

# 一种融合颜色和纹理特征的遥感图像检索方法

陆丽珍 刘仁义 刘 南

(浙江省 GIS 重点实验室, 浙江大学地理信息科学研究所, 杭州 310028)

**摘 要** 海量遥感图像的自动查询和选择, 迫切需要有有效的基于内容的图像检索方法。鉴于单一视觉特征不能很好地表达图像内容, 为此提出一种基于五叉树分解的线性加权颜色和纹理特征距离的检索新方法。该方法首先采用五叉树分解法分解图像, 然后在利用多通道 Gabor 滤波器与图像做卷积得到滤波能量值的基础上, 提取各子图像滤波能量纹理特征, 最后通过计算子图像的颜色均值和均方差来对查询图像和与其大小相当的数据库子图像进行颜色和纹理特征线性加权距离相似性测度。将该方法用于高分辨率卫星和航空遥感图像数据库检索的实验结果证明, 该方法是有效的。

**关键词** 多通道 Gabor 滤波 五叉树分解 颜色纹理融合特征 遥感图像检索

中图法分类号: TP391.3 TP753 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2004)03-0328-06

## Remote Sensing Image Retrieval Using Color and Texture Fused Features

LU Li-zhen, LIU Ren-yi, LIU Nan

(Zhejiang Provincial Keylab of GIS, Institute of GIS, Zhejiang University, Hangzhou 310028)

**Abstract** Retrieval and management of the vast quantitative image data needs efficient approaches of content-based image retrieval. Current image retrieval methods in geographic image databases use only one kind of image features, which can not describe image content completely. In this paper, a remote sensing image retrieval approach using color and texture fused features is presented. A given image is decomposed using quin-tree, and each subimage except the center one is separated into 5 sublevel subimages until the size of the subimage equals to or is great than  $16 \times 16$  pixels. The energy values of the image are calculated via multi-channel Gabor filter, and the mean values and standard deviations of each subimage are extracted as texture features. The color features are calculated too. Similarity between a given query image and database subimages, which sizes are approximately equal to the former, are measured using linear weighted distance of color and texture features. Then the top similar subimages are returned as query results. This approach is applied to retrieve high resolution remote sensing images from database, and its efficiency is confirmed by the experiments. The comparison of precision and recall between texture-based and color-texture-based image retrieval shows that synthesized features describe image content better than lonely one does.

**Keywords** multi-channel gabor filter, quin-tree decomposition, color and texture fused features, remote sensing image retrieval

## 1 引言

海量遥感图像的自动查询和选择, 迫切需要有有效的基于内容的图像检索 CBIR (content based image retrieval) 方法。虽然 CBIR 在医学图像、多媒体等领

域已取得了大量研究成果, 并在一些原型和商业系统中得到了成功应用<sup>[1,2]</sup>, 但针对遥感图像的 CBIR 研究相对较少, 而且主要集中在基于单一低层视觉特征 (如颜色、纹理、形状等) 的检索方法探索上, 如 Sheikholeslami 等将用小波分析方法提取的子图像纹理特征作为地学图像检索内容<sup>[3]</sup>; Kiamoto 用可变

椭圆分解法将台风云图按形状和空间分布分解为不同层次的一系列椭圆<sup>[4]</sup>,并发展了一种基于层次属性关系图的云图检索方法;Zhu Bin 等用 Gabor 滤波法提取图像的纹理特征作为航空遥感图像的检索内容<sup>[5]</sup>等。然而,由于面对种类繁多、成像条件各不相同、内容形态千差万别的遥感图像,内容检索仅用单一特征无法很好地表达图像的内容,因此构造综合特征才是有效提高检索性能的关键。

