

具有细化和抗噪声功能的边缘检测*

陈根明 袁保宗

(北方交通大学信息研究所,北京)

摘要 本文提出一种新的利用 5×5 窗口的边缘检测方法。它可以明显地抑制噪声,并且克服了 5×5 窗口使被检边缘宽度增加的副作用。另外,针对图象成像时曝光不足的区域,对比度下降的缺陷,对不同灰度背景的区域,采用不同的判别门槛,因此能够正确识别不同灰度背景物体边缘。

关键词 数字图象处理;边缘检测;门槛技术

一、引言

数字图象处理中的边缘识别技术已不是新的了。回顾它的兴起,至少可以追溯到五十年代^[1,2],这之后的二、三十年,这项技术有了很大的进展^[3,4],并且至今还在发展,可见它在数字图象技术中的重要地位。粗略地分析起来,这些进展可以分为许多不同的分支:如模块法(文献[3]中的第十章),统计法^[5,6],阶跃匹配法^[7,8],递推法^[9],顺序法^[4]等等。一般地讲,比较简单的方法具有处理速度快、占用内存少等等优点,但对于复杂的景物,具有噪声的图象,其能力都是较差的。另一方面,复杂的方法在处理能力上有所提高,但付出的代价,如占用大量内存空间和计算时间,却是非常可观的,在很多场合中很难让使用者采纳。因此寻找识别能力强,但占用内存空间和计算时间又不很大的边缘识别方法一直是这门技术的一个主要目标。

本文提出的方法就是实现这个目标的一个尝试,该方法仍然是建立在模块法的基础上,因为它方法简单,速度较快。众所周知,模块法有一些缺陷,最主要有:

(1) 诸如 Sobol 等等之类的 3×3 模块对图象噪声非常敏感。采用较大模块具有抑制噪声的作用,但是这些较大窗口模块使检测出的边缘大大加宽,结果往往不能直接使用。如果对加宽了的边缘进行细化,则不但会大大延长运算时间,而且在边缘识别中会产生不平滑边缘部分,使在细化过程中成为大量的“毛刺”,以至仍然不能交后续处理使用。

(2) 门槛的选取也是一个难以解决的问题。门槛过低,识别结果将引入很多不是边缘的部分;门槛过高,将造成边缘断裂。如果同一图象中不同的景物感光不同,适当地选取门槛就更加困难。感光少的景物灰度对比度小,如果希望正确的识别出其内部的物体边缘,门槛就要降低,这样势必导致感光多的景物引入过多的错误。反之,又将使感光少的景物边缘无法检出。

* 1986年11月26日收到,1987年8月29日修改定稿。

针对这些问题,不少人作出了很多努力,提出诸如统计法、递推法、根据不同区域的直方图选取门槛的方法等等。这些方法对上述缺陷都有所改进,但付出的代价过大。当然在我们的方法中,为改进这些缺陷也付出了一定的代价,但是读者可以从下文看出,这种代价一般是可以接受的。

为了在边缘检测中抑制噪声的影响,并能检出小角度的物体边缘,本方法提出了小角度加权的 5×5 窗口边缘识别算子。为了克服 5×5 窗口边缘识别算子检测出的边缘较宽的缺陷,本方法在使用灰度门槛判别的同时,进一步判别检测出的边缘点是否是边缘的中心线上的点,并且仅接受处于边缘中心线上的点作为最后检测出的边缘点。这使识别出的边缘宽度基本上小于或等于两个象素。除此之外,针对图象成象时,曝光不足的区域对比度下降的缺陷,算法中根据各窗口区域内的灰度特征,自动地调节判别门槛值的大小,因而有正确识别出不同灰度背景区域的物体边缘的能力。

下面,我们首先给出此方法的基本构思和框图,然后叙述详细的实现过程,最后,根据我们的实验结果进行一些讨论。为了下面叙述方便我们简称此方法为 NRTO (Noise Resisting and Thinning Operator)。

二、基本构思和实现框图

方法的基本过程可分为三步:

(1) 区域预检 在此步中,分整个图象为许多小区域。如一个小区域中最大灰度值与最小灰度值之差大于一个门槛 t_1 , 则交后续过程仔细识别。否则认为此区域无边缘存在,进入下一个小区域。此步目的是为了加快处理速度。

接下来的两步可以独立进行,即当整个图象的边缘可能点全部识别出来后,再依次判别它们是否是边缘中心点。也可以放在一起进行,如图 1 的框图所示。

(2) 判断是否是边缘可能点 首先根据窗口内象素的灰度特性调整门槛(令为 t_1), 并且根据门槛 t_1 初步判断本模块的中心点是否可能是边缘点。如果是,则进入下一步,否则窗口移动到下一个象素的位置上。

