

# 指纹图象的预处理方法

王德民 胡庆生 王庆麟

(山东工业大学)

## 摘 要

本文提出了两种指纹图象的预处理方法。第一种方法采用动态门限检测指纹的隆线,直接给出二值化图象。第二种方法包括三个步骤。首先利用图象的局部统计特征消除低频灰度干扰,然后用模板匹配法增强指纹隆线,抑制高频噪声,最后进行二值化。

## 一、引 言

在指纹自动识别过程中,首先要从指纹图象中提取指纹的特征,例如隆线的分叉、中断、合并等。然而,由于特定的拍摄环境和成象方法,使有些现场指纹图象的清晰度很差。如图1所示的一例,现场指纹图象受到低频灰度干扰,各部分的平均灰度和对比度相差很大。并且图象中存在很强的高频噪声。对于这样的指纹图象,不可能通过几个简单的步

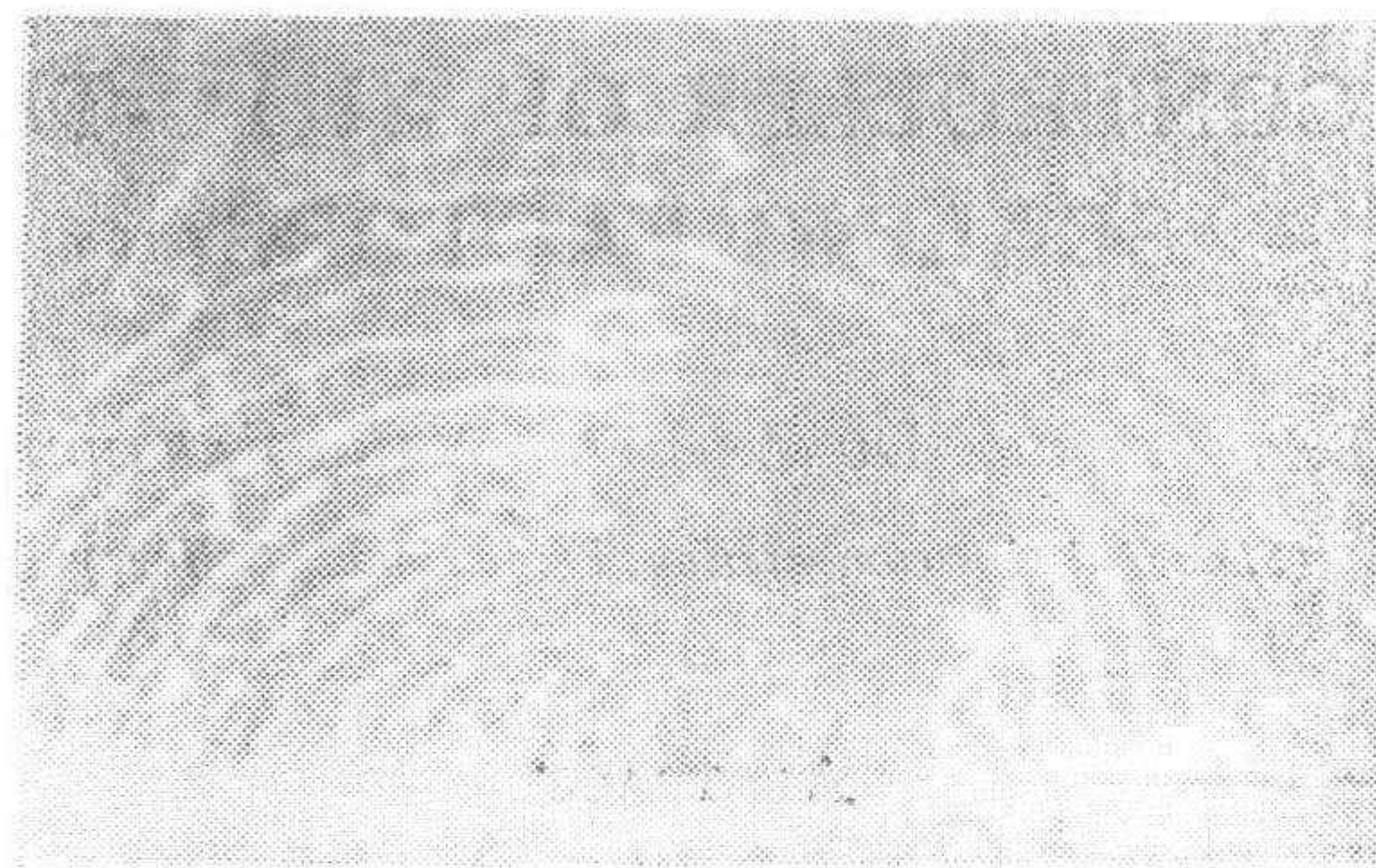


图1 原始指纹图象

量化为  $256 \times 150$  个象点, 256 个灰度级。

骤<sup>[1]</sup>提取出指纹的特征,必须采取必要的预处理方法改善图象的质量,才能提取出比较满意的指纹特征。本文介绍两种现场指纹图象的预处理方法。

## 二、动态门限峰点检测法

一幅数字图象可以由一个矩阵  $X$  表示,矩阵中的元素  $x_{i,j}$  表示图象中点  $(i,j)$  处的灰



度级。在指纹图象中,指纹隆线上的点的灰度级大于其两侧的灰度级。由此,可以将指纹隆线检测出来。以任意一点  $(i, j)$  为中心取  $N \times N$  的邻域  $A_{i,j}$ , 将其等分为 9 个小区域, 如图 2 所示。其中  $G_1, G_2, \dots, G_9$  分别表示各个小区域的灰度平均值。设置门限  $T(i, j)$ , 如果满足以下四个条件之一

$$\begin{aligned} \min\{G_5 - G_2, G_5 - G_8\} &> T(i, j); \\ \min\{G_5 - G_4, G_5 - G_6\} &> T(i, j); \\ \min\{G_5 - G_3, G_5 - G_7\} &> T(i, j); \\ \min\{G_5 - G_1, G_5 - G_9\} &> T(i, j), \end{aligned}$$

