

加权模板匹配的二值化阈值不敏感性研究

王 刚,段会川

(山东大学 信息科学与工程学院,山东 济南 250014;
山东省分布式计算机软件新技术重点实验室,山东 济南 250014)

摘 要:数字图像二值化处理过程中,阈值的选取非常之关键,为了在实际应用中能够快速准确地匹配出二值化图像中的目标图像,文中采用模板匹配的方法,对标准模板匹配算法和加权模板匹配算法的二值化阈值敏感性进行了研究。根据实验图像在二值化处理过程中所取阈值的波动对图像匹配结果的影响情况,得到加权模板匹配算法与标准模板匹配算法的二值化阈值敏感性差异。实验结论同时表明加权模板匹配算法具有较强的二值化阈值不敏感性和匹配性能好的优点。

关键词:加权模板匹配;标准模板匹配;阈值不敏感性;二值化;权值矩阵

中图分类号:TP39

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)01-0122-04

Binarization Threshold Insensitivity Research of Weighted Template Matching

WANG Gang, DUAN Hui-chuan

(School of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;
Shandong Provincial Key Laboratory for Distributed Computer Software Novel Technology, Jinan 250014, China)

Abstract: In binary digital image processing, threshold selection is very critical. In order to match the target image of the binary image quickly and accurately in practice, use template matching method to research binary threshold sensitivity for the standard template matching algorithm and the weighted template matching algorithm. According to the threshold results of fluctuations on the match situation in the experimental binary image processing, obtain binarization threshold sensitivity difference between the weighted template matching algorithm and the standard template matching algorithm. Experimental results also show that the weighted template matching algorithm has strong binarization threshold does not match the performance of sensitivity and good benefits.

Key words: weighted template matching; standard template matching; threshold insensitivity; binarization; weight matrix

0 引 言

标准模板匹配在数字图像识别中的应用非常广泛,它是一种有效的模式识别技术,它能利用图像信息和有关识别模式的先验知识,更加直接地反映图像之间的相似度^[1],但是当被处理的数字图像的质量不高时,对图像进行二值化处理时的阈值选取的不同会对匹配结果造成较大的误差影响,影响匹配的准确度,所以标准模板匹配对二值化阈值有一定强度的敏感性。

文中提出了一种基于加权模板匹配的方法,并对其二值化阈值不敏感性进行研究,图像二值化处理时的阈值选取不会对匹配结果造成较大影响,降低了在图像进行二值化处理过程中对阈值的较强依赖性,对

阈值的不敏感性明显提升,大大提高了匹配准确度。

1 图像二值化阈值

阈值的选取是数字图像二值化处理中的关键,此处设 $f(x, y)$ 是像素点位置 (x, y) 处的灰度值, $N(x, y)$ 是该点某邻域的灰度特性值, $g(x, y)$ 为该点经二值化后的像素值,则阈值 T_0 可表示为一个三元函数^[2]:

$$T_0 = T[f(x, y), N(x, y), g(x, y)]$$

其中, $g(x, y)$ 的表达式为:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{当 } f(x, y) \geq T_0 \text{ 时} \\ 0 & \text{当 } f(x, y) < T_0 \text{ 时} \end{cases}$$

图像的灰度变化范围很大,在其中选择一个最合适的值作为阈值,是一个典型的优化选择问题。阈值如何选取的问题会直接影响到对目标图像的定位、识别和后续分析的精确度。最佳阈值的选取,可以将数字图像的前景与背景更好地区分开来,但由于图像的复杂性和差异,对于阈值选取提高了要求。

收稿日期:2011-06-17;修回日期:2011-09-21

基金项目:山东省信息产业发展专项资金项目(2008R00038)

作者简介:王 刚(1986-),男,山东莱芜人,硕士研究生,CCF 会员,研究方向为数字图像处理;段会川,教授,硕士研究生导师,研究方向为数字图像处理、模式识别。

