

基于主成分分析的土地利用遥感动态监测研究

李卫娟, 付春永

中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州(221008)

E-mail: li_weijuan@yahoo.cn

摘要: 基于遥感数据多时相、高分辨率的特点, 遥感技术在土地利用动态监测中发挥着重要作用。主成分分析在进行多时相数据处理时, 可以自动发现精度不错的土地利用变化信息。在对已有方法进行总结分析的基础上, 本文以徐州市区为例, 结合不同的数据处理过程, 探讨一个优于传统主成分分析的有效方法, 快速、自动化地发现土地利用变化信息。试验表明, 该方法很好地提高了变化信息提取精度。

关键词: 主成分分析; 土地利用; 变化信息; 徐州

中图分类号: TP79

1. 引言

为了满足社会经济发展和各级政府在国土资源的规划、管理、保护和合理利用, 需要及时、准确地探测出区域土地利用的变化情况。随着20世纪60年代遥感技术的兴起, 使得土地动态变化监测成为可能, 并成为区域土地利用变化研究不可缺少的重要技术手段^[1-3]。

土地利用遥感动态监测^[4,5], 是通过量化多时相遥感图像时间域、空间域、光谱域的耦合特征, 以获得区域土地利用变化的类型、位置和数量等内容。

当前, 利用遥感影像监测土地利用动态变化已经进入实用阶段。但如何利用遥感数字图像处理技术对多时相、多源遥感数据进行分析处理, 自动发现土地利用变化特征, 保证变化信息提取的客观性和正确性, 减少作业人员的工作量, 仍是土地利用动态遥感监测的关键步骤^[6]。目前, 建立在遥感数据基础上的对变化信息的提取主要有分类后比较法和光谱直接比较法^[7], 两者各有优缺点。后者包括代数运算法、主成分分析法、假彩色合成法、变化矢量分析法、多波段交叉相关分析法等。

由于主成分分析在遥感影像处理方面具有独特的优势, 经过主成分分析处理的影像, 消除了各波段间的相关性并进行特征选择, 可以自动提取变化信息。本文以徐州市为例, 对主成分变换已有方法进行分析总结的基础上, 采用一个切实可行、基于主成分分析的变化信息自动发现方法——组合主成分法, 并进行了精度比较。

2. 主成分分析法

主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)法^[8-10], 着眼于变量之间的相互关系, 用几个综合性指标汇集多个变量的测量值进行描述, 是一种最小均方差意义上的最优正交变换。其数学基础是主成分变换, 它是在不损失原始数据有用信息的条件下, 选择部分有效特征, 舍弃多余特征。对多光谱图像而言, 它是对某一 n 个波段的多光谱图像实行线性变换, 即对该多光谱图像组成的光谱空间 X 乘以线性变换矩阵 A , 产生新的光谱空间 Y , 即一副新的 n 个波段的多光谱图像。表达式为:

$$Y = AX \quad (1)$$

式中, X 为变换前多光谱空间的像元矢量, Y 为变换后多光谱空间的像元矢量, A 为一个 $n \times n$

的线性变换矩阵。根据主成分变换的数学原理, A 是 X 空间的协方差矩阵 \sum_x 的特征向量矩阵的转置矩阵, 公式为:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdots \\ y_i \\ \cdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \cdots & \varphi_{1n} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \cdots & \varphi_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \varphi_{n1} & \varphi_{n2} & \cdots & \varphi_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdots \\ x_i \\ \cdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

对图像中每一像元矢量逐个乘以矩阵 A ，便得到新图像中的每一像元矢量。主成分变换后的第一主分量集中了绝大部分信息，第二到第 n 主分量的信息量依次快速递减。根据PCA变换在土地利用变化信息自动监测中数据处理过程的不同，有以下几种方式：

2.1 差异主成分法

先对影像作相差取绝对值处理，得到一个差值影像，再对差值影像进行主成分变换^[9-11]。由主成分变换的特性知道，差值影像进行主成分变换之后的第一分量应该集中了差值影像的主要信息，即原两时相影像的主要差异信息。

