

基于颜色和空间距离的显著性区域固定阈值分割算法

钱 堃¹ 李 芳² 文益民²

(桂林电子科技大学计算机科学与工程学院 桂林 541004)¹

(桂林电子科技大学广西可信软件重点实验室 桂林 541004)²

摘 要 针对现有的基于空间域的显著性检测算法在分割显著性区域时需要依赖图像分割算法的不足,提出一种基于颜色和空间距离的显著性区域固定阈值分割算法。该算法首先对图像建立图像金字塔,并对每层的图像进行颜色量化和图像分块的预处理;然后利用颜色和空间距离计算得到显著性图;最后进行阈值分割,得到显著性区域。在 MSRA1000 公开数据集上的实验结果表明,该算法在精度、召回率和 F 测度方面的表现均优于现有的几种算法。因此,提出的算法在检测效果上优于现有的显著性区域检测算法,而且可以简单地分割出显著性区域。

关键词 显著性检测,颜色和空间距离,阈值分割

中图分类号 TP391.4 文献标识码 A DOI 10.11896/j.issn.1002-137X.2016.1.024

Color and Space Distance Based Salient Region Detection Using Fixed Threshold Segmentation

QIAN Kun¹ LI Fang² WEN Yi-min²

(College of Computer Science and Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)¹

(Guangxi Key Laboratory of Trusted Software, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)²

Abstract Against to the problem that the existing salient region detection algorithm based on spatial domain depends on image segmentation algorithm in segmentation of salient region, we proposed an algorithm based on color and space distance for detecting salient region using the fixed threshold segmentation algorithm. By this algorithm, spatial scales are created using dyadic Gaussian pyramids and the color is quantized and image is blocked at each scale. Then, the color and space distance of image patches are calculated in the each scale. Finally the salient region is segmented. Experimental results in the MSRA1000 public database show that the performance of the algorithm is better than others in precision, recall and F-measure. Therefore, the proposed algorithm is comparable to the state-of-art salient region detection algorithms and can segment the salient region simply.

Keywords Salient region detection, Color and space distance, Threshold segmentation

人类视觉遵循注意力选择机制,当人眼捕捉到一幅图像的瞬间会无意识地对一定的区域付诸更多的注意力,这些最能引起人们的兴趣且最能表现图像内容的区域就是显著性区域。如果能准确地分割出显著性区域,就可以更有效和快速地处理图像信息。目前,视觉显著性区域检测已经广泛应用于图像分割^[1]、目标识别^[2]和图像检索^[3]等领域。

研究人员通过对人类视觉特征的实验,如眼动实验(Eye Movement)^[4],归纳出若干视觉注意的共性因素,主要有对比度、尺寸、形状、颜色、运动、位置和观察者自身的素质等。根据人对图像的认知过程的共性,认知心理学家提出了许多基于视觉注意的视觉机制来模拟人的注意力转换过程。视觉注意机制分为两个阶段:自底向上的、快速的、无意识的、数据驱动的显著性提取;自顶向下的、慢速的、任务依赖的、目标驱动的显著性提取。

自底向上阶段的图像显著性区域检测方法主要分为两

种:基于空间域的方法与基于频域的方法。在基于空间域的方法中,Itti等^[5]根据 Koch 和 Ullman 的生物框架提出了基于视觉注意的显著性检测模型,该模型通过亮度、颜色和方向 3 个特征,用中心-周围差分算法对多尺度图像进行线性融合计算。Ma 和 Zhang^[6]在 LUV 颜色空间中通过计算像素与周围像素的颜色差异和来计算对比度,这种方法不仅可以反映颜色的对比,还能反映图像纹理强度。Achanta 等^[7]通过计算输入图像某区域与其周边区域的平均颜色向量差得到图像的显著性值。Zhu 等人^[8]将图像划分为前景区域和背景区域,对两个区域分别计算显著性值,最后融合生成显著图。对于基于频域的方法,一种比较经典的方法是 Hou 和 Zhang^[9]提出的剩余频谱方法,该方法在频谱域对幅度谱进行处理,得到剩余频谱,然后通过傅里叶变换计算显著区域。Guo 等^[10]通过相位谱计算显著区域。Achanta 等^[11]利用高斯差分滤波器先对图像进行预处理以除去高频噪声,然后通过包含颜色