在 CBIR 检索中,颜色因与图像中所包含的物体强相关,并具有对图像本身的尺寸、方向、视角的依赖性小等特点而被广泛应用;由于纹理具有不依赖于颜色或亮度即可反映图像中同质现象的特点,因此是一种表达航空影像的很好特征。本文采用线性加权颜色和纹理特征的检索方法,其中特征的权重值可由查询者设置。庄越挺等对 Brodatz 纹理库的实验表明<sup>[6]</sup>,在共生矩阵等多种纹理特征中,由于 Gabor 纹理的检索性能最佳,因此本研究选用 Gabor 纹理特征。由于遥感图像具有大尺度的特点,这也就决定了其检索任务大多是面向子图的,因此需在一般图像检索研究的基础上,设计遥感图像的分解策略。现有的基于块的图像分解方法主要有四叉树和九叉树<sup>[3]</sup>,但两者各有其优缺点。本文提出一种五叉树图像分解法,由于它综合了前两种方法的优点,因此可保证查询图像与数据库子图像有 50% 以上面积是重叠的。试验结果证明,基于五叉树分解法的融合颜色纹理特征的检索方法是可行的。

## 2 五叉树图像分解法

遥感图像的检索大多是检索包含(类似)查询图像  $Q$  的数据库图像  $I$ ,因此可很自然地想到以下的检索策略,即把  $Q$  看作一模板,将  $Q$  逐行逐列地滑过  $I$ ,并将其和被其覆盖的  $I$  子图像逐一进行相似性比较来得到检索结果。这种检索策略在假设  $I$  的大小为  $N \times N$  个像素( $N > 1\,000$  是极普遍的), $Q$  的大小为  $m \times m$  个像素(其中  $m \leq N$ ,一般地有  $m \ll N$ )的情况下,需运算  $(N - m + 1) \times (N - m + 1)$  次才能找出  $I$  中与  $Q$  最相似的子图像,由于其计算量随  $N$  的增大成倍增加,从而将影响遥感图像检索的效率。

四叉树分解法虽具有分解结构清晰、子图像数目较少、检索速度较快的特点,但由于其只能保证查询图像与数据库子图像有 25% 以上的重叠率,因而难以保证检索质量;九叉树分解法虽然保证了查询

图像与数据库子图像有 56% 以上的重叠率,但由于其分解过程较为繁琐、子图像数目偏多,因而也影响检索效率。五叉树分解法是对四叉树分解法(quin-tree decomposition)的优化,其基本思路如下:将图像进行层层分解为 5 个次一层次的子图像,直到满足不能再分条件为止。具体的分解过程为:首先需将原图像( $N \times N$  像元,其中  $N$  是 2 的整数次幂,不足的添 0 补足)分解成 5 个子图像(见图 1);然后在进行下一层次的分解时,由于中央子图像 4 的 4 个次一层次的子图像分别与其余 4 个子图像中的一个次一层次的子图像重合,因此,只需将除子图像 4 以外的 4 个子图像各分解为 5 个次一层次的子图像即可。以此类推,层层分解图像,直至某一子图像尺寸小于等于  $m \times m$  为止(对于高分辨率遥感图像而言,反复试验结果表明, $m$  取 16 为好)。按以上方法分解图像,编码 3134 即表示第 1 层代码为 3、第 2 层为 1、第 3 层为 3、第 4 层为 4 的子图像。各层次的子图像数及图像尺寸见表 1。

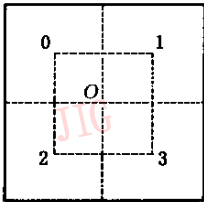


图 1 五叉树图像分解

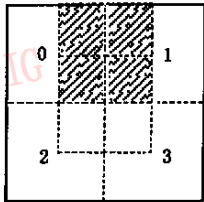


图 2 查询图像与子图像的最小重叠面积

表 1 五叉树图像分解法各层次所对应的图像尺寸和子图像数

| 层次           | 0            | 1                | 2                | ... | K                    |
|--------------|--------------|------------------|------------------|-----|----------------------|
| 图像尺寸<br>(像素) | $N \times N$ | $N/2 \times N/2$ | $N/4 \times N/4$ | ... | $N/2^k \times N/2^k$ |
| 子图像数<br>(个)  | 1            | $4^0 \times 5$   | $4^1 \times 5$   | ... | $4^{k-1} \times 5$   |

实际应用中发现,与高分辨率遥感图像的特征相似的图像块大小一般不超过  $128 \times 128$  像素,因此系统并不计算大于等于  $256 \times 256$  像素子图像的特征值。五叉树分解法实质上是虚拟地分解了大于  $256 \times 256$  的图像块,而真正地分解了小于等于  $256 \times 256$  像素的图像块,这样就可保证分解过程的连续性。