2 标准模板匹配与加权模板匹配

2.1 标准模板匹配算法

模板匹配是在一图像中选取一个正方形或者其他像素形状的网格作为模板,且用此模板在目标图像中进行遍历,通过一定的算法实现在目标图像中找到与模板相匹配的目标图像,并且可以确定其在目标图像中的坐标值。

利用模板匹配可以在一幅图像中找到已知的物体。文中假设目标图像 S 的尺寸为 $W \times H$,模板 T 的尺寸为 $m \times n$,模板 T 在图像 S 上平移,滑动窗口所覆盖的子图记作 S^{ij} ,其中 i, j 为子图的左上角顶点在图 S 中的坐标。最终通过比较模板 T 和 S^{ij} 的相似性,完成模板匹配过程^[3,4],如图1所示^[5]。

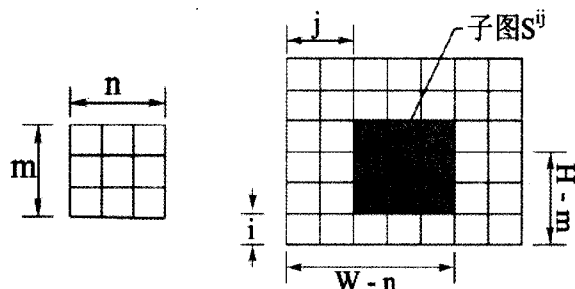
(a) 模板图 T (b) 目标图像 S

图1 模板匹配过程

归一化模板匹配的相关系数函数的计算公式如下^[6]:

$$R(i, j) = \frac{\sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n S^{ij}(m, n) \times T(m, n)}{\sqrt{\sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n [S^{ij}(m, n)]^2} \sqrt{\sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n [T(m, n)]^2}}$$

$R(i, j)$ 为互相关算子, $S(m, n)$ 为待检测图像, $S^{ij}(m, n)$ 为待检测图像子图, $T(m, n)$ 为模板图像。取互相关算子最大对应的模板为最佳匹配模板。

标准模板匹配模型理论上只考虑了实际样本与模板图像之间的标准方差的差别,根据两者之间匹配方差最小原则,判定图像的类别。但由于实际图像在拍摄、预处理和归一化之后难免出现断裂缺损变形且可能存在不能消除的噪声,与标准模板不能很好地匹配^[7]。

2.2 加权模板匹配算法

标准模板匹配算法不能对目标图像和模板的匹配结果做更进一步的分析,并且对所有的不相匹配的区域点进行了相同的计算,致使质量不高的目标图像中存在的背景噪声严重干扰了对识别结果的判断,造成了匹配结果的较大误差。

文中提出的加权模板匹配算法是在标准模板匹配算法基础上增加一个权值矩阵 WM , WM 与模板图 T 尺寸相同,均为 $m \times n$ 。文中设计的权值矩阵 WM 采用

边缘权值低、中心点权值最高的策略,当模板 T 在图像 S 上平移产生子图 S^{ij} 时,将子图 S^{ij} ,模板 T ,权值矩阵 WM 进行计算,返回一个标量,最终通过判断返回标量的值来完成加权模板匹配过程。

$$\text{如设置权值矩阵 } WM = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 5 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

匹配判别计算公式如下:

$$V(k) = \frac{\sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n [S^{ij}(m, n) \times T(m, n) \times WM(m, n)]}{\sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n WM(m, n)}$$

公式中,模板 T 与权值矩阵 WM 对应点的乘积称为加权模板; $V(k)$ 代表目标图 S^{ij} 与加权模板的匹配度, $V(k)$ 的值介于 $[0, 1]$ 之间,可以通过指定 $V(k)$ 的值来选择加权模板匹配的结果。

两种匹配算法最终计算出的匹配结果之间会有较明显的差别,通过加权的方式能够更加准确地匹配到目标图像,对于标准模板匹配算法具有更好的辅助功能。

3 实验及结果分析

3.1 实验思路

实验通过构造加权模板匹配算法,对目标图像中目标点进行遍历匹配,记录匹配点的个数和匹配点的坐标,对比两种模板匹配算法的匹配结果,分析两种模板匹配算法对图像二值化阈值的关系。

