

# 一种融合颜色和空间信息的彩色图像分割算法\*

叶齐祥<sup>1+</sup>, 高文<sup>1,2</sup>, 王伟强<sup>1,2</sup>, 黄铁军<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(中国科学院 计算技术研究所 数字化实验室,北京 100080)

<sup>2</sup>(中国科学院 研究生院 网络多媒体研究中心,北京 100039)

## A Color Image Segmentation Algorithm by Using Color and Spatial Information

YE Qi-Xiang<sup>1+</sup>, GAO Wen<sup>1,2</sup>, WANG Wei-Qiang<sup>1,2</sup>, HUANG Tie-Jun<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>(Digital Technology Laboratory, Institute of Computing Technology, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

<sup>2</sup>(Internet Multimedia Research Center, Graduate School, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-10-82649143, Fax: +86-10-82649298, E-mail: qxeye@ict.ac.cn, <http://www.jdl.ac.cn>

Received 2003-03-21; Accepted 2003-11-26

Ye QX, Gao W, Wang WQ, Huang TJ. A color image segmentation algorithm by using color and spatial information. *Journal of Software*, 2004,15(4):522~530.

<http://www.jos.org.cn/1000-9825/15/522.htm>

**Abstract:** An algorithm for color image segmentation, based on color and spatial information is proposed in this paper. First, color quantization is performed on an image based on the proposed color coarseness metric, and then an incremental region growing method is exploited to find the spatial connectivity of pixels with similar colors to form the initial segmented regions. Second, the initial regions are hierarchically merged based on the region distance defined by the color and spatial information. A criteria is proposed to decide the termination of the merging process. Finally, the erosion and dilation operators are used to smooth the edges of the segmented regions. The experimental results demonstrate that the color image segmentation results of the proposed approach hold favorable consistency in terms of human perception.

**Key words:** image segmentation; color coarseness; color quantization; region growing; region merging; edge; adjacency

**摘要:** 提出了一种基于图像颜色和空间信息的彩色图像分割算法.该算法首先根据所提出的颜色粗糙度概念对图像进行颜色量化,并在此基础上使用增量式的区域生长算法发现颜色相近的像素之间的空间连通性,形成图像的初始分割区域,然后,根据融合了颜色和空间信息的区域距离,对初始分割区域进行分级合并,直到系统满足了所提出的停止区域合并的准则.最后,利用形态学的有关算法对分割区域的边缘进行平滑.实验证明,算法的分割结果与人的主观视觉感知具有良好的 consistency.

\* Supported by the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant Nos.2001AA142140, 2003AA142140 (国家高技术研究发展计划(863))

**作者简介:** 叶齐祥(1978-),男,河南虞城人,博士生,主要研究领域为图像处理,模式识别;高文(1956-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为多媒体数据压缩,图像处理,计算机视觉,多模式接口,人工智能,虚拟现实;王伟强(1972-),男,博士,副研究员,主要研究领域为人工智能,多媒体技术;黄铁军(1970-),男,博士,主要研究领域为数字媒体,数字图书馆,模式识别,图像处理.

关键词: 图像分割;颜色粗糙度;颜色量化;区域生长;区域合并;边缘;邻接

中图法分类号: TP391 文献标识码: A

图像分割是一种基本的计算机视觉技术,是从图像处理到图像分析的关键步骤.有效、合理的图像分割能够为基于内容的图像检索、对象分析等抽象出十分有用的信息,从而使得更高层的图像理解成为可能<sup>[1]</sup>.但是图像分割至今为止仍然是一个没有得到很好解决的问题,并且仍然是研究的一个热点问题,人们已提出了上千种的方法.对于彩色图像的分割方法,因为既可以通过在颜色空间内划分像素来完成,也可以通过在空间上划分像素来完成,所以本文将其分成基于图像颜色信息的方法和基于图像的空间信息的方法两类.

基于图像的颜色信息的方法一般使用  $K$ -mean 或者模糊  $C$ -mean<sup>[2,3]</sup>等聚类方法,将图像内的像素划分到指定数目的类别之中,然后将属于同一类别并且相互联通的像素分割到同一个区域.然而,在这种方法中,聚类数目需要通过指定的方法得到或者手工设定,并且在这种方法中,因为没有考虑空间上的边缘信息和邻接信息,经常会得出不符合人的视觉的分割结果.

