

基于掩膜与仿中值滤波的边缘检测处理

张建国¹, 王仁庆¹, 左俊彦¹, 候慧敏¹, 钟涛¹, 胡凤玲², 马千里¹

(1. 上海应用技术大学 机械工程学院, 上海 201418; 2. 复旦大学附属上海市第五人民医院 口腔科, 上海 200240)

摘要: 针对医学图像特殊而又复杂的模糊边缘以及难以区分的背景噪声, 提出一种基于掩膜理论区分图像边缘信息的区分算法. 通过区域对比度、图像像素特征和有限区域中像素均值等相关信息, 利用先验知识和仿中值滤波的方法得到较为清晰的边缘信息. 用 Matlab 软件对提出的方法进行模拟, 详细分析了掩膜对比的理论模型以及仿中值滤波对于区分效果的影响, 验证了该方法的可行性和正确性. 实验证明, 基于掩膜与仿中值滤波的区分算法和传统的边缘检测方法相比, 在辨别相关边缘信息方面具有较好的效果, 并在医学图像处理中具有一定的实用价值.

关键词: 掩膜; 仿中值滤波; 边缘信息; 对比度

中图分类号: TP 391 **文献标志码:** A

Partitioning Algorithm Based on Mask and Imitated Median Filtering and Its Application

ZHANG Jianguo¹, WANG Renqing¹, ZUO Junyan¹, HOU Huimin¹, ZHONG Tao¹, HU Fengling², MA Qianli¹

(1. School of Mechanical Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 201418, China;

2. Department of Stomatology, The Fifth People's Hospital of Shanghai, Fudan University, Shanghai 200240, China)

Abstract: Considering the special and complicated fuzzy edges and the difficulty to distinguish the background noise in medical images, a partitioning algorithm based on the mask theory was proposed to distinguish the marginal information. The edge information was given by the area contrast, the characteristic of image pixel and the mean value of pixel on the enclosed area. In addition, more clear edge information was further gained by using the prior knowledge and imitation median filtering. The proposed method was implemented by means of the software MATLAB. The influences of the theoretical model of the mask contrast and the imitated median filtering on the distinguishing effect were minutely analyzed and the method was verified to be feasible and accurate. The experiments show that the partitioning algorithm based on the masking theory and imitated median filtering can achieve better results on distinguishing marginal information compared with the traditional edge detection method, and has certain practical value in medical image processings.

收稿日期: 2016-08-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51275310); 上海市闵行区卫生和计划生育委员会科研项目(2015MW05); 上海应用技术大学协同创新基金重点资助项目(XTCX2015-6)

第一作者: 张建国(1979-), 男, 副教授. 研究方向: 图像处理、分析与机器视觉. E-mail: jgzhang98328@163.com

Keywords: mask; imitated median filtering; marginal information; contrast

医学图像区分算法是人类解决医学问题的第一步,从 20 世纪 60 年代以来,医学图像处理越来越受到业内专家的关注.文献[1]的 canny 边缘检测算法通过运算图像中梯度等相关信息,对原图像进行卷积处理,在一定程度上解决了图像无法检测的问题,但仍然无法取得令人满意的结果.

文献[2-4]主要介绍了 otus 分割算法、直方图分割算法、模糊熵分割算法.这些算法通过对不同的模型,进行二值化^[5]处理,得到目标与背景两个不同的区域,以此达到区分的目的.但是对于复杂图形来说,其边缘信息往往不是清晰可见的.虽然在此基础上,有学者进一步提出了二维、三维^[6-8]的改进算法,但在边缘信息不明确的医学图像中仍然很难获得准确的边缘信息.

文献[9]提出了一种掩膜理论在图像处理中的运用.这种方法虽然在图像处理中运用了掩膜,但其仅运用了单一移动的掩膜矩阵,由于受制于噪声的不可控性和掩膜大小的不同,检测效果有限.

