

中图分类号: TP391.7 文献标志码: A 文章编号: 1006-8961(2011)08-1516-10

论文索引信息: 朱薇, 刘利刚. 图像适应算法中非冗余显著图的计算 [J]. 中国图象图形学报, 2011, 16(8): 1516-1525

图像适应算法中非冗余显著图的计算

朱薇^{1),2)}, 刘利刚^{1),2)}

¹⁾(浙江大学数学系计算机图像图形研究所, 杭州 310027) ²⁾(浙江大学CAD&CG国家重点实验室, 杭州 310027)

摘要: 近些年为了将大尺寸数字图像的内容自适应地显示在手机、PDA(掌上电脑)等屏幕较小的显示终端上以得到更好的显示效果, 图像适应得到了很大的关注。现有的大量方法使用了不同的重要度映射来得到最优的图像缩放结果。图像适应算法就是为了去除图像中的不重要信息, 为此提出在图像适应方法中使用非冗余显著图的计算来分析不重要信息的位置。首先, 引入了图像分解, 提出图像高梯度区域的冗余信息。然后, 提出纹理梯度的概念, 并进一步针对细节信息建立了纹理冗余度分析机制。纹理梯度非常适合卡通图像分析, 从而将现有图像适应方法推广到非真实图像。大量实验结果显示, 本文方法并不受图像适应算子的影响, 该方法对具有复杂背景和包含多目标物体等的图像适应问题都比较鲁棒。

关键词: 图像适应; 显著度检测; 纹理分析; 卡通图像适应

Non-redundancy saliency map for image retargeting

Zhu Wei^{1),2)}, Liu Ligang^{1),2)}

¹⁾(Institute of Computer Graphic and Image Processing Department of Mathematics, Zhejiang University, Hangzhou 310027 China)

²⁾(State Key Lab of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027 China)

Abstract: In the past several years, for displaying high resolution images on a limited screen, image retargeting has obtained more attention in the academic and industrial communities. Plenty of previous work used different importance maps to acquire optimal image resizing results. In order to realize the objective, which is to dispose the valueless information, of retargeting, we employ an image information redundancy analysis to guide the resizing process. First, we introduce an image decomposition framework to separate the high gradient redundant regions. Thereafter, we introduce a texture gradient to analyze the texture redundancy. Lastly, we show that the proposed texture gradient is also suitable not only for cartoon image analysis, but also for applying existing retargeting process to deal with non-photo realistic photos. Experimental results show that insensitively to the retargeting framework, our method is quite robust of the images with complex scenes or of multiple objects.

Keywords: image retargeting; saliency map; texture analysis; cartoon image retargeting

收稿日期: 2010-08-23; 修回日期: 2010-12-01

基金项目: 国家自然科学基金委员会与微软亚洲研究院联合资助项目(60776799); 国家重点基础研究发展计划(973)基金项目(2009CB320801)。

第一作者简介: 朱薇(1985—), 女。2010年浙江大学在读应用数学专业博士研究生, 主要研究方向为数字图像处理、计算机图形学。E-mail: weizhu.zju@gmail.com。

通讯作者: 刘利刚, E-mail: ligangliu@zju.edu.cn。

0 引言

随着移动电子设备的蓬勃发展,图像适应算法着眼于利用电子设备有限的屏幕展示更多的内容,得到了越来越多的重视。近些年来这个方向的研究工作大量涌现,使用的适应算子主要分为图像变形和图像剪切两种,这两种算子主要通过检测图像内容,使得在图像缩放的同时图像重要内容得以保持。

Avidan 和 Shamir^[1]在2007年提出了 Seam Carving 的图像适应方法(以下简称裁剪技术)。此文使用图像梯度作为图像重要度的度量,通过动态规划检测出重要度较低的八邻域连接路径的缝隙,通过裁剪掉重要度不高的缝隙,来达到保内容的图像适应的目的。梯度可以很好地反映图像中区域信息的丰富程度,可以在一定程度上体现像素的重要度,但是仅仅使用梯度信息,会产生高梯度的纹理区域被保护因梯度较低,而人们感知上更加重要的区域被过度裁剪的问题。

最优化图像变形(optimized scale-and-stretch)的图像适应技术(以下简称变形技术)由 Wang 等人^[2]于2008年提出。文中将图像分割为四边形网格,并将这些网格缩放到目标大小,再通过纹理映射的方法得到最终结果。Wang 等人^[2]使用图像梯度和显著图^[3]来共同决定这些四边形网格的重要度,然后根据网格每个四边形的重要度来引导变形,重要度高的尽量只做刚性变换,保持原本形状,相反,重要度较低的允许多一些形变。显著图可以使得一部分图像的重要度检测更加准确,可并没有解决冗余信息对于重要度判断的影响。

现有的显著特征图(以下简称显著图)计算方法主要有:Itti 等人^[3]1998年第1次量化了显著图这一概念,使用颜色、亮度、方向等信息统计出最显著的区域;2007年 Harel 等人^[4]提出的 GBVS 模型引入马尔可夫链成功地将显著物体凸显出来,得到的显著区域更加集中精确;加入了自顶向下信息的机器学习方法 PWHL^[5]则更为精确地定位了人类的视觉关注点,超大数据库的训练使得其适用性较之前的方法也大幅提高,然而,复杂的模型本身使得其检测时间消耗过大;基于统计学理论的 SR 模型^[6]从传统的生物学理论出发,检测时间上有很大的优越性,然而其适用范围却不够广;从最大保留图像语