基于图像中的空间信息的方法还可以分成两种.一种是利用图像区域(像素)之间的边缘进行图像分割.为了获取边缘信息,人们一般首先使用 Sobel, Laplacian, Canny 等算子进行边缘检测<sup>[4]</sup>.然而,当图像中存在噪声时,用算子得到的边缘常常是孤立的或者分小段连续的<sup>[1]</sup>,即使采用边缘闭合的方法进行处理,也很难得到区域的精确边缘.另一种是利用区域(像素)之间的邻接和相似性进行区域生长和区域合并.区域生长可以看做是区域合并的特例.区域合并的关键问题是要制定合理的合并和停止合并的规则. Jseg<sup>[5]</sup>在确定了种子区域以后,采用全局最优化的规则进行区域生长,然后使用基于阈值的区域合并完成图像分割. Haris. K<sup>[6]</sup>采用 watershed 分割算法完成图像的初始分割,然后使用快速的区域合并算法将颜色距离最相近的区域进行逐步合并,当图像中的区域达到设定数目时停止合并.

研究<sup>[7,8]</sup>表明,融合多种信息更有利于取得合理的分割效果.也就是说,既要在颜色等特征空间内考虑像素的优化分类,又要考虑图像中区域(像素)之间边缘、邻接关系等空间信息. Milan Sonka<sup>[9]</sup>通过理论和实验证明,综合使用颜色和边缘信息的分割算法,能够比只使用颜色信息或者边缘信息的方法取得更合理的结果.

本文综合了图像的颜色和空间信息,提出了一种新的图像分割算法.算法完成颜色量化以后,通过一个增量式的区域增长算法形成了图像的初始分割,此时的分割基本上是在颜色空间内对像素的划分.然后,本文又融合区域的颜色信息、空间上的边缘和邻接关系信息,定义了区域距离,并根据区域距离进行了分级的区域合并.为了能够自动地完成分割,本文给出了一种新的停止区域合并的规则.

本文第 1 节给出算法的详细描述.第 2 节结合具体例子将本算法与其他算法进行实验比较与分析.第 3 节给出结论.

## 1 分隔算法

本文提出的算法主要分成两部分:初始分割和分级区域合并.第 1.1 节和第 1.2 节对它们分别进行了介绍,第 1.3 节综合阐述了该算法.

### 1.1 初始分割

图像的初始分割由颜色量化和增量式的区域增长来完成,下面将详细加以介绍.为了使得算法对于颜色距离的定义符合人的视觉特征,本文选择了 LUV 颜色空间,其中颜色距离的度量使用欧式距离.

#### 1.1.1 颜色量化

假定一幅图像中包含  $M$  个  $w_1 \times w_2$  的窗口,每一个窗口内包含  $n$  个像素.本文定义了  $S_m$  为其颜色粗糙度,用来表示当前窗口中颜色变化的剧烈程度.并且由整幅图像的平均颜色粗糙度  $S_{avg}$  来确定当前图像颜色量化级数.它们分别定义如下:

$$S_m = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} \|\tilde{x}_i - \bar{x}_{mean}^{(m)}\|^2 \right)^{\frac{1}{2}}, S_{avg} = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^{M-1} S_m \quad (1)$$

式(1)中  $\bar{x}_i$  是  $w_1 \times w_2$  的窗口内第  $i$  个像素的颜色,在实验中,  $w_1$  和  $w_2$  分别为图像的长和宽的  $1/10 \sim 1/20$ .  $\bar{x}_{mean}^{(m)}$  代表一个窗口内的颜色均值.  $\|\cdot\|$  表示欧式距离.  $S_{avg}$  代表着一幅图像内的颜色变化情况. 一幅图像的颜色变化越剧烈,其颜色粗糙度越大,系统给予的颜色量化级数也就越多. 反之,颜色量化级数越少. 在确定了颜色粗糙度以后,本文参照了 Deng<sup>[10]</sup> 确定颜色种类的方法,使用式(2)来确定一幅图像颜色量化的数目:

$$N_{Quan} = \alpha \cdot S_{avg} + 1 \quad (2)$$

式中的  $\alpha$  根据图像分割的不同精度(高、中、低)要求分别设定为 2.0, 1.0 和 0.5.

确定了颜色量化的数目之后,本文使用 VQ(矢量量化)<sup>[11]</sup> 的方法对像素在颜色空间内进行划分,完成颜色量化.

