

文章编号: 1007-4619(2001)04-0259-08

## 基于变化向量分析的土地利用/覆盖变化动态监测( I ) ——变化阈值的确定方法

陈 晋, 何春阳, 史培军, 陈云浩, 马 楠

(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: 本文以北京市海淀区为例, 把变化向量分析方法引进到了当前国内的土地利用/覆盖变化监测中, 针对变化向量分析方法中变化阈值确定的难题, 提出了一种双窗口变步长阈值搜寻的新方法。从海淀区的实例研究结果看, 变化的检测精度可以达到 87% 以上。表明变化向量分析法在解决阈值问题后, 确实可以有效地提取土地利用/覆盖变化信息。

关键词: 变化向量分析; 土地利用/覆盖变化; 阈值确定; 双窗口变步长阈值搜寻法

中图分类号: TP79 文献标识码: A

### 1 引 言

区域尺度的土地利用/覆盖变化研究是当前国际上开展土地利用/覆盖变化研究的重要领域之一<sup>[1]</sup>, 其研究内容主要包括两个方面: 一是利用遥感和 GIS 技术监测土地利用/覆盖的动态变化过程, 二是通过分析变化背后的各种驱动力来揭示土地利用/覆盖变化机制, 从而模拟土地利用/覆盖变化及其在不同空间尺度下的环境及生态影响<sup>[2]</sup>。前者为后者提供基础资料, 是后者研究工作中不可缺少的部分。因此, 利用卫星遥感手段测量区域土地利用/覆盖变化, 及时准确地获取区域土地利用/覆盖变化的位置、数量和类型信息已经成为了当前土地利用/覆盖变化研究走向深入的基础。

最近 20 年来, 已经有许多基于卫星遥感的动态监测方法应用于土地利用/覆盖变化动态监测之中<sup>[3,4]</sup>。这些方法通常可以概括为两大类: 以分类后比较为基础的方法和以像元光谱的直接比较为基础的方法。前者主要有不同时相数据的分类后比较法和不同时相数据的直接分类比较法两种<sup>[5,6]</sup>; 后者主要有(1)不同时相的波段代数运算法, 如差值法<sup>[7]</sup>, 比值法<sup>[8]</sup>, 植被指数法<sup>[9]</sup>等(2)回归法<sup>[10]</sup>; (3)主成分分析法<sup>[11]</sup>; (4)变化向量分析法(CVA)<sup>[12]</sup>。此外, 对基于光谱变化和分类后比较的

混合动态监测方法也进行了不少探索<sup>[13]</sup>。但是, 每一种动态监测方法都有其优势和缺陷, 事实上并没有一种方法最优并适合于所有情况<sup>[14]</sup>。在像元光谱的直接比较的方法中, 变化向量法由于不仅可以避免分类后比较法多次分类费时费力, 误差累积并出现不合理变化类型(如城市变为水田)的缺陷, 而且与其它像元光谱的直接比较方法相比, 可以利用较多甚至全部的波段来探测变化像元, 并提供变化像元的类型信息, 因此, 变化向量分析方法被认为是一种非常具有潜力的分析方法, 正越来越受到人们的重视。已经出现了一些成功的应用实例, 如基于高空间分辨率 Landsat/TM 数据的多米尼加共和国海岸红树林生态系统动态变化监测和基于高时间分辨率 NOAA/AVHRR 数据的西非 Sudanian-Sahelian 地区土地覆盖变化监测等<sup>[13,15]</sup>。

但是, 与其它方法相比, 变化向量分析方法也有许多不成熟的方面, 表现为(1)数据质量和预处理要求较高。由于土地利用/覆盖变化信息和各种不同时相传感器、物候、大气条件和土壤水分等差异导致的“干扰噪声”信息常常同时被探测到, 从而导致混淆和错判。因此, 变化向量分析方法要求进行较为严格的辐射校正, 事实上, 目前对各种干扰(尤其是物候)导致的辐射差异的校正方法仍不成熟, 因此, 只能通过选择同一传感器、同一时相的数据来最大可能的减小“干扰噪声”。这种对数据和预处理的

过高要求极大地限制了变化向量分析方法的广泛使用。(2) 缺乏高效的变化阈值确定方法。现有的研究常常经验给定变化阈值,划分出变化和非变化像元<sup>[12,13,15]</sup>。所以,变化阈值的确定一般是主观的,需要经过较长时间的摸索。(3) 随着利用波段的增加,变化类型判断难度加大。现有研究中对变化类型的判定基本上归纳为 3 种方法:(a) 二维空间向量的三角函数法<sup>[12]</sup>;(b) 高于二维空间的波段符号组合法<sup>[16]</sup>;(c) 多时相空间的主成分分析法<sup>[13]</sup>。在多数 CVA 的应用中,变化类型的判断主要通过每个计算波段的“+”“-”符号组合(+代表增加,-代表减少)结合目视解译进行<sup>[14-16]</sup>。但当应用这种常规的符号组合法判断变化类型时,常常出现两个问题,一是当计算波段数为  $n$  时,组合法只能表示  $2^n$  种符号<sup>[16]</sup>。如果某一区域中有  $m$  种土地利用/覆类类型并且各种土地利用/覆盖变化都可能发生,那么该区域土地利用/覆盖变化类型的总数就是  $m \times (m - 1)$ ,因此,很有可能出现一种符号组合代表多种土地利用/覆盖变化类型的情况,从而导致对变化类型的错误