则认为点  $(i, j)$  位于指纹隆线上, 并赋予该点较高的灰度级  $B_1$ 。否则赋予该点较低的灰度级  $B_2$ 。将这一过程遍历图象中的每一点, 就得到一幅二值图象。一般邻域  $A_{i,j}$  的边长  $N$  应大于一个隆线周期, 小于两个隆线周期。

由于原始图象中各部分的平均灰度和对比度变化很大, 若采用固定门限将会出现严重的错误检测和漏检测。所以采用下述方法使门限  $T(i, j)$  随局部对比度变化。首先

计算区域  $A_{i,j}$  的灰度均值  $M = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 G_i$ , 然后计算  $A_{i,j}$

中高于均值  $M$  的象点数  $N_h$  及其灰度平均值  $z_h$ ,

$$z_h = \frac{1}{N_h} \sum_{\substack{(k,l) \in A_{i,j} \\ x_{k,l} > M}} x_{k,l};$$

计算  $A_{i,j}$  中低于  $M$  的象点数  $N_l$  及其灰度平均值  $z_l$ ,

$$z_l = \frac{1}{N_l} \sum_{\substack{(k,l) \in A_{i,j} \\ x_{k,l} < M}} x_{k,l}.$$

$z_h$  与  $z_l$  之差能够反映邻域  $A_{i,j}$  中对比度的大小。因此取门限  $T(i, j) = k(z_h - z_l)$ 。其中  $k$  为系数,  $k$  的大小决定输出图象中隆线的宽度。利用上述方法处理图 1 的结果如图 3 所示。其中  $A_{i,j}$  取为  $9 \times 9$  的邻域。如果图象中的噪声较弱, 这种方法能够得到比较好的结果。但是它对高频噪声的干扰比较敏感。在强噪声的情况下, 将使指纹隆线产生较多的错误间断、分叉及合并等。