意而非查找显著物体的角度重新审视这一问题,2010年 Goferman 等人^[7]提出的 CASD 模型改变了所使用颜色的重复度,定义了新的能量项,通过结合前人工作得到了较好的结果。

近年来图像适应方法大量涌现, Rubinstein 等人^[8]将文献^[1]的图像适应方法推广到视频中,之后又提出了多算子的图像适应方法^[9],将多种算法结合在一起得到了更好的结果。Dong 等人^[10]在继续研究多算子方法的基础上,提出了更好的图像差异度量。Zhang 等人^[11]在四边形网格的重要局部和图像边界处定义了控制柄(Handles),能够在允许重要局部进行相似变换的同时保持图像边界,通过全新的二次扭曲能量来度量控制柄的形状扭曲量并得到了很好的结果。但是这些方法都较少从信息的角度来考虑显著图的计算。

Cho 等人^[12]在2009年提出了重要度扩散的方法,主要针对的是使用线裁剪法^[1]图像梯度不均而造成一些区域连续被裁剪所产生的明显扭曲的问题。在算法进行过程中将裁剪掉的能量扩散在裁剪缝隙的一定邻域中,使得被裁剪的缝隙能够在图像变形空间中分布更加平均。可是这种方法并没有改变重要度的获取方式,不能真正解决梯度不均匀对图像适应算法带来的问题。

提出非冗余显著图的概念和计算方法,并讨论了其在保语意图像适应算法中的应用。该方法首先使用了图像分解有效地分离出图像的梯度冗余区域,可以去除冗余区域中的高梯度值对图像适应过程的干扰,从而更合理地保护图像中的重要物体。在此基础上,更进一步针对上一步中得到的图像细节信息,利用 Gabor 小波变换来分析纹理显著度,有效地区分了不同纹理各自的冗余特性,可以针对非冗余区域有针对性地进行保护,可以避免图像适应算子对传统图像显著图的依赖。进一步,我们观察到卡通图像,包括素描、漫画等,其主要是通过不同的线条、纹理来传递图像的信息。卡通图像的梯度信息并不能用来反映图像信息的重要程度,使得传统图像显著图不能有效处理这些图像。本文提出的纹理分析机制则能较为准确地检测到卡通图像中的重要区域,推导出卡通图像的图像适应问题。

本文方法有3个优势:1)通过冗余度分析可以更加有效地处理有着复杂背景和多个重要区域的图像;2)提出了纹理梯度的概念,能够更好地分析图像的纹理信息,得到更加准确的冗余区域;3)使用

图像的纹理梯度可以更有效地分析卡通图像的显著度,从而将现有的图像适应方法推广到卡通图像中去。

1 冗余度分析

图像适应算法是为了保护图像中的重要区域而将其他冗余的信息压缩或者裁剪来进行图像缩放过程中信息最大化的过程,这就需要对信息的冗余程度进行分析。我们认为信息的冗余程度应该由两个方面来判断:1)冗余的信息应该具有可复制性,就是图像中除去该信息区域,应该还具有和该信息区域相同或相似信息的另一区域。如果信息可以被图像中越多的区域所复制,那么该信息的冗余程度就会越高。2)重要信息必定是图像信息中不可缺少的一部分,它定义了图像的内容、布局、色调等重要信息。重要信息是一个整体,构成了图像的一个组成部分,这些整体的集合一起组成了图像。重要信息越多的区域,其冗余程度越低。但在一定程度上,每一个信息区域都拥有重要信息,且这些整体的内部也存在一定量的可复制性冗余信息,这就可以作为图像信息压缩的基础。这里我们得到一个结论:



图 1 原有适应算法的局限和改进

Fig. 1 The limitations and improvements of image retargeting algorithm

冗余度分析分为两个部分,首先,需要处理高纹理区域对重要度计算的影响。这里为了从图像中分离出纹理信息,使用了图像分解算法(以下简称分解算法),从分离出的纹理层找到纹理区域,进一步得到梯度冗余度。其次,因为图像分解出的纹理层会带有一些重要的边界信息,需要对分离出的纹理信息进行进一步的冗余度分析。本文采用纹理特征分析的方法对纹理层进行划分,防止边界信息被划进冗余区域,得到了纹理冗余度。将结构层的梯度冗余度信息和纹理层的纹理冗余度信息合并在一起

重要信息与冗余信息并存。

只使用梯度来定义信息的冗余程度,在高低梯度区域之间就会产生高梯度区域的冗余信息不能得到压缩,相反,低梯度区域的重要信息却被无限地压缩,甚至完全裁剪,如图 1(b)是原图(a)采用梯度图通过裁剪技术^[1]得到的结果,可以看到由于天空的梯度大大低于海滩部分,结果就基本被裁剪掉了。传统的显著图更偏重的是重要物体的提取,没有分析信息的冗余程度。如果只保护感兴趣区域(ROI),还是会造成 ROI 区域与其他区域不对等的图像缩放。这些 ROI 区域内的冗余度没有得到提取,就不能针对冗余信息进行图像压缩,相反,非 ROI 区域的一些重要信息就会在挤压中得不到适当的保护而被丢弃,如图 1(e)是(d)采用显著度图和梯度图的合并通过变形技术^[2]得到的结果,由于房屋的显著度非常高,在变形的时候保持刚性变换,使得房屋虽然基本没变,可森林部分却被挤压过大。如果针对冗余度进行分析,提取整张图像的冗余信息,降低这些冗余信息的重要度,那么相对地,非冗余区域的重要度就被提高了,如图 1(c)(f)是采用本文定义的非冗余显著图,再分别使用裁剪技术^[1]和变形技术^[2]得到的结果。

