



# 基于邻域特征的二值化图象 离散线性变换<sup>1)</sup>

刘成君      戴汝为

(中国科学院自动化研究所人工智能实验室 北京 100080)

**摘 要** 提出了二值化图象离散线性变换的一种新方法. 该方法根据象素点的邻域特征保证变换后图象的连接性, 消除虚假的孔洞. 它适用于任意形式的线性变换, 并不局限于平移、比例、旋转等特殊情况. 实验结果表明, 该方法可以消除变换后图象的孔洞, 使结果更加真实、有效.

**关键词** 二值化图象, 离散线性变换, 邻域特征.

## 1 引言

二值化图象的线性变换

$$T: (\xi, \eta) \rightarrow (x, y), \quad (1)$$

$$x = a\xi + b\eta + e, \quad y = c\xi + d\eta + f,$$

其中

$$\xi, \eta, x, y \in \mathbb{R}; \quad a, b, c, d, e, f \in \mathbb{R},$$

在计算机视觉、图象处理等领域有着广泛的应用. 但是, 由于图象象素的离散性质, 导致变换结果经常出现不如意的孔洞, 破坏了变换后图象的质量, 给进一步的处理和识别过程带来困难<sup>[1-5]</sup>. 现有的方法<sup>[1,2]</sup>只适用于平移、比例、旋转变换, 对于更普遍意义下的线性变换并不适用. Li 等<sup>[3,4]</sup>在研究非线性变换时提出了两种有效的方法, 但是, 当把这些方法应用于线性变换时, 存在着积分误差, 并且分裂参数也无法预先确定.

本文提出了基于邻域特征的二值化图象离散线性变换的方法. 该方法是 Cheng 算法的推广, 将适用条件由平移、比例、旋转等特殊情况推广到更一般意义下的线性变换, 并保持 Cheng 算法的优点. 例如, 对单象素宽度直线的处理, 变换时保持直线的单象素宽度不变. 另外, 由于本文提出的所有算法只与单个象素点及其特征点有关, 故可以实现并行操作.

## 2 基于邻域特征的数字图象离散线性变换

设输入的二值图象  $f(i, j)$  如下:

1) 本项工作得到国家自然科学基金的资助.

$$f(i, j) = \begin{cases} 1, & (i, j) \text{ is object,} \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

传统算法的变换结果  $g(I, J)$  计算如下:

$$g(I, J) = \begin{cases} 1, & \text{if } f(i, j) = 1, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

其中  $I = \lfloor ai + bj + e \rfloor$ ,  $J = \lfloor ci + dj + f \rfloor$ , “ $\lfloor \rfloor$ ”代表取整操作. 传统算法常常导致变换结果出现不如意的孔洞.

### 2.1 邻域特征模型

对二值图象  $f(i, j)$  的任意一个物体点, 根据对称性, 考虑图1所示的4个邻域点, 此时的特征总数为  $\sum_{i=0}^4 C_4^i = 16$ .

