

句法匹配法用于指纹分类^{*}

周杰英 邓珏瑛

(中山大学无线电电子学系, 广州 510275)

摘要 提出了一种简单的用句法匹配法对指纹图象进行快速、准确分类的方法。将指纹分成 12 种类型且易于在微机图象处理系统上实现。

关键词 纹线, 基元, 模式识别, 总变差, 方向采样图

分类号 TP 335.3

在指纹自动识别系统中, 需要对指纹进行分类。本文用句法匹配法分类指纹图象。首先对指纹图象进行方向采样, 将方向采样图进行平滑预处理, 得到指纹图象的一条条折线表示; 再把折线的各种可能端点及方向转折点作为基元来跟踪, 得到由基元组成的描述折线的句子。用句法匹配法分析描述一个指纹的所有句子所描述的纹线类型即可分类一个指纹。

1 用局部总变差法计算方向采样图

文献 [1] 最早提出方向采样图的概念。为了对指纹图象 (图 1(a)) 进行方向采样, 我们将象素数为 128×128 , 灰度级为 256 的指纹图象分成 16×16 子块, 然后求各子块中纹线的主流方向作为该子块的方向, 方向可能取值是 $0^\circ (180^\circ)$, $45^\circ (-135^\circ)$, $90^\circ (-90^\circ)$, $135^\circ (-45^\circ)$, 分别用方向码 $-$, $|$, \backslash 表示。本文基于局部方向总变差的算法来计算每个子块的主流方向。

数字图象 f 在点 X 处四个方向 0° , 45° , 90° , 135° 的局部总变差用 $V_1(X)$, $V_2(X)$, $V_3(X)$, $V_4(X)$ 表示, 其定义为^[2]:

$$V_i(f, s) = \sum_{P, P+Q \in S(X)} |f(P) - f(P+Q)|, \quad i = 1, 2, 3, 4$$

其中, $Q_1 = (1, 0)$, $Q_2 = (1, 1)$, $Q_3 = (0, 1)$, $Q_4 = (-1, 1)$, S 一般取为 $L \times L$ 的矩形, $P+Q$ 为 P 点在 $S(X)$ 内距离为 Q 的邻点。由于 $V_i(f, s)$ 反映图象 f 在点 X 处一个邻域内第 i 方向上灰度总变化情况, 表示图象边缘时比传统的差分法^[3]去噪声能力强, 且计算 V_i 有快速并行算法^[2]。

所谓方向采样即计算每个子块 A_j 的方向码, 做法是在 0° , 45° , 90° , 135° 四个方向上分别求子块 A_j 内各点局部方向总变差 V_i 的和:

$$0^\circ: M_1(j) = \sum_{X \in A_j} V_1(X), \quad 45^\circ: M_2(j) = \sum_{X \in A_j} V_2(X),$$

* 收稿日期: 1996-01-31 周杰英, 女, 29 岁, 讲师

$$90^\circ: M_3(j) = \sum_{X \in A_j} V_3(X), \quad 135^\circ: M_4(j) = \sum_{X \in A_j} V_4(X).$$

在每个子块 A_j 中,以 $M_i(j)$ 最大值对应的方向作为该子块主流方向,并用对应的方向码代替.图 1(b)即为图 1(a)指纹图象的方向采样图.