### 1.1.2 形成初始分割区域

在颜色空间内被划分在同一类别的像素并不一定属于同一个区域. 这些经过了颜色分类的像素还需要结合空间信息才能够形成有意义的分割区域. 在本文中,我们采用了一个增量式的区域增长算法来发现像素之间的空间连通性. 首先,我们定义符合以下条件的像素形成种子区域:

- 颜色量化以后的颜色相同
- 空间上四邻域连通
- 连通像素达到一定面积(根据分割精度(高、中、低),分别设定为原图像面积的 0.001%, 0.01% 和 0.1%)

图像中不在种子区域内的像素,将由一个区域生长的算法分配到与其邻接并且颜色最为相近的区域. 与文献[9]中的区域生长算法不同,对于一个种子区域,如果新生长进来的像素满足以下条件:

- 新生长进来的像素在空间上四邻域连通
- 新生长进来的像素彼此之间的平均距离小于这些像素与当前区域之间的平均距离
- 新生长进来的连通像素达到种子区域的面积要求(根据分割精度(高、中、低),分别设定为原图像面积的 0.001%, 0.01% 和 0.1%)

则算法将新生长进来的连通像素划分成一个独立的新种子区域. 本文定义这种在生长过程中可以产生新的种子区域的区域生长方法为增量式区域生长,这种生长算法更有利于图像中的一些细节在生长过程中被发现. 其算法描述在第 1.3 节中将被给出.

## 1.2 区域合并

经过了初始分割之后,区域之间仍然存在许多相似性,在下文中,将由一个分级的区域合并算法合并经过分割的区域,并且提出了一个自动停止区域合并的规则.

### 1.2.1 区域合并

区域距离度量是进行区域合并的一个重要标准,距离度量方法直接决定区域合并的结果和图像的最终分割结果. 我们认为两个区域进行合并的必要条件是:两个区域在颜色上相近,空间上相邻,并且其邻接处没有显著的边缘出现. 于是融合了边缘、颜色和邻接关系信息,式(3)给出了两个区域的距离定义. 其中边缘距离的计算参照了 Sobel 算子.

$$\text{区域距离: } D_{ij}^r = (D_{ij}^c)^p \cdot (D_{ij}^e)^q \cdot A_{ij} \quad (3)$$

其中  $D_{ij}^c$  和  $D_{ij}^e$  代表两个区域的颜色距离和边缘距离,定义如下:

$$\text{颜色距离: } D_{ij}^c = \frac{|r_i| \cdot |r_j|}{|r_i| + |r_j|} \|\bar{\mu}_i - \bar{\mu}_j\| \quad (4)$$

$$\text{边缘距离: } D_{ij}^e = \frac{1}{|E_{ij}|} \sum_{k \in E_{ij}} \|\bar{x}_k - \bar{x}_i\| \quad (5)$$

$$\text{邻接关系: } A_{ij} = \begin{cases} 1.0, & \text{if } r_i \text{ is adjacent to } r_j \\ +\infty, & \text{if } r_i \text{ is not adjacent to } r_j \end{cases} \quad (6)$$

其中  $|r_i|, |r_j|$  分别代表  $i$  和  $j$  区域中包含的像素个数,  $\bar{\mu}_i$  和  $\bar{\mu}_j$  代表两个区域的颜色均值,  $\|\cdot\|$  表示欧式距离. 式(4)

中分子部分  $|r_i|$  和  $|r_j|$  的乘积使得包含像素数目较少的区域和其他区域的颜色距离减小,从而在颜色均值相同的情况下,有利于小区域的优先合并,使得分割结果更符合人们的视觉特性。 $p$  和  $q$  用来调整颜色距离和边缘距离各自的作用大小。在本文的实验中,假定边缘和颜色的作用基本相同,因此设置  $p=q=1.0$ 。在特殊的应用中,可以根据颜色和边缘作用的大小调整  $p$  和  $q$  的取值。 $E_{ij}$  表示位于两个区域边缘上的像素,  $|E_{ij}|$  表示边缘上的像素个数。 $\bar{x}_k$  和  $\bar{x}_l$  分别代表边缘两侧  $k$  点和  $l$  点的颜色值。 $\Delta_{ij}$  用来表示区域  $r_i$  和  $r_j$  之间是否有邻接关系,如果存在邻接关系,  $\Delta_{ij}$  取值为 1.0, 否则取值为  $+\infty$ , 此时的区域距离也为  $+\infty$ 。

对于初始的分割区域,本文采用分级的区域合并算法来完成最后的分割。即每次都是合并图像中距离最近的两个区域,形成一个新的区域,新区域与其他区域的邻接关系和距离也随之调整。在第 1.3 节中有其算法描述。

### 1.2.2 终止区域合并的规则

在区域合并过程中,何时停止区域合并才能取得合理的合并结果是一个十分关键的问题,并且直接决定着图像分割的结果。使用阈值的方法终止区域合并<sup>[5]</sup>会使合并受到局部区域之间距离的影响,阈值的选取也需要根据不同的图像进行调整。使用指定区域数目的方法<sup>[7]</sup>终止合并,则需要根据不同的需求,手工地调整区域数目。我们综合考虑了图像合并过程中的信息损失与图像中保留的区域数量之间的关系,提出了一种新的自动停止区域合并的准则。