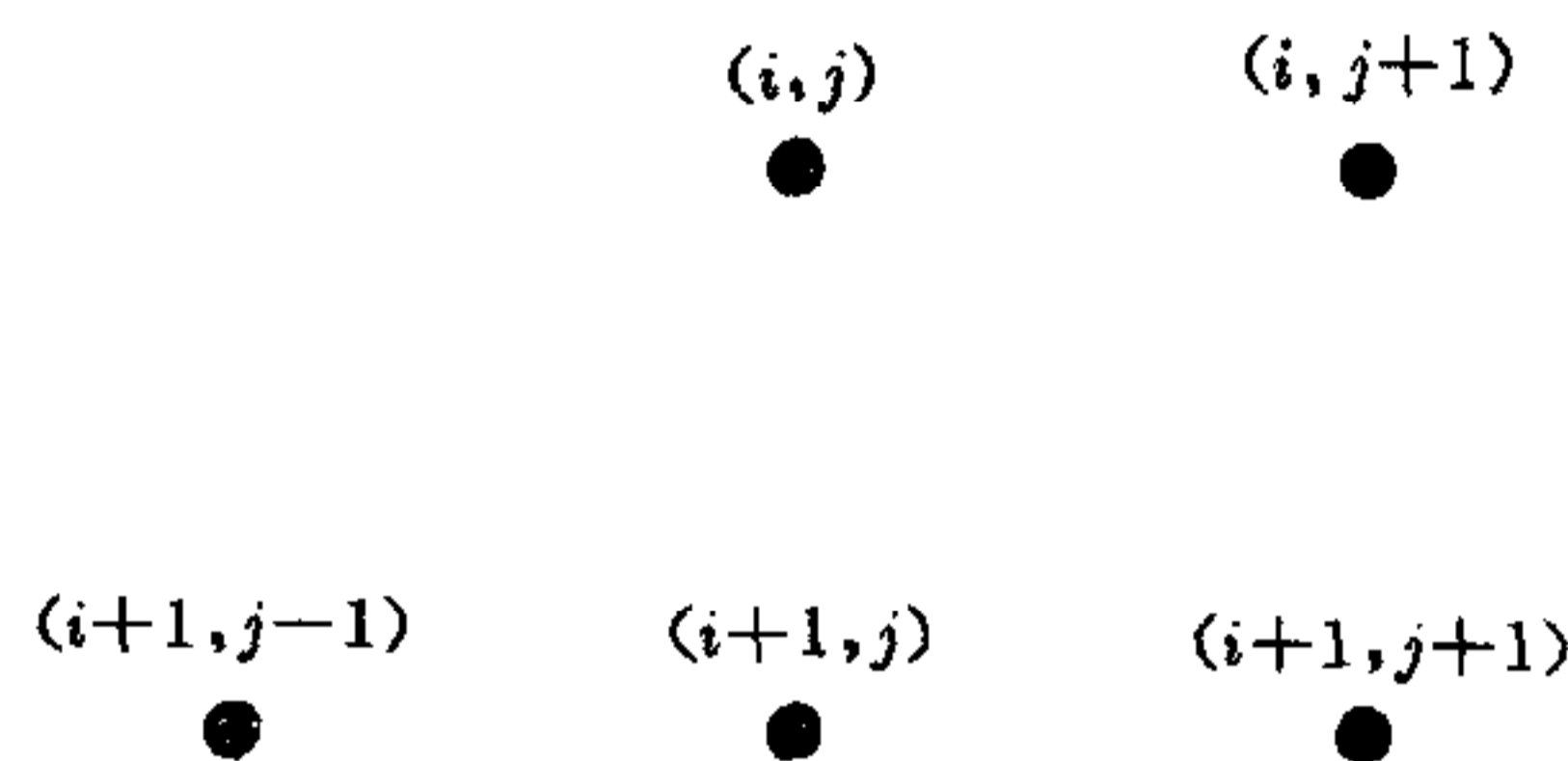


图1 象素点  $(i, j)$  及其特征点

令  $(i, j)$  点邻域特征的特征值  $v$  为

$$v = 2^0 \cdot f(i, j + 1) + 2^1 \cdot f(i + 1, j + 1) + 2^2 \cdot f(i + 1, j) + 2^3 \cdot f(i + 1, j - 1).$$

**定义1.** 当  $v$  取值1, 2, 4, 8, 9, 10时, 象素点  $(i, j)$  对应的邻域特征称为线特征.

**定义2.** 当  $v$  取值3, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15时, 象素点  $(i, j)$  对应的邻域特征称为区域特征.

当  $v=0$  时,  $(i, j)$  点按图1所示的邻点没有特征点, 此时直接利用式(3)进行变换. 当  $v=11$  时,  $(i, j)$  点的邻域特征由  $v=8$  的线特征和  $v=3$  的区域特征组成.

