技术与方法 文章编号:0253-3626(2010)06-0888-03

基于 Zadeh-x 变换的法医学底层图像挖掘

邓利芳,甘 平,熊兴良,贺向前,邓世雄
(重庆医科大学基础医学院法医学与生物医学信息研究室,重庆 400016)

【摘 要】目的:利用 Zadeh-x 变换对法医学中在恶劣的条件下获得的、被强背景干扰掩埋人眼无法辨认而实际却存在的图像信息进行底层图像挖掘,为法医学提供尽可能清晰的图像特征信息作为物证。方法:利用 VC++ 编程实现 Zadeh-x 变换(Zadeh-x transformation)对法医学图像资料中背景与目标图像信息有差异的底层图像进行挖掘。结果:通过与传统算法如直方图均衡化比较,实现了对暗背景、电泳图、车标和衣服等图像中隐藏信息的特征提取。结论:Zadeh-x 变换的方法具有较强的提取图像隐藏信息的能力,其处理结果明显优于直方图均衡化,甚至可以处理用直方图均衡化无法处理的图像信息。

【关键词】Zadeh-x 变换;底层图像挖掘;直方图均衡化;灰度平坦化
【中国图书分类法分类号】R89 【文献标识码】A 【收稿日期】2009-09-03

Lower layer image mining in forensic medicine on the zadeh-x transformation

DENG Li-fang, et al
(*Laboratory of Forensic Medicine and Biomedical Information, College of Basic Medicine, Chongqing Medical University*)

【Abstract】*Objective*: to offer details as clear as possible to be material evidence for Forensic Medicine from the images which were obtained in bad conditions burying in the strong back and can't be identified by human vision. *Methods*: using zadeh-x transformation to mine useful information hiding in the dark back. We implement the zadeh-x transformation by VC++ programming on computer, achieving the lower layer image mining in Forensic medicine pictures whose foreground is different from its background. *Results*: we have realized the lower layer image mining in pictures burying in black ground, electrophoresis graph, vehicle brand and clothing character. Moreover, we have compared the result with the picture dealing by histogram equipoise. *Conclusion*: The lower layer image mining in Forensic Medicine has been achieved by VC++ programming in this article. Its result is distinctly better than the result dealing by histogram equipoise. Further more, it can mine some information that histogram equipoise can't do.

【Key words】Zadeh-x transformation; Lower layer image mining; Histogram equipoise; Gray spectrum flattening

在法医学上,各种录像和拍照技术作为第 7 种法定证据得到了广泛应用。在法医学和刑侦的技术鉴定中,常遇在较恶劣条件下,拍摄到的模糊不清的人面、工具形状、枪弹痕迹、汽车号码和商标等无法清楚辨认;或由于时间久远或化学效应造成的文字材料、指纹、印章无法识别;如能通过图像挖掘技术提取出较为清晰的图像信息,将大大地提高法医鉴定中的证明力和准确性。

图像挖掘(Image mining)是数据挖掘向图像领域的扩展和深入。它是以计算机为基础的图像处理技术,涉及提取明确的知识、图像数据关系以及在图像中隐含的其他模式[1]。图像挖掘作为计算机图像处理的 1 个分支,已经成为受到强烈关注的一门新兴学科,分为 2 个层次:(1)以获取和处理图像为目的的像素级(Pixel level)和图像对象级(Object level)的底层层次(Lower layer)的图像挖掘和(2)以获取知识为目的的高层层次(Higher layer)的图像挖掘。底层图像挖掘技术在医学临床应用和基础研究方面都有着重要的应用,通过 Zadeh-x 变换的处理,可以提高原始图像的清晰度,分离目标信息,从中获得所需的犯罪证据。

本文研究底层图像的挖掘(以下简称图像挖掘)及其在法医学中的应用。其图像挖掘的主要目标是挖掘出强背景掩埋了的视觉不能看见的图像信息。只要与背景有差异,就有希望实现挖掘出隐藏的图像信息来。虽然模糊图像的增强和恢复技术已有报道[2],但是对强背景掩埋下的法医图像,采用传统的算法依然很难挖掘出有用信息,所以,在实用性上还存在诸多局限。因此,我们利用 VC++ 编程技术实现 Zadeh-x 变换对法医学图像资料的底层图像挖掘,并与传统算法中直方图均衡化的处理结果进行比较。

