

# 数字 CR 医学图像自适应增强算法研究

*The research of digital CR medicine image adaptive enhancement algorithm*

(1.空军航空大学;2.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 张明慧<sup>1,2</sup> 黄廉卿<sup>2</sup>  
ZHANG Ming-hui HUANG Lian-qing

**摘要:** 数字 CR(Computed Radiography)医学放射图像以其高灰阶分辨率、强大的计算机图像后处理功能、小辐射剂量、无胶片诊断、异地会诊等优势,已成为医学成像技术新的热点。然而在成像过程中,由于人体结构和组织的复杂性以及成像系统中的 X 线散射、电器噪声等各种不利因素的影响导致图像质量的下降,主要表现为细节模糊、对比度差,要对其进行增强处理以改善其视觉质量,便于医生更准确地诊断。而目前通用的 CR 图像增强方法对比度和噪声增强过度,丢失细节,为此提出一种基于邻域标准差与均值之比自适应增强算法。算法能根据 CR 图像的邻域标准差与均值之比来调节增强程度的加权因数 k,从而自适应的增强 CR 图像的边缘细节。实验证明,该算法处理后的 CR 图像细节丰富,信噪比高,具有良好的视觉效果,是一种有效的适合 CR 医学放射图像的自适应增强算法。

**关键词:** CR 医学图像; 自适应增强; 邻域标准差; 均值

**中图分类号:** TP751.1

**文献标识码:** A

**Abstract:** Digital CR medicine radiation image is in doctor's favor and has become medicine imaging technology new hot spot because of its high gray contrast, powerful computer disposal function, little radiation dosage, non-film diagnosis, different area consultation. But degradation of digital X-ray medical image such as low contrast and blurring during radiographic imaging, caused by complexity of body tissue and effects of X-ray scattering and electrical noise etc., can worsen the results of analysis and diagnosis. So it is usually needed that CR medicine image is enhanced to improve its vision quality, and easy to doctor's more accurate diagnosis. The general enhancement algorithms over enhancing the contrast and lose image details, aiming at the defects, an enhancement algorithm for CR image is proposed based on the ratio of deviation to mean of domain. The arithmetic enhance CR image edge details by adjusting factor K based on the ratio of deviation to mean of domain of CR image. Experiment results demonstrate that the algorithm enhances CR image detail and CR image enhanced has good visual effect, the adaptive enhancement method is fit for CR medicine image.

**Key words:** CR medicine image; adaptive enhancement; local standard deviation; mean

## 1 引言

数字 CR(Computed Radiography)放射成像以其高灰阶分辨率、强大的计算机图像后处理功能、小辐射剂量、无胶片诊断、异地会诊等优势,深受放射医生的青睐,同时作为实现图像存档和传输系统(PACS)的先决条件,已成为医学成像技术新的热点。由于人体结构和组织的复杂性,以及数字 CR 系统中各种不利因素的影响,使得数字 CR 医学放射图像的特点不同于一般的视频图像,表现为图像动态范围宽、细节丰富、对比度差。为此,通常需要对 CR 医学图像进行增强处理,以改善其视觉质量,便于医生更准确地诊断。而由于医学图像的特殊性,改善图像质量应该以不丢失图像细节、不引入噪声、不引起细节失真为前提,以避免医生的误诊。

目前常用图像的增强方法都没有考虑到人体不同部位的特点而进行细节增强,为此本文提出了基于邻域标准差与均值之比的 CR 医学图像自适应增强方法,该方法采用邻域标准差与均值之比作为自适应地调节细节增强系数的根据来增强 CR 图像,减少噪声,提高图像的细节信息,以便提高医生诊断正确率。

张明慧:副教授 博士

基金项目:基金申请人:黄廉卿;项目名称:数字 X 光影像仪研究;基金颁发部门:中国科学院(CO2E06Z)

## 2 基于邻域标准差与均值之比的 CR 医学图像自适应增强方法

### 2.1 自适应算法原理

CR 图像自适应增强处理主要是指根据图像的灰度值自适应地增加像点之间亮度差异来加强 CR 图像中的轮廓边缘和细节,形成完整的物体边界,提高图像的可读性。自适应处理方法是像素的邻域统计特性为依据的,可以对图像的各个区域实施有效的增强。

CR 图像自适应边缘细节增强公式如下:

$$Q_{L(x,y)} = g(Q_{(x,y)}) = Q_{(x,y)} + K(Q_{(x,y)}) \times [Q_{(x,y)} - Qus_{(x,y)}] \quad (1)$$

式中  $Q$  代表原始图像,  $Q_L$  代表经过处理的影像;  $K$  为增强程度的加权因数。其中  $Qus$  可由下式得出:

$$Qus_{(x,y)} = \frac{\sum_{i=x-[(M-1)/2]}^{x+[(M-1)/2]} \sum_{j=y-[(N-1)/2]}^{y+[(N-1)/2]} Q(i,j)}{M \times N} \quad (2)$$

