

· 电子机械工程 ·

基于最大互信息方法的机械零件图像识别

葛 森, 黄大贵

(电子科技大学机械电子工程学院 成都 610054)

【摘要】提出了应用最大互信息方法进行零件图像识别的方法,它利用图像的信息熵描述图像的特征,结合图像的颜色信息及局部形状信息,以互信息作为衡量两幅图像相似性的测度函数进行图像识别,弥补了直方图表达空间信息的不足。该方法既满足位置不变性,又能避免进行图像分割,从而避免了因图像分割引起的复杂计算,使算法容易实现。实验结果表明,该方法提高了零件图像识别的精度、稳定性和可靠性。

关键词 熵; 图像识别; 机械零件图像; 互信息

中图分类号 TP391

文献标识码 A

Machine Part Image Recognition by Using Maximization of Mutual Information

GE Sen, HUANG Da-gui

(School of Mechatronics Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract A new approach to the problem of machine part image recognition is proposed by using maximization of mutual information. The method applies entropy to measure image feature, combined with color information and local shape information, and uses mutual information as a new matching criterion between the images for image recognition. This method solves the problem that histogram algorithm can not represent the spatial information. This method not only has the feature of translation invariant, but also avoids image segmentation which may lead to a complex calculation, so it can be realized easily. The result shows that proposed approach is accuracy, stability, and reliability in the processing of machine part image recognition.

Key words entropy; image recognition; machine part image; mutual information

计算机视觉已在工业领域广泛应用,将计算机视觉用于柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS),是实现同时加工不同产品零件,解决FMS生产管理与调度柔性化、智能化的一种有效途径^[1]。计算机视觉通过对加工零件特征的识别,进行控制零件的加工和分检,以实现加工过程的控制与管理。

现在常用的图像特征有颜色、纹理、形状等,基于图像颜色的识别技术采用颜色直方图进行图像间的相似性判断,对于灰度图像,采用灰度直方图,灰度直方图表明了一幅图像区域中每一灰度级上拥有像素的频数。灰度直方图方法算法简单,实现容易,运算速度快。但灰度直方图只描述了图像灰度的整体统计特性,没有有效地表示图像的空间信息,

两幅视觉不同的图像,可能它们的直方图是一样的,因此会产生误识。基于形状的认识往往包含对图像的分割、边缘提取、边缘细化及形状描述等操作,因此提取形状特征的算法复杂,计算量大,而且完全抛弃了图像的颜色信息。基于纹理的识别往往只对具有一致纹理的图像或区域具有较好的效果^[2-4]。

互信息法是把信息论中的互信息(Mutual Information, MI)作为衡量两幅图像相似性的测度函数,当两幅图像的互信息达到最大值时,可以判断这两幅图像最为相似^[5]。在文献[5-9]中,该方法主要应用于图像融合和图像配准领域。

本文采用最大互信息的方法,利用图像的信息熵来对图像的特征进行描述,充分利用图像的颜色信息及局部形状信息来进行图像识别。

收稿日期: 2005-06-26

作者简介: 葛 森(1969-),男,在职博士生,讲师,主要从事计算机视觉方面的研究。

1 互信息原理

互信息是信息理论中的一个基本概念,通常用来度量两个随机变量的统计相关性或者一个变量包含另一个变量的信息量的多少^[5]。在Kullback-Leibler测度下,两个随机变量A和B间的互信息可定义为:

$$I(A,B) = \sum_{a,b} p_{AB}(a,b) \log_2 \frac{p_{AB}(a,b)}{p_A(a)p_B(b)} \quad (1)$$

式中 $p_{AB}(a,b)$ 为随机变量A和B联合概率密度分布; $p_A(a)$ 和 $p_B(b)$ 分别为随机变量A和B的边缘概率密度分布。互信息也可以用信息论中的另一个基本概念信息熵来描述,根据信息熵的定义:

$$H(A) = -\sum_a p_A(a) \log_2 p_A(a) \quad (2)$$

$$H(A,B) = -\sum_{a,b} p_{AB}(a,b) \log_2 p_{AB}(a,b) \quad (3)$$

$$H(A|B) = -\sum_{a,b} p_{AB}(a,b) \log_2 p_{A|B}(a|b) \quad (4)$$

式中 $H(A)$ 和 $H(B)$ 分别为随机变量A和B的信息熵; $H(A,B)$ 是A和B的联合熵; $H(A|B)$ 和 $H(B|A)$ 分别为已知B的条件下A的条件熵以及已知A的条件下B的条件熵。信息熵表达的是一个系统平均不确定性或信息量的量度;即 $H(A)$ 表示随机变量A的平均不确定度; $H(A|B)$ 表示已知B后, A仍存在的平均不确定度; $H(A)$ 与 $H(A|B)$ 的差值,就表示已知B后, A不确定度的减少量,即在B中所包含的A的信息量。因此两个随机变量A和B间的互信息可以用下式描述:

$$I(A,B) = H(A) - H(A|B) = H(B) - H(B|A) = H(A) + H(B) - H(A,B) \quad (5)$$

从统计学的观点来看,如果A、B相互独立,则 $p_{AB}(a,b) = p_A(a)p_B(b)$, 由式(1)可得 $I(A,B) = 0$; 如果A、B完全依赖,则 $p_{AB}(a,b) = p_A(a) = p_B(b)$, 即 $H(A) = H(B) = H(A,B)$, 此时 $I(A,B)$ 最大。

对于待识别图像A和参考图像B可以认为它们是关于图像灰度的两个随机变量A和B, a和b是两幅图像中相关像素的灰度值。对于离散的数字图像,联合概率分布 $p_{AB}(a,b)$ 表示在两幅图像重叠部分中同时具有灰度a、b的概率,可以通过归一化联合灰度直方图而得到:

$$p_{AB}(i,j) = h(i,j) / \sum_{i,j} h(i,j) \quad (6)$$

式中 i 和 j 为图像A和B中像素的灰度值; $h(i,j)$ 两幅图像重叠部分灰度值为 (i,j) 的像素对数; $\sum h(i,j)$ 为两幅图像重叠部分的像素对总数。由此边缘概率分

布可表示为:

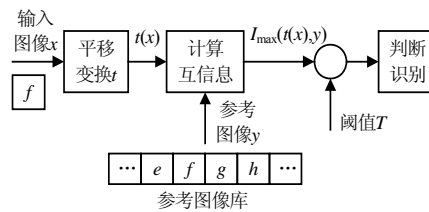
$$p_A(i) = \sum_j p_{AB}(i,j) \quad (7)$$

$$p_B(j) = \sum_i p_{AB}(i,j) \quad (8)$$

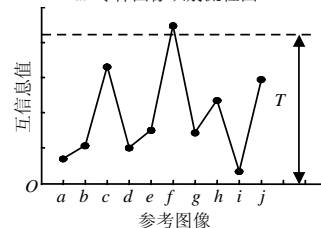
将式(6)~(8)代入式(1),可得图像A和B间的互信息。在识别过程中,图像A和B通过空间几何变换相联系,而且根据实际情况,主要考虑每次零件装夹而产生的工件图像的位移,本文只讨论平移变换的情况。当通过空间变换,其中一幅图像包含的关于另一幅图像的信息最大时,也就是对应像素灰度的互信息应为最大,即表示识别出该图像。

2 零件图像识别过程

根据互信息原理,利用图像信息熵进行零件图像识别过程描述如下^[10]: (1) 建立零件参考图像数据库; (2) 对待识别图像进行去噪等处理; (3) 设置平移变换范围和搜索步长,计算待识别图像与参考图像的最大互信息值; (4) 根据最大互信息值,设定一适当的阈值进行判断识别; (5) 识别结果输入到FMS控制系统。如图1所示,设输入图像用x表示,参考图像库中的一幅图像用y表示,输入图像经平移变换,计算与参考图像的最大互信息。若输入图像为图像f,图像库中包含图像a, b, c, ..., 将图像f与图像库中各图像的最大互信息值用一曲线连接,如图1b所示,由上述互信息理论可知,曲线在f图像与图像库中f图像的最大互信息处出现主峰,在其他参考图像处出现一些副峰,且副峰不高于主峰,这样就可用适当的阈值T将其鉴别,从而判断识别出图像f的信息。