在实际的医学图像处理中,由于医学图像独有的特殊性和复杂性,导致了图像中边缘信息微小的变化,对于医疗诊断结果的影响往往很大,这是由于医学治疗时的准确性需求所决定的.

因此,本研究提出了一种基于图像原始数据特征,结合掩膜的相关理论区分算法.该算法通过领域内行、列间中值与均值的对比,并与该点像素值、总体中值与均值相比较,结合区域对比度^[10]的相关先验知识,判断该像素是否为边缘信息,最后通过模仿中值滤波的方法,对图像进行去噪处理,以此达到获取基本边缘信息的结果.

1 边缘检测理论

1.1 边缘检测的基本过程

在图像处理领域中,传统的 canny 边缘检测往往依赖于参数 σ 的选取, σ 的不同对于最后边缘检测的影响极大.在医学图像处理中,图像的信息一般比较复杂,运用 canny 检测时,可能存在以下几点缺陷:a. 边缘信息交错相连,由于 canny 边缘检测是以图像梯度变化来判断边缘信息,当图像较为复杂,边缘检测结果对于噪声的影响极大;b. 边缘信息缺失,由于医学图像的实际使用方案和取像环境较为复

杂,图像信息很难不受噪声的影响,从而导致梯度信息的改变.

为了解决这些问题,本研究提出了一种基于掩膜理论的边缘检测方法.该方法在检测边缘信息的过程中,使得边缘信息不仅仅局限于梯度^[11]这一项技术指标,而是更多地依赖于局部领域中的边缘信息.其具体流程如图 1 所示.

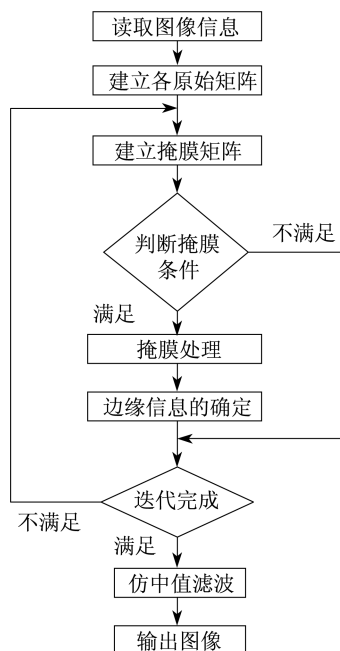


图 1 边缘处理流程

Fig.1 Edge processing flow

由图 1 可见,处理流程中整个掩膜的过程为不同掩膜矩阵多次迭代的结果,其主要特点为:a. 多次迭代,减少了单一区域内极大噪声的影响;b. 多掩膜分别迭代,保证了局部与总体信息的统一;c. 多重图像信息反复计算,消除了孤立点存在的可能性.实际掩膜过程后的图像信息与传统 canny 边缘检测相比,存在如下优势:不同掩膜尺寸的反复搜索和确认,避免了人为选取的参数与图像不匹配的问题;反复迭代图像,运算方便简洁、有效.

2 掩膜理论改进方法及其应用

2.1 掩膜方法及其改进

文献[12]提出了一种广义积分的掩膜理论及其应用,并取得了一定的成果.但在医学影像领域,依

然存在掩膜窗口的固定,从而降低了医学图像中的适应性,以及医学图像的模糊性,导致了边缘化的不确定性。

为了解决这些问题,本研究算法将不同的掩膜矩阵分别运算,综合各个模板中的有效信息,以此描绘出图像的边缘轮廓。在像素自然分布的坐标轴内,记录坐标轴内每个像素点在掩膜领域内的各项指标,分别多次确立区间内掩膜矩阵的大小,以此进行图像的边缘检测,其具体流程如图2所示。

