

基于模板和小图片的拼图方法探究

胡 轶¹⁾ 胡青阳¹⁾ 於文雪²⁾

¹⁾(东南大学生物科学与医学工程学院,南京 210009) ²⁾(东南大学影像科学与技术实验室,南京 210018)

摘 要 用具有特殊象征意义或丰富内涵的小图片拼接成与模板图像逼近的大图片,在广告制作、艺术设计、文化宣传等方面有着广泛的应用价值。为实现这一目的,提供了一套半自动拼图的方法,其中包括小图片到模板图的匹配优化模型、对匹配欠佳图片的 HIS 空间变换修正模型以及一系列改善视觉效果和优化处理技巧。对 2008 年北京奥运会的若干标志图形的实验证明,这套方法可以较好地实现拼图效果,可为广告设计、文艺宣传等提供别具一格的素材。

关键词 拼图 图像匹配 HIS 空间

中图法分类号: TP911.74 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)11-2316-06

Research on the Generation of the Mosaic Picture Based on the Model Image and Small Photographs

HU Yi¹⁾, HU Qing-yang¹⁾, YU Wen-xue²⁾

¹⁾(School of Biological Science and Medical Engineering, Southeast University, Nanjing 210009)

²⁾(Laboratory of Image Science and Technology, Southeast University, Nanjing 210018)

Abstract Mosaic pictures, stitched up from many small photographs with some special symbols or rich meanings, have already been broadly applied in advertisement, artistic designs and drumbeating. This paper presents a series of semiautomatic methods to generate this kind of pictures. This method includes a matching model, which can arrange small photographs into a mosaic with an optimization algorithm, a model modifying some less matchable photographs in the HIS color space and a series of artifices to improve the visual effect. It can be concluded from the experiments on several symbols of the 2008 Beijing olympic that the series of semiautomatic methods can make mosaic pictures well and provide the materials of a unique style, for advertisement and flacks.

Keywords mosaic, image matching, HIS color space

1 引言

2004 年美伊战争期间,一张由数百个在伊拉克战争中阵亡的美军将士照片拼成的布什总统头像在全球范围内引起了极大的反响。在这张远看是布什总统头像近看却是数百个阵亡将士照片的拼图中,其视觉效果来自于各个阵亡将士小照片与布什总统大照片子区域在颜色上的相似性。在这类问题中,

因所涉及的小图片多达数百张,单凭人眼的观察要实现小图片与待拼模板的最优匹配是困难的。为此,本文探讨了一套自动实现这类拼图的方法,并将其集成搭建了一个软件。系统主要包括拼图用的数据源(模板图和小图片库)和寻求最优匹配的方法。目前主要实现了奥运题材的拼图,小图片库由花类图片组成。

收稿日期:2008-04-17;改回日期:2008-09-23

第一作者简介:胡 轶(1987 ~),男,浙江大学生物医学工程硕士研究生。主要研究方向为嵌入式系统设计。E-mail:huyi_2005@yahoo.cn

2 拼图方法

2.1 图片匹配优化模型

模板图片通常很大,可以容纳成千上万张小图片。将待拼模板图划分成 $m \times n$ 个子块,每个子块正好用一张小图片覆盖,因此需要 $m \times n$ 幅小图片去拼。小图片库一般很大,如库中小图片数目大于 $m \times n$,拼图中可不允许小图片有重复。从数学上看,这是一个优化问题,目标是从小图片库中为模板图片的每一个子块选择与其最匹配的小图片。因此,该问题需要一个目标函数 D 来衡量模板小图片和小图片库中图片的匹配程度。

对于一般的彩色图片,由于小图片较小,可以认为影响二者匹配程度的主要因素是颜色上的相似性。这里采用图片 RGB 三通道分量的强度来衡量。由于 RGB 三通道的地位相等,可以建立 D_R, D_G, D_B 3 个子目标函数来衡量两幅图片每个分量的匹配程度,再建立目标函数 D 来综合这 3 个分量,这里采用式(1)来衡量:

$$D = D_R^2 + D_G^2 + D_B^2 \quad (1)$$

对于每个子目标函数的衡量,可以采用多种方式,比如仅考虑对于在该通道上整个图片像素的平均强度。但如果仅考虑平均强度,会造成这个通道的强度在整个图片上的分布与模板图片的分布差异较大(在后面的实验结果中会看到这样匹配的效果非常差)。这里采用将图片进一步细分为小块,综合各个小块在该通道上的强度信息来衡量匹配效果。