文中采用形状相同的散点图像为目标图进行实验说明,如图2所示,模板图像即为图像中的散点,此处采用正方形的散点作为模板图像,预处理过程先将目标图像进行二值化处理,然后分别采用标准模板匹配算法和加权匹配算法对目标图像进行匹配计算,然后通过调整选取目标图像的阈值再进行二值化处理,反复实验并记录相应阈值下两种匹配算法的匹配点的结果数量,观察并分析两种匹配方法对二值化阈值的敏感性。

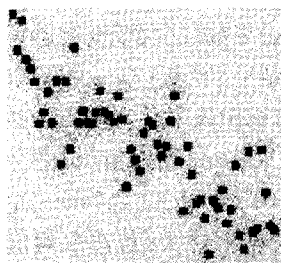


图2 实验图像之一:方形散点图像

3.2 图像二值化处理

在数字图像处理中,二值图像占有非常重要的地位,首先,图像的二值化有利于图像的进一步处理,使图像变得简单,而且数据量减小,能凸显出感兴趣的目

表 1 不同阈值下匹配点的个数 (a) 标准模板匹配算法 (b) 加权模板匹配算法

阈值	0.7	0.73	0.75	0.8	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89
匹配个数(a)	14	23	29	41	45	46	47	52	56	57	59	60
匹配个数(b)	55	56	57	58	56	57	57	56	55	56	57	60

标的轮廓。其次,要进行二值图像的处理与分析,首先要把灰度图像二值化,得到二值化图像^[8]。

在实用的图像处理中,以二值图像处理实现而构成的系统是很多的,要进行二值图像的处理与分析,首先要把灰度图像二值化,得到二值化图像,这样子有利于再对图像做进一步处理时,图像的集合性质只与像素的值为 0 或 255 的点的位置有关,不再涉及像素的多级值,使处理变得简单,而且数据的处理和压缩量小。

二值图像^[9]在图像分析中应用非常广泛,二值图像就是指只有两个灰度级的图像,二值图像具有存储空间小,处理速度快,可以方便地对图像进行布尔逻辑运算等特点。更重要的是,在二值图像的基础上,还可以进一步对图像处理,获得该图像的一些几何特征或者其他更多特征^[10]。

数字图像的二值化处理有很多种方法,主要分为全局阈值法和局部阈值法。

全局阈值法是指在二值化过程中只使用一个全局阈值的方法,它将图像的每个像素的灰度值与阈值

进行比较,若大于阈值,则取为前景色;否则,取为背景色。对于目标和背景比较清楚的图像,全局阈值化方法可以取得较好结果,文中采用此方法进行图像二值化处理^[11]。

3.3 标准模板匹配结果

在 MATLAB 中使用命令 `level = graythresh(I)`^[12]得到图 2 的阈值为 0.7,在此阈值基础上进行模板匹配算法,得到的匹配点个数较少,根据实验思路将阈值不断调整,记录实验结果,如表 1 所示匹配个数(a)。

实验所用目标图像中共有散点个数 60 个,表 1 匹配个数(a)的结果显示,当阈值为 0.89 时匹配结果最好,但阈值处于 0.7 到 0.89 之间时,匹配的结果从 14 个到 60 个,变化范围较大,若选取阈值为 0.7 进行模板匹配,和实际结果相比,将造成较大的误差。结果表明随着阈值的波动,标准模板匹配算法匹配结果的波动较大。

3.4 加权模板匹配结果

针对目标图像选取 3×3 的模板尺寸,设置权值矩

阵 *VM*,通过加权模板匹配算法,选取匹配度 $V(k) = 0.75$ 进行匹配点的选取,随阈值的调整得到如下实验结果,如表 1 所示匹配个数(b)。

匹配个数(b)结果显示,当阈值为 0.7 时匹配结果较大程度的优于标准模板匹配算法的匹配结果,而且图像阈值处于 0.7 到 0.89 之间时,加权模板匹配结果都保持在一个较高匹配率的状态中,结果表明随着阈值的波动,加权模板匹配算法匹配结果没有较大的波动。

