

# 单一时相遥感数据土地利用与覆盖变化自动检测方法

张继贤<sup>1</sup>, 杨贵军<sup>2</sup>

(1. 中国测绘科学研究院, 北京 100039; 2. 辽宁工程技术大学 测量工程系, 辽宁 阜新 123000)

**摘要:** 针对基期(用于该研究的前一时期数据)  $T_1$  仅拥有土地利用和覆盖图件(矢量格式)而另一期  $T_2$  拥有遥感数据的情况, 构建了基于知识引导的土地利用和覆盖变化自动检测技术与方法。  $T_1$  时期土地利用与覆盖与  $T_2$  期遥感数据在配准叠加情况下, 以  $T_1$  完整的土地利用与覆盖类型图斑为单元构建土地各类别遥感数据知识库, 然后以图斑单元或以像素为单位计算遥感影像特征统计量, 通过与知识库相关数据的比较与匹配自动检测出变化并识别出相应的土地利用与覆盖类别。文章最后通过试验验证了该方法的有效性。

**关键词:** 土地利用与覆盖变化; 遥感; 变化提取; 知识引导

**中图分类号:** TP79      **文献标识码:** A

## 1 引言

利用遥感技术快速、准确获得土地利用与覆盖变化的时空分布信息是资源与生态环境监测、国际土地利用与覆盖变化(LUCC)研究的核心技术, 已成为国际遥感研究的热点。目前以多时相遥感数据为变化检测信息源, 人们已发展了图像差值法、主成分分析法、光谱特征变异法、假彩色合成法、分类后比较法、波段替换法、变化矢量分析法、多波段交叉相关分析法等多种方法实现对变化信息的自动检测<sup>[1-4]</sup>。然而在变化自动检测中, 基期  $T_1$  仅拥有土地利用与土地覆盖图件而另一期  $T_2$  为遥感数据的情况同样具有广泛的普遍性, 在图件更新和资源与生态环境调查监测方面具有广阔的应用前景, 是一个亟待研究的课题。目前普遍采用的方法是  $T_1$  期数据与  $T_2$  期合成影像叠加模式下的人机交互目视判读, 这种大海捞针式的方法不仅工作量大, 自动化程度低, 而且可靠性差, 判读困难, 遗漏图斑多。究其原因, 由于  $T_1$  时期与  $T_2$  时相数据采用不同的信息表示方法而给二者的直接定量比较带来困难, 致使  $T_1$  时期拥有的大量有用信息被计算机自动分析所忽视。事实上, 对于变化检测来说, 不发生变化的

信息占主流, 因此  $T_1$  时期的数据上含有大量与  $T_2$  时期数据相一致的土地利用与覆盖类型信息, 如果利用计算机对可利用信息进行挖掘, 建立以统计信息为主体的各类型土地利用与土地覆盖遥感信息知识库, 则可通过知识引导实现自动化与量化的变化信息检测。

## 2 原理与技术流程

### 2.1 基本原理

利用  $T_1$  期土地利用与覆盖图与  $T_2$  期遥感影像数据进行变化检测时,  $T_1$  期土地利用与覆盖数据含有大量没有发生变化的图斑单元并与遥感影像数据反映的地表结构相一致, 从而为变化检测提供了可以利用的足够信息, 通过对这些可利用信息的挖掘能够获得判别用的有效知识。当把  $T_1$  期与  $T_2$  期数据配准叠加情况下, 就可以非常容易地知道  $T_2$  期影像上以  $T_1$  期图斑单元为单位未发生变化的完整土地利用与覆盖区域和具体类别, 以  $T_1$  期图斑单元为单位, 按类别分层在  $T_2$  上选取各种类型土地利用与覆盖样本数据, 计算各类别在影像上的统计特征数据, 形成各类型土地利用与土地覆盖遥感数据知识

收稿日期: 2003-11-23; 修订日期: 2004-04-08

基金项目: 国土资源部重点科技项目资助(编号: 2001010101)。

作者简介: 张继贤(1965—), 男, 博士, 研究员, 博士生导师。毕业于原武汉测绘科技大学摄影测量与遥感专业, 现任中国测绘科学研究院副院长。主要从事摄影测量与遥感、地理信息系统应用, 资源环境遥感监测等方面的研究。在国内外发表论文百余篇。

