

# MNF 与 MAD 变换相结合的城市扩展研究

徐前祥<sup>1,2</sup>, 盛辉<sup>2</sup>, 廖明生<sup>1</sup>

(1. 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室, 武汉 430079; 2. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 东营 257061)

摘要: 针对传统变化检测方法存在的缺陷, 将最小噪声比率变换( Minimum Noise Fraction, MNF )和多元变化检测( Multivariate Alteration Detection, MAD )方法应用于东营市城市扩展分析。从 MNF 和 MAD 变换获得的影像中提取的二值图像可知, 检测结果总体精度达到 90.1%, Kappa 系数为 0.802, 证明了本文方法在变化区域检测方面的可操作性和有效性。

关键词: 遥感; 城市扩展; 多元变化检测; 最小噪声比率变换

中图分类号: TP 751 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2006)04-0043-03

## 0 引言

城市的发展与变化需要及时进行检测与分析, 城市变化检测可为城市规划、建设和管理提供多方面的基础地理信息和其它与城市发展相关的资料, 受到了广泛关注与研究<sup>[1-4]</sup>。本文分析了传统变化检测方法存在的缺陷, 采用一种基于 MNF 与 MAD 变换相结合(记为 MNF/MAD)的新方法对山东省东营市城市扩展进行研究, 并分析了检测结果。

## 1 传统变化检测方法存在的问题

利用影像进行变化检测的方法很多, 如分类后比较法、影像差值法、变化向量分析法和主成分分析法等, 然而, 这些方法存在如下问题:

(1) 各种检测方法对输入图像之间的辐射度差别、噪声等因素比较敏感, 没有考虑 2 个时相遥感图像之间的相关性以及图像内部各个波段之间的相关性影响;

(2) 一般要求 2 幅图像的波段数相同, 对来自不同传感器的图像(如一个时相为 Landsat MSS, 另一时相来自 SPOT), 显得无能为力;

(3) 对数据的统计分布要求比较严格, 方法实施时需要事先知道数据的统计分布模型(如高斯分布等)。

针对以上问题, 本文引入一种基于统计分析的

数学模型和分析方法——MNF/MAD 变换, 试图解决时相间变化信息提取和分析问题。

## 2 MNF/MAD 变换基本原理

### 2.1 原理简介

多元变化检测(MAD)方法以典型相关分析(Canonical Correlation Analysis)为基础, 以方差最大化作为判断准则, 这方面早有研究<sup>[5,6]</sup>。MAD 方法最大限度地消除了相关性影响, 但它仍然难以集中变化信息。针对这一问题, 本文引入最小噪声比率变换(Minimum Noise Fraction 变换, MNF 变换)方法<sup>[7]</sup>, 对 MAD 变换结果中包含的信息进行重组。

设对  $p$  维 MAD 影像数据  $M(x) = [M_1(x), M_2(x), \dots, M_p(x)]^T$  作线性变换

$$Y(x) = a^T M(x) \quad (1)$$

式中  $a = [a_1, a_2, \dots, a_p]^T \in R^p$ , 为变换系数向量。

设  $Y(x)$  中包含的信号与噪声分别为  $a^T S(x)$  与  $a^T N(x)$ , 则定义信噪比为  $var\{a^T S(x)\} / var\{a^T N(x)\}$ , 噪声比率为  $var\{a^T N(x)\} / var\{a^T M(x)\}$ 。其中  $var\{\cdot\}$  表示方差。故要做的即找出系数向量  $a$ , 使得  $Y(x)$  中的噪声比率最小, 也就是信噪比最大, 这样线性组合  $Y(x)$  即为  $M(x)$  的 MNF 变换。由此, MAD 影像中包含的信号与噪声尽可能地分离开来, 实现了变化信息向少数结果变量上集中, 使得变化和未变化 2 类像元区分起来更容易, 解决了 MAD 变