到稿日期:2015-03-18 返修日期:2015-06-28 本文受国家自然科学基金(61363029),广西科学研究与技术开发项目(桂科攻 14124005-2-1),广西可信软件重点实验室(kx201313,kx201311)资助。

钱 堃(1991-),女,硕士生,主要研究方向为图像处理,E-mail:469196881@qq.com;李 芳(1974-),女,博士生,副教授,主要研究方向为图像处理;文益民(1969-),男,博士,教授,主要研究方向为机器学习、数据挖掘、推荐系统、智能旅游信息处理、在线教育。

和亮度的特征向量计算显著性。

在众多基于空间的显著性区域检测方法中,Cheng^[12]提出的一种直方图统计方法是基于全局对比度的方法,有利于将大范围的目标和周围环境分离开,并使显著性区域得以连续,但是对高纹理的图像场景的效果欠佳,而且显著性区域的提取依赖于 GrabCut 图像分割算法。Goferman 等^[13]提出了一种基于上下文的显著性检测方法,并重新定义了显著区域。在其定义中,显著性区域不仅只有显著目标,还包含具有语义信息的一部分背景区域。该方法结合了图像的全局特征和局部特征,在高纹理的图像场景中显著性区域的提取效果有所增强。但是其仍然只在轮廓附近产生较高的显著性,并且仍然需要依赖复杂的图像分割算法进行显著性区域分割,运行速度较慢。目前,显著性区域检测算法已经得到了很好的发展,但是要想简单而且有效地分割出显著性区域依然有一定的困难。现有的常用图像分割算法有阈值法、边缘检测法、区域法、聚类法和模糊方法等。其中区域法和模糊方法等复杂的图像分割方法的分割效果较好,但是算法难度大而且计算时间长,需要的存储空间也很大。阈值法是最简单的一种图像分割方法,其算法简单,执行时间短,存储空间小,对背景与目标区域灰度值相差较大的图像的分割效果较好。本文针对直方图统计方法和基于上下文显著性检测方法的优点,以及其分割显著性区域时依赖复杂图像分割算法难度较大等不足,提出一种可以直接用阈值分割出显著性区域的方法。

本文第 1 节先给出算法所需要的定义;第 2 节详细描述本文提出的算法;第 3 节给出显著性分割实验结果及分析;最后进行总结和展望。

1 概念定义

人类获得的外界信息大部分是通过视觉接受的,然而对于如此大量的信息,视觉系统并不能在同一时间完全进行捕获和处理,它会根据特有的机制进行选择性的处理和忽略,这就是视觉注意力机制。视觉注意力机制的研究在计算机视觉中通常被称为显著性检测。

在眼动实验中归纳了影响视觉注意的各种因素,本文主要依据颜色和位置来定义显著性。也就是说,一个像素点的显著性值用它与图像中其他像素点的距离来定义。其中,距离分为两种,颜色距离和空间距离。下面给出距离的具体定义。

在图像 I 中,设像素点 I_i 的颜色为 c_i ,则它与图像 I 中其他像素点的颜色距离定义为:

$$d_{color}(I_i, I_j) = D(c_i, c_j) \quad (1)$$

其中, c_j 为图像 I 中除了 c_i 以外的颜色, $D(c_i, c_j)$ 为两种颜色的欧氏距离。

在这种定义下,存在像素点个数很少但是与其他颜色的距离较大的颜色,这些颜色对应的像素点有的是噪点,为了减少噪点的干扰,增加了颜色频率作为参数,则颜色距离进一步定义为:

$$d_{color}(I_i, I_j) = D(c_i, c_j) * f(c_j) \quad (2)$$

其中, $f(c_j)$ 为颜色 c_j 在图像 I 中出现的频率。

除了颜色以外,空间距离也是显著性检测的重要因素。人眼会更加注意相邻的区域,对于距离较远的区域的关注度会相对减少。在图像 I 中,设像素点 I_i 在图像 I 中的坐标为 p_i ,则它与图像 I 中其他像素点的空间距离定义为:

$$d_{position}(I_i, I_j) = D(p_i, p_j) \quad (3)$$

其中, p_j 为除了 I_i 以外的像素点的坐标, $D(p_i, p_j)$ 为两个像素点坐标的欧氏距离。

结合式(2)和式(3),图像 I 中像素点 I_i 与其他像素点的距离定义为:

$$d(I_i, I_j) = \frac{d_{color}(I_i, I_j)}{\exp(d_{position}(I_i, I_j) * c)} \quad (4)$$

