

一种图象预处理的新算法

徐立中 王慧敏

(河海大学电气工程学院, 南京 210098)

摘要 由于图象信息本身的复杂性和它们之间有较强的相关性,在处理过程中可能出现不完整性和不精确性问题。粗糙集理论是一种新的处理含糊和不确定性问题的数学工具,它作为一种新的软计算方法,为智能信息处理提供了有效的处理技术。该文提出一种人眼视觉特性和粗糙集理论相结合的图象预处理算法,该算法根据粗糙集理论,按人眼视觉特性和噪声的条件属性,将一幅图象划分为不同的子图,然后对子图分别作对比度变换,改善了图象的增强效果,并对噪声有抑制作用,满足了工程上的要求。

关键词 图象处理 粗糙集 图象增强 滤噪

0 引言

由于图象信息本身的复杂性和它们之间有较强的相关性,在处理过程中可能出现不完整性和不精确性问题。近年来,波兰 Z. Pawlak 等人提出了用粗糙集理论^[1,2](Rough Sets)研究不完整性和不精确性问题,为智能信息处理提供了有效的处理技术。有些学者已将粗糙集理论应用于图象的处理和理解^[3~6]。粗糙集理论作为一种新的软计算方法(软计算的指导原则是利用所允许的不精确性、不确定性和部分真实性,以得到易于处理、鲁棒性和成本较低的解决方案),与模糊方法、神经网络等一样,是有发展潜力的智能信息处理方法。

图象增强是一种基本的图象预处理手段,它改善原始图象的视觉效果及某种程度的滤噪,或者便于计算机的后续处理。图象增强技术主要有直方图处理、平滑处理、尖锐化处理等。可以归纳为两大类:空域处理和频域处理。空域处理是直接对图象中的象素进行处理,基本上以灰度映射变换为基础,如增加图象的对比度、改善图象灰度层次。频域处理是运用变换技术如傅里叶变换等,用数字滤波方法修改图象频谱再反变换得到增强的图象。这些增强技术和方法大都没有考虑人眼的视觉特性,简单地对整个图象改变对比度或抑制噪声,往往在抑制噪声的

同时也削弱了图象的细节部分。直方图均衡是一种常用的技术,它对于窄直方图图象的增强是非常有效的。但是,对于某些灰度频数较小的区域,对比度将被减弱,甚至消除,不一定适合人的视觉。另外,直方图均衡对噪声比较敏感。实际上人眼对在图象平缓部分的噪声比在细节部分的噪声更敏感。Netravali 和 Prasad 以及其他一些心理物理学家^[7,8]提出,噪声的可见性随着象素空间变化率(即梯度)的增大而减小。

在工业电视系统中采集的黑白监视图象由于照度低、粉尘或户外风尘雨雾及各种干扰等,使得图象最普遍的弱点是物体目标与背景的灰度差小,图象污染及图象模糊。采取的对策,一是利用增强技术对监视图象作预处理,提高对比度,部分地改善图象的视觉效果。二是对粉尘雨雾以及各种干扰等造成的图象污染及图象模糊,则认为是噪声所至,可以把噪声理解为与真实图象无关的图象细节,因而对噪声的滤波是另一种必要的预处理手段。实际中为改善图象的质量,仅采用一种预处理手段是不够的,往往是手段的综合使用。

本文基于人眼的基本视觉特性和噪声特性,根据粗糙集方法,把图象看成是一个知识系统,基于不可分辨关系,按象素的梯度大小以及噪声分割不同的区域,分别作不同的对比度变换,实现增强图象的同时又能抑制噪声。

1 人眼视觉特性和粗糙集理论相结合的图象预处理算法

1.1 关于粗糙集理论

在粗糙集理论^[1,2]中,“知识”被认为是一种分类能力,即根据事物的特征差别将其分门别类的能力。分类过程中相差不大的个体被归于同一类,它们的关系就是不可分辨关系,也称等价关系。假定只用两种黑白颜色把空间中的物体划分为两类, {黑色物体}、{白色物体},那么同为黑色的两个物体就是不可分辨的,因为描述它们特征属性的信息相同,都是黑色。如果再引入方、圆的属性,又可以将物体进一步划分为4类, {黑色方物体}、{黑色圆物体}、{白色方物体}、{白色圆物体}。这时,如果两个同为黑色方物体,则它们还是不可分辨的。两个白色圆物体间的不可分辨关系可以理解为它们在白、圆两种属性下存在等效关系。