判断。二是随着计算波段的增加,符号组合将呈几何级数增加,变化类型判断难度很大。由于变化向量分析方法的上述缺陷,应用变化向量分析进行土地利用/覆盖变化动态监测的相关研究在国内还未见报道。

针对变化向量分析方法的上述问题,我们对变化向量分析方法进行了较为系统的研究,提出了一种双窗口变步长阈值搜寻的新方法来确定变化阈值;同时,发展了一套基于变化向量分析方法和分类后比较的混合方法来判定变化类型的方法。文章重点介绍变化向量分析方法的原理、双窗口变步长阈值搜寻法及在北京市海淀区的初步实验结果。

## 2 变化向量分析的基本原理

变化向量是描述从时相 1 到时相 2 变化的方向和大小,如图 1(a)。设时相  $t_1, t_2$  图像的像元灰级矢量分别为  $G = (g_1, g_2, \dots, g_k)^T$  和  $H = (h_1, h_2, \dots, h_k)^T$ , 则变化向量为

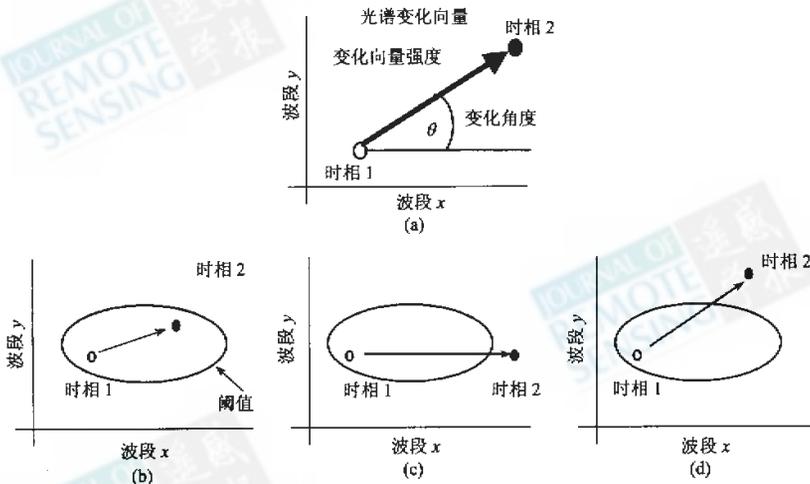


图 1 变化向量分析方法概念图 (据 Jensen, 1996)<sup>[4]</sup>

(a) 很少或没有变化;(b) 变化类型 I (如耕地变为城市);(c) 变化类型 X (如林地变为耕地)

Fig. 1 Schematic diagram of the change vector analysis method

$$\Delta G = G - H = \begin{pmatrix} g_1 - h_1 \\ g_2 - h_2 \\ \vdots \\ g_k - h_k \end{pmatrix} \quad (1)$$

$\Delta G$  包含了两幅图像中所有变化信息,变化强

度由  $\|\Delta G\|$  决定:

$$\begin{aligned} & \|\Delta G\| \\ &= \sqrt{(g_1 - h_1)^2 + (g_2 - h_2)^2 + \dots + (g_k - h_k)^2} \end{aligned} \quad (2)$$

按照变化强度  $\|\Delta G\|$  的定义,不难发现

$\| \Delta G \|$  越大,表明图像的差异越大,变化发生的可能性越大。因此,检举变化和非变化像元,可根据变化强度  $\| \Delta G \|$  的大小,设定阈值来实现。即像元  $\| \Delta G \|$  超过某一阈值时,即可判定为土地利用/覆盖发生变化的像元。变化的类型,可由  $\Delta G$  的指向确定。例如,图 1(b)说明变化没有发生或不能被探测到,因为变化强度没有超过阈值;而图 1(c)(d)则说明不同类型的变化已经发生。

### 3 双窗口变步长阈值搜寻算法

变化阈值的确定是变化向量分析法成功使用的关键。但目前变化阈值的确定,都基于经验,需要经过较长时间的摸索。为此,我们提出了双窗口变步长阈值搜寻算法,其基本假设是:如果在包含不同变化类型的典型变化训练样区,能够确定某一阈值,使变化的检测精度达到最大,则该阈值在整景图像上亦可能使检测精度达到最大。即训练样区确定的阈值适用于整景图像。基于上述假设,双窗口变步长阈值搜寻算法的流程如图 2 所示。