首先定义一个表示图像区域颜色散度的函数,用以表示图像中各个区域的总的颜色不统一的程度。当图像内的区域合并到  $K_r$  个时,其颜色散度定义为

$$J_r = \frac{\sum_{r=0}^{K_r} J_w^r}{J_i} = \frac{\sum_{r=0}^{K_r} \sum_{i=0}^{N_r} \|\bar{x}_i^r - \bar{x}_{mean}^r\|}{\sum_{i=0}^N \|\bar{x}_i - \bar{x}_{mean}\|} \quad (7)$$

其中,  $J_w^r$  代表一个区域内的颜色散度,  $J_i$  代表图像内总的颜色散度。 $N$  表示总的像素数,  $N_r$  代表第  $r$  个区域内的像素数,  $\bar{x}_i^r$  代表第  $r$  区域内的第  $i$  个像素的颜色值,  $\bar{x}_{mean}^r$  代表第  $r$  个区域的颜色均值。

假定原来图像的每一个初始区域只包含一种颜色,此时,每一个区域内的所有像素的颜色值等于这个区域的颜色均值,这时,图像的区域颜色散度为 0, 即  $J_r = 0.0$ 。随着区域的不断合并,即  $K_r$  的不断减小,图像的区域颜色散度  $J_r$  (0.0~1.0) 会不断地增加。当图像内的所有区域合并成为一个区域时,  $J_r$  达到 1。假设  $k_r$  (0.0~1.0) 表示合并过程中剩余的区域数目比例,  $k_r = K_r / K$  (保留区域数目和总区域数目的比值)。其中  $K_r$  为合并过程中剩余的区域数目,  $K$  为初始分割后图像中区域总数目。以图 1 中的图像为例,本文给出了  $J_r$  和  $k_r$  之间的关系曲线。

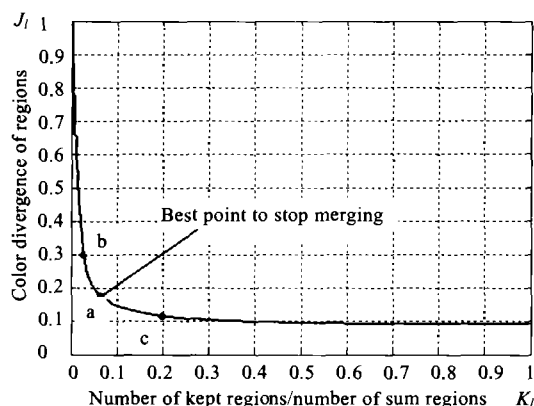


Fig.1 Color divergence curve of the image

图 1 图像颜色散度曲线

从图像分割的角度来看,人们希望能够使用最少的区域代表一幅图像内的信息,即  $k_r$  越小越好。而从分割得到的区域来看,人们希望分割后的各个区域内的信息损失得越小越好,即图像的区域颜色散度  $J_r$  越小越好。而这

两个问题是一对矛盾,不可能同时达到最小值.因为每一次区域合并都会造成  $J_i$  的增大.为了取得最合理的分割结果,本文取  $k_i + J_i$  的最小值,也就是使得终止合并时所保留的区域数目比例  $k_i$  和图像区域颜色散度  $J_i$  达到最佳的折衷.实验结果证明了这种停止区域合并方法的有效性.在图 2 中,本文给出了分别根据图 1 中曲线上 a,b,c 各点停止区域合并时得到的分割结果.

