子涛, 占玉林, 王长耀

(中国科学院遥感应用研究所遥感科学国家重点实验室, 北京 100101)

摘要:归一化植被指数 NDVI 是地表植被覆盖特征的重要指标之一。以新疆石河子地区 2003~2006 年 MODIS 遥感数据反演的 NDVI 时间序列影像为例, 分析研究了植被长势的年内和年际变化, 将植被长势的年内变化和年际变化分为比前一年(月)好、比前一年(月)稍好、与前一年(月)持平、比前一年(月)稍差和比前一年(月)差 5 个等级, 得到年内和年际间植被长势的动态分布图, 从植被长势分布图中 NDVI 的变化可以看出年际和年内植被长势的变化。并应用变化矢量分析法对 2003~2006 年石河子地区 NDVI 的变化强度进行了分析, 获得了植被覆盖变化强度分布情况, 研究结果表明 4 a 内石河子地区植被覆盖未发生大的变化, 植被系统基本稳定。

关 键 词:MODIS 数据; 归一化植被指数; 覆盖变化; 变化矢量分析

中图分类号:TP 79 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-0323(2008)01-0047-04

1 引 言

植被是联结土壤、水分与环境的自然纽带, 具有明显的季节变化和年际变化, 同时也反映了地表覆盖的变化。而归一化植被指数(NDVI)是地表植被覆盖特征的重要指标之一, 它能够相当精确地反映植被绿度、光合作用强度, 反映植被代谢强度及其季节和年际变化, 可用于植被的监测、分类和物候分析。而且, NDVI 能部分地补偿照明条件、地面坡度以及卫星观测方向的变化所引起的不足。因此, 研究 NDVI 序列影像的植被特征及覆盖变化就很有必要^[1~5]。以 2003~2006 年 MODIS 遥感数据反演的 NDVI 时间序列影像为例, 分析研究了植被的年内和年际变化, 并将用于高分辨率的变化矢量分析法, 应用到对 NDVI 时序资料(具有高时间分辨率)的分析中, 获得石河子地区 2003~2006 年的植被覆盖变化强度分布情况。

2 研究区域及遥感数据

2.1 研究区域

研究区域选在新疆石河子地区(图 1), 它地处

新疆天山北麓中段, 准噶尔盆地的南缘, 北临古尔班通古特沙漠, 80°58'~86°24'E, 44°01'~45°20'N, 海拔 300~500 m, 属温带大陆性干旱气候区, 是典型的绿洲区, 水土光热等自然条件有利于农业生产, 是新疆粮食棉花生产基地之一^[5,6]。

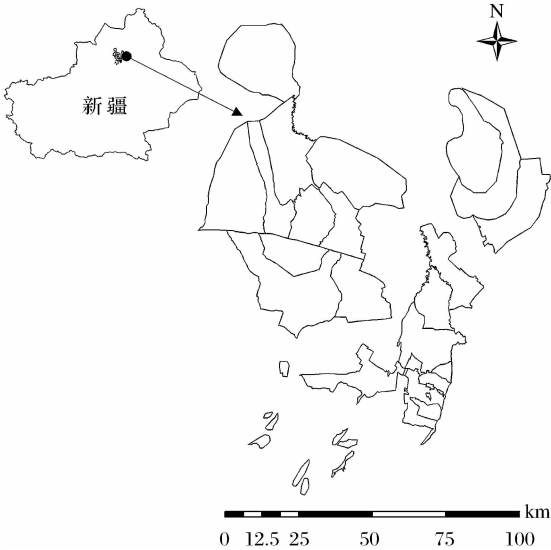


图 1 研究区域

Fig. 1 Study area

收稿日期:2007-07-26; 修订日期:2008-01-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40571117)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-313)、遥感科学国家重点实验室科研资助基金项目(KQ060006)。

作者简介:杜子涛(1979—), 男, 博士研究生, 研究方向为全球变化遥感。E-mail: dzt@irsa. ac. cn。

2.2 遥感数据源

本文研究所用的遥感数据源为美国地球资源观测系统数据中心提供的空间分辨率为 250 m 的植被指数产品(MOD13Q1),时间序列为 2003 年 1 月 1 日至 2006 年 12 月 31 日。该产品是经过严格算法处理后的 16 d 内每个像元的最佳植被指数产品,它包含 NDVI、EVI、红光、近红外、中红外、蓝光等波段反射率及其它辅助信息。采用 USGS EROS 数据中心开发的 MRT 几何纠正软件,对石河子地区涉及的两景影像进行几何纠正和镶嵌,并将数据投影到 Albers 等面积投影,最后应用边界文件剪切出石河子地区内的 NDVI 影像序列作为本文的研究对象^[8~10]。