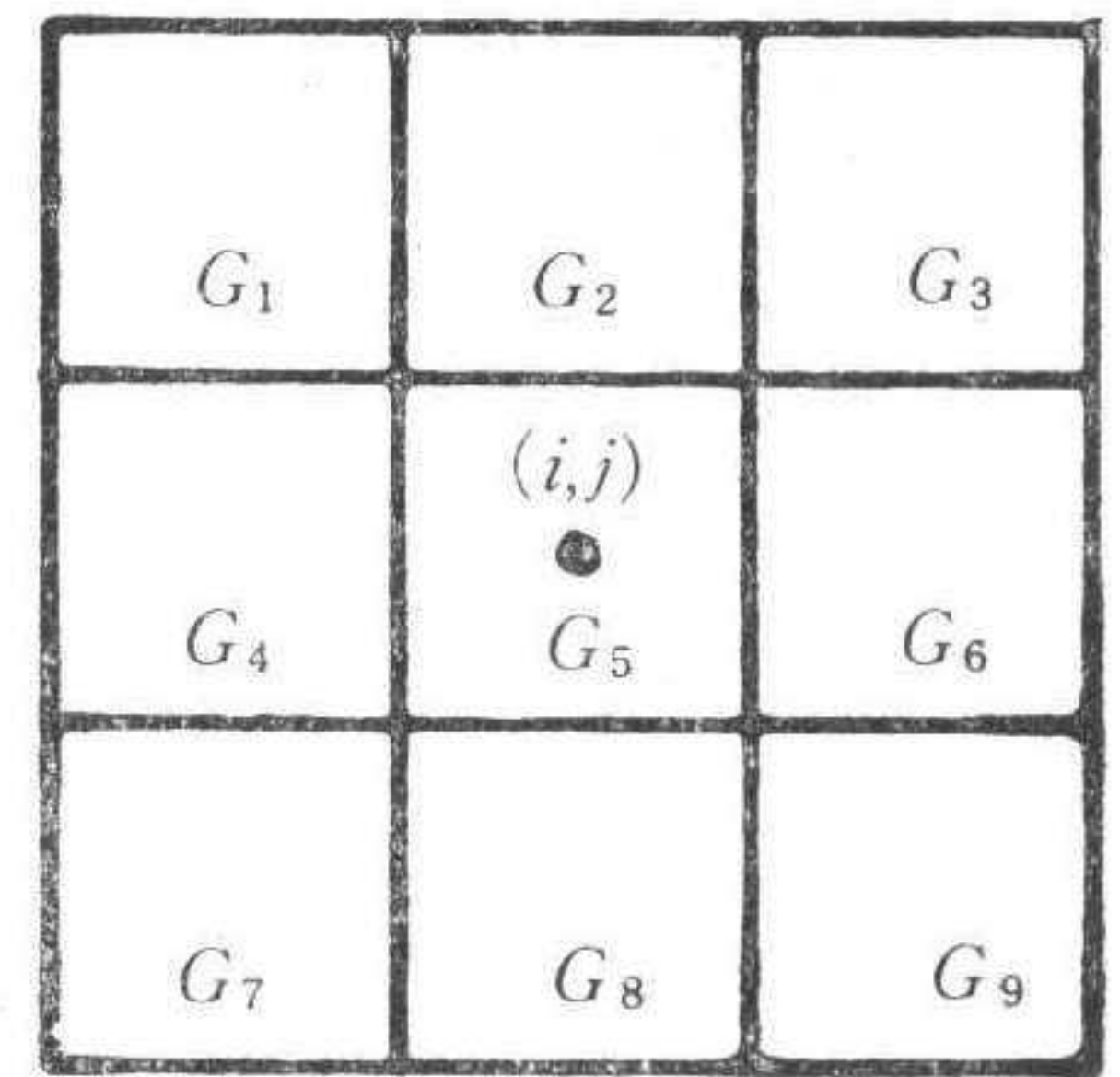
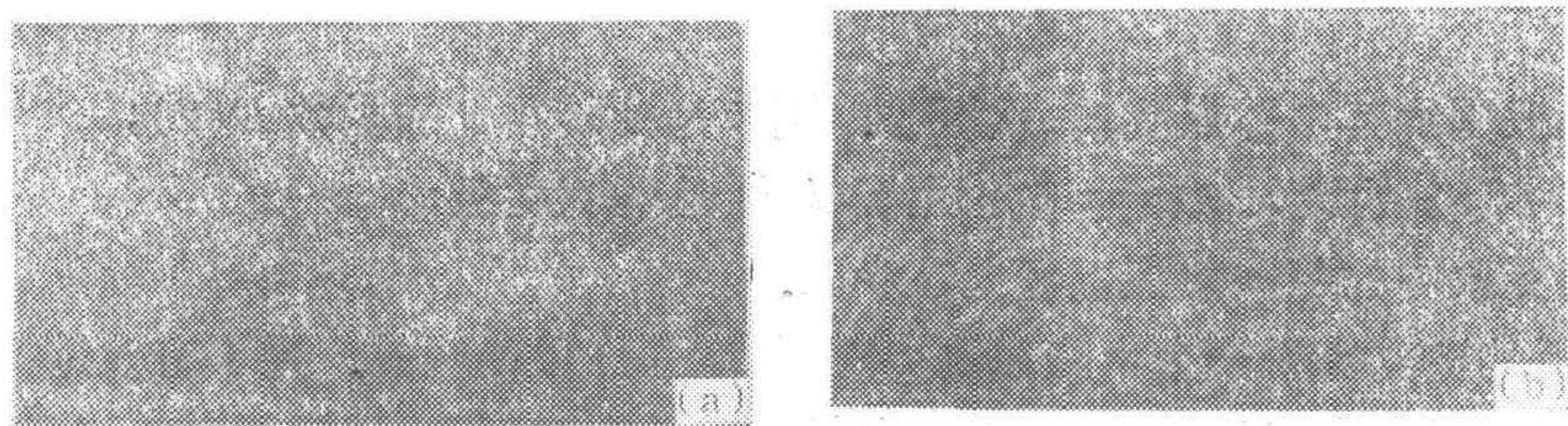


