

文章编号: 1007-4619 (2001) 01-0075-06

采用图像差值法提取土地利用变化信息方法

——以攀枝花仁和区为例

范海生, 马蔼乃, 李京

(北京大学 遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

摘要: 在遥感、地理信息系统和全球定位系统技术综合应用于山区土地资源动态监测领域的研究工作中, 探讨采用以图像差值法为主, 分类后比较法为辅提取土地利用变化信息的基本思路和方法, 提出采用定量统计分析的方法来选择合适的差值计算波段和相应的变化阈值。在数据分析过程中, GPS 测量数据发挥了重要作用。

关键词: 遥感图像处理; 变化信息提取; 土地利用变化; 全球定位系统技术

中图分类号: TP79 **文献标识码:** A

1 引言

遥感技术在自然资源监测领域的应用从 70 年代就已开展。为满足海量遥感数据处理要求, 各种变化信息自动提取方法和技术在理论研究和实际应用过程中不断产生。多时相遥感图像变化信息提取方法总体可分为两类: (1) 不同时相图像经独立分类后的复合比较分析方法, 包括通常所说的分类后比较法; (2) 多时相图像数据经差值处理提取变化信息的方法, 包括图像差值法、回归差值法、比值差值法、植被指数差值法、穗帽变换指数差值法、主成分差值法以及变化向量法等^[1-3]。

采用图像差值法提取变化信息的工作包括以下关键技术环节:

(1) 选择合适的差值计算波段或波段组合。以 TM 图像为例, 差值计算不仅考虑 7 个原始波段, 还可包括各主分量、NDVI 等比值型指数在内的各种“衍生”波段数据, 必要时也可以采用波段数据组合的方法^[4]。然而, 依靠人为经验进行定性分析判断来选择符合变化信息提取要求的差值计算波段数据, 仍是目前普遍采用的方法。

(2) 确定差值图像变化阈值。确定变化阈值的意义是从差值图像中界定出变化像元。现阶段的研究普遍认为, 差值图像变化阈值的确定是通过人机交互选择最佳经验性数值的过程, 该过程一般贯穿

室内与野外工作的全过程, 以达到不断调整校正变化阈值的目。虽然国外有关研究文献给出了 TM 各波段差值图像的具体变化阈值^[5], 但受研究区域、遥感数据特征等具体情况的决定, 具体的变化阈值必然发生变化。更值得注意的是, 差值图像中不同类型的土地利用变化像元的灰度值统计特征并不相同, 甚至相差很大, 因此, 确定差值图像变化阈值不可能是简单的差值图像整体灰度值统计问题。

2 定量统计分析方法

通过选择特定的波段数据和相应的变化阈值, 通过运算获取的变化数据能够正确地反映土地利用变化信息, 尤其是所关心的重点类型变化, 这是遥感图像变化信息提取工作的基本思路和目标。如前所述, 图像变化信息提取工作如果缺乏有效的数据定量分析和统计分析手段, 而采用人为经验性判断为主的方法, 就无法从根本上解决问题, 也限制了该领域研究工作的成果总结和积累。本文以改进图像差值法为切入点, 尝试着提出定量统计分析方法, 探讨进一步完善遥感图像变化信息提取技术的途径。

差值图像定量统计分析方法原理如下:

假定 $B^{t_1} = \{b_1^{t_1}, b_2^{t_1}, \dots, b_N^{t_1}\}$, $B^{t_2} = \{b_1^{t_2}, b_2^{t_2}, \dots, b_N^{t_2}\}$ 分别为 t_1 和 t_2 时相 N 波段遥感图像数据; 经空间位置匹配后, 由公式(1)运算所得的差值图像应包含土地利用变化波谱信息。