以将小图片分为 4 块为例(如图 1 所示),设每块在通道 i 上的平均强度为 $k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}, k_{4i}$,重新组合后得到下面 4 个新特征信息:

$$x_{1i} = k_{1i} + k_{2i} + k_{3i} + k_{4i} \quad (2)$$

衡量图片在通道 i 上的平均强度;

$$x_{2i} = k_{1i} + k_{2i} - k_{3i} - k_{4i} \quad (3)$$

衡量图片在通道 i 上上下下部分的强度差;

$$x_{3i} = k_{1i} - k_{2i} + k_{3i} - k_{4i} \quad (4)$$

衡量图片在通道 i 上左右部分的强度差;

$$x_{4i} = k_{1i} - k_{2i} - k_{3i} + k_{4i} \quad (5)$$

衡量图片在通道 i 上对角线方向的强度差;

然后采用线性加权的欧氏距离来综合各个小块的匹配效果,子目标函数用下式衡量:

$$\min D_i = \sqrt{\sum_{j=1}^4 a_j \times (x_{ji} - \bar{x}_{ji})^2} \quad (6)$$

式中, a_1, a_2, a_3, a_4 代表相应特征信息的权值, $\bar{x}_{1i}, \bar{x}_{2i}, \bar{x}_{3i}, \bar{x}_{4i}$ 表示图片库中小图片在通道 i 上相应的特征信息。

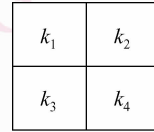


图 1 小图片分块示意图

Fig. 1 Partition of a small picture

同时,对于这个优化问题,需要加上另一个约束条件。这个约束条件是考虑到小图片的重复问题。由于分块后的模板图有可能在某个区域内出现很多图像特征相同的小块,可是基于式(1)对同一子块求得的最佳匹配图片仅有一幅,这样就会在这个区域内全由这一幅图片去填充替代(在后面的实验结果证明整体视觉效果很差)。同时,如果规定完全不允许重复,就会导致先匹配的部分效果很好,而后匹配的部分效果较差。

综合考虑上面两种因素,采取了一个折中的方案,即有限制性地重复。该方案是,对图片库中小图片的选取加一个约束条件:以该小图片的中心为圆心做圆,相同的小图片不能出现在圆内(如图 2 所示),即要求相同的小图片间的距离大于阈值 d ,即

$$|\bar{p} - \bar{p}_n| > d \quad (7)$$

式中, \bar{p} 表示小图片的坐标, \bar{p}_n 表示与该小图片相邻最近的相同小图片的坐标, $|\bar{p} - \bar{p}_n|$ 表示两幅图片之间的距离, d 为阈值。

这样,图片匹配的优化模型如下:

$$\text{object: } \min D = D_R^2 + D_G^2 + D_B^2 \quad (8)$$

$$\text{s. t. } |\bar{p} - \bar{p}_n| > d \quad (9)$$

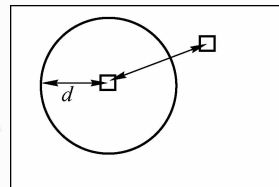


图 2 限制性重复示意图

Fig. 2 Restrictive repeat of a small pictures

2.2 小图片修正模型

如果利用上面图片匹配方法得到的最佳小图片仍与模板子块有较大差距,说明确实没有与模板子块十分接近的图片,为了不影响整体的效果,这里采取图片修正的方法对小图片进行适当的处理使二者的匹配程度提高。

由前面的分析可以知道,影响图片匹配的主要因素是图片颜色上的相似性,但是直接对图片的颜色信息进行修正会造成图片的失真严重。所以选择影响图片匹配的次要因素亮度来对匹配欠佳的小图片进行修正。

上面的匹配方法是基于 RGB 颜色空间做的,RGB 颜色空间的各个分量之间存在着相关性,即对于大多数像素来说,如果 R 通道值很大,那么它的 GB 通道值往往也很大。这意味着如果想一致地改变一个颜色外观的话,也必然改变所有的颜色通道,使颜色的更改过程变得复杂^[1]。