3.5 结果分析

对比两种模板匹配算法的匹配结果,就二值化阈值的敏感性与否进行分析,根据实验数据结果,拟合出图像二值化阈值与模板匹配算法匹配点个数曲线图,如图 3 所示:

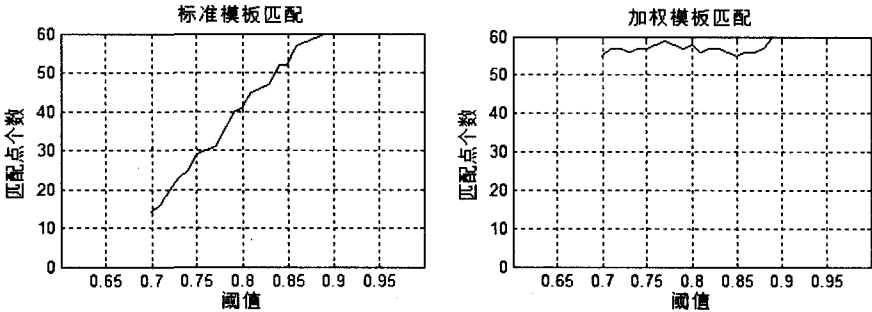


图 3 两种算法匹配点个数曲线图

从图 3(a)中可以看出,随着阈值的变化,标准模板匹配的结果曲线波动范围较大,当阈值确定在值为 0.89 时,匹配结果的曲线取得最大值。

但通过对图 3(a)的分析,选择标准模板匹配算法时,图像的二值化需要找到最佳的阈值,才能得到最优的匹配结果,并且所取阈值远离最佳阈值时,匹配结果呈现出急速下降趋势,对阈值的变化非常敏感,因此标准模板匹配算法对图像二值化阈值的敏感性强。

从图 3(b)可以看出,当使用加权的模板匹配算法进行匹配时,阈值的选取控制在一个合理的范围内时,匹配的结果曲线的波动变化不大,呈现出较稳定的状态。随着阈值的变动,匹配结果的变化较平缓,基本趋近于最优结果。

图 3(b)表明加权模板匹配算法对图像二值化阈值的依赖性弱,对二值化阈值的变化不敏感。通过采用加权的模板匹配算法可以较快速地找到一个阈值得到一个较精确的匹配结果,也大大提高了对目标图像

的匹配效率。

实验将测得的数据拟合为阈值敏感性波动图,如图4所示:

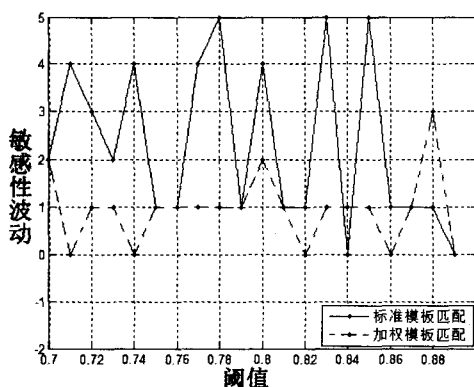


图4 两种模板匹配的阈值敏感性波动对比

通过对比两条波动曲线,进一步说明了加权后的模板匹配算法对二值化阈值的不敏感性要明显优于标准模板匹配算法,更直观地说明了加权的模板匹配算法对二值化阈值的不敏感性更好。

4 结束语

根据数字图像在二值化过程中对阈值选取的较高要求,文中提出了基于加权的模板匹配算法,并且通过对比标准模板匹配算法和加权模板匹配算法对散点图像中点的匹配结果,通过分析实验结果,对比两种模板匹配算法对数字图像选取的二值化阈值的敏感性波动情况,得出了当目标图像经二值化处理时,阈值的变化严重影响了标准模板匹配的匹配结果,匹配结果对阈值十分敏感,使得匹配效率和准确率大大降低。而当采用加权的模板匹配算法时,在一定的阈值选取范围内可以快速得到较优的匹配结果,匹配结果对阈值