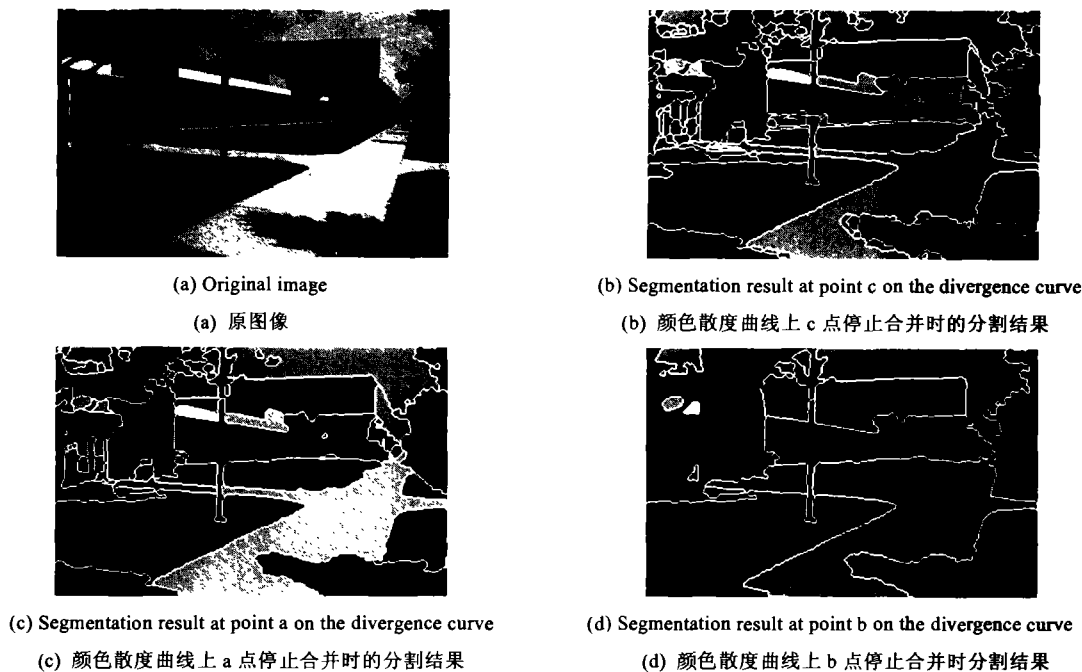


Fig.2 Comparison of segmentation results according to different points on the divergence curve

图 2 颜色散度曲线上的不同取值得到的分割结果

由图 2 的结果可以看出,在 a 点,即  $k_i + J_i$  达到最小值时的合并结果最为理想.b 点和 c 点停止合并时,分别产生了欠合并和过合并.

### 1.3 分割算法描述

综合以上两节的叙述,我们将本文提出的分割算法规整如下:

1. 根据图像颜色粗糙度确定颜色量化数目;
2. 使用 VQ 进行颜色量化;
3. 使用增量式区域生长算法形成图像的初始分割区域
  - 3.1. 根据第 2.1.2 节中的定义寻找种子区域;
  - 3.2. 将所有种子区域标号,形成  $K$  个初始区域  $\{r_0, r_1, \dots, r_{K-1}\}$ ;
  - 3.3. 增量式生长过程:While (存在没有标号的像素)

```

{
    选择与种子区域相邻的当前像素  $p$ ;
    For ( $i=0; i < K-1; i++$ ) {
        选择与  $p$  距离最近的区域,得到其区域标号  $k$ ;
        设定  $p$  的标号为  $k$ ;
    }
}

```

根据第 2.1.2 节中的条件,查看已经生长的且相互联通的像素是否形成新的种子区域,如果有新的种子区域生成,则给这些形成新种子区域的像素一个新的区域标号  $K++$ ;

}

3.4. 输出:得到  $K$  个初始分割区域及其邻接关系 RAG;

4. 根据初始分割区域之间的距离进行分级区域合并

4.1. 输入:包含  $K$  个初始分割区域的图像及其区域邻接关系(K&RAG);4.2. 迭代过程:For ( $i=0; i<K-1; i++$ )

{

在剩下的( $K-i$ )个区域中,合并当前距离最小的两个区域;

修改得到的新区域的颜色均值,修改合并后的区域之间的邻接关系;

根据图像颜色散度曲线,  $k_i + J_i$  达到最小值时,停止合并,跳出循环;

}

4.3. 输出:输出合并得到的分割区域;

5. 使用形态学的膨胀、腐蚀算法<sup>[12]</sup>平滑分割区域的边缘.其中腐蚀和膨胀中使用的“掩膜”是半径为 3 个像素的圆形区域.

## 2 实验分析对比

在下面的图 3 中,对比了人工分割的结果、本文提出的算法的结果、 $K$ -mean 和  $Jseg$ <sup>[5]</sup>方法的分割结果.因为本文的算法综合了颜色空间的颜色特征、空域中的边缘和区域邻接关系特征,分割结果比较符合人们的视觉特性.边缘距离的使用,保证了当两个区域之间有较大的颜色差别,但是两个区域之间的颜色变化非常平缓时,能够进行合并.其中,在如图 3(a)所示的分割结果中,图像中的天空作为一个颜色上平缓变化的区域,本文的算法结果(如图 3(b)所示)将其分割成了两部分,比较符合人们的视觉需要.而  $K$ -mean 和  $Jseg$  算法的结果(如图 3(c)和图 3(d)所示)因为没有考虑边缘信息,只是按照颜色进行均匀划分,得到的分割结果较差.

对如图 3(e)所示的图像, $K$ -mean 算法也造成了很多不合理的划分.其中的主要原因是没有考虑图像的空间信息,使得分割结果在部分区域显得较为凌乱.对于  $Jseg$  方法,因为其区域生长算法在种子区域一旦确定以后,其他非种子区域内的像素就要被划分到其中的一个种子区域之中,不会再有新的区域生成,因此有许多图像细节被忽略.本文提出的增量式的区域生长,则可以在分割的过程中产生新的区域.这样,在区域生长的过程中,许多图像中的细节部分被逐渐分割了出来,取得了较为合理的分割结果.