### 2.2 线特征的变换方法

由线性变换的性质可以知道, 直线段经过线性变换仍然是直线段. 设  $p_1(\xi_1, \eta_1)$ ,  $p_2(\xi_2, \eta_2)$  是任一线特征的两个端点, 由式(1),  $p_1, p_2$  经线性变换坐标分别为  $(a\xi_1 + b\eta_1 + e, c\xi_1 + d\eta_1 + f)$ ,  $(a\xi_2 + b\eta_2 + e, c\xi_2 + d\eta_2 + f)$ . 令  $x_1 = \lfloor a\xi_1 + b\eta_1 + e \rfloor$ ,  $y_1 = \lfloor c\xi_1 + d\eta_1 + f \rfloor$ ,  $x_2 = \lfloor a\xi_2 + b\eta_2 + e \rfloor$ ,  $y_2 = \lfloor c\xi_2 + d\eta_2 + f \rfloor$ , 则  $p_1, p_2$  点经过线性变换, 在  $XOY$  平面上对应的象素点为  $p'_1(x_1, y_1), p'_2(x_2, y_2)$ . 取  $|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|$  的最大值

$$m = \max\{|x_1 - x_2|, |y_1 - y_2|\}.$$

若  $m > 1$ , 则需要在  $p'_1, p'_2$  之间填充  $m - 1$  个象素点, 以保证变换后的连接性. 详细的算法过程参见文献[5].

### 2.3 区域特征的变换方法

区域特征对应的多边形均为凸多边形, 由线性变换性质知道, 凸多边形的线性变换仍然是凸多边形. 为了保证变换后图象的连接性, 需要求出  $XOY$  平面上变换后凸多边形覆盖的全部象素点.

**定义3.** 在  $XOY$  平面上,  $x = I, y = J (0 < I, J < N)$  表示的直线称为边界线.



区域特征的变换方法由三个步骤组成:1)在  $XOY$  平面内,标记变换后的凸多边形与边界线的交点;2)确定变换后凸多边形内部包含的象素点,并赋值给  $g(I,J)$ ;3)确定 1)中的交点所包含的象素点,并赋值给  $g(I,J)$ .

设任意一个区域特征对应的凸多边形  $B, p_1(\xi_1, \eta_1), p_2(\xi_2, \eta_2)$  为  $B$  的两个相邻顶点,下面算法描述了  $p_1p_2$  与边界线交点的标记过程.

**算法.** 输入:  $p_1(\xi_1, \eta_1), p_2(\xi_2, \eta_2)$ ; 输出: 交点序列  $q(1), q(2), \dots, q(m)$ .

$x_1 \leftarrow a\xi_1 + b\eta_1 + e, y_1 \leftarrow c\xi_1 + d\eta_1 + f, // p_1$  点的变换结果  $p'_1(x_1, y_1)$ ;

$x_2 \leftarrow a\xi_2 + b\eta_2 + e, y_2 \leftarrow c\xi_2 + d\eta_2 + f, // p_2$  点的变换结果  $p'_2(x_2, y_2)$ .

$q(1) \leftarrow (x_1, y_1)$ ;

if  $(x_1 < x_2)$

for  $(x_1 < I < x_2)$

$q(i) \leftarrow$  (计算  $x=I$  与线段  $p'_1p'_2$  交点坐标);

else for  $(x_1 > I > x_2)$

$q(i) \leftarrow$  (计算  $x=I$  与线段  $p'_1p'_2$ ) 交点坐标);

if  $(y_1 < y_2)$

for  $(y_1 < J < y_2)$

计算  $y=J$  与线段  $p'_1p'_2$  交点坐标; 若该点未标记过, 则

$q(i) \leftarrow$  交点坐标;

else for  $(y_1 > J > y_2)$

计算  $y=J$  与线段  $p'_1p'_2$  交点坐标; 若该点未标记过, 则

$q(i) \leftarrow$  交点坐标;

