

文章编号: 1007-4619 (2002) 01-0012-07

1983—1992年中国陆地植被 *NDVI* 演变特征的变化矢量分析

陈云浩, 李晓兵, 陈晋, 史培军

(北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京师范大学资源科学研究所, 北京 100875)

摘要: 以 *NDVI* 时序资料为基本数据源, 综合应用变化矢量分析和主成分分析方法对 1983 年至 1992 年中国陆地植被 *NDVI* 的变化强度、变化类型及空间结构变化特征进行了分析。研究结果表明在此期间中国陆地植被 *NDVI* 变化有以下特点: (1) 十年间 *NDVI* 变化东西分异明显, 东部变化幅度远大于西部。*NDVI* 变化整体表现为稳中略增, 增加区主要分布在台湾、福建、四川、河南等地; 减少区主要分布在云南省和新疆北部等地。(2) 空间结构信息表现了景观异质性, 其变化主要发生在南方, 反映了植被的生长和衰老过程及地形(山脉走向)变化。

关键词: 植被; 土地覆盖; *NDVI*; 变化矢量分析; 空间结构信息

中图分类号: TP751.1 文献标识码: A

1 引言

地表被认为对全球的能量平衡、生物化学循环、水循环等起着调控作用, 对气候系统变化有着深远的影响^[1], 因而在全球变化研究中对地表覆盖与变化的研究一直倍受重视。引发地表覆盖变化的原因主要有以下几种: (1) 长期的气候变化; (2) 地理或生态环境变化, 如土壤侵蚀、植被退化等; (3) 人类活动驱动产物, 即由人类活动开发自然资源所进行的工业化、城市化和农业化过程引起的。(4) 年季间的气候变化, 如降雨分布的差异、太阳辐射及植被物候的变动所引发对生态敏感区域的植被覆盖、NPP 及水循环的变化。不同的变化原因对生态系统有不同的影响, 其变化不仅表现在土地覆盖变化强度和类型上, 而且反映在其空间结构的变化过程中。

近二十年来, 许多学者利用遥感技术开展地表覆盖分类^[2]和覆盖变化的研究^[3]。结果表明: 植物指数(VI)能够敏感的反映出植被生长状况(生物量、叶面积指数、盖度等)、生物物理和生物化学特征(叶含水量、叶绿素含量等)及生态系统参数(降雨量、潜

在和实际蒸发量)的变化, 因而可用植被指数来检测土地覆盖的变化。所以, 本文利用 NOAA/AVHRR 的 *NDVI* 资料, 探讨利用变化矢量分析(CVA)进行时序分析的方法, 并利用该方法对 1983 至 1992 年我国植被 *NDVI* 变化的空间特征进行分析。

2 变化矢量分析

2.1 变化检测方法

对地表植被特征参数进行的动态检测方法通常可以概括为两大类: 基于分类后比较法和基于像元光谱数据的直接比较方法。前一类方法存在的明显不足在于: 能区分不同类型间的质变即从一种类型转变为另一种类型, 但无法探测同种类型在不同时间上的量变。后一类方法则可探测出像元细微变化并可以避免前一类方法中分类误差对变化检测精度的影响。由于不同类型植被年生长过程曲线是不同的, 植被在时间维的信息有助于提高监测和分类的精度, 因而基于像元光谱数据的直接比较法在植被的时序分析中也得到了应用。主要有两类方法: (1) 主成分分析法。利用 *NDVI* 的时序数据做主成分

收稿日期: 2000-11-01; 修订日期: 2000-12-14

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018604)和国家自然科学基金项目(3000027)资助。

作者简介: 陈云浩(1974—), 男, 安徽固镇人。北京师范大学资源科学研究所博士后。研究方向为生态环境遥感, 发表论文 20 余篇。

分析,进而用前若干个主分量进行土地覆盖分析比较和分类^[2,4,9]。(2) 生长曲线的特征参数法。主要包括特征值法^[6,7]、倾斜指数和范围指数法^[8]、傅立叶变换法^[9]等。主要思路是利用对植被的返青期、生长峰值、生长期长度、衰亡期等特征参数或利用生长曲线的变化幅度和形态特征来刻画植被生长曲线的变化形态。以上方法虽能较好把握植被的宏观变化特征,但存在以下缺点:(1) 无法表达像元在时间维上具体的变化细节。(2) 对空间结构信息反映不足。