为了定量地评价实验结果,本文使用了人工标注的分割图像库(Berkeley 分割图像库)<sup>[13]</sup>和分割性能评价方法.本文从其图像库中随机抽取了 100 幅彩色图像进行实验,分割结果的平均错误率为 12.2%,低于  $Jseg$  方法的 14.5%和  $K$ -mean 方法( $K=8$ )的 24.3%.图 4 中列举了一些实验使用的图片以及算法的分割结果与人的主观分割结果的对比(其中图 4(a)和图 4(b)的第 1 行是 Berkeley 分割图像库中人工分割的结果,第 2 行是本文算法的分割结果).

## 3 结论

通过一些图像的分割实验和实验分析对比,我们认为:本文提出的分割算法对于无显著纹理的图像具有良好的分割效果,其中的增量式区域增长有助于发现更多的图像细节,而且停止区域合并的规则也十分有效,实验的分割结果与人的视觉具有良好的一致性,其分割结果可以用于基于区域的图像检索、基于对象的图像内容分析等.

在未来的工作中,可以将图像的纹理特征融入算法中,分割性能将得到进一步的提高.

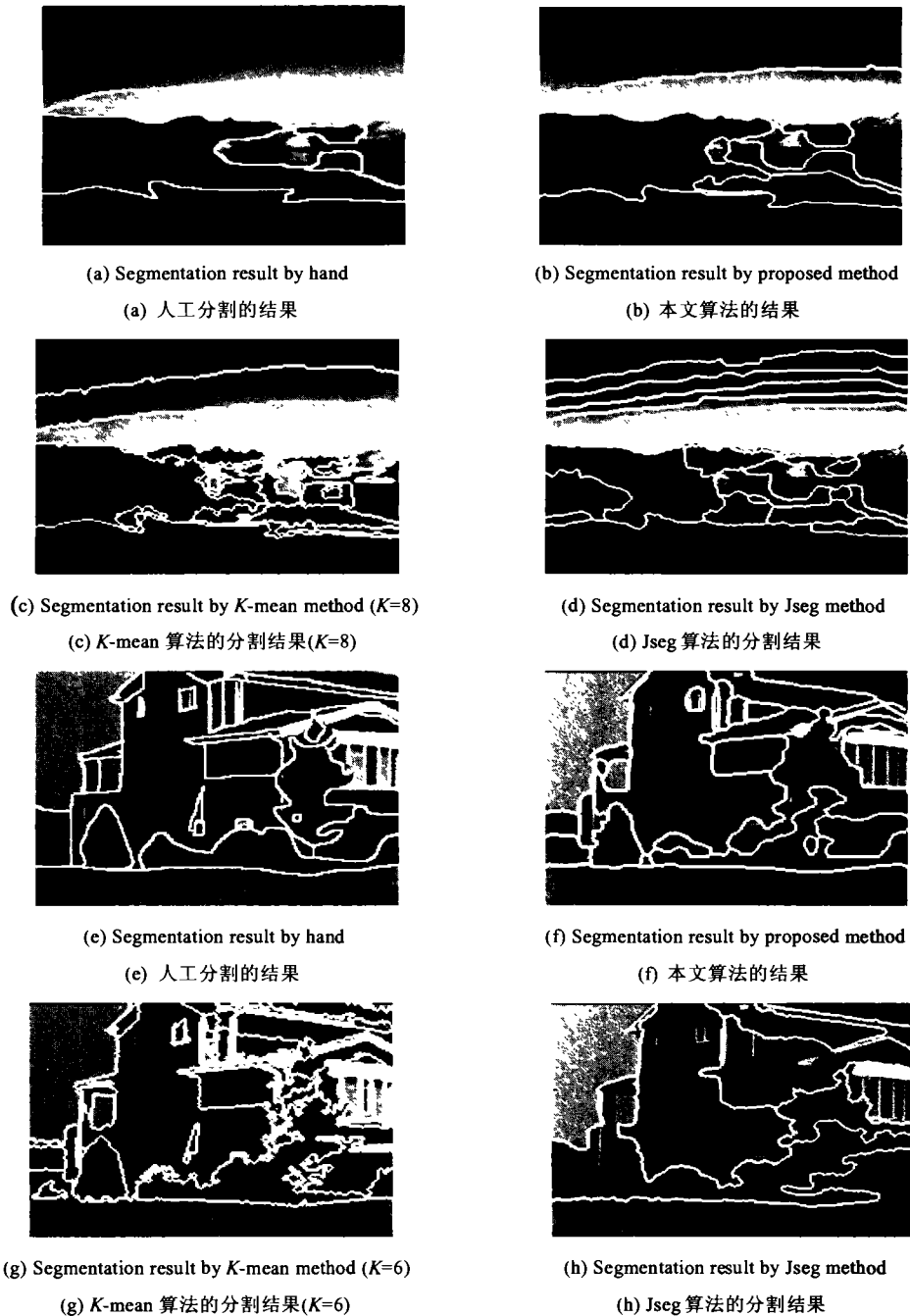


Fig.3 Comparison of segmentation results

图3 分割结果的对比

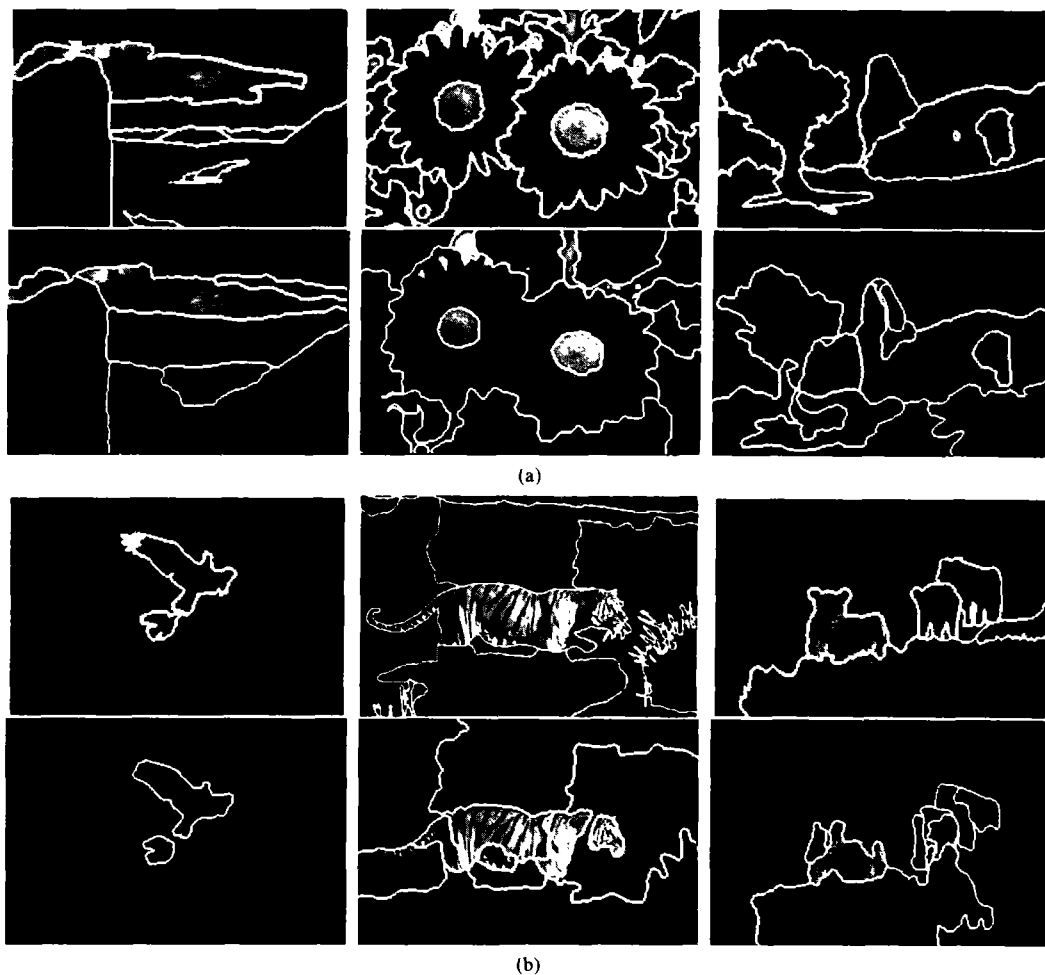


Fig.4 Comparison of segmentation results by proposed method and by hand

图4 本文算法的分割结果与人工分割结果的对比

#### References:

- [1] Zhang YJ. Image Engineering. Beijing: Tsinghua University Press, 1999. 179~180 (in Chinese).
- [2] Lucchese L, Mitra SK. Unsupervised segmentation of color mages based on  $K$ -means clustering in the chromaticity plane. In: Collins F, ed. Proc. of the Content-Based Access of Image and Video Libraries. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. 74~78. <http://csdl.computer.org/comp/proceedings/cbaivl/1999/0034/00/00340074abs.htm>
- [3] Tuan DP. Image segmentation using probabilistic fuzzy  $C$ -means clustering. In: Mercer B, ed. Proc. of the Int'l Conf. on Image Processing. IEEE Signal Processing Society Press, 2001. 722~725. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/conferences.jsp>
