

噪音图象的边缘检测

李 澜 郭力强 杨桂枝 卢汉清
(哈尔滨工业大学)

摘 要

本文描述了针对噪音图象而提出的一种新的边缘检测技术——统计边缘检测。该算法不必对图象预处理和后处理,它以几个独立的统计试验为基础,直接区分图象的边缘和噪音。通过对不同噪音图象的实际检测,证明本方法对噪音图象的边缘检测能力和效果几乎与对非噪音图象的相同。

一、前 言

随着模式识别、景物分析及人工智能的发展,出现了越来越多的视觉系统。而实用中的输入图象往往含有很多噪音,如雷达图象和遥感图片等,所以从噪音图象检测边缘变得更加必要和重要。建立在微分算子基础上的边缘检测技术,如梯度法和拉普拉斯法,其缺点是对噪音敏感,不适于噪音图象的边缘检测。

本文提出了一种新的边缘检测技术——统计边缘检测。该方法以随机噪音具有统计特性为基础,用几个统计试验的综合结果来区分边缘和噪音的。它具有下列一些特点:(1)将窗口内所有象素视为一个整体。(2)所检测的不是孤立的边缘点,而是一条连续的边缘线段。(3)使用了统计试验,使噪音的统计特征得到充分表示和考虑。(4)为了使检测更可靠,在可能存在边缘的窗口内应用几个独立的统计试验。(5)每个试验增设了“不确定”类,以减少错误概率。

二、统计边缘检测的基本原理

本算法有二个重要步骤:模态试验和边缘检测。模态试验是对给定窗口内的象素进行几个统计试验,并综合所有试验,判定该窗口有无边界。然后将有边界的窗口中的边缘检测出来。其框图如图1所示。

1. 窗口选择

窗口必须足够大以使统计试验有效,窗口还必须足够小使其仅含一条连续边缘线段。为了兼顾上述矛盾要求,通过实验选择一个 6×6 窗口。为保持边缘点的连续性,采用了窗口交迭滑动技术,滑动步长为3行和3列。

2. 统计试验

统计试验的目的是检查给定窗口内是否有一条连续边缘线段。由于噪音的存在,仅

用一个统计试验很难做出准确的判决。所以,本试验采用多重独立判决的概念:

(1) 在每个窗口内应用 N 个独立的统计试验, 得出 N 个判决结果。

(2) 对各个试验选择二个判决值: 一个代表接受假设, 另一个代表拒绝假设。二个判决值之间要留有余地。当某统计试验得出的信息含糊不清时, 该试验给出“不确定”的结果。

(3) 根据 N 个试验结果, 再做出是接受还是拒绝的最后判决。

统计试验分为三类, 共计 6 个。它们是:

A. 对假设明显不成立的窗口进行优先判断。

首先计算试验值 D ; $D = \text{MAXG} - \text{MING}$, 此处 MAXG 、 MING 分别为窗口内灰度的最大值、最小值。选一阈值 T_0 。若 $D > T_0$, 则窗内有一条边缘。否则, 窗内无边缘。

B. 以窗口内像素灰度级分布为基础的试验。

该类试验目的是检验像素灰度级的单峰分布性。若单峰被接受, 则意味窗口内无边缘。若单峰被拒绝, 则认为窗口内有边缘。若试验统计介于二判定值之间, 则给出“不确定”的规定。

试验 1. 高斯分布的 χ^2 检验^[1]。

表达式为:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - u_i)^2}{u_i}$$

n 为窗口内灰度级出现范围的区间数, x_i 是第 i 个区间像素的个数, u_i 是理论上正态分布落在第 i 个区间内像素个数。选定二个置信度 α_1 和 α_2 (本文均有 $\alpha_1 > \alpha_2$)。若 $\chi^2 > \chi_{\alpha_2, r}^2$, 则窗口有边缘; 若 $\chi^2 < \chi_{\alpha_1, r}^2$, 则窗口无边缘。其它, 则不确定。其中 r 为自由度, $r = n - 3$ 。

