

# 遥感变化检测方法研究综述

张振龙, 曾志远, 李硕, 胡子付

(南京师范大学地理科学学院 地理信息科学江苏省重点实验室, 南京 210097)

**摘要:** 遥感变化检测技术是遥感信息科学的重要研究领域, 是当前遥感数据处理技术的主要发展方向。本文从三个方面介绍遥感变化检测的技术与方法: 首先简要介绍遥感变化检测的数据预处理; 其次, 重点介绍了各种遥感变化检测方法, 并对各种方法优缺点做了简单评述; 并提出了遥感变化检测中应注意的问题和本研究的几项经验性的结论。

**关键词:** 遥感; 信息提取; 变化检测

**中图分类号:** P237.9    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-3177(2005)81-0064-03

随着各种遥感数据的不断积累和空间数据库的建立, 地球表面不同空间尺度的数据得以全面的记录。如何从这些遥感数据中提取和检测变化信息已成为遥感信息科学的重要研究课题。遥感变化检测的实质是遥感瞬间视场中地表特征随时间发生的变化而引起的两个时期影像像元光谱响应的变化, 所以遥感检测的变化信息必须考虑可能造成像元光谱响应变化的其他要素提供的信息, 如土壤水分、植被物候学、大气条件、太阳角(影像时相)、传感器参数等, 并且要消除这些信息的影响。<sup>[1]</sup>

## 1 遥感变化检测工作流程

遥感变化检测, 首先进行数据选取, 然后进行数据预处理, 包括辐射纠正、几何纠正、影像匹配等几个方面; 关键工作就是选择合适的信息提取和分离方法来检测变化信息, 最后评价结果的精度。

选取合适的遥感影像是遥感变化检测的基础, 不同的遥感系统有不同的视场角范围、瞬时视场(IFOV)、光谱分辨率和辐射分辨率, 在影像选取时, 应尽量选取这些参数都相同或相近的遥感系统的影像, 要尽可能选取同一季节、同一日期、同一时刻或相近的遥感影像, 以消除太阳高度角和物候不同而引起的图像反射特性差异。在图像质量方面, 一般认为研究区云的覆盖面积如果大于 20%, 则不能使用; 土壤水分对光谱的响应特征影响较大, 如某一时相的土壤湿度过高, 需要另外的处理<sup>[2]</sup>。

遥感图像预处理主要包括辐射纠正和几何纠正。卫星成像时由于大气状况、太阳高度角和地形等不同造成同一地区多时相影像间存在辐射差异, 因此在变化信息提取时要对影像进行辐射差异纠正处理。一些基于辐射传输理论的辐射转换模型可纠正影像的大气影响, 这些模型可将影像地物灰度值转换为地物表面反射率。但这些方法需要遥感成像时的大气光学特征参数, 而这些参数往往难以获得。在这种

情况下, 可采用相对辐射纠正的方法。相对辐射纠正是用影像的多时相地物灰度值代替反射率进行校正, 消除或减小地物辐射量和大气状况差异对影像光谱特征造成的影响。

由于卫星影像覆盖范围较大, 图像中包含了由于地球曲率、传感器高度和姿态角的变化及地形起伏引起的几何畸变, 在遥感变化信息提取和检测时, 必须要对影像进行几何纠正。几何粗纠正, 一般由卫星地面站进行, 几何精纠正是利用地面控制点进行。

## 2 遥感影像变化信息的提取和检测方法

利用遥感多光谱数据进行变化信息的提取和检测有多种方法。传统的方法大体可以分为两类: 光谱类型特征分析和光谱变化向量分析<sup>[2]</sup>, 此外, 本文还介绍了一些新的检测方法。

### 2.1 光谱类型特征分析

光谱类型特征分析方法主要基于不同时相遥感影像的光谱分类和计算, 确定变化信息的分布和类型特征, 分为直接比较法、分类后比较法和多光谱变换法。

#### 2.1.1 直接比较法

这种方法首先是对同一区域不同时相影像的光谱特征差异进行比较, 确定变化信息发生的位置, 在此基础上, 再采用分类的方法来确定发生变化的类型。该方法优点是首先确定了变化信息的位置, 因此缩小了分类范围, 提高了检测速度, 缺点是它不能同时获得具体的变化类型。这种方法包括以下几种算法:

#### 图像差值法<sup>[3]</sup>

此方法是应用最广的遥感变化检测方法。它是将两个时相的遥感图像按波段进行逐像元相减, 从而生成一幅新的代表二时相间光谱变化的差值图像。由于二组不同的绝对数值能产生相同的差值, 这也使得差值法有时无法适当地处理在变化探测中所涉及到的所有因素。

收稿日期: 2005-02-23

基金项目: 国家自然科学基金(40371053)资助

作者简介: 张振龙(1980~), 男, 河北石家庄人, 硕士研究生, 研究方向为遥感信息处理与地理信息系统。

E-mail: zhenlongzhang@126.com

### 图像比值法<sup>[3]</sup>

此方法被认为是辨识变化区域相对较快的手段,它是将多时相遥感图像按波段进行逐像元的相除。显然,在图像中未发生变化的像元其比值应近似为 1;反之,比值将明显高于或低于 1。根据比值设定阈值,再确定变化范围。

### 植被指数差值法<sup>[4]</sup>

利用光学传感器近红外波段与红波段对植被的显著的响应差,通过比值突出植被信息,再通过阈值提取植被信息和非植被信息。由于植物普遍对红光强烈吸收和对近红外光强烈反射,因此红光和近红外波段之间的比值有利于提高光谱差异。利用波段间比值图像主要有二个优点:不同地物特征的光谱响应曲线差异可能会在比值图像中得到进一步增强;比值能压抑地形效应并对辐射差异进行一定程度的归一化。

### 图像回归法<sup>[5]</sup>

首先假定时相 1 的像元值是另一时相 2 的像元值的一个线性函数,通过最小二乘法来进行回归,然后再用回归方程计算出的时相 2 的预测值来减去时相 1 的原始像元值,从而获得二时相的回归残差图像。以阈限方法确定变化区域。经过回归处理后的遥感数据在一定程度上类似于进行了辐射校正的相对校正,因而能减弱多时相数据中由于大气条件和太阳高度角的不同所带来的不利影响。

从以上方法可以看出,直接比较法大多通过阈值来确定变化区域,所以阈值的确定在这种方法中显得尤为重要。

#### 2.1.2 分类后比较法

分类后比较法首先对研究区的不同时相的影像进行各自分类,然后比较影像同一位置分类结果,进而确定变化信息的位置和类型。这种方法的优点是可以回避前一种方法所要求的影像系列时相一致的条件,以及影像间辐射校正、匹配等问题,但这一方法必须进行两次图像分类且制定统一的分类标准,而变化分析的精度依赖于图像分类的精度,这就明显受到单独分类所带来的误差影响,会不可避免地夸大变化的程度<sup>[7]</sup>。

#### 2.1.3 多光谱变换信息提取与检测方法

##### 差异主成份法

两时相的影像经纠正、配准后,先对影像进行插值计算,再取差值绝对值,从而得到一个差值影像。显然,这个影像里集中了原两时相影像中绝大部分的变化信息,而滤除了影像中相同的背景部分,在此基础上,再对差值影像做主成分变换。差值影像作主成分变换后的第一分量集中了该影像的主要信息,即原两时相影像的主要差异信息,这个分量可以被认为是被提取出来的变化信息,进一步确认变化信息的类型<sup>[8]</sup>。

##### 多时相图像主成分变化法

这种方法用于减少光谱波段数目的多变量分析技术,将两时相的波段数据组成一个波段组。通过主成分分析后,由于变换结果前几个分量上集中了两个影像的主要信息,而后几个分量则反映出了两影像的变化信息,因此可以抽取

后几个分量进行波段组合来产生出变化信息。<sup>[8~10]</sup>主成分分析法的优点是能够分离信息、减少相关,从而突出不同的地物目标。其不足之处在于它是基于纯粹的统计关系,因此它产生的分量的物理意义并不明确,而且只能反映变化的分布和大小,难以表达发生变化的类型。