因此,这里采用更符合视觉的 HIS 模型(H 表示色调,I 表示亮度,S 表示饱和度),其中 H 和 S 包含重要的彩色信息^[2]。在对匹配效果不佳的图片进行修正时,只在亮度分量 I 上进行修正,并保持色彩信息分量 H 和 S 不变。这样既对小图片进行了一定的调整,达到更好的视觉效果,又减小了小图片的失真。参照文献[3]的变换算法并对其进行改进,将小图片和模板图片变换到 HIS 域,然后利用式(10)进行修正:

$$I'_j = I_j \times \frac{\bar{I}_M}{\bar{I}_X} \quad (10)$$

式中, I_j 表示第 j 个像素的原始亮度分量; I'_j 表示第 j 个像素修正后的亮度分量; \bar{I}_M 表示模板子块各个像素的亮度分量平均值; \bar{I}_X 表示小图片各个像素的亮度分量平均值。

2.3 拼图模式

每张模板图都有自己的特点,如果对所有的图片采用同一种拼图方法往往不太合理,应该为不同类型的图片选用不同的拼图模式,恰当地为每张图片选择最佳的拼图方法。拼图模式有许多种,在此仅对模板图片的背景问题进行探讨。

模板图片的背景对拼图的效果有很大的影响。奥运五环图片(图 3(a))是背景为纯色的图片,它的背景是全白的。当用前面的方法用花类小图片去

拼时,背景部分始终由颜色较浅的花代替,但是从远处看就是灰灰的一片(图 3(b))。而真正的拼图目标是前景——五环标志,对白色的背景拼图反而影响了整个拼图的质量,所以对于这类背景为纯色的模板图片,应只对前景进行拼图而背景仍予保留。

对背景不为纯色,较为复杂的模板图片,行之有效的拼图方法是将图片的前景和背景区分开,在拼图时使前景的优先级高于背景。

同时在图片匹配模型中,采用贪婪法寻找局部最优解,为每个模板子块寻找最佳匹配的小图片,而有关重复问题的限制条件的加入使得先匹配子块的优先级要高于后匹配子块。

所以,对于前景和背景优先级的问题,较好的解决办法是先对前景拼图再对背景拼图。可是用算法来区分前景和背景是比较繁琐的^[4]。在这里采用手工确定中心点并围绕中心点圆周拼图的办法来解决这个问题。首先在模板图片中人为地确定某一点为感兴趣中心,显然这一点应为前景的中心;然后围绕这个中心圆周(先中间后边缘)对其他图片进行匹配。这样前景部分的优先级就体现出来了。



(a) 奥运五环



(b) 未采用背景为纯色模式的五环标志

图 3 奥运五环原图和未采用拼图模式的五环拼图

Fig. 3 Original picture of the olympic rings and the mosaic picture without the image stitching mode

3 实验与分析

3.1 实验步骤

3.1.1 小图片预处理

在拼图源数据中,模板图是基准图,其大小应保持在拼图前后不发生变化,因此为适应模板图的尺寸,往往需要对小图片进行裁剪;同时,模板图片细节信息也往往需要用较小的小图片拼接才能达到更好的逼近效果。因此,涉及对小图片的预处理,其中主要的操作是小图片的缩小。为了减少小图片缩小过程中的失真,先对图像进行滤波将其高频分量滤除,然后再用线性插值的方法进行处理。同时考虑到小图片的尺寸已经很小且对其图片质量要求不是很高,故用加平均窗的方法进行处理^[5]。

