

一种新的指纹图象细化算法

冯星奎 李林艳 颜祖泉

(四川省绵阳市 919 信箱 811 分箱 2 号, 621000)

摘要 针对 OPTA 细化算法存在的不足, 即细化不全、速度较慢的缺点进行分析和研究, 提出了一种新的细化算法, 该算法速度快、细化全, 细化后的指纹骨架在纹线中心线, 且光滑无毛刺。

关键词 图象处理 指纹 细化 算法

0 引言

指纹图象二值化后, 纹线仍具有一定的宽度, 而指纹识别只对纹线的走向感兴趣, 不关心它的粗细。为了进一步压缩数据, 提高识别的准确性, 需要对指纹图象进行细化处理。

细化是删除指纹纹线的边缘像素, 使之只有一个像素宽度。细化时应保证纹线的连接性, 方向性和特征点不变, 还应保持纹线的中心基本不变。一种好的细化方法应满足下列条件^[1]:

- (1) 迭代必须收敛的。 (收敛性)
- (2) 不破坏纹线的连接性。 (连接性)
- (3) 不引起纹线的逐步吞食。 (拓扑性)
- (4) 保护指纹的细节特征。 (保持性)
- (5) 骨架纹线的宽度为 1 个像素。 (细化性)
- (6) 骨架尽可能接近条纹中心线。 (中轴性)
- (7) 算法简单、速度快。 (快速性)

本文围绕 OPTA 细化算法存在的缺陷进行研究和实验, 最后提出一种新的细化算法。

1 OPTA 法

OPTA 算法^[2]从图象的左上角元素开始进行, 每个象素均抽取出如图 1 所示的 10 个相邻象素, 并且与如图 2 所示的 8 个模板比较, 如果 8 个邻域象素 ($P_1, P_2, P_3, P_4, P_6, P_7, P_8, P_9$) 和 8 个细化模板 (a, b, c, d, e, f, g, h) 中的一个匹配 (模板中非“×”值的所有元素与该元素对应的 8 个邻域中的象素的值都相等时称匹配, 下同) 时, 则去除 P_5 (即 $P_5=0$), 否则 P_5 保留。

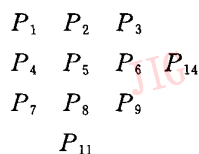


图 1 抽取的邻域

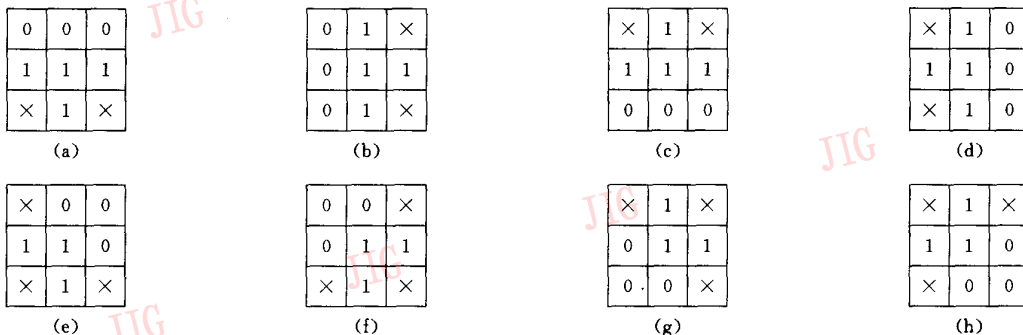


图 2 OPTA 细化算法的消除模板(×表示可为 0 或 1)

为了保持连通性,抽取的元素再和图3所示的两个模板(a)、(b)进行比较,如果抽取邻域的第二行(P_4, P_5, P_6, P_{14})和模板(a)中的第二行匹配,或者抽取邻域的第二列(P_2, P_5, P_8, P_{11})和模板(b)中的第二列匹配的话,则 P_5 仍保留,否则 P_5 才真正删去。