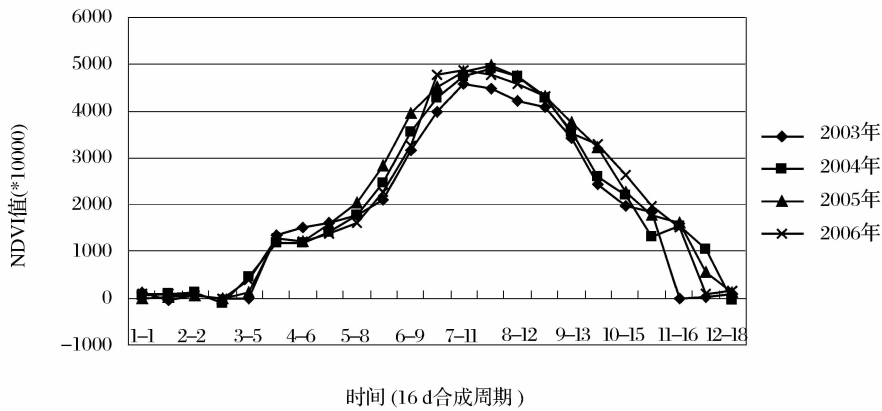


图 2 NDVI 空间平均序列的变化对比图

Fig. 2 Changing comparison of NDVI space average series

3.1 年内变化分析

年内不同时相的植被指数等级,反映了一个地区植被长势在时间上的动态变化。以 2006 年 7 月下旬、8 月下旬和 9 月下旬的 MODIS 数据为例,计算出各月之间的 NDVI 差值图像 ΔNDVI 。如果 $\Delta\text{NDVI} < 0$,表明该月的植被长势达不到前一月的水平;如果 $\Delta\text{NDVI} > 0$,该月的植被长势好于前一月;如果 $\Delta\text{NDVI} = 0$ 或近似于 0,说明两月的植被长势相当^[11]。采用对差值图像进行图像分割的技术得到 NDVI 差值分布图,借助直方图确定的阈值,将植被长势分为比前一月好、比前一月稍好、与前一月持平、比前一月稍差和比前一月差 5 个等级。图 3(见图版Ⅶ)为 2006 年 7~8 月石河子地区植被长势分布图,各等级像元个数和所占百分比见表 1。其中比前一月好占 27.16%,比前一月稍好占 29.06%,与前一月持平占 23.10%,而比前一月稍差和比前一月差各占 16.03%和 4.65%。这说明 7~8 月植被处于生长期,8 月份石河子大部分地区的植被长势好于 7 月份。图 4(见图版Ⅶ)为 2006 年 8

3 基于 NDVI 序列影像的年内和年际变化对比分析

不同长势的植被,其 NDVI 值大小不同,一般植株越高、群体越大、叶面积系数越大的植被,其 NDVI 值越大。为了分析植被变化的宏观特征,采用均值法统计整个研究区内所有像元每 16 d 的 NDVI 均值,统计的时间为 2003~2006 年(图 2)。从图中可以看出每年 3 月份之前,由于地表植被还不很丰富,NDVI 值比较低,而后体现出整体的规律性增加,7 月底 8 月初植被覆盖达到最佳状态后 NDVI 值又逐渐减少。

~9 月石河子地区植被长势分布图,各等级的像元个数和所占的百分比见表 2。其中比前一月好占 1.39%,比前一月稍好占 3.94%,与前一月持平占 36.97%,而比前一月稍差和比前一月差各占 42.70%和 15.00%。这说明到 9 月下旬时,植被已经开始进入成熟期,9 月份石河子大部分地区的植被长势比 8 月份差。

表 1 各等级所占的百分比

Table 1 Percentage of different levels					
等级	好	稍好	持平	稍差	差
像元个数	27334	29237	23250	16128	4677
所占比例(%)	27.16	29.06	23.10	16.03	4.65

表 2 各等级所占的百分比

Table 2 Percentage of different levels					
等级	好	稍好	持平	稍差	差
像元个数	1395	3965	37228	42947	15091
所占比例(%)	1.38	3.94	37.00	42.68	15.00

3.2 年际变化分析

通过植被生长期前后两年同期的 NDVI 差值

图像 ΔNDVI , 可以判断某年植被长势优劣。以 2005 年 7 月下旬和 2006 年 7 月下旬 MODIS 影像为例, 计算出石河子地区 2005 年与 2006 年 7 月下旬的 NDVI 差值图像 ΔNDVI , 借助直方图确定的阈值, 将植被长势分为比前一年好、比前一年稍好、与前一年持平、比前一年稍差和比前一年差 5 个等级。图 5(见图版 VII) 为石河子地区 7 月下旬的 NDVI 差值分布图, 各等级的像元个数和所占的百分比见表 3。其中比前一年好占 5.81%, 比前一年稍好占 8.65%, 与前一年持平占 47.64%, 比前一年稍差和比前一年差各占 29.65% 和 8.25%。这说明, 2006 年 7 月下旬石河子大部分地区的植被长势与 2005 年持平或者稍差。