3.1.2 选择拼图模式

对模板图片进行分析,选择合适的拼图模式。

3.1.3 选择最佳匹配图片拼图

根据建立的图片匹配优化模型为每个模板子块选择最佳匹配小图片。

3.1.4 小图片修正

根据小图片修正模型为尚未达到匹配要求的图片进行修正。

3.1.5 小图片连接处柔和化

由于小图片与小图片之间的亮度常不能完全吻合,拼接处亮度的差别会造成明显的边界效应。这相当于为拼图引入了一个很强的高频分量,对拼图的效果产生一定的影响。

这里采用混色的方法来处理。以小图片的连接线为中心,向两侧取一个邻域,在这个邻域内让连接处两侧的颜色相混,降低高频分量,使两侧的亮度过渡平稳,从而弱化亮度差。

3.2 实验结果与讨论

3.2.1 解决小图片重复算法的有效性

由图 4 解决小图片重复算法的有效性可以看出,图 4(b)完全允许重复,它的匹配效果很好,但是大量的图片重复整体效果不太好;图 4(c)完全不允许重复,它的中间匹配效果不错,但是四周的效果不太好,造成这种现象的原因是同类型的小图片个数是有限的;图 4(d)采用限制性重复,它的效果与前两幅比起来有较大提高,验证了该算法的有效性。



图 4 解决小图片重复算法的有效性

Fig. 4 Effectiveness of the algorithm to solve the repeat of the small pictures

3.2.2 拼图顺序算法的有效性

为了说明拼图顺序算法的有效性,在图 5 的两幅图片的拼图过程中均不允许小图片的重复。图 5(a)的拼图顺序是以右下角为起始点,从下向上从右向左顺序拼图,效果显然是下方的效果较好,而图片的前景在左上角,可以看出其前景拼图效果不是很好。而图 5(b)采用的是围绕中心点圆周拼图,把中心点设为左上角前景的中心。观察红色会徽图形内的白色部分,图 5(b)中的前景匹配效果明显比图 5(a)好,验证了该算法的有效性。

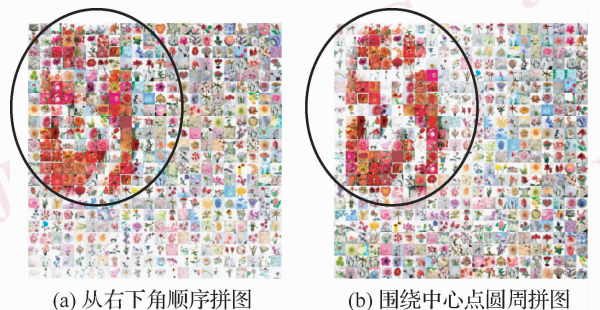


图 5 不同拼图顺序对比

Fig. 5 Comparison of different image stitching order

3.2.3 图片匹配算法的有效性

图 6(a)仅根据平均亮度进行匹配,图 6(b)采用小图片匹配模型去进行匹配。显然图 6(a)的匹

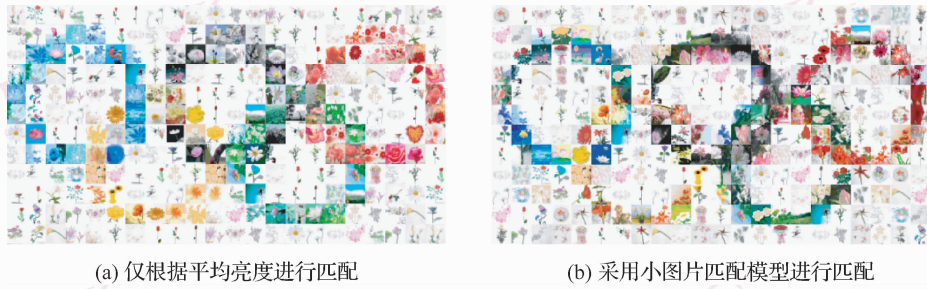


图 6 图片匹配算法的有效性

Fig. 6 Effectiveness of the matching algorithm

配效果与图 6(b) 相比差很多,验证了该算法的有效性。

3.2.4 小图片修正模型和边界效应柔和化算法的有效性

为了说明小图片修正模型是有效的,图 7 将采用修正模型和未采用修正模型的图片进行对比。图 7(a) 是未经过修正的图片,图 7(b) 是对小图片修正后的图片。通过图 7(a) 和图 7(b) 可以很直观地

看出,对小图片修正后的大图片比未经过修正的图片更接近于模板图片,在整体效果上有所提高。

图 8 通过对图片的细节放大说明了边界效应柔和化算法的有效性。图 8(a) 为经过处理的细节放大,图 8(b) 为未经过处理的细节放大。图 8(a) 和图 8(b) 对比发现图片连接处的亮度差得到了弱化,图片的边界效应被明显地消除了,图片看起来更加柔和自然。

