

数学形态学中结构元素的分析研究

The analysis and study of structure element of mathematical morphology

郭景峰 蔺旭东

(燕山大学信息科学与工程学院 秦皇岛066004)

Abstract The paper analyzes the imperfection of the usual choosing method of structure element, in terms of which we present the fundamental principle of choosing the appropriate structure element which can improve the choosing method of structure element. And then, we prove the validity and the feasibility of the improved method by the experiment.

Keywords Mathematical morphology, Image processing, Structure element

1. 引言

数学形态学是研究数字图像形态结构特征与快速并行处理方法的理论,它通过对输入图像的形态变换实现结构分析和特征提取的目的。1982年, J. Sem 的专著《图像分析与数学形态学》问世后,数学形态学在图像处理、模式识别和计算机视觉等领域引起广泛的重视和应用,这些应用反过来又促进了它的进一步发展。

在数学形态学的应用中,结构元素是一个重要的概念,它在各种形态变换中起着关键的作用^[1-2]。所谓结构元素,就是—定尺寸的背景图像,通过将输入图像与之进行各种形态学运算,实现对输入图像的形态学变换。结构元素没有固定的形状和大小,它是在设计形态变换算法的同时根据输入图像和所需信息的形状特征一并设计出来的。结构元素形状大小及与之相关的处理算法选择得恰当与否,将直接影响对输入图像的处理结果。

2. 数学形态学的基本运算

要分析结构元素的作用效果,离不开数学形态学的基本运算——膨胀、腐蚀、开启、闭合。其定义分别如下:

(1) 膨胀: $(f \oplus b)(s, t) = \max\{f(s-x, t-y) + b(x, y) \mid (s-x), (t-y) \in D_f, (x, y) \in D_b\}$

(2) 腐蚀: $(f \ominus b)(s, t) = \min\{f(s+x, t+y) - b(x, y) \mid (s+x), (t+y) \in D_f, (x, y) \in D_b\}$

(3) 开启: $f \circ b = (f \ominus b) \oplus b$

(4) 闭合: $f \cdot b = (f \oplus b) \ominus b$

式中, f 代表输入图像, b 为结构元素, D_f 和 D_b 分别是 f 和 b 的定义域。

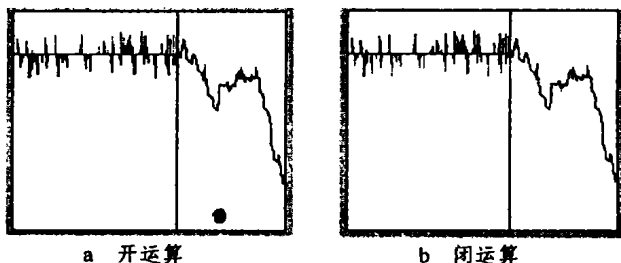


图1 开启、闭合运算

在实际应用中,开、闭运算的用处要远大于腐蚀和膨胀运

算。开运算具有对输入图像的平滑作用,可以清除输入图像边缘的毛刺及孤立斑点;闭运算具有对输入图像的过滤作用,可以填补输入图像的裂缝及破洞。为简化问题,我们以线阵 CCD 采得的一维灰度图像作为输入图像,图像中的正脉冲噪声可看作是毛刺和孤立斑点,而负脉冲噪声可看作是裂缝和破洞。那么,开、闭运算的结果如图1所示。

3. 选择结构元素及与之相关的处理算法时的缺陷分析

3.1 匹配程度上的缺陷

结构元素的作用是提取图像中与其相似的几何特征,而与其无关的特征将被忽略。那么,当在一系列的形态学变换中选用一种结构元素时,会因结构元素与图像匹配程度的逐步降低,而使各后续运算的效果逐渐减弱,甚至消失。如果我们对比图1. a 的变换结果再进行一次闭运算,那么结果如图2. a 所示。