库。在  $T_1$  期与  $T_2$  期叠加的情况下,以  $T_1$  期数据土地利用与土地覆盖图斑单元或以像素为统计单位,以  $T_1$  所在土地利用与土地覆盖类别信息为参考,在  $T_2$  上计算相应统计特征值,并与知识库中  $T_1$  上固有类别的遥感数据类别知识相比较,自动检测出变化与未发生变化的位置和区域,并通过与知识库中

各类别知识的匹配识别出具体的变化类别。

## 2.2 技术流程

$T_1$  期为土地利用与土地覆盖图,  $T_2$  期为遥感影像图的土地利用与覆盖变化自动检测技术流程,如图 1 所示,主要由 5 部分组成:

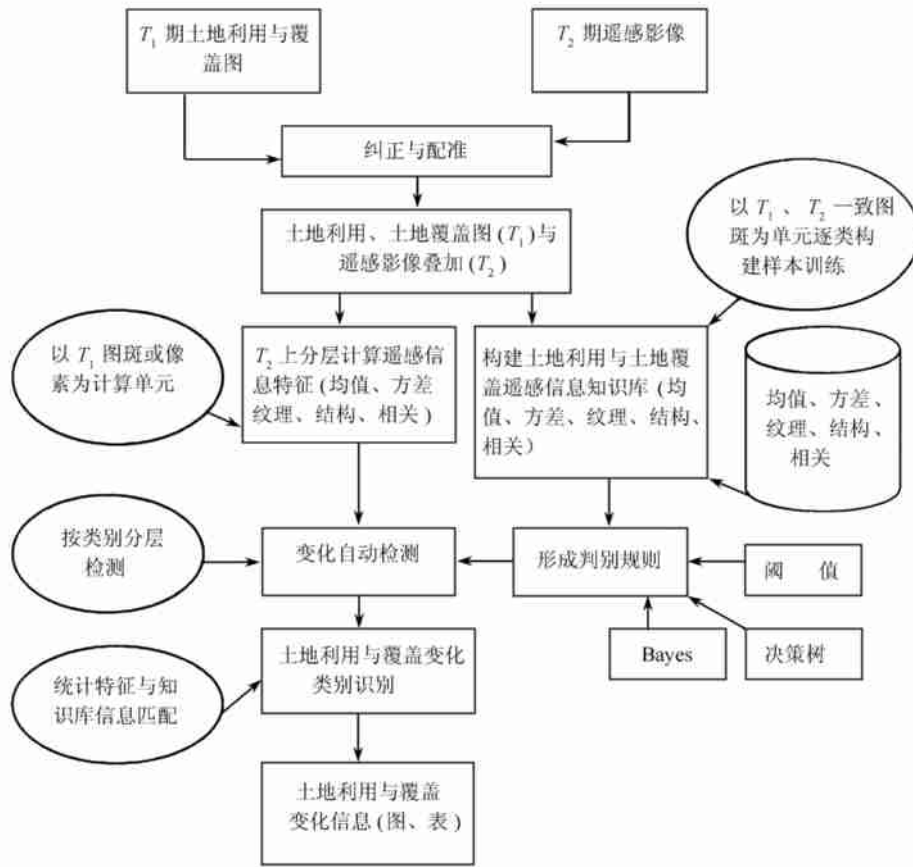


图 1 基期仅有土地利用与覆盖图的遥感变化自动检测技术流程

Fig.1 Automatic detection based on single phase RS image and land use/cover map

(1)  $T_1$  期土地利用、土地覆盖图与  $T_2$  期遥感影像图配准叠加;

(2) 以  $T_1$  期土地利用与覆盖图斑为单元,在  $T_2$  上人工按地类顺序分别选取与  $T_1$  期图斑单元土地利用与覆盖类型相一致的图斑样本,分别提取图斑样本的信息,构建土地利用与覆盖类型遥感信息知识库。各地类图斑样本在数量、分布、形状大小上应具有一定的类别代表性。

(3) 在  $T_1$  期土地利用、土地覆盖图引导下,按类别分层计算叠置图斑单元或每一像素处的遥感信息特征量;

(4) 计算的遥感信息特征量与土地利用与土地覆盖类型遥感信息知识库相应类信息比较,自动检

测变化;