五叉树分解法能确保查询图像与数据库子图像至少有 50% 以上的面积重叠,如图 2 所示情况下,查询图像(阴影部分)与子图像的重叠率达到最小;同时,五叉树分解法具有分解过程层次清晰、检索简

法简单等特点。实验证明,当查询图像位于5个子图像中心附近时,检索效果最好。

### 3 特征提取和相似性测度

基于 Gabor 滤波器的纹理特征提取方法大致分为如下两类<sup>[9]</sup>:第1类为匹配 Gabor 滤波器(matched filter)滤波法;第2类为多通道 Gabor 滤波法。其中前者由于需根据纹理的变化来设计滤波器,因此仅适用于纹理种类较少的图像特征提取;后者虽然计算量偏大,但滤波器不需随纹理的变化而变化。本文采用后一种方法来提取具有多种不规则纹理的遥感图像的特征。

#### 3.1 特征提取

纹理特征采用经适当改进的文献<sup>[8]</sup>中的一组不同频率、不同方向的 Gabor 滤波器与图像卷积的结果。Gabor 滤波器  $h(x, y)$  及其 Fourier 变换  $H(u, v)$  具有如下的一般形式:

$$h(x, y) = g(\hat{x} + \hat{y}) \exp(2\pi j f \hat{x}) \quad (1)$$

$$H(u, v) = \exp\left[-\frac{(\hat{u} - f)^2 + \hat{v}^2}{2\sigma^2}\right] \quad (2)$$

其中

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$(\hat{x}, \hat{y}) = (x \cos \theta + y \sin \theta, -x \sin \theta + y \cos \theta)$$

$$(u, v) = (u \cos \theta + v \sin \theta, -u \sin \theta + v \cos \theta)$$

$$f \times \sigma = \lambda \frac{(2^B + 1)}{(2^B - 1)} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sqrt{2 \ln 2}}{\pi}$$

$$\alpha = \frac{1}{2\pi\sigma}$$

上述几式中,  $B$  为滤波器的带宽(本研究取1),  $f = \sqrt{u^2 + v^2}$  为滤波器带通区域中心频率,  $\sigma$  为方差,  $\theta$  为滤波器主轴方向角。

由以上几式可见,只要选定  $f$ 、 $\sigma$  和  $\theta$  3 个参数,即可确定 Gabor 滤波器。设图像大小为  $N \times N$ ,  $m = \log_2 \frac{N}{4}$ , 则  $f$  的取值可依次为:

$\sqrt{2} \{1, 2, 4, \dots, 2^m\} / N$  (本文选取3个最高频率);取定  $f$  后,根据式(3),  $\sigma$  的值便可依次确定;滤波器主轴方向角的取值为:  $\theta = 0, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 。

在确定了滤波器各参数后,再在计算各滤波器与图像卷积能量值的基础上,计算各子图像滤波能

量值的均值与均方差,并将其作为子图像的纹理特征向量,记为

$$\mathbf{F}^{\text{texture}} = \{\mu_{0,0}^{\text{texture}}, \sigma_{0,0}^{\text{texture}}, \mu_{0,1}^{\text{texture}}, \sigma_{0,1}^{\text{texture}}, \dots, \mu_{k,l}^{\text{texture}}, \sigma_{k,l}^{\text{texture}}, \dots, \mu_{(K-1),(L-1)}^{\text{texture}}, \sigma_{(K-1),(L-1)}^{\text{texture}}\}$$

其中,  $K$  为中心频率的数目,  $L$  为方向角的数目,  $k=0, 1, \dots, K-1, l=0, 1, \dots, L-1$ 。  $E_{k,l}(x, y)$  为第  $(k, l)$  个滤波器在  $(x, y)$  处的滤波能量值,则子图像(大小为  $n \times n$  像元)的能量均值  $\mu$  和均方差  $\sigma$  为

$$\mu_{k,l}^{\text{texture}} = \frac{\sum_x \sum_y E_{k,l}(x, y)}{n \times n}$$

$$\sigma_{k,l}^{\text{texture}} = \sqrt{\frac{\sum_x \sum_y (E_{k,l}(x, y) - \mu_{k,l}^{\text{texture}})^2}{n \times n}}$$

