论 著 文章编号:0253-3626(2008)11-1309-04

图像的带参二值化理论和技术及其医学应用

刘玉红[1],谢正祥[1],王志芳[1],王 颖[1],李 虹[1],李章勇[2],赵志强[2]

(1. 重庆医科大学基础医学院生物医学工程研究室, 重庆 400016;2. 重庆邮电大学生物信息学院生物医学工程教研室, 重庆 400065)

【摘 要】目的:利用我们提出的图像带参数二值化的理论和技术应用于医学图像处理。方法:参数的选择由我们提出的图像灰度/色度谱分级平坦化技术确定,然后根据二值化算法进行图像二值化变换,并与大津算法和WINDOWS《绘图》软件的二值化功能做比较。结果:该理论和技术优于经典的大津算法和WINDOWS《绘图》软件的二值化功能。结论:图像带参二值化理论和技术具有很强的普适性。

【关键词】图像二值化;灰度/色度谱分级平坦化;心电图;诱发电位

【中国图书分类法分类号】R318.04 【文献标识码】A 【收稿日期】2007-09-13

The theories and techniques for bi-valuating an image with the parameters and their applications in medicine

LIU Yu-hong, et al

(*Department of Biomedical Engineering, College of Basic Medicine, Chongqing Medical University*)

【Abstract】*Objective*:To apply theories and techniques of an image bi-valuation that we proposed in medical image. *Methods*: The parameters are chosen by theory and technique for gradually flattening gray/chroma spectrum we proposed, and then the image were converted into bi-valuation image based on the bi-valuation algorithms. This method was compared with Otsu algorithms and the paint software in Windows operation system. *Results*:The present theories and techniques had better than the function of an image bi-valuation of Otsu algorithms and the paint software in Windows operation system. *Conclusion*:The theories and techniques for bi-valuating an image with parameters are generalisable.

【Key words】 Image Bi-valuation;Gradually Flatting the Gray/Chroma Spectrum;EEG;Evoked Potential

二值化图像是指仅有两个灰度/色度值的图像。图像二值化是指将灰度/色度丰富的图像变换成只有两个灰度/色度值的过程。由于图像二值化与有巨大经济利益的光字符识别(Optical character recognition, ORC)技术有关,一直是研究的热点[1-8]。除OCR外,图像二值化技术还用于文档再处理, 以增加清晰度,便于阅读和出版;节省存储空间、便于传输;以及文物抢救。图像二值化技术除了用软件实现外,还能用硬件实现[2-5]。图像二值化实际上是一个对一幅图像的所有像素的无模式二分类问题。在图像处理中称为分割。关键问题是寻找一个分割阈值。这个问题在图像处理中称为(确)定阈(值)。提出了很多的定阈算法,如经典的大津算法[9,10],遗传算法[11],局部和全局定阈算法[12]等。但是这些算法都具有各自的局限性。

本文的介绍图像的带参二值化理论和技术,不但用于黑白二值化,还能用于任意灰度级上的二值化。对于WINDOWS的绘图软件和大津算法失去功能的医学图像的二值化,都能较好地实现二值化功能。

1 灰度/色度信息获取的统计理论—灰度/色度谱分级平坦化理论

灰度/色度谱分级平坦化理论和技术用于确定二值化参数的范围,利用分级平坦化理论确定我们所要处理图像的象素范围,才能进一步利用二值化方法来处理。

如果把二值化比作采矿, 则图像的灰度/色度谱分级平坦化理论就类似于探矿。与探矿必须先行于采矿一样,二值化图像信息的参数确定必须先行于二值化图像变化。

1.1 预备定理

这是自变量是分数指数的指数函数极限定理。有实数X

作者介绍:刘玉红(1982-),女,硕士,
研究方向:生物医学信号和图像处理。

通讯作者:谢正祥,男,教授,E-mail:bmezxxie@163.com。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(批准号:30670536)。