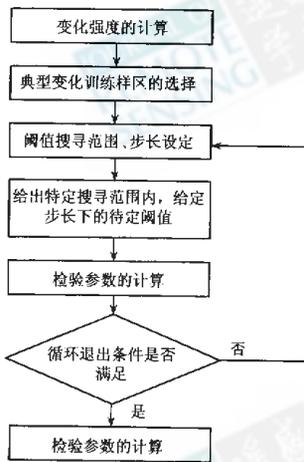


图 2 双窗口变步长阈值搜寻算法流程图

Fig. 2 Flowchart of double-windows flexible pace searching method

(1) 典型变化训练样区的选取:在变化强度  $\| \Delta G \|$  计算的基础上,首先对经过几何纠正等预处理的两个时相的图像进行比较,同时参照地面辅助图件,选择若干典型变化区为训练样区。典型变化区选择的原则为(a)尽可能包含各种变化类型;

(b)典型变化区内均为变化像元,不含非变化像元;(c)典型变化区最好为“岛状”,即典型变化区被非变化像元包围。考虑到阈值过小可能带来的过饱和现象,即检测精度达到最大,但将外部非变化像元误判定为变化像元。我们在这些典型变化区外部设置了外边界,构成“双窗口”(图 3)。外边界(窗口)可通过 buffer 分析实现。本过程中典型变化区选取需要人机交互完成。

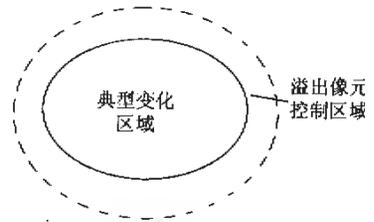


图 3 双窗口示意图

Fig. 3 The conception of double-windows

(2) 阈值搜寻范围、步长设定:将(1)所确定的典型变化区及其外边界范围作为 MASK 图像,从变化强度图像中提取相应范围的变化强度信息(以下称训练样区变化强度图像)。设整景图像的变化强度范围为  $[a, b]$ ,则以步长  $P_1 = (b - a) / n$  ( $n$  为用户可任意设定的正整数)在  $[a, b]$  范围内设定阈值分别为  $b - P_1, b - 2P_1, \dots$ ,以各阈值为标准从训练样区变化强度图像中判定出变化像元和非变化像元。

(3) 检验参数计算:设  $A_{k1}, A_{k2}, A$  分别表示某一变化强度阈值  $k$  下检测出的在典型变化区内的变化像元、外边界内的变化像元和典型变化区域的像元总数,则该阈值  $k$  下的检验成功率  $L_k$  可以定义为:

$$L_k = \frac{(A_{k1} - A_{k2}) \times 100\%}{A} \quad (3)$$

在(2)给定的各阈值中,如果搜寻出的检测成功率最大时对应的阈值为  $k$ ,则在  $[k - P_1, k + P_1]$  范围内,减小步长( $n$  增大)开始下一次搜寻。

(4) 循环退出条件:上述(2)(3)为循环过程,其退出条件为搜寻范围内的各阈值对应的最大成功率与最小成功率之差小于某一给定常数  $\delta$ (式(4))。即在搜寻范围内阈值变化不再对检验成功率  $L_k$  产生显著影响。

$$f(x) = L_{\max} - L_{\min} \leq \delta \quad (4)$$

通过以上步骤,可以确定出典型变化区成功率最大时的变化强度阈值,并可按下式计算出此时的

检验精度。根据我们的假设,此时的变化强度阈值(式(5))适用于整景图像。

$$M_k = \frac{A_{k1}}{A} \times 100\% \quad (5)$$

基于典型变化区的双窗口变步长阈值搜寻算法可形象地用图 4 表示,其优点在于 (a) 通过选择典

型变化区来搜寻阈值,便于对阈值所对应的变化检验精度的进行实时评价 (b) 双窗口的设计,可防止阈值过小可能带来的过饱和现象发生 (c) 变步长搜寻可大大提高阈值搜寻效率。因此,可以认为双窗口变步长阈值搜寻算法是变化向量分析法中一种实用、高效的阈值确定方法。