近年发展起来的变化矢量分析法^[10],直接对像元的光谱信息进行比较,可提供像元在时间维上具体的变化值和变化类型,是一种非常有潜力的直接比较分析方法。本文尝试将传统用于高空间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,并构造空间结构指数来描述 *NDVI* 空间结构的变化。

2.2 变化矢量分析原理

2.2.1 时间矢量

变化矢量分析原适用于高空间分辨率的多波段影像,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。本文所用的 *NDVI* 数据以月为间隔,每年可获得 12 张 *NDVI* 影像。定义一个 12 维的矢量空间,将每月 *NDVI* 分别对应于一维空间,故全年的 *NDVI* 序列可对应于一个 12 维的时间矢量:

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

$p(i, x)$ 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。

2.2.2 变化矢量

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 12 维空间中,这种变化可用变化矢量描述如下式:

$$\Delta P(i) = P(i, y) - P(i, x) = \begin{bmatrix} y_1 - x_1 \\ y_2 - x_2 \\ \vdots \\ y_n - x_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

$\Delta P(i)$ 是像元 i 从 x 年到 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。

$$\|\Delta P\| = \sqrt{(y_1 - x_1)^2 + (y_2 - x_2)^2 + \dots + (y_n - x_n)^2} \quad (3)$$

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

图 1 表示覆盖类型从稀疏草地变化为林地以及所对应的植被指数的变化。不同土地覆盖类型间及同类型不同数量间的变化矢量的方向是不同的,如能对典型的变化类型建立特征变化方向,将有助于对变化类型的识别。

3 数据来源及处理

本项目研究所利用的遥感数据为美国地球资源观测系统(Earth Resource Observation System; EROS)数据中心的探路者数据库(Pathfinder Data Sets)所提供的 NOAA/AVHRR 的 *NDVI* 数字影像。图像空间分辨率为 $8 \text{ km} \times 8 \text{ km}$,时间分辨率为月,时间序列为 1983 年 1 月至 1992 年 12 月。

图像处理主要包括图像配准和每月 *NDVI* 最大化处理 MVC(maximum value composites):(1) 图像配准,包括经纬度校正、投影转换、边界矢量文件和研究区栅格文件生成。图像投影方式采用等距离经纬网投影(Geographic projection),与中国边界矢量图配准,保证误差在一个像元内。(2) MVC 植被指数预处理,即图像中每一像元用该月的最大 *NDVI* 值代替,该处理的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^[12]。