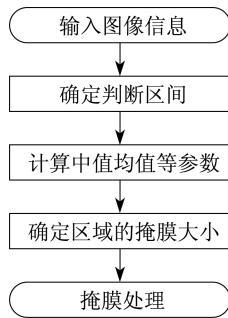


图2 掩膜过程

Fig.2 Mask process

具体实施过程中,将原始图像按照一定的规律,有效多次地分割成若干个大小确定的区域,判断均值、中值等图像信息,以此为依据确定掩膜矩阵的大小,进行掩膜处理。在具体处理过程中具有如下典型性质:

a. 掩膜矩阵 $A_{i,j}$ 的大小可以根据灰度矩阵 $I_{i,j}$ 的实际情况来改变,在一定程度上满足了医学图像的准确性要求;

b. 通过对不同分块区间的中、均值的计算,可以在较小的区域内,判断出可能存在的边缘信息,为判断边缘提供了依据;

c. 仅仅在掩膜区域中计算,减少了由于边缘信息像素值不一带来的远处图像信息对模糊边缘的干扰影响。

2.2 分块区域与掩膜大小的确定

医学图像处理中,应用于不同领域的医学图像,其感兴趣区域^[13]一般具有两个特点:a. 图像的大小形状各不相同,由于应用于不同的医学科室,感兴趣区域的大小和性态一般受制于医学探测的目的,往往很难统一;b. 目标区域的灰度差距很大,人体不同组织的衰变程度不尽相同,导致了目标区域不同而产生的灰度要求不同。

为了解决某一特定目标的要求,将图像信息多次有序地分割成几个区间,对 $m \times n$ 的 L 级的

灰度图,分别计算其相应参数,以此确定掩膜的大小。在实际操作中,为了获得较为理想的结果,本研究采用基于原图像的对比度、均方差^[14]、峰值信噪比^[15]等参数。当对比度 $\sigma < \sigma_s$, 均方差 (MSE) $\lambda < \lambda_s$, 峰值信噪比 $\gamma < \gamma_s$ 时,可以定义 6×6 的掩膜模板,获得较为快捷的结果。

图3为本文所用掩膜模板及选择过程。与传统掩膜理论相比,本研究算法更具有灵活性和准确性。掩膜矩阵的大小根据图像基本信息所决定,应用于不同图像的掩膜大小不同,灵活性强;反复计算掩膜组中的不同掩膜模型,从而降低了误判剔除边缘信息的可能性。

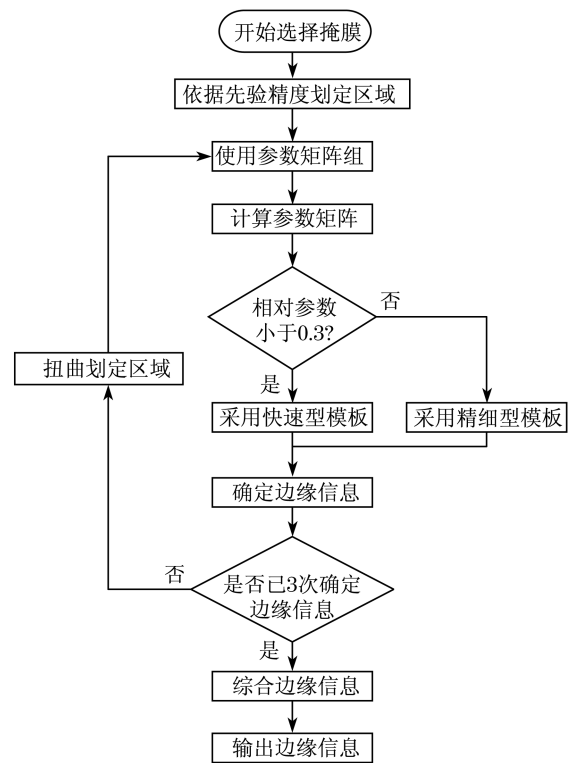


图3 掩膜大小的确定

Fig.3 Determination of the mask size

图3中最后根据图像参数的不同,分别选用2种不同的掩膜模板,本研究定义精确性掩膜矩阵为 6×6 的窗口,快速型掩膜矩阵为 15×15 的窗口,其中小矩阵主要用于边缘信息明确或原图像较小的图像。

