

基于 Landsat TM 数据的江苏海岸带土地利用/覆被变化检测方法比较研究

张晓祥^{①②}, 严长清^③, 刘斯琦^②, 阿慧娟^②, 朱晨曦^③, 戴煜暄^②

(① 水文水资源与水利工程国家重点实验室, 南京 210098;

② 河海大学地理信息科学系, 南京 210098; ③ 江苏省土地勘测规划院, 南京 210024)

摘要: 土地利用/覆被变化是全球环境变化研究的核心问题之一, 选择适当的变化检测方法在江苏海岸带土地利用/覆被变化研究工作中具有重要意义。本研究选取江苏海岸带具有典型代表性的大丰市作为变化检测方法比较研究的试验区, 采用 1992 年和 2002 年两期 Landsat TM 影像, 分别运用主成分分析法、混合变化检测法和变化矢量分析法进行变化检测, 提取土地利用/覆被变化信息, 并对每种变化检测方法进行定量分析和综合比较。研究表明, 主成分分析法对于试验区的土地利用/覆被变化研究具有检测速度快、检测精度高等优点, 适合试验区以及整个江苏海岸带的土地利用/覆被变化的检测。最终, 综合运用主成分分析法和分类后比较法获得了 5 期近 30 年江苏海岸带土地覆被分类图, 证明了主成分分析法可有效应用于江苏海岸带的变化检测。

关键词: 土地利用/覆被变化; 变化检测; 江苏海岸带; 主成分分析; 混合变化检测; 变化矢量分析

doi: 10.3969/j.issn.1000-3177.2011.03.015

中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1000-3177(2011)115-0082-06

A Comparative Study on Land Use/ Cover Change Detection Methods Based on Landsat TM Images: A Case Study of Dafeng, Jiangsu

ZHANG Xiaoxiang^{①②}, YAN Changqing^③, LIU Siqu^②, A Huijuan^②, ZHU Chenxi^③, DAI Yuxuan^②

(① State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098;

② Department of Geographical Information Sciences, Hohai University, Nanjing 210098;

③ Jiangsu Academy of Land Surveying and Planning, Nanjing 210024)

Abstract: The choice of an appropriate change detection method is much more significant to the research of land use/land cover change. This study has taken Dafeng City, a representative area of Jiangsu coastal zone, as the study area to be the comparative study of change detection methods. In this study, two periods of Landsat TM images (1992, 2002) are used to conduct the change detection. The three methods including the principal component analysis (PCA), hybrid change detection and change vector analysis (CVA) were used. Results of each method are showed by the land use/cover change information, advanced quantitative analysis and comprehensive comparison. It is demonstrated that PCA is the most suitable change detection method for the study area and even the entire Jiangsu coastal zone because of its higher speed and higher precision. Finally, in this study five periods of land cover classification maps of Jiangsu coastal zone during the last 30 years are successfully compiled based on PCA and post classification comparison.

Key words: land use/cover change (LUCC); change detection; Jiangsu coastal zone; principal component analysis (PCA); hybrid change detection; change vector analysis (CVA)

收稿日期: 2010-03-18 修订日期: 2010-04-29

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(973计划)(2010CB4290001); 水文水资源与水利工程国家重点实验室创新团队(2009585412); 国土资源部百名优秀青年科技人才计划(2008); 江苏近海海洋综合调查与评价专项(江苏908专项); 河海大学新世纪人才资助计划。

作者简介: 张晓祥(1979年~), 男, 博士。主要研究方向为GIS与专业模型集成、行业数据模型、遥感与GIS的资源环境应用研究。

E-mail: xiaoxiang@hhu.edu.cn

1 引言

1.1 概述

土地利用/覆被变化(Land Use/Cover Change, LUCC)是全球和局地环境变化研究的重要领域^[1-3],目前LUCC研究已经成为全球气候变化和区域可持续发展研究的核心问题^[4]。LUCC数据的调查与监测对于理解变化机制和模拟各种尺度上的环境与相关生态系统变化的影响有着重要的意义^[5],研究人员也逐步发展了一套基于多时相遥感信息的获取研究区土地利用/覆盖变化信息的研究范式^[6-7]。在土地利用/覆盖变化检测中,数据源的选择、影像数据的精准几何校正、辐射校正和多时相遥感数据标准化是进行变化检测的前提。而有针对性地选取适合特定研究区的有效的变化检测方法是进行变化检测的核心问题^[8-9]。