换后变化信息集中和差异影像构造问题。

### 2.2 MNF/MAD 变换的性质

(1)正交性。当  $i \neq j$  时,有

$$Cov\{MNF/MAD_i, MNF/MAD_j\} = 0 \quad (2)$$

MNF/MAD 变换的第一个分量反映了最大的变化信息,具有最大的信噪比和最小的噪声比率;第二个分量在与第一个分量互不相关的前提下,包含了除第一分量外最大的变化信息,具有最大的信噪比和最小的噪声比率;以此类推,第  $i$  个分量在与前  $i-1$  个分量互不相关的前提下,包含了除前  $i-1$  个分量外最大的变化信息,具有最大的信噪比和最小的噪声比率。

(2)线性不变性。MNF/MAD 变换对测量尺度、测量装置增益调整、线性的辐射畸变和大气改正不敏感,因而,这种变换没有对图像数据的测量尺度一致性提出任何要求。

综上所述,MNF/MAD 变换实质上是把图像之间的差异总信息分配到互不相关的结果变量上,最大限度保持这一差异的总信息量不变,并有效地集中了变化信息,以检测从时间  $t_1$  到  $t_2$  图像  $X$  与  $Y$  之间的变化。

## 3 MNF/MAD 实验及其应用

利用山东省东营市 1992 年 4 月 2 日和 2003 年 5 月 27 日的 Landsat - 5 TM 图像和 Landsat - 7 ETM+ 图像对东营市城市扩展进行分析。

### 3.1 图像预处理

主要进行图像校正(辐射校正和几何校正)、图像配准和裁减、直方图匹配与中心化等工作,其中最关键的 2 步为图像配准和直方图匹配。图像配准使 2 幅图像所对应的地物吻合,本实验中匹配精度达到 0.5 个像元以内;直方图匹配使 2 个时相的图像亮度值趋于协调,以便于比较。

### 3.2 MAD 及 MNF 变换

对预处理后的图像进行 MAD 变换,获取 MAD 图像,并以此作为 MNF 变换的输入数据,这样得到的结果变量称之为 MNF/MAD 变换,它最大限度保持了 2 个时相间的差异信息,并将变化信息有效地集中。将 MNF/MAD 变换后前三分量进行假彩色合成(插页彩片数据),其处理流程如图 1 所示。

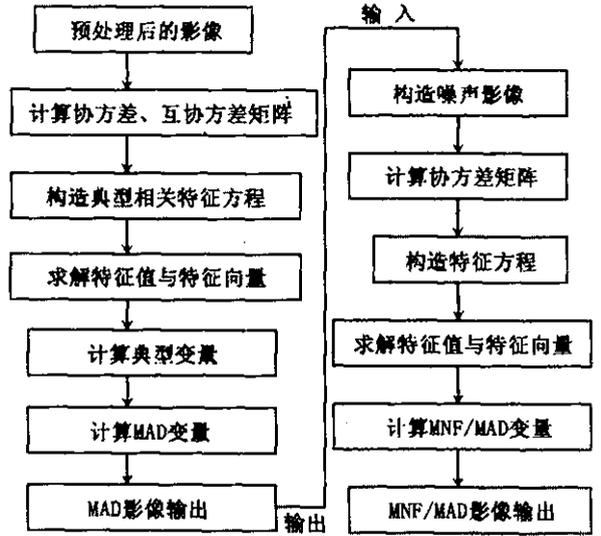


图 1 MNF/MAD 变换流程

### 3.3 变化信息提取及检测结果评定

根据 MNF/MAD 变换可知,MNF/MAD 变换后的第一分量包含了最大的变化信息,因此,对第一分量进行处理,提取变化信息(图 2),并在变化检测二值图像(图 3)中随机选取 1 210 个样本点,对变化和未变化水平进行精度评定,其结果如表 1 所示。