为了多次确定边缘信息,本研究将基本掩膜矩阵划分成如图4所示的掩膜内部结构。在这种结构中,将掩膜矩阵划分成A,B,C3个相互重叠的部分,分别在迭代过程中计算不同区域内的边缘信息,迭代完成后将全部可能的边缘信息综合在边缘矩阵中,以此重复完成边缘检测。

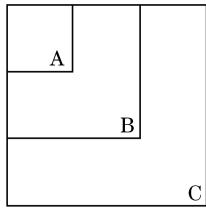


图4 掩膜组内部结构

Fig.4 Internal structure of the mask group

与单一掩膜非迭代掩膜过程相比,实际运算按尽可能保存医学图像相关边缘信息的要求考虑.同一掩膜矩阵中分层掩膜组的存在,很大程度上改善了由固定掩膜矩阵所造成的系统性误判,提高了算法的准确性;对于小范围的掩膜矩阵重叠,减少了不同掩膜矩阵迭代的计算量,加快了运算速度.

2.3 图像在掩膜矩阵中的存在形式

在经过处理的二维图像矩阵中,为了进一步分析图像基本信息,以 3×3 窗口为例,将图像信息看作一种二维数据.基本的图像特征信息不可避免地出现在掩膜矩阵中,这一方法就是在一种有序的移动区域中进行搜索图像基本信息的过程.

文献[16]提出了关于端点类型在图像处理领域的应用,并将图像的结果与端点类型的判断相结合.本研究由相关中值和均值矩阵可知, 3×3 窗口中的各项基本参数对于边缘信息的判断极其重要.文献[17]提出了一种运用中值和均值对图像进行边缘检测的基本方法.因此本研究通过对比这些参数,实现了边缘信息的区分,其理论模型如图5所示.

1	4	4
1	端点	4
1	4	4

1	1	1
4	端点	4
4	4	4

1	1	1
1	端点	1
1	1	1

(a) 左右边缘区分 (b) 上下边缘区分 (c) 无边缘信息

图5 边缘理论模型

Fig.5 Theoretical edge model

图5为3种一般情况下边缘信息的示意图,其中包含了大部分边缘信息的可能性,代表着几种较为常见的边缘情况.具体是:a.在掩膜矩阵中,以像素点为中心点,左右差距很大的情况;b.当上下均值与中值相差极大时的情况;c.为在各个方向上差距都不大的情况,此时掩膜矩阵中没有边缘信息.

2.4 区分边缘信息的判断依据

在实际图像处理中,经过边缘处理的图像,往往存在杂线和缺线等边缘错误.为了解决在实际判断

过程中的问题,本研究通过设立容许值 $\delta < \delta_s$,来判断掩膜矩阵中行、列均值与中值、总体均值的比例,并以此为依据判断该像素点是否为边缘信息.参数 δ_s 可以由先验知识人为选定,通过改变 δ_s 来适应各种图像,在较小的判断区间减少了噪声影响的可能性,使得边缘信息更为清晰;中值、均值等的比较,可以从基本信息中有效区分出边缘,有效降低了算法对于信息的影响.

因此,在实际判断边缘信息时,计算中值、均值,并两两进行比值计算,当比值中有 $2/3$ 的值小于 δ_s 时,本研究认为该行或该列应当被判定为边缘信息,其详细公式如下所示.

$$\omega_{i,j} = \epsilon_1 \frac{\alpha_{i,j}}{\alpha_{i,j+1}} \quad \xi_{i,j} = \epsilon_2 \frac{\beta_{i,j}}{\beta_{i,j+1}} \quad (1)$$

$$\omega'_{i,j} = \epsilon'_1 \frac{\alpha_{i+1,j}}{\alpha_{i+1,j+1}} \quad \xi'_{i,j} = \epsilon'_2 \frac{\beta_{i+1,j}}{\beta_{i+1,j+1}} \quad (2)$$

$$T_{i,j} = \begin{cases} \text{该像素点为横向边缘信息, } \omega\omega' < \delta_s \\ \text{该像素点为列向边缘信息, } \xi\xi' < \delta_s \\ \text{该像素点不是横向边缘信息, } \omega\omega' \geq \delta_s \\ \text{该像素点不是列向边缘信息, } \xi\xi' \geq \delta_s \end{cases} \quad (3)$$