2.2 多波段主成分变换

将前后时相的多光谱影像，或多光谱影像与全色影像组合一个影像文件，再对其进行主成分变换^[9-11]。由于变换结果前几个分量集中了两影像的主要信息，而后几个分量则反映两影像的差别信息，因此可以选取后几个分量进行波段组合来突出变化信息。

2.3 主成分差异法

先对不同时相多光谱影像作PCA变换，然后对变换结果作差值，取差值的绝对值为处理结果^[9-11]。在对不同时相多光谱影像分别进行PCA变换时，前面主分量集中了多光谱影像的主要信息，但是所需要的变化信息不一定在作影像差值时前面主分量对应的差值图像中，后面分量的差值有时也能突出反映原始影像的变化信息。利用反映变化信息较多的几个差值分量作假彩色合成以显示不同时相影像的变化信息。

2.4 光谱特征变异法

将多光谱影像进行主成分变换，用另一时相的全色替换其中的第一主成分，然后再进行主成分逆变换^[9-11]。若地物发生了变化，对应区域的光谱会发生变异，与周围地物失去协调性，恰巧这种错误信息是土地利用发生变化的部分。

3. 组合主成分分析法

多波段主成分变换法由于用多个分量进行PCA变换，计算速度较慢，但信息量大，噪声信息影响较小，变化信息突出，且变换后分量多，可以提供的分量组合也多；主成分差异法和差异主成分法计算速度较快，变化信息较明显，但是图像噪声影响大^[12,13]。而光谱特征变异法的效率易受被监测区地物的光谱特性的限制，容易丢失小图斑^[14]。

鉴于上述传统主成分分析法存在的劣势，本文以徐州市区为研究对象，采用一种优于传统主成分分析的方法——组合主成分分析法，即将差异主成分法获得的变化信息作为单独的信息层提取出来，转换成矢量文件，生成变化图斑，然后叠加在光谱特征变异的变化信息上，根据光谱变异影像我们可以发现发生变化的区域，然后对照相应位置上差异主成分法变

化模板显示的信息来进一步确定变化有无和确切范围，以此互相补充和提示变化信息的存在，对变化图斑进行检验修改，以期提高监测精度。论文中采用ERDAS 8.5、ENVI4.4和ArcGIS 8相结合的处理方法来完成对变化信息的提取。

4. 主成分分析法的试验研究

4.1 数据源与影像预处理

徐州市位于江苏省西北部，东经 $116^{\circ}22'$ — $118^{\circ}40'$ 、北纬 $33^{\circ}43'$ — $34^{\circ}58'$ 之间，苏、鲁、豫、皖四省交界处，是淮海经济区核心城市和物资集散中心。徐州市自然景观条件十分优越，资源丰富，光、热、水配合较好，有利于农作物生长。研究中选择的研究区为徐州市行政区（不含贾汪区）。研究采用的数据源是经过几何校正的、覆盖研究区的 1987-6-15TM（30m）影像和 2000-9-14ETM+(band1, 2, 3, 4, 5: 30m; pan: 15m)影像，以及徐州市区的行政区划界限。

以2000年的多光谱图像为标准，利用二次多项式和双线性内插法对其全色波段和87年的多光谱波段进行影像对影像的配准，二者的RMS都被控制在0.5个象元。然后在ArcGIS 8和ERDAS 8.5上将徐州市区的行政界线矢量文件转成栅格图，在此栅格图上利用Mask进行研究区域裁剪，得到徐州市区影像图。为了减弱季节差异的影像，以2000年的影像为基准对87年影像进行直方图匹配，结果如图1。