给定一个有限的非空集合 U 称为论域, R 为一等价关系,则称知识库 $K=(U, R)$ 为一个近似空间。设 x 为 U 中的一个对象, X 为 U 的一个子集, $R(x)$ 表示所有与 x 不可分辨的对象所组成的集合。当 X 能用 R 的属性确切地描述时, X 是 R 可定义的,称 X 为 R 精确集;当 X 不能用 R 的属性确切地描述时, X 是 R 不可定义的,称 X 为 R 非精确集或 R 粗糙集。

粗糙集理论延拓了经典的集合论,把用于分类的知识嵌入集合内,作为集合组成的一部分。一个对象 x 是否属于集合 X ,需根据现有的知识来判断,可分为3种情况:(1)对象 x 肯定属于集合 X ; (2)对象 x 肯定不属于集合 X ; (3)对象 x 可能属于也可能不属于集合 X 。集合的划分密切依赖于我们所掌握的关于论域的知识,是相对的而不是绝对的。在粗糙集理论中,“含糊”用来描述集合,指集合的边界不清晰,也就是说,根据论域中现有知识无法判定某些元素是否属于该集合。而“不确定”描述的是集合中的元素,指某个元素是否属于某集合是不确定的。

1.2 基于不可分辨关系的子图划分

对于一幅灰度级为 L 的 $M \times N$ 个像素组成的二维图象 U , 设像素 x 为 U 中的一个对象, 称知识库(知识系统) $K=(U, R)$ 为一个图象近似空间。我们考虑中心像素为 $p(i, j)=f(x, y)$ 的 3×3 的窗

口,如下表示:

$$\begin{bmatrix} p_1(i-1, j-1) & p_0(i-1, j) & p_7(i-1, j+1) \\ p_2(i, j-1) & p(i, j) & p_6(i, j+1) \\ p_3(i+1, j-1) & p_4(i+1, j) & p_5(i+1, j+1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

移动该窗口,使所有的像素都依次置于该窗口的中心位置。计算像素点 $p(i, j)$ 的梯度 $I(x, y)=\max(|\Delta X|, |\Delta Y|)$, 其中

$$\begin{aligned} \Delta X &= f(x+1, y-1) + f(x+1, y) + \\ & f(x+1, y+1) - f(x-1, y-1) - \\ & f(x-1, y) - f(x-1, y+1) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta Y &= f(x-1, y-1) + f(x, y-1) + \\ & f(x+1, y-1) - f(x-1, y+1) - \\ & f(x, y+1) - f(x+1, y+1) \end{aligned} \quad (3)$$

$f(x, y)$ 为原始图象, $g(x, y)$ 为处理后的图象。

粗糙集理论中有两种属性:条件属性和决策属性。为了图象增强,应该有目的地改变图象中某类像素的灰度值,为此,我们定义条件属性集 $C=\{c_1, c_2\}$, 其中 c_1 是像素的梯度大小的属性, c_2 是噪声属性。

在这里,引入人眼的视觉特性,即人眼对在图象平缓部分的噪声比在细节部分的噪声更敏感,噪声的可见性随着像素的梯度增大而减小。据此,图象增强时,使图象的局部对比度在细节部分增加得大一些,在平缓部分增加得小一些,即对比度与区域的梯度成正比。

像素梯度的属性 $c_1=\{0, 1\}$, 其中 0 代表像素梯度满足 $I(x, y) > P$, 1 代表像素梯度满足 $I(x, y) \leq P$, P 是某一给定的阈值。噪声属性 $c_2=\{0, 1\}$, 其中 0 代表 3×3 或者 5×5 像素组成子块 s 的平均灰度值与相邻子块平均灰度值之差的绝对值均小于某一阈值 Q , 1 代表子块的差值绝对值均大于 Q 。