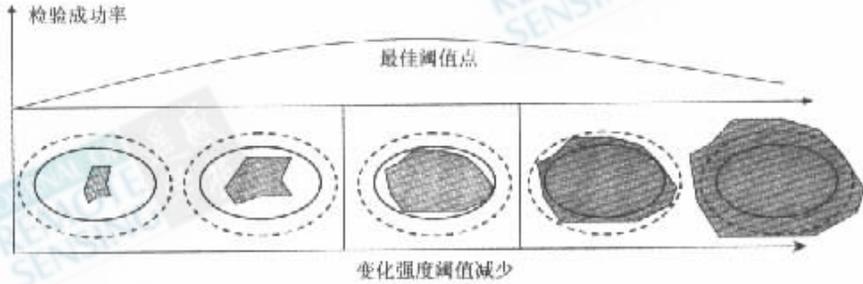


图 4 双窗口变步长阈值搜寻算法概念图

Fig. 4 Schematic diagram of double-windows flexible pace searching method

### 4 海淀区土地利用/覆盖变化动态信息提取

该研究区位于北京城区的西部和西北部。人口 124.9 万人,面积 426 km<sup>2</sup>,地势西高东低,平均海拔 50 m 左右的平原占全区面积的 3/4,是首都北京的科研教育文化中心和重要的蔬菜副食品生产基地,也是全国有名的高新技术开发区。随着北京经济的发展和以中关村为象征的高新产业的迅速崛起,在

短时间内发生了巨大的土地利用/覆盖变化,引起了多方面的关注。因此,我们选择海淀区土地利用/覆盖变化监测实例来说明变化向量分析方法的实用性。为了最大可能减小“干扰噪声”,选取了季相一致的,质量较好,无云,完全覆盖研究区的编号为 123/32 的两期 landsat TM 数据(1991-05-06,1997-05-16)经过图像预处理、变化强度阈值确定和变化类型判定 3 个步骤,提取了海淀区 90 年代中前期的土地利用/覆盖变化信息。其流程如图 5。

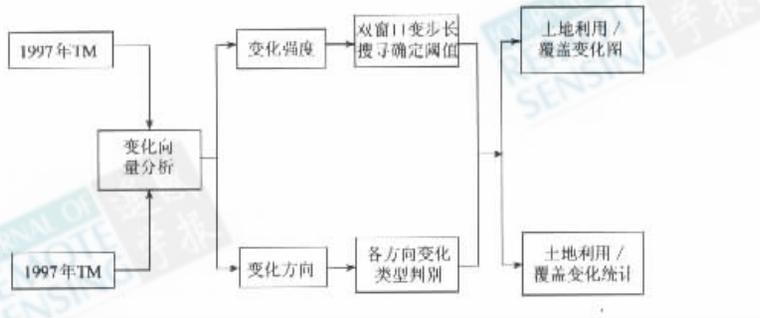


图 5 海淀区土地利用/覆盖变化动态信息提取

Fig. 5 Flow chart of land use/cover change detection in Haidian District, Beijing

#### 4.1 遥感图像的预处理

遥感图像的预处理主要包括几何校正、相对辐射校正和研究区提取 3 个步骤。首先以 1:5 万的地形图为准,在图像指北旋转后,利用二次多项式和

双线性内插法对 1991 年的 TM 图像进行了图像到地图的几何校正,经重新选点经验,误差在一个像元内,接着以校正好的 1991 年图像为基础对 1997 年图像进行了图像到图像的配准处理,经检验,二者的 RMS 误差小于 0.5 个像元。然后应用 SCR( Scatter-

gram Controlled Regression)方法,以一次线性回归  $Y_k = a_k X_k + b_k$  的形式对两期的遥感影像进行简易标准化<sup>[17]</sup>,最后在纠正好的遥感影像上,提取出研究区。

#### 4.2 变化向量强度信息提取

##### 4.2.1 波段选择与计算

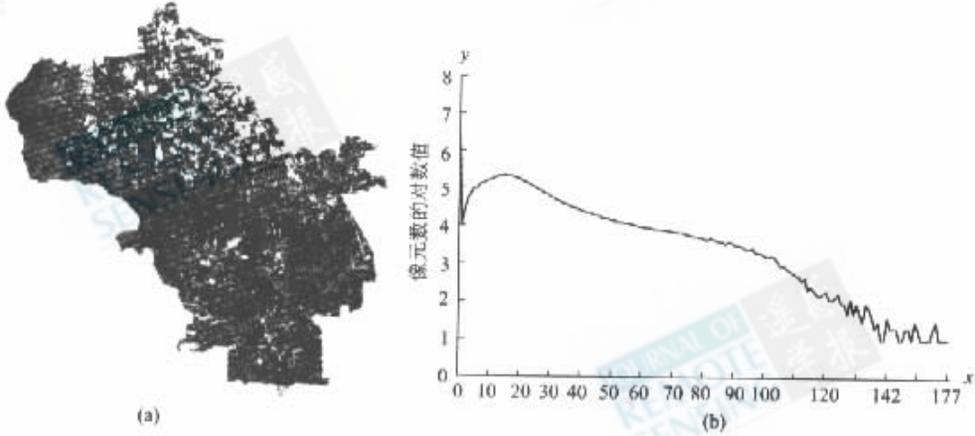


图6 向量变化强度分析结果  
(a)变化强度图;(b)变化强度分布图

Fig. 6 Change magnitude from change vector analysis method

##### 4.2.2 利用双窗口变步长搜寻法确定阈值

首先根据图像判读,在研究区内选择如图版 I 图 7(a)所示的典型变化区,并以一个像元的距离对这些典型变化区进行 buffer 分析,确定其外边界范围;然后根据变化强度图的像元分布情况(图 6(b)),确定搜寻范围为 [20, 160],采用第 3 节介绍的