$$NDVI_i = \max\{NDVI_j\} \quad (4)$$

其中, $i=1, 2, \dots, 12$, 表示月份。 $j=1, 2, \dots, 30$, 表示日期。

4 结果分析

4.1 *NDVI* 变化矢量分析

4.1.1 *NDVI* 矢量变化强度

用 1992 年 *NDVI* 的时间矢量减去 1983 年的时间矢量,得到两年度 *NDVI* 的变化矢量。按(3)式计

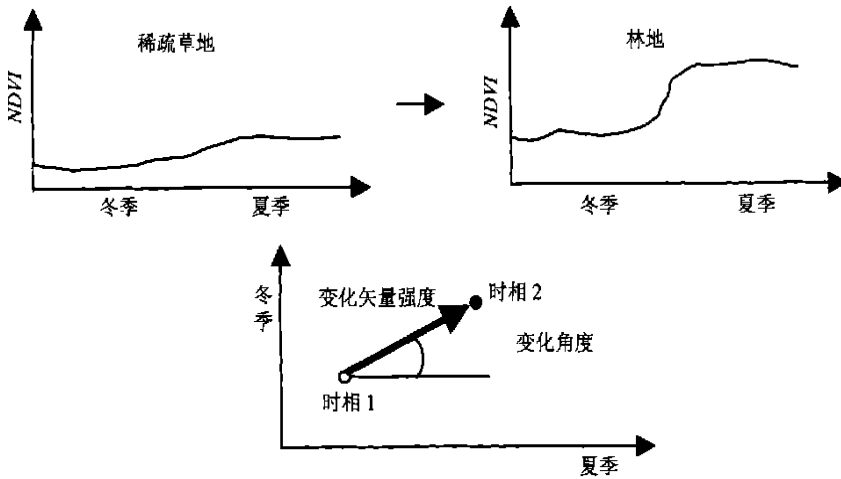


图 1 变化矢量分析方法概念图(据 Jensen^[11], 1996)

Fig. 1 Schematic diagram of the spectral change detection method (after Jensen^[11], 1996)

算 $NDVI$ 变化矢量模, 采用对变化矢量模进行图像分割的技术来生成 $NDVI$ 变化强度图。图像分割满足^[13]: (1) 相似性原则, 即同一区域内像元应相似。(2) 非连续原则: 从一个区域向另一个区域搜索, 像元一定有某些变量特征(梯度等特征)发生突变, 从而确定边界。在进行分割处理时, 主要考虑直方图上每个特征峰的位置和形状, 根据特征峰的均值和方差确定每段分割的端点, 具体参数如表 1 所示。最终的 $NDVI$ 变化强度如图 2 所示(见图版 I), 图中显示出有四种不同的变化强度类型。

表 1 $NDVI$ 矢量变化强度的图像分割

Table 1 Image segment of the change vector magnitude image for $NDVI$

变化矢量模	0—20	21—114	115—158	159—190
颜色	白色	青色	黄色	红色
含义	无变化	低变化	中变化	高变化

(1) 红色代表高变化区, 面积较小主要集中在台湾省和海南等地。从中可以看出, 热带季风雨林气候区植被十年 $NDVI$ 的变化程度。

(2) 黄色代表中变化区, 主要分布在珠江三角洲、四川盆地、黄淮海平原等地。反映了农业植被种区植被类型的差异和年季间植被生长期的变动, 所造成的 $NDVI$ 的差异。

(3) 青色代表低变化区, 面积较大, 交错分布在江南和东北大部及藏东、疆北等地。

(4) 白色代表无变化区, 主要分布在西北地区(新疆北部除外)。表明该地区植被覆盖状况十年很少变化。

4.1.2 $NDVI$ 矢量变化类型

通过对 $NDVI$ 矢量变化强度的分析, 可以看出十年间植被覆盖的变化程度。但无法判断其变化类型, 即无法判定十年间植被 $NDVI$ 值是增加了还是减少了。以 $NDVI$ 矢量变化强度和年 $NDVI$ 累计值的变化率 V_{NDVI} 来判定 $NDVI$ 矢量变化类型。 V_{NDVI} 的定义如下:

$$V_{NDVI} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{12} y(t_i) - \sum_{i=1}^{12} x(t_i)}{\sum_{i=1}^{12} x(t_i)} \right] \times 100\% \quad (5)$$

取中变化和低变化的界限值作为给定阈值 M (根据上节分析, 本文取 $M=114$), 凡是 $\|\Delta P\| \leq M$ 的像元, 被认为 $NDVI$ 的变化为平稳型, 当 $\|\Delta P\| > M$ 时, 再根据 V_{NDVI} 的变化范围定义像元 $NDVI$ 的变化类型。具体的 $NDVI$ 变化类型的划分标准如下式:

$$\begin{cases} \|\Delta P\| \leq M & \text{平稳型} \\ \|\Delta P\| > M, V_{NDVI} > 10\% & \text{增加型} \\ \|\Delta P\| > M, V_{NDVI} < -10\% & \text{减少型} \\ \|\Delta P\| > M, -10\% < V_{NDVI} < 10\% & \text{波动型} \end{cases} \quad (6)$$

按(6)式可分割出 $NDVI$ 的变化类型图(图 3, 见图版 I), 从中可以看出 1983 至 1992 年中国植被 $NDVI$ 的变化有如下特征:

(1) $NDVI$ 的变化区主要集中在中国东南部, 以及东北和新疆局部。

(2) 十年间 $NDVI$ 变化类型以平稳型最多, 占整体的面积的 79.38%; 波动型次之, 占总面积的 14.80%; 增加型和减少型最少, 分别占 3.49%,

2.32%。

(3) NDVI 变化整体表现为稳中略增, 增加区主要分布在台湾、福建、四川、河南等地; 减少区主要分布在云南省和新疆北部地区。

4.2 NDVI 变化矢量的主成分分析

为进一步分析 NDVI 的变化矢量信息, 对 1983 至 1992 年月 NDVI 变化矢量进行主成分分析 (PCA), 同时对 1983 至 1992 年月平均 NDVI 进行 PCA。有关结果如表 2 和图 4 示。

表 2 NDVI 变化矢量的主成分分析

Table 2 Eigenvalues and percentage of total variance explained by principal component image

	1983—1992 年 月平均 NDVI		1983—1992 年 月 NDVI 变化矢量	
	特征值	累计方差率%	特征值	累计方差率%
PC1	5986.12	80.92	480.27	48.13
PC2	891.10	92.96	127.30	60.89
PC3	199.64	95.66	74.16	68.32
PC4	154.57	97.75	65.02	74.84
PC5	87.96	98.94	56.73	80.52
PC6	28.69	99.33	53.05	85.84
PC7	17.69	99.57	39.94	89.84
PC8	11.84	99.73	29.04	92.75
PC9	8.15	99.84	22.27	94.98
PC10	5.76	99.91	18.63	96.85
PC11	3.61	99.96	17.27	98.58
PC12	2.72	100.00	14.20	100.00

对 1983 至 1992 年月平均 NDVI 的主成分分析表明, 仅其前两个主分量可代表 92.96% 的方差。而对月 NDVI 变化矢量的 PCA 分析表明, 其前 8 个主分量代表的方差才达到 92.75%。可见月 NDVI 变化矢量与十年平均月 NDVI 序列中信息含量的差异。

由图 4(a) 可以看出, 第 1 主成分的载荷因子在各月均为正值, 意味该主分量与当年的总生物量有关。第 2 主成分在 1、2、3、10、11、12 月份为负值, 6、7、8 月份为正值, 相当于夏季的 NDVI 减去其余季节的 NDVI, 这代表年内生长旺季与非生长旺季植被指数的变化程度。第 2 主分量的大小, 表明该区域 NDVI 的年内变化幅度。由于第 1 主成分占总方差的 80.9%, 说明我国植被的宏观特征可以主要通过累计 NDVI, 即总生物量描述。

图 4(b) 显示出, 月 NDVI 变化矢量的第 1 主成分在全年均为正值, 且贡献较大的是 4 月和 9 月, 分别对应于植被的返青期和衰亡期, 说明 1983 年至 1992 年期间生物量变化较大。PC2 反映了月 NDVI 的变化速度, 从 1—4 月 NDVI 均呈增加的趋势, 其中 4 月份的增加速度最大。6—9 月 NDVI 均呈减少的趋势, 5、10、11 月则为变化平稳期。PC3 主要相关于 9 月, 反映了植被在 1983 年至 1992 年期间衰老速度的不同; PC4 相关于 5 月, 反映了植被在 1983 至 1992 年植被在生长期生长速度的不同。