其中, c 是用来控制空间距离权值的参数。

2 显著性检测模型

针对直方图统计方法和基于上下文的显著性检测方法在分割显著性区域时需要依赖复杂的图像分割算法的不足,本文提出一种基于颜色和空间距离的显著性区域固定阈值分割算法。首先建立图像金字塔,然后对每个尺度下的图像进行颜色量化和图像分块的预处理,接着计算每个尺度下块的显著性值,将不同尺度的块的显著性值逐点相加得到显著性图。进一步可以进行上下文计算来增强显著性区域的连续性,最后进行阈值分割,得到显著性区域。通过此方法,一方面能够使显著性区域连续;另一方面,空间距离使显著性区域更加集中,有利于显著性区域的分割。算法流程如图 1 所示。

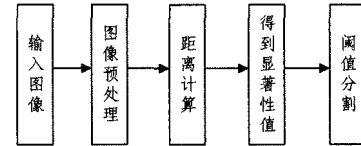


图 1 算法流程

2.1 建立图像金字塔

在图像中,对于大部分背景来说,它们在不同的尺度下显著性相似,而显著性区域却未必能在不同的尺度下还有相似的显著值。在多尺度下计算能够降低背景像素点的显著性,因此,首先对图像建立多尺度空间——金字塔尺度空间。

图像金字塔是以多分辨率来解释图像的一种结构,目的是提取有效的特征和减少干扰。建立金字塔尺度空间一般包括两个步骤:首先,图像经过一个低通滤波器进行平滑,然后对这个平滑图像进行抽样,一般抽样比例在水平和垂直方向上都为 $1/2$,从而得到一系列尺度缩小的图像。具体来说,图像 I 表示为二维的 $I(x, y)$,则高斯金字塔递归的表示为:

$$L_0(x, y) = I(x, y) \quad (5)$$

$$L_k(x, y) = G(m, n, \sigma) * L_{k-1}(2x+m, 2y+n)$$

其中,符号 $*$ 为卷积运算, $G(m, n, \sigma)$ 为高斯核函数,表示为:

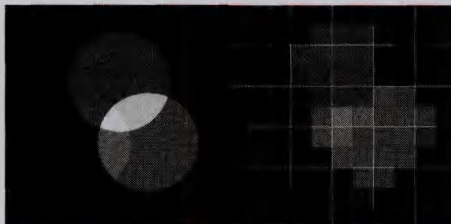
$$G(m, n, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(m^2+n^2)}{2\sigma^2}} \quad (6)$$

其中 σ 为尺度空间因子。

2.2 图像预处理

为了减少后续计算时间,需要对图像进行预处理。在 RGB 颜色空间中一共有 256^3 种颜色,在显著性检测时并不需要所有的颜色,所以本文对图像进行颜色量化。先将每个颜色通道量化为 n 个不同的值,并建立颜色直方图,统计每种颜色出现的频率。保留高频出现的颜色,并确保这些颜色覆盖 90% 以上的像素。剩下的小于 10% 的像素点所占的颜色被直方图中距离最近的颜色所代替。这样量化处理过的图像减少了需要计算的颜色数量,但并不会破坏图像中目标物体的完整性。

对图像进行分块是图像处理中常用的减少计算量的方法,但是在大部分的算法中都给定了分块的大小,这就会出现分块过大或者过小的问题。本文对每一层尺度空间的图像分块以后,对每一块建立颜色直方图,选取像素点数量最多的颜色来代表此块的颜色,在分块的时候就要求块中的颜色种类尽量少。在图像像素点相同的条件下,越复杂的图像的颜色种类越多,每种颜色所含有的像素点个数就越少,为了使每个块中的颜色种类尽量少,块的尺寸就需要越小。所以,我们利用颜色量化时计算的颜色直方图,选取出现频率最小的颜色的像素点总数 m 作为每一块中的像素点的个数,即块的尺寸为 $\sqrt{m} * \sqrt{m}$ 。为了解决块中只有两种颜色且两种颜色的像素点个数相同的问题,分块时从图像左上角开始划分,块之间有 50% 的重叠。这样,每张图片的分块大小会根据图像中颜色数量而变化。例如,图 2 为 $400 * 400$ 的色光三原色的灰度图,经过颜色量化处理后留下 5 个灰度值,其中出现频率最小的灰度值为 151,它的像素点总数为 5505,按照本文方法分块的尺寸为 $73 * 73$ 。