子图的划分就是利用不可分辨关系的等价概念,按属性 C 分类。

(1) 根据 c_1 划分子图。

设 x 代表梯度“较大”的像素,等价关系 R_{c_1} 定义为:如果两个像素的梯度值均大于阈值 P ,则两个像素是 R_{c_1} 相关的,即属于等价类,用公式表达:

$$R_{c_1}(x) = \{x | I(x, y) > P\} \quad (4)$$

式中 R_{c_1} 表示所有梯度“较大”的像素 x 组成的集合。 R_{c_1} 的非集 \bar{R}_{c_1} 则表示所有梯度“较小”的像素 x 组成的集合。

(2) 根据 c_2 划分子图。

定义等价关系 R_{c_2} 为:子块 s_{ij} 与相邻子块的平均灰

度值 $m(s)$ 之差的绝对值取整均大于某一阈值 Q , 即

$$R_{c_2}(s) = \bigcup_i \bigcup_j \{s_{ij} \mid \text{int} \{ |\bar{m}(s_{ij}) - \bar{m}(s_{i\pm 1, j\pm 1})| \} > Q \} \quad (5)$$

式中 $s_{i\pm 1, j\pm 1}$ 表示 s_{ij} 相邻的子块, $R_{c_2}(s)$ 表示所有噪声像素组成的集合, 子块 s_{ij} 与相邻子块 $s_{i\pm 1, j\pm 1}$ 构成宏块。

将上述划分的子图合起来。即 $A_1 = R_{c_1}(x) - R_{c_2}(s)$ 和 $A_2 = \bar{R}_{c_1}(x) - R_{c_2}(s)$, A_1 表示剔除噪声后, 所有像素的梯度大的像素 x 组成的集合。 A_2 表示剔除噪声后, 所有像素的梯度小的像素集合。 A_1 、 A_2 也就是我们需要增强的像素集合。

1.3 基于粗糙集的增强算法

在对二维图象 U 的子图划分基础上, 分别对 A_1 和 A_2 作对比度增强。我们称此增强为一变换, 记为 $T: T(U) = \tilde{U}$ 。该运算分别对像素梯度“较大”的子图 A_1 作指数变换 $T_1: g(x) = \alpha \{f(x)\}^\beta$, 拉伸灰度值来改变图象的动态范围; 对“较小”子图 A_2 作直方图均衡变换(记为 T_2 变换)。像素梯度“较大”的区域对应于细节区域, 采用指数变换, 选取合适的参数 α 和 β , 使得图象边缘两边的过调更大些, 即使灰度梯度更大些。虽然这时噪声也加大了, 但是人的视觉感觉并不明显。像素梯度“较小”的区域对应于平缓区域, 我们采用直方图均衡变换, 边缘两边的过调小些, 噪声被削弱。

增强变换 T 的步骤如下:

(1) 将子 A_1 图补全, 即在所有梯度“较小”的像素和噪声像素位置处, 分别用 $L/2$ (L 表示灰度等级, 例如 $L=255$) 的灰度值和噪声子块处的宏块的平均灰度值填充, 构成 A'_1 。

(2) 将 A_2 子图补全, 即在所有梯度“较大”的像素和噪声像素位置处, 分别用 $L/2$ 灰度值和宏块均值填充, 构成 A'_2 。

(3) 分别对 A'_1 和 A'_2 作变换, 即 $T_1: A'_1 \Rightarrow A''_1$, 然后在 A''_1 中去掉 A'_1 中补充的点(元素), 得到 \tilde{A}_1 ;

同理, $T_2: A'_2 \Rightarrow A''_2$, 在 A''_2 去掉 A'_2 中补充的点(元素)得到 \tilde{A}_2 。

(4) 对 \tilde{A}_1 和 \tilde{A}_2 作重叠(这样可以保证重叠后的所有象元素的灰度值不超过灰度等级 L) 后, 得到输出的增强图象 \tilde{U} ($\tilde{U} = \tilde{A}_1 + \tilde{A}_2$)。

综上所述, 基于粗糙集的增强算法由两部分组成: (1) 按属性 C 对图象作粗糙分类。(2) 作增强变换 $T: T(U) = \tilde{U}$, 得到增强的输出图象。