就能够得到更加鲁棒的冗余度分析结果。

2 冗余度分析的计算方法

冗余度的计算包括梯度冗余度和纹理冗余度,计算流程图见图 2。首先,从原图 I 出发使用图像分解算法得到图像纹理层 T ,见图 2(b)。对 T 进行高斯滤波得到梯度冗余度 R_G ,见图(c)。在 T 中成功地提取到草地和树木的纹理信息,这些区域的梯度冗余度大,相反,天空和花朵纹理就稍微弱一

些,这些区域的梯度冗余度小,如果降低草地和树木的重要度,那么就不会使天空被过度压缩了。再进一步对图像的纹理层进行区分,从 T (图 2(b)) 出发使用纹理特征分析得出纹理梯度 G_T (图 2(d)),进

一步得到纹理冗余度 R_T (图 2(e))。在纹理梯度中纹理的重复度越大,亮度就较低,纹理重复度越小的区域,亮度就较高,对这些冗余度不同的纹理区域进行分别对待,可以更好地估计图像的冗余信息。

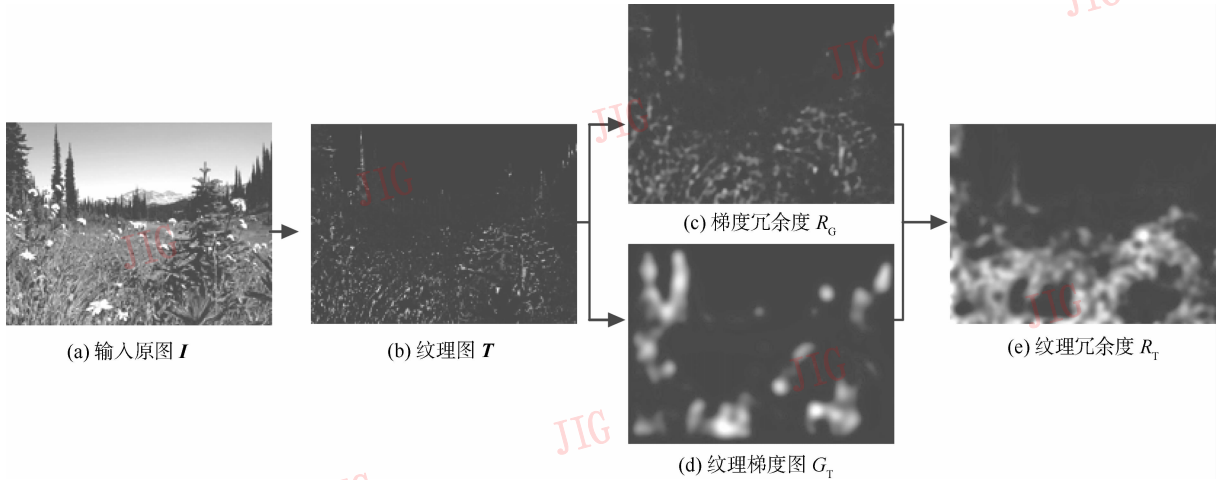


图 2 梯度和纹理冗余度的计算

Fig. 2 The computation of gradient and texture redundancy

2.1 梯度冗余度的计算方法

图像的梯度反映了图像像素值变化的程度,这种变化的大小反映了人们会对图像像素值的变化产生一定的感知。如果像素值的变化在不断地重复,反而会降低人们对变化的感知大小,那么这些重复的变化区域就会成为冗余信息。这一点在梯度图中并没有得到很好的体现。为了更好地分析图像的梯度冗余度,需要将纹理的梯度信息剔除出去,这里我们考虑使用保边界的图像分解方法,在保持主要边界的同时将大量的纹理提取出来,就可以给这些区域定义一个更高的冗余度。

图像分解算法被广泛地应用到图像处理的很多领域中,它对压缩、特征提取以及高动态范围图像压缩等应用都具有十分重要的意义。图像分解算法是将一张图像 I 在一定的意义下分解为若干层,一般是分为两层:结构层 S 和纹理层 T ,其中结构层则反映了图像的大致轮廓信息和明显边界,而纹理层则反映了图像中大量的纹理信息。

最基本的图像分解算法有中值滤波、高斯滤波、双边滤波^[13],带权二次最小滤波^[14]等,但是这些滤波都不能很好地在抹去那些高梯度纹理的同时保持住图像的边界。特别是滤波核的选择比较困难。如果滤波核大,那么很难保持滤波边界;如果滤波核小,又很难剔除纹理信息。

为了获得更加准确的图像纹理信息,采用 Subr 等人^[15]的图像分解算法。该算法可以在保持图像边界的基础上得到图像纹理信息。该文提出了纹理就是一种局部极大值和极小值之间的振荡,通过插值计算出原图 I 的极大(极小)包络曲面 E_{\max} (E_{\min}),即最小化这个能量

$$\sum_r \left(E(r) - \sum_{s \in N(r)} \omega_{rs} E(s) \right)^2$$

$$\omega_{rs} \propto \exp\left(-\frac{(I(r) - I(s))^2}{2\sigma_r^2} \right)$$

使得 $\forall p \in S_E, E(p) = I(p)$, S_E 是极大值(或极小值)的集合, N 指 r 的一个邻域。然后再计算极大极小值包络的均值得到原图像的结构层,即 $S(r) = \frac{E_{\max}(r) + E_{\min}(r)}{2}$ 。纹理区域具有非常跳跃的亮度,使得一般的算法并不能很好地平滑这些细节,得到很好的纹理提取。但是分解方法^[4]的结果在明显的边界都得到了很好的保持,纹理区域又得到了很好的平滑,这样我们就可以更加准确地分离出结构层和纹理层。

