

论 著

灰度归一化在鼻窦CT图像中的应用

上海交通大学医学院计算机教研室

(上海 200025)

朱浩栋 陈 瑛 龚著琳
章 鲁

【摘要】目的 设计一种快速有效的鼻窦CT图像灰度归一化处理办法,消除或减小采用不同窗参数设置的鼻窦CT显示图像之间同质组织不同灰度上的差异。**方法** 数字化图像预处理后,像素灰度做相对光密度转换得到归一化图像;实验同时评估了转换前后图像和病变组织的灰度准确性和一致性。**结果** 鼻窦CT图像灰度归一化处理后同一性质的病变组织灰度均值和方差比处理前更趋于一致。**结论** 该方法运算速度快,受外界条件的影响较小,有利于后续图像识别和检索等操作。

【关键词】 鼻窦CT图像;灰度归一化;数字扫描;相对光密度

【中图分类号】 R765.4; R445.3

【文献标识码】 A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.05.006

通讯作者:朱浩栋

The Application of Grey Scale Normalization on Sinus CT Image

ZHU Hao-dong, CHEN Ying, GONG Zhu-lin, ZHANG Lu. Computer Science Department of Medical School, Shanghai Jiaotong University, shanghai 200025

[Abstract] Objective To design a rapid and effective grey scale normalization method on sinus CT images, which is used to eliminate or reduce the inconsistency of sinus CT image grey scale result from different settings of imaging factors. **Methods** After preliminary digitalized image processing, relative optic density transformation for grey scale are applied. We get grey scale normalized images and analyze the grey scale of before and after transformation images and pathological changed tissue regions for assessment of accuracy and consistency. **Results** After relative optic transformation, the mean and variance value of same pathological changed tissue grey scale are tend to more consistency. **Conclusion** The method has high operational speed and little outside influence, is helpful to follow-up image operation such as image recognition and image retrieval.

[Key words] Sinus CT Image; Grey Scale Normalization; Digital Scan; Relative Optic Density(ROD)

计算机网络技术的飞速发展,使得数以千兆万兆计的医学图像信息日增月长^[1]。在现有的集群、网格和云计算环境中存储着海量的医学图像。因图像获取条件的不同存在着质量差异,其中经胶片扫描后数字化保存的医学图像大量存在。无论人工还是计算机诊断,都是通过不同级别的灰度显示确定某种组织的解剖或者病理信息。对组织密度及其分布研究,进而分析判断病情现状以及预期未来进展,主要依靠灰度分析。

但在医学成像及存储过程中,即便是同质的人体组织也可能会表现为不一致的灰度信息。这种灰度不一致性不只是出现在不同病例的影像数据之间,也可能出现在同一病例的不同扫描序列之间,甚至出现在相同病例的同一扫描序列内部^[2]。

因此,在消除由成像参数设置等造成的灰度差异的同时,又保留图像中具有一定诊断作用的灰度差异,对后续的图像分割、配准操作有重要作用^[3]。灰度归一化处理可以消除成像因素对图像灰度的影响,尤其对像素灰度信息受到窗设置参数的影响很大的CT显示图像,减小不同图像之间同种性质组织灰度上的差异,为后续的图像处理提供有效的支持。

1 灰度归一化方法

采用外加标记物的方法可以准确地标定成像组织的图像灰度^[4],但受到操作条件的限制而不能广泛应用。James.D.Christensen^[5]在进行大脑磁共振的研究中,采用了计算直方图偶阶导数来归一化脑灰质、白质的图像灰度。Juergen Dukart等人^[6]对阿尔茨海默症的FDG_PET图像采用了小脑和周围组织的灰度归一化处理办法,以便后续算法更易于发现痴呆和划分疾病程度。

在磁共振图像归一化过程中, Dominik等人^[7]采用了分等级模型,采纳组织类别分割的结果作为灰度归一化的先验知识,用作组织类别

标签输入归一化处理中。

为提高同类别像素间灰度差异对不同类别间的灰度差异不敏感性,文献^[8]采用了图像灰度级和对比度归一化方法用于对象识别。文献^[9]对乳腺X线成像采用了遗传算法和非线性算法两种方法进行灰度级的归一化。欧洲医学网格研究中推出了Standard Mammogram Form(SMF)算法^[10],利用成像信息计算像素点所对应的非脂肪组织厚度,推算出归一化的 h_{int} 值来表示图像中非脂肪组织的灰度,克服了密度组织表示上灰度的不确定性。