2 实验结果和分析

用多幅图象进行实验, 结果表明, 本文所提出的算法有较好的效果。图 1(a)、图 2(a) 分别是用李家峡水电站大坝溢洪道及闸门的原始图象, 是经工业电视监视系统中 PC486 主机配置的 RT300 视频卡捕捉得到的单帧图象, 原始图象大小 (size): 11.91cm × 8.84cm (width × height), 像素 (pixels): 352 × 288, 分辨率 (pixels/cm): 29.52。原始图象已有些污染, 且有噪声, 灰度分布范围大约在 7~191 之间, 其直方图有两个明显的峰, “较暗” 峰值约是 57, “较亮” 峰值约是 150。为了说明人眼视觉特性和粗集理论相结合算法的优点, 实验给出了应用常规方法得到的预处理图象(见图 1(b), 图 2(b))。图 1(c)、图 2(c) 是本文提出的新算法处理的结果。图 3(a) 是数字式内窥镜拍摄的支气管肿瘤病灶图, 该图象也是 RT300 视频卡捕捉的单帧图象。在实际应用中, 由于下述原因: ① 内窥镜手持者与病人相互抖动, ② 光导纤维部分断裂, 导致光通量不够, ③ 焦距与病灶距离不当, ④ 冷光源照度不够等, 造成图象降质。原始图象尺寸 (size): 7.01cm × 6.50cm (width × height), 像素 (pixels): 207 × 192。分辨率 (pixels/cm): 29.52。像素灰度分布范围大约在 7~137 之间, 其直方图“较暗” 峰值约是 29, “较亮” 峰值约是 110。图 3(b) 是应用常规方法处理的结果, 图 3(c) 是本文新算法处理的结果。



(a) 原始图象



(b) 常规方法处理的图象



(c) 新算法处理的图象

图 1

常规增强方法是先进行空域低通滤波,然后对整个图象作直方图均衡变换。这种空域低通滤波和其它线性低通滤波一样,噪声虽然得到抑制,但引起边缘模糊,在较复杂的噪声干扰作用下很难折衷滤波和图象清晰化两者的矛盾。

在新算法中,子块 s_{ij} 取像素,阈值 Q 取36。对像素梯度“较小”子图 A_2 作直方图均衡,使 A_2 调整为平坦的直方图,使原图象灰度级集中的区域拉开,增

大反差。对梯度“较大”子图 A_1 作 $g(x)=\alpha\{f(x)\}^\beta$ 指数变换,而不作直方图均衡,这是基于如下考虑:直方图均衡固然增强了图象的对比度,但损失了直方图上频数较小的某些灰度级,也就损失了图象细节。采用指数变换使得图象边缘两边过调,突出了边缘,虽然噪声也加大,但是人的视觉感觉并不明显。便于计算机的后续处理,即特征提取。实验中我们取阈值 $P=45, \alpha=0.25, \beta=4.0$ 。



(a) 原始图象

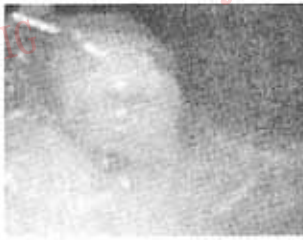


(b) 常规方法处理的图象

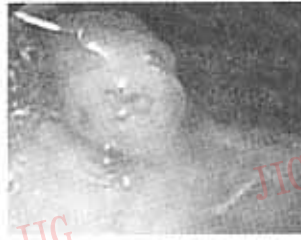


(c) 新算法处理的图象

图2



(a) 原始图象



(b) 常规方法处理的图象



(c) 新算法处理的图象

图3

比较以上各图(b)和(c)图可以看出,从人的视觉来看,新算法处理的图象优于常规方法。(b)图的边缘有些模糊,灰度层次不如(c)图清晰。通过对不同的图象实验,可以看出新算法具有较好的通用性和鲁棒性。

3 结论

工业现场所采集的黑白监视图象,由于照度低,易受噪声干扰,物体与背景的对比如小,图象污染较为严重,有些摄取的医学图象降质也较严重,因此采用增强技术和滤波是必要的预处理手段。本文采用人眼视觉特性和粗糙集结合的方法,基于不可分辨关系,划分图象细节区和平坦区两个不同的区域(并剔除噪声),分别作不同的变换增强,作了初步尝试,获得了较好的增强效果,并对噪声有抑制作用,满

足了工程上的要求。

参考文献

- 1 Pawlak Z. Rough sets. International Journal of Information and Computer Science, 1982 11.
- 2 Pawlak Z. Rough sets: Theoretical aspects of reasoning about data. Nowowiejska 15/19, Warsaw, Poland, 1990.
- 3 Wojcik Z M. Rough sets for intelligent image filtering. RSKD-93 Rough Sets and Knowledge Discovery, 1993, 399~410.
- 4 Shek S, Lau Y. Image segmentation based on the indiscernibility relation. RSKD-93 Rough Sets and Knowledge Discovery, 1993, 439~451.
- 5 Nguye J. Classification based on optimal feature extraction and the theory of rough sets [dissertation]. SDSU, 1995, 131~137.
- 6 徐立中. 粗糙集理论在图象增强中的应用. 数据采集与处理, 1999, 14(3): 22~25.



