

# 基于 ROI 的压缩域多谱段遥感图像的检索

牛蕾<sup>1)</sup> 倪林<sup>1)</sup> Miao Yuan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(中国科学技术大学电子工程与信息科学系,合肥 230026)

<sup>2)</sup>(School of Computer Science and Mathematics, Victoria University, Australia)

**摘要** 根据 JPEG2000 对感兴趣区域优先编码,以及感兴趣区域的形状可随意选取的特点,提出了一种在 JPEG2000 压缩码流不完全解码的情况下,实现多谱段遥感图像感兴趣目标的检索方法,该方法利用了遥感图像的性质,根据例子图像的谱特征对感兴趣区域的内容进行分析,并设计了一套相似性度量的方法。实验结果表明,此方法有较理想的图像检索效果和很高的检索效率,解决了应用上对实时性的高要求与遥感图像库数据海量性之间的矛盾。

**关键词** JPEG2000 遥感图像 感兴趣区域(ROI)检索

**中图分类号**: TP391.3 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2005)10-1212-06

## A Remote Sensing Image Retrieval Method Based on ROI

NIU Lei<sup>1)</sup>, NI Lin<sup>1)</sup>, MIAO Yuan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(Department of Electronic Engineering and Information Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

<sup>2)</sup>(School of Computer Science and Mathematics, Victoria University, Australia)

**Abstract** One of features in JPEG2000 is ROI (region of interesting) coding technique. Since the shape of interesting region is manually optional, the influence of uninterested region could be very small. This paper presents a novel and efficient scheme for remote sensing image retrieval, which does not need to decode JPEG2000's code stream completely. It extracts the spectral features of objects based on the properties that objects could reflect different waves in different wave band. The subsequent retrieval is based on the spectral feature. Further more, a new measurement scheme designed by which similarity between two images is computed and then the retrieval is realized. The experimental results show that this method is accurate and efficient. In addition, it costs much less time than the traditional method.

**Keywords** JPEG2000, remote sensing image, retrieval of ROI

## 1 引言

遥感图像是当前重要的图像资源之一,由于它能快速准确地获取信息,解决了传统方法所不能及的实时更新的障碍,如今被广泛地应用于农业、测绘、水利、气象、环境保护、地质勘探以及军事地理信息系统等领域。而遥感图像的数据量巨大,且在源源不断产生中,如何快速有效地获取到什么区域有军事装备,什么区域有民宅等等的信息,是实现基于

遥感图像的信息处理系统的关键。

由于遥感图像细节丰富,数据量庞大,图像压缩技术成为解决传输和存储遥感图像的必要手段。传统的图像压缩技术所用的编码方法有 DPCM<sup>[1]</sup>(差值脉冲编码),矢量量化(VQ<sup>[2]</sup>)和 JPEG<sup>[3]</sup>等,但应用在遥感图像中都存在一定局限性,如 DPCM 压缩比不高,VQ 计算复杂度高,JPEG 会产生“块效应”,导致视觉失真等等。遥感图像巨大的数据量中,对于具体的应用领域,如军事,地质勘探等,往往只有很小的部分是有用的,常用人工标注或分类的方法

基金项目:安徽省自然科学基金项目(03042206);国家自然科学基金项目(60372059)

收稿日期:2004-09-22;改回日期:2005-03-14

第一作者简介:牛蕾(1980~),女。现为中国科学技术大学电子工程与信息科学系硕士研究生。从事图像检索及相关反馈等方面的研究。目前已发表论文2篇。E-mail:lilyniu@mail.ustc.edu.cn

标出感兴趣的区域,如机场,矿区等, JPEG2000 的出现,使遥感图像可取得很大压缩比的同时,感兴趣区域在解压缩时可得到相当好的图像质量,有望很好地解决用传统的图像编码方法对遥感图像编码所出现的不足。

新一代图像压缩技术 JPEG2000 解决了对 1 幅图不同的区域采用不同的压缩质量的问题,它使用有损编码和无损编码相结合的技术,对人工标注区域的压缩质量可以比非标注区域的压缩质量高得多。JPEG2000 对感兴趣区域<sup>[4]</sup> (ROI) 优先编码的特点,恰好适应了遥感图像只有部分区域需要着重保护的 特征,为遥感图像的重要区域提供更好质量的视觉效果。由于遥感图像基本上是以 JPEG2000 的压缩码流进行存储和传输的,研究 JPEG2000 压缩下的遥感图像检索是很具有应用价值的。