##### K-T 变换法 (Kauthr Thomas Transformation)

通过对不同时相图像的各波段建立变换方程<sup>[11]</sup>,变换后,TM 产生 6 个分量(除热红外波段),MSS 图像产生 4 个分量,在前三个分量集中了绝大部分信息且与地物有明确对应关系,所以我们只取其前三个分量。K-T 变换后再对两时相图像相减生成变化图像,最后通过阈值法来辨识变化信息<sup>[3]</sup>,但 K-T 变换不适合 SPOT 图像<sup>[12]</sup>。因为 K-T 变换算法的转换系数对每种传感器是不同的,目前还没人提出 K-T 变换应用于 SPOT 的转换系数。

#### 2.2 光谱变化向量分析

光谱变化向量分析方法是基于不同时相图像之间的辐射变化,着重对各波段的差异进行分析,确定变化的强度与方向特征。

对于不同时间的遥感图像,进行图像的光谱测量,每个像元可以生成一个具有变化方向和变化强度两个特征的变化向量。变化强度 ( $CM_{pixel}$ ) 通过确定  $n$  维空间中两个数据点之间的欧式距离求得。

$$CM_{pixel} = \sqrt{\sum_{k=1}^n [BV_{ijk}(data2) - BV_{ijk}(data1)]^2} \quad (1)$$

式中:  $BV_{ijk}(data1)$  和  $BV_{ijk}(data2)$  是像元 ( $i, j$ ) 分别对于时相 1 和时相 2 在  $k$  波段的光谱值。  $K=1, 2, \dots, n$ ,  $n$  为波段数。

对于每一像元来说,其变化方向反映了该点在每个波段的变化是正向还是负向,综合起来便得到地物的变化类型。这可以根据变化向量的方向和角度来确定<sup>[13]</sup>。

提取变化和非变化像元,可根据变化强度  $CM_{pixel}$  的大小设定阈值来实现。即像元  $CM_{pixel}$  超过某一阈值时,即可判定为发生变化的像元。变化的类型,可由  $CM_{pixel}$  的指向确定。变化向量分析法的主要优点在于可以利用较多甚至全部波段信息来检测变化像元,主要不足在于变化阈值的确定比较困难<sup>[14]</sup>。

#### 2.3 新的遥感变化信息提取与检测方法

新的遥感变化检测方法很多,这里介绍比较常用的两种。

##### 2.3.1 交叉相关分析法

美国 Earth Satellite 公司提出交叉相关分析法 (Cross-Correlation Analysis CCA) 用来进行遥感变化信息的提取及动态监测。这种方法在以前分类图的基础上用当前的遥感图像检测发生变化的区域。步骤如下:第一步,将当前的遥感图像叠置在旧的分类图上,分类图的边界就将遥感图像划分为不同的小块,统计不同小块的光谱响应均值和标准差,得到“期望值”;第二步,比较每个像元期望值与光谱实际值之差(或叫“静态 Z 值”)。如果差值比较大,说明是可能发生变化的区域。该方法的难点是差值的阈值的确定。交叉相关

分析法的优点是所要监测的两个时相的图像不必要是相同的成像条件<sup>[15]</sup>。

静态 Z 值的计算方法:(Z 值定量描述了每个像元的反射值与它所属类别的像元均值的距离。)

$$Z_{jk} = \frac{r_{ijk} - \mu_{ic}}{\sigma_{ic}} \quad (2)$$

其中,  $Z_{jk}$  代表像元  $j$  行  $k$  列的静态 Z 值,  $i$  代表多光谱图像的第  $i$  波段,  $n$  代表波段数,  $r_{ijk}$  代表图像中  $i$  波段  $j$  行  $k$  列的反射值,  $c_{jk}$  代表图像  $j$  行  $k$  列像元对应的专题类别图的类别,  $\mu_{ic}$  代表图像  $i$  波段  $c$  类的平均反射值,  $\sigma_{ic}$  代表图像  $i$  波段  $c$  类的反射值的标准差。