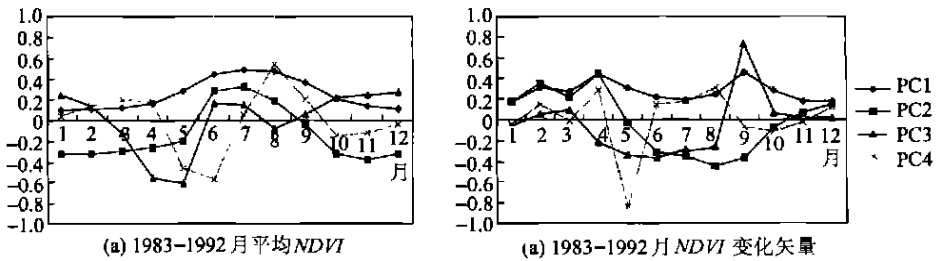


图 4 主成分分析载荷因子图

Fig. 4 Factor Loadings of PCA

4.3 NDVI 空间结构变化分析

人类对土地利用导致土地景观的破碎化, 增加了景观的异质性, 影响区域的生态安全。在以往的大尺度地表特征变化的遥感研究中, 注意挖掘了变化信息时间维的光谱信息, 而忽略了其空间结构信息。本文定义了空间结构指数, 并对 1983 至 1992 年的 NDVI 结构信息进行变化矢量分析, 讨论 NDVI 空间结构的变化特征以及和土地覆盖变化的关系。

4.3.1 NDVI 空间结构指数

根据图像的特点, 将分维定义如下: 集合 S 由

$N(L)$ 个 E 维线长为 L 的盒子覆盖, 若整个 S 包含在一个尺寸为 L_{max} 的盒子里, 则 $N(L)$ 个子集中的任一个将落在尺寸为 L 的盒子内, 即:

$$N(L) \times r^D = C \quad (7)$$

其中, $r = L/L_{max}$, D 为分维值, C 为常数。上式又可表示为:

$$\log N(L) = -D * \log r + C \quad (8)$$

将 NDVI 图像视为三维物体, 任一像元的可表示为 $[x, y, f(x, y)]$, 其中 (x, y) 为像元的坐标, $f(x, y)$ 是像元的灰度值。在纹理密集处, 像元灰度

变化剧烈,相应的分维值大。而在纹理平滑处,像元灰度变化平缓,相应的分维值较小。故本文根据相邻像元灰度的变化,来计算像元的分维值。

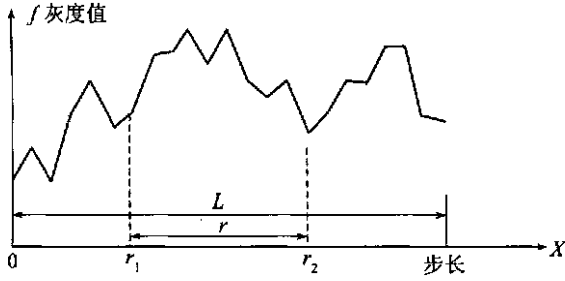


图 5 像元灰度示意图

Fig. 5 Gray scale of pixel

以像元 (x, y) 为中心,其相邻像元在 X 轴方向上的灰度变化如图 5 示。按给定尺码 L 截取有效计算范围 $[0, L]$,任取步长 $r \in (0, L)$ 值,有 $0 \leq r_1 < r_2 < L$,令 $r = r_2 - r_1$ 。设

$$n(r) = \frac{|f(r_2) - f(r_1)|}{r} \quad (9)$$

其中 $f(r_1)$, $f(r_2)$ 是 r_1 , r_2 处的灰度值。从图 5 可以看出 r_1 的取值范围为 $[0, L - r]$,对于给定 r 值,相应的 $n(r)$ 的平均值为:

$$\overline{n(r)} = \sum_{r_1=0}^{L-r} n(r) \frac{1}{L-r+1} \quad (10)$$

令 $N(r) = \overline{n(r)} \times \frac{L}{r}$,遍历步长 r 的所有取值,可相应得到 $N(1), N(2), \dots, N(L)$ 。根据(8)式,可用最小二乘法回归 $\log N(r)$ 与 $-\log(r)$ 之间的斜率 D ,即为像元 (x, y) 沿 X 方向的分维值。

除在 $NDVI$ 图像边缘,可分别沿东西,南北,东南西北和东北西南方向分别计算像元 (x, y) 的方向分维值,分别记 $D_{ew}, D_{sn}, D_{es}, D_{ws}$ 。因而像元 (x, y) 的分维向量 $\mathbf{D} = \{D_{ew}, D_{sn}, D_{es}, D_{ws}\}$,将该分维向量的模定义为 $NDVI$ 的空间结构指数 S_s :

$$\|\mathbf{S}_s\| = \sqrt{D_{ew}^2 + D_{sn}^2 + D_{es}^2 + D_{ws}^2} \quad (11)$$