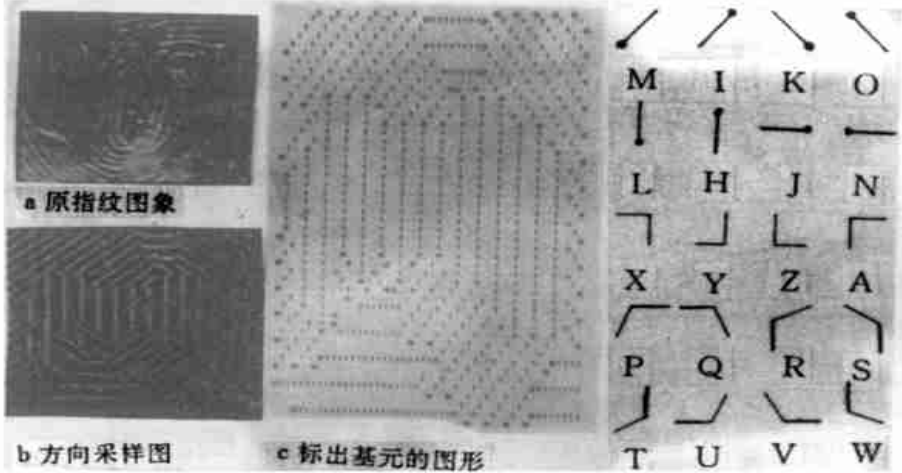


图 1 指纹图象及其处理结果

Fig. 1 Fingerprint image and its processing results

2 预处理、基元提取及句子描述

所得方向采样图中某些位置有分支和杂点,不易跟踪,因而我们进行简单的预处理.首先,将指纹方向采样图中的每一方向码用图 2 所示对应方向码的 3×3 矩阵进行取代,再顺序用图 3(a) (b) (c) 所示三个滤波算子对取代后的图形在四个对称方向分别进行运算,可得很好跟踪的由直线和折线表示的图形.

0 0 0	0 1 0	0 0 1	1 0 0	×	1 × ×	1 ×	× × ×	× × ×	1	0	0	0	0	0
1 1 1	0 1 0	0 1 0	0 1 0	1	0	→	1	1	1	×	1 ×	→	×	0 ×
0 0 0	0 1 0	1 0 0	0 0 1	×	×	×	×	×	1	1	1	1	1	1
-		/	\	(a)算子 1	(b)算子 2	(c)算子 3								

图 2 四个方向码的 3×3 矩阵
Fig. 2 3×3 matrix of four directional codes

图 3 三个滤波算子
Fig. 3 Three filters

句法模式识别方法的首要任务是基元的选择,本文所选基元是折线表示图形中 8 种可能端点,分别用字符 (M I K O L H J N) 表示; 12 种可能的转折点,分别用字符 (X Y Z A P Q R S T U V W) 表示.图 1(c)即为标出基元的原指纹图象 (图 1(a)) 的折线表示的图形.

根据图 1(c),我们很容易从折线的一个端点追踪到另一个端点顺序提取折线上的所有基元,形成一个由字符串组成的句子,追踪所有折线则得到一组句子.

删除 IM OK 等两个字符描述直线的句子以及重复的句子;再将两个连续的 45° 转角变成一个 90° 角,即: PR → A, RP → A; QS → X, SQ → X; TU → Y, UT → Y; VW → Z, WV → Z.至此,我们将一个二维的指纹图象变成了一组个数不多而又反映了指纹纹线走向特点的句子

子集 .

如图 1(a)所示的指纹图象由下列句子描述:① IRTM, ② IRWK, ③ OSTM, ④ MPXTM, ⑤ IRYVO, ⑥ OSYN, ⑦ KQAWK, ⑧ MTAXTM, ⑨ OVYAXTM, ⑩ IUZH, ⑪ IUPM, ⑫ JPM, ⑬ IUN.

3 描述各种纹线的句子及句法匹配法的指纹分类

本文将指纹分成 12 种类型,即①平弓型,②尖弓形,③左上箕,④右上箕,⑤左下箕,⑥右下箕,⑦斗型纹,⑧正弦型双箕斗,⑨余弦型双箕斗,⑩S型双箕斗,⑪反S型双箕斗,⑫杂型纹(不属于前 11种的指纹类型). 上述前 11种类型的典型纹线及常出现的 3箕型纹线和 4箕型纹线顺序列如图 4所示 .

经过 100例以上的实验,我们得出描述其中 8种纹线可能的句子集如下:

(1) 平弓型: MPQK, KQPM.

(2) 尖弓型: NYH, HYN, JZH, HZJ

(3) 右下箕: JAZUPJ, JPUZAJ, KQAZUPQK, KQPUZAK, KQAZUPQVJ, JVQPUZAQK, JVQPUZAVJ, JVQAZUPQVJ

(4) 左下箕: NXYVQN, NQVYXN, MPXYVQPM, MPQVYXPM, MPXYVQPUN, MPQVYXPUN, NUPQVYXPM, NUPXYVQPM.

(5) 右上箕: KQAWK, KWQK, KQAZJ, JZAQK, JVQAWK, KWQVJ, JVQAZJ, JZAVJ

(6) 左上箕: MPXTM, MTPM, MPXN, NYXPM, NUPXTM, MTPUN, NUPXN, NYXPUN.