- [4] Malik J, Belongie F, Leugn T, Shi JB. Contour and texture analysis for image segmentation. Int'l Journal of Computer Vision, 2001,43(1):7~27.
- [5] Deng YN, Manjunath BS. Unsupervised segmentation of color-texture regions in images and video. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001,23(8):800~810.
- [6] Haris K, Efstratiadis S. Hybrid image segmentation using watersheds and fast region merging. IEEE Trans. on Image Processing, 1998,7(12):1684~1699.
- [7] Zhu SC, Yuille A. Region competition: Unifying snakes, region growing, and Bayes/MDL for multiband image segmentation. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996,18(9):884~900.



- [8] Fan JP, Yau DKY, Elmagarmid AK, Aref WG. Automatic image segmentation by integrating color-edge extraction and seeded region growing. *IEEE Trans. on Image Processing*, 2001,10(10):1454~1466.
- [9] Sonka M, Vaclav H, Boyle R. *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*. Beijing: People's Posts & Telecommunications Publishing House, 2002. 123~216.
- [10] Deng YN, Kenney C, Moore MS, Manjunath BS. Peer group filtering and perceptual color image quantization. In: Cortadella J, ed. *Proc. of the IEEE Int'l Symp. on Circuits and Systems*. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1999. 21~24.
- [11] Arya S, Mount D. Algorithms for fast vector quantization. In: *Proc. of the Data Compression Conf.* Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 1993. 381~390. <http://www.cs.umd.edu/~mount/Papers/DCC.pdf>