子图像的颜色特征由颜色均值和均方差表示,记为  $\mathbf{F}^{\text{color}} = \{\mu^{\text{color}}, \sigma^{\text{color}}\}$ 。这样,子图像的综合特征即可表示为  $\mathbf{F} = \{\mathbf{F}^{\text{texture}}, \mathbf{F}^{\text{color}}\}$ 。

#### 3.2 相似性测度

用于图像相似性测度的各特征值均需归一化到同一值域区间内,这是因为如果某一特征的值域范围较大,那么它就会削弱其他值域范围较小的特征的贡献,从而使得通过各个特征相似性值进行线形组合来计算总相似性值就变得没有意义。归一化方法主要有极值归一化、标准差归一化和高斯归一化等,这些方法各有其特点,本研究采用简单易行的极值归一化方法。

设数据库中大小为  $n \times n$  的子图像数为  $M$ ,特征向量的维数为  $K$ ,第  $m$  个子图像的第  $k$  个特征值为  $v_{m,k}$ ,将向量  $\mathbf{v}_k$  中的每个元素用公式(4)极差归一化到区间  $[0, 1]$  之间

$$v_{m,k} = \frac{v_{m,k} - \min(\mathbf{v}_k)}{\max(\mathbf{v}_k) - \min(\mathbf{v}_k)} \quad (4)$$

$$m = 0, 1, \dots, M-1, k = 0, 1, \dots, K-1$$

其中,向量  $\min(\mathbf{v}_k)$ 、 $\max(\mathbf{v}_k)$  分别是数据库中大小为  $n \times n$  子图像的第  $k$  个特征向量  $\mathbf{v}_k$  的最小值和最大值。

在对各特征值进行归一化处理的基础上,查询图像  $Q$  与数据库子图像  $I$  的相似性即可采用两图像的纹理和颜色归一化特征欧氏距离的线性加权值来测度,其定义为

$$D(Q, I) = \lambda_{\text{texture}} d_{\text{texture}}(Q, I) + \lambda_{\text{color}} d_{\text{color}}(Q, I) \quad (5)$$

式(5)中,  $\lambda_{\text{texture}}$ 、 $\lambda_{\text{color}}$  分别为纹理和颜色距离的权重(可由查询者自由调整);  $d_{\text{texture}}$ 、 $d_{\text{color}}$  分别为两图像的纹理和颜色距离,其中  $d_{\text{texture}}$  定义为

$$d_{\text{texture}}(Q, I) = \sum_k \sum_l \sqrt{(\mu_{k,l}^{\text{texture}}(Q) - \mu_{k,l}^{\text{texture}}(I))^2 + (\sigma_{k,l}^{\text{texture}}(Q) - \sigma_{k,l}^{\text{texture}}(I))^2}$$

$d_{\text{color}}$  定义为

$$d_{\text{color}}(Q, I) = \sqrt{(\mu_{\text{color}}(Q) - \mu_{\text{color}}(I))^2 + (\sigma_{\text{color}}(Q) - \sigma_{\text{color}}(I))^2}$$

4 试验结果

试验使用的图像为高分辨率的 Quickbird 卫星遥感图像和航空遥感图像。特征提取步骤如下:(1)将图像裁剪为  $2^m \times 2^m$  大小( $m$  为正整数);(2)用五叉树分解法层层分解图像;(3)用 12 个 Gabor 滤波器分别与图像作卷积获得 Gabor 能量值,并计算各子图像的滤波能量值的均值与均方差作为子图像