图 2 邻域  $A_{i,j}$  及其 9 个小区域



(a)  $k = 0.5$

(b)  $k = 0.3$

图 3 采用动态门限峰点检测法处理的结果



### 三、均衡—增强—二值化法

#### 1. 局部平均灰度和对比度的均衡化

以点  $(i, j)$  为中心取一个  $n \times n$  的方形邻域  $W_{i,j}$ , 图象的局部灰度均值  $m_{i,j}$  和方差  $\sigma_{i,j}^2$  定义为

$$m_{i,j} = \frac{1}{n^2} \sum_{(k,l) \in W_{i,j}} x_{k,l}, \quad (1)$$

$$\sigma_{i,j}^2 = \frac{1}{n^2} \sum_{(k,l) \in W_{i,j}} (x_{k,l} - m_{i,j})^2. \quad (2)$$

如果压缩图 1 中  $m_{i,j}$  和  $\sigma_{i,j}^2$  的变化范围, 使它们分别接近于常数  $m_d$  和  $\sigma_d^2$ , 就能够消除低频灰度干扰, 提高图象的清晰度. 根据文献[2], 令

$$y_{i,j} = m_d + \frac{\sigma_d}{\sigma_{i,j}} (x_{i,j} - m_{i,j}), \quad (3)$$

可以证明  $y_{i,j}$  的局部 ( $n \times n$ ) 均值和方差分别等于常数  $m_d$  和  $\sigma_d^2$ . 所以式(3)可以作为局部平均灰度和对比度的均衡公式.  $y_{i,j}$  作为均衡后点  $(i, j)$  处的灰度级. 一般取  $m_d$  等于原始图象的灰度均值,  $\sigma_d$  略大于原始图象的灰度标准差. 方形邻域  $W_{i,j}$  的边长应大于两个隆线周期, 小于低频干扰斑点的半径. 对于图 1 所示的图象, 取  $16 \times 16$  的邻域比较合适. 为了减小统计  $m_{i,j}$  和  $\sigma_{i,j}^2$  的计算量, 可以将原始图象划分为多个相邻而不重迭的子块, 子块的大小等于邻域  $W_{i,j}$  的大小. 按照式(1)和(2)计算出每个子块的灰度均值和方差. 然后将每四个相邻子块的灰度均值(方差)作为一组, 由分片双线性平面插值<sup>[3]</sup>得到其它各点处的局部灰度均值(方差)的近似值.