满足:X>0,其分数指数(1/m)幂表示为Y: $Y=X^{1/m}$,当$m\to\infty$时,即$\frac{1}{m}\to 0$时,有

$$Y=X^{1/m}\to 1 \quad (1)$$

1.2 灰度/色度谱分级平坦化理论

设源像空间的第g灰度级的像素数为O (g), g =0,1,2,…,255,共256个灰度级,经平坦化变换后的目标像空间的第g灰度级的像素数为T(g),则有

$T(g)=O^{1/m}(g)$和$\sum_{g=0}^{255}T(g)=\sum_{g=0}^{255}O^{1/m}(g)$,因而可得

$$\frac{T(g)}{\sum_{g=0}^{255}T(g)}=\frac{O^{1/m}(g)}{\sum_{g=0}^{255}O^{1/m}(g)} \quad (2)$$

即

$$T(g)=\frac{O^{1/m}(g)}{\sum_{g=0}^{255}O^{1/m}(g)}\sum_{g=0}^{255}T(g) \quad (3)$$

公式(3)就称为灰度/色度谱分级平坦化(理论)公式。但是该公式右边的因子$\sum_{g=0}^{255}T(g)$是未知量,致使该式的变换不能实现计算。

1.3 变换的约束条件:像素数不变原理

不管如何变换,变换前后的总像素数应相等,称为像素数不变原理。即

$$\sum_{g=0}^{255}T(g)=\sum_{g=0}^{255}O(g) \quad (4)$$

我们称上式为像素数不变原理,是实现灰度/色度谱分级平坦化变换必须遵守的约束条件。所以(4)是实现灰度/色度谱分级平坦化变换必须遵守的"像素数不变原理"或"像素数不变约束"。应用此条件,(3)式变成

$$T(g)=\frac{O^{1/m}(g)}{\sum_{g=0}^{255}O^{1/m}(g)}\sum_{g=0}^{255}O(g) \quad (5)$$

上式就是实际使用的灰度/色度谱分级平坦化(理论)公式。m称为平坦化级。

2 图像的带参二值化变换

图像的三参数二值化变换需设定三个参数,如alpha,beta,delta。广泛应用的灰度图像变换算法为:

$$T(x,y)=\begin{cases}RGB(beta,beta,beta), O(x,y)<alpha\\ RGB(beta+delta;beta+delta;beta+delta), others\end{cases}$$

上式中,alpha,beta的变化范围为 [0,255],delta的变化范围为[-255,255]。O(x, y),T(x, y)分别为源像空间和目标像空间的任一像素点的RGB特征值。参数alpha为设定的源像空间的灰度阈值(及二分类阈值)。beta为设定的目标像空间的灰度起始值(一般视为背景,黑背景设为0,白背景设为255)。delta为目标图像的灰度/色度距beta(背景)的灰度/色度距离。参数alpha,beta,delta都可由用户以人机对话的方式进行干预。式(6)也可用于图像挖掘和隐藏。如果abs(delta)<5, 则表现为图像隐藏功能;如果abs(delta) >>5, 则表现为图像挖掘功能。如果delta<0, 为左隐藏。如果beta=255, 则只能左隐藏。如果delta>0,为右隐藏。如果beta=0,则只能右隐藏。这些参数的确定都需要我们上述所说的灰度/色度平坦化理论, 先利用灰度/色度谱分级平坦化公式获得目标图像的灰度/色度信息,然后寻找一个合适的分割阈值, 实现图像的带参二值化处理, 对小于/等于分割阈值和大于分割阈值的象素点数分别赋于各自的灰度/色度值, 通过对阈值的选取获得清晰的结果。

3 医学应用

3.1 诱发电位的二值化及其与大津算法与"绘图"软件二值化结果的比较

先用灰度/色度谱分级平坦化技术为图像的带参二值化变换提供确定参数的灰度/色度信息,如图1b),然后根据(6)式进行二值化。图1是1幅VEP图(图1a)及其灰度谱(图1b)和红色度谱(图1c)。从图1b)给出的灰度信息可知,这幅VEP图的灰度分布偏黑,集中在灰度级4上(是背景)。可选如下参数:alpha=5, sita=255,delta=-255。图2是用该组参数对同1幅VEP图(图2a)二值化的结果(图2b),由此还可以看出,利用该方法可以改变背景和目标的颜色,从而适合各种不同的场合。