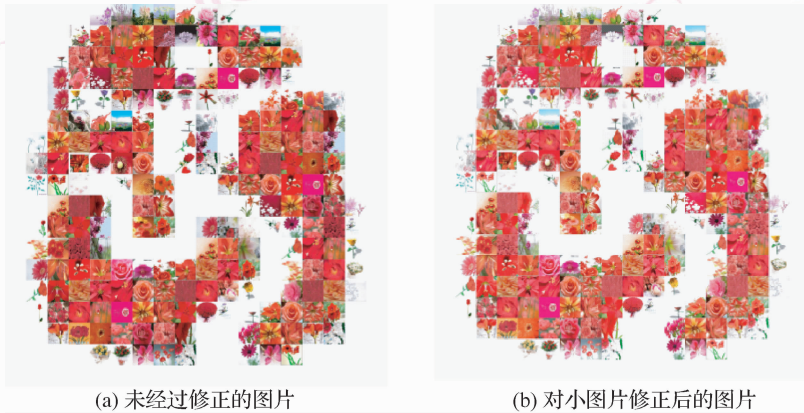


图 7 小图片修正模型的有效性

Fig. 7 Effectiveness of the modifying model for small pictures



(a) 采用边界效应柔和化算法的拼图细节放大

(b) 未采用边界效应柔和化算法的细节放大

图 8 边界效应柔和化算法的有效性

Fig. 8 Effectiveness of the algorithm to soften the border effect of the small pictures

图 9 同时采用了小图片修正模型和边界效应柔和化算法,与图 7(a)对比可以看出这两种算法在改善图片的视觉效果上是十分有效的。



图 9 小图片修正算法和边界柔和化算法均使用
Fig. 9 Mosaic picture using the modifying model
and the algorithm to solve the border effect

3.2.5 采用拼图模式算法的有效性

在算法上,图 10 与图 6(b)相比仅增加了背景为纯色的拼图模式算法,但是在视觉效果上图 10 比图 6(b)有了较大的提高,可见采用拼图模式对改善拼图效果有很大帮助。



图 10 采用背景为纯色的拼图模式算法
Fig. 10 Mosaic picture in stitching mode
of pure background

以上各幅拼图,是在小图片库拥有 3 623 幅花类小图片,并且各种颜色图片均匀的条件下拼得的。

4 结 论

对于这种新颖的拼图模式,探讨了一套半自动拼图方法,实现了 2008 年北京奥运会的若干标志图形,通过这一实验,证明该方法能很好地实现拼图效果。在这套算法的基础上可以搭建一个软件,以迅速地产生这类图片,便捷地为广告设计、文艺宣传等提供别具一格的素材。

参考文献 (References)

- 1 Li Jian-ming, Ye Fei, Yu Shou-qiu, *et al.* A fast algorithm of transferring color to greyscale images [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2007, **12**(3): 536-540. [李建明,叶飞,于守秋等.一种快速灰度图像彩色化算法[J]. *中国图象图形学报*, 2007, **12**(3): 536-540.]
- 2 Wang Ping, Cheng Hao, Luo Ying-xin. Color image enhancement based on hue invariability [J]. *Journal of Image and Graphics*, 2007, **12**(7): 1173-1177. [王萍,程号,罗颖昕.基于色调不变的彩色图像增强[J]. *中国图象图形学报*, 2007, **12**(7): 1173-1177.]
- 3 Yang Zhao-xia, Lu Feng. A Transform between RGB and HLS in image processing [J]. *Modern Computer*, 1998, **151**(7): 37-39. [杨朝霞,隼峰.图像处理中的 RGB 与 HLS 之间的转换[J]. *现代计算机*, 1998, **151**(7): 37-39.]
- 4 Wang Yun-li. Research on An Image Segmentation Method Based on Class-specific Fragment Belonging to the Top-down Processes [D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2005. [王云丽.基于对象基元的 Top-down 图像对象分割方法的研究[D].长沙:国防科学技术大学硕士学位论文,2005.]
- 5 Shi Zhi, Zheng Jian-guo. M-scale function and its application to image zooming [J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(8): 1548-1551. [石智,郑建国. M 尺度函数及其在图像缩放处理中的应用[J]. *光子学报*, 2007, **36**(8): 1548-1551.]