试验 2. 均匀分布的 χ^2 检验。

本试验用均匀分布假设, u_i 是按均匀分布假设分布在第 i 个区间的像素个数。此时, $r = n - 1$, 方法与试验 1 相同。

C. 以像素灰度级的统计参数为基础的试验。

将每个窗口如图 2 所示纵横分二次, 得 6 个子区域, 各子区域有相同的像素数。通过检查各子区域的方差均匀性和均值均匀性来判定窗口内是否有边缘。

试验 3. 均值均匀性检验。

F 分布的表达式可理解为二种方差估计值之比: 一个从子区域的均值得到, 另一个从子区域的方差得到。统计值 F 可如下求得:

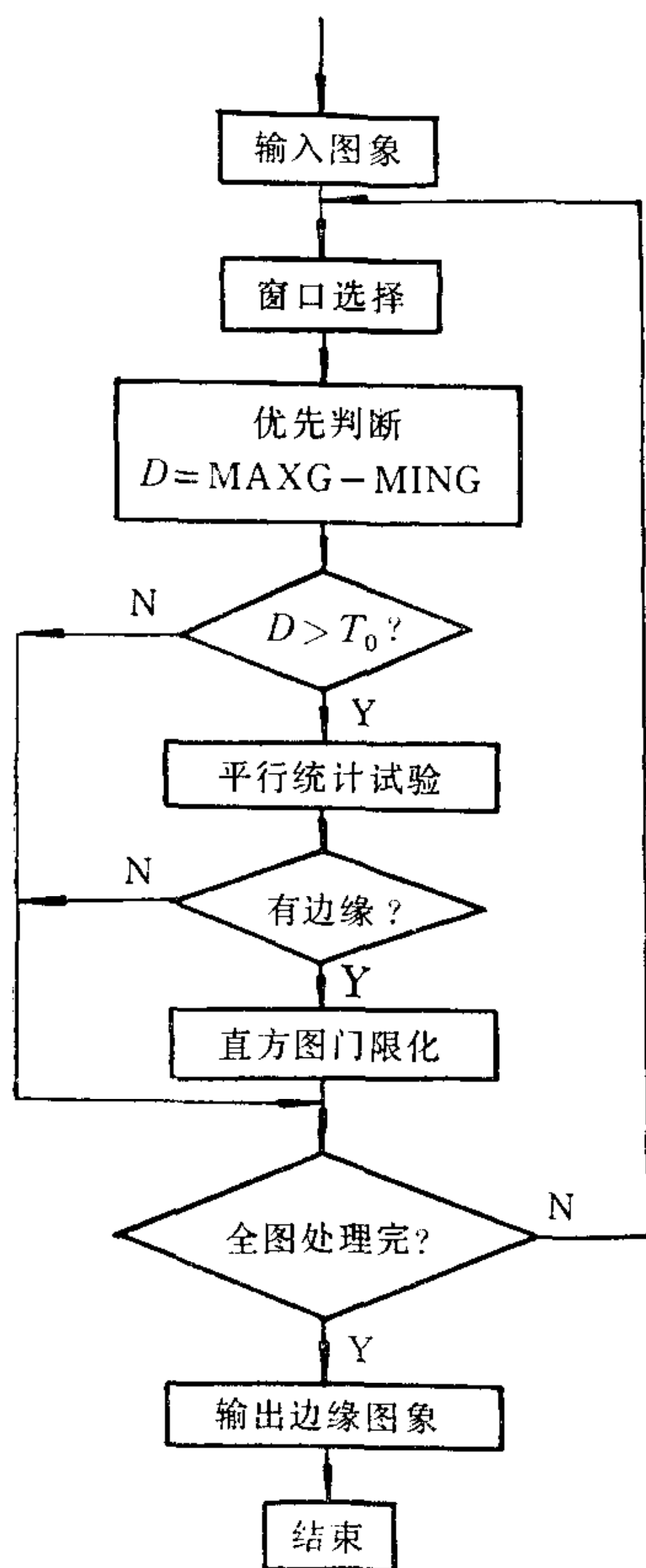


图 1 统计边缘检测算法框图

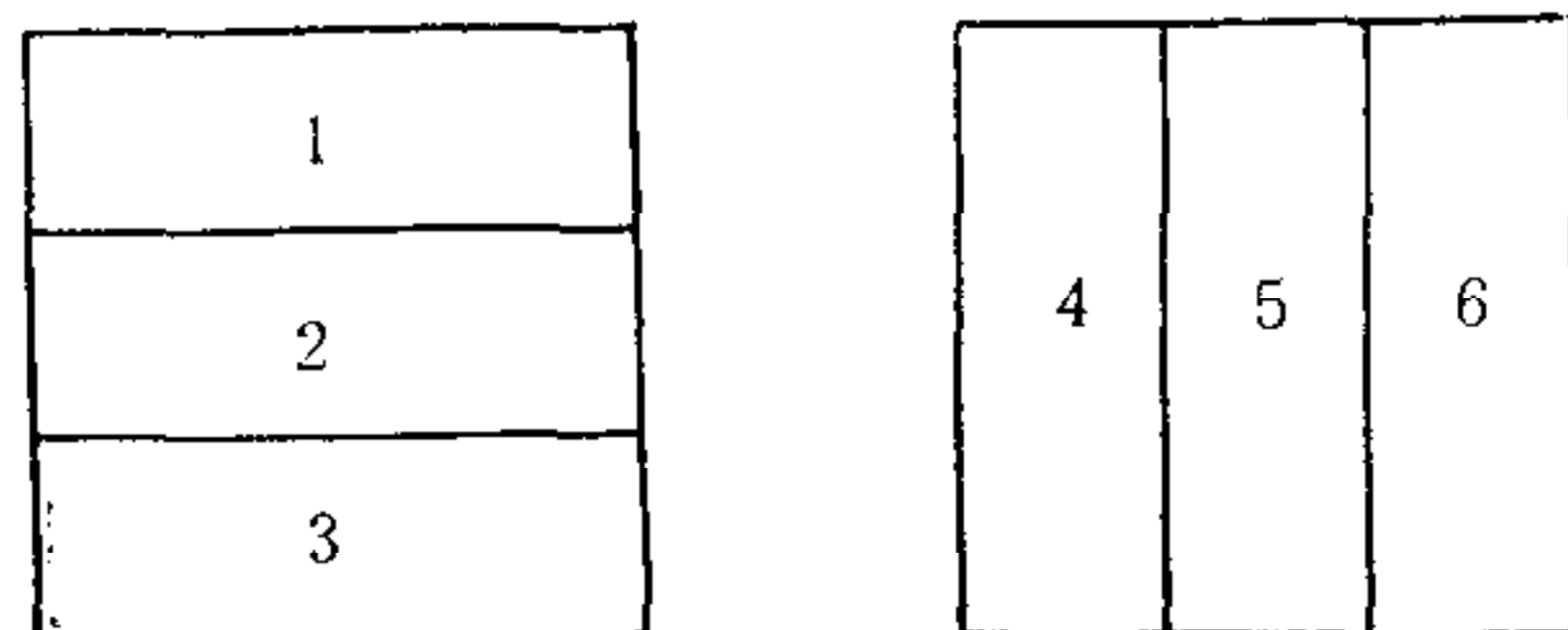


图 2 窗口划分为 6 个子区域的形式

$$S_{\text{bet}} = P \sum_{i=1}^M u_i^2 - \frac{P}{M} \left(\sum_{i=1}^M u_i \right)^2, S_{\text{wit}} = P \sum_{i=1}^M S_i^2$$

此处: S_i 为第 i 个子区域的方差, u_i 为第 i 个子区域的均值, P 为各子区域内象素的个数, M 为窗口内子区域的个数.

又设: $S_{\text{bet}}^* = S_{\text{bet}} / (M - 1)$, $S_{\text{wit}}^* = S_{\text{wit}} / M(P - 1)$, 则: $F = S_{\text{bet}}^* / S_{\text{wit}}^*$. 选择 α_1 和 α_2 , 得到二个置信限: $F_{\alpha_1, (M-1), M(P-1)}$ 和 $F_{\alpha_2, (M-1), M(P-1)}$. 若 $F > F_{\alpha_2, (M-1), M(P-1)}$, 则窗口内有边缘; 若 $F < F_{\alpha_1, (M-1), M(P-1)}$, 则窗口内无边缘. 其它, 则“不确定”.

试验 4. 均值极差检验^[2].

