

多目标的实时连通性分析方法

魏仲慧 何昕 郝志航

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 本文提出了一种新的对凸形目标进行实时连通性分析的方法。这种方法是根据超过阈值的像元座标,采用高速信号处理器(DSP)完成复杂的比较、判别,从而确定出图像各个目标的外接矩形座标。在文章的最后给出实验结果。

关键词: 二值图像、灰度图像、连通性

1 引言

在图像处理的应用中,目标的连通性分析是进行目标识别和特征提取的关键步骤。在通常情况下,连通性分析都是对经过阈值比较后存储的二值图像进行的,对此,国内外的有关资料曾进行了详细论述。考虑到这种方法除了需要通过第一次扫描灰度图像建立二值图像外,还需要对存储的二值图像再次进行全图像扫描、分析才能确定目标外接矩形的大小,这对于像元数较多或目标数较多的图像,处理所用的时间就会较长,即使采用合理的算法和优秀的 DSP 有时也很难做到在一帧的时间内将全部数据分析处理完毕。同时,对于像元多的图像,需要一个容量较大的存储器存储二值图像,使系统变得复杂,成本提高。

考虑到连通性分析不能实时进行,将会使特征提取、目标显示等环节受到影响,从而导致整个系统的测量精度下降这一因素,探索一条能够对多像元、多目标的图像进行实时连通性分析的途径具有重要意义。为此,本文提出了:灰度图像进行阈值处理后,不存储二值图像,只将超过阈值的像元的座标存储起来,然后分析座标之间关系的方法,并通过高速数字信号处理器加以实现。

2 原理

连通性分析也称打标记(LABELING),多目标实时连通性分析的含义是在多目标的环境下,实时地识别出每一目标的位置。

目标按形状大体可分为两种,即凸形目标和凹形目标。用来进行连通性分析的判据分为 4 连通和 8 连通两种,4 连通与 8 连通如图 1 所示。

对于凸形目标,根据其特点,适合采用比较简单的 4 连通判据。用像元座标进行目标的连通性分析的依据是座标间的相互关系,一般需要分成两步进行:

(1)行内分析

行内分析就是确定图像中每一行的各个目标窗口。如果两个像元的 Y 座标相同,为 Y_K ,则需要对它们进行行内分析。当这两个像元的 X 座标 X_i 和 X_{i+1} 符合 $X_{i+1} = X_i + 1$ 时,那么这两个像元属于同一目标,这时将对行内目标的起始点座标和目标长度进行存储,如果下一个像元仍属于该目标,则需要对目标长度进行修改,直至出现不属于该目标的像元座标时,此行内该目标的窗口就确定完毕。第 K 行行内目标窗口座标信息表结构如图 2(a)所示。

如果出现间断行,即两个像元的 Y 座标 Y_L 和 Y_K 关系是 $Y_L \neq Y_K + 1$,那么已经分析出的目标窗口将被分离出来,不再继续进行分析。关于被分离的窗口的处理将在后面加以论述。

如果两个像元的 Y 座标 Y_L 和 Y_K 符合 $Y_L = Y_K + 1$,且已经建立了第 K 行的行内目标窗口,则应进行第 L 行的行内分析,并建立图 2(b)所示行内目标窗口信息表。

其中: X_m 第 K 行行内目标窗口的起始点座标

L_m 第 K 行行内目标窗口的长度

X_n 第 L 行行内目标窗口的起始点座标

L_n 第 L 行行内目标窗口的长度

(2)行间判别

行间判别的含义是对两个相邻行行内分析出来的窗口进行合并和分离。行间判别的依据是:

①若 $X_m > X_n$,则当 $X_m - X_n < L_n$ 时, X_m 与 X_n 所在的窗口连通,否则不连通;

②若 $X_m \leq X_n$,则当 $X_n - X_m < L_m$ 时, X_m 与 X_n 所在的窗口连通,否则不连通;