(5) 通过计算的遥感信息特征量与知识库信息的匹配识别变化类型。

## 3 关键技术与方法

### 3.1 土地利用与覆盖类型遥感信息知识库的构建

各类型遥感信息知识库的构建通过对  $T_1$  期、 $T_2$  期数据可利用信息的挖掘实现,利用以  $T_1$  期数据完整图斑为单位,以各种土地利用与覆盖类型为对象的分层遥感数据挖掘技术。在  $T_1$  期土地利用与覆盖数据与  $T_2$  期遥感数据叠加的情况下,以各土地利用与覆盖类型为对象进行分层,在每一层内以

$T_1$  期数据上完整的图斑单元为单位, 在  $T_2$  影像上选取相应地类样本数据, 利用选取的样本数据计算相应用地类型各遥感信息统计量和特征值, 形成各地类遥感信息知识库。

知识库中各土地利用与覆盖类型的遥感信息统计量与特征值一般包括<sup>[5,6]</sup>:

- (1) 光谱特征: 各波段光谱值, 光谱曲线;
- (2) 统计特征: 各波段极值特征、均值、方差、协方差、自相关、互相关、不变矩;
- (3) 直方图特征: 直方图分布、平均值、方差、歪斜度、峭度、能量、熵;
- (4) 纹理特征: 如灰度共生矩阵的自相关系数、惯性矩、能量、熵、局部均一性;
- (5) 波段运算特征: 如比值、植被指数等。

### 3.2 判别规则的构建

判别规则是衡量给定处土地利用与覆盖类型是否发生变化的尺子, 利用知识库信息和变化检测中实时计算的各统计量和特征值, 可构建多种判别规则用于自动检测土地利用与土地覆盖的变化<sup>[7-9]</sup>。

#### 3.2.1 距离最小规则

令待判别处的计算特征值为  $v_i$ , 知识库中对应  $T_1$  期土地利用与覆盖类型的遥感信息特征值为  $\bar{v}_{ij}$ , 则:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^N w_i (v_i - \bar{v}_{ij})^2}$$

其中  $N$  为遥感数据波段数,  $w_i$  为第  $i$  波段特征值的权重,  $j$  为土地利用与覆盖类别号。对不同特征值, 可分别计算相应  $D_{ij}$  值, 如果  $D_{ij}$  值小于给定阈值则表示未发生变化, 否则发生变化, 阈值的选取可在构建知识库的同时训练确定。

#### 3.2.2 贝叶斯 (Bayes) 法则

假设遥感影像地物光谱特征服从正同分布, 则有判别函数:

$$g_i(x) = \ln[p(w_i)] - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_i| - \frac{1}{2} (x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i)$$

其中  $i$  为类别号,  $\Sigma_i$  为  $N$  阶协方差矩阵,  $N$  为遥感影像波段数,  $\mu_i$  为第  $i$  类的均值,  $x$  为待判别处的特征值,  $p(w_i)$  为类别  $w_i$  的先验概率 (已知值), 使  $g_i(x)$  最大的类别  $i$  即待判别类所属的土地利用与土地覆盖类别。

#### 3.2.3 多重判据法则

为提高自动检测的可靠性, 当单一判据不足以

可信时, 可构建多重判据法则保证可靠性, 例如如果确认  $x$  发生变化, 则需满足下述四重判据:

- (1) 均值距离大于阈值  $w_1$ , 且
- (2) 方差距离大于阈值  $w_2$ , 且
- (3) 相关系数大于阈值  $w_3$ , 且
- (4) 似然概率  $g_i(x)$  小于阈值  $w_4$ 。

多重判据的构造可根据知识库中选定的信息特征和计算的特征量按一定的层次和顺序组织。

#### 3.2.4 决策树判别模型

决策树判别模型由树根、树干和树叶节点组成, 其中树根为变化检测用的特征值, 树叶为输出的土地利用与覆盖类型 (或变化与否的判断), 树干是连接树根和树叶利用知识库构建的逻辑关系。决策树模型可有效利用提取的特征值和知识库中的特征信息, 并可同时利用其他的有利于变化检测的辅助信息, 合理设置与组织树干节点的层次, 将可用的知识按照层次关系有效组织起来, 实现对变化按层次检测与识别。