先确定均值极差的二个置信限: $K_{\alpha_1, M, M(P-1)}$, 及 $K_{\alpha_2, M, M(P-1)}$, 其中

$$K_{\alpha, M, M(P-1)} = K^* \sqrt{S_{\text{wit}}^* / P}.$$

此处 α_1 、 α_2 和 K^* 均可查表得到, 求极差 D_u :

$$D_u = \text{MAX}(u_1, u_2, \dots, u_M) - \text{MIN}(u_1, u_2, \dots, u_M).$$

若 $D_u > K_{\alpha_2, M, M(P-1)}$, 则窗口有边缘; $D_u < K_{\alpha_1, M, M(P-1)}$, 则窗口无边缘. 其它, 则“不确定”.

试验 5. 方差齐性检验(最大 F 比).

推广的 F 分布表达式为

$$Q = \frac{\text{MAX}(S_1^2, S_2^2, \dots, S_M^2)}{\text{MIN}(S_1^2, S_2^2, \dots, S_M^2)}.$$

选 α_1 和 α_2 , 得二个置信限: q_{α_1} 和 q_{α_2} . 若 $Q > q_{\alpha_2}$, 则窗口有边缘; $Q < q_{\alpha_1}$, 则窗口无边缘. 其它, 则“不确定”.

试验 6. 方差齐性检验 (cohran's 试验).

表达式为

$$G = \frac{\text{MAX}(S_1^2, S_2^2, \dots, S_M^2)}{\sum_{i=1}^M S_i^2}$$

选 α_1 和 α_2 , 得二个置信限: g_{α_1} 和 g_{α_2} . 若 $G > g_{\alpha_1}$, 则窗口有边缘; 若 $G < g_{\alpha_2}$, 则窗口无边缘. 其它, 则“不确定”.

用多数投票法对 6 个试验综合. 第 i 个试验结果为

$$E_i = \begin{cases} 1, & \text{若窗口“有边缘”;} \\ 0, & \text{若“不确定”;} \\ -1, & \text{若窗口“无边缘”;} \end{cases}$$

则综合判决结果为 $C = \sum_{i=1}^M E_i$. 若 $C > 0$, 则窗口有边缘; 否则, 无边缘.

3. 边缘检测

当确定一给定窗口内含有一条连续边缘时, 我们假定该边缘线段总是起始于窗口一边上的一点, 并且终止于某边上的另一点. 根据假定, 即窗口足够小, 以便窗口内仅含一条边缘线段, 用下面描述的算法将边缘线段检测出来.

首先计算窗口内灰度级的直方图^[3], 并且给出阈值 T . 然后用 -1 代替那些灰度小

于 T 的象素。最后检测这条连续边缘线段。详细过程参见文献 [4]。

三、实验和结论

我们用本算法处理了二组图片，并与拉普拉斯算子法做了比较，图 3 示出了其中一组。显然，所提出的算法在检测噪音图象的边缘时，效果良好。本算法在 CROMEMCO-Z80 微机上用 FORTRAN 语言编制，处理一幅大小为 128×128 、灰度级为 4bits 的噪音图象需时约 30 分钟。