式中  $M \times N$  代表模板的大小,通常  $M = N$ 。

公式 1 中,决定增强程度的加权因数不是一个常数,应根据 CR 图像灰度特性来调节增强程度的加权因数。如果增强增益选择得太大,会使高对比度区域产生不希望的振铃现象,同时使平缓区域的噪声被明显放大;但如果增强增益选择得太小,又会使图像达不到要求的增强效果。必须根据图像的不同灰度性质来确定增强增益的取值,即自适应 CR 图像边缘增强算法重要

的环节就是如何确定值的自适应性。

## 2.2 自适应增强系数 K 取值原理

根据图像的局部信息来自适应地调节增强系数,以更好地滤除噪声和保留图像中重要的细节信息。建立在对 CR 图像统计特性的分析基础之上,采用标准差与均值之比作为调节权值的根据,自适应地调节细节增强系数,即定义局域标准差  $\sigma_{i,j}$  与均值  $\mu_{i,j}$  之比  $K_{i,j}$  为:

$$K_{i,j} = \frac{\sigma_{i,j}}{\mu_{i,j}} \quad (3)$$

其中:

$$\mu_{i,j} = \frac{1}{n^2} \sum_{(i,j) \in W} x_{i,j} \quad (4)$$

$$\sigma_{i,j} = \frac{1}{n} \sum_{(i,j) \in W} (x_{i,j} - \mu_{i,j}) \quad (5)$$

由于自适应权值调节增强方法是根据图像的局部信息来自适应地调节细节增强参数,在对图像细节保留上表现较好;方法采用的局部特征有很好的代表性,能较好地满足 CR 图像增强的要求。算法涉及到计算量比较大,适用于 CR 图像的后处理部分。

## 3 实验结果及分析

如图 1 所示,其中 a 图为一幅 338×432 的患有急性阑尾炎的原始腹部图像,b 图是对原图做对数变换后得到的图像,c 图是原图的线性反锐化掩模法处理后的图像,采用 3×3 模板,增强系数 K 为常数 2;d 图是原图经过基于局部标准差和均值之比的自适应增强算法处理后的图像,采用 7×7 模板。从 d 图中可以看出经过本文所提出算法处理的结果图像较原图清晰,噪声小,细节锐利,轮廓清晰,视觉效果好。

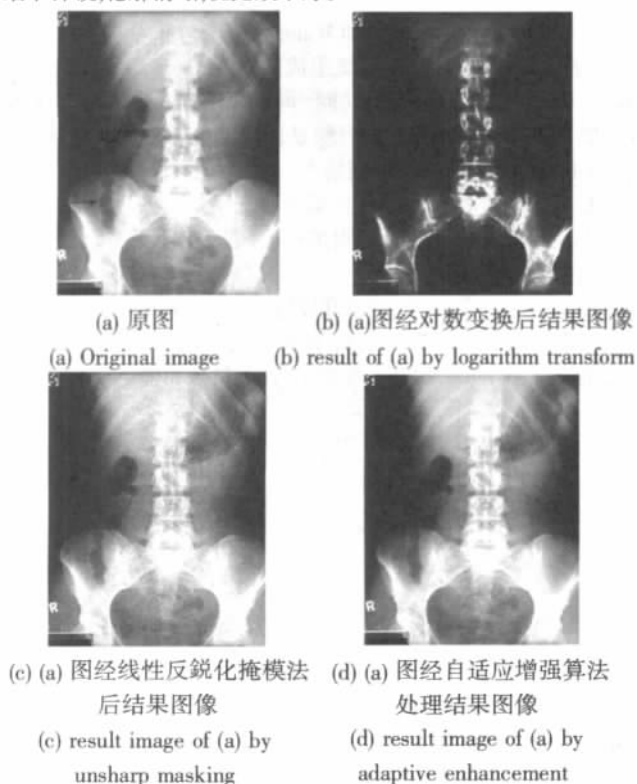


图 1 几种算法处理腹部图像结果

Fig.1 abdominal image results by several algorithm

利用细节-背景方差比(DV/BV)来评价反锐化掩模法的细节增强能力和噪声敏感度。细节方差(Detail Variance,DV)为图像所有细节区像素的局部方差均值,而背景方差(Background Variance,BV)为所有背景区像素的局部方差均值。如果像素的局部方差大于某一阈值,则该像素就属于细节区,否则属于背景区。在此,利用文献中的方法确定图像背景/细节区的阈值。Skarabot 指出,DV/BV 越大,表示图像细节越丰富,噪声越小;反之表示图像噪声越严重。DV、BV 的计算方法见文献。