图3是大津算法二值化该幅VEP(图3a)的结果(图3b)。由图可看出,该结果是一片空白,说明大津算法对这类图像的二值化是失败的。

图4是用WINDOWS《绘图》软件二值化同一幅VEP(图4a)的结果(图4b)。该结果是一片漆黑,说明WINDOWS《绘图》软件对这类图像的二值化是失败的。这个结果说明,我们提出的方法有优于大津算法和WINDOWS《绘图》软件的功能,具有更强的普适性,对于大津算法和WINDOWS《绘图》软件二值化都失败的情况下,尚能满意地实现二值化。

3.2 心电图二值化及其与大津算法和WINDOWS"绘图"软件二值化结果的比较

图5给出一幅心电图(图5a)的4级平坦化灰度谱(图5b)、红色分量的色度谱(图5c)、绿色分量的色度谱(图5d)及蓝色分量的色度谱(图5e)。由图可见其多数谱分量在灰度级225以上。

图6给出心电图(a)带参二值化的结果(b)。根据图5提供的灰度信息, 确定二值化参数为:alpha=223, beta=0, delta=255 (参见(6)式),如图6所示。

图7给出了同一幅心电图(图7a)大津算法二值化的结果(图7)。由图7可看出,该结果是一片空白,说明大津算法对这类图像的二值化是失败的。

图8给出了同一幅心电图(图8a) WINDOWS《绘图》软件二值化的结果(图8b)。由图8可看出,该结果是一片漆黑,说明WINDOWS《绘图》软件对这类图像的二值化是失败的。图6、7、8的结果再一次说明,我们这里报告的方法,有优于大津算法和WINDOWS《绘图》软件二值化的功能, 在大津算法和

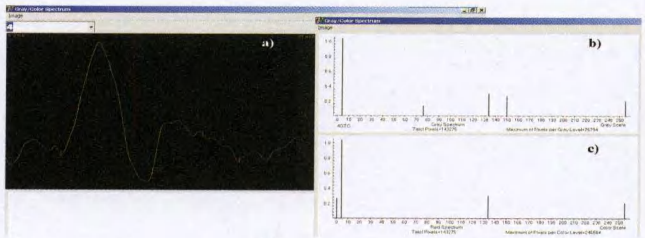


图1 VEP图及其4级平坦化的灰度和红色谱

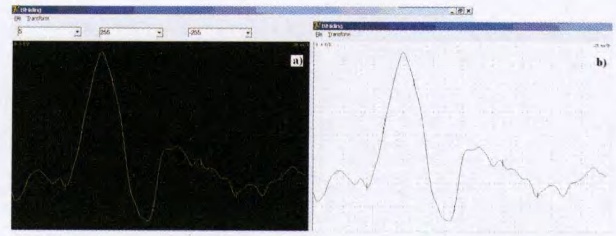


图2 VEP图(左)及其带参二值化结果(右)

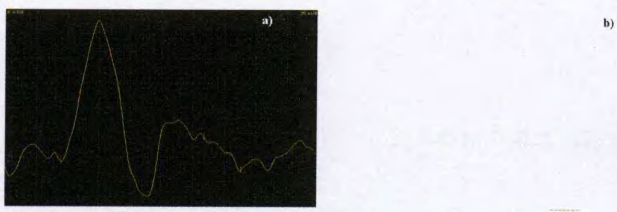


图3 大津算法二值化VEP(a)的结果(b)

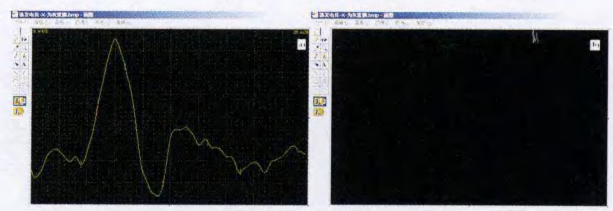


图4 “绘图”软件二值化VEP(左)的结果(右)

WINDOWS《绘图》软件二值化失败的情况下，都有良好的表现。也再进一步说明了我们的方法的普适性。

3.3 用灰度/色度谱分级平坦化方法证实二值化的结果

这里我们用前述的公式(5)描述的灰度/色度谱分级平坦化方法分析图6b) 的用我们的方法二值化1幅ECG的结果，其32级灰度谱见图9b)。图9b确实只有0和255两种灰度级存在，证实本法是非常成功的，而原图的灰度谱(图5)有较多的灰度级存在，更重要的没有0灰度级的成份存在。