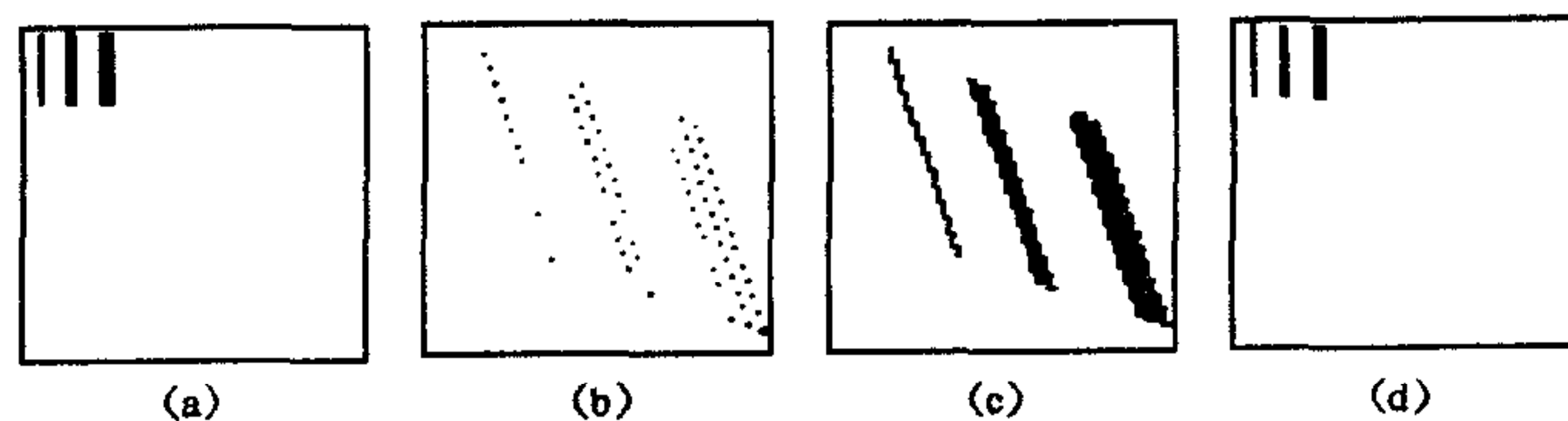
将  $B$  各边分别代入以上算法, 即完成凸多边形与边界线交点的标记过程.

令  $Y_{\min}, Y_{\max}$  分别为线性变换后凸多边形顶点纵坐标的最小、最大值. 为了确定变换后凸多边形内部包含的象素点, 需要检查  $Y_{\min}, Y_{\max}$  之间的边界线, 找出它们与  $q(n)$  中相交的点, 进一步确定象素点. 详细的算法过程参见文献[5].

最后一个步骤是确定  $q(n)$  中的点是否包含象素点. 这时只需检查  $q(n)$  中  $x, y$  是否取整数值, 若是, 则  $g(x, y) \leftarrow 1$ .

### 3 实验结果

图2给出了一组实验结果. 利用传统方法进行变换会出现不连接和孔洞, 本文的方法



(a)原图 (b)传统方法(式(3))变换的结果 (c)本文方法变换的结果 (d)本文方法逆变换的结果

图2 离散线性变换的实验结果

可以有效地处理长窄条物体,对一般意义下的线性变换效果更佳.由于篇幅的限制,更多的实验结果参见文献[5].

### 参 考 文 献

- [1] Lee S Y, Yalamanchili S, Aggarwal J K. Parallel image normalization on a mesh connected array processor, *Pattern Recognition*, 1987, **20**:115—124.
- [2] Cheng H D, Tang Y Y, Suen C Y. Parallel image transformation and its VLSI implementation, *Pattern Recognition*, 1990, **23**:1113—1129.
- [3] Li Z C, Bui, T D, Suen C Y, Tang Y Y. Splitting-shooting methods for nonlinear transformations of digitized patterns. *IEEE Trans. on PAMI*, 1990, **12**:671—682.
- [4] Li Z C, Suen C Y, Bui T D, Tang Y Y, Gu Q L. Splitting-integrating methods for normalizing images by inverse transformations, In: Proc. Int. Conf. on Image Analysis And Processing, Positano, Italy. 1989, 20—22.
- [5] 刘成君. 物体三维表示和重建、归一化和识别的研究[博士论文]. 北京:中国科学院自动化研究所, 1996.

## DISCRETE LINEAR TRANSFORMATIONS OF BINARY IMAGES BASED UPON NEIGHBORHOOD FEATURES

LIU CHENGJUN    DAI RUWEI

(AI Lab, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

**Abstract** A new method for discrete linear transformations of binary images is presented which is based upon the neighborhood features of pixels. This method can perform the transformation while eliminating superfluous holes and keeping the connectivity of the transformed images. It can handle all kinds of linear transformation and is not limited to the special cases of translation, scaling and rotation. Hence, the transformation results become more consistent and accurate. Experimental results show the efficiency of the method.

**Key words** Binary images, discrete linear transformation, neighborhood features.