如果两个窗口是连通的,则将两个行内窗口进行合并。合并后,一方面用 X_n, Y_L, L_n 作为下一行行内目标窗口信息供下一步分析时使用;另一方面将建立行间判别结果信息,即计算出 $X_{min}, Y_{min}, X_{max}, Y_{max}$,在此, X_{min} 是两行内最小的起始点座标, X_{max} 是 $X_m + L_m$ 和 $X_n + L_n$ 中的最大值, $Y_{min} = Y_K, Y_{max} = Y_L$ 。

如果第 K 行中的某些窗口与第 L 行的任何一个窗口均不连通,那么这些窗口将被分离,不再继续参与比较。同上所述,被分离的窗口也需要建立 $X_{min}, Y_{min}, X_{max}, Y_{max}$ 信息,这些信息就是被分离出来的目标外接矩形座标。

如果第 L 行中的某些窗口与第 K 行的任何一个窗口均不连通,那么计算出 $X_{min}, Y_{min}, X_{max}, Y_{max}$,然后将它们作为下一行行内目标窗口信息继续进行分析判断,以此类推。

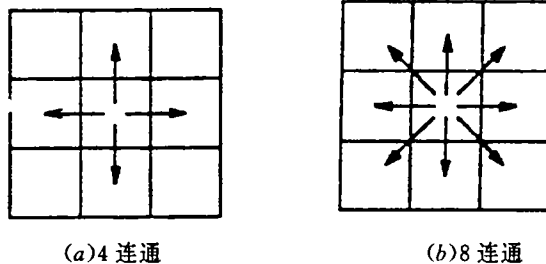


图 1

X_1
Y_K
L_1
X_2
Y_K
L_2
\vdots
X_m
Y_K
L_m

X_1
Y_1
L_1
X_2
Y_1
L_2
\vdots
X_n
Y_L
L_n

(a) (b)

图 2 行内目标窗口座标信息表

连通性分析完成以后,建立的某个目标的外接矩形座标如图 3 所示。

除此之外,处理器还需实时完成如下两项工作:

1. 去除孤立点

连通性分析完成后所确定的目标窗口有的可能是孤立噪声的窗口,为了节省提取目标像元灰度时所用时间及存储空间,应在下一步工作之前去除这些孤立噪声。

孤立点噪声的判别方法是:当某一窗口的左上角座标和右下角座标相等时,则该窗口为孤立点窗口。

2. 灰度提取:窗口内目标的灰度是计算目标特征的依据,因此必须加以存储,以保证后续工作的顺利进行。以 578×288 图像为例,利用公式

$$ADD=578 \times Y + X$$

可以计算出某个像元在灰度存储器中的地址偏移量,以该偏移量与基地址的和为地址就可以将目标窗口内的灰度提取出来。

上述工作完成后,将建立结构如图 4 所示的目标数据信息,以便进行目标的特征提取。

为了能够实时地进行连通性分析,除了采用上述分析方法之外,在硬件电路上,采用以美国第二代高速信号处理器 TMS320C25 为核心的开发系统来实现对像元座标的连通性分析,当它以 40MHz 时钟工作时,指令周期为 100ns,每秒钟可执行 1000 万条指令。硬件电路原理如图 5 所示。

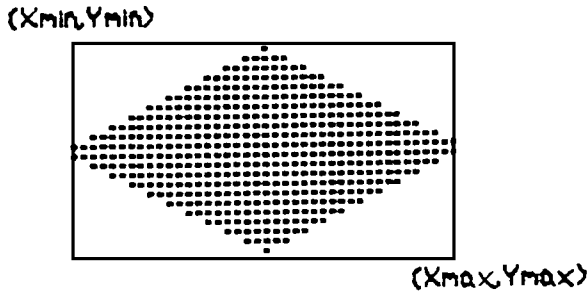


图 3 目标外接矩形座标

帧号
数据长度
目标数
X1 _{min}
Y1 _{min}
X1 _{max}
Y1 _{max}
⋮
X1 _{min}
Y1 _{min}
X1 _{max}
Y1 _{max}
灰度 11
灰度 12
灰度 13
⋮
灰度 11
灰度 12
灰度 13
⋮
灰度 in

