

文章编号: 1007-4619 (2000) 04-0295-04

一种利用多时相 TM 影像分析地表植被变化的新方法

——以敦煌地区绿洲植被变化分析为例

李本纲, 陶 澍

(北京大学 城市与环境学系, 北京 100871)

摘 要: 变化分析是多时相遥感影像的主要应用领域。以敦煌绿洲为例, 探讨一种应用多时相 TM 影像进行地表植被变化分析的新方法。结果证明, 用不同时相的 NDVI 影像进行彩色合成可以直观地反映地表植被的变化, 而利用色彩变换得到的各分量可以对变化特点进行定量分析。其中色度反映变化类型, 饱和度反映变化强度, 而亮度图像则反映地表植被多年来的总体长势。除了直观和定量的特性之外, 该方法还可以用于其它类型的变化分析, 具有可扩展性。

关键词: 地表植被, 变化分析, 彩色合成与色彩变换

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 引 言

遥感数据的可重复获取特性是其相对于其它数据源的优势之一, 利用多时相卫星影像进行变化分析, 是遥感数据应用的重要领域。大到全球变化, 小到城市规划、森林火灾以及洪水、泥石流等一些自然灾害, 都是遥感研究的对象。目前, 利用多时相遥感数据进行变化分析的技术手段主要包括以下几类:

(1) 图像差值、比值。该方法用两个时相的影像相减、相除, 得到反映地表变化的结果^[1,2]。

(2) 图像的分类比较。该方法首先将不同时相的影像各自进行分类, 然后对分类图逐像元比较, 得到变化结果。最近也有将不同时相的图像所有波段混在一起进行分类, 其分类结果同时包括常规地表类型及变化类型^[3,4]。

(3) 主成分分析。该方法将多时相数据按一般主成分分析或标准主成分分析的方法进行线性变换, 得到反映各种变化的分量。这些变化分量互不相关, 而且按其强度及影响范围顺序排列。对变化分量进行分析就可以总结变化规律、揭示变化原因^[5-7]。

(4) 空间统计分析。该方法应用地理信息系统

技术和统计方法, 对遥感数据时间序列进行回归、相关以及变化的显著性分析。它不仅能确定变化的范围, 还可以对变化的性质、强度、趋势、分布进行定量分析^[8]。

(5) 变化向量分析。该方法根据多时相遥感影像将变化归纳成一系列变化向量, 向量方向表示变化类型, 向量大小表示变化的强度。然后对研究区域进行变化分类、分级等^[9]。

上述变化分析方法各有特色和侧重点, 但在方法的直观性、可操作性以及定量分析等方面仍有值得改进之处。本文介绍的是一种利用多时相卫星影像进行变化分析的新方法, 该方法用不同时相的 NDVI 图进行彩色合成, 可以直观地反映地表植被变化; 通过对 NDVI 合成图进行色彩变换得到色度、饱和度及亮度分量, 可以定量地分析变化的类型、强度和分布。下面以敦煌地区的绿洲植被变化分析为例, 阐述该方法。

2 研究资料及研究地区概况

本项研究所用影像资料为敦煌幅 3 个时相的 TM 影像, 成像时间分别为 1987-09-23, 1992-09-25 以及 1997-09-28, 因为时相吻合较好, 在变化分析时可

收稿日期: 1999-06-08; 修订日期: 1999-09-01

基金项目: 国家自然科学基金(49525102)与北京大学青年基金资助项目 Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

作者简介: 李本纲(1971—)男, 讲师。莫斯科测绘学院摄影测量系硕士毕业。现从事遥感与地理信息系统在环境模拟、环境预测及环境评价方面的应用研究, 已发表论文 10 余篇。

以认为该 3 个时相影像具有可比性。图像解译和几何校正时所用地图资料为 1:50 000 地形图。

敦煌绿洲地处甘肃省西端,属典型的大陆性气候,平均海拔在 1200 m 以下,常年均温 9.3℃,自然降水少,年均降水量为 36.8mm,农业水源来自由南部祁连山地的冰、雪融水形成的出山地表径流,年实际水资源达 681.7mm。1986 年敦煌的绿洲面积已达 $2.34 \times 10^4 \text{hm}^2$,其中耕地面积 $1.54 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。由于该地区年日照时数高达 3188h,光热资源丰富,因此敦煌绿洲是河西走廊主要的棉花产区,棉花种植面积超过 $5.66 \times 10^3 \text{hm}^2$,在该地区九月下旬正值棉花裂铃期,地面植被除具有生态意义的人工植被(包括树林、草地等)外,还有大面积的棉花。