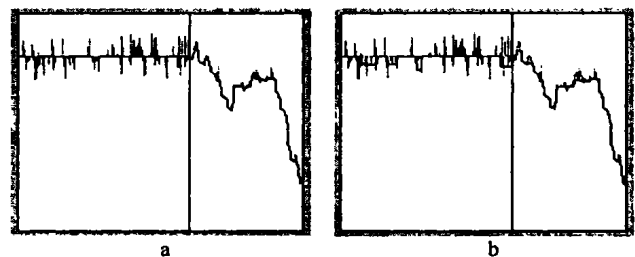


图2 开—闭运算

同样的结构元素,对图像中的正脉冲噪声滤除得比较干净,而对负脉冲噪声却无法完全滤除。之所以产生这样的结果,是因为开运算在滤除正脉冲噪声的同时,增大了负脉冲噪声的范围,原来呈离散状态的负脉冲噪声,在某些局部形成了噪声块,从图1. a 中的黑色实线和与其对应的灰色背景可以清楚地看到这种结果。

开运算(和闭运算)的这种反作用,在常规形态学变换中通常被忽略了,于是,我们在腐蚀运算后采用同样的结构元素继续下一步的膨胀运算。由于此时结构元素与图像的匹配程度已显著降低,负脉冲噪声无法完全滤除是必然的。这时,如果我们想通过加大结构元素尺寸的方法,来加强滤除效果,结果只能适得其反。图2. b 是加大了结构元素尺寸后的处理结果,较大的结构元素虽然对正脉冲噪声有更强的滤除效果,但

却带来了更大的负脉冲噪声。因此,对于几何特征比较复杂的输入图像,不能简单地通过加大结构元素尺寸的方法,试图去除较大范围的噪声。

3.2 多个形态学基本运算的变形叠加

还有人提出,用增加基本运算次数的方法,可以解决正、负噪声去除不均的问题。应用形态学方法的组合平均滤波算法,就是一个典型的例子^[3]。这种算法的提出源于开-闭运算和闭-开运算在去噪时产生的“偏倚现象”,见图3.a和3.b(图中结构元素选得较大,以突出“偏倚现象”)。

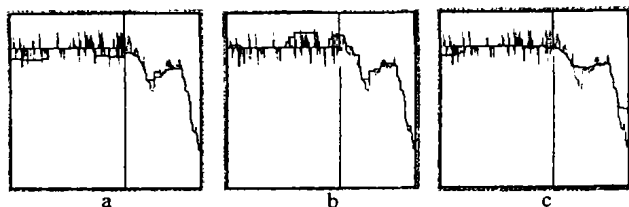


图3 偏倚现象

为消除“偏倚现象”,组合平均滤波算法依次对输入图像进行开-闭运算和闭-开运算,然后将两次运算的平均值,作为最终的去噪图像,见图3.c。这种算法的确在一定程度上改善了滤波效果,但它的缺点也很明显:计算量比较大,而且多次形态学运算的微小变形累加的结果,导致最终图像的变形量相当可观。

因此我想,更好的方法应该立足于改善结构元素的选取方法,采取尽可能少的形态学运算步骤获得满意的图像处理效果。

3.3 选取结构元素形状的缺陷

常规的结构元素,通常都是一些简单的几何形状或结构函数,如矩形、椭圆形、星形、二次函数、三次函数等等,而输入图像通常是复杂的,它可能是各种简单几何形状的叠加或组合。在图1中,黑色竖线的左边,输入图像可以看作是一条直线与正、负脉冲噪声的叠加,其基本几何形状就是直线;而黑色竖线右边,输入图像可看作一条曲线与正、负脉冲噪声的叠加,而曲线的几何形状在某些局部类似于斜线,在另一些局部又类似于抛物线或圆。那么,选取任何一种简单形状的结构元素对此图像进行形态学变换,都无法得到很理想的效果。

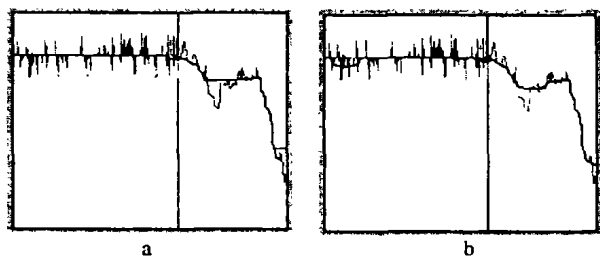


图4 不同结构元素的比较

在图4.a中,结构元素是矩形的,那么,直线段的变换结果比较理想,而曲线段则被人地引入了许多阶梯状变化,破坏了原来输入图像的几何形状;在图4.b中,结构元素是圆形的,曲线段的噪声虽未完全滤除,但较之矩形的结构元素,效果要好得多,反观直线段,却出现了一些弧状波纹,结构元素的形状对变换结果的影响可见一斑。