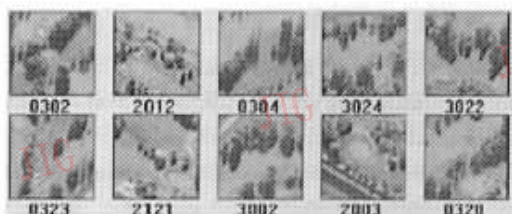
纹理特征;(4)计算各子图像的颜色均值和均方差;(5)将子图像的 24 个 Gabor 纹理特征值和 2 个颜色特征值(均经过归一化处理)存入数据库文件。在线检索时,检索者首先采用交互方式选择一个查询图像  $Q$ ,然后选择待检索数据库中的图像  $I$ (也可不选,如不选,系统将比较数据库所有图像中和  $Q$  大小相当的子图像与  $Q$  的相似性),再设定特征权重,最后系统计算  $Q$  和  $I$  中与其大小相当的子图像的相似性距离,并取前 30 个最相似子图像作为检索结果,检索结果如图 3 所示(为节省版面,只缩小显示了前 10 个子图像)。



(a) 单一纹理特征检索结果



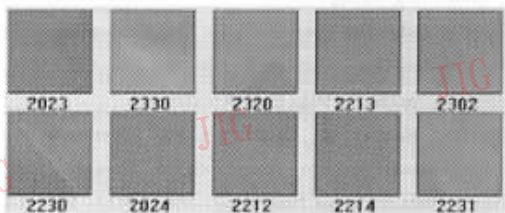
(b) 颜色纹理融合特征检索结果



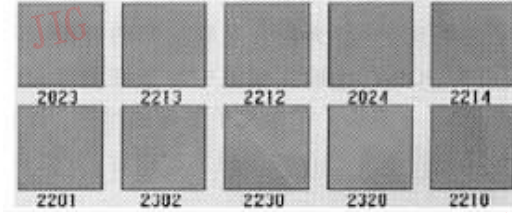
(c) 单一纹理特征检索结果



(d) 颜色纹理融合特征检索结果



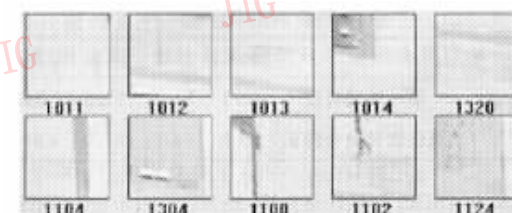
(e) 单一纹理特征检索结果



(f) 颜色纹理融合特征检索结果



(g) 单一纹理特征检索结果



(h) 颜色纹理融合特征检索结果

图 3 用单一纹理特征和融合颜色纹理特征检索的部分试验结果

图 3 各组图像中左侧一组为单一纹理特征检索结果,右侧一组为颜色纹理融合特征检索结果(权重各取 0.5),各子图像大小为  $64 \times 64$  像元,图像下方的数字为子图像编号,各组图像左起第 1 幅图像为查询图像,从左到右、自上而下各子图像与查询图像的相似性依次减弱。

以目视判断为检验标准,图 3 中左右两组检索结果与人的感知均具有一定的一致性,是有效的,这说明多通道 Gabor 纹理特征和融合颜色纹理特征均能较好地表达遥感图像内容。通过进一步对比可知,左侧一组图像中,图 3(a)中的 0002、图 3(c)中的 2012、图 3(e)中的 2330、图 3(g)中的 1014 等都与主观感知排序不一致,而右侧一组图像的排序则与主观感知基本一致,这说明融合颜色纹理特征比单一纹理特征能更好地表达图像的内容。

在目视判断检验基础上,进一步采用查准率 (precision) 和查全率 (recall) 指标来评价系统检索质量。由于系统的检索结果的前 30 个(不是所有)相似子图像不适宜采用常规的查全率、查准率评价指标,因此可采用 Tan Kina-lee 提出的标准查准率  $P_{\text{normal}}$  和标准查全率  $R_{\text{normal}}$  指标<sup>[9]</sup>进行评价。 $P_{\text{normal}}$ 、 $R_{\text{normal}}$  定义如下:

$$P_{\text{normal}} = \frac{\sum_{i=1}^L (\log r_i - \log i)}{\log \frac{N!}{(N-L)!L!}}$$
$$R_{\text{normal}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^L (r_i - i)}{(N-L)L}$$

上述两式中, $N$  为检索系统返回的数据库子图像数目(为 30), $L$  是检索结果中与查询图像相关的子图像数目, $r_i$  是第  $i$  幅相关子图像的排序。计算基于单一纹理特征和融合特征检索的指标(查准率、查全率)见表 2。