本研究的主要目的是获取适合江苏海岸带地区的LUCC变化检测方法。研究选择江苏省大丰市作为典型试验区,定量地评价、比较常见的几种变化检测方法,以确定最理想的变化检测方法,最终获取近30年(1978年~2007年)江苏海岸带土地利用/覆被变化信息。

1.2 变化检测技术国内外研究进展

在不同的研究尺度、不同的研究区域和不同的研究目标背景下,合适的遥感影像数据的选择和有效的变化检测方法的确定对于检测结果非常重要^[4]。

在变化检测的数据选择方面,基本上所有遥感影像都可以用于变化检测,这些数据包括TM和MODIS^[13], AVHRR^[14], QuickBird^[15],其中美国Landsat TM系列影像因为其分辨率适当,获取方便,性价比较高,并且易于与其他遥感影像进行融合^[16-17],因而在变化检测研究中应用最为广泛。

在变化检测的方法选择方面,Lu^[19](2004)曾经系统总结了变化检测的7大类31种方法的特征、优缺点、应用领域和关键因素等^[18]。这些方法包括影像代数、回归分析、主成分分析(PCA)、变化矢量分析(CVA)、混合变化检测、分类后比较方法等。其中,影像代数方法又包括差值法、比值法、植被指数方法等几种方法^[12,18]。

在实际的变化检测研究中,多是综合采用几种方法,如张华国等(2003)对IKONOS数据等采用监督分类法、阈值法、植被指数法和人机交互相结合的方法对土地覆盖进行分类,获得了南麂列岛土地覆盖数据^[19]。何春阳等(2001)和Chen等(2003)针对

多时相TM数据,提出了把变化矢量分析和分类后比较相结合进行混合动态检测的新方法^[20-21]。Ridd and Liu利用1986年和1990年两期TM影像,分别采用图像差值法、回归分析法、KT变换法和Chi Square变换法,进行了美国盐湖城地区土地利用/覆被变化的检测,并采用总体精度(Overall Accuracy)、Kappa系数(Kappa Coefficient)和Kappa相似系数(Kappalike Coefficient)3种评价指标进行了精度评估^[22]。Yuan and Elvidge(1998)综合运用多种方法对美国华盛顿地区进行了土地利用/覆被变化信息提取^[23]。在海岸带变化领域,上世纪90年代初,美国海洋与大气局(NOAA)开展了美国海岸带土地覆盖变化计划(G-CAP),工作利用以Landsat TM影像为主的多源航空航天遥感数据,同时综合运用地图学、数字图像处理 and 航片判读等多种方法获取整个美国海岸带地区的空间分辨率为30m、时间频率为5年一次的影像,研究美国海岸带栖息地的变化情况^[12]。

2 研究区概况

大丰市隶属于江苏盐城市,总面积23.74万ha,2005年末,总人口73万,是典型的江苏沿海冲积平原区,市域海岸线以外为黄海辐射沙洲。大丰市自然环境、资源条件等方面在整个江苏沿海地区具有典型性。因此,为提高变化检测方法研究的效率,研究选择了大丰市作为江苏省土地利用/覆被变化检测方法比较的典型试验区。

3 变化检测方法比较

3.1 变化信息的提取

研究根据Lu(2004)所总结的7大类31种变化检测方法,进行各种方法的优缺点、操作难易程度等特性的比较,并结合江苏海岸带的区域特征,选择以下3种方法对试验区进行变化检测比较研究,包括:主成分分析法、混合变化检测法、变化矢量分析法。

研究主要选取典型试验区大丰市1992年6月7日和2002年5月26日两期TM影像(条带号:119/37)作为试验数据,经过数据预处理,分别采用主成分分析法、混合变化检测法、变化矢量分析法提取典型试验区土地利用/覆盖变化信息模板,然后对试验方法的操作难易程度、实现效率、变化信息模板精度等方面进行了综合评价和定量分析(见表1),最后选择适合研究区的变化检测方法。