在得到结构层之后,纹理层是原图像和结构层之间的差 $T(r) = \text{abs}(I(r) - S(r))$,见图 2(b)。纹理层 T 是对原图纹理区域的一个估计,能够比较准确地估计纹理区域,这些区域就是梯度信息比较冗余的地方,需要特别地处理。为了得到梯度冗余

度的区域性估计,需要对纹理层 T 再进行一个很小范围的高斯滤波,这样就得到了梯度冗余度

$$R_G = \sum_{s \in N_k(r)} G_\sigma(r, s) * T(r) \quad (1)$$

式中 G_σ 是高斯滤波核, N_k 是滤波的窗口, k 是邻域的大小,一般取 $k = 3$, 见图 2(c)。为了更好地保持图像边界,以便更加准确地得到冗余的纹理区域,需要更加仔细地选择计算极值的窗口大小。本文在选择极值计算邻域 k (即纹理单位的大小) 的时候采取一种比原文增长更缓慢的方式。原文中建议 $k_{i+1} = k_i + 8$, 其中递增步长为定值 8。在本文中取 $k_1 = 1$, $k_{i+1} = k_i + 2$, 一般进行 3 次迭代就可以达到很好地去纹理效果。

2.2 纹理冗余度的计算方法

在梯度冗余度分析中,我们成功地提取出图像纹理区域的冗余信息,可是这些冗余信息并不具有相同的冗余程度,纹理的重复程度、变化程度都会影响这些区域的冗余程度,如果将这样冗余信息一并处理依然是不合适的。所以进一步针对纹理信息的特点,利用纹理信息的模式特征,进一步分析了纹理冗余度。

得到纹理层 T 之后,将像素 r 的局部窗口 $L_r(s), s \in N_k(r)$ 作为纹理图像来计算模式特征向量 \bar{f}_r , 一般取 $k = 11$ 。两个纹理图像之间的特征向量越相近,它们的纹理就越相似,纹理梯度就越小。在像素 r 的一邻域 $k = 1$ 内定义该点的纹理梯度为

$$G_T(r) = \frac{1}{|N_k(r)|} \sum_{s \in N_k(r)} Df_r, \bar{f}_s \quad (2)$$

那么就可以得到纹理梯度图 G_T , 在梯度图之中可以发现重复性强的纹理区域的纹理梯度较小,但是其他的一些图像细节区域的纹理梯度较大。结合梯度

冗余度 R_G , 可以给出纹理冗余度

$$R_T(r) = R_G(r) \left(1 - \sum_{s \in N_k(r)} G_\sigma * G_T(r) \right) \quad (3)$$

式中 G_σ 为高斯滤波核, 见图 2(e)。

Manjunathi 和 Ma^[16] 提出基于 Gabor 小波域的统计特征的纹理检索算法, 该算法采用一种估计纹理统计信息的模式特征向量来区分不同类型的纹理, 对于很大类别范围的纹理都有一个很好的区分结果。给定一张图像 $I(x, y)$, 可以将其看成一种信号, 那么 I 就可以通过 Gabor 小波基进行表示, 它的 Gabor 小波变换为

$$W_{m,n}(u, v) = \int_{\Omega} I(x, y) g_{m,n}^*(u-x, v-y) dx dy$$

式中 $g_{m,n}$ 是 Gabor 小波的自相似滤波核。上标 * 是复共轭; 下标 m 和 n 分别指尺度和方向。请参见文献[15]的详细计算方法。这里定义像素点 r 的模式特征向量为 $N(r)$ 的多尺度、方向变换的模长的均值 $\mu_{m,n}$ 和标准差 $\sigma_{m,n}$, 实验中取 $m = 3, n = 4$, 那么模式特征向量为

$$\bar{f}_r = [\mu_{0,0}, \sigma_{0,0}, \mu_{0,1}, \dots, \mu_{2,3}, \sigma_{2,3}]$$

那么

$$D(\bar{f}_r, \bar{f}_s) = \sum_{m=0}^2 \sum_{n=0}^3 (|\mu_{m,n} - \mu_{s,m,n}| + |\sigma_{m,n} - \sigma_{s,m,n}|)$$

3 非冗余显著图的计算

3.1 冗余度分析的图像非冗余显著图

图 3 展示了本文的非冗余显著图 $I_R: \mathbf{R}^2 \rightarrow [0, 1]$ 的计算过程, 这个映射对图像中每一个像素点都定义了一个 $[0, 1]$ 之间的值, 越接近 1 表示越重要, 相反, 越接近 0 表示越不重要。