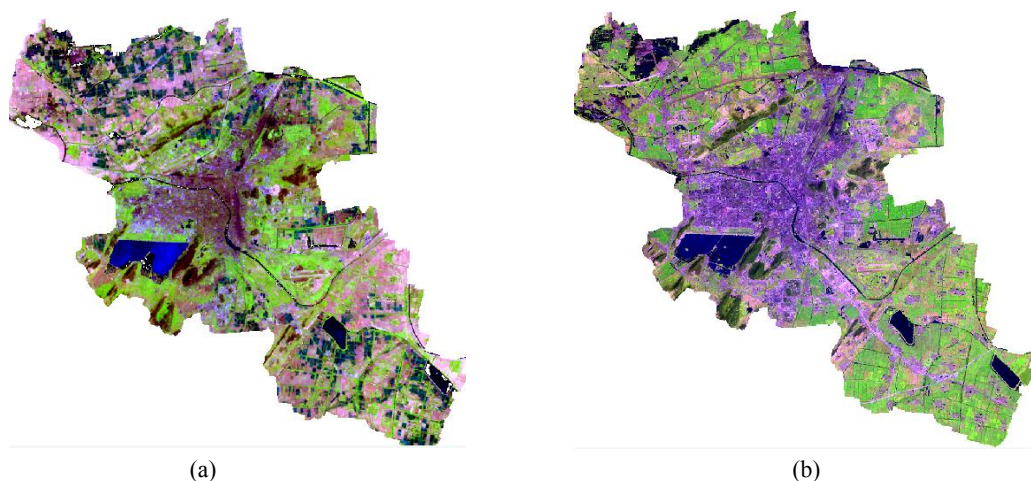


图1 徐州市1987年TM(a)和2000年ETM+(b)假彩色合成图像（543波段）

4.2 变化信息自动发现

本文选择由Tukey 在1971 年提出的中值滤波进行降噪处理，它可以克服线性滤波器给图像带来的模糊，在有效清除脉冲噪声的同时，又保持良好的边缘特性，获得较满意的复原效果^[15]。然后在ERDAS8.5中的Modeler选项建立两影像做差值后取绝对值的模型，得到差值的绝对值影像，流程如图2所示。