式中: $\omega_{i,j}, \xi_{i,j}$ 代表行中值与均值之间的比值, $\omega'_{i,j}, \xi'_{i,j}$ 代表列中值与均值之间的比值; $\alpha_{i,j}, \beta_{i,j}$ 为行中值, $\alpha_{i+1,j}, \beta_{i+1,j}$ 为列中值; $\alpha_{i,j+1}, \beta_{i,j+1}, \alpha_{i+1,j+1}, \beta_{i+1,j+1}$ 为均值; $T_{i,j}$ 为像素点的边缘信息; $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon'_1, \epsilon'_2$ 为影响因子,根据不同的情况自行取值,本研究考虑到行列同等重要,故取 $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon'_1 = \epsilon'_2 = 1$,而在实际计算过程中,为了保证算法的可靠性,应当在算法过程中保证其值在 $0 \sim 1$ 之间.考虑到包容性的问题,选定算法过程中的容许值 $\delta_s = 0.36$.

2.5 仿中值滤波去噪方法

在实际区分边缘信息时,即使经过边缘的判断,仍然可能存在边缘信息的错误,区分效果时常达不到医学图像处理的要求.其可能主要原因是边缘信息模糊不清,理论算法无法得出边缘信息,以及原始图像信息中夹杂着大量的噪声信息,影响算法的边缘区分.

而经过区分算法计算后的图像,一般来说已经是非黑即白的二值化图像,噪声的影响很难通过常用的滤波方法去除,且滤波后的效果也很难达到要求.考虑到图像的二值化处理,在 n 领域区域内,一定会存在如图6(以最常见的九领域内判定边缘信息为例)所示的情况,其分别有如下可能:a.单独存在的噪声点,在边缘判断过程中产生的孤立点;b.疑似边缘信息,由边缘检测算法所产生的可能存在的边缘信息;

c. 边缘信息,图像处理中希望得到的理想状态.

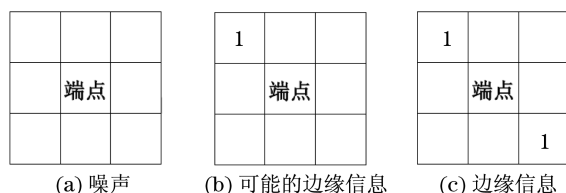


图6 九领域内快速边缘判定

Fig.6 Rapid edge determination in nine areas

因此,为了解决噪声对于最终边缘信息区分的影响,本研究提出了一种将中值滤波、掩膜理论和图像特征^[18]相结合的仿中值滤波的滤波算法,通过计算在 5×5 矩阵中边缘信息的存在情况,以此判断边缘信息的可能性,其具体算法如下:

$$H(G) = \begin{cases} 1, v > v_s \\ 0, v \leq v_s \end{cases} \quad (4)$$

式中: $H(G)$ 代表输出矩阵在该位置上的输出结果; v 代表边缘信息的值, v_s 为判定该点为边缘信息的极限值,文中设定 $v_s = 15$. 通过与传统滤波相比较,本研究判断方法与区分算法无关,仅仅依靠像素矩阵来区分目标. 该算法简单有效、快速便捷,并可以根据图像信息的不同,改变判断区域,达到快速简易去噪的结果.

3 实验方案及数据分析

3.1 实验方案

本实验所用X光片的原始图像由志愿者与复

旦大学附属中山医院提供,图像获取设备是 SIEMENS02001 系列 SIREMOBILCompact 型 C 形臂,配备 7 寸影像增强器. 采用普通扫描仪将 X 光底片转换成图片格式. 采用 Photoshop 进行简单的图像压缩处理,获得如图 7(a)所示像素为 615×600 的图片.

