

基于梯度自适应函数的彩色图像变分去噪方法

吴金学

(山东省莱芜职业技术学院 计算机系, 山东 莱芜 271100)

摘要: 分析了彩色图像的全变分降噪模型, 该模型在降噪的同时可以保持好图像的特征信息, 但对于噪声较大的图像具有明显的“阶梯效应”。Blomgren 的基于梯度自适应函数的去噪模型只能处理灰度图像, 因此提出改进的基于彩色图像的梯度自适应函数去噪模型。实验证明, 改进的模型有效地解决了“阶梯效应”的发生, 提高了模型的去噪能力和边缘保持能力。

关键词: 阶梯效应; 全变分模型; 彩色图像

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

Color image denoising variational method based on adaptive gradient function

WU Jin Xue

(Department of Computer, Vocational and Technology College of Laiwu, Laiwu 271100, China)

Abstract: This article analyses color images variational denoising model, which can maintain image characteristics information at the same time denoising, but has “staircasing effect” for the image with larger noise. Blomgren adaptive gradient function is also introduced, which can only deal with gray-scale images. According to this, an improved color image denoising variational method based on adaptive gradient function is presented. Experimental results illustrate the effectiveness of the model in removing noise and retaining sharp edges while avoiding the staircasing effect.

Key words: staircasing effect; total variation method; color image

图像去噪是图像预处理中的重要研究内容。在拍摄和传输图像过程中, 数字图像往往因各种因素被加入大量的噪声。噪声的存在不仅影响了图像的视觉效果, 同时也给以后的图像和理解带来一定困难, 因此在图像预处理中图像去噪是非常重要的环节, 去噪质量的好坏直接影响到后续处理。图像去噪主要有 2 种方法: 非线性扩散法和变分法。非线性扩散法^[1]是目前应用较广的一种图像去噪方法, 它的基本思路是在区域内加速平滑, 在边缘处抑制平滑; 而变分法的思想是为图像确定一个适当的能量函数并将其最小化, 通过对能量函数的最小化, 使得图像达到平滑状态, 去除噪声。现在应用比较广泛的模型是基于全变分 TV (Total Variation) 思想的 ROF 去噪模型^[2]。这个模型的关键思想是对图像进行平滑的同时可以最大限度地保留图像中的特征信息 (轮廓、边缘等)。这种方法在去噪的同时具有更好的特征保留能力, 且具有明确的理论解释。但 ROF 模型也存在着一些缺点, 图像“阶梯效应”就是其中之一, 如图 1 所示。“阶梯效应”可以理解为图像中一系列灰度值不连续的区域。“阶梯效应”很可能会产生虚假边缘, 会产生不正

确的图像识别或图像分割。笔者的目标就是研究一种新的图像降噪模型方法, 通过该方法不仅消除图像噪声, 保持图像的重要信息 (如强边缘), 而且还避免了“阶梯效应”的发生。本文主要介绍彩色图像的全变分降噪模型及产生的“阶梯效应”, 并在此基础上介绍 Blomgren 等人^[3]提出的基于梯度自适应函数的去噪模型, 在此基础上提出改进的梯度自适应函数去噪模型, 提高了模型的去噪能力和边缘保持能力。最后给出模型的实验结果, 比较了自适应模型和原模型在视觉效果上的异同点。

1 彩色图像的全变分降噪模型

全变分降噪模型的主要原理是用变分法求解其最小能量方程。由于彩色图像是多通道的, 对每个通道单独进行平滑是容易实现的, 但这并不是最佳选择。单独平滑会带来一些问题, 最明显的问题是对于不同通道中相同边缘的平滑可能不同。因为相同边缘在不同通道中的图像强度不同, 这就导致有些通道中的边缘被保留, 有些则被扩散, 所以在每个通道上单独执行扩散忽略了其他通道上的附加信息。为了全面考虑所有通道中的图像特征信息, 对所有通道进行耦合是必要的。彩色图像

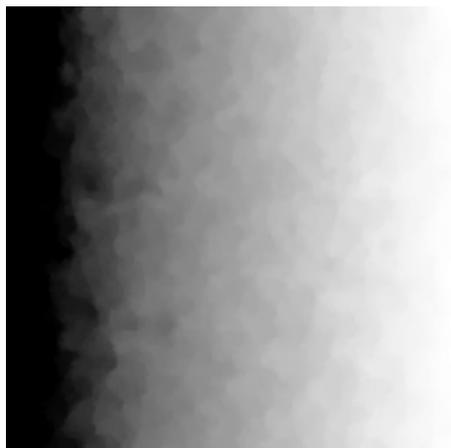


图1 图像的“阶梯效应”

含有噪声,其除噪的TV模型^[4]为:

$$E(u) = \int_{\Omega} \frac{TV_{n,1}(u)}{TV_{n,m}(u)} |\Delta u| dx + \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega} |u - u_0|^2 dx \quad (1)$$

其中 $\frac{TV_{n,1}(u)}{TV_{n,m}(u)}$ 为耦合系数, $TV_{n,1}(u) = \int_{\Omega} |\Delta u|^i dx$ 是各个