表 1 三种变化检测方法比较表

	主成分分析法	混合变化检测法	变化矢量分析法
原理图	<p>时间1 2 纠正后专 3 题图波段 4</p> <p>时间2 2 3 4</p> <p>或</p> <p>传统分类</p> <p>6个主成分</p>	<p>时间1 2 纠正后专 3 题图波段 4</p> <p>对时间1的 传统分类</p> <p>3 时间1的第3波段 3 时间2的第3波段</p> <p>差值影像经阈值确 定得到二值变化图</p> <p>2 掩膜得到在时间2影 3 像的变化像元并分类</p> <p>时间2 2 3 4</p> <p>时间2的分类图</p> <p>时间1的分类图</p> <p>进行分类后比较变化检 测, 或者利用GIS工具通 过时间2的变化信息来 更新时间1的地图</p>	<p>时相1 时相1影像作KT变换并 将其转化到绿度G、亮 度和温度B的三维空间</p> <p>$g_t = (H_t, S_t, V_t)$</p> <p>时相2 时相2影像作KT变换并 将其转化到绿度、亮 度和温度的三维空间</p> <p>$g_{t+1} = (H_{t+1}, S_{t+1}, V_{t+1})$</p> <p>$g_t - g_{t+1} = (H_t - H_{t+1}, S_t - S_{t+1}, V_t - V_{t+1})$</p> <p>$S = \sqrt{\Delta B^2 + \Delta G^2}$ $H = \frac{\Delta G}{\Delta B}$</p> <p>变化矢量结果中的V分量(Value)由新旧两时 相影像PC变换后取其第一分量而来</p>
优点	<ul style="list-style-type: none"> ①数据处理复杂度低, 计算量小 ②避免了影像内部相关性影响 	<ul style="list-style-type: none"> ①使分类错误减少 ②最终能获得变化类型 	<ul style="list-style-type: none"> ①避免误差累积 ②能利用多波段检测变化 ③能够生成详细的变化信息
缺点	<ul style="list-style-type: none"> ①不能提供完整的变化类型信息 ②要求确定阈值来识别变化区域 	<ul style="list-style-type: none"> ①要求确定阈值来识别变化区域 ②确定变化类型的实现困难 	<ul style="list-style-type: none"> ①对遥感数据质量要求高。 ②要求确定阈值来识别变化区域 ③缺乏有效的变化类型识别方法
关键因素	<ul style="list-style-type: none"> ①主成分的选择 ②阈值的确定 	阈值的确定	<ul style="list-style-type: none"> ①阈值的确定 ②变化类型的确定

通过对3种变化检测方法的技术处理手段的比较, 并结合前人的研究实践, 我们可以得到如表1所示的3种变化检测方法比较表, 表中比较了各种方法的优点、缺点、关键因素和应用领域。我们可以看出各类方法都能用于土地覆盖变化研究, 各有优缺点, 但应用的关键因素还是阈值的确定。

主成分分析法(PCA)可以将各波段信息压缩到数量较少的某几个特征向量上, 并使信息损失达到最小, 从而大大降低了数据处理的复杂程度, 减少了信息冗余。另外, 它是一种正交变换, 可以很好地消除图像内部各通道间的相关性, 可以抑制由于图像内部相关性引起的噪声。主成分分析法的缺点是比较复杂, 并且得出的结果中没有地物的分类信息, 难以解释它的实际意义。另外, 这种方法要求使用者对地物类别的光谱信息非常熟悉, 增加了这种方法的复杂程度。

混合变化检测方法算法简单, 方便易行, 对变化比较敏感, 可以避免分类过程所导致的误差, 并且可以直接体现变化的信息。但这种方法的缺点也比较明显: ①容易受遥感数据成图质量、波谱特征不同等

客观条件的影响, 对数据和预处理的过高要求极大地限制了光谱直接比较法的广泛使用。②该方法只注重变化像元的提取, 而不能提供各时期土地分类图。

变化矢量法(CVA)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, 而且与其他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, 但是, 与其他方法相比, 变化向量分析方法也有许多不成熟的方面: 对使用的遥感数据质量要求较高; 缺乏自动或半自动的方法来有效的确定变化和非变化像元之间的变化强度阈值; 缺乏有效的变化类型识别方法。

经上述方法进行变化检测, 提取出的试验区变化信息模板可以分为两种情况: 一种是只能定性地描述影像范围内是否发生了变化, 即只能得到“变化/未变化(change/no change)”信息; 另一种是不仅能够描述“变化/未变化”, 还能详细地检测出从哪一类变成了哪一类, 即“from to”信息。另外, 各种