针对 JPEG2000 对图像的感兴趣区域优先处理的特点,提出一种在 JPEG2000 压缩码流不完全解码的情况下,实现遥感图像感兴趣区域检索的方法,该方法利用 JPEG2000 对图像做分块小波分解以及感兴趣区域优先编码、传送的特点,仅对感兴趣区域的码流进行解码和恢复,同时根据同种目标的谱段反射特性相似的特点,提取感兴趣区域的多谱段统计特征,并以此为依据对遥感图像的感兴趣区域进行检索,实验结果表明,该方法简单高效,并具有平移、旋转不变性的特点。

## 2 JPEG2000 感兴趣区域的编码

JPEG2000 的一大特点是支持感兴趣区域的编码,感兴趣区域可以获得比背景图像高得多的图像压缩质量,为了获得高质量的感兴趣区域,同时保持一定的压缩比,编码码流中所含背景信息就必须相对减少。对于多谱段遥感图像,感兴趣区域 (ROI) 如图 1 所示,一个区域在不同波段的电磁波辐射下,会产生不同的反射值,从而得到一组多光谱图像 (图 1 中的 band1, band2……bandn),谱向量是指图像中的一个点在不同电磁波辐射下所产生的反射值构成的一组向量。

JPEG2000 采用了一种称为最大上移 (MAXSHIFT) 的编码算法,这种编码方法很好地解决了感兴趣区域形状的随意性,使压缩码流中不必含有感兴趣区域的形状信息,减少了计算和存储的复杂程度。而感兴趣区域形状的随意性,使感兴趣

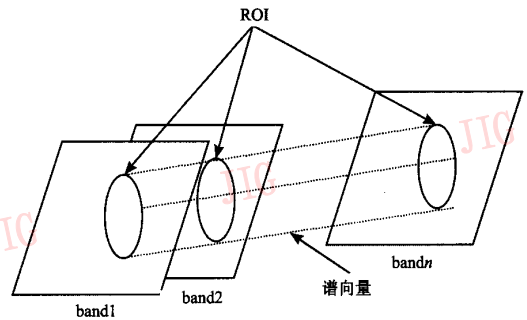


图 1 遥感图像的 ROI

Fig. 1 ROI of RSI

区域不必局限于常规的形状 (如矩形,圆形等),最大程度上去除了背景图像给特征提取带来的干扰,感兴趣区域的特征更明显。最大上移法的原则是按比例增大或上移与感兴趣区域相关的小波系数,使它们位于比较高的比特平面,在接下来进行的嵌入式编码中,被上移的系数位于非感兴趣区域的小波系数的前面,如图 2 所示,如此,感兴趣区域的系数就优先于非感兴趣区域的系数进行编码和细化,即使图像的编码码流被截断,感兴趣区域仍有比其他区域高的图像质量。

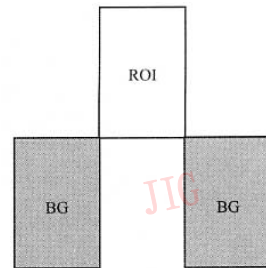


图 2 MAXSHIFT 算法

Fig. 2 MAXSHIFT

MAXSHIFT 算法的基本步骤是:首先由编码器扫描量化系数,并自适应地选取一个缩放系数,使得感兴趣区域系数里的最小值比非感兴趣区域的最大值都大,即选取缩放系数为大于任何背景系数的最小整数  $S$ 。解码时,收到的比特流大于或等于  $S$  的系数对应的就是感兴趣区域,而小于  $S$  的系数对应的是图像的背景区域 (非感兴趣区域)。

根据 JPEG2000 感兴趣区域编码的这个特征,可以很容易得到感兴趣区域的压缩码流,并对码流进行解码和反量化处理,使感兴趣区域的系数结构化,数据以字节对齐,这样有利于计算机的处理,同