通道的能量值, $TV_{n,m}(u) = \sqrt{\sum_{i=1}^m [TV_{n,1}(u^i)]^2}$ 是彩色图像所有能量之和。第一项是对能量的估计,起到平滑图像、消除噪声和保留边缘的作用。第二项反映了被恢复图像 u 与噪声图像 u_0 之间的差别,起到使恢复前与恢复后图像差别不大的作用,称为逼近项, λ 为平衡因子,控制方程平滑和逼近的程度。

该算法是一种较好的各项异向扩散法,可以在保持边缘的同时达到去噪的目的,但同时也存在着图像的“阶梯效应”这个缺点,也就是说,图像被分成段常值的图像,如图2所示。针对这个缺点,研究了Blomgren等提出的基于梯度自适应函数的变分去噪模型,根据图像的梯度值来改变图像的降噪程度。Blomgren模型只适用于灰度图像,为此上提出了彩色图像的基于梯度自适应函数的变分去噪模型。

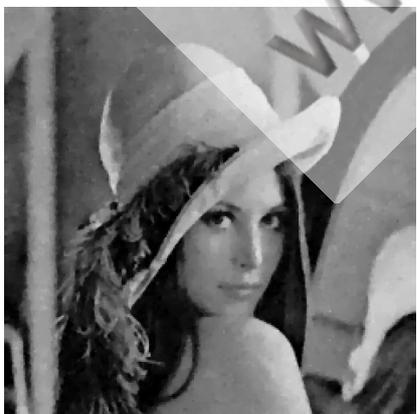


图2 彩色图像的全带分降噪

2 基于梯度自适应函数的彩色图像变分降噪模型

为了在去除噪声的同时抑制“阶梯效应”现象,许多学者进行了大量的研究。其中Blomgren、Chan等人提出了利用梯度自适应函数控制变分模型中的规整项,在图像较平滑(梯度较小)区域加速平滑,在图像轮廓边缘(梯度较大)区域抑制平滑,从而达到消除“阶梯效应”的目的。Blomgren等人提出的基于梯度自适应函数的变分降噪模型为

$$E(u) = \int_{\Omega} |\Delta u|^{p(|\nabla u|)} dx + \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega} |u - u_0|^2 dx \quad (2)$$

其中, $p(|\nabla u|)$ 是关于梯度模 $|\nabla u|$ 的单调递减函数,其值域是 $[1, 2]$, 函数满足以下规则:

$$\begin{cases} \lim_{|\nabla u| \rightarrow 0} p(|\nabla u|) = 2 \\ \lim_{|\nabla u| \rightarrow \infty} p(|\nabla u|) = 1 \end{cases} \quad (3)$$

设定 $p(|\Delta u|) = 1 + \frac{1}{1+k|\Delta u|^2}$ 满足(3)式条件。

此模型只适用于灰度图像,对于彩色图像,需要对通道进行耦合,耦合公式如下:

$$E(u) = \int_{\Omega} \frac{TV_{n,1}(u)}{TV_{n,m}(u)} |\Delta u|^{p(|\nabla u|)} dx + \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega} |u - u_0|^2 dx \quad (4)$$

其模型扩散的速度和方向依赖于图像的局部信息,在梯度变化比较大的区域,如边界部分,按TV方式进行扩散;而梯度接近0的区域,如光滑区域,执行各向同性的扩散;而在图像的其他区域 $1 < p < 2$, 其扩散介于同性扩散和TV扩散之间;而在图像的分界部分,各向异性扩散的程度取决于梯度的变化程度。因此,除了同性扩散和异性扩散外,各向同性的类型随着图像的局部信息而发生变化。这就解决了式(1)中各向异性扩散所引起的“阶梯效应”现象,避免了“阶梯效应”的发生。

3 实验结果与分析

通过灰度图像实验和彩色图像实验比较了全变分降噪模型与基于梯度自适应函数的变分降噪模型的去噪效果。

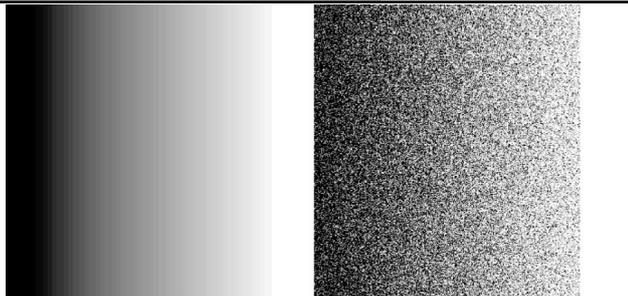
3.1 灰度图像降噪比较

图3中,(a)图为灰度图像原图,(b)图为在(a)图上添加均值为0、方差为0.1的高斯噪声图像,(c)图为使用TV扩散模型进行去噪后的图像,(d)图为使用自适应降噪模型(2)去噪后的图像,其中 $\lambda=0.01$, $\Delta u=0.3$, $n=150$ (n 表示迭代次数), $p=1.5$ 。