表 3 各等级所占的百分比

Table 3 Percentage of different levels

等级	好	稍好	持平	稍差	差
像元个数	5844	8704	47937	29839	8302
所占比例(%)	5.81	8.65	47.64	29.65	8.25

4 变化矢量分析^[12~15]

变化矢量(CVA)分析方法原适用于高空间分辨率的多波段影像, 其原理也可用于多时相 NDVI 影像数据提取变化信息。为了分析高时间分辨率的 NDVI 时序数据, 需对该方法重新定义其矢量空间, 如果将 n 采样的年 NDVI 时间序列影像定义为 n 维空间的一个点集, 则全年的 NDVI 序列可对应于一个 n 维的时间矢量:

$$P(i, x) = \begin{bmatrix} x(t_1) \\ x(t_2) \\ \dots \\ x(t_n) \end{bmatrix} \tag{1}$$

$P(i, x)$ 表示像元 i 对应于 x 年的矢量, $x(t)$ 为像元 i 在时间 t_1 到 t_n 的 NDVI 值, n 表示时间维数。矢量的模 $\|P\|$ 代表了全年植被 NDVI 的累积, 矢量的方向 P 为全年植被 NDVI 的时间曲线形状的综合反映。

根据以上对时间矢量的定义可以看出: 任意两年间植被 NDVI 的任何变化都会表现在这 n 维空间中, 这种变化可用变化矢量描述如下:

$$\Delta P(i) = P(i, y) - P(i, x) = \begin{bmatrix} y(t_1) - x(t_1) \\ y(t_2) - x(t_2) \\ \dots \\ y(t_n) - x(t_n) \end{bmatrix} \tag{2}$$

$\Delta P(i)$ 是像元 i 从 x 到 y 年的变化矢量。 $\Delta P(i)$ 包含了 $(y - x)$ 年间, 像元 i 在每一时间维上的变化信息。 $\Delta P(i)$ 的方向由一系列的角度定义, 决定了

NDVI 值的变化过程。变化矢量的模 $\|\Delta P\|$, 由欧氏距离(Euclidean distance)决定, 表示了 NDVI 变化的强度。

$$\|\Delta P\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y(t_i) - x(t_i))^2} \tag{3}$$

当 $\|\Delta P\|$ 超过某一阈值时, 往往对应着植被覆盖从一种类型转变成另一种类型。

取 2003 年与 2006 年石河子地区 NDVI 时间序列影像为例分析, MVC 合成单元为 16, 因此一年可获取 23 景 NDVI 影像数据, 相应的变化矢量分析的空间为 23 维。计算出变化的强度分布, 借助直方图确定的阈值, 将变化强度分为无变化、低变化、中变化与高变化 4 类。图 6 为(见图版 VII)石河子地区 NDVI 变化矢量强度图像分割结果, 各等级的像元个数和所占的百分比见表 4。其中未变化类型占 48.72%, 几乎达到一半, 低变化和中变化类型各占 38.09%、11.96%, 而高变化类型仅为 1.23%。这说明 2003 年至 2006 年石河子地区植被主要为未变化与低变化类型。

表 4 各等级所占的百分比

Table 4 Percentage of different levels

等级	无变化	低变化	中变化	高变化
像元个数	49025	38331	12031	1239
所占比例(%)	48.72	38.09	11.96	1.23

5 结 语

以新疆石河子地区 2003~2006 年 MODIS 遥感数据反演的 NDVI 时间序列影像为例, 分析研究了植被长势的年内和年际变化, 将植被长势的年内变化和年际变化分为比前一年(月)好、比前一年(月)稍好、与前一年(月)持平、比前一年(月)稍差和比前一年(月)差 5 个等级, 得到年内和年际间植被长势的动态分布图, 从植被长势分布图中的 NDVI 变化可以看出年际和年内植被长势的变化。最后采用变化矢量分析方法进行石河子地区的植被覆盖变化分析, 并将植被覆盖强度变化分为无变化、低变化、中变化与高变化 4 类, 研究结果表明 4 a 内石河子地区植被覆盖未发生大的变化, 植被系统基本稳定。

参考文献:

[1] Wang Z X, Liu C, Huete A. From AVHRR-NDVI to MODIS-EVI: Advances in Vegetation Index Research[J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(5): 979-987. [王正兴, 刘闯, Huete A. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J]. 生