戴昌达等的研究表明, TM3, TM4, TM5 波段组合包含最丰富的地物信息<sup>[18]</sup>。因此我们采用 1991 年和 1997 年的 TM3, TM4 和 TM5 波段进行变化向量分析。利用公式(1)和公式(2),可以得到 1991 年到 1997 年的光谱变化强度图及变化强度分布直方图(图 6)。

方法,进行变步长变化强度阈值搜寻,并根据上一次搜寻结果,调整搜寻范围和步长,直到某一范围内搜寻成功率的最大值和最小值之差小于 0.1% 为止。最终确定变化强度阈值为 33.4,所对应的变化像元如图版 I 图 7(b)。各次搜寻的具体情况如表 1。

表 1 双窗口变步长变化强度阈值搜寻结果

Table 1 The result of double-windows flexible pace searching

范围 160—20, 步长 20 搜索		范围 60—20, 步长 5 搜索		范围 40—30, 步长 1 搜索		范围 35—33, 步长 0.5 搜索		范围 34—33, 步长 0.1 搜索	
阈值	检验成功率/%	阈值	检验成功率/%	阈值	检验成功率/%	阈值	检验成功率/%	阈值	检验成功率/%
160	0.21	60	46.07	40	62.25	35	63.67	34	63.75
140	0.65	55	51.35	39	62.88	34.5	63.73	33.9	63.76
120	1.88	50	55.6	38	63.14	34	63.75	33.8	63.77
100	8.13	45	59.36	37	63.24	33.5	63.77	33.7	63.77
80	22.69	40	62.25	36	63.43	33	63.68	33.6	63.77
60	46.07	35	63.75	35	63.67			33.5	63.77
40	62.25	30	62.76	34	63.75			33.4	63.78
20	55.73	25	60.4	33	63.68			33.3	63.75
		20	55.73	32	63.24			33.2	63.72
				31	62.65			33.1	63.69
				30	62.76			33	63.68

### 4.3 变化类型信息提取

目前变化类型的判定主要有如第一节中所述的二维空间向量的三角函数法<sup>[12]</sup>、高于二维空间的波段符号组合法<sup>[16]</sup>和多时相空间的主成分分析法<sup>[13]</sup>等 3 种方法,其中最常用的是计算波段符号组合结合目视解译的方法。考虑到我们对研究区比较熟悉,目视判读精度较高,以及本文的研究目的重在变化像元的检测,所以选用常用的波段符号组合法来进行变化类型的判定。因为研究中选用了 3 个波

段,这样可以探测出如表 2 所示的 8 种变化类型,将超过变化强度阈值的像元按表 3 依次进行编码,生成变化像元方向图像。利用 ERDAS IMAGINE 的 Link 功能,将 1991 年图像,1997 年图像,变化像元方向图像联结起来,使得光标可以同时出现在这 3 个图像的同一点,通过目视解译判别出变化强度超过阈值的各种方向代码反映的土地利用/覆盖变化类型,最终确定了表 2 中的 5 种明显变化类型,对方向代码为 2,4,7 的 3 种类型则由于所占比例较少,未作判断和处理。

表 2 利用变化向量分析法确定的变化方向和土地利用/覆盖变化类型

Table 2 Sector code definition and land use/cover type verification in change vector analysis process with TM bands 3 4 5

方向代码	TM 变化方向			变化像元个数	占变化像元总数百分比/%	变化类型
	波段 3	波段 4	波段 5			
1	-	-	-	37908	52.29	水浇地转为水田和水体
2	-	-	+	162	0.22	
3	-	+	-	8829	12.18	水浇地,裸地转为林地和园地
4	-	+	+	1296	1.79	
5	+	-	-	1944	2.68	水浇地转为水田
6	+	-	+	7047	9.72	水田转为城镇用地
7	+	+	-	81	0.11	
8	+	+	+	15228	21.00	水浇地转为城镇用地

注: + 表示从 1991 年到 1997 年像元灰度值增加; - 表示从 1991 年到 1997 年像元灰度值减少

## 5 结果分析和精度检验

经过变化强度阈值和变化类型判定之后,我们最终得到了海淀区 1991—1997 年的土地利用/覆盖变化情况(图版 I 图 8)。

从图版 I 图 8 和表 3 可以看出从 1991—1997 年,在海淀区的土地利用/覆盖变化类型中,主要是其北部上庄地区、东北部永丰地区和西部温泉地区的水浇地转为水田和养鱼塘(图版 I 图 8(b))(e)),占变化总数的 55.0%,其次是其北部和中部东北旺、上庄和苏家坨地区的水浇地、水田和菜地转为城镇用地(图版 I 图 8(c))(f)),占变化总数的 30.7%,此外,在其西部山前带的聂各庄、北家河和香山地区,也有相当数量的水浇地和裸地转为果园和林地(图版 I 图 8(d)),占变化总数的 12%。由此不难发现海淀区该时期土地利用/覆盖变化的主要特点是城镇用地的扩展和由城市人口的增长及生活水平的提高诱发的农业用地内部结构的调整,这基本上符合海淀区的实际发展情况。