表 1 中,分别给出了图 1 中几幅图像的算法性能评价指标对比。在表中,对数变换处理后的图像具有灰度值过低,造成图像的部分失真,缺失了图像增强的意义。从表中可以看出基于局部标准差和均值之比的自适应增强方法具有较大的 DV 值和最小的 BV 值,即具有最大的 DV/BV 值,是对数变换 DV/BV 值的 6.5 倍,是线性反锐化掩模法 DV/BV 值的 3.8 倍,表明此图像利用基于局部标准差和均值之比的自适应增强算法增强后的图像具有最丰富的细节,最小的噪声,是一种适合 CR 图像的细节增强的较好算法。

表 1 图 1 中几幅图像的算法性能评价指标

Tab.1 algorithm performance evaluation of several images in fig1

评价指标	原图	对数变换	线性反锐化掩模法	基于局部标准差和均值之比的自适应增强
DV	89.57	250.343	215.006	127.156
BV	0	25.506	12.842	1.998
DV/BV		9.815	16.742	63.705
PSNR		9.610	31.679	38.978

## 4 结论

针对传统 CR 图像边缘增强方法增强细节与抑制噪声不能兼顾的缺点,提出了基于邻域标准差与均值之比的自适应增强方法。建立在对 CR 图像统计特性的分析基础之上,采用标准差与均值之比作为调节权值的根据,自适应地调节细节增强系数,该方法有效地抑制 CR 图像中的噪声,同时较好地保留图像中对后期诊断有用的解剖结构信息,是一种适合 CR 图像的自适应增强算法。

本文作者创新点:提出了基于邻域标准差与均值之比的 CR 医学图像自适应增强算法,采用标准差与均值之比作为自适应地调节细节增强系数的根据。

### 参考文献

- [1]蔡艳艳,徐力平,郭常盈等.模糊逻辑法在矽肺 X 线图像增强中的应用[J].微计算机信息,2008,2-3:290-291.
- [2]张明慧.数字 CR 医学图像自适应增强方法研究[D].长春:中科院长春光学精密机械与物理研究所,2006
- [3]祁吉,高野正雄.计算机 X 线摄影.北京:人民卫生出版社,1997:3-4.
- [4]Andrea Ploesel, Giovanni Ramponi, V.John Mathews. Image enhancement via adaptive unsharp masking[J]. IEEE Trans. Image Processing, 2000, 3(9): 505-510.
- [5]SEZAN M I, TEKALP A M, SCHAEZTUNG R. Automatic anatomically selective image enhancement in digital chest radiography [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1989, ISSN:0278-0062, 8(2):154-162
- [6]Skarabot A, Ramponi G, TOFFOLI D. Image sequence processing for videowall visualization [J]. Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2000 Vol 3961, 138-147. ISSN: 0277-786X.

(下转第 3 页)

观察也可以看出原来图 1 中存在的位移差已经消除。其中图像左边的黑边是原来多光谱图像中 5 波段图像没有而其他波段图像有的部分,在新的配准后图像组中为了将几何位置对齐,将 5 波段图像向右移动,而其余波段图像的这部分均填黑。

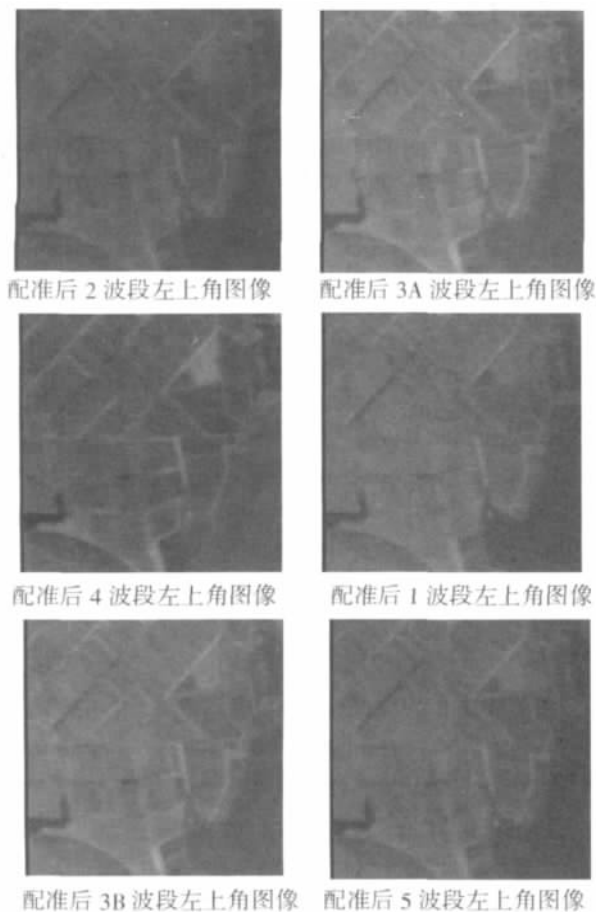


图 3 配准后图像组左上角图像(200\*200 像素)

