2010年 12月 DURNAL OF SHIJIA ZHUANG TIEDAO UN NERSITY (NATURAL SCIENCE) Dec. 2010

基于提升小波变换的医学图像融合算法

穆 莹 王学军

(石家庄铁道大学信息科学与技术学院,河北石家庄 050043)

摘要:图像融合是将多幅图像的信息综合到一幅图像的技术,它使得融合后的图像包含更 为准确、更为全面可靠的图像描述。为了改善传统医学图像融合算法对细节信息的丢失、采用 提升小波的方式将源医学图像进行分解,并分别对高低频采用不同的融合规则,最后经小波逆 变换得到目标图像。仿真实验结果表明,该算法是有效可行的。

关键词:图像融合:医学图像:提升小波

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2010) 04-0058-04

0 引言

近年来医学影像技术被广泛的应用于临床诊断中。由于不同设备的成像原理存在差异,所以反映出 的身体组织不同。例如 CT具有很高的空间分辨率,骨骼可以清晰成像,可以对病灶进行较准确的定位, 但是软组织却无法清晰地显示。MRI的空间分辨率不及 CT图像, 但是对软组织成像清晰, 可以准确界定 病灶的范围,它的不足之处恰是对钙化不敏感,不利于疾病的鉴别诊断。因此,为了对医学诊断提供较准 确的图像,对多种模态的医学图像进行融合是必要的。采用提升小波进行图像的分解和重构。该方法克 服了原来小波平移伸缩不变的局限性,降低了小波变换过程计算的复杂性,使得融合效果有了明显提高。

1 提升小波变换

离散小波变换 (discrete wavelet transform, DWT)已经成功地应用于信号分析、图像处理、模式识别、医 学成像与诊断等领域。常用的二维离散小波变换采用 Mallat算法,通过图像的水平和垂直方向交替采用 低通和高通滤波实现,这种基于卷积的离散小波变换计算量大,复杂度高,对存储空间的要求高。 20世纪 90年代 Sweldens等提出的一种不依赖于傅立叶变换的新的小波构造方法——提升格式。提升小波变换 又被称为第二代小波变换技术。提升小波算法^[1-2]的分解部分是将基础的小波变换过程分成了三个阶 段,分别是:分裂 (Split)、预测 (Prediction)和更新 (Update 修正)。

(1)分裂。即将源图像的信号 $C_{i=1}(n)$ (同 M allat算法, *j*代表小波的分解层次, *j* = 0, 1, ...) 按奇偶 性分为两个子集,分别表示信号的低频分量和高频分量。偶子集 $x_e(n) = C_{F_1}(2n)$,奇子集 $x_e(n) = C_{F_1}(2n)$, 奇子集 $x_e(n) = C_{F_1}(2n)$ $C_{i-1}(2n+1)$,该部分的表达式为

> $\operatorname{Split}(C_{i-1}(n)) = (C_{i-1}(2n), C_{i-1}(2n+1)) = (x_e(n), x_o(n))$ (1)

(2)预测。定义预测算子 P,使得偶子集 $x_e(n)$ 的预测值 $P(x_e(n))$ 预测奇子集 $x_e(n)$,即采用相邻 的偶子集预测奇子集,预测过程的表达式为

$$x_o(n) = x_o(n) - P(x_e(n))$$
⁽²⁾

(3)更新。利用计算好的奇子集对偶子集进行更新以保持原有特性。构造更新算子 U对预测过程得 到的新子集进行更新,得到的新偶子集将保持原有数据集的重要特性。更新过程的表达式为

$$x_e(n) = x_e(n) + U(x_o(n))$$
⁽³⁾

对低频分量继续进行提升小波分解,即可以创建多级变换。提升小波的重构步骤如下:①反更新:

收稿日期: 2010-05-17

作者简介:穆莹 女 1987年出生 硕士研究生 ◎ 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

 $\begin{aligned} x_{e}(n) &= x_{e}(n) - U(x_{o}(n)); @ 反预测: x_{o}(n) &= x_{o}(n) + P(x_{e}(n)); @ 合并: x(n) &= M \operatorname{erge}(x_{e}(n), \\ x_{o}(n)) &= M \operatorname{erge}(C_{j-1}(2n), C_{j-1}(2n+1))_{o} \end{aligned}$

由上述可知,提升小波的重构即是分解的逆过程。

2 基于提升小波的图像融合算法

小波图像融合^[3-5]具有时域和频域局部性特性,即通过小波变换将源图像分解到不同的频率通道中, 分别进行图像的融合处理。下面对所采用的高低频部分的融合规则进行简单的描述。