为了定量检验变化向量分析方法的监测精度,考虑到变化区域在研究区只占一小部分,我们根据有关辅助资料,采用分层随机选取典型样本区的方法(其中变化区域共有 4710 个像元,含各种变化类型)进行了变化/非变化水平的精度检验。结果表明,在变化强度阈值为 33.4 时,共有 4130 个变化像元被正确检测出来,变化检测精度达到了 87.69%,而此时总的检验精度为 91.84%,总的 Kappa 系数为 0.83(表 3)。这说明变化向量分析法在确定好变化阈值之后,确实可以有效地提取变化信息。

表 3 关于变化/非变化检验的误差矩阵

Table 3 The error matrix of 'change/no change' detection

遥感数据	验证数据				
	变化像元	非变化像元	总和	使用者准确度/%	错判误差/%
变化像元	4130	279	4409	93.67	6.33
非变化像元	580	5540	6120	90.52	9.48
总和	4710	5819	10529		
生产者准确度/%	87.69	95.21			
漏判误差/%	12.31	4.79			

总精度 = 91.84%

Kappa = 0.83

## 6 结论和讨论

本文利用双窗口变步长阈值搜寻确定变化强度阈值的方法对变化向量分析法进行了改进,并以此对海淀区1991—1997年土地利用/覆盖变化状况进行了动态监测,最终变化的监测精度达到87%以上。这表明变化向量分析方法在解决阈值问题后确实可以有效地提取土地利用/覆盖变化信息。

同时我们也发现,作为以光谱比较为基础的一种动态监测方法,数据质量和辐射校正对结果的影响十分重要,选择时相一致的高质量遥感数据并进行有效的辐射校正和严格的几何校正是变化向量分析方法成功的前提。此外,典型变化区的选定对变化强度阈值搜寻结果也有着决定性的影响,我们在各种辅助资料的帮助下,尽可能地识别出研究区内的各种土地利用/覆盖变化的典型区域作为变化强度阈值搜寻时的典型样区,从而得到了较为可靠的变化强度阈值,保证了监测结果的可靠性。

但是,变化向量分析方法只能有效的探测出土地利用/覆盖的变化的动态信息,并不能得到各个时期的土地利用/覆盖类型图,同时,该方法对变化类型的识别仍是依靠经验判别,当利用波段较少时,可能出现同一方向代码代表几种变化类型的情况(表3);当利用波段的增加时,不难想象符号组合将呈几何级数增加,变化类型判断难度很大。因此,对变化向量分析方法的变化类型的识别需要进一步改进,这将在下一篇文章中给出。

致谢 本文的写作过程中得到美国加州大学伯克利分校宫鹏教授的指教,特此致谢。

## 参 考 文 献 (References)

[1] IIASA. Modeling Land-use and Land-cover changes in Europe and Northern Asia [ R ]. 1999 Research Plan, 1998.

[2] William E R, William B M, Turner II B L. Modeling land use and land cover as part of global environmental change [ J ]. *Climatic Change*, 1994, **28**: 45—64

[3] Singh A. Digital change detection techniques using remotely-sensed data [ J ]. *International Journal of Remote Sensing*, 1989, **10**(6): 989—1003.

[4] Jensen J R. Introductory Digital Image Processing, a Remote Sensing Perspective [ M ]. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2nd ED, 1996, 197—279.

[5] Shi Peijun, Chen Jin, Pan Yaoshong. Landuse Change Mechanism in

Shenzhen City [ J ]. *Acta Geographic Sinica*, 2000, **55**(2): 151—160. [史培军,陈晋,潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析 [ J ]. *地理学报*, 2000, **55**(2): 151—160. ]

[6] Li Xia, Anthony Gar-On Yeh. Accuracy Improvement of Land Use Change Detection Using Principal Components Analysis: A Case Study in the Pear River Delta [ J ]. *Journal of Remote Sensing*, 1997, **1**(4): 282—289. [黎夏,叶嘉安. 利用主成分分析改善土地利用变化的遥感监测精度——以珠江三角洲城市用地扩张为例 [ J ]. *遥感学报*, 1997, **1**(4): 282—289. ]

[7] Weismiller R A, Kristof S J, Scholz D K, Anuta P E, et al. Change detection in coastal zone environments [ J ]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1977, **43**: 1533—1539.

[8] Howarth P J, Wickware G M. Procedures for change detection using Landsat digital data [ J ]. *International Journal of Remote Sensing*, 1981, **2**: 277—291.