收稿日期: 1999-08-26; 修订日期: 1999-10-26

基金项目: 国家“九五”重中之重科技攻关项目(96-B02-01-07)子专题研究工作部分成果总结。

作者简介: 范海生(1973—), 男, 北京大学遥感与地理信息系统研究所博士研究生, 主要研究方向为遥感信息模型理论和全球资源变化人地系统模型研究。

$$D_k(i, j) = B_k^{t_2} - B_k^{t_1} \quad (1)$$

其中, k 代表广义上的任一波段数据。

差值图像中像元的灰度值 G_p 如果满足公式(2)要求,即被视为变化像元:

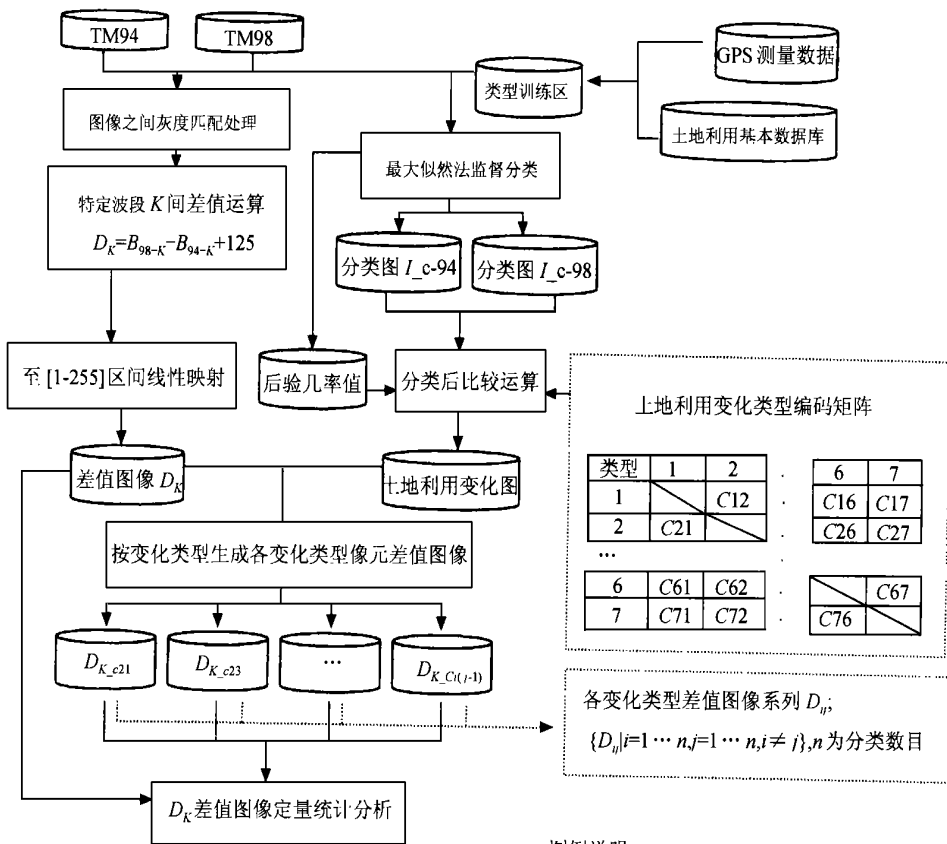
$$|G_p - M| \geq T * STD \quad (2)$$

公式中, M , STD 分别为差值图像灰度值统计均值和标准离散值, T 为变化阈值。

由以上计算过程可知,变化阈值 T 的确定对提取变化信息至关重要;同时,公式(2)中的均值和标准离散值是关于差值图像整体的统计特征值;但是,差值计算波段的选择和变化阈值的确定,必须考虑

能否有效地提取各种(或重要的)土地利用变化类型的变化地块信息。遥感室内工作阶段如何作到预先评估对各变化类型地块信息的提取效果,无疑成为首先要解决的问题。针对此要求,本文提出通过对不同波段差值图像中不同(或主要的)土地利用变化类型的变化像元灰度值统计,结合公式(2)对各变化类型信息的提取效果作出定量分析和评估,就可以有效地选择差值计算波段并确定相应的变化阈值。

如图1(图中TM94, TM98分别为1994年及1998年TM图像;c-94, c-98分别为1994年及1998年监督分类),差值图像定量统计分析工作可以分为两部分:



图例说明:
左图中长虚线和点虚线分别代表特定像元集合均值 M 和上下限值 ($M+T*STD$ 、 $M-T*STD$)。凡像元差值在此区间之外,则视为变化像元;
代表差值图像中特定像元集合统计特征:上端线段最高点为最大值、下端线段最低点为最小值,矩形高度两倍于标准离散值

图1 图像变化信息提取定量统计分析方法流程示意图

(1) 引入多时相遥感图像分类数据并与差值图像复合,从差值图像中提取各土地利用变化类型像元数据。关于该步骤数据操作的可行性问题应指出的是,在保证分类数据具有较高准确率的前提下,研究工作重点是能否利用图像分类数据获得针对特定变化类型像元差值灰度的有效统计数据。同时,为进一步提高分类准确率,引入了监督分类计算产生的后验几率值(Posterior Probabilities)^[6];后验几率值是在最大似然算法中将某一像元赋予特定候选类型所依据的指标值。后验几率值取值范围经线性映射至[0,100]区间。实际工作中经常可以发现由于混合像元等因素,对候选类型 K 的后验几率值分别为 51 和 95 的不同像元,可能被赋予同一类型 K。以该值为阈值对图像监督分类数据作进一步过滤,从而能够进一步提高分类数据准确率。

(2) 差值图像中各变化类型像元灰度值的统计特征与差值图像整体统计特征之间很可能存在不同程度的差别,由于变化阈值的确定一般只能考虑差值图像整体统计特征,因此,本文研究的核心就是通过逐类型的定量统计分析,客观评价采用图像差值法对各种变化类型地块信息的提取效果。同时,由于各自不同的波谱物理特征决定了不同波段差值图像所反映的土地利用变化内容必然存在差别,因此,定量统计分析工作的另一主要目的就是选择合适的差值计算波段或波段组合。

图 1 中的灰度匹配处理、各变化类型差值图像生成等数据处理过程中的关键技术环节,在本文后

半部分结合具体工作进行说明。

3 实际数据分析过程

3.1 数据准备

差值图像定量统计分析工作利用了以下数据:

(1) 多时相的 TM 遥感图像数据,包括攀枝花仁和区 1994-04-07 和 1998-05-04 的 TM 遥感数据。两幅图像成像时光照条件接近,太阳天顶角/方位角分别为 37°/117°和 27°/107°;目标区域主要类型植被生长状态相近,并且都不存在明显的近地面大气污染现象。总之,上述遥感数据之间具有较程度的数据可比性。

(2) 工作区土地利用基本数据库。该数据库由仁和区 1:1 万比例尺土地利用图(1996 年 11 月调绘更新)经数字化处理建成。

(3) 仁和区土地利用变化地块 GPS 测量数据。在本文研究工作中主要采用该项数据建立各类型地物标准训练区。该数据与土地利用基本数据库相比具有更佳的时效性和准确性。

3.2 对比实验波段选择

分析 TM 图像原始波段数据可以发现(表 1),可见光波段(1,2,3)数据相关系数高,5 和 7 波段存在类似情况;4 波段与上述两波段组合之间相关系数较低。考虑到各波段数据波谱物理特征,可以优先选择 2 波段。

表 1 仁和区 1994 年和 1998 年 TM 图像各波段相关系数矩阵表
Table 1 Correlation matrix of TM data's 7 coarse bands

(a) 1994-04-07 TM 图像							
波段 \ 波段	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.966	0.944	0.655	0.75	0.529	0.821
2	0.966	1	0.976	0.709	0.771	0.508	0.835
3	0.944	0.976	1	0.7	0.832	0.561	0.892
4	0.655	0.709	0.7	1	0.774	0.41	0.719
5	0.75	0.771	0.832	0.774	1	0.611	0.971
6	0.529	0.508	0.561	0.41	0.611	1	0.652
7	0.821	0.835	0.892	0.719	0.971	0.652	1