(3) 判断是否是边缘中心线上的点 根据已检测出的边缘可能点的方向,与其两侧的边缘可能点进行比较,判断当前点是否处于边缘的中心线位置,并仅保留处于边缘中心线位置的那些点作为边缘点。

最后,移动模块窗口到后续点进入下一预检区域,整个过程反复循环,直至整个图象处理完毕。

三、具体实现

区域预检是非常简单的。记下本区域的灰度最大值和最小值,如果它们之间的差值大于某个设定门槛 t_0 , 就对本区域的各点详细地加以识别。 t_0 的选取应适当小一些,以保证应有的边缘点不致遗漏。区域的大小应根据不同的处理对象来决定,较复杂的图象可选取较小尺寸的区域,物体较稀的图象可选择较大尺寸的区域以提高预检效率,加快处理速

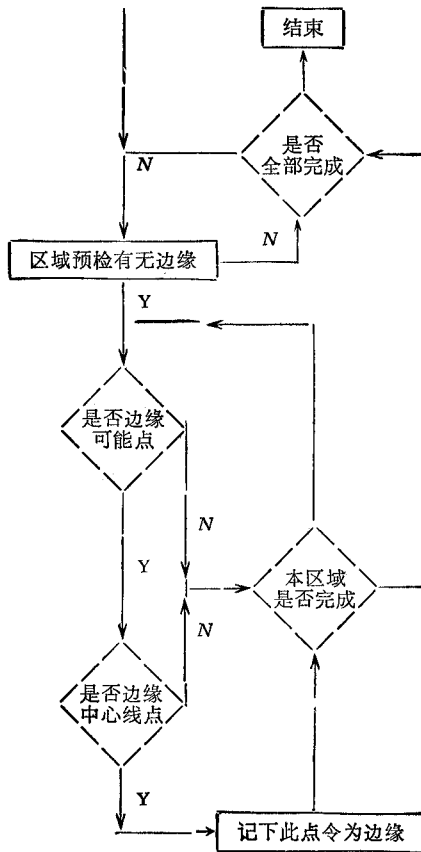


图 1 计算框图

度。另外,各小区域之间应适当地有一两个象素宽度的重叠。

一旦一个区域在预检中被判定是可能有边缘点的,就需进入第二步对此区域中的每一象素仔细加以判别。NRTO 提出了代表四对不同方向的小角度加权模块,用意在于增加对小角度的物体边缘的敏感性。

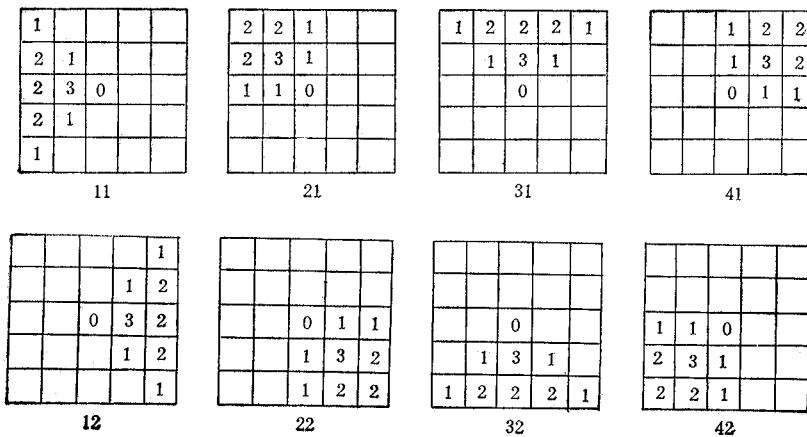


图 2 五对模块算子

四对模块算子记如图 2.

设模块中心像素为当前点 0, 将 8 个模块在 0 点作用后的值记为 $P_{11}, P_{12}, P_{21}, P_{22}, P_{31}, P_{32}, P_{41}, P_{42}$. 把它们成对相减, 取其绝对值, 记为 Δ_i :

$$\Delta_i = |P_{i1} - P_{i2}| \quad (1)$$

比较 $\{\Delta_i\}$, 取其最大的一个, 设其序号为 k , ($1 \leq k \leq 4$), 然后将 Δ_k 与一个阈值 t_1 相比较, 如 $\Delta_k > t_1$, 则认为当前点 0 是边缘可能点. 根据第二节的叙述, 对于感光较少的景物区域, 由于其对比度较小, 因此要采用较小的阈值. 即阈值 t_1 为:

$$t_1 = \frac{t_2}{g(P)} \quad (2)$$

$$P = \max\{P_{k1}, P_{k2}\}$$

式中, t_2 是给定的常数.

显然, $g(P)$ 应该是 P 的减函数. $g(P)$ 的选取可以有不同的方法, 在我们的实验中, 取:

$$g(P) = a + be^{-P} \quad (3)$$

式中 a 代表常数加权字母, $a < 1$; b 代表指数部分的加权系数; e 代表对不同曝光区域反差的放大变化率.