3.4 结构元素选取方法缺陷的总结

综上所述,结构元素对形态学变换的结果会产生直接的影响,而常规的结构元素选取方法,无法保证形态学方法的优势在处理复杂图像的过程中充分发挥,这对数学形态学在图像处理领域的发展和应用会带来不利的影。

4. 结构元素选取方法的改进

4.1 结构元素选取原则的提出

我们经过大量的实验和分析,对形态学应用中结构元素的选取方法做了一些改进,提出以下几个选取结构元素时应遵循的基本原则:

(1)在运用形态学基本运算进行图像处理之前,必须对输入图像的几何形状和变化特征有一个先期的预测,得到关于输入图像的一些基本信息。然后根据这些信息,并考虑变换后还要对输入图像进行哪些后续运算,再选取与之相适应的结构元素。

(2)对于基本形态学运算的组合,应当考虑在每一步骤选取不同的结构元素,以提高结构元素与输入图像的匹配程度,尽可能大地发挥每一次运算的作用,减少运算次数。

(3)对于几何形状复杂的输入图像,应考虑选择一些组合形式的结构元素,以适应对输入图像中各个不同形状几何元素的提取。

4.2 实验分析

根据4.1节中的基本原则,要选择合适的结构元素对图1中的输入图像进行有效而合理的去噪处理,首先要对其包含的几何信息进行全面的分析。此输入图像有以下两个基本特征:

(1)此图像以黑色竖线为分界,左面是直线段,右面是曲线段,其中曲线段可看作多个二次曲线的组合。

(2)此图像正脉冲噪声的强度和范围要大于负脉冲噪声。

我们选取图5所示的结构元素对图1中的输入图像进行形态学运算。结构元素的中间部分,是椭圆的一部分,两边则是矩形的。与矩形结构元素相比,此结构元素突出了形态学运算时邻域中间部分的作用,因而更符合输入图像曲线段的变化特征。与圆形结构元素相比,此结构元素突出了形态学运算时邻域两侧部分的作用,使其更有利于直线段的形态学变换。因此,图5所示的结构元素对处理图1所示的输入图像是比较适合的,它能够对直线段和曲线段的基本几何形状都予以较好地保留,同时很好地去除噪声。

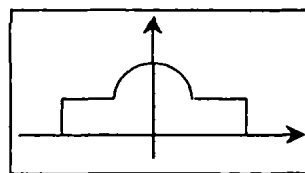


图5 组合型结构元素

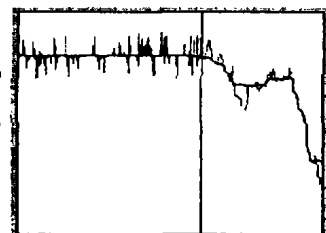


图6 运用组合型结构元素的开-闭运算

结构元素的大小则与选择的运算组合有关。如果选择开-闭运算组合,则第一步腐蚀运算的结构元素大小要选得稍大些,接下去的三步运算,结构元素也要在此基础上逐渐加大,以利于去除正脉冲噪声;如果选择闭-开运算组合,则第一步的膨胀运算的结构元素可选得稍小些,后面的三个结构元素在此基础上逐渐增大即可。之所以要选择四个不同大小的结构元素,是要始终保持结构元素与输入图像的匹配程度,使每

基于小波的视频空间可分级编码研究^{*}

Research on Spatial Scalable Video Coding Based on Wavelet

王相海

(辽宁师范大学计算机与信息技术学院 大连116029)

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 南京210093)

Abstract New applications in a multiresolution environment arise the need of video scalable coding. The video scalable coding based on wavelet transformation has received much attention in recent years. Based on a thorough examination of current research works on motion estimation and prediction, this paper gives a kind of video spatial scalable coding scheme based on a kind of indirect approach, which uses the motion prediction on lowpass image at the next finer resolution to instead of predicting on the highpass subbands at a given resolution, to avoid the motion tracking errors in high frequency bands. Simulation results show it is effective.