在实际计算过程中,为了能够降低噪声对于区分算法的影响,其具体步骤如下:

a. 等分图像信息,建立图像原始矩阵,确定判断区域;

b. 分别计算图像中值、均值,代入掩膜矩阵,使用多维度参数矩阵,确定相对参数,判断基本掩膜矩阵的大小;

c. 使用选定的迭代型掩膜组,进行掩膜处理,综合掩膜所得信息,得到图像基本边缘信息;

d. 依据边缘理论模型和图像基本信息的相互关系,计算各参数,根据式(3)判断边缘信息,获得大致边缘信息;

e. 通过仿中值滤波及边缘快速判定模型的方法,将所得的边缘图像信息进行滤波处理,获得效果较好的边缘信息.

3.2 实验结果和数据分析

本实验由算法在 Win7 平台下由 Matlab2013a 编程实现. 处理器为 Intel(R) Core(TM) 24 GHZ CPU,内存为 8 G. 具体实验效果如图 7 所示.

如图 7 所示,图 7(a)为目标区域的原始图像,图 7(b)~(j)分别为不同参数 σ 下的 canny 边缘检

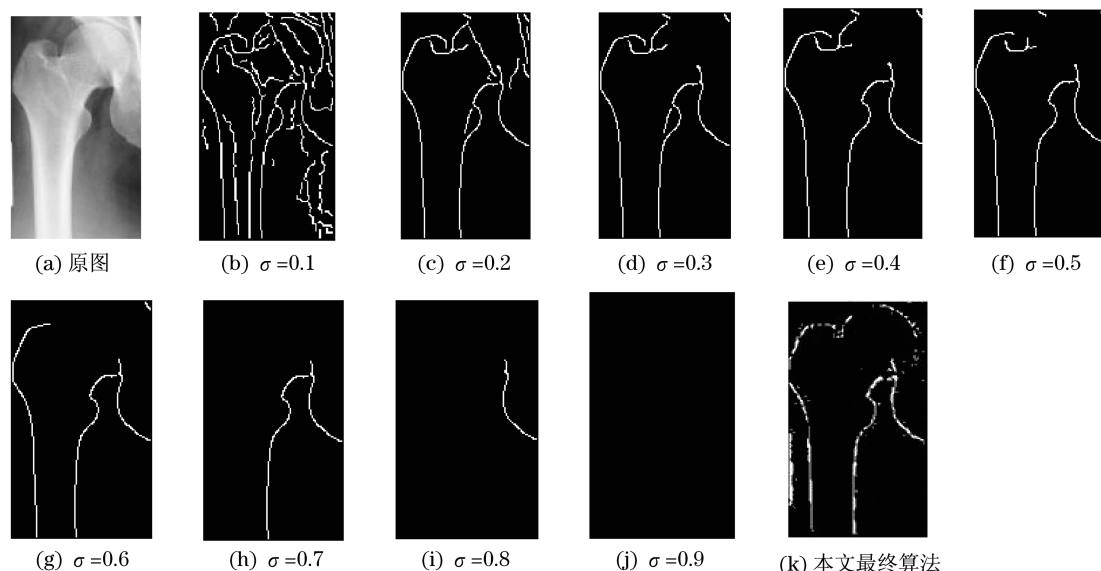


图7 股骨 X 线图像处理结果

Fig.7 Processing results of a femur X-ray image

测结果,图7(k)为本文算法的结果图像.由图7可以明显看出,图7(b)虽然在一定程度上可以区分出背景和目标区域,但是其骨组织边缘信息受到噪声的影响极大,大片非边缘信息连续呈现.而从图7(c)~(j)可以明显发现,虽然随着参数 σ 的变化,canny边缘检测的效果有着明显的变化,但在右上方的复杂区域内,出现了不可逆转的干扰和缺失.

图7(k)为本研究算法结果图,从整体上看,边缘信息存在小部分缺失和少数噪声点,绝大多数噪声点在边缘信息的附近且具有一定轮廓规律,不影响医学特征的要求;在图像的右上方,轮廓边缘点清晰可见,抗噪性能在该区域得到提升,并有利于后续医学图像连接处理.

