

用于指纹/字符识别的电子投影相关技术

李喜德 谭玉山

(西安交通大学机械系, 西安 710049)

提 要

本文应用二维图像场的一维投影相关理论, 有效而迅速地实现了指纹及字符场的识别, 并得到了较满意的识别结果。

关键词: 相关场, 一维投影相关, 指纹/字符识别。

一、引 言

无论是光学的还是电子的二维相关技术, 在模式识别及检测中均是常用的方法, 表现为: 在光学二维相关条件下, 通过制作不同的光学匹配滤波器来完成模式识别; 而在电子二维相关时, 则是应用计算机系统, 通过选择或生成适当的数字匹配滤波模板来进行识别工作。正如作者“在二维相关场投影理论”一文^[1]中所指出的那样, 在快速、灵活和实用条件下, 上述二种方法均不能使人们得到满意的结果。为此, 本文从数字图象恢复与重建技术出发, 应用 Radon^[2]变换实现了二维相关场向一维相关场的投影, 从而使二维指纹/字符相关识别在一维投影相关识别下完成。需要说明的是, 本文在讨论指纹/字符识别时并不试图涉及以往众多学者对于指纹/字符识别的那些丰富的文献和专利*, 而只是应用投影相关这一新技术对指纹/字符进行识别, 同时给出较详细的讨论与数据结果分析及图表、照片显示。

二、基本 原 理

在图像重建与恢复技术中, 一个二维图像函数可通过 Radon 变换和其一维投影函数联系起来。显然一个二维相关函数, 如果也把它理解为一幅“二维图像”, 那么它必然也可通过 Radon 变换找到其投影。

设某两个图象函数分别为 $f(x, y)$, $g(x, y)$, 对应的二维相关场为 $c(x_0, y_0)$, 则:

$$c(x_0, y_0) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \otimes g(x-x_0, y-y_0) dx dy, \quad (1)$$

由 Radon 变换可得 $c(x_0, y_0)$ 的投影 $\lambda(p')$ 为

$$\lambda(p') = \iint_{-\infty}^{\infty} c(x_0, y_0) \otimes \delta(p', -\mathbf{r} \cdot \mathbf{n}) dx_0 dy_0, \quad (2)$$

式中 $\mathbf{r} = x_0 \mathbf{i} + y_0 \mathbf{j}$, \mathbf{n} 为过原点的某条射线的单位法向量, p' 为一实数, 如图 1 所示。式中

收稿日期: 1990年10月29日; 收到修改稿日期: 1991年3月18日

* 如文献[3]、[4]所列的大量参考文献。

的 δ 函数是一维的, 它的作用是将面积分限制于沿着直线 $p' = \mathbf{r} \cdot \mathbf{n}$ 进行。虽然从 (2) 式可以

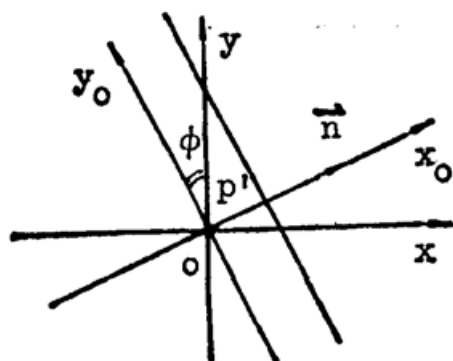


Fig. 1 The coordinate of defining projection

得到 $\lambda(p')$ 但是从识别角度来说, 如果能得到 $c(x_0, y_0)$, 那么要识别场的信息即可得到, 何必要再求 $\lambda(p')$ 呢? 实际上的目标是在不求 $c(x_0, y_0)$ 的条件下求得 $\lambda(p')$, 从而通过 (2) 式的定量关系间接地求得模式识别的信息。这即是投影相关的内在思想。

在文献 [1] 中, 导出的积分方程为:

$$\int_{-\infty}^{\infty} p_f(p, x, y) \otimes p_g(p-p', x-x_0, y-y_0) dp = \delta(p', -\mathbf{r} \cdot \mathbf{n}), \quad (3)$$

式中 $p_f(p, x, y)$, $p_g(p-p', x-x_0, y-y_0)$ 分别为图像函数 $f(x, y)$, $g(x, y)$ 在下述两式

$$f_p(p) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \otimes p_f(p, x, y) dx dy, \quad (4)$$

$$g_p(p) = \iint_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \otimes p_g(p, x, y) dx dy, \quad (5)$$

定义下的投影算子。如果选择满足 (3) 式的投影算子, 即可从 (4)、(5) 式中的 $f_p(p)$, $g_p(p)$ 求得 $\lambda(p')$ 。显然, 若选

$$p_f(p, x, y) = p_g(p, x, y) = \delta(p, -\mathbf{r} \cdot \mathbf{n}), \quad (6)$$