1 资料与方法

1.1 Zadeh-x 变换理论

Zadeh-x 变换的基础是 Zadeh 变换[3,4]。在模糊数学中,Zadeh 变换是指将任意数据集映射到[0,1]区间的变换。

$$Zi=Xi-Xmin/Xmax-Xmin \quad (1)$$

作者介绍:邓利芳(1985-),女,硕士,研究方向:医学图像处理。
通讯作者:邓世雄,男,教授,E-mail:dengshixiong1963@163.com。
基金项目:国家自然科学基金项目(编号:30772459)。

将[0,1]区间扩展到[0,255]便成了 Zadeh-x 变换：

$$T(x,y)=K[O(x,y)-Sita]/Delta \quad (2)$$

其中，T(x,y)为变换后的灰度值，O(x,y)为源图像的灰度值，Sita 和 Delta 分别为源图像的灰度起点和灰度分布范围，K 为扩展系数。当 K≤5 时，可以将源图像压缩到灰度值为[0,5]区间，表现为图像隐藏；当 K>5 时，可以将源图像的灰度值拉伸到[0,255]区间，表现为图像挖掘[5]。

通过绘制图像的灰度谱并分级平坦化处理，若探测到含有隐藏的灰度信息，则用 Zadeh-x 变换对源图像进行底层图像挖掘处理，就可以对强背景下隐藏的有用信息挖掘出来。

1.2 直方图均衡化

直方图均衡化(Histogram equalization)是通过某种映射变换使变换后的图像灰度的概率密度均匀分布，从而提高图像的对比度[6]。

直方图均衡化是图像增强技术中非常重要的方法，它以概率理论作基础，运用灰度点运算来实现直方图的变换，从而达到图像增强的目的。它是计算机图像处理技术中使用非常广泛的传统算法之一[7]。

1.3 图像挖掘的流程设计

本文研究底层图像挖掘的前提是源图像中的背景与目标图像信息有差异。其差异就是背景和目标图像有灰度或色度的差异，但是视觉是不可分辨的。这里的视觉不可分辨，不是因为目标太小，对人眼所张的视角太小以至于感觉细胞不能分辨出(图像)差异来，而是因为受到人眼的视觉生理限制，人眼无法对被掩埋在强背景中图像进行灰度或色度差异的识别[8]。

利用 VC++ 编程技术实现 Zadeh-x 变换对法医学图像资料的底层图像挖掘的流程设计思路为(1)原始图像预处理；(2)灰度谱分析：首先，绘制出源图像的一级灰度谱；其次，将它的一级灰度谱分级平坦化，以便探测源图像中隐藏的、欲处理目标的灰度段；(3)根据灰度谱的发布情况制定底层图像挖掘的具体策略；(4)底层图像挖掘：利用 Zadeh-x 变换挖掘出隐藏信息；最后，显示经过底层图像挖掘处理后的图像[3]，并与传统算法中直方图均衡化的处理结果进行比较。

1.4 Zadeh-x 在 VC++ 上的软件实现

Zadeh-x 在 VC++ 上的实现代码(主要部分)如下：

```
int i,j,ImgMax=0,ImgMin=255;
for(i=0;i<m_imgHeight;i++)
 for(j=0;j<m_imgWidth;j++)
 {//if(*(m_pImgData+i*lineByteOut+j)>ImgMax)
 ImgMax=*(m_pImgData+i*lineByteOut+j);
 if(*(m_pImgData+i*lineByteOut+j)<ImgMin)
 ImgMin=*(m_pImgData+i*lineByteOut+j);
 }
 for(i=0;i<m_imgHeight;i++)
 for(j=0;j<m_imgWidth;j++)
 {*(m_pImgDataOut+i*lineByteOut+j)=
 K*(*(m_pImgData+i*lineByteOut+j)-ImgMin)/(ImgMax-ImgMin);
 }
```

2 结 果

其图像挖掘程序的运行结果如图 1~4 所示，该计算机应用软件实现了法医学底层图像挖掘的全过程。具有的主要功能有：(1)给出原图像的直方图、均值和方差；(2)实现灰度谱分级平坦化；(3) 实现 Zadeh-x 变换对图像资料的底层图像挖掘；(4) 将图像挖掘结果与传统算法中直方图均衡化的处理结果进行比较。