21 低频部分的融合规则

低频部分反映了源图像在该分辨率上的概貌,包括了源图像主要细节的信息。采用通过对源图像低频部分均匀度测度^[67]的计算来确定加权因子以最大限度的获取源图像低频部分的细节信息。均匀度的 公式

$$O(f_k) = \frac{1}{N \times N} \sum_{(i,j) \in f_k} w(m_k) \times \frac{|f(i,j) - m_k|}{m_k}$$

$$\tag{4}$$

式中, f_k 为图像f(i, j) 中大小为 $N \times N$ 的块; $O(f_k)$ 表示块 f_k 的均匀度; m_k 为 f_k 的均匀值; $w(m_k)$ 为根据 块平均亮度调整的加权因子, 可由 $w(m_k) = (1/m_k)^a$ 来确定。本文实验取 N = 8

通过计算每幅图像低频部分的各个块的均匀测度,比较相互之间对应块的测度值,通过下述融合规则进行图像融合:

(1)如果满足
$$O(f_k^l) \ge O(f_k^l) + T_h$$
,则 $f_k(i,j) = f_1(i,j)$;

(2)如果满足 $O(f_k^1) \leq O(f_k^2) - T_h$,则 $f_k(i, j) = f_2(i, j)$;

(3)以上如果都不满足,则 $f_k(ij) = (f_1(ij) + f_2(ij))/2$ 。

这里的 $O(f_k^1)$, $O(f_k^2)$ 分别为两幅源图像的均匀测度, $f_k(i, j)$ 为融合图像的灰度值, T_k 为阈值参数, 同样也是个经验因子, 本文假定 $T_k = 0$ 1。

2 2 高频部分的融合规则

高频部分包括源图像大量的边缘细节信息。采用分别计算两幅图像分解后的水平、垂直、对角方向 的高频分量的空间频率比^[8]确定权值,然后采用加权融合规则对图像进行融合处理。

空间频率的大小对图像的清晰度有至关重要的作用,空间频率值越大,图像也就越清晰。对于大小为 *M* ×*N* 的图像,行频率和列频率可用如下公式来表示

$$RF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=2}^{N} (f(i, j) - f(j, j-1))^2}$$
(5)

$$CF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=2}^{M} \sum_{j=1}^{N} (f(i, j) - f(i-1, j))^2}$$
(6)

$$SF = \sqrt{RF^2 + CF^2} \tag{7}$$

式中, f(i j) 表示像素位置 (i j) 处的灰度值。本文是对两幅大小为 $M \times N$ 图像进行图像融合,所以通过 对两幅源图像分解后高频部分空间频率的计算,利用公式 $\theta = SF_1/SF_2$ 即可得空间频率比,它反映了两幅 图像之间的相关程度。

将计算出的空间频率比与选定阈值进行比较从而决定权值 k的大小。比较形式为: ①当 $a \leq \theta < 1$ 时, $k = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \left[\frac{1-\theta}{1-a} \right]$; ②当 $1 \leq \theta < 1/a$ 时, $k = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \left[\frac{1-\theta}{1-1/a} \right]$; ③当 $\theta < a$ 时, k = 0; ④当 $\theta \geq 1/a$ 时, k = 1

权值确定后代入公式

$$f(i,j) = kf_1(i,j) + (1-k)f_2(i,j)$$
(8)

 \odot **↑**994-2011 China Academic Sournal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3 实验结果与分析

采用人脑横断面的 CT 与 MR I图像. 大小均为 256 × 256(图 1 图 2)。选择合适的小波基是提升小波 分解和重构的关键。对于 256×256的标准图像来说,分解为 2级时,9/7滤波器能够达到比较满意的效 果,因此本文选择 9/7滤波器。如图 3所示即为采用本文的算法得到的融合图像。

为了能对融合图像进行定量的分析,现多采用信息熵、平均梯度等来对图像的信息量和清晰度进行 对比。为了显示本文算法的可行性,分别对低、高频部分采用传统加权平均法、模极大值法融合/邻域方 差(如图 4 图 5)进行对比:实验检测结果如表 1所示。







图 3 融合图像





图 1 源图一

图 2 源图二

图 4 模极大值

图 5 邻域方差

图像的信息熵反映了图像信息量的多少,熵值越大,表示融合效果越好。平均梯度越大,表示图像越 清晰。均值越小,表明融合图像的视觉效果越好。综合这几项指标可表明本文采用的方法不仅能反映 CT 图像的骨骼信息还充分反映出磁共振图像的解剖结构,保留了边缘细节和纹理特征,从而在解剖图像上 进行了较好的定位,最终达到不同模式医学图像的信息互补。