### 2.3.2 Chi Square 变换

Ridd 提出用 Chi Square 变换的方法来进行遥感变化检测研究<sup>[16]</sup>。这种方法能将 TM 的 6 个波段融合在一起形成一个变化图像。Chi Square<sup>(2)</sup> 变换的方程可表示为

$$Y = (X - M)^T S^{-1} (X - M) \quad (3)$$

其中,  $Y$  表示变化图像的值,  $X$  表示每个像元 6 个波段两时相差值的向量,  $M$  表示整个图像各波段残差值的向量,  $T$  表示转置矩阵,  $S^{-1}$  表示六个波段两时相的协方差矩阵的逆矩阵。这种变换的条件是  $Y$  满足  $p$  个自由度<sup>2</sup> 的分布( $p$  为图像的波段数)。 $Y=0$  表示没有发生变化。

这种方法的优点是多个波段可以同时被考虑到,其不足是只能用于变化相对不大的影像。

## 3 结束语

遥感作为一门先进的科学技术,可为土地利用、植被、土

壤侵蚀、环境变化等动态监测研究提供多时相、大范围的实时信息,成为研究地球资源、环境的有力手段之一。在运用遥感检测技术,发现地表变化信息时要充分考虑对象特征、遥感数据和变化信息三者的有机联系,避免出现遥感信息的不确定性问题。

就遥感变化检测来讲,还有不少难点:首先数据预处理在实际工作中达不到要求,其有效算法和技术影响了动态检测成果的精度;其次,由于变化检测算法的差异性,所有变化检测算法的能力受空间、光谱、时域和专业内容的限制,所采用的方法在一定程度上影响了变化检测的精度。因此,在利用遥感信息进行动态监测中,选择合适的方法对变化信息的提取和检测有着重要的意义。

尽管研究人员还没有将所有的遥感信息提取与变化检测方法进行评价,但下面的一些观点已经得到初步认同<sup>[17]</sup>。

(1) 植被指数与变化的相关性比单波段的光谱响应值更高;

(2) 准确的图像匹配和重采样是变化检测数据预处理的关键;

(3) 图像差值和线性变换一般比其他检测方法更准确,变化检测的精度与空间纹理的复杂性,地表的光谱辐射响应和所用方法的性质有关;

(4) 不同的变化检测方法可以互为补充;

(5) 遥感变换检测的能力随着遥感传感器的改进和遥感技术与 GIS 技术的整合而提高。

当前,遥感变化检测研究除了新的检测方法的研究外,还要注重理解变化过程和机理,加强不同检测工作和不同方法匹配的研究。

## 参考文献

- 1 马建文,等. 遥感变化检测技术发展综述[J]. 地球科学进展, 2004(4): 192 ~ 196.
- 2 赵英时,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003. 242 ~ 245.
- 3 Singh, A. Digital change detection techniques using remotely sensed data[J]. INT. J. Remote Sensing, 1989, 10 (6): 989 ~ 1003.
- 4 T Fung, W. Siu. Environmental quality and its change, an analysis using NDVI. [J] INT. J. Remote Sensing, 2000, 21(5): 339 ~ 355.
- 5 沙志刚. 数字遥感技术在土地利用动态监测中的应用概述[J]. 国土资源遥感, 1999(2): 7 ~ 11.
- 6 刘慧平, 朱启疆. 应用高分辨率遥感数据进行土地利用与覆盖变化监测的方法及其研究进展[J]. 资源科学, 1999(5): 23 ~ 27.
- 7 贾凌,等. 基于 TM 的海南省土地利用/覆盖动态变化的遥感监测和分析[J]. 遥感信息, 2003(1): 22 ~ 26.
- 8 刘鹰, 张继贤, 林宗坚. 土地利用动态遥感监测中变化信息提取方法的研究[J]. 遥感信息, 1999(4): 21 ~ 24.
- 9 Fung. An assessment of TM imagery for land-cover change detection[J]. IEEE Transactions in Geoscience and Remote Sensing, 1990, 28(4): 681 ~ 684.
- 10 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[J]. 遥感学报, 1997(4): 283 ~ 289.
- 11 梅安新,等. 遥感导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001. 125 ~ 127.
- 12 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类与地学应用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004. 193 ~ 194.
- 13 Jensen John R. Introductory digital image processing: A remote sensing perspective (2nd edition) [M]. Published by Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1996. 257 ~ 269.
- 14 何春阳, 陈晋, 陈云浩, 等. 土地利用/覆盖变化混合动态监测方法研究[J]. 自然资源学报, 2001(5): 256 ~ 262.
- 15 Gregory Koeln. Cross-correlation analysis: mapping landCover changes with a Historic landCover dataBase and a recent, single-date, multispectral image[C]. In: Proc. 2000 ASPRS Annual Convention, Washington, DC 8 p.
- 16 Merrill K Ridd Jiajun Liu. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment [J]. Remote Sensing of Environment, 1998(63): 95 ~ 100.
- 17 P. Coppin. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review [J] INT. J. Remote Sensing, 2004, 5(10): 1565 ~ 1596.