左图为原始图片,右图为分块的结果图

图 2 图像分块示意图

2.3 显著性值计算

在第 1 节中给出了显著性检测的定义以及像素点之间距离的计算方法。这里,将像素点之间的距离推广到块之间的距离,并根据块之间的距离计算块的显著性值。

在第 r 层尺度空间中,块 P 的颜色为 c_P ,由式(2)推广到它与图像中其他块的颜色距离为:

$$d_{color}(P, Q) = D(c_P, c_Q) * f(c_Q) \quad (7)$$

其中, c_Q 为除了块 P 以外的块的颜色, $f(c_Q)$ 为颜色 c_Q 在图像 I 中出现的频率。

选取块 P 中心位置的像素点对应于原图像中的坐标为块 P 的坐标,记为 p_P ,由式(3)推广到它与图像 I 中其他块的空间距离为:

$$d_{position}(P, Q) = D(p_P, p_Q) \quad (8)$$

其中, p_Q 为除了块 P 以外的块的坐标。

结合式(7)和式(8),图像 I 中块 P 与其他块之间的距离为:

$$d(P, Q) = \frac{d_{color}(P, Q)}{\exp(d_{position}(P, Q) * c)} \quad (9)$$

其中, c 是用来控制空间距离权值的参数, $d(P, Q)$ 需要归一化到 $[0, 1]$ 。

由此可以得到在第 r 层尺度空间中,块 P 的显著性值为它和其他块之间的总和:

$$S_r = \sum_{Q \neq P} d(P, Q) \quad (10)$$

最后,用线性插值法将所有的尺度调整到第一层尺度的大小,块 P 的显著性值为它在不同尺度空间下的均值:

$$\bar{S} = \frac{1}{M} \sum_{r=1}^M S_r \quad (11)$$

其中, M 为尺度空间的总个数, \bar{S} 需归一化到 $[0, 255]$ 。

合并分块,最终得到图像 I 的显著性图,像素点 i 的显著性值为对应块的显著性值,记做 S_i 。由于在对图像分块时块之间存在重叠,重叠区域的像素点同时存在于两个块中,而这两块的显著性值可能会不同,因此重叠区域像素点的显著性值为两个块显著性值的平均值。

2.4 显著性值更正

根据格式塔心理学^[14],人类视觉形式可能具有一个或者多个重心的组织形式,这些组织形式是由焦点和其周围的一定区域组成。这表明,图像焦点附近的区域也需要被考虑在显著性区域内。

当一个像素点的显著性值超过固定的阈值时即为焦点, $d_{foci}(i)$ 为尺度 r 下像素点 i 到离它最近的焦点的欧氏距离,则像素点 i 的显著性值更正为:

$$\hat{S}_i = S_i * (1 - d_{foci}(i)) \quad (12)$$

其中, $d_{foci}(i)$ 需要归一化到 $[0, 1]$ 。

此步骤是在原有的显著性值上进行加权计算,对离焦点较近的像素点的影响较小,显著性值基本不变;而对离焦点较远的像素点的影响会相对大,显著性值明显减少。但是,这种方法仅仅减少了背景区域的显著性值。为了便于分割出显著性区域,不仅要降低背景区域的显著性值,还要增加显著性区域的显著性值,增加两块区域的差距,由此改进式(12):

$$\hat{S}_i = S_i * (a - d_{foci}(i) * b) \quad (13)$$

其中, a 和 b 为控制因子, a 的值越大,显著性区域的显著性值就越大; b 的值越大,背景区域的显著性值越小。当 $\hat{S}_i > 255$ 时, $\hat{S}_i = 255$, 当 $\hat{S}_i < 0$ 时, $\hat{S}_i = 0$ 。