a. 零件图像识别流程图

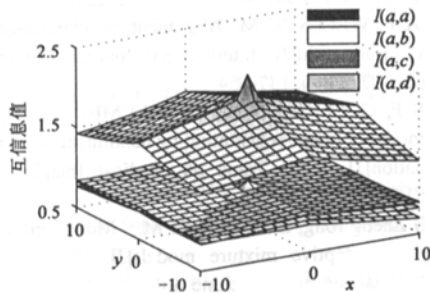
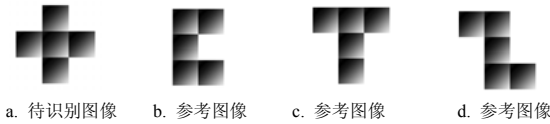


b. 互信息法识别示意图

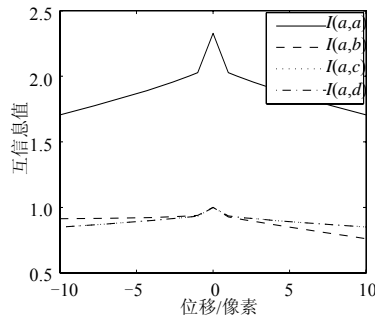
图1 互信息法图像识别原理图

3 实验结果和分析

首先对与前文提到的灰度直方图一样的几个图像进行模拟实验,如图2所示,图像大小都是256×256像素,256级灰度。图2a是待识别图像,图像库内参考图像包括图2a本身以及图2b~图2d。



e. 平移范围内互信息值二维分布



f. 图a沿x方向平移的互信息值

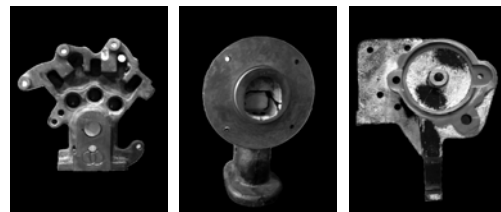
图2 对灰度直方图一样图像的识别

通常图像经过平移变换后,原有的像素点不一定会正好落在另外一幅图像的坐标网格点上,因此需要对变换后像素点进行插值以求出其灰度值。为了避免平移方向的插值所带来的误差,可直接将平移单位变化规定为像素值的整数倍,从而确保平移变换后待识别图中的每个点都落在参考图的坐标网格上,避免平移方向的插值。

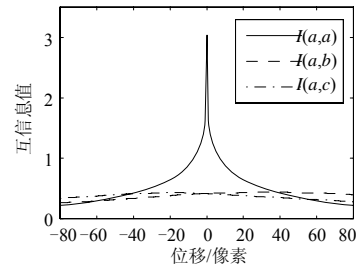
本文以图2a为基准,其左上角为原点,向右和向下分别是x,y方向的正向。待识别图2a通过平移变换,分别计算与参考图2a~图2d的互信息(MI),其中平移范围x方向(-10,10),y方向(-10,10),x、y搜索步长为一个像素,得到互信息的分布如图2e所示。图2f为图像2a只沿x方向平移时,与各参考图像间互信息变化曲线。计算得到最大互信息分别为 $I_{\max}(a,a)=2.3269$,

$I_{\max}(a,b)=1.0009$, $I_{\max}(a,c)=0.9999$, $I_{\max}(a,d)=0.9999$ 。可以看出互信息计算利用了图像的空间信息,使待识别图像与自身的最大互信息值与图像库中其他图像的最大互信息值相差较大。因此,设置一个合理的阈值,可以很容易识别出这些灰度直方图一样的图像的信息。

进一步用实际零件图像进行实验,如图3所示,以图3a为待识别图像,假设图像库包含参考图像图3a,图3b,图3c,图3a与图像库中的图3a,图3b,图3c的最大互信息分别为 $I_{\max}(a,a)=3.0368$, $I_{\max}(a,b)=0.4442$, $I_{\max}(a,c)=0.4325$ 。如果平移范围为y方向(-80,80),可得互信息变化曲线如图3d所示。由互信息性质,当两随机变量完全依赖,其互信息量最大,所以图3a与自身的互信息量最大。