方法都有一个核心问题,就是如何确定一个合理的阈值来判定变化区域。目前阈值的确定方法主要分为经验阈值法和自动半自动阈值确定法两大类^[24]。研究中,我们采取经验阈值法中较为常见的 n 倍标准差法,其原理如下:

假设研究区只有少量地方的覆被,并且呈正态分布,公式如下:

$$T = mean \pm n\sigma$$

其中:

T : 代表阈值;

$mean$: 代表差异图像的均值,

n : 常数,

σ : 差异图像的标准差。

根据以上公式,通过人机交互,不断进行调整,最终确定阈值。该方法的关键在于 n 值得确定。经过反复的试验,研究区的 n 值的最佳范围为 0.6~ 0.8。

3.2 实验结果

通过以上方法,我们得到了试验区的土地利用/覆被变化信息模板。为了验证变化检测的结果,同时弥补缺漏,提高检测的精度。用两个时相的影像的分类结果图叠加后的变化矩阵来校正模板。最后结合实验区的土地利用现状图以及实地调查数据,得到了如图 1(c) - 图 1(h) 所示的各种变化检测变化方法下的试验区土地利用/覆被变化信息模板。图 1(d)、图 1(f)、图 1(h)“变化/未变化”二值图中红色部分表示发生变化的区域。