时,为了不丢失太多的信息,还要对感兴趣区域的小波系数进行反变换,还原到遥感图像感兴趣区域的原始状态。

### 3 多谱段遥感图像的特征

遥感是研究电磁波辐射与地球表面物质相互作用的机理和过程的科学,遥感图像受地面限制少,对于自然条件恶劣,地面工作难以开展的地区(如敌占区),利用遥感技术很容易获取信息。多谱段遥感利用物体对不同谱段的电磁波有不同的反射和辐射,而同种物体对同一谱段电磁波反射或折射特性相似的特征,很容易用聚类的方法算出同一种物体的谱特征,并以此得到含有该物体的区域。

对一个地区的一组 7 谱段遥感图像进行特征统计,得到这个地区水域、城区(建筑密集区域)以及郊区(植被覆盖区域)的谱特征如图 3 所示,图中,横坐标对应 7 个谱段,纵坐标是每个谱段上某一区域(水域,城区等)谱特征的平均值,这 7 个值在一起构成了这个区域的谱向量。从这些谱向量中,可以看到某个物体总是会对有些波段产生较大的反射或辐射,而对有些波段则表现的不太明显,遥感图像感兴趣区域检索算法,正是利用了物体对电磁波的这种特征。

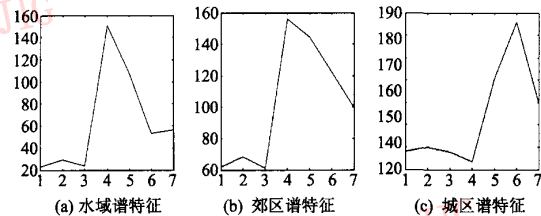


图 3 一组 7 谱段图像的各个区域谱特征分析

Fig. 3 Reflection vectors of a region

### 4 遥感图像感兴趣区域的检索

遥感图像传回地面后,往往要用人工或聚类的方法从中标注出感兴趣的区域。JPEG2000 用提升小波<sup>[5]</sup>对图像进行压缩,在进行编码之前,把源图像划分成被称为是 tile 的小块,每个块被看成小的源图像进行编解码,这样图像的每个点在进行编码或解码时,只需知道其所在 tile 的每个点的值,而不是一幅图所有点的值,为感兴趣区域的随意选取提

供了依据。对于遥感图像,取出感兴趣区域的数据后,只需要通过对谱特征的统计,就能除去感兴趣区域中的背景区域,然后仅对存在比例较大的物体的谱特征进行相似度度量即可,减少了计算量和背景区域的干扰,提高了检索效率和准确率。

在计算谱特征时利用 k-Mean 的方法得到感兴趣区域类的中心,k-Mean 是基于欧氏距离的动态聚类算法,它通过反复计算各类样本点到类别中心的欧氏距离,调整类别中心,算法步骤如下:

(1) 随意选取类别中心  $z_1(1), \dots, z_k(1)$ ,  $k$  是区域所分类别数。

(2) 择近分类: 样本  $x_n$  所属类别由下式决定:

$$\text{如果 } |x_n - z_j(m)| < |x_n - z_i(m)| \\ i, j = 1, 2, 3, \dots, k, i \neq j$$

则  $x_n$  属于第  $j$  类,  $x_n \in R_j$

其中  $R_j$  表示第  $j$  类样本向量的集合。

(3) 计算新中心

$$z_j(m+1) = \frac{\sum_{x_n \in R_j} x_n}{N_j}$$

其中,  $N_j$  是属于第  $j$  类的点的个数,  $x_n$  是属于第  $j$  类的向量。

(4) 中心点稳定, 则算法结束, 否则, 返回至第 2 步。类别中心对应了  $k$  个类的谱特征。

采用 k-mean 算法, 复杂度很高(需要反复迭代), 在本文算法中直接利用了例子图像的分类结果。例子图像分类的类中心作为检索的类中心, 选择  $k$  个类中心, 直接对查询图像的 ROI 进行分类。ROI 中的谱段向量总体上分为两大类, 属于  $k$  类中的向量和不属于  $k$  类中的向量, 对于前者直接分到某个类中, 然后计算  $n$  个类的类内离散度, 最后计算未分到  $k$  个类中的向量数占总向量数的百分比, 用这两个指标决定是否匹配。

算法步骤如下:

(1) 对例子图像用 k-Mean 算法进行分类, 选择包含样本数较多的前  $k$  类的中心向量:  $z_1, z_2, \dots, z_k$ 。

(2) 选择距离度量

$$\text{dis}(x_1, x_2) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{1i} - x_{2i})^2$$