徐立中 博士,副教授。目前主要研究方向为数字图象处理,多媒体通信,自动化系统理论等。

王慧敏 博士,副教授。目前主要研究方向为应用数学,经济系统分析,非线性系统动力学等。

An Image Pre-Processing Algorithm Based on Human Visual Properties and Rough Sets

Xu Lizhong, Wang Huimin

(Electrical Engineering Department HoHai University, Nanjing 210098)

Abstract Due to the complexity and relativity of image information, it may be present itself problems of vagueness and uncertainty when processing it. Rough sets theory is a new mathematical tool to deal with vagueness and uncertainty. It is a soft computing method and affords intellectual information processing useful tool. The paper presents an image pre-processing algorithm that combines human visual properties with rough sets. According to rough sets theory, an image is segmented to different sub-images according to condition attribute on human visual properties in the algorithm, and the contrast-response of the sub-images are transformed respectively. It can realize filtering noise when image enhanced.

Keywords Image processing, Rough sets, Image enhancement, Filtering noise

新世纪的打印机 BJC-2000SP

继 1998 年 9 月佳能公司成功地在中国推出彩色喷墨打印机 BJC-4310SP 之后,佳能公司在 1999 年 9 月推出该产品的升级机型——集照片级打印及超经济模式于一身的彩色喷墨打印机 BJC-2000SP,大大降低了办公室的打印成本。该机型体积小,外观时髦,操作简单。

单键设计:单键设计同时配合全新的墨盒更换系统,使操作更加简单快捷,只需打开打印机前盖,BJC-2000SP 就会自动切换到更换墨盒模式,而且 BJC-2000SP 的省电功能使打印机无需电源开关。

照片优化技术:佳能最新开发的照片优化技术对一些来自数码相机、扫描仪的文字图象的色调与亮度进行分析,通过自动修整图象的颜色,及采用颜色补偿等方法,解决了色彩模糊,错误曝光,饱和度对比不佳等原先无法克服的问题。依靠照片优化技术的强大三维颜色修整功能产生极佳的图象输出。另外改进的光源识别功能更可以识别非标准图象(包括使用颜色滤镜或采用特殊的光源环境,如日落等,拍摄的一些特殊效果图象),在不影响图象原有效果的前提下,决定是否需要使用图象优化。

BJC-2000SP 具有图象优化技术,此技术在对低分辨率的图象优化处理后,以打印机所能提供的最大分辨率在打印机上输出。当我们以较大的尺寸打印输出从 Web 网页和其他低分辨率图象来源上下载的低分辨率的图象数据时,它可以自动地修正锯齿边缘。

超经济模式:该模式将喷出的墨滴的数量减少到普通标准模式的四分之一,使墨水消耗减少,打印的页数增加到原来的 4 倍。BJC-2000SP 使用大容量 BC-20 黑色墨盒在超经济模式下能打印多达 3,600 页(以每页 1,500 个字符/A4 计算),每页打印成本便宜实惠,提供更佳经济效益。

彩色图象扫描器:BJC-2000SP 可选 24 位彩色扫描器 IS-22,扫描分辨率为 360dpi。只需简单将打印墨盒换下,换上和墨盒一样大小的扫描器,就可以将彩色喷墨打印机变为彩色扫描仪。兼容 Windows98/95/NT4.0。该彩色扫描器能够提供其它打印机公司所不能提供的功能,不需要花大价钱为图象输入和打印购买多台机器。用户只需使用这种小型桌面系统就可产生令人惊讶的快捷、简易的输入输出。此时,您可以自由地扫描照片、图画及印刷物品,然后将其保存、复制、重印或利用 E-MAIL 将它们发送出去。

(下转第 929 页)