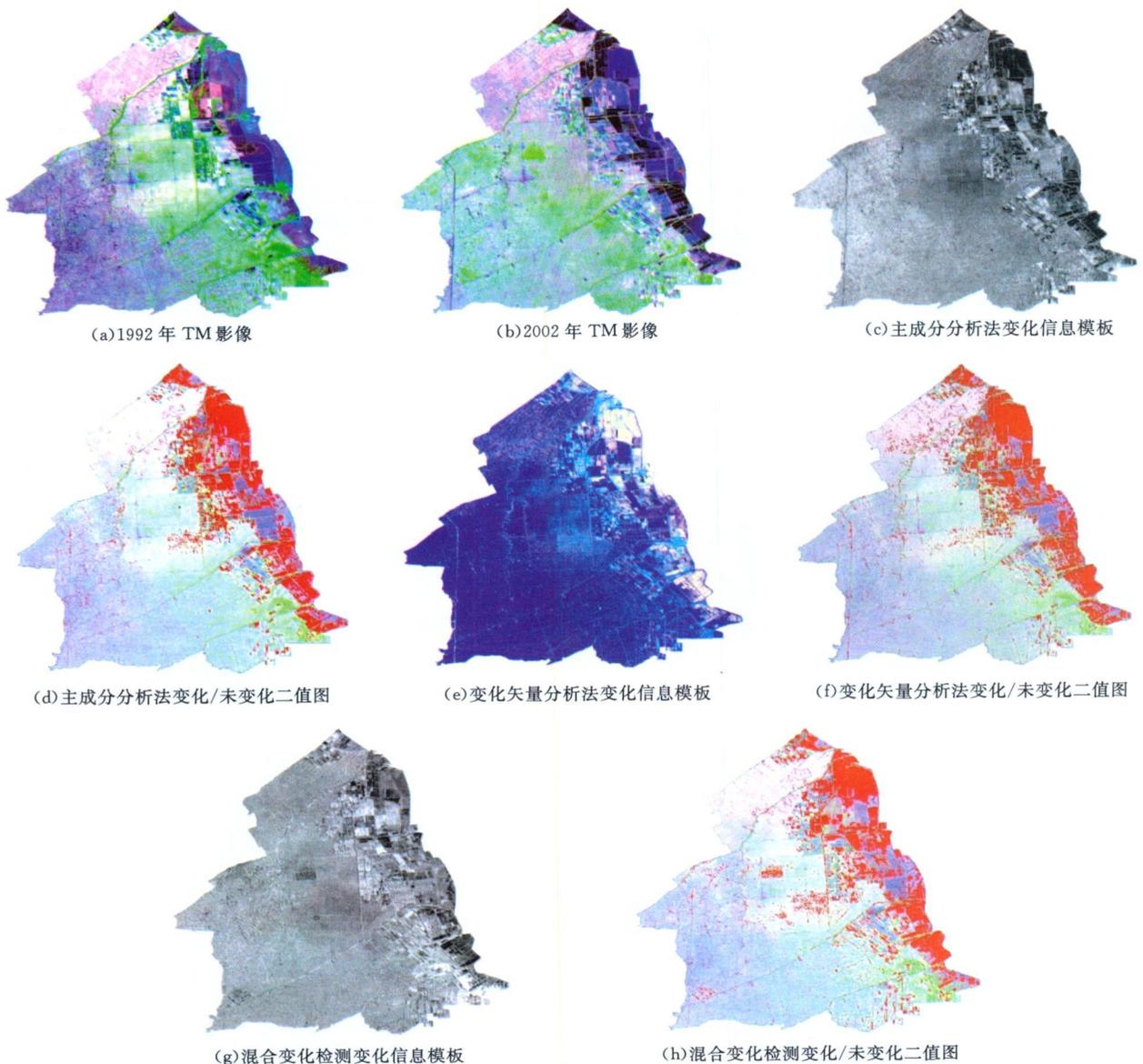


图 1 原始影像及不同检测方法下的变化信息

3.3 结果分析

在上述各种方法进行检测的过程中,影响检测结果精度的因素有很多。操作过程中,阈值的设定具有一定的主观性,研究人员对试验区情况熟悉与否,对检测方法有没有足够的经验等都会影响到检测精度。此外,算法本身等多方面因素也会对试验的结果精度产生影响。研究采用对各种方法生成的变化信息模板进行“变化/未变化”层次的精度评价。研究通过总体精度(Overall Accuracy)、漏检率(Omission Error)、虚检率(Commission Error)3个指标来进行衡量。三个精度指标计算如下:

(1) 总体精度

$$OA = \frac{\sum Cc + \sum Uu}{T}$$

其中:

Cc : 检测正确的发生变化样点;

Uu : 检测正确的未变化样点;

T : 样点总数;

OA : 总体精度,检测正确的样点占总样点本数的比率,反映了总体上的检测正确程度。

(2) 漏检率

$$OE = \frac{\sum Uc}{\sum Trc}$$

其中:

Uc : 实际发生变化但是误判为未发生变化的样点;

Trc : 实际发生变化的样点;

OE : 漏检率,实际发生变化却错判为未变化样点占的实际发生变化样点总数比率。

(3) 虚检率

$$CE = \frac{\sum Cu}{\sum Tmc}$$

其中:

Cu : 实际未变化但检测误判为发生变化的样点;

Tmc : 实际未变化的样点;

CE : 虚检率,实际未发生变化却错判为发生变化样点占的实际未发生变化样点总数比率。

根据上述精度评价方法和指标对研究所选用的3种变化检测方法,以研究所获取的野外调查数据,相应年份的土地利用图,以及各时相高分辨

率的影像作为验证依据,随机抽取研究区500个采样点,对各种方法下的变化检测的结果进行精度评价,所得的精度评价结果如表2,3,4:

表2 主成分分析法精度评价

PCA\实际	变化像元	未变化像元	总计	虚检率
变化像元	203	35	238	14.71%
未变化像元	47	215	262	
总计	250	250	500	—
漏检率	18.80%		—	—
总体精度	83.60%			

表3 变化矢量检测法精度评价表

CVA\实际	变化像元	未变化像元	总计	虚检率
变化像元	176	37	213	17.37%
未变化像元	64	223	287	
总计	240	260	500	—
漏检率	26.67%		—	—
总体精度	79.80%			

表4 混合变化检测法精度评价表

Hybrid\实际	变化像元	未变化像元	总计	虚检率
变化像元	184	38	222	17.12%
未变化像元	99	179	278	
总计	283	217	500	—
漏检率	34.98%		—	—
总体精度	72.60%			

结果表明,3种变化检测方法中,主成分分析法的总体精度最高,达到了83.60%;变化矢量法的总体精度其次,为79.80%;混合变化检测的总体精度低于其他两种检测方法,为72.60%。在虚检率方面,主成分分析法优于其他两种方法,虚检率为14.71%,说明它能更有效地判别出实际未发生变化的样点。在漏检率方面,混合变化检测的对发生变化的样点判定效果不理想,漏检率达到了34.98%;变化矢量法的漏检率为26.67%;主成分分析法对发生变化样点的判断效果最佳,漏检率18.80%。综上所述,主成分分析法不仅总体的精度较高,其虚检率和漏检率也优于其他方法,适合研究区大数据量的变化检测。