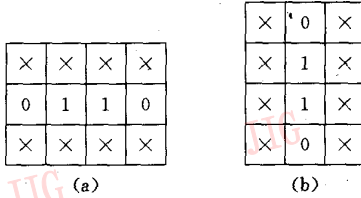


图3 OPTA 细化法保留模板

这种算法按从左上角到右下角的顺序进行,处理完以上的过程为一次迭代,这种“迭代”反复进行,直到没有一个象素的值被改变为止,迭代的次数依赖于图象的大小和纹线的形状。

2 新算法

OPTA 算法能满足收敛性、连接性、拓扑性和保持性,对指纹图象的细化能达到较好的效果。但该算法细化后的图象是4-邻接与8-邻接意义下的细化骨架,在三叉点处往往细化不全;细化后的指纹脊线不光滑,有许多毛刺,且纹线扭曲,不在纹线中心,因此,它不满足细化性和中轴性。这就会给以后的指纹特征提取带来困难。另外,它采用两个大小不同模板分两次进行运算,其快速性也受到影响。

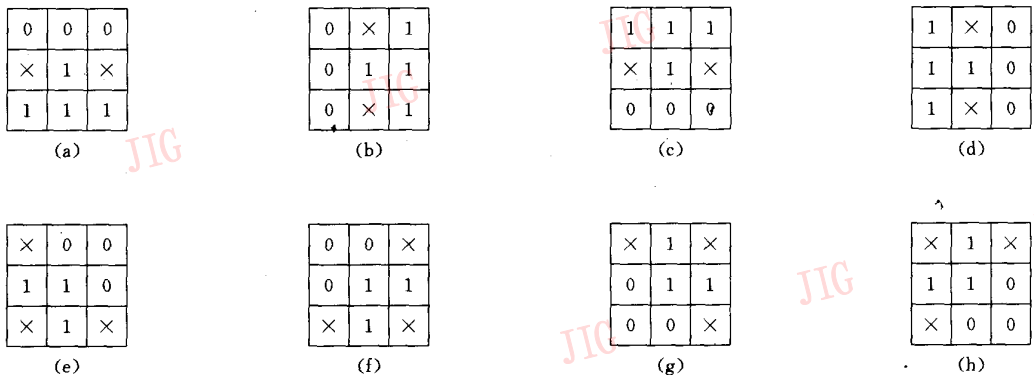


图5 新算法的消除模板

在构造保留模板时,本算法按(1)中的法则进行,即当前中心点的去留除了与消除模板有关外,还取决于另一个“1”值周围点的情况:若该“1”值为中

我们对 OPTA 算法进一步研究后发现:

(1) 细化不全是保留模板造成的。保留模板本意是避免同一行(列)中两个“1”同时被删去,以保证连通性。但该条件包含过大,并非所有这种情况下的中心点都应保留,保留与否还取决于同行(列)中另一个“1”值周围点情况:若该“1”值周围点与消除模板匹配,即该“1”值应删除,中心点“1”值才保留,否则中心点“1”值应该删除。

(2) 细化后指纹脊线毛刺多、纹线扭曲在一定程度上是由消除模板造成的。如图2所示,前4个消除模板中,当“×”为0时,这时与它们匹配的方窗中心“1”值被去掉后,纹线出现凹凸不平,导致纹线扭曲,这在迭代中也容易形成小毛刺。

据此,作者对消除模板进行改造,并重新构造保留模板,提出了一种新的细化算法。该算法采用统一的4×4模板,如图4所示。左上角的3×3方窗(即 P_1, P_2, \dots, P_9)为消除模板区域。

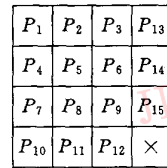


图4 新算法的统一模板

构造消除模板时,算法采用图5所示8个模板,其中,(a)–(d)4个模板能有效去除边缘上的凸出物,保证了细化后的指纹骨架处于指纹脊线中心,避免了细化后的指纹骨架出现毛刺。