- 态学报, 2003, 23(5): 979-987.]
- [2] Guo N. Vegetation Index and Its Advances[J]. Arid Meteorology, 2003, 21(4): 71-75. [郭妮. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 71-75.]
- [3] Li H J, Zheng L, Lei Y P, *et al.* Comparison of NDVI and EVI Based on EOS/MODIS Data [J]. Progress in Geography, 2007, 26(1): 26-32. [李红军, 郑力, 雷玉平, 等. 基于 EOS/MODIS 数据的 NDVI 与 EVI 比较研究[J]. 地理科学进展, 2007, 26(1): 26-32.]
- [4] Ding M J, Shen Z X, Zhang Y L, *et al.* Vegetation Change along the Qinghai-Xizang Highway and Railway from 1981 to 2001[J]. Resources Science, 2005, 27(5): 128-133. [丁明军, 沈振西, 张德铨, 等. 青藏公路与铁路沿途 1981~2001 年植被覆盖变化[J]. 资源科学, 2005, 27(5): 128-133.]
- [5] Wu B F. Operational Remote Sensing Methods for Agricultural Statistics[J]. Acta Geographica Sinica, 2000, 55(1): 25-35. [吴炳方. 全国农情监测与估产的运行化遥感方法[J]. 地理学报, 2000, 55(1): 25-35.]
- [6] Bao A M, Zhang X L, Fang H, *et al.* Application of MODIS Data in the Ecological Environment Regeneration in Xinjiang, China[J]. Arid Land Geography, 2004, 27(2): 256-260. [包安明, 张小雷, 方晖, 等. MODIS 数据在新疆生态环境建设中的应用[J]. 干旱区地理, 2004, 27(2): 256-260.]
- [7] Lu J H, Chen X, Wang X P, *et al.* Analyses and Practice on Monitoring the Growth of Large-area Cotton with MODIS Data[J]. Arid Land Geography, 2004, 27(1): 118-123. [吕建海, 陈曦, 王小平, 等. 大面积棉花长势的 MODIS 监测分析方法与实践[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 118-123.]
- [8] Liu Y J, Yang Z D. The Principle and Arithmetic of MODIS [M]. Beijing: Science Press, 2001. [刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.]
- [9] Pacheco M M, Hernandez-Guerra A. MODIS Brochure[S]. National Aeronautics and Space Administration, 1998.
- [10] Huete A, Justice C, Liu H. Development of Vegetation and Soil Indices for MODIS[J]. Remote Sensing of Environment, 1994, 49: 224-234.
- [11] Liu A X, Wang C Y, Liu Z J, *et al.* Cotton Information Extraction and Growth Monitoring in Arid Area Based on RS and GIS[J]. Geography and Geo-information Science, 2003, 19(4): 101-104. [刘爱霞, 王长耀, 刘正军, 等. 基于 RS 与 GIS 的干旱区棉花信息提取及长势监测[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 7: 101-104.]
- [12] Johnson R D, Kasischke E S. Change Vector Analysis: A Technique for the Multispectral Monitoring of Land Cover and Condition[J]. International Journal of Remote Sensing, 1998, 19(3): 411-426.
- [13] Lambin E F, Strahler A H. Indicators of Land-cover Change for Change Vector Analysis in Multi-temporal Space at Coarse Spatial Scales[J]. Remote Sensing of Environment, 1994, 15(10): 2099-2119.
- [14] Wang J, Zhang J X, Liu Z J, *et al.* Vegetation Cover Changes Based on Refined NDVI Image Sequences[J]. Science of Surveying and Mapping, 2005, 30(6): 43-44. [王坚, 张继贤, 刘正军, 等. 基于 NDVI 序列影像精化结果的植被覆盖变化研究[J]. 测绘科学, 2005, 30(6): 43-44.]
- [15] Chen Y H, Li X B, Chen J, *et al.* The Change of NDVI Time Series Based on Change Vector Analysis in China 1983~1992 [J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(1): 12-19. [陈云浩, 李晓兵, 陈晋, 等. 1983~1992 年中国陆地植被 NDVI 演变特征的变化矢量分析[J]. 遥感学报, 2002, 6(1): 12-19.]

Study on Vegetation-cover Changes Based on NDVI Serial Images

DU Zi-tao, ZHAN Yu-lin, WANG Chang-yao

(The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The normalized difference vegetation index (NDVI) is one of key indicator of land vegetation cover feature. Taking the inversion NDVI serial images of MODIS data as an example, this paper analyzes the changes of vegetation growth trend and the change intensity of the NDVI from 2003 to 2006 in Shihezi municipality, Xinjiang province by the change vector analysis method. The distribution of vegetation cover changes intensity was obtained. The results show that there is no great change within past four years.

Key words: MODIS data; Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); Cover changes; Change Vector Analysis (CVA)