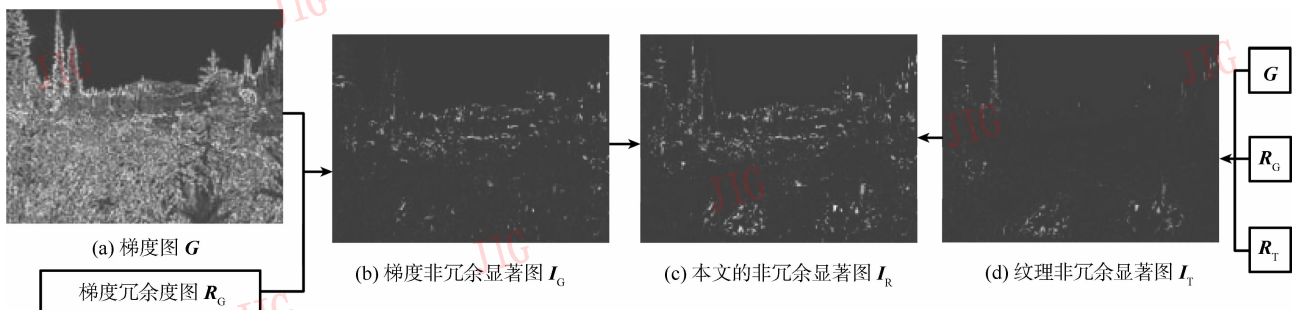


图 3 非冗余显著图的计算流程

Fig. 3 Flow chart of the non-redundancy saliency map

首先,使用梯度冗余度 R_G 去除梯度图中的冗余部分,得到梯度非冗余显著图 I_G ,我们可以看到(b)中的纹理部分已经被削弱了,但是,由于图像分解会将一部分细节信息提取出来,我们就需要在纹理层的基础上进一步提取出冗余的信息 R_T ,就可以得到纹理非冗余显著图 I_T 。最后,将两者结合起来,就得到了本文的非冗余显著图 I_R 。

这个映射分为两个部分:梯度非冗余显著图 $I_G: \mathbf{R}^2 \rightarrow [0,1]$ 和纹理非冗余显著图 $I_T: \mathbf{R}^2 \rightarrow [0,1]$ 。将这两个非冗余显著图结合起来,就得到了最终的非冗余显著图

$$I_R(r) = \alpha I_G(r) + \beta I_T(r) \quad (4)$$

式中 α, β 为权因子,用于控制纹理重要度,本文 $\alpha = 1.0, \beta = 0.7$ 。

这里梯度非冗余显著图的计算基于梯度冗余度分析。在上一节我们得到了梯度冗余度 R_G ,然后将其归一化到 $[0,1]$,越接近 1 表示该点信息越冗余,相反,越接近 0 表示越重要。那么给定原图像的梯度映射 G 和梯度冗余度 R_G ,梯度非冗余显著图 I_G 就为

$$I_G(r) = G(r) * [1 - R_G(r)] \quad (5)$$

下一步的纹理非冗余显著图的计算则基于纹理冗余度分析,这里主要来计算梯度冗余区域的非冗余显著图。我们已经有了纹理冗余度 R_T ,那么类似梯度非冗余显著图的计算方式,也可以得到纹理重要度映像 I_T 的计算公式,即

$$I_T(r) = G(r) * R_G(r) * [1 - R_T(r)] \quad (6)$$

3.2 卡通图像的非冗余显著图

现有的图像适应算法中的重要度分析并不能很好地处理卡通图像,通过大量的观察,发现其本质原因是大部分卡通图像,包括线画图、漫画等,亮度非常不连续,甚至在 $0 \sim 1$ 之间跳跃。卡通图像用线条、图案的稀疏稠密来表达图像丰富内容,但是线条丰富的区域往往是信息冗余区域,如图 4(a) 中的背景,使得通过梯度图和显著图的计算并不能很好地得到这些图像的非冗余显著图,见图 4(b)(c)。

我们同时发现卡通图像与一般图像的纹理层具有相似特性,通过纹理梯度所估计出纹理非冗余显著图就是卡通图像的非冗余显著图,即

$$I_R(r) = G_T(r) \quad (7)$$

在冗余的纹理区域比较小,在重要边界比较大,更好地反映图像每个像素的重要程度,见图 4(d)。梯度

图(图 4(b)) 和显著图(图 4(c)) 都不能很好地体现每个像素的重要程度,图 4(b) 中背景的梯度值较大,而图 4(c) 只有部分重要物体被检测出来,类似地还有右边女孩的眼睛、左边女孩的头发。



图 4 卡通图像非冗余显著图的计算

Fig. 4 Non-redundancy saliency map computation of cartoon images

3.3 非冗余显著图的图像适应算法

图像适应算法需要区别对待图像中的像素,按照冗余程度进行合理的裁剪或者压缩,例如图 2 中的草地,图 4 中的背景。但是梯度图会反映草地和背景的剧烈亮度变化,这些区域的能量值就较高;相反,图 2 中的花朵,图 4 中的女孩就是因为纹理简单,梯度相对较低。这和期望恰恰相反。显著图的主要目的是检测重要物体,并不针对冗余情况进行分析。如使用文献[2]的方法,只保留显著图中值较高的梯度,那么其他部分信息作用就变小了。而本文的非冗余显著图能够从梯度和纹理这两个方面分析像素冗余度,并合理计算,在图像适应中得到了很好的结果。如图 5(a) 是图 2(a) 的显著图,可以看到算法准确地检测出红花的大概位置,与使用裁剪技术^[1]的结果图(b) 相比,虽然采用了梯度图和显著图的重要度映射^[2] 而在结果图(c) 中可以更好地保护这朵红花,但是我们发现采用非冗余显著图进而使用裁剪技术^[1] 的结果图(d) 不仅仅更好地保护了红花,最左边的黄花、背景的白花和远处的山峰也都得到更好的保护,这些重要内容被保存下来,相反,冗余的草地区域被裁剪的较图(b)(c) 更多。