4 结 论

本研究扩展了关于图像二值化的概念，提出了图像带参二值化的理论和技术。图像的带参二值化

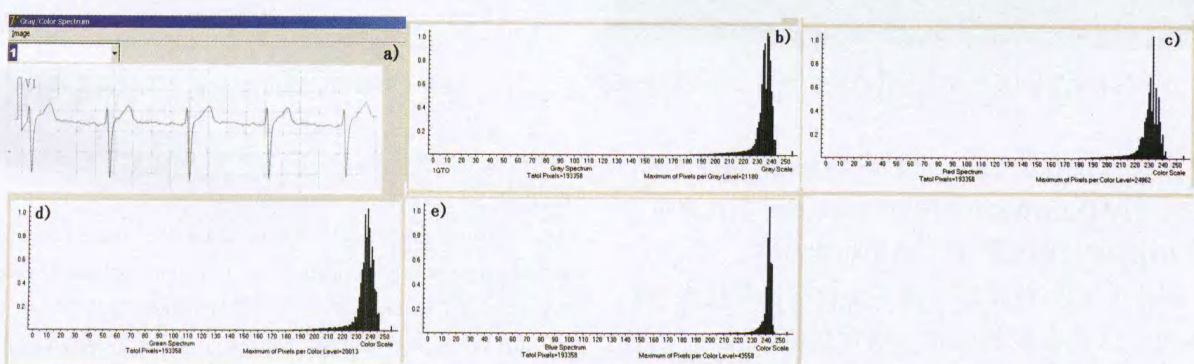


图5 心电图(a)及其灰度谱(b)，红色分量谱(c)，绿色分量谱(d)，蓝色分量谱(e)

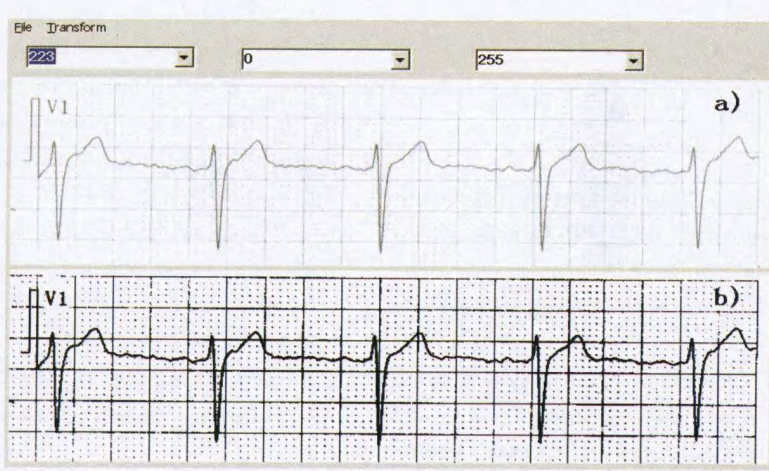


图6 心电图(a)带参二值化的结果(b)

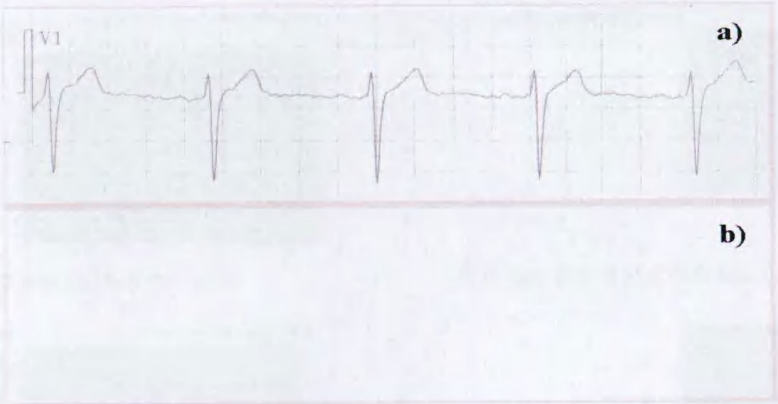


图7 同一幅心电图(a)大津算法二值化的结果(b)