即可使 (3) 式成立, 且此时有

$$\lambda(p') = \int_{-\infty}^{\infty} f_p(p) \otimes g_p(p-p') dp, \quad (7)$$

式中 $\mathbf{r}' = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$, 可见由方程 (4) ~ (7) 即完成了二维相关向一维投影相关的变换。

为了在计算机上实现 (7) 式的一维投影相关运算, 现将 (4) ~ (6) 式进一步化简和改写由图 1 $\mathbf{r}' \cdot \mathbf{n} = x \cos \phi + y \sin \phi$, 代入 (4) ~ (6) 式即得:

$$f_p(p) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \otimes \delta(p - x \cos \phi - y \sin \phi) dx dy, \quad (8)$$

$$g_p(p) = \iint_{-\infty}^{\infty} g(x, y) \otimes \delta(p - x \cos \phi - y \sin \phi) dx dy. \quad (9)$$

选择 $\phi = 0^\circ, 90^\circ$, 即分别向 x, y 轴投影, 则

$$f_{p0^\circ}(p) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \otimes \delta(p - x) dx dy = \int_{-\infty}^{\infty} f(p, y) dy, \quad f_{p90^\circ}(p) = \iint_{-\infty}^{\infty} f(x, p) dx, \quad (10)$$

$$g_{p0^\circ}(p) = \int_{-\infty}^{\infty} g(p, y) dy, \quad g_{p90^\circ}(p) = \int_{-\infty}^{\infty} g(x, p) dx, \quad (11)$$

$$\lambda_{0^\circ}(p') = \int_{-\infty}^{\infty} f_{p0^\circ}(p) \otimes g_{p0^\circ}(p-p') dp, \quad \lambda_{90^\circ}(p') = \int_{-\infty}^{\infty} f_{p90^\circ}(p) \otimes g_{p90^\circ}(p-p') dp, \quad (12)$$

方程 (10) ~ (12) 式即是一维投影相关用于二维场识别的基本方程组, 由它们即可得到

指纹/字符场的相关识别峰值信息。

三、指纹/字符的识别

1. 指纹识别

应用上述投影理论,采用图 2 所示系统对一组指纹场进行了投影相关识别,具体过程如下:

如图 2 在识别时,待识别指纹放在由二维平台带动的平台架上(或前),经 L 光学系统放大后被摄像机摄取,经 A/D 转换采样后再由计算机进行投影相关,结果分别由显示器 1、2 给出,相关峰值数据列于表 1 及不同阈值选择下的识别显示如图 3 所示。表 1 详细地列出五个指纹进行相关识别时的峰值数据;图 3 给出 2 号指纹作为待识别对象时,不同阈值选

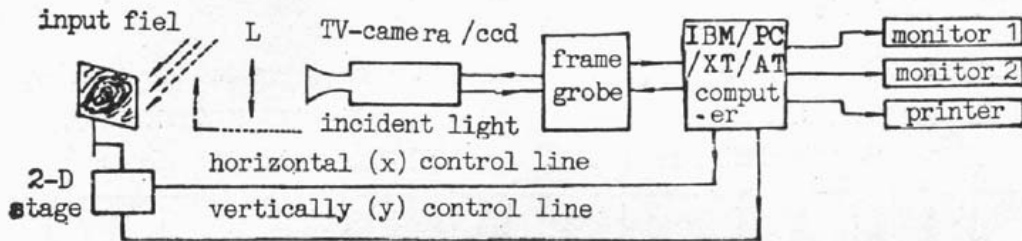
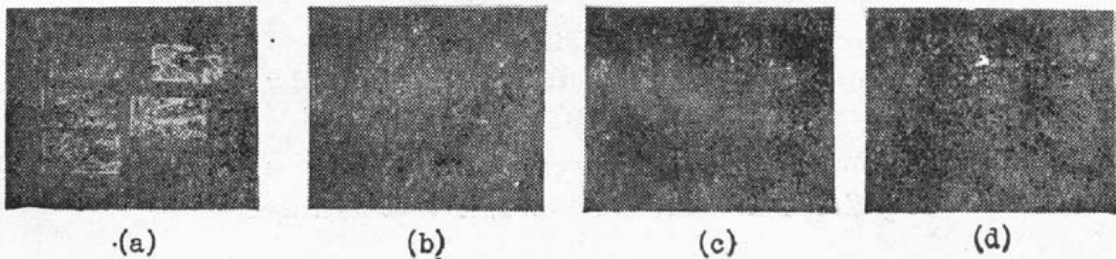


Fig. 2 The set-up of processing system

Table 1 The value of projection correlation of finger-print identification
Y-DIRECTION PRO. Y-DIRECTION PRO.