(下转第 59 页)

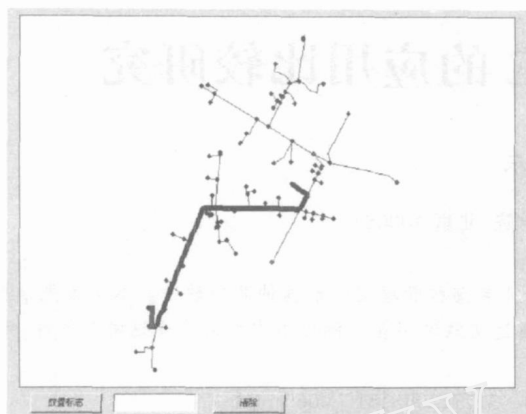


图 1 连通分析执行结果

### 3 结束语

ArcObject 作为 ESRI 公司推出的 GIS 开发平台,在同级产品中属佼佼者,它所提供的功能大大超出同类产品,不但如此,它还通过 COM 组件技术,支持众多开发环境,并免费提供一个庞大的帮助系统,使开发者可以将更多精力投入到软件的架构分析、数据库的设计当中去,可以预言, ArcObject 定将成为 GIS 二次开发的主流平台。

### 参考文献

- 1 赵万锋,刘南,刘仁义,王洁. 基于 ArcObjects 的系统开发技术剖析[J]. 计算机应用研究,2004(3).
- 2 宋关福,钟耳顺. 组件式地理信息系统研究与开发[J]. 中国图象图形学报,1998(4).
- 3 钟耳顺. 地理信息系统技术开发、应用与产品化[J]. 中外科技信息,1998(12).
- 4 涂秩均,张哲,韩小涛. 组件式 GIS 及其在电力网设备管理中的应用[J]. 电力自动化设备,2002 年(7).

## Power Distribution Network Service Information System Based on ArcObject in Nanyang

LIU Tian-yu, XU Xue-jun, YANG Qin

(Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The paper introduces the process of analysis, design and development of Nanyang power Distribution Network service information system, and illustrate how to achieve some of the typic functions.

**Key words:** GIS; distribution network service information system; ArcObject

(上接第 66 页)

## A Summary of Change Detection Methods of Remote Sensing Image

ZHANG Zhen-long, ZENG Zhi-yuan, LI Shuo, HU Zi-fu

(College of Geography, Nanjing Normal University, Jiangsu

Province Key Lab of Geoinformation science, Nanjing, 210097, China)

**Abstract:** The technology of digital information extraction and change detection is an important research field in remote sensing information science. For the changed information observed, it is necessary to determine whether the change results from the natural processing of bio-geophysical factors or the change results from satellite system as well as from our targets of interest. Three perspectives of change detection in remote sensing were summarized in this paper. First, the pre-processing routines to process remote sensing change detection were established. Second, the actual change detection methods were categorized in an analytical framework and also were evaluated. Ultimately the new developments in change detection were summarized.

**Key words:** remote sensing; information extraction; change detection