心的3×3邻域和消除模板匹配,即该“1”值应该删除,则中心点“1”值才保留,否则中心点“1”值应删除。最后构造出来的保留模板如图6所示。

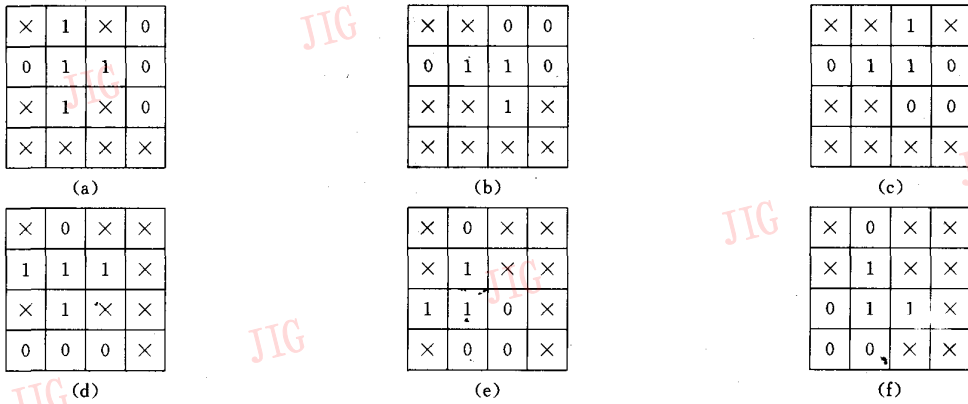


图 6 新算法的保留模板

具体算法如下：从图象的左上角元素开始进行，每个象素(图中为 P_5)均抽取如图 4 所示的 15 个相邻象素，并且把其中 8 个邻域象素($P_1, P_2, P_3, P_4, P_6, P_7, P_8, P_9$)与如图 5 所示的 8 个模板比较，如果和 8 个细化模板((a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h))中的任意一个都不匹配时， P_5 保留；否则，抽取的元素再和图 6 所示的 6 个模板((a), (b), (c), (d), (e), (f))进行比较，如果与其中任一模板匹配的话，则 P_5 保留，否则 P_5 删去。

重复上述过程，直到没有一个象素的值被改变为止。

由于细化是在二值化图象(象素值只能为“0”或“1”)上用 4×4 模板进行，因此计算中引入了查找表法^[3]：对所处理的象素周围模板内前 15 个点预先进行编码(即用双字节 15 个位来表示，双字节的最低位存放 P_1 的值，依此类推，次最高位存放 P_{15} 的值)，把编码值作为存储地址，按上述细化法则，预先在存储地址上存入相应的细化值。这样，细化时，不需重新判断，只需根据指纹图象中移动的 4×4 方窗

内象素的编码地址去查找相应的细化值，用细化值替换当前象素值即可，从而提高了算法运算速度。

该算法由于采用了统一的 4×4 模板，在消除多余象素的同时，可以同时考虑到连通性，不用象 OPTA 算法那样分两次作判断，所以简化了算法。同时，该算法对指纹图象能充分细化，细化后的指纹图象是 8-邻接的骨架。

3 结果与分析

作者在微机上用 MATLAB 语言实现了上述算法。实验结果如图 7 所示。由图可见，新算法比 OPTA 算法的处理结果好得多，它很好地满足了引言中提到的进行细化的各种要求，既没有破坏纹线的连接性，引起纹线的逐步吞食，又保护了指纹的细节特征。而且，该算法处理后的指纹图象细化完全，骨架接近纹线中心线，光滑无毛刺。因此，该算法是一种较为理想的指纹细化方法。同时，由于计算中引入了查找表法，该算法的运算速度大大提高。



图 7 实验结果

参考文献

- 1 张秀萍. 指纹自动识别专用系统[学位论文]. 上海: 华东工学院, 1990.
- 2 林振家. 指纹图象处理方法研究[学位论文]. 广州: 华南师范大学硕士, 1993.
- 3 冯星奎. 指纹图象的获取及其预处理、后处理[学位论文]. 绵阳: 第二炮兵工程学院, 1998.



冯星奎 1973年生, 1995年毕业于第二炮兵工程学院, 1998年获该院硕士学位, 现为第二炮兵驻中国工程物理研究院军事代表室军代表。目前研究领域为图象处理, 模式识别及可靠性工程。



李林艳 1973年生, 1997年毕业于重庆医科大学, 现为成都无缝钢管公司总医院住院医师。目前研究领域为医用图象处理及模式识别。

颜祖泉 1937年生, 1962年毕业于成都电讯工程学院, 现为第二炮兵工程学院教授、硕士生导师。目前研究领域为图象处理、模式识别及自动控制。1991年获国家科技进步一等奖, 是中国军事科学学会会员和中国军用电子产品可靠性信息交换网成员。

A New Thinning Algorithm for Fingerprint Image

Feng Xingkui, Li Linyan and Yan Zuquan

(P. O. Box 919, Mianyang 621000, P. R. China)

Abstract The disadvantages of the OPTA thinning algorithm, i. e. incomplete thinning and slow speed, are analyzed and studied. A new algorithm is presented which has the advantage of quick speed and complete thinning. The thinned fingerprint skeleton is smooth and located in the center of the ridge.

Keywords Image processing, Fingerprint, Thinning, Algorithm