IDENTIFYING FINGER-PRINT FIELD NO.	REFERENCE FINGER-PRINT FIELD NO.					REFERENCE FINGER-PRINT FIELD NO.				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	.3217	.3282	.2964	.2929	.3011	.4456	.4407	.4220	.4006	.3371
2	.3232	.3474	.2984	.3036	.3082	.4407	.4667	.4211	.4055	.3370
3	.2964	.2984	.3193	.2573	.3193	.4220	.4211	.4095	.3832	.3219
4	.2929	.3036	.2573	.2803	.2768	.4006	.4055	.3832	.3713	.3087
5	.3011	.3082	.3193	.2768	.3021	.3371	.3370	.3219	.3087	.2632



- (a) Numbering scheme
- (b) No threshold value correlation display
- (c) Correlation processing display after the first threshold value
- (d) Correlation processing display after the second threshold value

Fig. 3 Finger-print identification display. Projection correlation of y direction. No. 2 finger-print field is used to be identified.

择时显示器上的相关显示照片。可见在适当的阈值与判别条件下,最后的相关显示即是2号指纹场*。图3(a)中,左边为1,3,5号,右边为2,4号。

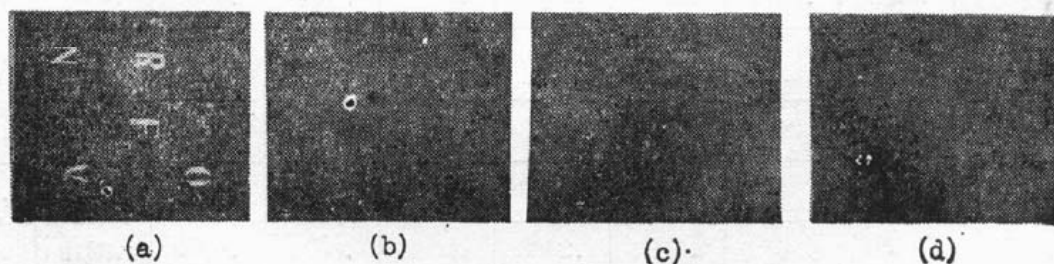
2. 字符识别

应用投影相关技术对英文字母 N、F、R、A、O 等为识别对象。识别系统仍采用图2设置,只是此时可根据需要加入或取掉光学放大系统。识别前先把上述字母在图2系统处理下存入计算机内存,作为识别时的参考类;识别时每个字符依次输入图2系统,并数字化为 64×64 二值图像阵列,这样应用式(10)~(12)与内存中存贮的参考类字符可得到 x 向及 y 向分别为32点的投影相关数值。表2列出每次投影相关的峰值数据。图4为在以N为待识别字符时 y 向投影相关在选取不同的阈值及识别条件时以光点方式在显示器上进行位置与类显示的照片图。

结论:显然一维投影相关理论用于指纹/字符识别得到了较满意的结果,实现了简单字符场与规则指纹场的识别。

Table 2 The value of projection correlation of character identification

CHARACTER FIELD NO.	Y--DIRECTION PRO.					X--DIRECTION PRO.				
	REFERENCE CHARACTER FIELD NO.					REFERENCE CHARACTER FIELD NO.				
	NO	N	R	F	A	O	N	R	F	A
N	1.000	.9174	.9987	.9700	.5953	.9997	.9231	.9977	.8973	.5234
R	.9174	.8047	.9010	.8492	.5303	.9231	.7994	.8670	.8115	.5126
F	.9987	.9010	.9977	.9578	.5938	.9977	.8670	.9958	.9052	.5241
A	.9700	.8492	.9578	.8860	.5440	.8973	.8115	.9052	.8969	.5342
O	.5953	.5303	.5930	.5440	.3570	.5234	.5126	.5241	.5342	.4041



(a) Numbering scheme
 (b) No threshold value correlation display
 (c) Correlation processing display after the first threshold value
 (d) Correlation processing display after the second threshold value

Fig. 4 Character identification display projection correlation of y direction, character N is used to be identified

参 考 文 献

- [1] 李喜德, 谭玉山; 《光学学报》, 1991, 12, No. 1 (Jan), 57~62.
 [2] S. R. Deans; 《The Radon Transform and Some of Its Applications》, (Wiley, New York, 1983), 1~50.
 [3] A. Rosenfeld, C. Kak; 《Digital Picture Processing》, (Academic Press, INC (London) LTD 1976),

* 表1中交叉点数据表示对应列与行的投影相关峰值。如不说明,以下表中含义同上。

154~201.

[4] A. 罗森菲尔德编;《数字图像分析》, (科学出版社, 北京 1987), 332~384.

Technique of projection correlation for fingerprint/character identification

LI XIDE AND YUSHAI

(Department of Mechanical Engineering Xi'an Jiaotong University Xi'an 710049)

(Received 29 October 1990; revised 18 March 1991)

Abstract

By using the 1-D projection correlation theory of 2-D correlation, the fingerprint and character field are identified rapidly and effectively. The experimental results are in good agreement with theory.

Finally, the projection technique for identification are discussed in detail.

Key words: correlation field, 1-D projection correlation, fingerprint and character field identification.