我们进一步测试了卡通图像非冗余显著图在卡通图像适应问题中的应用。图 6(a)(b) 是



图 5 算法比较

Fig. 5 Algorithm comparison

使用裁剪技术^[1]的结果,其中(a)采用梯度图, (b)采用本文的非冗余显著图。可以看到因为衣服的梯度并没有背景的梯度大,如果只采用梯度重要度会使得衣服被更加严重地裁剪,而背景反而得到了保留,图 6(b)中两个女孩子都得到了很好的保护,但是由于裁剪技术^[1],结果中对于各种边界线的保持不够理想。图 6(c)(d)是使用变形技术^[2]的结果,其中(c)采用文献[2]的重要度映射,(d)采用本文的非冗余显著图,背景的重要度被降低到合理值,而主体都被赋予了较高值,得到了更多的保护,因为使用变形技术使边界线不会断掉。



图 6 卡通图像的非冗余显著图

Fig. 6 Non-redundancy saliency map of cartoon images

4 实验结果

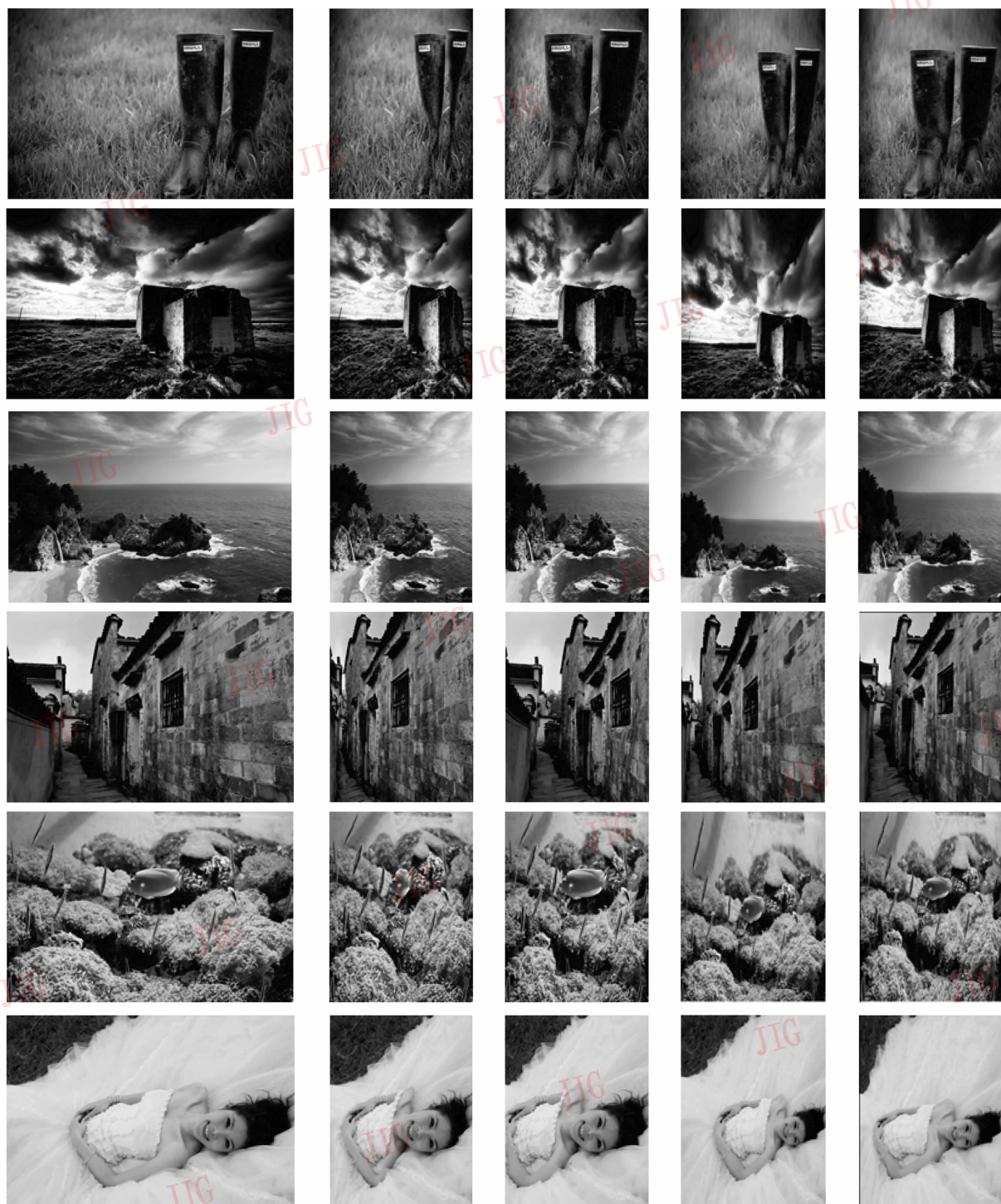
为了验证方法的有效性,进行了大量的实验,包括照片和卡通图像。大量的图像适应算法实验结果显示了本文方法可以满足在图像适应过程中去除冗余信息的要求,而保留最多的内容和重要物体,不论照片还是卡通图像、风景还是特写都有很好的结果,扩大了传统图像适应算法的适用范围。不论算子使用裁剪技术^[1]还是变形技术^[2],一般都能得到很好的结果,见图 7,其中(b)最后一张的结果加入了交互以保护人脸。