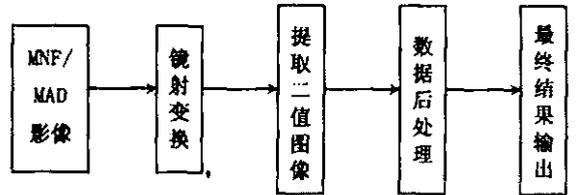


图 2 变化信息提取流程

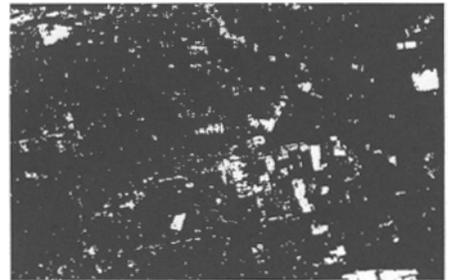


图 3 变化检测二值图像

表 1 变化检测精度评定

遥感数据	验证数据				
	未变化像元	变化像元	总和	使用者精度/%	错判误差/%
未变化像元/个	534	64	598	89.3	10.7
变化像元/个	56	556	612	90.8	9.2
总和/个	590	620	1 210		
生产者精度/%	90.5	89.7			
错判误差/%	9.5	10.3			
总体精度 = 90.1% ; Kappa = 0.802					

从表 1 可以看出,通过 MNF/MAD 变换得到的

变化检测图像得到了很好的检测结果,能够有效地提取地表变化信息。

对得到的二值图像进行矢量化处理,将得到的矢量图分别与1992年和2003年原始图像叠加,对比2时相的变化,如插页彩片17所示,其中黄色线条包围的区域为变化区域。从图像上明显看出,10余年间,东营市西城的建筑物密度明显加强,城区内绿地面积减少,而城区总体规模没有发生明显变化;东城则发生翻天覆地的变化,原东城附近大片绿地被开发成城市用地,城区面积急剧扩张,建筑物密度也有所加强;东西城有对接趋势。

## 4 结论

本文针对传统变化检测方法存在的缺陷,引入了MNF/MAD多元变化检测方法,通过对东营市城区的实际变化检测研究可以看出,MNF/MAD变换在最大限度地消除相关性影响的同时,很好地解决了城区变化信息的集中与提取,显示了该方法的优

势和进一步应用的潜力。今后,还有待于对其它类型遥感数据的适用性和有效性、变化类型的判断等问题进一步研究。

## 参考文献

- [1] 刘直芳,张剑清. 城区变化检测的一种方法[J]. 测绘通报, 2001(2):1-2.
- [2] 刘亚文,叶晓新. 城区人工地物变化检测方法的研究[J]. 测绘通报, 2001(7):9-11.
- [3] 潘卫华,徐涵秋. 泉州市城市扩展的遥感监测及其城市化核分析[J]. 国土资源遥感, 2004(4):36-40.
- [4] 吴健平,张立. 卫星遥感技术在城市规划中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2003,18(1):52-56.
- [5] Allan A Nielsen, Knut Conradsen, James J Simpaon. Multivariate Alteration Detector(MAD) and MAF Postprocessing in Multispectral, Bitemporal Image Data: New Approaches to Change Detection Studies[J]. Remote Sensing of Environment, 1998(1):1-19.
- [6] 廖明生,朱攀,龚健雅. 基于典型相关分析的多元变化检测[J]. 遥感学报, 2000,4(3):197-201.
- [7] 张路,廖明生,盛辉. 基于正交变换的多通道遥感影像变化检测[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2004(5):456-460.

## URBAN EXPANSION RESEARCH BASED ON MNF AND MAD TRANSFORMATION

XU Qian-xiang<sup>1,2</sup>, SHENG Hui<sup>2</sup>, LIAO Ming-sheng<sup>1</sup>

(1. LIESMARS, Wuhan University, Wuhan 430079, China; 2. College of Georesources and Information, University of Petroleum (East China), Dongying 257061, China)

**Abstract:** Based on analyzing the disadvantages of traditional approaches, this paper employs a new method, i. e., MNF and MAD transformation, for urban expansion research of Dongying. The accuracy estimation of changing imagery shows that the overall accuracy is 0.901 and the Kappa coefficient is 0.802, suggesting that the method proposed in this paper is efficient.