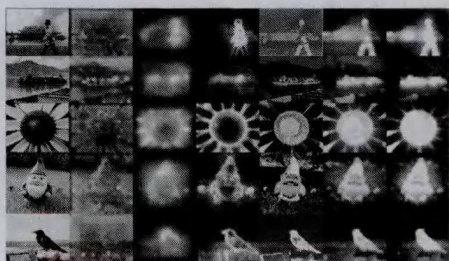
3 实验结果与分析

为了检验算法的有效性,设计了两个实验,一个是未进行显著性更正的算法,记做 HP;另一个是完整的算法,记做 HA。实验采用 MSRA1000^[15] 公开图像数据库,此数据库包含了 1000 幅自然场景下的图像以及人工精确标注的显著性区域图。在 Matlab R2013a 环境下将本文的 HP 和 HA 与其他 4 种算法进行比较,Itti^[5] 是应用次数最多的算法,GBVS^[16] 是较新的算法,CA^[18] 和 HC^[12] 是现有效果相对较好的算法。下面从主观的视觉效果和客观的性能评价两个方面进行对比分析。

3.1 主观的视觉效果比较

计算图像的显著性图的目的是得到图像的显著性区域,分割出显著性区域的方法要尽量简单有效,所以实验使用最简单的固定阈值分割方法来得到显著性物体。为了可靠地得到高亮显著性物体,我们将阈值 T 设定在 0 到 255 之间。图 3 是本文的 HP 和 HA 与选取的其他 4 种算法的显著图的对比结果,图 4 是进行阈值分割后的结果图。由图 3 中可以看出,Itti 方法并没能突出显著性区域,GBVS 方法突出出了显著性区域但是区域不完整,CA 方法基本突出出了整个显著性区域但是只是轮廓,HC 方法基本突出出了整个显著性区域但部分背景区域的显著性依然很高。本文的方法相比前几种方法而言,HP 方法基本突出出了整个显著性区域,但显著性区域和背景的对亮度不够强;HA 方法增加了显著性值

更正,使显著性区域和背景的对比度更加强,更加有利于后面用固定阈值方法对图像进行分割。由图4可以明显看出,Itti和GBVS方法并不能分割出显著性区域,CA方法只是提取出了显著性区域的轮廓,用固定阈值分割的方法并不能分割出显著性区域,需要依赖于图像分割算法,HC方法同CA方法一样需要依赖于图像分割算法。而本文的方法可以基本分割出显著性区域,HA方法分割的效果更好。



从左到右分别是:原图、Itti、GBVS、CA、HC、HP、HA方法

图3 显著性图的视觉效果对比



从左到右分别是:Itti、GBVS、CA、HC、HP、HA方法和数据库中给定的显著性区域二值化图像

图4 显著性图分割后的效果对比

总之,从数据库中选出的样本例子可以看出,本文算法能更好且更简单地分割出显著性区域。为了更加全面地验证本文算法在整个数据库中的性能,下面进行统计方面的客观性能评估。

3.2 客观的性能测试

客观的性能测试主要是检测算法在不同阈值下的准确率和召回率。第一个实验设置阈值 $T \in [0, 255]$,对显著性图进行分割,并计算分割后的准确率和召回率,结果如图5所示。从图中可以看出,本文的方法明显优于其他的算法,HA方法略优于HP方法,这说明了本文所提出的方法的有效性。除了准确率和召回率外,还利用了F值来全面评价显著性区域检测效果,计算结果如图6所示,其中F值参考文献[11],定义如下:

$$F = \frac{(1 + \beta^2) * Precision * Recall}{\beta^2 * Precision + Recall} \quad (14)$$

其中, $Precision$ 是准确率, $Recall$ 为召回率, $\beta = 0.3$ 。

由图6的柱状图数据表明,本文算法HP的平均准确率(0.7714)明显高于其他的算法。而进行显著性更正的HA算法的平均准确率(0.7629)要稍低于HP算法,这是因为显著性更正算法会稍微扩大检测到的显著性区域。在召回率方面,本文的HP算法的召回率(0.6584)相较于其他算法也有提高,HA算法的召回率(0.6704)比HP略高。HP算法的F值(0.7420)也比其他算法高,HA算法的F值(0.7393)比HP算法稍低一点。以上对比实验结果表明,本文方法的性能比