(7) 3箕型: IRZUI, IZRUI, IRZYH, HYZRI, IRZUI, JPUZRI, HTRZUI, IZRTH, HTRZYH, HYZRTH, HTRZPJ, JPUZTH, JAZUI, IZAJ

(8) 4箕型: OSYVO, OVYSO, OSYZH, HZYSO, OSYVQN, NQVYSO, HWSYVO, OVYSWH, HWSYZH, HZYSWH, HWSYVQN, NQVYSWH, NXYVO, OVYXN.

在描述斗型、正弦型和余弦型双箕斗纹线的句子中 X, Y, Z, A总数至少为 3,其它字符 M, N, O和 K等不具有重要信息,因此,当句子中 X, Y, Z, A总数大于等于 3时,所有字符除了 X, Y, Z, A外都被删除. 当把指纹分成适当大小(如象素数为 128× 128的原始指纹图象分成 16× 16子块)时,一个句子中的 X, Y, Z, A总数不超过 5. 我们得出描述这 3种纹线的句子特征如下:①斗型纹线:句子的前 3个字符的格式为('XYZ', 'YZA', 'ZAX', 'AXY', 'ZYX', 'AZY', 'YXA', 'XAZ')中的 1种;②余弦型双箕斗纹线:句子的最后 3个字符的格式为('XAY', 'YAX', 'AYX', 'XYA')中的 1种;③正弦型双箕斗纹线:句子的最后 3个字符的格式为('AXZ', 'ZXA', 'XZY', 'YZX')中的 1种 .

一个指纹由一组句子描述,每个句子描述什类型的纹线由上述描述各种类型纹线的句子匹配而得到. 但所有句子并不描述同一类型纹线,不能由纹线类型直接给出指纹类型,还需按指纹类型的优先顺序做一系列的判断来分类指纹图象,具体的判断过程为:

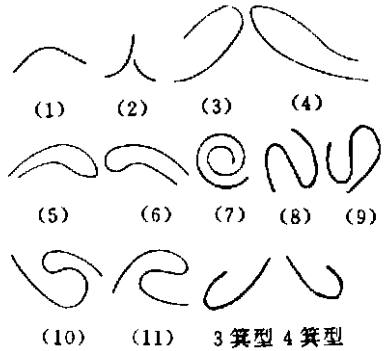


图 4 典型纹线

Fig. 4 Typical ridge

(1) 如果句子组中既有右上箕又有 4 箕型纹线句,则该指纹是正 S 型双箕斗;否则,若既有左上箕又有 3 箕型纹线句,则为反 S 型双箕斗;

(2) 若都没有,则判断是否有正或余弦双箕斗型纹线句,有则为对应类型指纹;没有,则类似地依次判断是否有斗型、箕型(包括左/右上箕、左/右下箕型)、尖弓型、平弓型纹线句,有则为对应类型指纹;没有,则为杂型指纹。

如描述图 1(a)的句子中,句子④、⑦、⑨分别描述左上箕型纹、右上箕型纹和余弦型双箕斗纹线,另外就是一些不描述任何纹线的句子,因此,这个指纹图象就被判为余弦型双箕斗。对于其他指纹也类似地进行判断。

本文基元提取部分用 PASCAL 语言编程,句法分析及指纹分类用 TurboProlog 编程,整个分类过程在 80486 为主机的微机图象处理系统上只需 1.3 s 左右即可完成。对 100 多个指纹图象进行的实验表明,即使对于质量较差的指纹图象,这一方法也能给出正确的分类结果,是一种易于在微机上实现的切实可行的方法。

参 考 文 献

- 1 Grasselli A. On the automatic classification of fingerprint. in Methodologies of Pattern Recognition. New York Academic, 1969. 253
- 2 Rao K, Balck K. Type classification of fingerprints a syntactic approach. IEEE Trans, 1980, PAMI-2(3): 223
- 3 沈学宁. 数字伪曲率的概念、计算和应用. 高校应用数学学报, 1988, 3(3): 382

Fingerprint Classification with Syntactic Matching Method

Zhou Jieying* Deng Jueying

Abstract It proposed a simple fingerprint classification procedure with syntactic matching method which classifies fingerprints into 12 types quickly and correctly and can be done easily by microcomputer as well.

Keywords ridge, element, pattern recognition, sampling matrix

* Department of Radio and Electronics, Zhongshan University, Guangzhou 510275.