图 4 目标信息表

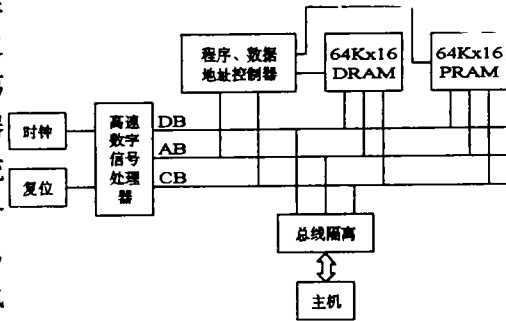


图 5 硬件原理框图

3 实 验

用软件在 320C25 开发系统中建立如图 6 所示的图像像元座标的数据文件,以及与之相对应的灰度图像文件。该图像包括 30 个目标,26 个孤立点,其中最大目标为 4×10 像元,最小目标为 3×1 像元。

根据对像元座标的连通性分析原理,用 C25 专用的汇编语言编程建立 30 个目标的窗口座标并去掉 26 个孤立点所用的时间为 5.8ms;提取目标窗口内的像元灰度所用的时间为 1.8ms,共计 7.6ms。处理结果如图 7 所示。

为了便于比较,我们曾在—台主频为 16MHz 的 PC-286 微机,采用 MICROSOFT C5.0 编程对同样的图像进行以上处理,仅连通性分析所用的时间就为 30ms 左右,可见第一

种方法所用时间是第二种时间的四分之一。

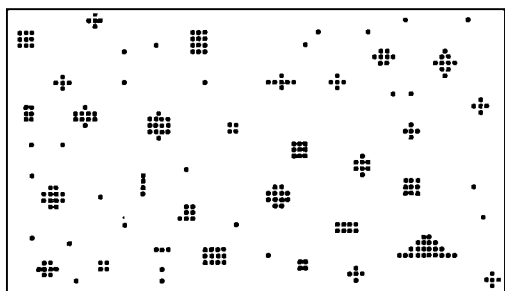


图 6 模拟图像

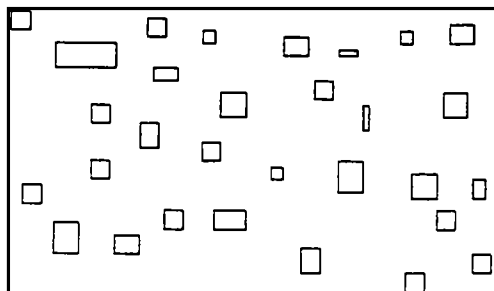


图 7 处理结果

4 结 论

本文通过实验证明了硬件用 TMS320C25 开发系统,采用对超过阈值和像元坐标进行连通性分析的方法完全能够做到对扫描速度为 40C/s 的多目标图像的实时处理。

参 考 文 献

- [1]Thomas M. Seitzler,Hardware Algorithms for Connectivity Analysis,Target Tracking and Object Characterization. Proc. SPIE,829
 [2]Tan Thai,A fast,One pass algorithm to label object and compute their features. Proc. SPIE,1567

A New method of Real-time Connectivity Analysis for Convex Objects

Wei Zhonghui,He Xin and Hao Zhihang
 (Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
 Chinese Academy of sciences,Changchun 130022)

Abstract

A new method about real-time connectivity analysis for convex objects is presented. The basic idea is according to the over threshold pixel coordinate,performing complex work of comparing and recognition using Digital Signal Processor (DSP),then determines the containing rectangle of all objects in the image,and the result is provided in the end of this paper.

Key words: Binary image, grey-scale image, connectivity