4 结束语

本文以江苏省大丰市为典型试验区研究适合江苏沿海的土地覆盖/利用变化研究中变化检测的一般方法,研究表明:

主成分分析法更适用于本次研究区的变化检测研究。其三项精度指标均优于其他两种方法,其中总体精度达到了 83.60%,漏检率为 18.80%,虚检率为 14.71%。除了精度高的特点外,PCA 还具有操作简单、计算量小、效率高等优点,使其能较好地

应用于江苏沿海土地利用/覆被变化研究。

研究以大丰市的试验结果为重要参考,将主成分分析法应用到整个江苏沿海地区,并结合分类后比较法,最终获得了 5 期整个江苏海岸带土地覆被分类图。

参考文献

- [1] Turner II BL, Skole D, Sanderson S, et al. Land use and land cover change: science/research plan[R]. IGBP Reports, 1995.
- [2] 冯春,郭建宁,闵祥军,等. 土地利用/土地覆盖遥感变化检测方法新进展[J]. 遥感信息, 2006(3): 81- 85.
- [3] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553- 558.
- [4] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 324- 330.
- [5] 于兴修,杨桂山,王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向[J]. 地理科学, 2004, 24(5): 627- 633.
- [6] Liu J, Diamond J. China's environment in a globalizing world[J]. Nature, 2005, 435(7046): 1179- 1186.
- [7] 刘纪远,张增祥,庄大方,等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化的遥感时空信息研究[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [8] Andréfouët S, Costello M J, Rast M, et al. Preface: Earth observations for marine and coastal biodiversity and ecosystems [J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(8): 3297- 3299.
- [9] Goetz SJ, Gardiner N, Viers JH. Monitoring freshwater, estuarine and near shore benthic ecosystems with multi sensor remote sensing: An introduction to the special issue[J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 112(11): 3993- 3995.
- [10] 马建文,田国良,王长耀,等. 遥感变化检测技术发展综述[J]. 地球科学进展, 2004, 19(2): 192- 196.
- [11] 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类地学应用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [12] Dobson J. E., Bright E. A., Ferguson R. L., et al. NOAA coastal change analysis program(G-CAP): Guidance for Regional implementation. [R]. NOAA Technical Report NM FS 123. Department of Commerce, 1995.
- [13] Carvalho L. M. T., Fonseca L. M. G., Murtagh. F, et al. Digital change detection with the aid of multiresolution wavelet analysis[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(18): 3871- 3876.
- [14] Borak J. S, Lambin E. F, Strahler AH. The use of temporal metrics for land cover change detection at coarse spatial scales [J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(6): 1415- 1432.
- [15] 申邵洪,赖祖龙,万幼川. 基于融合的高分辨率遥感影像变化检测[J]. 测绘通报, 2009(3): 16- 19.
- [16] 潘耀忠,陈志军,聂娟,等. 基于多源遥感的土地利用动态变化信息综合监测方法研究[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 182- 187.
- [17] 王萍,张继贤,林宗坚,等. 基于多源遥感数据融合的土地利用/土地覆盖变化信息提取试验[J]. 测绘通报, 2003, 4(4): 14- 17.
- [18] Lu D, Mausel P, Brondizio E, et al. Change detection techniques[J]. International Journal of Remote Sensing, 2004, 25(12): 2365- 2407.
- [19] 张华国,黄韦良,周长宝. 应用 IKONOS 卫星遥感图像监测南麂列岛土地覆盖状况[J]. 遥感技术与应用, 2003, 18(5): 306- 312.
- [20] 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, 16(3): 255- 262.
- [21] Chen J, Gong P, He CY, et al. Land use/land cover change detection using improved change vector analysis[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2003, 69(4): 369- 379.
- [22] Ridd MK, Liu J. A comparison of four algorithms for change detection in an urban environment [J]. Remote Sensing of Environment, 1998, 63(2): 95- 100.
- [23] Yuan D, Elvidge C. NALC land cover change pilot study: Washington D. C. area experiments [J]. Remote Sensing of Environment, 1998, 66(2): 166- 178.
- [24] 李月臣,杨华,刘春霞,等. 土地覆被变化遥感检测方法[J]. 水土保持研究, 2006, 13(1): 209- 215.