表 2 基于单一纹理特征和基于颜色纹理融合特征检索的查准率、查全率

|                                |          | 房屋   | 林地   | 水域   | 道路广场 |
|--------------------------------|----------|------|------|------|------|
| 查准率<br>$P_{\text{normal}}(\%)$ | 单一纹理特征   | 80.1 | 91.1 | 75.3 | 79.3 |
|                                | 颜色纹理融合特征 | 85.8 | 94.2 | 87.0 | 89.3 |
| 查全率<br>$R_{\text{normal}}(\%)$ | 单一纹理特征   | 72.8 | 87.1 | 64.3 | 55.1 |
|                                | 颜色纹理融合特征 | 77.9 | 90.2 | 78.0 | 74.3 |

从表 2 可知,基于单一纹理特征和颜色纹理融合特征的检索指标(查准率、查全率)大多位于

70%~90% 之间,这表明该检索方法是有效的。进一步分析可知,基于融合特征检索的各类用地类型指标值均高于基于单一纹理特征检索的对应地类的指标值,这说明综合特征能更好地描述图像的内容信息。

## 5 结 论

本文将基于五叉树分解的线性加权颜色和纹理特征距离的检索方法应用于高分辨率遥感图像数据库的检索,并从主观视觉判断和查准率、查全率等定量指标两个方面验证了方法的有效性。试验结果表明,融合颜色纹理特征比单一纹理特征能更好地描述图像的内容。下一步工作将从以下两个方面进行:①对数据库子图像进行离线聚类,以提高系统的检索效率;②引进合适的相关反馈机制,以提高系统的检索质量。

## 参 考 文 献

- 1 Niblack W, Jose S, Barber R, *et al.* The QBIC project: query images by content using color, texture and shape [A]. Proceeding of SPIE[C], San Joe, California, USA, 1993, 1908: 173~187.
- 2 Marques O, Furht B. MUSE: content-based image search and retrieval system using relevance feedback[J]. Multimedia Tools and Applications, 2002, 17(4): 21~50.
- 3 Sheikholeslami G, Zhang Ai-dong. A multi-resolution content-based retrieval approach for geographic images [J]. GeoInformatica, 1999, 3(2): 109~139.
- 4 Kitamoto A, Takagi M. Retrieval of satellite cloud imagery based on subjective similarity[A]. In: Proceedings of the 9th Scandinavian Conference on Image Analysis (SCIA'95) [C], Uppsala, Sweden, 1995, 6: 449~456.
- 5 Zhu Bin, Ramsey M, Hsinchun Chen. Creating a large-scale content-based airphoto image digital library [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2000, 9(1): 163~167.
- 6 庄越挺, 潘云鹤, 吴飞. 网上多媒体信息分析与检索[M]. 北京:清华大学出版社, 2002:9, 47~48.
- 7 贡玉南, 华建兴, 黄秀宝. 基于匹配 Gabor 滤波器的规则纹理缺陷检测方法[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6A(7): 624~628.
- 8 Jain Anil K, Farshid Farroknia. Unsupervised texture segmentation using Gabor filters[J]. Pattern Recognition, 1991, 12(24): 1167~1186.
- 9 Tan Kian-Lee, Ooi Beng Chin, Yee Chia Yeow. An evaluation of color-spatial retrieval techniques for large image databases [J]. Multimedia Tools and Applications, 2001, 14(1):55~78.



陆丽珍 1969 年出生,浙江大学地图学与地理信息系统专业博士研究生,浙江大学地球科学系讲师。主要研究方向为遥感图像处理、GIS 数据模型及 GIS 应用。



刘仁义 1960 年生,博士,教授,1998 年调入浙江大学工作。主要研究领域为面向对象的空间数据库理论、时空数据模型及 GIS 应用系统技术开发。近两年多来,获两项省部级科技进步奖,在国家一级学报发表论文 10 多篇。



刘南 1944 年生,教授,博士生导师,天体物理专业本科毕业。20 世纪 90 年代在国外从事地理信息科学领域的研究工作多年,回国后创办浙江省 GIS 重点实验室,任主任至今。主要研究领域为 GIS 理论及应用。近三年获 3 项省部级奖,在国家一级学报发表论文 10 多篇。