4 结束语

本研究提出了一种基于掩膜的区分算法.该算法通过掩膜理论和图像基本信息的结合,边缘类型和噪声基本形式相统一,实现了适应性较强的边缘区分优势.其优势主要表现为:a.基于掩膜理论减少了掩膜外噪声的影响;b.仅与图像基本特征相关,降低了算法理论误差;c.多参数的结合,提高了抗噪声的能力.

和传统边缘检测方法相比,本研究虽然在一定程度上满足了医学图像上对于边缘信息的要求,但是在敏感边缘上仅仅能提供大致边缘信息点.因此本文算法为进一步研究医学图像处理提供有力的支持,而去噪和整合边缘信息方面的研究,将是今后的重点研究方向.

参考文献:

- [1] 金刚.自适应Canny算法研究及其在图像边缘检测中的应用[D].杭州:浙江大学,2009.
- [2] 胡敏,宋银龙.基于二维Otsu和模糊聚类的图像分割算法[J].计算机应用研究,2012,29(4):1563-1565.
- [3] WANG S L, XU Y R, PANG Y J. A fast underwater optical image segmentation algorithm based on a histogram weighted fuzzy C-means improved by PSO[J]. Journal of Marine Science and Application, 2011, 10(1):70-75.
- [4] ZHANG X H, LIU L N. 2-D minimum fuzzy entropy method of image thresholding based on genetic algorithm[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2005, 16(3):557-560.
- [5] 吴丹,蔡晓东,谢月飞,等.基于直方图分析和Otsu算法的文字图像二值化[J].计算机与现代化,2013(7):117-119,234.
- [6] CHEN D L, YANG Y R, FAN C G. Nonlinear flutter of a two-dimension thin plate subjected to aerodynamic heating by differential quadrature method[J]. Acta Mechanica Sinica, 2008, 24(1):45-50.
- [7] 吴涛,秦昆,区磊海,等.图像二维阈值分割的数据场方法[J].华南理工大学学报(自然科学版),2010,38(11):128-134.
- [8] 申铨京,龙建武,陈海鹏,等.三维直方图重建和降维的Otsu阈值分割算法[J].电子学报,2011,39(5):1108-1114.
- [9] 李攀,黄黎青,宋允东.基于掩膜预处理的稀疏表示和压缩感知图像重建[J].电子测量技术,2015,38(8):79-81.
- [10] 张亚涛,吉书鹏,王强锋,等.基于区域对比度的图像清晰度评价算法[J].应用光学,2012,33(2):293-299.
- [11] 齐兴斌,赵丽,李雪梅,等.基于直方图梯度计算的T2加权脑部MR图像自动分割[J].计算机应用研究,2015,32(5):1576-1579.
- [12] 邵平,杨路明.基于广义掩膜积分图像的快速模板匹配[J].计算机科学,2008,35(6):223-226.
- [13] ZOU Y L, WANG G Y, ZHANG L. Fast small offshore target detection based on object region characteristic[J]. Acta Automatica Sinica, 2005, 31(3):427-433.
- [14] XU L. Least mean square error reconstruction principle for self-organizing neural-nets[J]. Neural Networks, 1993, 6(5):627-648.
- [15] 黄小乔,石俊生,杨健,等.基于色差的均方误差与峰值信噪比评价彩色图像质量研究[J].光子学报,2007,36(S):295-298.
- [16] 左俊彦,张建国,钟涛.基于Canny检测的股骨边缘轮廓连接算法[J].山东大学学报(工学版),2015,45(3):65-72.
- [17] 张恒,雷志辉,丁晓华.一种改进的中值滤波算法[J].中国图象图形学报,2004,9(4):408-411.
- [18] 门蓬涛,张秀彬,张峰,等.图像特征识别方法研究[J].微计算机信息,2014,20(5):103-105.

(编辑:丁红艺)