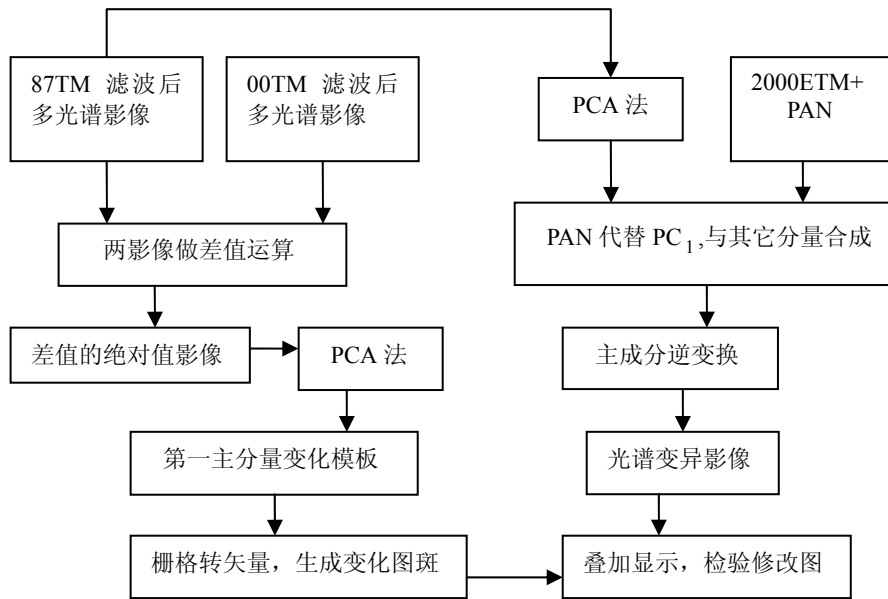


图2 组合主成分分析法流程图

在ENVI4.4中建模产生差异主成分的第一主分量，如图3。然后用监督分类对其进行分类，得到的变化模板，如图4，其中黑色部分是变化的信息。

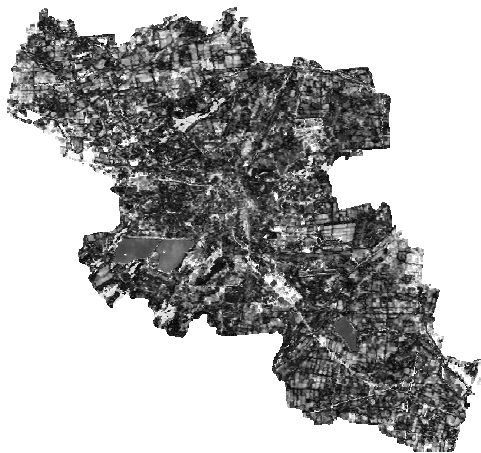


图3 差值图像的第一主分量

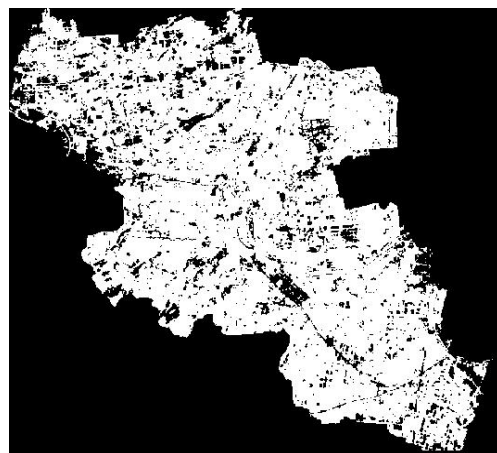


图4 差异主成分的变化模板

在光谱特征变异的影像上我们很容易的发现光谱不连续的部分，这些地方正是变化的区域如图5。在ARCGIS里进行手工勾绘，得到一个变化信息的矢量文件，然后将其转换成栅格图像如图6。

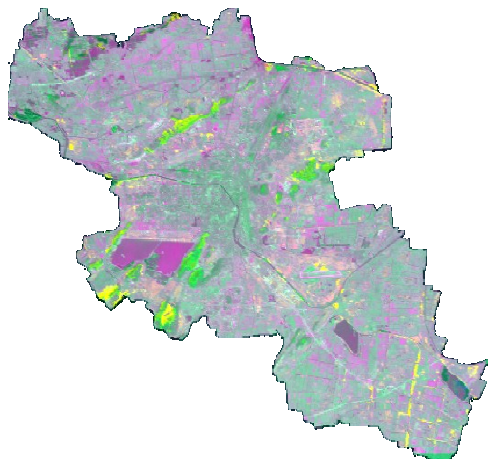


图5 光谱特征变异的影像（543波段）



图6 光谱特征变异的变化模板

得到两种方法的变化模板后,将差异主成分和光谱特征变异的变化模板的矢量文件叠加在一起生成变化图斑,进行检验修改。叠加显示时,发现由于87年的影像的6月15日的,徐州有些耕地种植的小麦已经收割,所以此时的耕地处于休耕状态,而2000年的影像是9月份的,不存在休耕的情况,而差异主成分得到的变化信息包含了这部分的变化信息,但是光谱特征变异的影像的变化信息显示的不明显。严格来说,这部分不属于变化信息,因为土地利用的类型没有改变,不论是休耕地还是不休耕地,这部分土地类型都是耕地。所以在检验修改时,以差异主成分法的变化模板为参考,对光谱特征变异的变化信息进行修改,主要是针对光谱特征变异的影像上容易丢失小图斑的问题,从而使两种方法获得的变化信息充分地得到互补。图7所示为修饰后的变化模板。



图7 修饰后的变化模板

5. 精度检验

为了检验方法的精确性,对试验结果进行精度验证。验证时根据辅助资料,在ERDAS8.5里进行精度评价,采用产生随机点的方法,进行变化/非变化像元的精度检验。通过计算生产者精度、使用者精度以及Kappa系数来比较验证不同方法的监测精度。验证结果表明,本文采用的组合法与差异主成分法或光谱特征变异法相比精度都较高,见表1。

表1 三种方法的比较

	组合法	差异主成分法	光谱特征变异法
生产者精度	91.75%	86.14%	89.76%
使用者精度	92.97%	86.95%	90.85%
Kappa系数	0.879	0.794	0.853