**Key words:** Remote sensing; Urban expansion; Multivariate alteration detection; Minimum noise fraction transformation

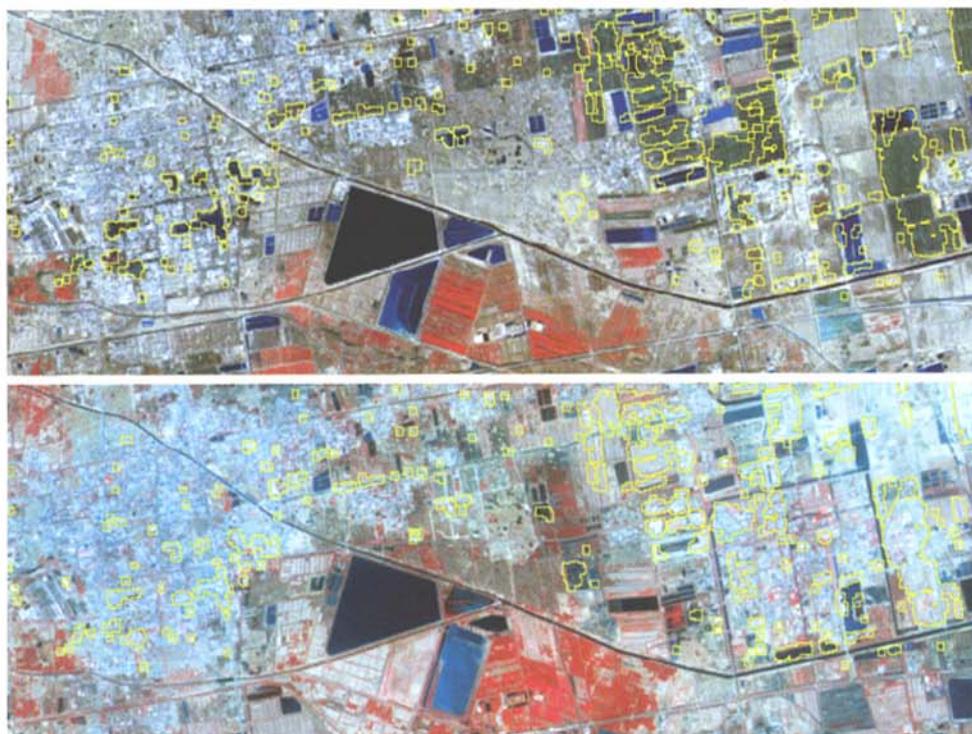
第一作者简介:徐前祥(1983-),男,毕业于中国石油大学(华东),现为武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室硕士研究生,研究方向为遥感信息处理。

(责任编辑:肖继春)

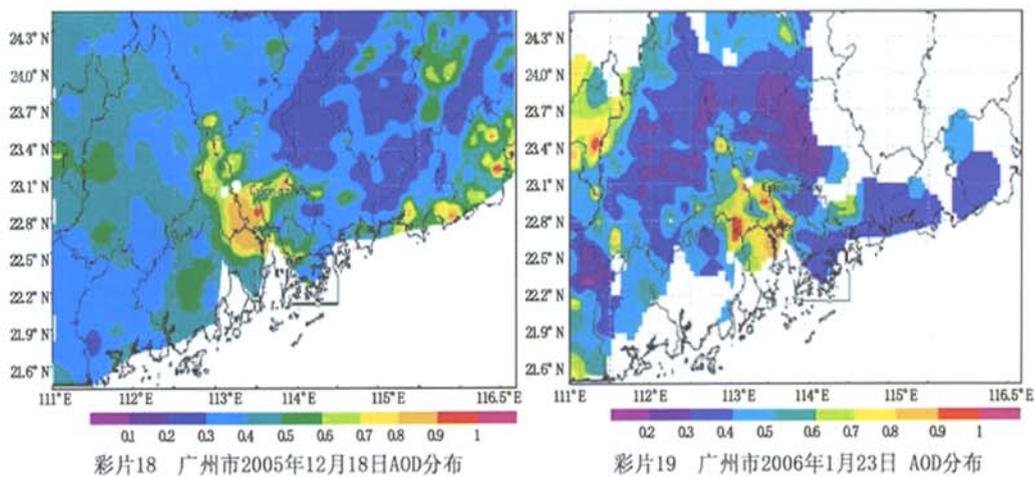
坚持科学发展,建设和谐社会



彩片16 MNF/MAD变换后前3个分量假彩色合成图像



彩片17 城区变化对比图(上图1992年, 下图2003年)



(彩片18、19见夏丽华一文)