为了更明显地看出配准的效果,本文用 2、3、5 波段作为 RGB 图像的三个通道,对三个波段的图像进行简单的 RGB 融合,生成彩色图像,如果三幅图像间有位移(>1 像素),在合成图像中就会出现非常明显的模糊和错位。图 4 给出了配准前后两组图像的融合 RGB 图像以进行对比。由图 4 可以看出,配准前的融合图像明显有错位现象,不同颜色的线条非常明显,而配准后的图像线条都是同一种颜色,线条清晰。这说明三个通道的图像几何位置对齐了,所以融合后不会出现线条错位现象。

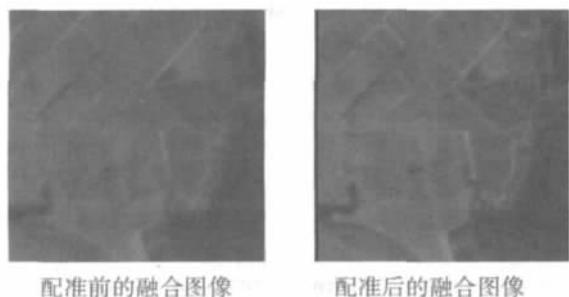


图 4 配准前后 2、3、5 波段合成的 RGB 图像

## 5 结论

本文在处理遥感多波段 CCD 图像时,提出了一种基于图像灰度的归一化积相关的小窗口多次匹配后通过剔除误匹配点

的可靠性配准方法。通过实验证明,该方法可靠性高,计算速度快,可以实现在线配准,得到的配准图像的精度可以满足拼接、融合等后继处理。

本文作者创新点:针对文中处理的多光谱 CCD 图像的特点,提出了一种基于图像灰度的归一化积相关的小窗口多次匹配后通过剔除误匹配点的可靠性配准方法,其精度可达到子像素级。

### 参考文献

- [1]王艳丽. 基于多源图像融合的影像匹配技术研究[D]. 北京: 北航博士研究生学位论文, 2003.
- [2]林德萃. CBERS-1 卫星 CCD 相机的研制[J]. 航天返回与遥感, 2001, 22(3): 4-8.
- [3]Haikel Salem Alhichri, Mohamed Kamel Image registration using virtual circles and edge direction. IEEE 16th International Conference on Pattern Recognition. Quebec, CANADA: IEEE, 2002, 2. 969-972.
- [4]Xie Zhi-yong Image registration using hierarchical B-Splines [D]. USA:Arizona state university, 2002.
- [5]上官晋太, 郭慧, 杨汝良. 互信息配准的一种改进算法[J]. 微计算机信息, 2009, 1-3: 253-254.
- [6]Rosenfeld and A. C. Kak, Digital Picture Processing, Vol. 1 and Vol. 2, Academic Press, Orlando, FL, 1982.
- [7]黄锡山,陈慧津,陈哲. 影像匹配误匹配点的剔除算法研究[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(8):783-787.

作者简介:陈慧津(1979.11-),女(汉族),湖南省武冈市人,博士研究生,主要从事图像配准及融合、影像匹配及相关图像处理的技术研究。

**Biography:**CHEN Hui-jin (1979.11-), female, han, Wugang, Hunan province, Ph.D candidate, research area is multi-resource image registration and fusion, image processing and image matching.

(100083 北京 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院) 陈慧津 赵龙 陈哲

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics, School of Automation Science and Electrical Engineering, Beijing 100083, China) CHEN Hui-jin ZHAO Long CHEN Zhe  
通讯地址:(100083 北京 北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院) 陈慧津

(收稿日期:2009.04.13)(修稿日期:2009.07.13)

### (上接第 15 页)

作者简介:张明慧(1974-),女(汉),吉林长春人,空军航空大学计算机教研室副教授,博士,主要从事数字图像处理方面的研究。

**Biography:**ZHANG Ming-hui (1974-), female, (Han), JiLin Province, Air Force Air University Associate Professor Department of Computer, Doctor, Major Research area. is Digital image processing.

(130022 长春 空军航空大学) 张明慧

(130033 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 张明慧 黄廉卿

(Air Force Aviation University 130022, ChangChun 130022, China) ZHANG Ming-hui

(ChangChun Institute of Optics Fine Mechanics and Physics, 130033, China) ZHANG Ming-hui HUANG Lian-qing

通讯地址:(130022 吉林省长春市人民大街 7855 号计算机教研室) 张明慧

(收稿日期:2009.03.27)(修稿日期:2009.06.27)