6. 结论

试验结果表明,基于主成分分析的差异主成分法与光谱特征变异法的结合,再辅以人工目视解译确定变化信息,其结果更能够满足土地利用遥感动态监测的需要。该方法的技术流程不但减轻了劳动强度,提高了工作效率,而且提取的数据具有可重复性。此外,还弥补了光谱特征变异法易丢失小图斑的缺陷。两种方法的优势互补,使得最终得到的变化信息在精度方面具有明显的优势。

就遥感变化监测来说,目前仍有不少难点。首先,数据的预处理在实际工作中达不到要求,使其有效算法的技术影响了动态监测成果精度。其次,由于变化监测算法受空间、光谱、时域等的限制,没有一种能在各种条件下都适用的有效方法,只能是根据不同的情况选择合适的方法。因此,土地利用的遥感动态监测变化信息的提取仍需要继续探索新的方法和模型。

参考文献

- [1] A.Abigail, M.Bernard, L.Maud. Assessing farmland dynamic and land degradation on Sahelian landscapes using remotely sensed and socioeconomic data[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2000,14(6):583-599.
- [2] A.B Miller, E.S.Bryant, R.W.Birnie. An analysis of land cover changes in the northern forest of New England using multi-temporal Landsat MSS data[J]. International Journal of Remote Sensing,1998,19:245-265.
- [3] 刘慧平, 陈志军, 温良等. 城市扩展的土地动态监测[J]. 北京师范大学学报(自然科学版). 1999,35 (2): 278-282.
- [4] 张红, 舒宁, 刘刚. 多时相组合分类法在土地利用动态监测中的应用[J]. 武汉大学学报, 2005, 30(2): 131-134.
- [5] 张银辉, 赵庚星. 试论土地利用遥感动态监测技术方法[J]. 国土资源管理, 2001, (3): 15-18, 14.
- [6] 鲍桂叶. 不同变化信息提取方法在土地利用动态遥感监测中的应用[J]. 测绘通报, 2003, (8): 38-40.
- [7] D.L.Civco, et al. A Comparison of Land Cover Change Detection Methods[A]. In: 2002 ASPRS-ACSM Annual Conference and FIG XXII Congress,2002-04-22-26.
- [8] 徐青, 张艳, 耿则勋等. 《遥感影像融合和分辨率增强技术》[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [9] 冯德俊, 李永树, 兰燕. 基于主成分变换的动态监测变化信息自动发现[J]. 计算机工程与应用, 2004, 38(3): 199-202.
- [10] 贺奋琴, 何政伟, 胡振琪, 尹建忠, 房世波.改进的主成分分析法自动发现土地覆盖变化[J]. 成都理工大学学报, 2007, 34 (1) : 92-96.
- [11] 刘鹰, 张继贤, 林宗监. 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, 28.
- [12] 李幸丽. 多时相遥感图像处理与规则提取方法及应用研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 硕士学位论文, 2007.
- [13] 陈志强, 陈健飞. 基于多波段K-L变换法的福州市城市用地及其变化信息提取[J]. 福建师范大学学报,

2006, 22(3): 100-103.

- [14] 许榕峰. 基于遥感的龙海市土地利用变化动态监测与专题研究[D]. 福州: 福州大学, 硕士学位论文, 2003.
- [15] 丁亚军, 谢可夫. 改进型中值滤波和形态学组合降噪方法[J]. 计算机与现代化, 2007, (2): 41-42, 45.

Dynamic Monitoring of Land Use Through Remote Sensing Based on Principal Component Analysis

Li Weijuan, Fu Chunyong

School of Environment and Spatial Informatics, China University of Mining and Technology,
Xuzhou, Jiangsu(221008)

Abstract

Remote sensing plays an important role in the dynamic monitoring of land because of its multi-temporal and high-resolution data. The Principal Component Analysis (PCA) can be used to process multi-temporal data to automatically detect land use change information with a good precision. In this paper, based on discussing the current methods, taking Xuzhou as the example, combined the various data processing methods and explored a effective way superior to the traditional principal components analysis, and quickly, automatically detected land use change. The result shows that this method improve the precision of extracting change information.

Keywords: principal component analysis(PCA); land use ; change information; Xuzhou