3 研究方法

利用上述影像资料分析地面植被变化的过程主要包括图像预处理、生成 NDVI 图、生成 NDVI 彩色合成图、图像的 HSL 转换与分类等 4 步(图 1)。其中彩色合成的结果图可以直观反映地面植被变化情况,而色彩变换结果图可以用于变化的定量分析。

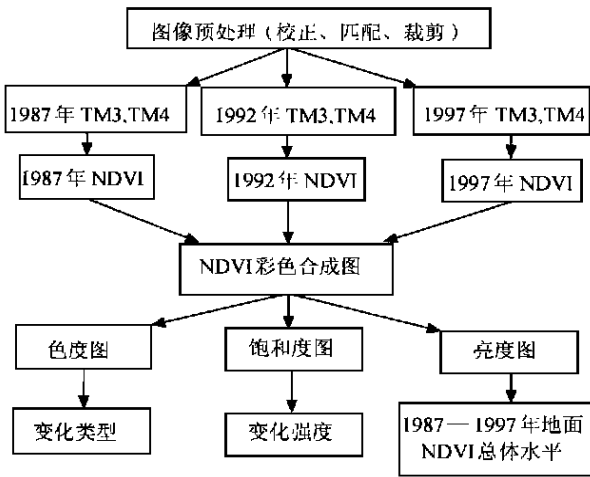


图 1 用多时相 TM 影像进行地表植被变化分析流程图
Fig. 1 Flow chart of vegetation change detection using multi-temporal TM images

3.1 图像预处理

根据 1:50 000 地形图按 12 个地面控制点对 3 个时相的卫星影像各波段分别进行了几何校正,方均根误差(RMS Error)为 0.49 个像元。选取敦煌绿洲主体部分 $10.5 \text{km} \times 14.4 \text{km}$ (350×480 像元)作为研究区域。

3.2 NDVI 图及 NDVI 合成图分析

标准化差值植被指数 NDVI 是由近红外波段(NIR)和红色(Red)波段按公式 $(\text{NIR}-\text{Red})/(\text{NIR}+\text{Red})$ 计算得到。它与地表植被覆盖率及生物量有密切关系,是研究地表植被变化的一个重要指标。按照该方法,用 3 个时相 TM 影像的 4 波段(近红外)和 3 波段(红色)计算得到各时相的 NDVI 图 NDVI87, NDVI92, NDVI97(分别为 1987 年,1992 年和 1997 年的 NDVI 值)。

为便于处理,将 3 个时相的 NDVI 图按相同边界值[-0.35, 0.70]进行线性拉伸至[0, 255],然后以 NDVI87, NDVI92, NDVI97 分别作为红色(R),蓝色(B),绿色(G)分量进行 RGB 彩色合成得到三时相 NDVI 合成图(封二图版 I 图 2)。

为了读懂该合成图,按照彩色合成原理对各种颜色的意义分析如图 3。

图像上不同色调直观地反映了地面 NDVI 值的变化趋势。其中,NDVI 值有变小趋势的地区在图像上呈红色或品红色,NDVI 值有变大趋势的地区在图像上呈青色或绿色,NDVI 值在 3 个时相都较大的地区呈灰白色,NDVI 值在 3 个时相都较小的地区呈黑灰色,黄色或蓝色则反映相应地区 NDVI 值的不稳定状态。

从封二图版 I 图 2 可以看出,沙漠地区和水体,由于 NDVI 指数一直很低,在合成图上呈黑色。研究区域西北部普遍呈现品红色或红色,据图 3 可知该区域应为地面植被退化区,其中品红色区域为 1992 年以后开始退化区,红色区域为自 1987 年以后就开始退化的区域。呈现灰白色的相当一部分地区为地面植被稳定区,是绿洲农业的主体部分。同时环绕敦煌市的红色和品红色斑块,也准确反映城市扩展对地面植被变化影响之大,城市扩展导致大量耕地或绿地被破坏。迫于人口和发展的压力,在绿洲边缘新开垦了大面积耕地,致使绿洲不断向外扩展,在图上呈现青灰色或绿色。另外,对一些自然条件好的耕地,加大了耕作力度。这与敦煌市耕地面积和棉产量快速增长的实际情况是相符的(耕地面积 1987 年 $1.54 \times 10^4 \text{hm}^2$, 1992 年 $1.70 \times 10^4 \text{hm}^2$, 1995 年 $1.75 \times 10^4 \text{hm}^2$; 棉花产量 1987 年 5200 t, 1992 年 6064 t, 1995 年 9179 t)^[10]。