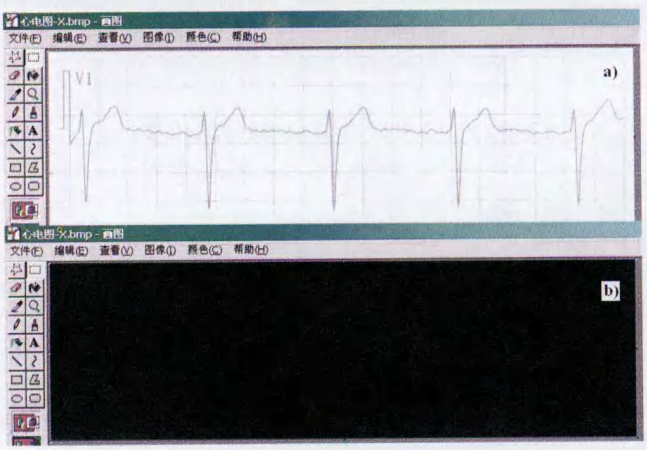


图8 同一幅心电图(a)由WINDOWS《绘图》软件二值化的结果(b)

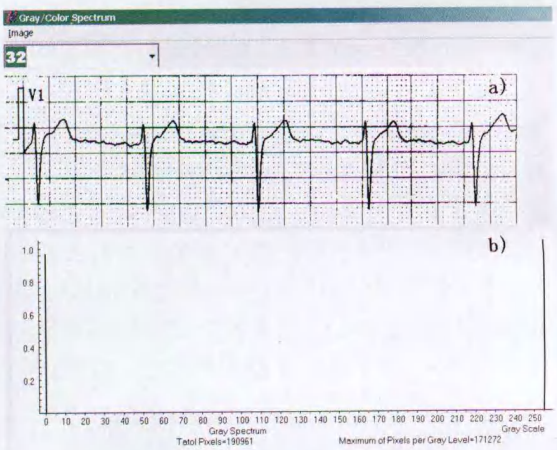


图9 前面图6 b)及其32级平坦化灰度谱(b)

理论和技术具有灵活的、普适的特征,有优于大津算法[9,10]和WINDOWS的绘图软件的功能。相比之下,WINDOWS的绘图软件的二值化功能最差。

图像的灰度/色度谱分级平坦化理论和技术,对于图像二值化参数的确定和功能的证实是一种强有力的工具,它能挖掘出人类视觉不能分辨但却实际存在的灰度信息,为图像的带参二值化方法提供灰度/色度信息支持。

参 考 文 献

[1] Mori S,Suen C,Yamamoto K. Historical review of OCR research and development[J]. Proceedings of the IEEE,1992,80(7):1029-1058.

[2] Shahoo P,Sltani S,Wong A. A survey of thresholding techniques [J]. Computer Vision,Graphics and Image Processing,1988,41 (2): 233-260.

[3] Shigematsu S,Morimura H,Machida K,et al. Pixel-parallel image-matching circuit schemes for a single-chip fingerprint sensor and Identifier[J]. IEICE Transactions on Electronics,2005,E88-C(5):1070-1078.

[4] 王延杰,宋建中.种适时自适应图像二值化方法[J]. 光学精密工程,1994,2(5):17-21.

[5] T akahashi.Image binarization apparatus, image binarization method,image pickup apparatus,image pickup method and a computer product[P]. United States:Patent NO.6898329,2005-05-24.

[6] Drayer. Method of image binarization using histogram modeling [P]. United States:Patent. NO. 6941013,2005-09-06.

[7] Sugimoto. Image binarization method and binary image creation method[P]. United States: Patent. NO. 6995802,2006-02-07.

[8] National Security Agency. Gaussian Model -based Image Binarization[EB/OL]. http://www.nsa.gov/techtrans/techt00030.cfm.

[9] Lu Z,Han May Y. Research on auto-registration technique of license plate based on Otsu approach[J]. Computer Development and Application,2006,19(5):2-4.

[10] Otsu N. A threshold selection from gray-level histograms[J]. IEEE Trans. Systems Man and Cybernetics (SMC),1979,9(1):62-66.

[11] 赵应丁,刘金刚.基于遗传算法的指纹图像二值化算法研究[J]. 计算机工程,2006,32(7):169-171.

[12] Zhang Y,Wu Z,Chen S,et al. A new daptive method to segment images[J]. Computer Engineering, 2002,28(5):184-185,210.

(责任编辑:关蕴良)