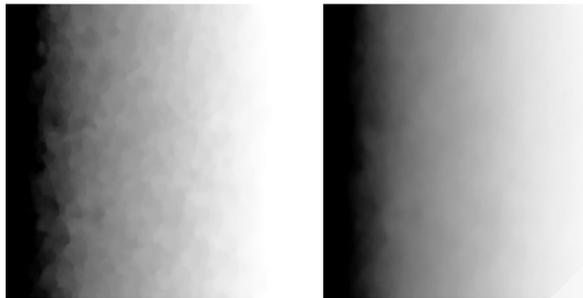
通过实验可以看出,加上噪声的图像如果采用简单的TV模型降噪,会有明显的“阶梯现象”发生,如图3(c)所示。使用基于梯度自适应函数的变分降噪模型,通过选择合适的 p 就能克服“阶梯效应”,达到理想的降噪效果。

3.2 彩色图像降噪比较

图4中,(a)图为256像素×256像素的LENA彩色图像,(b)图为在(a)图上添加均值为0、方差为0.01的高斯



(a)灰度图像原图 (b)添加均值为0方差0.1高斯噪声



(c)TV降噪 (d)自适应函数降噪

图3 灰度图像降噪比较

噪声图像 ($PSNR=12.899\ 3$), (c) 图为使用彩色 TV 扩散模型(1)进行去噪后的图像 ($PSNR=19.531\ 6$), (d) 图为使用基于梯度彩色图像自适应降噪模型(4)去噪后的图像 ($PSNR=21.102\ 5$), 其中 $\lambda=0.001$, $\Delta u=2$, $n=150$ (n 表示迭代次数), $p=1.2$ 。

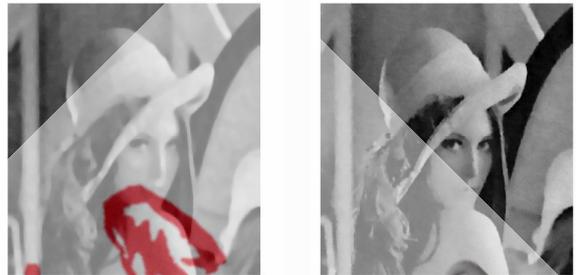
通过实验可以看出, 加上噪声的图像如果采用简单的 TV 模型降噪, 会有明显的“阶梯效应”发生, 如图 3(c)、图 4(c)所示。噪声较大的图像所产生的阶梯效应越明显。使用基于梯度自适应函数的变分降噪模型, 对于噪声比较大的图像, 为了防止产生虚假边缘, 需要取 p 大一些, 通过选择合适的 p 就能克服“阶梯效应”, 达到理想的降噪效果。以上去噪均采用显式时间迭代法。

参考文献:

- [1] BROX T. From pixels to regions: Partial differential equations in image analysis [M]. Ph.D. Dissertation, Mathematical Image Analysis Group, Department of Mathematics and



(a)原图像 (b)添加高斯噪声0.01(PSNR=12.899 3)



(c)彩色TV降噪(PSNR=19.531 6) (d)自适应降噪(PSNR=21.102 5)

图4 彩色图像降噪比较

Computer Science, Saarland University, Germany, 2005.

- [2] RUDIN L I, OSHER S, FATEMI E. Nonlinear total variation based noise removal algorithms [J]. Physica D, 1992 (60):259-268.
- [3] BLOMGREN P, MULET P, CHAN T, et al. Total variation image restoration:numerical methods and extensions [J]. In ICIP,1997: 384-387.
- [4] CHAN T F, SHEN J. Mathematical models for local non-texture inpaintings. SIAMJ Appl .Math.,2001 ,62(3):1019-1043.

(收稿日期:2009-08-19)

作者简介:

吴金学,男,1969年生,副教授,硕士研究生,主要研究方向:图像处理。

NEC 电子携手西部数据共同推动 USB3.0 的普及

~ 共同开发使用 USB3.0 实现高速数据传输的 HDD 用驱动器 ~

NEC 电子日前与全球领先的硬盘供应商西部数据公司宣布将在 USB 3.0 技术领域展开合作, 共同推广这一在电脑等数字设备领域应用的标准接口规格。

USB3.0 的数据传输速度可达 5 Gb/s, 是目前市场上主流产品 USB2.0 的 10 倍以上, 最初将会被应用到外置硬盘上。

作为此次合作的第一步, NEC 电子和西部数据将合作开发一款可实现大容量硬盘高速数据传输的 UASP(USB Attached SCSI Protocol)硬盘驱动程序。UASP 是 USB 3.0 时代, 用来替代 USB 2.0 BOT(Bulk Only Transfer)协议的新版大容量存储设备(Mass Storage)传输标准。NEC 电子和西部数据合作开发的 UASP 驱动将基于 NEC 电子 2009 年 6 月在全球率先推出的首款 USB 3.0 控制芯片 PD720200。

此次双方共同开发的 UASP 驱动具有以下特征: 支持新版大容量存储设备传输标准 UASP; 相比 BOT 标准传输速度可提升 30% 以上; 同时, NEC 电子可向希望开发 UASP 标准芯片的企业提供授权。

(NEC 电子提供)