空间结构指数表示的是 $NDVI$ 数据空间结构的变化程度。由于 S_s 计算值较小,可对其进行适当的拉伸处理。

4.3.2 空间结构指数的变化矢量分析

首先计算出 1983 年和 1992 年逐月的 $NDVI$ 的空间结构指数,然后进行变化矢量分析。得出 1983 年至 1992 年我国植被 $NDVI$ 空间结构变化图,如图 6 示(图版 I)。从中可以发现其空间结构变化的特点:

(1) 南方地区的高空间异质性植被,往往对应着高空间结构变化。在东南沿海山地、丘陵,台湾山地和西南地区的横断山脉、藏东南等落差极大的山地和谷地,都显示出高强度变化,而在东北等地虽然其 $NDVI$ 变化强度较高,但在空间结构指数中并没有得到很好反映。分析表明 $NDVI$ 空间结构指数变化主要反映出东南地区植被的生长和衰老过程上的差异。

(2) 地形地貌对 $NDVI$ 空间结构变化的有一定影响。在沿海地丘陵地区其空间结构信息丰富,高变化区出现频率较高但无明显方向性;而在西南等地高变化区以南北走向为多,新疆地区的高变化区呈东西向,认为和天山山脉的走向有关。另外在阿尔泰山、长白山、小兴安岭等地的空间结构信息也反映了地形(山脉走向)、地势的变化。

总体来说,空间结构信息指标对南方地区较敏感,原因在于南方地形复杂、土地利用形式多样化,景观的多样性程度高。在植被茂盛期,植被覆盖类型的异质性会有所掩盖。而在植被的返青期、衰老期等不同的发展期,不同植被类型的生长变化速度的差异将会在空间结构指标上反映出来。

5 结 论

本文在定义了时间矢量的基础上,引入变化矢量分析方法对中国 1983 年和 1992 年逐月的 $NDVI$ 进行分析,得到了期间每月的 $NDVI$ 变化信息。实践表明 CVA 是一种有效的 $NDVI$ 变化检测的方法。通过对逐月的 $NDVI$ 和空间结构信息的变化矢量分析,发现 1983 年至 1992 年中国植被 $NDVI$ 的变化强度、变化类型及空间结构信息的变化特征如下:

(1) 植被 $NDVI$ 值变化幅度,东西分异明显,东部变化幅度远大于西部。 $NDVI$ 的变化较大的区域,主要集中在东南沿海、台湾省和四川、云南等西南区域(东南与西南季风区),而广大西北及青藏高原地区变化小。可以认为季风气候的影响以及广泛的人类活动(特别是不同熟制的各种农作物的种植)对东部地区地表覆盖的动态变化影响明显。

(2) 地表 $NDVI$ 变化是多种因素(气象、水文、地貌、土壤、土地利用等)综合作用的结果。虽然中国北方近几十年的气候变化的基本规律是增温(温度上升)、变干(降水减少)^[14]。而检测出的 $NDVI$ 变化区主要分布在南方,而北方(东北、西北)大面积的地带性植被类型没有发生明显变化。可见在中国北方

地形变化和植被类型是影响NDVI变化的主要因素。

(3) 中国陆地NDVI变化, 整体表现为稳中略增。增加区主要分布在台湾、珠江三角洲、四川盆地等地; 减少区主要分布在云南省和新疆北部。

(4) NDVI空间结构指数的高变化区主要在东南地区, 反映中国东南地区高异质性植被的生长和衰亡过程。而在北方仅出现在如天山、阿尔泰山、长白山、小兴安岭等地, 反映了地形(山脉走向)、地势对NDVI空间结构变化的影响。

值得说明的是, 本文主要探讨的是植被NDVI绝对量的变化特征。由于中国陆地植被生长和覆盖的差异, 相同的NDVI变化值往往对应着不同的NDVI相对变化程度, 关于中国陆地植被NDVI的相对变化分析值得进一步研究。