a. 待识别图像 b. 参考图像 c. 参考图像



d. 图3a沿y方向平移的互信息值

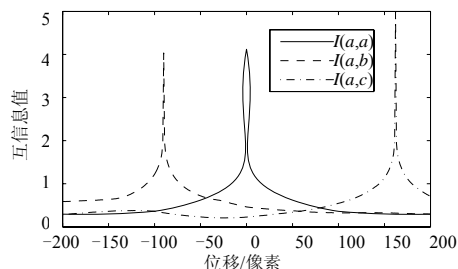
图3 实际零件图像识别

互信息法识别零件对平移变换稳健性的验证,如图4所示,其中图4b、图4c是由图4a平移得到的。若在x方向平移范围(-200,200)内,计算得图4a与图4b最大互信息分别为 $I_{\max}(a,a)=4.1225$, $I_{\max}(a,b)=4.0350$,在y方向平移范围(-200,200)内,计算得图4a与图4c最大互信息 $I_{\max}(a,c)=4.9902$,互信息变化曲线如图4d所示。对同一零件,平移变换引起了图像变化,但零件的颜色和空间信息还保持一致,所以其互信息也是一致的。

从图3、图4可以看出,对于不同的加工零件图像最大互信息方法具有较好的识别能力,而对于同一加工零件由于位移引起的图像变化,又具有较强的鲁棒性。



a. 原始图像 b. 原始图像平移后图像 c. 原始图像平移后图像



d. 原始图像分别沿x和y方向平移的互信息值

图4 平移变换对互信息法的影响

4 结论

本文从零件图像的刚性变换出发,研究了基于最大互信息的零件图像识别方法。该方法人工干预少,充分利用了图像本身的颜色和形状信息,不需要任何假设或先验知识,用熵来描述图像的特征,降低了图像特征提取的复杂性,也不需要图像进行图像分割等预处理,提高了识别效率和准确性。实验表明该方法在零件有较好的识别能力,对图像平移变化具有较好的鲁棒性,并且该算法的复杂性

较低,易于实现。

参考文献

- [1] 徐 杜, 蒋永平, 郑 航. 基于计算机视觉的优化FMS调度与控制决策研究[J]. 中国机械工程, 1997, 8(5): 69-71.
- [2] 李顺山, 庄天戈, 陈 辉. 基于灰度直方图和互相关方法的医学图像检索[J]. 上海交通大学学报, 2001, 35(5): 694-698.
- [3] 窦建军, 文 俊, 刘重庆. 基于颜色直方图的图像检索技术[J]. 红外与激光工程, 2005, 34(1): 84-88.
- [4] 孙君顶, 毋小省, 周利华. 基于信息熵的图像检索[J]. 西安电子科技大学学报, 2004, 31(2): 223-228.
- [5] VIOLA P, WELLS W M. Alignment by maximization of mutual information[J]. International Journal of Computer Vision, 1997, 24(2): 137-154.
- [6] MAES F, COLLIGNON A, VANDERMEULEN D, et al. Multimodality image registration by maximization of mutual information[J]. IEEE Trans on Medical Imaging, 1997, 16(2): 187-198.
- [7] YANG Zheng rong, ZWOLINSKI M. Mutual information theory for adaptive mixture models[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2001, 23(4): 396-403.
- [8] 罗述谦, 李 响. 基于最大互信息的多模医学图像配准[J]. 中国图像图形学报, 2000, 5A(7): 551-558.
- [9] 强赞霞, 彭嘉雄, 王洪群. 基于互信息的分层遥感图像配准方法[J]. 计算机工程与应用, 2004, 13: 31-33.
- [10] 李月景. 图像识别技术及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985.

编辑 税 红

(上接第780页)

参考文献

- [1] Agilent Technologies. Optocoupler Designer's Guide[Z]. 2002.
- [2] 刘 彬, 张秋婵. 光电检测前置放大电路的设计[J]. 燕山大学学报, 2003, 27(3): 193-196.
- [3] 王清正, 胡 渝, 林崇杰. 光电探测技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 1994.
- [4] 王志功. 光纤通信集成电路设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.

- [5] 田 俊, 王志功, 梁帮立, 等. CMOS 1.4 THz Ω 155 Mb/s 光接收机差分跨阻前置放大器[J]. 半导体学报, 2004, 25(11): 1486-1490.
- [6] BEHZAD R. Design of analog CMOS integrated circuit[M]. New York: the McGraw-Hill Companies, Inc, 2001.
- [7] 李尚玲, 陈 林. 高压隔离光电耦合器的设计和制作[J]. 半导体光电, 2002, 23(5): 315-319.

编辑 漆 蓉