### 3.3 变化自动检测

将  $T_1$  期土地利用图与  $T_2$  期遥感影像图相叠加, 在  $T_1$  期土地利用与土地覆盖图图斑边界及其类别信息引导下, 以  $T_1$  期完整图斑单元为单位, 按类别分层计算  $T_2$  期影像上待检区域的影像特征值, 按照设定的判别规则, 从知识库中选取与  $T_1$  期数据图斑类型对应的遥感信息特征值进行比较判断, 即可自动检测出变化的区域。例如设  $T_2$  影像为按 RGB 合成的三波段影像, 以  $T_1$  期数据上的图斑单元为单位计算, 影像特征值选用各类别均值和方差, 在计算出待检测图斑单元的均值和方差后, 选用最小距离为判别规则, 则有:

$$D_{ij}^{\mu} = \sqrt{w_R (\mu_{Ri} - \mu_{Rj})^2 + w_G (\mu_{Gi} - \mu_{Gj})^2 + w_B (\mu_{Bi} - \mu_{Bj})^2}$$

$$D_{ij}^{\sigma} = \sqrt{w_R (\sigma_{Ri} - \sigma_{Rj})^2 + w_G (\sigma_{Gi} - \sigma_{Gj})^2 + w_B (\sigma_{Bi} - \sigma_{Bj})^2}$$

其中:  $w_R, w_G, w_B$  为波段 RGB 的权重,  $\mu, \sigma$  为知识库中相应图斑对应类型在各波段的均值和方差,  $\mu, \sigma$  为待检测图斑单元在各波段的均值和方差。在  $D_{ij}^{\mu}, D_{ij}^{\sigma}$  小于确定阈值时, 则待检测图斑为未发生变化, 否则则发生变化 (图 2)。

变化自动检测既可以  $T_2$  期图斑单元为单位, 也可以像素为单位, 待检区域影像特征值的计算一般保持与知识库类别信息相一致。下式给出了以像素为单元, 利用交叉相关法<sup>[4]</sup> 计算每一像素的  $Z$  统计作为变化自动检测的依据:

$$Z_{jk} = \sum_{i=1}^N \left( \frac{r_{ijk} - \mu_{icjk}}{\sigma_{icjk}} \right)^2$$

其中  $Z_{jk}$  是给定类各波段统计值平方和;  $i$  为影像波段号,  $N$  为波段总数,  $c_{jk}$  为计算的指定类,  $r_{ijk}$  是  $i$  波段  $jk$  处影像像素值;  $\mu_{ic}$  是  $i$  波段  $c$  类统计均值;  $\sigma_{ic}$  是  $i$  波段  $c$  类的方差;  $j, k$  为像素行列数。

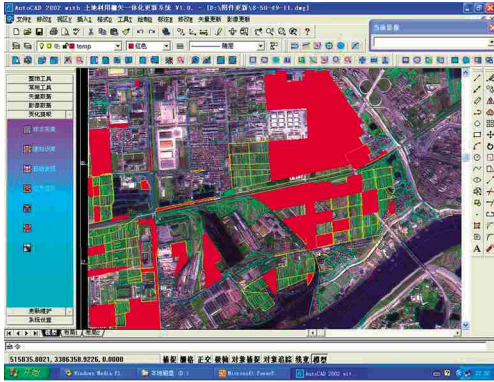


图 2 最小距离变化检测结果

Fig.2 Change detection with least distance

### 3.4 变化类别识别

变化类别的识别在自动检测出变化的同时, 利用计算的影像特征值, 按照相应的决策规则, 在建立好的知识库中与变化图斑的影像特征信息进行自动匹配识别, 从而得出图斑变化后的土地利用与覆盖类型。在类别数目过多时, 由于“同谱异物”和“同物异谱”现象的存在, 有可能出现类别识别的错误, 一个有效的解决方法是利用层次决策方法(例如首先识别出植被与建设用地, 在此基础上进一步细分), 多重判据和决策树方法是层次决策方法的有效途径。

### 3.5 跨图斑单元的检测与识别

由于变化检测是以土地利用与覆盖图斑单元进行的, 在检测得到变化图斑中会存在实际变化图斑与下期已有图斑不完全一致情况, 而且这种情况是比较多的。所以对跨图斑发生变化处理也是非常必要的。 $T_2$  期影像上一个发生变化的土地利用与土地覆盖区域  $p_2$  并不一定正好对应  $T_1$  期图上的一个完整的图斑单元  $p_1$ ,  $p_2$  有可能是  $p_1$  图斑的一部分或  $T_1$  上几个图斑对应部分的组合(图 3)。