表 1 质量指标检测			
方法	信息熵	平均梯度	均值
加权平均 + 模极大值	6 074 7	0. 022 0	0. 117 4
加权平均 + 邻域方差	6 081 7	0. 026 4	0.1150
本文融合算法	6 7 5 9 2	0. 030 3	0. 115 3

4 结束语

在医学图像的融合过程中,融合规则对图像效果有着很大的影响。采用提升小波将源图像分解为低 频子图像和高频子图像,并分别采用均匀度测度、空间频率比来确定融合规则。 实验结果表明,该方法产 生了具有较好融合效果的图像,为临床诊断提供了更充分可靠的信息。在医学图像处理领域有着更加广 阔的应用前景。

考文 献

- [1]夏明革,何友,苏峰,基于多小波分析的图像融合算法[]].电光与控制,2005,12(2):19-21.
- [2]孙延奎. 小波分析及其应用 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] Akem an A, Ruyven L J. Merging the m al and visual in ages by a constract pyram id[J]. Optical Engineering 1989 28(7): 789-792
- [4] LiH, Maan junath B S, M itta S K, Multisensor In age Fusion Using the W avelet Transform [J]. Graphical Models and Image Processing 1995, 57(3): 235-245.
- [5]M allat S.G. A theory formultiresolution signal decomposition the wave let representation [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1989, 11(7): 674-693.
- [6]许开宇,李双一.基于小波变换的图像融合算法的实现 [J]. 红外技术, 2007, 29(8): 455458
- [7]易正俊,李华峰,宋瑞晶.改进提升小波变换的空间频率比图像融合 [J].光电工程, 2009.36(7):65-70
- [8] BeyerT, Townsend DW, Brun T, et al A combined PET/CT scanner for clinical on cology [J]. UnclM ed 2000, 41(8): 1369-1379

(下转第71页)

线票价是合理的。

4 结论

分析了影响客运专线票价的各种因素,建立了 3类 11项评价指标体系,确定了各影响因素之间的层 次隶属关系;提出了对于隶属度值以模糊区间数这种不确定形式给出,在此基础上建立了模糊区间评价 矩阵;构建了客运专线票价的模糊区间综合评价模型,并结合实例进行说明,初步探讨了该方法的可行 性。对客运专线票价评价进行研究,有助于更加合理的制定票价,具有现实意义。

参考文献

[1]王建军, 刘乙橙, 吴宜淞. 高速公路交通安全设施系统评价指标及评价方法研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2007, 7 (4): 67.

[2]杨洋. 铁路客运专线票价制定问题研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2008

[3]李士勇. 工程模糊数学及应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.

[4]张兴芳, 官恩瑞, 孟广武. 区间值模糊综合评判及其应用 [J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(12): 81.

[5]达庆利, 刘新旺. 区间数线性规划及其满意解 [J]. 系统工程理论与实践, 1999, 19(4): 5.

[6]徐泽水. 求解不确定型多属性决策问题的一种新方法 [J]. 系统工程学报, 2002, 17(2): 178-179.

Fuzzy Interval Comprehensive Evaluation for Passenger Dedicated Line Ticket Price

LiQi

(College of Traffic and Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract A long with the opening of passenger dedicated line one after another in China, its ticket price has received wide attention. The ticket price formulation for passenger railway traffic has changed, and at the same time is also questioned. Comprehensive evaluation of passenger dedicated line ticket price would facilitate to develop a more reasonable ticket fare. This paper considers the factors influencing passenger dedicated line ticket price would facilitate to develop a more reasonable ticket fare. This paper considers the factors influencing passenger dedicated line ticket price synthetically and establishes the system of evaluation index, proposes to express the membership values in an uncertain form of fuzzy interval numbers, sets up the fuzzy interval comprehensive evaluation model, and proves the feasibility of the method with an example.

Keywords passenger dedicated line ticket price, interval number, AHP, fuzzy interval comprehensive evaluation

(上接第 60页)

Medical Image Fusion Algorithm Based on Lifting Wavelet Transform

Mu Ying Wang Xuejun

(College of Information Science and Technology, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract In age fusion is the technology by which the information of multiple in ages is integrated into one in age, which makes the fused in age contain more accurate, more comprehensive and reliable in age description. To improve the traditional medical in age fusion algorithms losing of details the source of medical in ages are decomposed by the way of lifting wavelet, and different fusion rules are utilized for high and low frequency weight respectively. Finally the target in age is obtained by inverse wavelet transform. The simulation result proves that the algorithm is feasible and effective

Key words in age fusion medical in age lifting wave let 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net