上述的灰度归一化方法,采用图像直方图或者图像组织特征对灰度作归一化,均取得了很好的实验效果。

2 相对光密度转换

医学胶片图像扫描数字化过程中是通过胶片上的光密度改变

来表示光线通过胶片前后的变化。光密度(Optical Density)的理论基础则来源于Lambert-Beer吸收定律(见公式2-1),说明物质对单色光吸收的强弱与吸光物质的浓度(c)和液层厚度(b)间的关系的定律,是光吸收的基本定律。

$$A = \text{Log}(I_{in}/I_{out}) = KCb \quad (2-1)$$

A: 光密度; I_{in} : 入射光强度; I_{out} : 透射光强度; K: 比例常数; C: 物质浓度; b: 物质厚度

根据上式,可由光强度计算出光密度:

$$OD = -\text{Ln}(I/I_0) = \text{Ln}I_0 - \text{Ln}I \quad (2-2)$$

其中: OD为光密度; I_0 是入射光强度; I为透射光强度。

光密度易于计算,但无法消除加法误差和系统误差,因此本实验中引入了相对光密度(ROD)这一衍生参数。相对光密度可以是对目标区域内的单个像素而言,

也可以是根据统计公式计算目标区域内各像素的统计特性。其计算公式如下:

$$\text{Rod} = \Sigma N / \Sigma M \quad (2-3)$$

其中 ΣM 表示目标区域内像素的总数; ΣN 表示该区域内灰度值小于G值的像素总数。

由式(2-3)像素的绝对光密度和灰度之间的单调关系可知,绝对光密度大于OD的像素数等于灰度值小于相应像素点灰度值的像素数。因此在后续计算中,可通过灰度值小于 $G(x, y)$ 的像素数来计算Rod。

3 实验数据分析

CT能够准确显示鼻窦窦口复合体区的解剖变异^[11],是鼻窦内窥镜术前必不可少的检查方法。图像常用两种窗对比观察:软组织窗(窗位65HU,窗宽350HU)和骨窗(窗位200HU,窗宽2000HU)。胶片扫描后的图像难以通过窗参

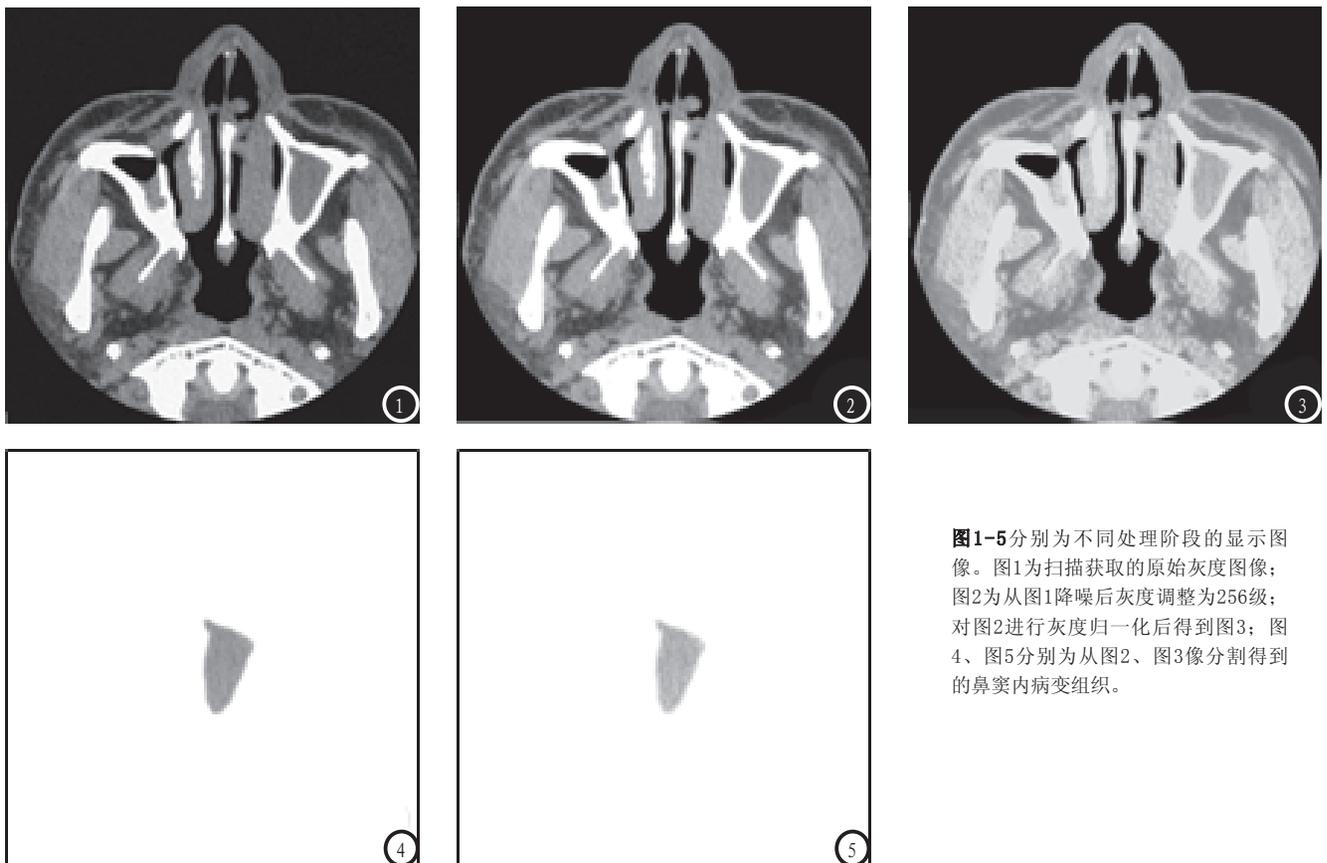


图1-5分别为不同处理阶段的显示图像。图1为扫描获取的原始灰度图像;图2为从图1降噪后灰度调整为256级;对图2进行灰度归一化后得到图3;图4、图5分别为从图2、图3像分割得到的鼻窦内病变组织。