从实验结果可以看出使用裁剪技术^[1]和变形技术^[2]都可以得到比较满意的结果,但是前者对于冗余信息的压缩更加直观,更加显著,可以特别的突出重要物体,而后者对于图像的结构保持更加出色,对于结构型比较强的图片可以更多地保留原有的特征线,见图 7 第 2 组和第 3 组结果。根据这样的观察和卡通图像的特性,我们仅使用变形技术^[2]可以得到卡通图像较好的图像适应结果,如图 8 所示。

本文算法还进一步提出了纹理梯度的概念,纹理梯度对于场景比较复杂、多个重要物体需要保护的情况下重要区域的检测会更加鲁棒,本文算法不着眼于对物体重要度进行排序,而着重于对场景内的区域进行分析性保护,使得重要物体得到很好的保护。在图 9 中,(b)是(a)的显著图,(e)是本文提出的纹理梯度,我们看到虽然显著图得到重要物体的估计,例如老虎的大致位置,但是对于图像不同区域的区分度不够,而本文的非冗余显著图可以针对全图的不同区域进行分析,在每个区域进行显著度的估计,能够更好地提取冗余区域,更加有效地保护图像中重要信息。而在图 10 中,(b)图是使用(a)并进行交互(黄色笔刷)使用裁剪技术^[1]的结果,可