另外值得注意的是图上呈现黄色或蓝色的局部地块。据图 3 可知,黄色表示地面植被长势由好变

差又由差变好，属于植被遭破坏然后又恢复的类型。蓝色表示地面植被长势由差变好又由好变差，可能

属于新开垦后又遭破坏的耕地类型。但这两类地区也可能是农作物种类有变化的地区。

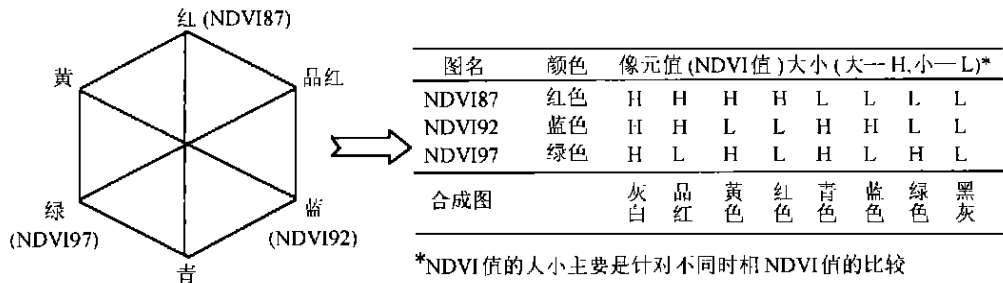


图 3 彩色合成方法与各颜色相应的解释

Fig. 3 Color composition method and interpretation of resulted colors

3.3 HSL 图像分析与综合分类

为了定量分析研究区域的变化特征，将 NDVI 彩色合成图转化为颜色的色度 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和亮度分量图 (Lightness)。根据彩色原理，色度 H 分量值 (0—360) 表示的是颜色的性质，饱和度 S 分量值 (0—1) 表示的是颜色的纯度，亮度 L 分量值 (0—255) 则表示颜色的强度。变化分析时， H 分量图表示 NDVI 的变化性质， S 分量图表示 NDVI 变化的强度， L 分量图表示多年 NDVI 的总体水平。

对 HSL 分量进行分级可以有效地定量研究地面植被 NDVI 的变化类型、变化强度和植被总体长势。封二图版 I 图 4 是分级后的色度 H 分量图。

利用色度 H (反映变化性质) 与饱和度 S (反映变化强度) 分量进行分类，即可得到较细致的变化类型图 (封二图版 I 图 5)。这些变化类型物理意义明确，易于对其进行进一步分析。

各类别的分类标准和变化类型解释以及分类统计结果见表 1。

表 1 敦煌绿洲地表植被变化类型分析

Table 1 Results of vegetation cover change detection of Dunhuang Oasis

类别	色度 H 取值范围	饱和度 S 取值范围	变化类型解释	像元数	百分比/%	面积/hm ²
A	[0, 360]	[0, 0.15]	地表植被变化不显著地区	82 297	48.99	7 406.7
B ₁	[150, 270]	[0.15, 0.50]	地表植被变好地区，如耕作力度加大的耕地	19 622	11.68	1 766.0
B ₂	[150, 270]	[0.50, 1.0]	地表植被从无到有地区，如新开垦的耕地	24 611	14.65	2 215.0
C ₁	[90, 150]或[270, 330]	[0.15, 0.50]	地表植被长势波动地区	10 709	6.37	963.8
C ₂	[90, 150]或[270, 330]	[0.50, 1.0]	地表植被长势大幅波动地区	7 496	4.46	674.6
D ₁	[0, 90]或[330, 360]	[0.15, 0.50]	地表植被退化地区，如长势变差的棉田	15 593	9.28	1 403.4
D ₂	[0, 90]或[330, 360]	[0.50, 1.0]	地表植被严重退化地区，如城市扩展占用的耕地	7 672	4.57	690.5
总计				168 000	100	15120