[9] Nelson R F. Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS [ J ]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1983, **48**: 1303—1314.

[10] Singh A. Change detection in the tropical forest of northeastern India using Landsat [ A ] Eden, M. J. Parry. J. T. In *Remote Sensing and Tropical Land Management* [ C ]. (Chichester: Wiley), 1986.

[11] Byrne G F, Crapper P F, Mayo K K. Monitoring Land-cover by principal component analysis of multitemporal Landsat data [ J ]. *Remote Sensing of Environment*, 1980, **10**: 175—184.

[12] Malila W A, Change vector analysis: An approach for detecting forest change with Landsat [ A ]. *Proceedings Machine Processing of Remote Sensed Data Symposium* [ C ]. Purdue University, West Lafayette, Indiana, (Ann Arbor, ERIM), 1980.

[13] Lambin E, Strahler. A Change-vector analysis in multitemporal space: a tool to detect and categorize land-cover change processing using high temporal-resolution satellite data [ J ]. *Remote Sensing of Environment*, 1994, **48**: 231—244.

[14] Johnson R D, Kasischke E S. Change vector analysis: a technique for the multispectral monitoring for land cover and condition [ J ]. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, **19**(3): 411—426.

[15] Michalek J L, Wagner T W, Luczkovich J J, et al. Multispectral change vector analysis for monitoring coastal Marine environments [ J ]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1993, **59**(3): 381—384.

[16] Virag L A, Colwell J E. An Improved Procedure for Analysis of Change in Thematic Mapper Image-Pairs [ A ]. *Proceedings of the Twenty-First International Symposium on Remote Sensing Environment* [ C ]. Ann Arbor, Michigan, 1987, 1101—1110.

[17] Christopher D E, Ding Y. Relative radiometric normalization of Landsat multispectral scanner (MSS) data using an automatic scattergram-controlled regression [ J ]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1995, **61**(10): 1015—1026.

[18] Dai Changda, Lei Liping. The Information of Thematic Mapper Data and the Optimal Band Combination [ J ]. *Remote Sensing of Environment China*, 1989, **4**(4): 282—292. [戴昌达,雷莉萍. TM 图像的光谱信息特征与最佳波段组合 [ J ], *环境遥感*, 1989, **4**(4): 282—292 ]

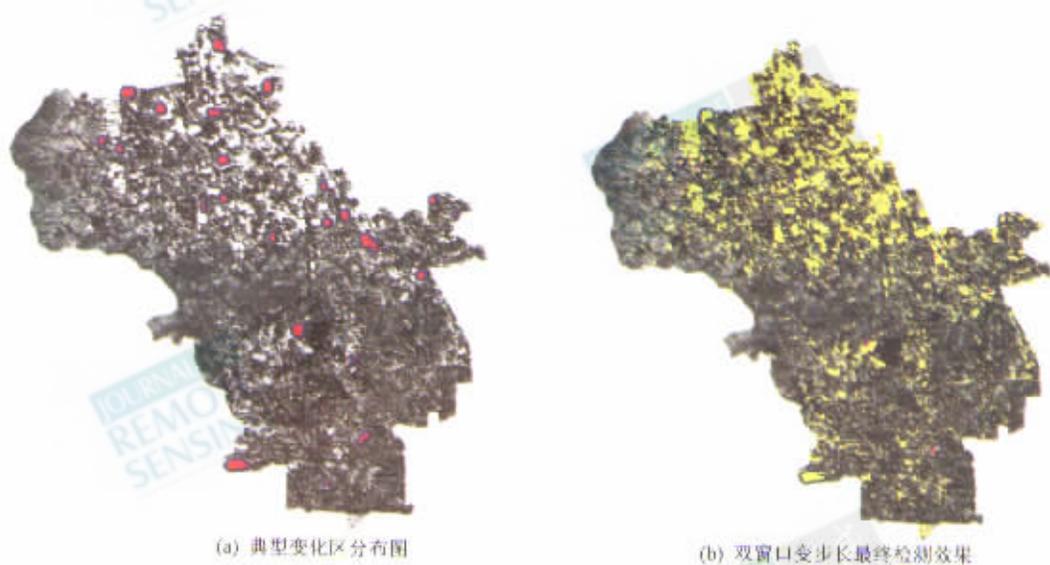
## Land Use/Cover Change Detection with Change Vector Analysis ( CVA ) : Change Magnitude Threshold Determination