- [12] Ruan QQ. *Digital Image Processing*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2001. 450~451 (in Chinese).
- [13] Martin D, Fowlkes C, Tal D, Malik J. A database of human segmented natural images and its application to evaluating segmentation algorithms and measuring ecological statistics. In: Werner B, ed. *Proc. of the Int'l Conf. on Computer Vision*. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2001. 416~423. <http://www.cs.bc.edu/~dmartin/papers/pocv01.pdf>

#### 附中文参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像工程. 北京:清华大学出版社,1999.179~180.
- [12] 阮秋琦. 数字图像处理学. 北京:电子工业出版社,2001.450~451.

### 敬告作者

《软件学报》创刊以来,蒙国内外学术界厚爱,收到许多高质量的稿件,其中不少在发表后读者反映良好,认为本刊保持了较高的学术水平.但也有一些稿件因不符合本刊的要求而未能通过审稿.为了帮助广大作者尽快地把他们的优秀研究成果发表在我刊上,特此列举一些审稿过程中经常遇到的问题,请作者投稿时尽量予以避免,以利大作的发表.

1. 读书偶有所得,即匆忙成文,未曾注意该领域或该研究课题国内外近年来的发展情况,不引用和不比较最近文献中的同类结果,有的甚至完全不列参考文献.

2. 做了一个软件系统,详尽描述该系统的各个方面,如像工作报告,但采用的基本上是成熟技术,未与国内外同类系统比较,没有指出该系统在技术上哪几点比别人先进,为什么先进.一般来说,技术上没有创新的软件系统是没有发表价值的.

3. 提出一个新的算法,认为该算法优越,但既未从数学上证明比现有的其他算法好(例如降低复杂性),也没有用实验数据来进行对比,难以令人信服.

4. 提出一个大型软件系统的总体设想,但很粗糙,而且还没有(哪怕是部分的)实现,很难证明该设想是现实的、可行的、先进的.

5. 介绍一个现有的软件开发方法,或一个现有软件产品的结构(非作者本人开发,往往是引进的,或公司产品),甚至某一软件的使用方法.本刊不登载高级科普文章,不支持在论文中引进广告色彩.

6. 提出对软件开发或软件产业的某种观点,泛泛而论,技术含量少.本刊目前暂不开办软件论坛,只发表学术文章,但也欢迎材料丰富,反映现代软件理论或技术发展,并含有作者精辟见解的某一领域的综述文章.

7. 介绍作者做的把软件技术应用于某个领域的工作,但其中软件技术含量太少,甚至微不足道,大部分内容是其他专业领域的技术细节,这类文章宜改投其他专业刊物.

8. 其主要内容已经在其他正式学术刊物上或在正式出版物中发表过的文章,一稿多投的文章,经退稿后未作本质修改换名重投的文章.

本刊热情欢迎国内外科技界对《软件学报》踊跃投稿.为了和大家一起办好本刊,特提出以上各点敬告作者.并且欢迎广大作者和读者对本刊的各个方面,尤其是对论文的质量多多提出批评建议.