4 结论与讨论

从以上研究结果可以得到如下结论：

本研究所介绍的新方法利用不同时相的 NDVI 图作为不同颜色分量进行彩色合成，能够用颜色直观地反映研究区域地面植被的变化情况。经过对彩色

合成图的色彩转换得到色度、饱和度、亮度分量图，可以定量反映 NDVI 变化类型及变化强度等。基于这些分量图的综合分类结果具有明显的物理意义，便于进一步解释和分析。这些是常规变化分析方法解决不太好的问题。该方法在火灾后的植被恢复、草场退化研究、耕地质量等领域具有明显的应用优势。

该新方法具有可推广性，相同的原理、不同的合

成波段、不同的颜色搭配就可以用于其他领域的研究,如在土壤含水量分析、城市规模变化分析、城市热岛效应变化、火灾后的森林植被恢复、草场退化研究、耕地质量变化等领域具有应用潜力。

敦煌绿洲北部耕地质量普遍下降,地面植被明显退化。敦煌市周边地区由于受到城市扩张的影响,损失了部分耕地。因此绿洲外围,开垦了大量耕地,导致绿洲边缘的向外扩展。与此同时,对原有的优质耕地加大了耕作力度,对部分遭破坏的耕地进行了恢复。另外,也有不合理的耕地开发行为,在多年 NDVI 合成图上表现为蓝色调,结果尚需要地面资料验证。

由于彩色合成与转换限于 3 个分量,因此本方法仅能基于 3 个时相的卫星影像进行变化分析,不能用于长时间序列数据的分析处理,这是该方法的局限性。

参考文献 (References)

- [1] Li Zhixi. Monitoring of tropical forest vegetation change using remote sensing [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1992, 7 (2): 99—104. [李芝喜. 热带森林植被的动态变化遥感监测[J]. 环境遥感, 1992, (7)(2): 99—104.]
- [2] You Xianxiang, Yang Xiaoming. Forest classification and monitoring using remote sensing information integrating method [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1995, 10(2): 97—105. [游先祥, 杨晓明. 应用遥感信息复合方法的森林分类和动态监测研究[J]. 环境遥感, 1995, 10(2): 97—105.]

- [3] Zhu Qijiang. The multi-temporal approach of research on vegetation by NOAA-AVHRR image data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 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(2): 99—105.]
- [4] Miller A. B., Bryant E. S., Birnie R. W. An analysis of land cover changes in the northern forest of New England using multitemporal Landsat MSS data [J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1998, 19: 245—265.
- [5] Yuji Hiroswawa, Stuart E. Marsh, Douglas H. Kliman. Application of standardized principal component analysis to land-cover characterization using multitemporal AVHRR data [J]. *Remote Sens. Environ.*, 1996, 58: 267—281.
- [6] Ronald J. Eastman Michele Fulk. Long sequence time series evaluation using standardized principal components [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1993, 59: 991—996.
- [7] Eric F. Lambin, Daniele Ehrlich. Land-cover changes in Sub-Saharan Africa (1982—1991): Application of a change index based on remotely sensed surface temperature and vegetation indices at a continental scale [J]. *Remote Sens. Environ.*, 1997, 61: 181—200.
- [8] Joel D. Schlagel, Carlton M. Newton. A GIS-based statistical method to analyze spatial change [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1996, 62: 839—844.
- [9] Eric F. Lambin. Change detection at multiple temporal scales: seasonal and annual variations in landscape variables [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1996, 62: 931—938.
- [10] Bureau of statistics of Gansu Province. Almanac of Gansu Province 1987—1996 [M]. Beijing: Publishing house of Chinese statistics, 1987—1996. [甘肃省统计局. 甘肃统计年鉴 1987—1996. 北京: 中国统计出版社. 1987—1996[M]].

A New Method for Vegetation Change Detection Based on Multitemporal Landsat TM Images-application in Vegetation Change Detection of Dunhuang Oasis

LI Ben-gang, TAO Shu

(Department of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871)

Abstract: Land cover change detection is an important application field of remotely sensed data. In this paper, a new method for vegetation change detection based on multitemporal Landsat TM images is introduced. Results of its application in vegetation change detection of Dunhuang Oasis show positive aspects of this method. Color composition of multitemporal TM data gives an obvious view of vegetation change in the study area. Color components from color space transformation can be used for quantitative analysis of vegetation change. Hue and Saturation components indicate types and intensity of changes respectively. Lightness component shows general NDVI distribution over the study period. This new method can be easily applied to other change study fields.

Key words: vegetation cover; change detection; color composition and color space transformation