数进行灰度调整,只能依靠图像本身的灰度信息进行优化。

首先,对图像做基本的降噪声预处理,去除无关的文字信息;其次,扫描后的图像灰度级范围不等,因此调整灰度级统一转换成256级;然后对像素灰度进行相对光密度转换(按公式3-3),得到归一化后的图像。

为评估采用该方法处理后图像中的同种性质组织是否具有相同或相似的灰度值,从而能够进行图像的组织对比和诊断,实验分割提取了鼻窦窦腔内的病变软组织,计算区域灰度分析其归一化的效果。

本文的实验数据采集自上海交通大学附属仁济医院五官科鼻内窥镜手术病例的CT图像,共15例,采用Visual C++编程处理图像计算。采用手工勾画边界分割方法,将窦腔内的病变软组织进行分割,计算归一化前后全图以及病变组织的平均灰度信息,采用SPSS 14.0进行统计分析。

表1为病变组织灰度统计的均值与方差。

对归一化前后病变组织灰度均值的变异系数,结果见表2。

表1 归一化前后病变组织平均灰度统计分析

参数	转换前	转换后
灰度均值	134.43 ± 7.80	177.85 ± 1.38

表2 变异系数比较结果

参数	转换前	转换后
变异系数	5.8%	0.78%

实验数据图像由不同病例扫描转换而来,由表3.1的统计结果显示,由于成像窗参数不同,使得在转换后的显示图像中,窦腔内病变组织的灰度有很大的差异。病变组织的平均灰度标准差为7.8,灰度均值数据的变异系数为5.8%,对于与阈值相关的图像

处理以及灰度特征检验增加了计算的难度。经过灰度归一化处理之后,病变组织的平均灰度大小差异减小,标准差为1.38,变异系数只有0.78%。由于样本数较少,对两组平均灰度进行t检验,计算结果 $t > t_{0.05}$, $P < 0.05$,说明归一化处理后的显示图像平均灰度的变异减小。结合变异系数的计算结果,显示图像灰度归一化以后,病变组织显示灰度一致性有很大的提高。

4 结束语

本文提出的灰度处理方法,有效地降低了CT胶片图像数字化后带来的灰度不一致性,处理快速简便,提高了图像内容显示的准确性,作为医学图像数据库中必要的图像预处理环节,有利于图像的认识和诊断。

参考文献

1. Raquel Trindade, Nuno C. Ferreira, et al. Development of Medical Image Database for Data Mining and Group Analysis Applications[A], Procedia Technology[C], CENTERIS 2012, vol 5, 912-921.
2. Benoit M. Dawant, Alex P. Zijdenbos, Richard A. Margolin. Correction of Variations in MR images for computer-aided tissue classification[J], IEEE Trans. Med Imaging, 1993, 12(4): 770-781.
3. Ulas Bacgi, Jayaram K. udupa, et

- al. The role of intensity standardization in medical image registration[J], Pattern Recognition Letters, 2010, 31, 315-323.
4. C.C.Leung, P.C.K.kwok, K.Y. Zee, et al. Estimation of the grey level variations in soft and hard peri-implant tissue from X-ray images[A], Proc. 19th International Conference-IEEE/EMBS[C], 1997, 2: 802-805.
5. James D. Christensen, Normalization of brain magnetic resonance imaging using histogram even-order derivative analysis[J], Magnetic Resonance Imaging, 2003, 21: 817-820.
6. Juergen Dukart, Karsten Mueller, Differential effects of global and cerebellar normalization on detection and differentiation on dementia in FDG-PET studies[J]. Neuroimage, 2010, Vol. 49, 1490-1495.
7. Dominik S. Meier, Charles R.G Guttman, Time-series analysis of MRI intensity patterns in multiple sclerosis[J], Neuroimage, 2003, 20: 1193-1209.
8. Zhengwu Yang, Tao Fang. On the accuracy of image normalization by Zernike moments[J], Image and Vision Computing, 2010, 28: 403-413.
9. Wei Qian, Ravi Sankar, et al. Standardization for image characteristics in telemammography using genetic and nonlinear algorithms[J], Computer in Biology and medicine, 2005, 35: 183-196.
10. Fran Berman, Geoffrey Fox, Anthony J.G. Hey. Grid computing-Making the Global Infrastructure a Reality[C], 2002, 65-100.
11. Zhang Tie, GuoJi-Wen, et al. The significance of Multi-Slice CT in observation of Ostiomeatal Complex Anatomic variation and paranasal sinusitis [J], Chinese Journal of CT and MRI, 2013, Vol. 11, 26-27.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2015-03-26