作为分类准则,  $\text{dis}$  的值越小, 两个向量越接近。其中  $x_1, x_2$  是两个向量,  $m$  是谱段数目, 待查询图像感兴趣区域的每个点对  $z_1, z_2, \dots, z_k$  进行最邻近分类。

(3) 若查询图像感兴趣区域某个点的谱段向量

$x_i$  满足  $\text{mindis}_j(x_i, z_j) > T$ ,  $T$  为设定的分类阈值, 则不对  $x_i$  进行分类, 否则把  $x_i$  归入它最接近的类。

(4) 设某个遥感图像中适合

$\text{mindis}_j(x_i, z_j) < T$  的属于  $j$  类向量有  $M_j$  个, 与例子图像中相似的类有  $r$  个, 则平均类内离散度

$$D = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r a_j \left[ \frac{1}{M_{i,m=1}} \sum_{m=1}^{M_j} \text{dis}(x_i, z_j) \right]$$

其中,  $x_i$  是第  $i$  个属于第  $j$  类的向量,  $a_j$  是第  $j$  类的加权, 查询图像中属于第  $j$  类的谱向量的个数在感兴趣区域所占比例, 与例子图像相似的, 赋予较小的权值, 而比例远小于例子图像的赋予较大权值(相似度越大,  $D$  越小), 这样就防止了一个图像中因为少数向量与例子图像接近而被检索出来的情况。

(5) 计算未分类的向量数目与总的感兴趣区域向量数目的百分比  $R = \frac{P}{N} \%$ ,  $P$  是未被分类的点数,  $N$  是 ROI 中总点数。

(6)  $R_0$  是根据例子图像设定的阈值。若  $R > R_0$  不匹配; 若  $R < R_0$ ,  $D > D_0$ , 不匹配; 若  $R < R_0$  并且  $D < D_0$ , 则匹配。

算法流程如图 4 所示。

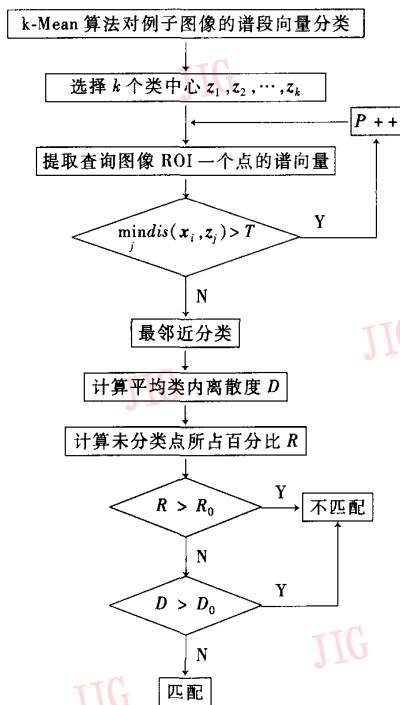


图 4 算法流程

Fig. 4 Flow of our retrieval scheme

## 5 实验结果及分析

实验采用“示例查询”的检索范型, 用户指定一个含有他所感兴趣物体的多谱段例子图像, 系统从遥感图像库中检索出与例子图像中感兴趣区域最相似的图像, 检索结果按距离的升序排列, 对于有多个满足  $R < R_0$  的, 按  $D$  从小到大的顺序返回前 3 幅。使用一个由 100 幅 7 谱段遥感图像组成的测试图像库, 对每个遥感图像进行 JPEG2000 压缩处理后, 提取感兴趣区域的压缩码流, 图 5 ~ 图 8 中白框勾画的区域为感兴趣区域。根据检索步骤, 得到例子图像感兴趣区域的谱特征, 按照上述实验步骤和数据库其他图像中不同 ROI 的谱特征进行相似度的计算。

图 6、图 8 分别是对图 5、图 7 中例子图像用本文算法得到的检索结果, 图 5、图 7 中的后 3 幅图是例子图中感兴趣区域的 1、3、5 波段分量, 图 6、图 8 中(a)、(b)、(c)是按相似度的大小顺序排列的检索结果。图 5 的例子图像是“例子图像 1”中白框所示区域的大桥, 图 7 中的例子图像 2 是框中所示的天桥。

由图 5 ~ 图 8 可以看出, 虽然同样是钢筋混凝土结构的桥, 检索却有不同结果, 当然, 这与桥的建筑构造有一定的关系, 一个更主要的原因是例子图像 1 中, 感兴趣区域主要成分是桥和水, 而例子图像 2 中主要成分是桥和桥下的路面。