的变化不敏感,有效地提高了对目标图像匹配的准确率和效率。对比结果表明,加权模板匹配算法有较好的不敏感性。

参考文献:

- [1] 梁路宏,艾海舟,肖习攀.基于模板匹配与支持矢量机的人脸检测[J].计算机学报,2002,25(1):22-29.
- [2] 罗 帅,毛奇凰,董玉德.一种选取工程图纸图像二值化阈值的新方法[J].微型机与应用,2003(8):52-54.
- [3] 费俊琳,俞王新,王志中.一种改进的基于模板匹配眼睛特征点定位算法[J].计算机工程与应用,2007,43(32):207-209.
- [4] 崔 政,李 壮.两种改进的模板匹配识别算法[J].计算机工程与设计,2006,27(6):1083-1085.
- [5] 唐 琰,李 青.一种快速的模板匹配算法[J].计算机应用,2010,30(6):1549-1561.
- [6] Starck J L, Candese J, Donoho D L. The curvelet transform for image de-noising[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(6): 670-684.
- [7] 王 欣,殷肖川,周翔翔.一种改进的模板匹配识别算法[J].计算机工程与应用,2007(36):238-240.
- [8] Shi Hongchi. Two image-template operations for binary image processing[J]. Journal of Mathematical Imaging and Vision, 1997, 7(3): 269-274.
- [9] 李晓东,李志强,雷晓平,等.彩色数字仪表图像二值化技术研究[J].计算机技术与发展,2010,20(4):120-123.
- [10] Gavrilu D M. Multi-feature hierarchical template matching using distance transforms[J]. Pattern Recognition, 1998(1): 439-444.
- [11] Gonzalez R C, Woods R E. 数字图像处理[M].北京:电子工业出版社,2006:224-272.
- [12] 罗军辉,冯 平,哈力旦·A. MATLAB7.0在图像处理中的应用[M].北京:机械工业出版社,2005:76-79.

(上接第121页)

参考文献:

- [1] 罗桂琼,费洪晓,戴 戈.基于反序词典的中文分词技术研究[J].计算机技术与发展,2008,18(1):80-83.
- [2] 陈 平,刘晓霞,李亚军.基于字典和统计的分词方法[J].计算机工程与应用,2008(10):144-146.
- [3] 梁卓明,陈炬桦.基于专有名词优先的快速中文分词[J].计算机技术与发展,2008,18(3):24-27.
- [4] 王永景,刘功申,李申红,等.用于文本校对的分词与词性标注一体化算法[J].计算机技术与发展,2008,18(8):1-3.
- [5] 唐培利,胡 明,张 勇.基于中文文本主题提取的分词方法研究[J].吉林工程技术师范学院学报,2005(2):34-36.
- [6] Gao Jianfeng, Li Mu, Wu Andi, et al. Chinese Word Segmentation: A Pragmatic Approach[M]. [s. l.]: [s. n.], 2004.
- [7] Chen K J, Ma W Y. Unknown word extraction for Chinese documents[C]//The 19th COLING 2002. [s. l.]: [s. n.], 2002.
- [8] 傅赛香,袁鼎荣,黄柏雄,等.基于统计的无词典分词方法[J].广西科学院学报,2002(4):252-255.
- [9] Palmer D D. A Trainable Rule-Based Algorithm for Word Segmentation[C]//Proceedings of the 35th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. [s. l.]: [s. n.], 1997:321-328.
- [10] 王 伟,许 鑫.基于聚类的网络舆情热点发现与分析[J].现代图书情报技术,2009(3):74-79.
- [11] 柳 虹,徐金华.网络舆情热点发现研究[J].科技通报,2011(3):421-425.
- [12] 魏莎莎.一种中文未登录词识别及词典设计新方法[D].重庆:西南大学,2011.