(b) 1998-05-04 TM 图像							
波段 \ 波段	1	2	3	4	5	6	7
1	1	0.961	0.936	0.627	0.739	0.486	0.818
2	0.961	1	0.974	0.698	0.778	0.47	0.845
3	0.936	0.974	1	0.682	0.845	0.545	0.906
4	0.627	0.698	0.682	1	0.726	0.25	0.654
5	0.739	0.778	0.845	0.726	1	0.578	0.962
6	0.486	0.47	0.545	0.25	0.578	1	0.648
7	0.818	0.845	0.906	0.654	0.962	0.648	1

研究工作同时引入 NDVI 植被指数波段。主要考虑以下因素:

(1) 植被变化是土地资源动态监测的重要内容, NDVI 作为植被指数对地表植被变化反应灵敏, 通常被认为是优先考虑的遥感监测指数;

(2) 攀枝花仁和区属中国西南典型山区, 因山区地形起伏造成的地表光照条件不一致对遥感图像地物光谱信息造成的影响程度较高, 而由于 NDVI 植被指数具有波段比值特性, 因此可以在一定程度上抑制上述影响^[7]。

另外也引入了第一主分量波段(PC1)。上述 3 种波段数据分别代表了不同性质的差值图像计算波段。当然, 实际工作中并不排除对其他比值波段数据的对比分析。

3.3 数据处理过程

研究组选择了仁和区仁和镇附近约 100 km² 河谷区域作为实验区。

关于图 1 中多时像图像间灰度匹配的方法主要包括直方图匹配法和回归法^[8]。在本文工作中采用前者实现了两幅时相数据间的灰度匹配。

图像监督分类所采用的地物类型训练区数据来源于 GPS 测量数据和土地利用基本数据库。图 1 中分类后比较运算, 通过引入后验几率值对分类数据作进一步过滤, 低于指定后验几率值被视为分类无效像元, 不参与分类后比较运算。这样, 分类数据准确率得到明显提高(表 2(a), (b))。又可知分类后比较运算结果数据准确率约为源数据准确率的乘积, 因此变化数据准确率约为 88.1%, 基本满足数据统计一般准确率要求; 在本文中变化数据也用作定量统计分析的标准验证数据。

在变化类型矩阵表 3 中, 挑选出工作区主要(重要)的土地利用变化类型(共 11 种)进行差值图像统计分析, 其余类型或者不重要, 或者实际像元数不能满足统计分析要求。

表 2 TM 图像监督分类数据准确率评价

Table 2 Raw count confusion matrix for ML classification of TM data

(a) 1994-04-07 图像

分类数据 \ 验证数据	城镇	未利用地	草地	水田	林地	旱地	水域
城镇	11665	0	0	85	0	72	76
未利用地	0	6584	3930	9	1	28	6
草地	0	4	4436	10	214	17	0
水田	3	0	0	7185	22	586	18
林地	13	0	32	469	25613	98	57
旱地	27	44	25	1161	2	16883	49
水域	20	0	6	5	0	34	3951

总准确率(Overall Accuracy)=91.46%; Kappa 统计指数=0.894

(b) 1998-05-04 图像

分类数据 \ 验证数据	水域	未利用地	草地	林地	水田	旱地	城镇
水域	4875	25	0	0	20	45	2
未利用地	0	3458	1547	0	0	42	0
草地	16	161	18677	5	65	34	1
林地	9	1	6	30367	13	1	1
水田	17	4	0	43	9160	620	7
旱地	2	36	7	23	830	17717	0
城镇	78	0	0	0	7	0	12033