CHEN Jin , HE Chun-yang , SHI Pei-jun , CHEN Yun-hao , Ma Nan

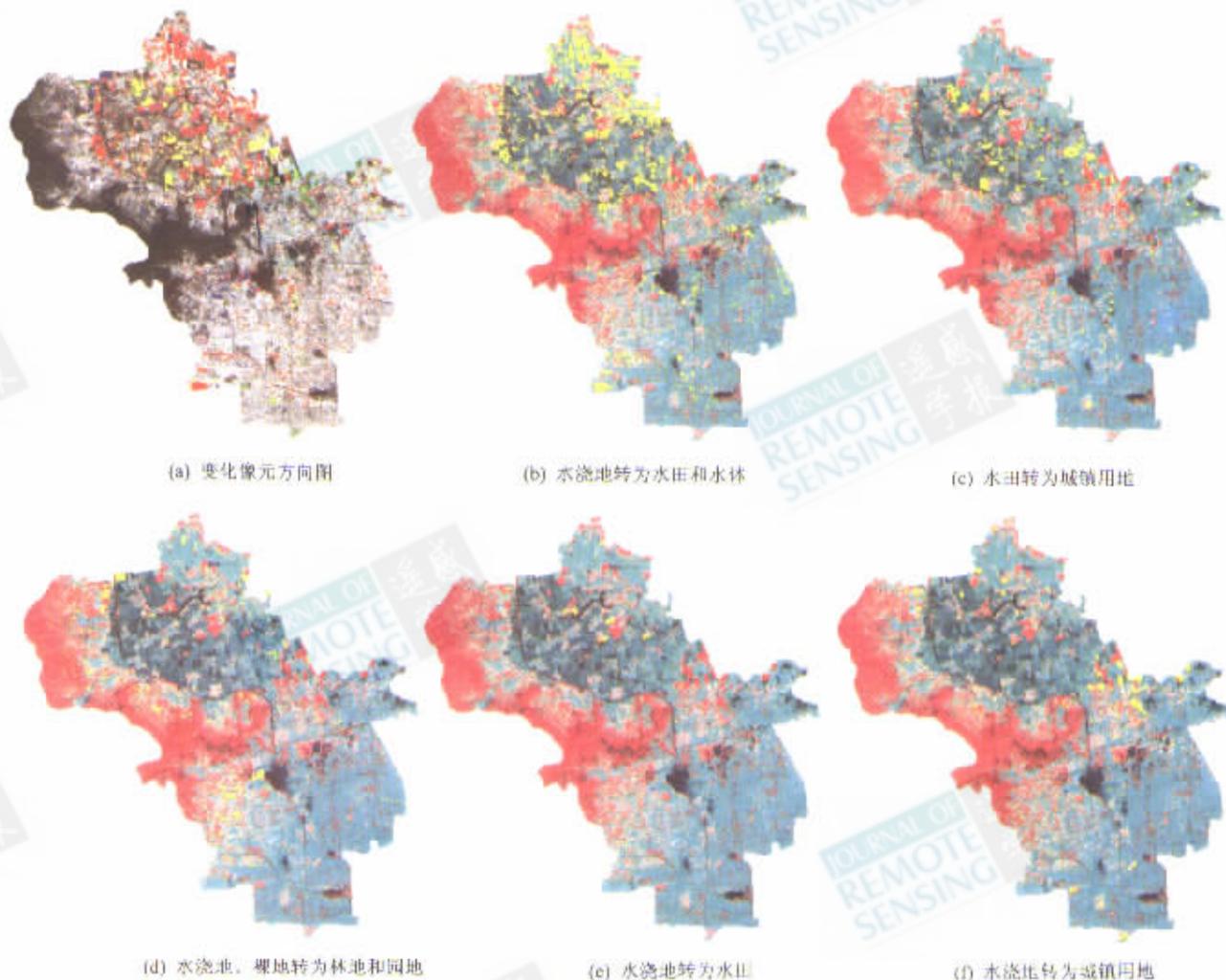
( *Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster , Ministry of Education of China , Beijing Normal University ;  
Institute of Resource Science , Beijing Normal University , Beijing 100875 , China* )

**Abstract :** Change Vector Analysis ( CVA ) is a valuable approach for land use/cover change detection , in which how to determine change magnitude threshold and change direction reasonably is already becoming an obstacle for its widely use . Therefore , a new method named Double-Windows Flexible Pace Searching is proposed in this paper aimed at determining change magnitude threshold reasonably and efficiently . As a result from the case study in Haidian District , Beijing , the accuracy of change detection is obtained about 87% , which indicates that the Double-Windows Flexible Pace Searching method has potential utility in Change Vector Analysis for land use/cover change detection .

**Key words :** change vector analysis ; land use/cover change , threshold ; double-windows flexible pace searching method



(a) 中红色区域表示选定的典型变化区,红色区域外的蓝色区域表示非变化区域; (b)中黄色表示变化强度阈值为 33.4 时检测出的变化区域  
 图 7 变化强度阈值确定



说明: (c) 中红色、浅褐色、蓝色、青色、洋红色、绿色、金色和黄色分别代表变化像元方向代码 1—8; (d) — (h) 中黄色分别代表变化类型 1、6、3、5、8

图 8 海淀区土地利用/覆盖变化变化向量分析结果