上述情况下, 在变化自动检测过程中合理选择判别规则和阈值不会给判别带来困难, 但在变化类型的识别中, 将难以在知识库中找到相匹配的类别, 这时可在  $T_1$  图斑范围指示的影像区域  $P$  内, 采用影像分割技术将  $P$  分割为均一的若干个图斑单元, 以分割的图斑单元为单位进行特征计算, 按照上述相同方法进行变化检测和类别识别。

## 4 试验

利用本文的方法, 选用 AUTOCAD 和 VC++6.0 为开发工具, 以影像统计特征和纹理特征自相关系数为各类别主要特征值, 已开发了一套面向土地利用图件更新的土地利用变化自动检测软件工具, 在此基础上, 利用 2000 年深圳市 TM 30m 多光谱影像、SPOT 10m 全色影像以及土地利用详查建立的 1996 年土地利用数字化图件为数据源, 利用最小距离决策规则已有效完成了 1996—2000 年间深圳市的土地利用变化信息提取工作, 并基此实现了对土地利用现状图的更新。图 4、图 5 分别给出了利用检测结果更新前后的土地利用图。

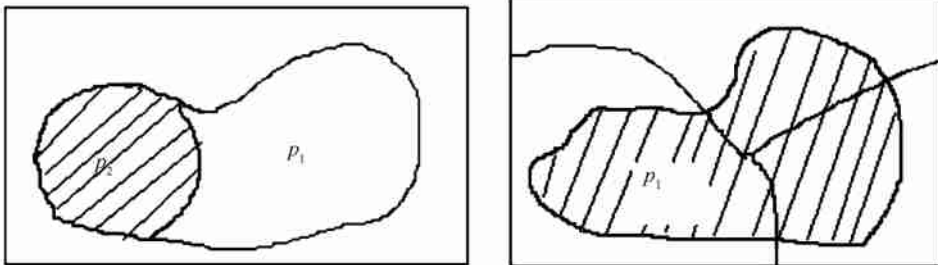


图 3 变化图斑是  $T_1$  图斑的一部分或  $T_1$  几个图斑的组合

Fig.3 Changed unit composed with part of unit or a few units



图4 更新前土地利用图  
Fig.4 Land use map to be updated



图5 更新后的土地利用图(填充区域为更新图斑)  
Fig.5 Updated land use map (filled regions are updating land use blocks)

为验证这一方法的有效性,同样选取了1996年深圳市的TM 30m多光谱数据、SPOT 10m全色数据,将2000年和1996年两个不同时相的TM 30m数据和SPOT 10m数据交叉进行了主分量融合处理,然后利用光谱特征变异方法进行了土地利用变化信息的提取。最后通过外业实地调查核实了采用两种不同

方法获得的变化信息的准确性。比较结果证明二者具有很好的一致性,但本文的方法在类别的识别上具有明显的优越性。对变化检测的结果和更新结果进行实际调查表明,变化检测精度在95%以上,而类别识别精度在90%以上(表1),证明了本文构建方法在土地利用变化自动检测上的有效性。

表1 变化检测精度和类型识别精度统计  
Tab.1 The precision of change diction and classes identifying

序号	地类变化代码	数据组合:TM 30m 多光谱和SPOT 10m 全色					
		检测个数	实际个数	变化检测率/%	地类识别	无法识别或与实际错误	地类识别率/%
1	11-15	18	18	100	7	0	100
2	11-204	12	12	100	11	1	91
3	12-204	6	6	100	6	1	84
4	12-262	9	10	90	3	0	100
5	13-202	13	14	92	8	0	100
6	13-31	6	7	86	12	2	83
7	14-206	7	7	100	7	1	86
8	14-203	2	2	100	2	0	100
9	31-203	9	9	100	7	1	86
10	31-262	11	11	100	3	0	100
11	32-271	2	2	100	7	0	100
12	204-203	16	18	88	15	3	80
13	204-15	23	25	92	6	0	100
14	15-32	17	17	100	9	1	89
合计			158	96.2	106		92.7