总准确率(Overall Accuracy)=96.33%, Kappa 统计指数=0.954

表 3 土地利用变化类型编码表

Table 3 Category coding matrix for land use change

原类型 \ 现类型	1, 水域	2, 未利用地	3, 草地	4, 林地	5, 水田	6, 旱地	7, 城镇
1, 水域	<u>C11</u>	C12	C13	C14	<u>C15</u>	C16	C17
2, 未利用地	C21	<u>C22</u>	C23	C24	C25	<u>C26</u>	C27
3, 草地	C31	C32	<u>C33</u>	<u>C34</u>	C35	<u>C36</u>	C37
4, 林地	C41	C42	<u>C43</u>	C44	<u>C45</u>	<u>C46</u>	<u>C47</u>
5, 水田	C51	C52	C53	<u>C54</u>	C55	C56	<u>C57</u>
6, 旱地	C61	C62	C63	C64	<u>C65</u>	C66	C67
7, 城镇	<u>C71</u>	<u>C72</u>	<u>C74</u>	<u>C74</u>	<u>C75</u>	<u>C76</u>	<u>C77</u>

说明: 加下划线者为仁和区土地利用主要变化类型

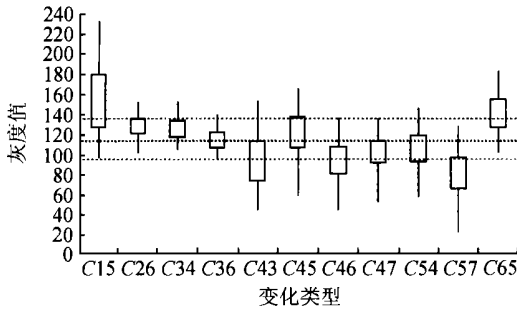
3.4 数据分析结果

图 2 结果证实,不同变化类型像元差值统计特征之间存在较大差别;变化阈值的选择对提取各变化类型信息起决定作用;同时不同波段数据差值图像变化信息的提取效果存在明显差别。结果分析表明:

(1) 由于分类后比较法和图像差值法之间数据处理原理存在根本性差别,因此各自变化信息提取

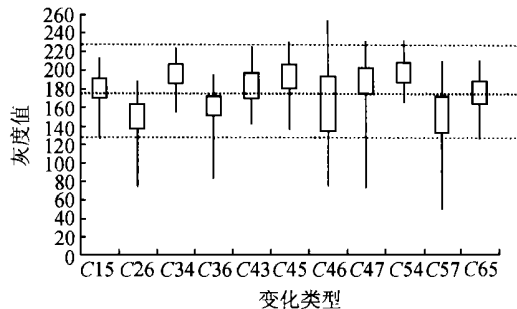
结果之间存在明显差别。换句话说,按分类后比较方法获得的变化像元,相当比例数量并不能被差值法视为变化像元,这种现象在 2 波段和 PC1 波段数据中表现的更为明显。

(2) 对于 NDVI 指数波段而言,两种方法获得的结果数据之间吻合程度较高。这意味着如果将分类后比较法结果作为标准数据,利用 NDVI 波段数据、采用图像差值法对主要变化类型的总体监测效果要优于其余两波段数据。



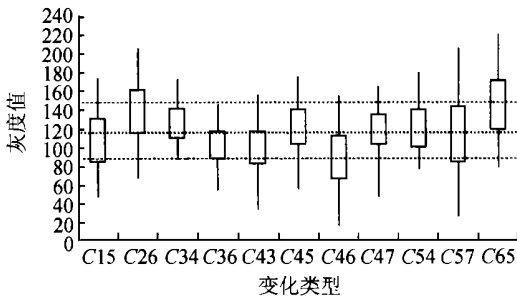
NDVI 差值图像统计特征			
均值	117.617	标准离散值	10.97
上限值	139.557	下限值	95.667

(a)



第 2 差值图像统计特征			
均值	176.577	标准离散值	23.833
上限值	128.91	下限值	224.24

(b)



第 1 主分量差值图像统计特征			
均值	118.794	标准离散值	15.795
上限值	150.312	下限值	87.276

(c)

图例:

--- 差值波段变化像元提取上下限灰度值

▭ 差值图像中各变化类型像元灰度值统计特征

说明: 为进行对比分析, 3 个波段差值图像变化阈值 $T=2$

图 2 仁和区主要土地利用变化类型差值图像定量统计分析结果图

(a), (b), (c) 分别代表 NDVI, 第二和第一主分量波段差值图像

Fig. 2 Quantitative and statistical analysis on land use change detection utilizing TM's bands of 2, NDVI and PC1