#### 2. 隆线增强

由于高频噪声的严重干扰, 如果直接对均衡后的图象进行二值化, 仍然会使指纹隆线产生许多错误的间断和分叉. 因此必须在二值化之前增强指纹的隆线, 其增强方法如下:

① 以点  $(i, j)$  为中心做一矩形模板, 如图 4(a) 所示. 该模板分为三个等宽的条形区域;

② 分别统计三个条形区域内的灰度平均值  $E_1, E_2$  和  $E_3$ , 并计算  $D = E_2 - \frac{1}{2}(E_1 + E_3)$ ;

③ 模板围绕其中心点旋转, 重复②. 则  $D$  为旋转角  $\theta$  的函数  $D(\theta)$ ;

④ 取  $D(\theta)$  的最大值作为增强后点  $(i, j)$  处的灰度级;

⑤ 对图象中的每一象点重复上述步骤.

当模板的宽度等于一个半隆线周期时, 其增强作用最明显. 为了有效地抑制噪声, 模板的长度应大于两个隆线周期, 但不宜太长. 在数字平面中, 模板不可能连续地旋转, 只能取有限的几个方向. 为了减小计算量, 并考虑到实际指纹图象(图 1)的情况, 取  $9 \times 15$





在进行增强处理之前,首先对整个图象求  $3 \times 3$  的邻域均值。那么上述矩阵就可以简化为

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

这样相当于将  $9 \times 15$  的模板简化为  $3 \times 5$  的模板,从而大大减少了计算工作量。旋转使模板的有效宽度发生了变化,它会引起输出响应具有方向性,所以必要时可以根据模板的宽度和指纹隆线的间距给不同模板的输出乘以适当的修正因子。在本文中,模板 1 和 5 的修正因子取为 0.89,模板 3 和 7 取为 1.26,余者为 1。由式(3)对原始图象均衡后,再进行二次隆线增强的结果如图 5(a) 所示。该图表明上述处理方法能够有效地抑制低频干扰和噪声。