以看到整个脸部区域都得到了保护,但是由于过度的保护使得其他区域被过度扭曲。(d)也使用了显著图,但是都不能很合理是保护住脸部和旁边纹理

丰富的雕刻之间的比例和关系。在(c)(e)中,脸部和花朵都得到了适当的保留及较少的压缩,这些重要物体之间的比例保护的更好。



(a) 原图

(b) 文献[1]的结果

(c) 非冗余显著图用
裁剪技术[1]的结果

(d) 文献[2]的结果

(e) 非冗余显著图用
变形技术[2]的结果

图7 实验结果

Fig. 7 Experiment results

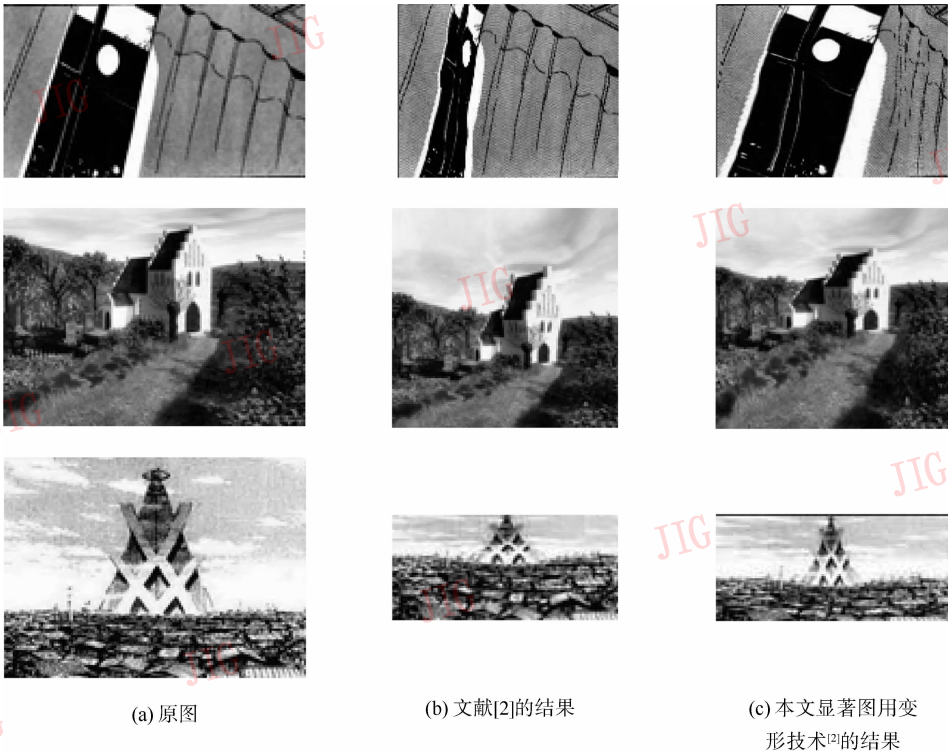


图8 卡通图像结果

Fig.8 Experiments of cartoon images

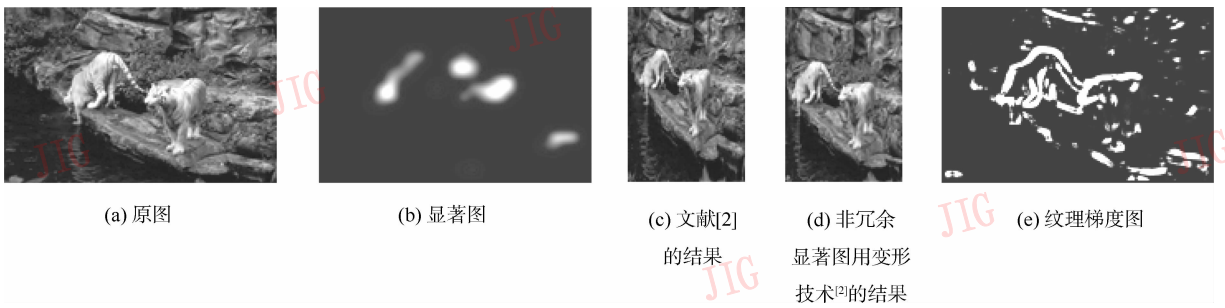


图9 纹理梯度

Fig.9 Texture gradient

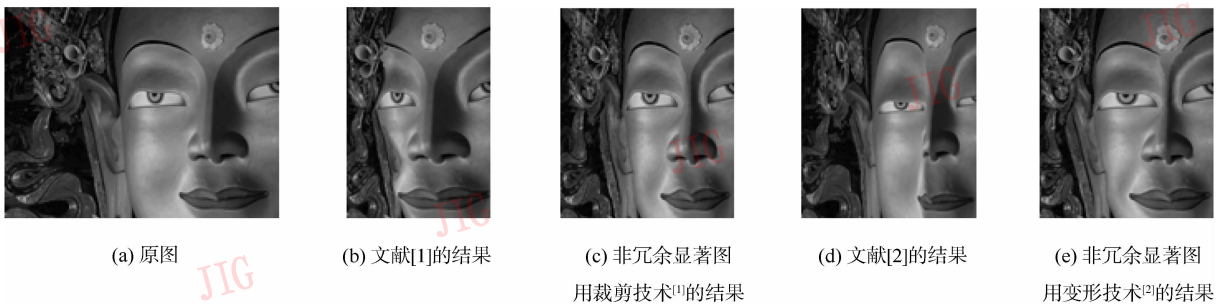


图10 算法比较

Fig.10 Algorithm comparison

5 结论

从图像冗余度分析角度出发,并不是直接估计图像的重要度映像,一步一步地对图像信息进行分析,计算出梯度冗余度和纹理冗余度。有了图像区域冗余度的分析,我们就进一步得到了梯度和纹理的非冗余显著图,通过合理的结合估计出一个更加合理的非冗余显著图,来指导图像适应算法的进行。在实验中,发现各种图像,包括照片和卡通图像,都能通过本文算法得到很好的结果。特别是场景非常复杂、多个重要物体需要保护的图像,本文算法更能胜任。而且本文算法能够对重要物体进行软保护,即在不影响重要信息的基础上去除冗余信息,为图像适应结果增加了自由度,使结果更加合理。

本文方法在求图像分解时需要求解至少一次规模为图像像素个数的大型稀疏矩阵,求解不能达到实时,但是这个分解可以作为预处理的一部分,只需要预先计算一次。本文也只给了两种最基本的适应技术的得失结果,下一步将在不同的算子或者多算子框架中测试本文的非冗余显著图结果。图像分解和求特征向量的这两个算法都是在灰度层上作分析,并没有很好地用到彩色信息,而彩色信息仍然可以作为冗余度一个很好的估计手段,下一步的工作重点就是如何将彩色信息纳入冗余度的分析范围之内。

参考文献 (References)

- [1] Avidan S, Shamir A. Seam carving for content-aware image resizing [J]. *ACM Transactions on Graphics*. 2007, 26(3): 1-10.
- [2] Wang Y S, Tai C L, Sorkine O, et al. Optimized scale-and-stretch for image resizing [J]. *ACM Transactions on Graphics*, 2008, 27(5): 1-8.
- [3] Itti L, Koch C, Niebur E. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1998, 20(11): 1254-1259.
- [4] Harel J, Koch C, Perona P. Graph-based visual saliency [J]. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 2007, 19: 545-552.
- [5] Judd T, Ehinger K, Durand F, et al. Learning to predict where humans look [C] // *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Vision (ICCV 2009)*. Kyoto, Japan: IEEE, 2009: 2106-2113.
- [6] Hou X, Zhang L. Saliency detection: A spectral residual approach [C] // *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR07)*. Minneapolis, Minnesota, USA: IEEE, 2007: 1-8.
- [7] Goferman S, Zelnik-Manor L, Tal A. Context-aware saliency detection [C] // *Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2010)*. San Francisco USA: IEEE, 2010: 1-8.
- [8] Rubinstein M, Shamir A, Avidan S. Improved seam carving for video retargeting [J]. *ACM Transactions on Graphics*, 2008, 27(3): 1-12.
- [9] Rubinstein M, Shamir A, Avidan S. Multi-operator media retargeting [J]. *ACM Transactions on Graphics*, 2009, 28(3): 1-11.
- [10] Dong W, Zhou N, Paul J C, et al. Optimized image resizing using seam carving and scaling [J]. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 2009, 28(5): 1-10.
- [11] Zhang G X, Cheng M M, Hu S M, et al. A shape-preserving approach to image resizing [J]. *Computer Graphics Forum*, 2009, 28(7): 1-10.
- [12] Cho S H, Choi H, Matsushita Y, et al. Image retargeting using importance diffusion [J]. *Proceedings of the 16th IEEE International Conference on Image Processing*. Cairo, Egypt: IEEE, 2009: 977-980.
- [13] Tomasi C, Manduchi R. Bilateral filtering for gray and color images [C] // *Proceedings of the Sixth International Conference on Computer Vision (ICCV 1998)*. Bombay, India: IEEE, 1998: 1-8.
- [14] Farbman Z, Fattal R, Lischinski D, et al. Edge-preserving decompositions for multi-scale tone and detail manipulation [J]. *ACM Transactions on Graphics*, 2008, 27(3): 1-10.
- [15] Subr K, Soler C, Durand F. Edge-preserving multiscale image decomposition based on local extrema [J]. *ACM Transactions on Graphics*, 2009, 28(5): 1-9.
- [16] Manjunath B S, Ma W Y. Texture features for browsing and retrieval of image data [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1996, 18(8): 837-842.