其他方法更好,显著性更正起到了辅助作用。

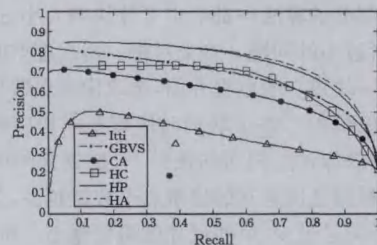


图5 不同方法下的准确率和召回率曲线

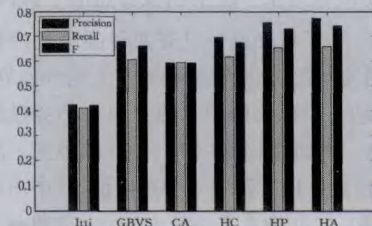


图6 显著性检测准确率、召回率、F值柱状图

结束语 本文所提出的基于颜色和空间距离的显著性区域固定阈值分割算法(HA)可以产生高对比度的显著性图,以最简单的阈值分割方法就能分割出质量较高的显著性区域。在公开数据集上测试了所提方法,并与现有引用次数最多的Itti算法、较新的方法GBVS以及现有效果较好的基于直方图算法(HC)、基于上下文显著性检测算法(AC)进行了比较。实验结果表明,本文提出的方法在准确率和召回率上都优于其他的算法。在未来的工作中,我们计划研究包含空间关系且有较高分辨率的显著性检测方法,以改善颜色数量较少的图片分辨率较差以及缺失图片细节内容的缺点,同时公式中的参数确定问题以及如何将固定阈值改进为自适应阈值的问题也有待研究。我们也相信显著性图可以用于可靠图像分类中,以提高图像分类的准确性。

参考文献

- [1] Han J, Ngan K N, Li M, et al. Unsupervised extraction of visual attention objects in color images[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2006, 16(1): 141-145
- [2] Rutishauser U, Walther D, Koch C, et al. Is bottom-up attention useful for object recognition[C]// IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition, 2004: 37-44
- [3] Chen T, Cheng M, Tan P, et al. Sketch photo: internet image montage[C]// ACM Siggraph Asia, 2009: 89-97
- [4] Han Yu-chang. Development of eye movement and eye movement experiments[J]. Psychological Science, 2000, 23(4): 454-457 (in Chinese)
韩玉昌. 眼动仪和眼动实验法的发展历程[J]. 心理科学, 2000, 23(4): 454-457
- [5] 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
- [6] Ma Y, Zhang H. Contrast-based image attention analysis by using fuzzy growing[C]// Eleventh Acm International Conference on Multimedia, 2003: 374-381

(下转第144页)

进行衡量,其中服务提供商的综合评价分别通过网络度中心性、服务质量、信誉、品牌效应4个指标进行衡量,用户通过用户网络中的服务评级函数确定单个Web服务的可信度,最后通过权重分配确定服务最终的总体信任值。用户网络和服务提供商网络的结合研究将给用户的服务选择提供可信结果,这种结果包含了社会网络中的集体智慧。下一步需要进行的工作是使用现实世界的数据集分析所提出框架的效率和预测准确性,测试服务选择结果的质量。

