

基于滤波器叠加的彩色图像矢量中值滤波方法

黄伟,周鸣争,李小牛

(安徽工程科技学院 计算机科学与工程系,安徽 芜湖 241000)

摘 要:滤波是整个图像处理过程中的一个重要环节。矢量中值滤波方法在彩色图像滤波中使用广泛。为了达到更好的滤波效果,针对彩色图像中噪声的特点和传统滤波方法存在的不足,提出了一种改进的基于滤波器叠加的彩色图像矢量中值滤波算法。该算法借助矢量中值滤波方法的优点,使用双滤波器进行叠加,对彩色图像实现滤波。实验结果表明,该算法实现简单,运算量小。滤波过程中能在抑制噪声的同时很好地保留原图像信息。利用滤波器叠加,取得了较好的滤波效果。

关键词:彩色图像;矢量中值滤波;噪声

中图分类号: TN911.73

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2008)01-0143-03

Color Image Vector Median Filtering Method Based on Superimposed Filter

HUANG Wei, ZHOU Ming-zheng, LI Xiao-niu

(Dept. of Computer Science and Engineering, Anhui Univ. of Science and Tech., Wuhu 241000, China)

Abstract: Filtering is an important link during the whole image processing. Color image vector median filtering method is widely used. To receive better filtering effect, aims at the noise in the color image and some weakpoints of the traditional filtering method. A modified color image vector median filtering method is proposed. The algorithm uses two filters with the help of the advantages of vector median filtering method. The experimental result demonstrates that the algorithm is very simple and it needs less computation. It can remain intrinsic image information while removing noise. It can acquire good filtering effect by superimposed filter.

Key words: color image; vector median filtering; noise

0 概 述

在图像处理中,由于实际采集到的图像往往会受到采集系统、媒介及成像手段等诸多因素的影响而产生不同类型的噪声,因此有效的去噪便成为图像处理过程中非常重要的环节,也是一个重要的研究方向。噪声会直接影响到后续的图像分割、特征提取和模式识别等处理的效果。经过分析,常见的数字图像噪声有如下几种:一是加性噪声,它是和信号强度不相关的。含噪图像 $f(x, y)$ 可表示为 $f(x, y) = g(x, y) + n(x, y)$ 。其中 $g(x, y)$ 为图像有用信号, $n(x, y)$ 为噪声信号。二是和图像信号相关的乘性噪声,表示为 $f(x, y) = g(x, y) * n(x, y)$ 。三是椒盐噪声,即黑图像上的白点,白图像上的黑色噪声,会导致图像视觉效

果变差。四是量化噪声,它采用概率密度函数选择量化级。

对于彩色图像的处理日渐成为图像处理中的应用热点。对于有噪声的彩色图像,一般先将彩色图像在特定的颜色空间(如 HSI 空间)中分解成分量单色图像,然后分别处理,将结果合成。此法滤波效果不理想,易造成颜色信息失真。与灰度图像不同,彩色图像的图像信号由多个颜色分量组成,是一种多通道的图像信号。图像的像素是多维矢量,而不是标量。矢量的大小和方向描述代表了不同的颜色信息。滤波时既要考虑有效地抑制噪声,又要减少信息失真和处理前后图像颜色偏差的问题。中值滤波是由 Turkey 发明的一种非线性滤波技术^[1],得到了广泛的应用,中值滤波算法执行效率高,具有非常好的效果。矢量中值滤波是一种常用的彩色图像滤波方法,很多学者应用这种方法作了有益的探索,并且取得了较好的滤波效果,如基于迭代法的矢量中值滤波^[2]等。但是传统矢量中值滤波方法应用于彩色图像,在 RGB 空间进行

收稿日期:2007-03-29

基金项目:安徽省自然科学基金重点资助项目(2004kj033dz)

作者简介:黄伟(1981-),男,安徽芜湖人,硕士研究生,助教,研究方向为数字图像处理与模式识别;周鸣争,教授,硕士生导师,研究方向为图像处理与模式识别、计算机网络。

运算时, 中值滤波算法实现过程中运算量比较大, 难以满足实时处理的要求, 而且在滤波过程中不能很好地保留原图像信息。传统算法中所得到的滤波结果可能在原始图像中并不存在, 这就明显造成了图像颜色信息的失真, 滤波效果不理想。笔者提出的改进算法利用双滤波器叠加, 在去噪的同时能最大限度地保留原有图像中的各种颜色信息, 有效弥补了上述不足。

1 彩色图像矢量中值滤波方法

中值滤波方法大量被应用在灰度图像的去噪上。它是基于排序思想的非线性滤波方法^[3], 能很好地保留有用的图像信息, 同时消除噪声。中值滤波的算法步骤大致如下:

(1) 将滤波器窗口模板遍历原图像, 并将窗口中心与图像中某个像素位置重合, 读取模板下各对应像素的灰度值。

(2) 将步骤(1)中所读取的灰度值按升序排列。

(3) 确定灰度值处在序列中间的一个。

(4) 将这个中值赋给当前滤波器中心位置的像素。

一般中值滤波器大多采用单个滤波窗口, 可使用 3×3 , 5×5 , 7×7 等窗口。

在彩色图像的滤波处理中由于图像的像素是多维矢量而不能直接应用中值滤波方法, 彩色图像矢量滤波方法一般思想是将窗口中矢量集合的中值作为中心像素的输出值。假定一幅彩色图像用 $V_i = \{r_i, g_i, b_i\}$ ($i=1, 2, \dots, N$, N 为像素数) 表示, 对于给定窗口中有 K 个矢量的集合, 即 $V = \{V_i\}$ ($i=1, 2, \dots, K$), 则根据定义, 该窗口中的矢量中值算法如下:

1) 首先计算窗口中各矢量间的距离。

2) 计算窗口中各矢量到窗口中其余矢量的距离之和 d_i ^[4]。

$$d_i = \sum |V_i - V_j|, j \neq i$$

3) 比较和 d_i 的大小, 找出 d_i 中最小者所对应的 V_i , 作为该窗口的中值矢量, 用它来替代窗口中心像素值。

在彩色图像处理中, 矢量中值滤波方法一般都是先将要滤波的矢量进行某种变换, 得到新的空间域上的矢量或是标量, 再用一般中值滤波方法进行滤波。矢量中值滤波器的输出值为滑动窗口中矢量集合的中值。

上述方法实质上就是本着矢量距离之和最小化的原则来寻找窗口中满足条件的像素。虽然与标量滤波方法相比可以最大限度地保护图像原有信息, 但是在算法实现过程中, 由于算法要求对矢量进行排序, 其计算量与矢量个数的平方成正比, 所以计算量大一直是

整个滤波过程中的一个瓶颈。尤其是对于彩色图像而言, 算法实现较为复杂。

2 基于双滤波器组合的改进算法

随着计算机图像处理技术的进一步发展, 彩色图像的滤波技术在算法理论和实际应用上都取得了很大的进展, 通过分析发现, 目前一幅彩色图像通常包含几百万甚至上千万的像素数, 这就需要在很大程度上提高彩色图像处理的运算量, 图像处理的运行效率随之下降, 所以算法改进的方向还是基于原有算法的基础, 在滤波实现过程的方式和细节上进行有效改进, 使得算法在执行过程中能有效地降低运算量, 提高运行效率。改进的矢量中值滤波算法就是在传统的矢量中值滤波算法的基础上, 经过分析和实验得出的有效的算法。

改进的矢量中值滤波算法思想就是将窗口中所有矢量 V_i 计算取平均矢量 V_A , 计算窗口中各矢量 V_i 到平均矢量 V_A 的距离, 得到与平均矢量距离最小的矢量, 再使用两个滤波器叠加并分别得到输出的矢量中值, 最后比较两个滤波器的输出中值, 把其中较大者作为窗口中心像素的最终输出值。算法思想如下:

1) 一般中值滤波过程中大多选取单个滤波器完成, 虽然实现简单, 但是在滤波的同时往往不能很好地反映原有图像信息。考虑到彩色图像信息的复杂性, 为了获取比较好的滤波效果而同时又能更好地反映和保留原有图像区域的局部特征, 可以选用多个滤波器进行线性叠加和组合。本方法使用双滤波器, 可保持多方向上的边缘跳变信息。图 1 是 3×3 的方形窗口, 图 2 是包含它的十字形窗口。



图 1 3×3 的方形窗口

图 2 十字形窗口

2) 传统的矢量中值滤波算法虽然具有矢量运算精确度高的优点, 但其运算量非常大, 随着滤波器模板窗口的增大, 运算量与像素点数成平方增长, 使算法运算量增大, 很难满足实时性处理的要求, 为此提出的改进矢量中值滤波算法, 在 RGB 空间进行运算, 不仅可保持原有的滤波性能, 且能大大减小运算量。由于传统方法要计算各矢量间的距离, 运算量很大。在算法具体实现过程中, 可改为先取所有矢量的平均矢量 V_A , 再计算各矢量到 V_A 的距离, 得到距离最小的矢量。

3) 本方法比较双滤波器的输出中值, 把最大者作

为当前点的最终滤波输出值 $Y[i, j]$ 。 $Y[i, j] = \text{Max}[\text{med}K\{f(i, j)\}]$, K 可取 1, 2, 分别代表两个滤波器窗口。基于上述思想的算法流程图见图 3, 改进算法具体描述如下:

- ① 读入含噪声的源图像 $G = \{V_1, V_2, \dots, V_i, \dots, V_n\}$, 将其看作是一个矢量集合;
- ② 定义 $\text{Average}(G, n)$ 用来求取 n 个矢量的平均矢量 V_A ;
- ③ 计算各矢量到 V_A 的距离: $s(i) = |V_i - V_A|$; $i = 1, 2, 3, \dots, n$;
- ④ 计算所有 $s(i)$ 中的最小值 $\text{Min}(s(i))$, 得到图 1 中滤波器的滤波结果 $\text{filter}(G(a))$;
- ⑤ 使用图 2 中的滤波器, 重复并行执行②~④的算法步骤, 得到图 2 中滤波器的滤波结果 $\text{filter}(G(b))$;
- ⑥ 取最大值 $\text{Max}(\text{filter}(G(a)), \text{filter}(G(b)))$ 作为最终改进算法的滤波结果 $\text{filter}(G)$ 。

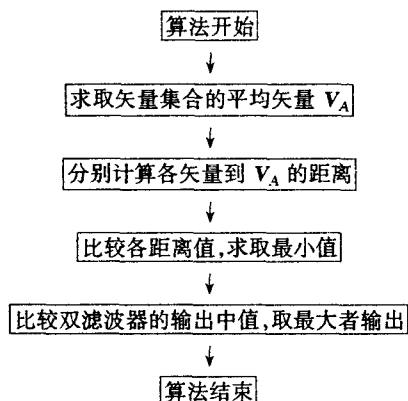


图3 改进算法流程图

改进的矢量中值滤波方法中利用了平均矢量, 所以比传统算法要简单, 虽然运算步骤较多但计算量显著减小, 而且使用滤波器的组合又能使原有彩色图像信息在滤波的同时更好地被保留。在实现过程中, 不同滤波器的选取和组合也会直接影响到改进算法执行的效果。实质上文中的改进算法综合了非线性矢量中值滤波和线性均值滤波两种方法, 故对噪声的平滑滤波以及彩色图像边缘颜色信息的保留都有较好的效果, 改进算法在实现过程中两个滤波器窗口的大小也可作动态调整。

3 实验结果讨论与分析

采用一幅 362×500 (24 bit) 的彩色图像 flowers.tif, 每个像素包含 3 个用 8bit 表示的分量, 在其上加 0.06 的椒盐噪声进行试验, 采用文中的改进算法, 在

Delphi7.0 环境中实现。在本实验中以客观实验数据对滤波效果进行判断, 由下式计算峰值信噪比 (PSNR) 进行客观评价^[5]:

$$\text{PSNR} = 10 \lg \left[3 \times N \times 255^2 / \sum_{j=1}^N (V_i - U_i)^2 \right]$$

式中 V_i 为原始非噪声图像像元值; U_i 为滤波后的图像相应位置像元值。

利用 PSNR 进行客观评价, 峰值信噪比结果见表 1, 不同算法执行时间结果见表 2。

表1 不同噪声比例下的峰值信噪比值

噪声比例	噪声图像	矢量中值滤波法	改进算法
2	20.02	27.04	27.25
5	18.53	27.18	27.19
10	15.52	26.07	26.08
15	13.89	24.80	24.80
20	11.72	23.22	23.23

表2 不同算法执行时间实验结果比较

噪声比例	矢量中值滤波法(s)	文中改进算法(s)
2	1.149	0.941
5	1.162	0.962
10	1.201	1.022
15	1.239	1.107
20	1.405	1.184

图 4 为原图, 图 6 是传统矢量中值滤波算法的实现效果, 图像中花瓣中心四周仍有明显噪声存在, 图 7 是文中算法实现的结果, 较之图 6 效果更好。



图4 原图



图5 含噪图像



图6 矢量中值滤波算法结果



图7 文中算法滤波结果图

比较表 1 和表 2 中的相关数据, 从算法的复杂性来看, 矢量中值滤波法计算量与窗口像素点数的平方

(下转第 150 页)

转化为显式数据物化在存储中。这种做法虽然可以保证查询效率,但是增加了更新的代价。在更新原有数据时,如何动态维护物化的隐式数据,使二者保持推理的一致性,是一个代价昂贵的难题。

因此在以后的研究中,设计一种专门的存储模式,它基于纯 XML 数据库系统,借鉴 XML 树形模式,保持用户模式的层次,为高效的查询处理和更新提供有力支持。

参考文献:

- [1] Kiryakov A, Ognyanov D, Manov D. OWLIM - a Pragmatic Semantic Repository for OWL[C]//In Proc. of Int. Workshop on Scalable Semantic Web Knowledge Base Systems (SSWS). New York, USA:[s. n.],2005:182-192.
- [2] Kopena J, Regli W C. DAMLJessKB: A Tool for Reasoning with the Semantic Web[C]//In Proc. of International Semantic Web Conference (ISWC) 2003. Sanibel Island, FL, USA:[s. n.],2003:628-643.
- [3] Sure Y, Erdmann M, Angele J, et al. OntoEdit: Collaborative Ontology Engineering for the Semantic Web[C]//In Proceedings of the first International Semantic Web Conference 2002 (ISWC 2002). Sardinia, Italy:[s. n.],2002.
- [4] Gennari J H, Musen M A. The Evolution of Portege - 2000: An Environment for Knowledge - based Systems Development [J]. International Journal of Human - Computer Studies, 2003, 58(1): 89-123.
- [5] Wood D, Gearon P, Adams T. Kowari: A Platform for Semantic Web Storage and Analysis[C]//In Proc. of WWW 2005. Chiba, Japan:[s. n.],2005.
- [6] Broekstra J, Kampman A, Harmelen F. Sesame: A Generic Architecture for Storing and Querying RDF and RDF Schema

[C]//In Proc. of the 1st International Semantic Web Conference. Sardinia, Italy:[s. n.],2002:54-68.

- [7] Ma Li, Su Zhong, Pan Yue, et al. RStar: An RDF Storage and Query System for Enterprise Resource Management[C]//In Proc of CIKM 2004. New York, NY, USA:[s. n.],2004:484-491.
- [8] Carroll J J, Reynolds D, Dickinson I, et al. Jena: Implementing the Semantic Web Recommendations[C]//In Proc. of WWW 2004. New York, USA:[s. n.],2004:74-83.
- [9] Harris S, Gibbins N. 3store: Efficient Bulk RDF Storage [C]//In Proc. of the 1st International Workshop on Practical and Scalable Semantic Systems. Sanibel Island, Florida, USA:[s. n.],2003:1-15.
- [10] Agrawal R, Somani A, Xu Y. Storage and querying of e-commerce data[C]//In: Peter M G A, Paolo A, eds. Proc of the 27th VLDB. Roma: Morgan Kaufman Publishers Inc, 2001:149-158.
- [11] McBride B. Jena: implementing the Rdfmodeland syntax specification[R]. Bristol: Hewlett Packard Laboratories, 2000.
- [12] Alexaki S, Christophides V, Karvounarakis G, et al. On storing voluminous RDF description: the case of Web portal catalogs [C]//In: Mecca G, Simeon J, eds. Proc of the 4th WebDB in conjunction with ACM SIGMOD'01. Bristol: Hewlett Packard Laboratories, 2001:43-48.
- [13] Pan Z X, Heflin J. DLDB: extending relational database to support semantic Web queries [C]//In: Vclz P, Decker S, eds. Proc of the 1st PASS. Santa Barbara: Informal Proceedings, 2003:43-48.
- [14] Volz R, Oberle D, Staab S, et al. KAON SERVER - A Semantic Web Management System [C]//In: Proceedings of the WWW - 2003 Alternate Track on Practice and Experience. Budapest, Hungary:[s. n.],2003.

(上接第 145 页)

成正比,而改进的滤波算法只与窗口中像素点数成正比。可见改进的算法相对于矢量中值滤波算法而言,计算量显著下降,滤波效果好,算法简单且易于实现。对于不同噪声比例的彩色图像,文中改进算法用时均明显优于传统矢量中值滤波算法。但是从峰值信噪比结果比较来看,文中算法在噪声比例比较小时有一定效果,当噪声比例变大时,与矢量中值滤波算法比较,改进效果不是很明显,同时在滤波过程中也丢失了相关的颜色信息。在算法实现过程中使用了 3×3 的方形窗口以及包含它的十字形窗口作为双滤波器的叠加组合,噪声比例较大时也可考虑增大滤波器窗口的大小^[6](如 $5 \times 5, 7 \times 7$),以此来改善滤波效果,这有待于今后的研究和进一步改进。

参考文献:

- [1] Lukac R. Adaptive vector median filtering[M]. Pattern Recognition Letters, 2003, 24(12): 1889-1899.
- [2] 曲延锋. 有效去除图像中脉冲噪声的新型滤波算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(4): 397-401.
- [3] Qu Yan - Feng, Xu Jian, Li Wei - Jun, et al. New effective filtering algorithm for the removal of Impulse noise from images [J]. Journal of Computer aid design & Computer graphics, 2003, 28(2): 361-364.
- [4] 朱其刚. 具有细节保护特性的多级中值滤波算法[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2005, 24(3): 73-75.
- [5] 章毓晋. 图像工程(上册)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [6] Zoican S. Improved median filter for impulse noise removal [J]. TELSIKS Serbia and Motenegra, Nii, 2003, 10: 681-684.