Keywords Wavelet transform, Motion estimation, Spatial scalable coding

1. 引言

在许多实际应用中,由于用户要求不同、终端能力不同、异构网络的不同支路所能提供的 QoS 不同、或网络传输条件的变化(比如噪声、拥塞等)等原因,需要提供不同质量的视频信号,比如视频会议、视频点播、多媒体数据库浏览等等,解决此类问题的最好方法是用单个编码器产生分层次的压缩码流,对不同层次的码流解码可以获得不同的图像质量,这种编码机制通常被称为可分级编码(Scalable Coding)。90年代,国际标准化协会(ISO)等领导制定了 MPEG 多媒体编码标准,其中的 MPEG-2和 MPEG-4中便体现了视频的可分级编码思想,即支持空间可分级编码、时间可分级编码和数率(或信噪比)可分级编码^[1~3]。然而,目前所采用的这种可分级编码方法还存在着一定的局限性,具体表现在两个方面:一是标准中对视频信息进行分层表示的“层数”是有限的,通常不能实现解码器端更细粒度的解码;二是视频标准中大都采用二维 DCT 方法实现帧内和预测帧差的编码,而固定大小分块的 DCT 通常不能很好地适应空间可分级编码的需求。此外,分块 DCT 编码所产生的“块效应”往往会使数率可分级编码不能取得较好的视觉效果,特别对低码率情况。所有这些促使人们去探索更加有效的视频可分级编码方法。

近年来,人们对基于小波变换的视频编码技术展开了积

极的研究,出现了一些较为有效的视频编码方法,主要有运动补偿的 2D 小波视频编码方法^[4,5]和 3D 小波视频编码方法^[6,7]。试验表明,单纯的 3D 小波变换在视频编码中效率不是很高,并且编码延迟较大,这样人们更看重基于运动补偿的 2D 小波视频编码方案,对该技术的研究已成为当前的热点问题。

本文首先介绍了视频可分级编码的基本概念,并对基于小波的视频运动估计方法进行了分析,在此基础上提出了一种基于下层 LL 子带分层运动估计的空间可分级编码方案,该方案有效地克服了一般高频子带间的运动估计误差问题,在一定程度上提高了解码端空间可分级解码图像的质量。实验结果验证了方法的有效性。

2. 视频可分级编码的基本概念

一个视频编码的比特流具有可分级性(Scalability)是指利用该比特流的一部分(或子集)可以产生对该视频的一个有用表示的能力,即解码器能够根据分辨率的情况对码流的一部分进行解码。视频的可分级编码通常有三种情况,即空间分辨率可分级编码、时间分辨率可分级编码和数率可分级(或称 SNR 可分级)编码。空间分辨率可分级是指以不同空间分辨率解码图像的能力(参见图1);时间分辨率可分级是指视频帧率的更新可以被调整(参见图2);而数率可分级则是指对一个

^{*} 南京大学计算机软件新技术国家重点实验室资助项目,王相海 博士,副教授,主要研究领域为计算机图形学、图像及多媒体信息处理。

一步运算都起到应有的作用。

选取了适当的结构元素后,我们再对图1的输入图像进行形态学变换,其开-闭运算结果如图6所示。

显而易见,只要结构元素选择合理,开-闭变换的结果不但可以达到而且要优于开-闭-闭-开变换的效果,无论直线段还是曲线段,其正、负脉冲噪声都基本被滤除干净,且图像变形很小,只是右下角处稍有些偏离,形态学变换的优良特性被充分发挥了出来。

结论 通过分析比较,我们得出结论,当结构元素真正实现与输入图像的良好匹配时,形态学会成为图像处理的有力

工具。我们在认真分析输入图像几何形状的基础上,根据本文提出的基本原则选取结构元素,取得了良好的图像处理效果。

参 考 文 献

- 1 章毓晋. 图像处理和分折. 清华大学出版社, 1999. 3
- 2 Michielsen K, De Raedt H. Integral-geometry morphological image analysis. Physics Reports, 2001, 347: 461~538
- 3 容太平, 夏玉洁. 形态滤波算法在油井测量数据处理中的应用. 华中理工大学学报, 2000, 28(5)
- 4 刘志敏, 杨杰, 施鹏飞. 数学形态学的细化算法. 上海交通大学学报, 1998, 32(9)