从图 6 和图 8 的检索结果可以看出, 本文检索算法还具有平移、旋转不变性, 因为谱向量是通过统计得到的, 特征中不含有感兴趣物体的空间特征, 因此, 检索时不会有因查询图像中感兴趣物体与例子图像中的位置不同而漏检的可能。

文献[6]中提到了用遥感图像的颜色特征实现检索的方法, 它首先把源图像的色彩变换到 HSV 空间, 再对图像做  $N$  次小波分解(对于 JPEG2000 的压缩码流来说, 要经过解压缩、图像处理、再压缩的过程, 无疑增加了计算的复杂度, 降低了检索效率), 然后用第  $N$  级的低频小波系数与例子图像相应的系数进行相似性计算, 相似度符合要求的, 用第  $N$  级的高频子带系数做进一步的相似性度量。

为比较本文方法的优劣, 将本文方法和文献[6]中提到的基于遥感图像的颜色进行检索的方法进行比较。对 50 幅例子图像进行检索, 按  $D$  从小到大的顺序返回前 3 幅(对每一个物体, 库中都存

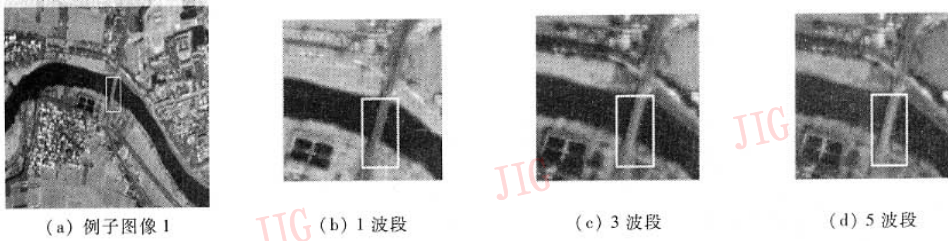


图 5 例子图像 1 及感兴趣区域的 3 个波段

Fig. 5 Query image 1 and ROI's reflection matrix under different wave band

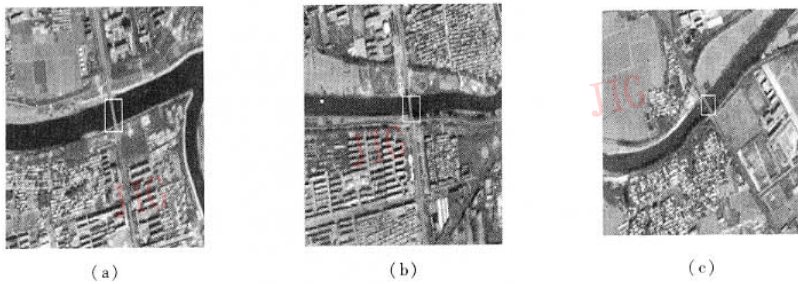


图 6 例子图像 1 的检索结果

Fig. 6 Retrieval result of query image 1

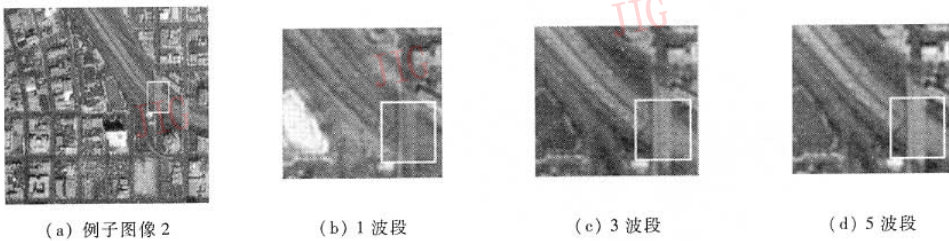


图 7 例子图像 2 及其感兴趣区域的 3 个波段

Fig. 7 Query image 2 and ROI's reflection matrix under different wave band

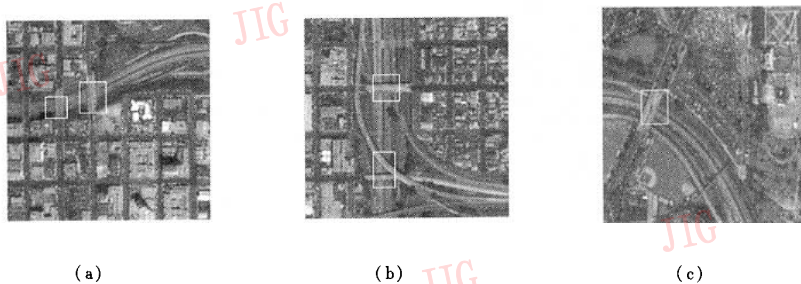


图 8 例子图像 2 的检索结果

Fig. 8 Retrieval result of query image 2

有 3 幅以上同类的图像), 统计结果显示本文算法检索的正确率是 90.24%, 误检概率是 9.76%, 而文献[6]中基于颜色检索算法的正确率仅为 65%。分

析文献[6]中的算法, 相似性度量是建立在两幅图对应点上的, 只有空间位置相似的图才能被检出, 文献[6]中颜色特征在图像的小波分解后提取, 虽然

特征提取时运算量减少,但这个特征并不能完全反映出源图像的信息,所以检索成功率极为有限,而本文算法是建立在统计的基础上的,从根本上解决了平移、旋转不变性,同时物体特征是在感兴趣区域解压缩时提取,保证了图像信息的完整性。

用例子图像聚类的中心对检索图像的每个点进行归类,省去了用 k-MEAN 法对检索图像通过多次迭代为检索图像中每个点归类的步骤,检索速度有了很大的提高,如果用 k-MEAN 算法迭代  $N$  次,类中心能达到收敛,那么用本文算法只要  $1/N$  次就能判断出检索图像中哪些点是属于要检索物体的类。实验中用 k-MEAN 法对一个  $300 \times 400$  大小的多波段遥感图像进行分类,中心收敛时,耗时 43s,而如果先对图像的一部分(如图的 1/4)进行分类,得到中心后,用中心向量对图像其他点进行归类,耗时 10s,与 k-MEAN 法分类结果相比,图像像素分错率仅为 0.25%。