(3) 3 种波段数据中没有一种能够有效地反映所有或主要的土地利用变化类型信息。以 NDVI 波段为例,对 C36, C34, C47, C54 等变化类型的监测效果较差,甚至对 C36 类基本不能反映,这种特点是由 NDVI 指数本身物理特征决定的。

4 结论及讨论

(1) 本文对图像差值法和图像分类后比较法这

两类基本的变化信息提取方法进行了直接对比分析,两者具有各自特点。图像差值法直接体现变化信息提取基本原理,但容易受遥感数据成图质量、波段特征不同等客观条件的影响,例如植被生长季相、耕地耕作状态不同会造成无变化地块地物波谱特征出现差别,在差值图像中就不可避免地产生“伪变化”信息;采用图像分类后比较法虽然可以控制变化数据产生流程,但突出的问题是不同时相图像分类误差将以乘积效应的形式传递给结果数据,即结果

数据准确率约为各分类图像准确率的乘积,并且山地遥感图像分类本身也存在不少问题^[8]。采用差值图像定量统计分析方法,不仅有助于选择合适的差值计算波段数据,也可辅助确定相应的变化阈值,并能够对变化信息提取效果预先作出评估,尤其适合于针对特定土地利用变化类型的遥感动态监测工作。

(2) 在山区情况下,利用 NDVI 指数波段、采用图像差值法提取土地利用变化信息的效果要优于其余波段;同时,由于没有发现一种波段数据能够有效地反映所有(或重要的)土地利用变化类型,因此,在实际工作中可以考虑采用波段数据组合应用的监测方案。

(3) GPS 技术通过提供高精度测量数据,不仅从根本上支持区域遥感动态监测工程的开展,并且必将推进遥感基础研究和应用研究工作的进一步发展。

参 考 文 献 (References)

[1] Ashbindu Singh. Digital change detection techniques using remotely-

sensed data [J]. *INT. J. REMOTE SENSING*, 1989, **10**: 989—1003.

[2] Merrill K. Ridd. A Comparison of four algorithms for change detection in an urban environment [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1998, **63**: 95—100.

[3] Pat S. Chavez. Automatic detection of vegetation changes in the south-western united states using remotely sensed images [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1994, **60**: 571—583.

[4] L. Bruzzone. Detection of changes in remotely-sensed images by the selective use of multi-spectral information [J]. *INT. J. REMOTE SENSING*, 1997, **18**: 3883—3888.

[5] Tung Fung. An assessment of TM imagery for land-cover change detection [J]. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 1990, **28**: 681—684.

[6] ERMAPPER. Reference Book, 1995.

[7] C. CONESE *et al.* Improvement in Maximum Likelihood Classification performance on highly rugged terrain using Principal Components Analysis [J]. *INT. J. REMOTE SENSING*, 1993, **14**(7): 1371—1382.

[8] Hakan Olsson. Regression Functions for Multitemporal Relative Calibration of Thematic Mapper Data over Boreal Forest [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1993, **46**: 89—102.

Case Study on Image Differencing Method for Land Use Change Detection Using Thematic Data in Renhe District of Panzhihua

FAN Hai-sheng, MA Ai-nai, LI Jing

(*Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing 100871, China*)

Abstract: On the basis of the project work for dynamic monitoring of land-use change in mountainous area by utilizing technologies of remote sensing, GIS and GPS, framework of quantitative and statistical analysis procedure is presented in this paper. Attentions has been paid to core technical issues such as band selection for image subtraction and changing threshold selection, in order to derive proper change information from TM image data. Compare between basic approaches for image change detection, i. e., comparative analysis of multitemporal classified data, and simultaneous analysis of multitemporal data, is also provided. In the research process, GPS surveying data has played an important role.

Key words: remote sensing; image change detection; land use change; GPS