## HP 工作站家族一览

由于 HP 工作站家族拥有集安全、稳定、可管理、多扩展和最低 TCO 于一体的用户解决方案,从而使 HP 基于安腾处理器的 zx 系列和基于奔腾/至强处理器的 xw 系列的五款工作站机型具有以下特点:

### HP Workstation zx2000 增强型工作站:向安腾应用移植的理想平台

作为 HP 工作站全系列中的最强劲产品,HP Workstation zx2000 增强型工作站为用户提供了出色的开放环境和更高的计算速度与通用性。采用 Intel 最新的低电压安腾 2 处理器,虽然其主频仅为 1.0GHz,但却带有 1.5 MB 的三级高速缓存系统,这使得系统的运行更加迅速可靠。在图形图像处理方面,zx2000 配备了从入门级二维到高端三维的全套显卡,供用户选择,其在视频数据的处理以及画面回放质量上都堪称一流。

凭借安腾 2 的强大 64 位并行处理能力,HP Workstation zx2000 增强型工作站已成为一款具有高性能的经济型系统应该一点也不奇怪,而对于软件开发商来讲,zx2000 均可支持 HP-UX 11i v2、64 位 Red Hat Linux 以及 Windows<sup>®</sup> XP 64 位 2003 版,这不仅有利于软件开发商自己的开发与调试,而且,普通用户也可以根据自己的需要随意进行选择,这就增加了不少灵活性。

### HP Workstation xw8000 和 xw6000 工作站:双“芯”飞出一片天

作为 HP 工作站 xw 系列里的高、中端产品,HP Workstation xw8000 和 xw6000 工作站都采用了 Intel 最新芯片技术的双至强处理器。其中,xw8000 配备为 Intel Xeon 2.8GHz 处理器,由于其在整数运算和浮点处理速度上都有了质的提高,因而可与采用至强处理器的服务器产品相提并论。此外,配合 xw8000 的 Netburst 微架构,双至强处理器核心更能充分满足苛刻的工程设计需要,同时它也为实时的海量数据处理提供了澎湃动力。对于三维动画和视频创作人员来讲,xw8000 强健的图卡性能以及灵活的扩展,可使设计人员更加心随所欲。

### HP Workstation xw4100 工作站:史无前例的性价比神话

在 HP xw 系列工作站产品中,HP Workstation xw4100 只能说是一款入门机型,但是它却能为用户提供出色的数据处理能力和良好的可靠性以及优越的性能价格比。由于它采用了最新的英特尔 875P 高性能工作站芯片组,内含 Intel 的性能加速技术(Performance Acceleration Technology)和超线程技术(Hyper-Threading Technology),所以可有效提高系统和软件的执行速度。其创新的可变换方位迷你塔、tool-less 底盘,则是专为需要有灵活工作环境的用户安排的,而多用途的机箱则更可允许它很容易地从桌面的一侧进行转移。此外,HP Workstation xw4100 还通过了专业级 OpenGL 和多重显示二维图形算法以及应用程序的认证,并能够为二维绘图与动画、三维 MCAD、视频编辑以及出版业用户提供最优化的性能和最可靠的性能保证,但其价格是相当优惠的。

### HP Workstation xw3100 工作站:简洁、轻巧的新形象大使

同为 HP xw 系列里的低端产品,唯独 HP Workstation xw3100 纤小型工作站价格低于 8000 元。它采用 2.4~3.2GHz 的 Intel Pentium4 处理器及从专业二维到三维 OpenGL 的工作站专业图形卡,Intel 865G 芯片组,可支持双通道 DDR400,内存容量最高可扩充至 4GB。而从上述配置中不难发现,xw3100 已非常适用于工程师、设计师以及对计算机有较高要求的专业人员。xw3100 还可以满足对空间占用具有特殊要求的用户的使用,足以体现其崇尚简约的格调。另外,在安全性方面,xw3100 还具备有远程锁定、外壳侵入感应器、停用 USB 端口等多项硬件保护措施,因而能充分保证用户数据及硬件设备的安全。