2.1 黑色背景的底层信息挖掘

如图 1 示，图 1(A) 源图像是一幅看起来全黑的图像和它的一级灰度谱(即直方图)，除了灰度值为 0 的像素数，看不出有隐藏信息。属于典型的被强背景掩埋了的视觉不能看见的图像信息；但是，当将它的灰度谱分级平坦化后(如图 1(B))图所示是它的 8 级平坦化灰度谱)，我们可以明显地发现，除了灰度值为 0 的像素，在灰度值约为 5 处还有像素，因此，我们利用灰度谱平坦化处理技术探测到了源图像的隐藏信息，而且知晓了它的分布情况。

接下来，利用自行编程设计的 Zadeh-x 变换 VC++ 软件(详见 1.4)对隐藏图像进行挖掘。其计算机程序运行结果如图 1(C)所示，当图中为设置扩展系数 K=205 时，即可成功地从图 2(A)中一片黑的强背景中挖掘出一个被隐藏的白色圆圈。若采用传统的直方图均衡化方法处理图 1(A)，则其结果为全白。可见，对目标在图中占像素数比例小的图是无法进行直方图均衡化处理。换言之，对像图 1(A)此类图像是无法使用直方图均衡化技术进行底层图像的挖掘。

2.2 医学电泳图

如图 2(A)所示为电泳图的原图像，不是很利于观察。其一级灰度谱如图 2(B)所示，灰度谱范围为 0~48，均值 25.34，方差 10.67；分别用 Zadeh-x 变换和直方图均衡化进行处理，其对比结果如图 2(C)和(D)所示。很容易看出用 Zadeh-x 变换的处理结果明显地优于直方图均衡化。

2.3 夜晚监控录像的车标

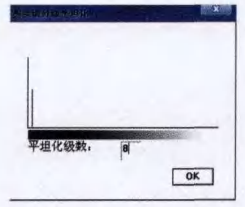
夜晚监控录像的车型、车牌和车标等通常很模糊，也可以通过该 VC++ 软件对图像进行挖掘，使之更清晰，从中得到有效信息，缩小搜索目标。如图 3(A)所示是夜间监控录像拍摄到的一辆车，由于光线不好，我们不能清楚地确定其车的商标。如图 3(B)、(C)和(D)所示，经过 VC++ 图像挖掘程序处理后的结果为图 3 (D) 所示。其中一级灰度谱范围 24-192，均值 82.78，方差 22.32.

2.4 监控录像衣服特征的挖掘

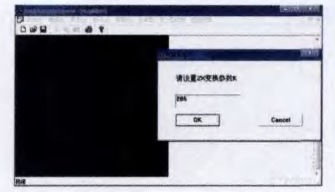
如图 4 所示，是用 Zadeh-x 变换对监控录像中人物衣服特征的挖掘结果。其中原图像(A)为从监控录像中抓取的一个人物，从中几乎看不出他的衣服特征，(A) 的一级灰度谱(B)显示原图灰度范围为 0~105，均值 77.60，方差 10.13；(C)为直方图均衡方法对原图像(A)的处理结果，我们看到，只是亮度提高了，但对于特征的识别没有意义；(D)为 Zadeh-x 变换方法对(A)的处理结果，从(D)图中我们则可以发现他的衣服特征是以深色做底色，亮条纹间隔分布，就这点就大大缩小了目标人群。当然还可以借助其他手段作进一步分析，比如他衣服条纹的宽度等。对比(C)和(D)可以看出用 Zadeh-x 变换的处理结果优于直方图均衡化。