参考文献 (References)

- [1] Lambin E F, Strahler A H. Indicators of land-cover change for change vector analysis in multitemporal space at coarse spatial scales [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1994, **15**(10): 2099—2119.
- [2] Tucker J, John R, G, Thomas E Goff. African Land-Cover Classification Using Satellite Data [J]. *Science*, 1985, **227**(4685): 369—374.
- [3] Tucker C J, Dregne H E, Newcomb W W. Expansion and contraction of the Sahara deserts from 1980 to 1990 [J]. *Science*, 1991, **253**: 299—301.
- [4] Guo Qinghua, Yu Hong, Cao Yanli, et al. The remote sensing study on the characteristics of forest-steppe ecotone [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 1999, **35**(4): 550—557. [郭庆华, 喻红, 曹艳丽等. 北方森林草原生态过渡带的遥感研究[J]. 北京大学学报, 1999, **35**(4): 550—557.]
- [5] Benedtti R, Rossini P, Taddei R. Vegetation classification in the Middle Mediterranean area by satellite data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1994, **15**(3): 583—596.
- [6] Odenweller J B, Johnson K I. Crop identification using landsat temporal-spectral profiles [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1984, **14**: 39—54.
- [7] Loveland T R, Merchant J W, Ohlen D O, et al. Development of a land-cover database for the conterminous U. S. [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1991, **57**: 1453—1463.
- [8] Samson S A. Two indices to characterize temporal patterns in the spectral response of vegetation [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1993, **59**: 511—517.
- [9] Azzai S, Menenti M. Mapping vegetation-soil-climate complexes in southern Africa using temporal Fourier analysis of NOAA AVHRR NDVI data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, **21**(5): 973—996.
- [10] 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.
- [11] Jensen J R. Introductory digital image processing, a remote sensing perspective [M]. Prentice hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2nd ED, 1996, 197—279.
- [12] Brent N Holben. Characteristics of Maximum-value Composite Image from Temporal AVHRR Data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1986, **7**(10): 1714—1734.
- [13] Zhu Qijiang. The multi-temporal approach of research on vegetation by NOAA AVHRR image data [J]. *Remote Sensing of Environment China*. 1991, **6**(2): 99—105. [朱启疆. 应用气象卫星 NOAA-AVHRR 图像进行植被研究的多时相途径[J]. 环境遥感, 1991, **6**(4): 99—105.]
- [14] Shi Peijun, Li Xiaobing, Zhou Wuguang. Detection of vegetation response to climate change in northern China using '3s' technology [J]. *Quaternary sciences*, 2000, **20**(5): 220—228. [史培军, 李晓兵, 周武光. 利用“3S”技术检测我国北方气候变化的植被响应[J]. 第四纪研究, 2000, **20**(5): 220—228.]

The Change of *NDVI* Time Series Based on Change Vector Analysis in China, 1983—1992

CHEN Yun-hao, LI Xiao-bing, CHEN Jin, SHI Pei-jun

(Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China, Institute of Resources Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

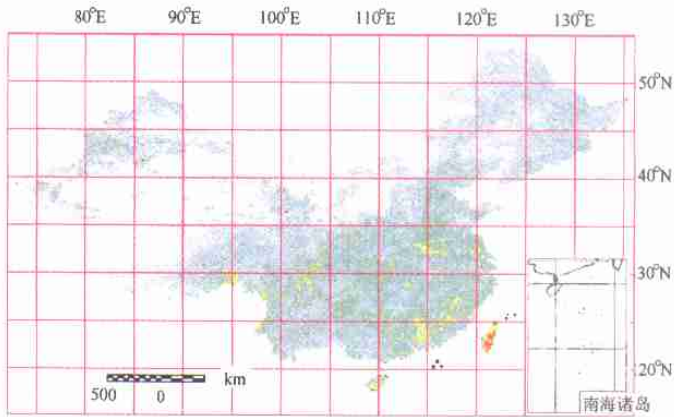
Abstract Change vector analysis and principal components analysis in *NDVI* time trajectories space are powerful tools to analyse the land-cover change. The length of the change vector indicates the magnitude of the change, while its direction indicates the nature of the change. This change detection method is applied to two remotely sensed indicators of land-surface conditions, i. e. *NDVI* and spatial structure, with aims to improving the capability to detect and categorize land-cover change. The magnitude and type of changes and the changes in spatial structure indicator in China from 1983 to 1992 are calculated using the above mentioned analysis methods. Through the research, the main conclusions are drawn as follows:

1) The change vector magnitude of *NDVI* is different apparently between East and West China. Larger changes of *NDVI* lie to the Southeast coastal areas, Taiwan and Sichuan, Yunnan province (monsoon area of Southeast and Southwest China). The changes in Northwest area and Qinghai-Xizang Plateau are little. It can conclude that the monsoon climate and the human activity impact apparently on the land cover dynamic of East area (especially the different kinds of crops).

2) *NDVI* of land cover changes is derived from many factors (climate, hydrology, landform, soil, land use etc.). Although the basic tendency of the climate in North China is that the temperature becomes increasing and precipitation get decreasing (drying), no obvious changes are presented in large-scale in this region. Landform types and vegetation types in North China are the key factors for *NDVI* changes.

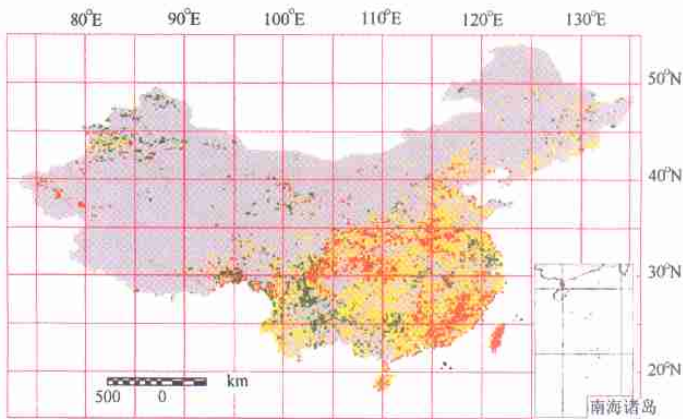
3) The spatial structure indicator is able to detect changes in the seasonal ecosystem dynamic for spatially heterogeneous landscapes. Changes of spatial structure indicators of *NDVI* mainly locate in South China, reflecting the high heterogeneity vegetation during the growth and decay processes. The areas composed of Tianshan Mountains, Changbai Mountains, and Xiaoxinganling Mountains reflect the impact of landform types on the spatial structure index.

Key words: vegetation; land-cover; *NDVI*; Change Vector Analysis (CVA); spatial structure



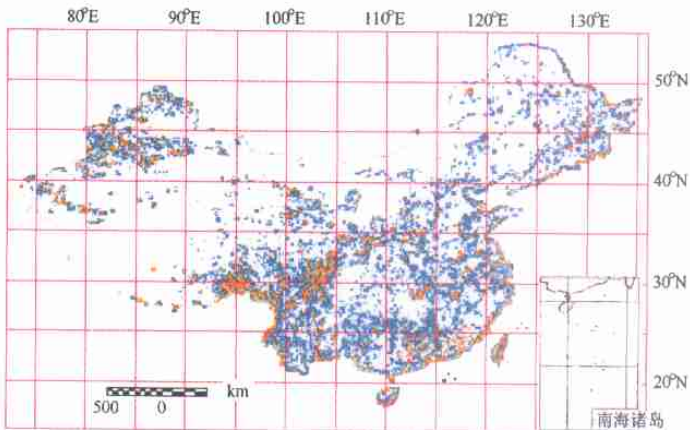
红色：高变化区；黄色：中变化区；绿色：低变化区；灰色：无变化区

图 2 NDVI 矢量变化强度图



红色：增加型；黄色：波动型；绿色：减少型；灰色：平缓型

图 3 NDVI 矢量变化类型图



红色：高变化区；桔黄色：中变化区；绿色：低变化区；灰色：无变化区

图 6 NDVI 空间结构变化矢量