## 6 结 论

对 JPEG2000 压缩码流不完全解码实现遥感图像检索的方法,充分利用了 JPEG2000 对感兴趣区域优先编码的特征,从码流中提取感兴趣区域的编码并进行解码和解压缩处理,由于 JPEG2000 使用块状小波压缩的方法,所以感兴趣区域可以任意选取,如此得到的区域受非感兴趣区域的干扰可以极大的减少,因此可以用特征统计的方法,提取例子图像感兴趣区域的谱特征,并根据感兴趣区域主要类的中心,计算查询图像与其之间的相似性。相似性

度量的方案,主要是依据查询图像感兴趣区域的谱向量与所要检索的类的中心向量之间的距离,以及类中点数占感兴趣区域的比例,保证两幅图中的物体除了谱特征相似外,还要不受少数非感兴趣物体的影响。实验结果表明,该方法有较高的检索效果,运算简单,检索速度快,并且有旋转、平移不变性,适合于遥感图像的庞大数据库,满足人们对实时性越来越高的要求。

## 参考文献 (References)

- 1 Kang Dong Hee, Choi Jin Ho. Applications of a DPCM system with median predictors for image coding [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 1992, 38(3):429 ~ 435.
- 2 Wu Xiao-lin, Jiang Wen, Wing Hung Wong. Conditional entropy coding of VQ indexes for image compression [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1999, 8(8):1005 ~ 1013.
- 3 In J, Shirani S, Kossentini F. JPEG compliant efficient progressive image coding [A]. In: Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing [C], Seattle, WA, 1998, 5:2633 ~ 2636.
- 4 Liu Lijie, Fan Guoliang. A new method for JPEG2000 region-of-interest image coding: most significant bitplanes shift [J]. Circuits and Systems, 2002, 2: II-176 ~ II-179.
- 5 Zeng Jian-fen, Ma Zheng-ming. Lifting scheme and image coding: average interpolating image coding in signal processing and its applications [A]. In: Sixth International Symposium on Signal Processing and its Applications [C], Kuala Lumpur, 2001, 2:561 ~ 564.
- 6 Cheng Qimin, Yang Chongjun, Shao Zhenfeng. A prototype system of content-based retrieval of remote sensing images [A]. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium [C], Toulouse, France, 2003, 6: 3700 ~ 3702.