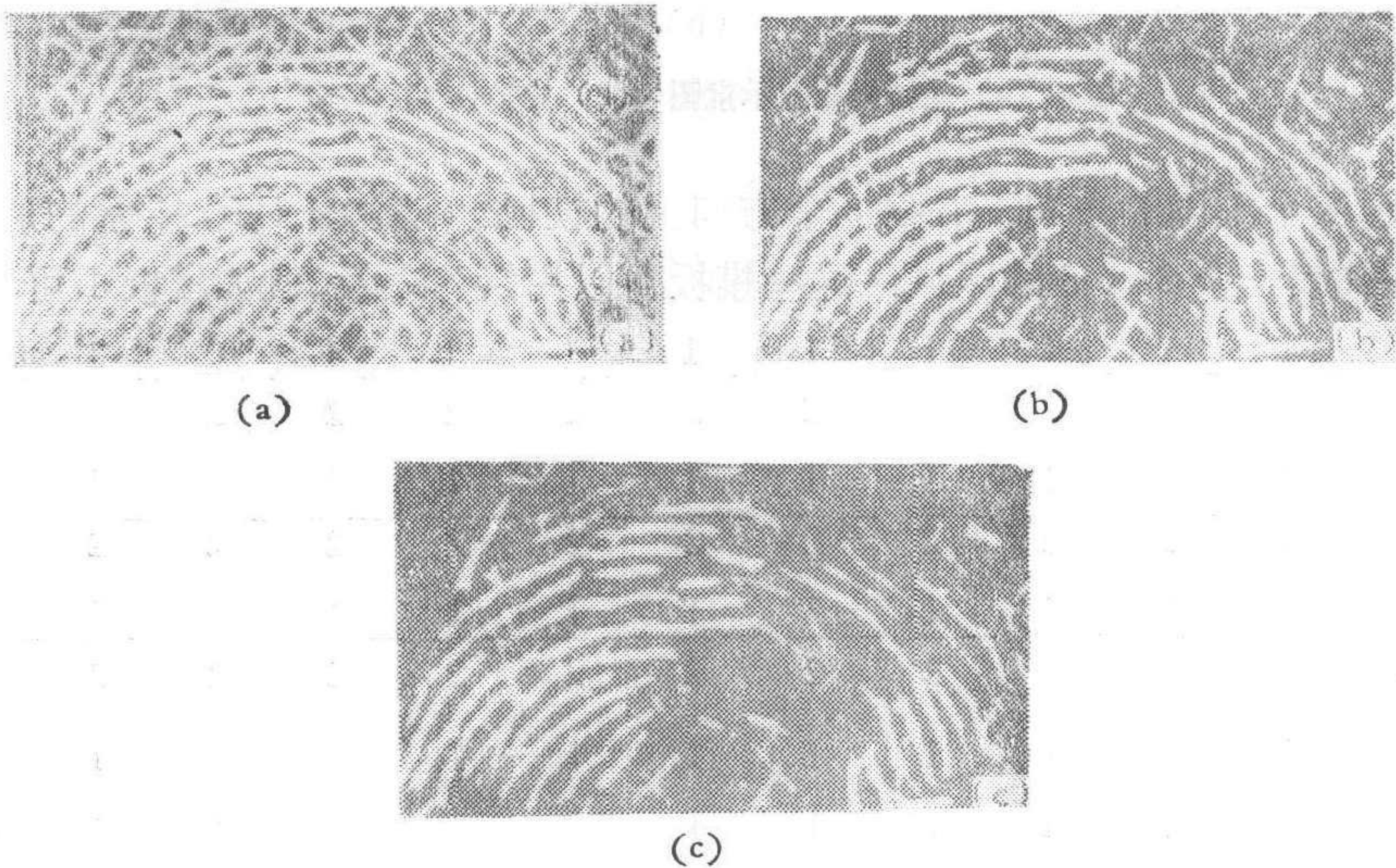


图 5 (a)对原始图象进行均衡和二次增强的结果; (b)门限为 130 的二值化图象; (c)门限为 140 的二值化图象

### 3. 固定门限二值化

由于对原始图象的局部灰度和对比度进行了均衡化,所以采用固定门限二值化来检测指纹的隆线。为了进一步抑制噪声,先对图 5(a) 求一次  $3 \times 3$  的邻域平均,然后二值化。图 5(b) 和(c)为其二值化图象,其门限分别为 130 和 140。比较图 5(b) 和(c)可以看出经过均衡和增强后,二值化对门限的取值不大敏感。



### 参 考 文 献

- [1] 肖庆涵,董晓雪,李兆玉,一种指纹图象的识别方法,自动化学报,10(1984),67—73.
- [2] Jong-sen Lee, Digital Image Processing by Use of Local Statistics, in Proc. PRIP-78, 55—61.
- [3] Castleman, K. R., Digital Image Processing, Prentice-Hall, Inc. (1979), 112—115.

## SOME PREPROCESSING METHODS FOR FINGER-PRINT IMAGE

WANG DEMIN   HU QINGSHENG   WANG QINGLIN

*(Shandong Polytechnic University)*

### ABSTRACT

Two preprocessing methods for finger-print images are presented in this paper. In the first method, a dynamic threshold is used to detect the finger-print lines and get a bilevel image directly. There are three steps in the second method. The low frequency grey level disturbance is eliminated by use of local statistics. Then the finger-print lines are enhanced and the high frequency noise is attenuated by matching masks. Finally, the image is transformed into a bilevel version.