## 5 结论

用遥感技术进行变化自动检测中,基期仅有土地利用与土地覆盖图件而另一期为遥感数据的情况具有普遍性,是一个亟待研究的课题。本文在二者

精确配准叠加的情况下,采用面向类别对象的数据挖掘技术,通过对两期数据可利用信息的深层次挖掘,构建土地利用与土地覆盖类型遥感信息知识库,建立了基于知识引导的土地利用和覆盖变化自动检测技术流程与方法,试验表明本文方法能够充分利用已有数据可利用的信息,具有很好的自动化和定

量化特征, 后续的研究仍需在本文方法的基础上进一步的丰富、完善和实用化。

## 参考文献 (References)

- [ 1 ] MAS J F. Monitoring Land - cover Changes: A Comparison of Change Detection Techniques[J]. *Int. J. Remote Sensing*. 1999, 20(1):139-152.
- [ 2 ] Daniel J. Hayes, Steven A. Sader. Comparison of Change - Detection Techniques for Monitoring Tropical Forest Clearing and Vegetation Regrowth in a Time Series[J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 2001, 67(9):1067-1075.
- [ 3 ] Daniel L. Civco *et al.* A Comparison of Land Use and Land Cover Change Detection Methods[R]. 2002 ASPRS - ACSM Annual Conference and FIG XXII Congress, April 22-26, 2002.
- [ 4 ] Molenaar, An Introduction to the Theory of Spatial Object Modeling for GIS [A]. Research Monographs in GIS series [C], Wiley & Francis, London, 1998.
- [ 5 ] Wang, Y, Civco DL. Three Artificial Neural Network Paradigms in High Dimensional Multisource Spatialdata Classification [A]. The Association of Chinese Professionals in GIS Geographic Information Science [C]. 1996, 1(2):73-87.
- [ 6 ] Niemeyer, I, Canty M J. Object - Oriented Post - Classification of Change Images [A]. Proceedings of SPIE 's International Symposium on Remote Sensing, Toulouse, France, 17 - 21 September 2001, SPIE, 2001, 4545.
- [ 7 ] Koeln, G, Bissonnette J. Cross - correlation Analysis: Mapping Land Cover Change with a Historic Land Cover Database and a Recent, Single - date Multispectral Image [A]. Proc. 2000 ASPRS Annual Convention, Washington, DC, 2000.
- [ 8 ] Hurd, J. D, Civco DL, LaBash C. *et al.* Coastal Wetland Mapping and Change Detection in the Northeast United States [A]. Proc. 1992 ASPRS/ACSM/RT '92 Convention [C]. Washington, D. C. 1, 130-139, 1992.
- [ 9 ] Civco, D. L. Knowledge - based Land Use and Land Cover Mapping [A]. Proc. of the 1989 Annual Meeting of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing [C]. Baltimore, MD, 1989.

# Automatic Land Use and Land Cover Change Detection with One Temporary Remote Sensing Image

ZHANG Ji-xian<sup>1</sup>, YANG Gui-jun<sup>2</sup>

(1. *Chinese Academy of Surveying and Mapping, Beijing 100039, China;*

2. *Liaoning Technology University Department of Surveying Engineering, Fuxin 123000, China)*

**Abstract:** Automatic land use and land cover change (LUCC) detection via remote sensing image has a wide application in the area of LUCC research, nature resource and environment monitoring and protection. Under the condition that one time ( $T_1$ ) data is existed land use and land cover map, and another time ( $T_2$ ) data is remotely sensed imagery, how to detect change automatically is still an unresolved issue.

This paper developed a land use and land cover class knowledge - oriented method for automatic change detection under this situation. Firstly, the land use and land cover map in  $T_1$  and remote sensing images in  $T_2$  were registered and superimposed precisely. Secondly, the remote sensing knowledge database of all land use and land cover classes was constructed based on the unchanged parcels in  $T_1$  map. Thirdly, guided by  $T_1$  land use and land cover map, feature statistics for each parcel or pixel in remote sensing images were extracted. Finally, land use and land cover changes were found and the change class was recognized through the automatic matching between the knowledge database of remote sensing information of land use and land cover classes with the extracted statistical information in that parcel or pixel. Experimental results and some practical applications show the efficiency of this method.

**Key words:** LUCC; remote sensing; change detection; knowledge - oriented