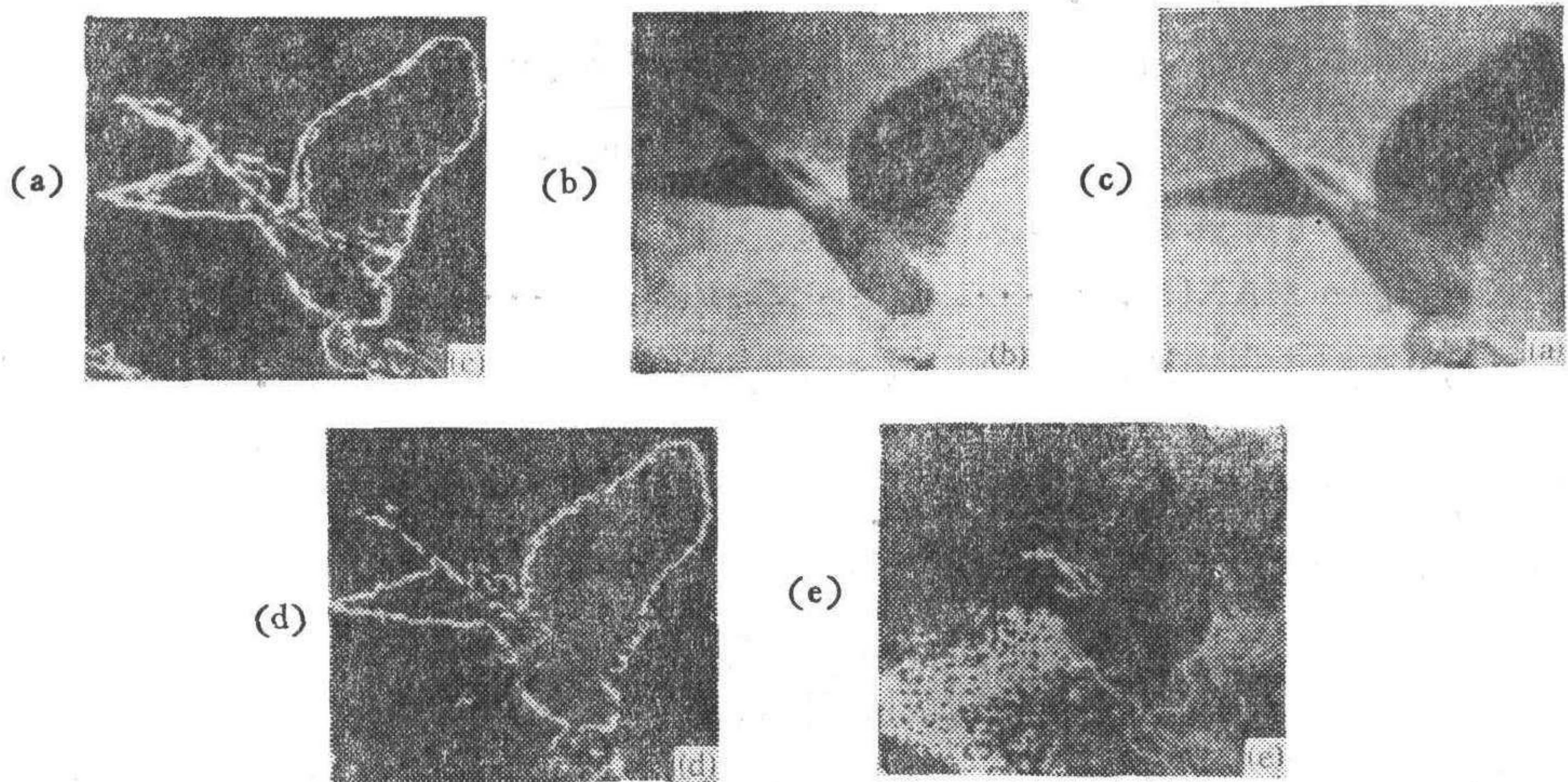


图 3

(a) 无噪音原图。(b) 方差为 10 的正态分布噪音图。(c) 用本算法检测图 (a) 得到的边缘。
(d) 用本算法检测图 (b) 得到的边缘。(e) 用拉普拉斯算子法检测图 (b) 得到的边缘。

参 考 文 献

- [1] Lothar Sachs, Applied Statistics, A Handbook of Techniques, 1978.
- [2] R. G. D. 斯蒂尔, J. H. 托里, 数理统计的原理和方法, 杨纪珂等译, 科学出版社, 1979, 134—137.
- [3] R. M. Haralick, Edge and Region analysis for Digital Image Data, *Computer Graphic Image Processing*, 12, 1980, 60—73.
- [4] 李 澜, 郭力强, 噪音图象的边缘检测, 中国宇航学会首届机器人学术会议, 1985, 10.

EDGE DETECTION FOR NOISY IMAGE

LI LAN GUO LIOIANG YANG GUIZHI LU HANQING

(Harbin Institute of Technology)

ABSTRACT

A new edge detection technique specially for noisy image —the statistical edge detection is described in this paper. The algorithm eliminates preprocessing and postprocessing for noise removal, and directly distinguishes the edge from the noise in image by several independent statistical tests. By detecting edge in different noisy images, it has been demonstrated that the edge detection capability of the algorithm for noisy image is nearly the same as that for noiseless image.