参考文献

- [1] Maamar Z, Faci N, Badr Y, et al. Towards a framework for weaving social networks principles into web services discovery[C]// Proceedings of the International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics. ACM, 2011; 1-8
- [2] Zhang Yu, Chen Hua-jun, Jiang Xiao-hong, et al. A survey of trust management for e-commerce systems[J]. Acta Electronica Sinica, 2008, 36(10); 2011-2020 (in Chinese)
张宇, 陈华钧, 姜晓红, 等. 电子商务系统信任管理研究综述[J]. 电子学报, 2008, 36(10); 2011-2020
- [3] Zeng L, Benatallah B, Dumas M, et al. Quality driven Web services composition[C]// Proceedings of the 12th international conference on World Wide Web. ACM, 2003; 411-421
- [4] Hang C-W, Kalia A K, Singh M P. Behind the curtain: service selection via trust in composite services[C]// 2012 IEEE 19th International Conference on Web Services (ICWS). IEEE, 2012; 9-16
- [5] Leitner P, Michlmayr A, Rosenberg F, et al. Selecting Web Services based on past user experiences[C]// Services Computing Conference, 2009 (APSCC 2009), IEEE Asia-Pacific. IEEE, 2009; 205-212
- [6] Cai S, Zou Y, Xie B, et al. Mining the Web of trust for Web services selection[C]// IEEE International Conference on Web Services, 2008 (ICWS'08). IEEE, 2008; 809-810
- [7] Dragoni N. A survey on trust-based Web service provision approaches[C]// 2010 Third International Conference on Dependability (DEPEND). IEEE, 2010; 83-91
- [8] Wang Y, Vassileva J. A review on trust and reputation for web service selection[C]// 27th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, 2007 (ICDCSW'07). IEEE, 2007
- [9] Kautz H, Selman B, Shah M. Referral Web: combining social networks and collaborative filtering [J]. Communications of the ACM, 1997, 40(3): 63-65
- [10] Maaradji A, Hacid H, Daigremont J, et al. Towards a social network based approach for services composition[C]// 2010 IEEE International Conference on Communications (ICC). IEEE, 2010; 1-5
- [11] Zhu Rui, Wang Huai-min, Feng Da-wei. Trustworthy services selection based on preference recommendation [J]. Journal of Software, 2011, 22(5): 852-864 (in Chinese)
朱锐, 王怀民, 冯大为. 基于偏好推荐的可信服务选择 [J]. 软件学报, 2011, 22(5): 852-864
- [12] Vu L-H, Hauswirth M, Aberer K. QoS-based service selection and ranking with trust and reputation management [M]// On the Move to Meaningful Internet Systems 2005; CoopIS, DOA, and ODBASE. Springer, 2005; 466-483
- [13] Huynh T D, Jennings N R, Shadbolt N R. An integrated trust and reputation model for open multi-agent systems [J]. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2006, 13(2): 119-154
- [14] Mokarizadeh S, Dokoohaki N, Matskin M, et al. Trust and privacy enabled service composition using social experience [M]// Software Services for e-World. 2010; 226-236
- [15] Sabater J, Sierra C. Regret: A reputation model for gregarious societies[C]// Fourth Workshop on Deception Fraud and Trust in Agent Societies. 2001; 61-69
- [16] Bansal S K, Bansal A, Blake M B. Trust-based dynamic Web service composition using social network analysis[C]// Business Applications of Social Network Analysis (BASNA), 2010; 1-8
- [17] Kuter U, Golbeck J. Semantic web service composition in social environments[C]// Proceedings of the 8th International Semantic Web Conference. Springer-Verlag, 2009
- [18] Wang S, Sun Q, Yang F. Quality of service measure approach of Web service for service selection [J]. Software, IET, 2012, 6(2): 148-154
- [19] Yang Wen-jun, Li Juan-zi, Wang Ke-hong. Domain-adaptive service evaluation model [J]. Chinese Journal of Computers, 2005, 28(4): 514-523 (in Chinese)
杨文军, 李涓子, 王克宏. 领域自适应的 Web 服务评价模型 [J]. 计算机学报, 2005, 28(4): 514-523

(上接第 106 页)

- [7] Achanta R. Salient Region Detection and Segmentation[C]// International Conference on Computer Vision Systems (ICVS'08). Vol. 5008, Springer Lecture Notes in Computer Science, 2008; 66-75
- [8] Zhu W, Liang S, Wei Y, et al. Saliency Optimization from Robust Background Detection[C]// IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition. IEEE, 2014; 2814 - 2821
- [9] Hou X, Zhang L. Saliency Detection: A Spectral Residual Approach[C]// IEEE Conference on Computer Vision & Pattern Recognition IEEE Computer Society. IEEE, 2007; 1-8
- [10] Guo C, Ma Q, Zhang L. Spatio-temporal saliency detection using phase spectrum of quaternion fourier transform[C] // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2008; 1-8
- [11] Achanta R, Hemami S, Estrada F, et al. Frequency-tuned salient region detection[C]// IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2009 (CVPR 2009). IEEE, 2009; 1597-1604
- [12] Cheng M, Zhang G, Mitra N J, et al. Global Contrast Based Salient Region Detection[C]// CVPR. 2011; 409-416
- [13] Goferman S, Zelnik-Manor L, Tal A. Context-aware saliency detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(10): 1915-1926
- [14] Koffka K. Principles of Gestalt Psychology [J]. A Harbinger Book, 1963(3): 527-531
- [15] Liu T, Yuan Z, Sun J, et al. Learning to detect a salient object [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011, 33(2): 353-367
- [16] Harel J, Koch C, Perona P. Graph-based visual saliency [C]// Advances in Neural Information Processing Systems. 2006; 545-552