A. 原图像及其直方图



B. 原图像的 8 级平坦化灰度谱

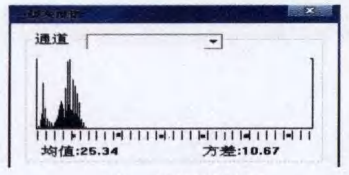


C. Zadeh-x 变换

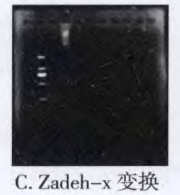
图 1　图像挖掘程序的运行结果



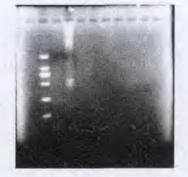
A. 原图像



B. 一级灰度谱

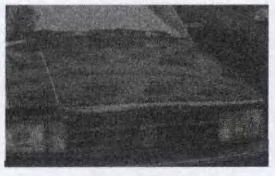


C. Zadeh-x 变换



D . 直方图均衡化

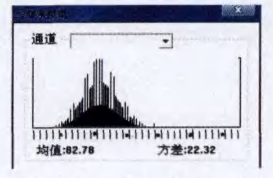
图 2　Zadeh-x 变换和直方图均衡化对电泳图的处理



A. 夜晚拍摄的车



B. 原图像



C. 一级灰度谱

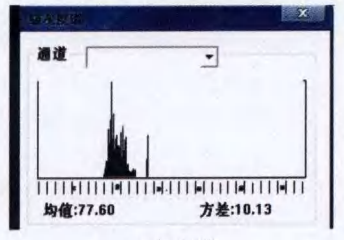


D. Zadeh-x 变换

图 3　Zadeh-x 变换用于车标挖掘



A. 原图像



B. 灰度谱



C. 直方图均衡



D. Zadeh-x 变换结果

图 4　监控录像衣服特征的挖掘

3　讨　论

3.1　Zadeh-x 变换用于图像挖掘的特点

由于 Zadeh-x 变换的基础是模糊数学中 Zadeh 变换。其[0,1]区间扩展到[0,255]。而且从 Zadeh-x 变换的理论计算公式(2)可知，它新增了 3 个可供选择的参数，从而使 Zadeh-x 变换在计算机图像处理中具有非常广泛的运用范围和操作的灵活性。它既可以用于图像隐藏，也可以用于图像挖掘。在挖掘效果上更好，适用范围更广。特别是对灰度级较少的、而且目标信息和干扰背景信息经过处理能够分离的图像，其图像挖掘特别有效(如图 1 所示)，既挖掘出了隐藏的信息，又保留了原来的信息。从本文的结果(图 2 和图 4)可知，Zadeh-x 的处理结果明显优于直方图均衡化，而且它还可以处理用直方图均衡化所无法处理的图像信息(如图 1 所示)。

Zadeh-x 变换在底层图像挖掘有很大应用领域。在医学中可以作为处理图像的非常有效辅助工具之一，特别是在法医学上，经过它挖掘的图像更有利于公安机关缩小搜索目标。另外，还可以利用它将图像隐藏应用于加密传输等。

3.2　Zadeh-x 变换的局限性

在处理图像的过程中，我们同时注意到 Zadeh-x 变换针对灰度级较少的图片处理效果较好，但对于灰度级较多的图片，在隐藏和挖掘后都可能会丢失目标信息，而且对目标灰度和背景灰度混叠交叉的图像，其处理效果有待进一步提高。

参　考　文　献

[1]　Berlage T.Analyzing and mining image databases[J].Drug Discov Today, 2005, 10(11):795-802.

[2]　贺向前，邓世雄，甘　平，等.基于 K- 均值和区域生长计算法医损伤面积[J].重庆医科大学学报，2009，34(5)：597-599.

[3]　谢正祥，王志芳，刘燕欢，等.灰度谱分级平坦化理论[J].中国医学物理学杂志，2006，23(6)：405-407.

[4]　刘玉红，谢正祥，王志芳，等.图像的带参二值化理论和技术及其医学应用[J].重庆医科大学学报，2008，33(11)：1309-1312.

[5]　谢正祥，王　颖，彭子岱，等.基于 Zadeh-x 变换的图像隐藏和技术[J].中国医学物理学杂志，2007，24(1)：9-11.

[6]　黄展鹏. 基于直方图均衡化技术得图像增强[J].电脑知识与技术，2008，(16)：1292-1293.

[7]　田　捷，包尚联，周明全.医学影像处理与分析[M].北京：电子工业出版社，2003.35-70.

[8]　田　捷，薛　健，戴亚康.医学影像算法设计与平台构建[M].北京：清华大学出版社，2007.198-251.

（责任编辑：冉明会）