一般来讲, (1) 当 $P/13 = 255$ 时, 取 $g(P) = 1$, (即单位像素亮度最强时, 无放大作用). (2) 当景物背景光线差别较大时, 取较小的 a 值和较大的 b 值, 反之亦然. 当景物背景均匀时可取 $a = 1, b = 0$; 即无加权效果.

常数 a, b, e 根据不同的图象和使用者的愿望来选取.

这种选取阈值 t_1 的方式有可能在判断边缘可能点时, 局部加宽原有的边缘, 但是后面的处理过程会完全消除这种宽化的影响. 实际上, 我们还故意地取较小一些的 t_2 值, 以尽量使应有的边缘点在第二步处理中不致遗漏, 而并不担心它使边缘宽化.

大家都知道, 使用这种 3×3 或 5×5 的模块所求出的边缘, 其理想宽度应该是小于等于两个像素. 我们称这种理想的边缘为边缘的中心线. 很明显, 上面在第二步所识别出的边缘可能点并不都是边缘中心线上的点, 而我们希望的是从这些边缘可能点中找出那些仅属于边缘中心线上的点, 这就是第三步的工作. 这步比较容易, 因为如果某个边缘可能点是边缘中心线上的点, 并且此边缘的方向已知, 那么, 在此边缘可能点两侧两个点的 $|\Delta_k|$ 值就应该小于当前点的 $|\Delta_k|$ 值, 这个结论是显而易见的. 因此, 我们仅保留所有边缘可能点中那些满足上述条件的点作为边缘点. 实验表明: 由此方式识别出的边缘基本上是小于是或等于两个像素宽.

四、实验结果和讨论

将上述的三步结合起来, 我们就得到了一个具有抗噪声能力、细化功能, 并能识别同一图象中不同感光程度景物区域中物体边缘的方法. 用户在使用这个方法的时候, 可根据自己的具体情况, 合理地安排这三个步骤的顺序, 以适应自己的特殊条件. 显然, 这个方法较简单. 根据我们实验的统计, 此方法比 Sobel 方法的计算速度慢 $1/2-2/3$, 但比

统计算法和递推算法快 5—8 倍,甚至更多。并且识别效果良好,还具有下述两个特点:对不同曝光背景的物体边缘具有识别效果和细化作用,这是其它方法所不及的。

下面给出的一些实验结果以表明它的实际效果,实验的图象是任意的。

图 3 是原图象,噪声是图象输入和传输时引入的。

图 4 是用 NRTO 方法检测的结果,结果相当理想。

图 5 是加入噪声后的图象,信噪比为 2:1。

图 6 是 Sobel 算子运用于图 3,由于门槛较低,噪声严重,边缘较粗。

图 7 是 Sobel 算子高门槛时运用于图 3 的情况,噪声影响减弱,边缘较细,但边缘断裂严重。

图 8 是 5×5 算子用于图 3 的情况,噪声受到抑制,但边缘非常宽。

图 9 是 NRTO 方法用于图 3 的情况,噪声受到抑制,边缘基本上仍窄于、等于两个象素。

说明:本实验中的图 3 至图 9 见插页,其打印程序是:图 3,图 5 是借用一留日学者的程序,与其它边缘图是反对称的。而图 4,图 7 至图 9 是自己编制的边缘打印程序,其对称性忠实于真实景物。

参 考 文 献

- [1] R. A. Kirsch, L. Cahn, C. Ray, G. H. Urban, Experiments in Processing Pictorial Information with a Digital Computer, Proc. Eastern Joint Computer Conference, 1957, p. 221—229.
- [2] R. L. Grimsdale, F. H. Sumner, C. J. Tunis, T. Kilburn, Proc. IEE, 106B(1959), 210—221.
- [3] A. Rosenfeld, Digital Picture Processing, Second Edition, Academic Press, New York, 1982, p. 242.
- [4] T. Pavlidis, Algorithm for Graph and Image Processing, Computer Science Press, New York, 1982, p167.
- [5] D. B. Cooper, H. Elliott, F. Cohen, L. Reiss, P. Symoser, Computer Graphics Image Processing, 12(1980), 326—356.
- [6] S. Minson, Computer Vision and Image Processing, 25(1984), 24—25.
- [7] M. F. Hueckel, J. ACM, 18(1971), 113—125.
- [8] M. J. Brooks, Computer Graphics Image Processing, 8(1978), 277—285.
- [9] P. Lenkin, Computer Graphics Image Processing, 9(1979), 150—165.

A NEW EDGE DETECTOR WITH THINNING AND NOISE RESISTING ABILITY

Chen Genming Yuan Baozong

(Northern Jiaotong University, Beijing)

ABSTRACT This paper presents a new edge detector using 5×5 window, which can reduce the noise effect efficiently but not increase the width of the detected edge which always happened in case of using 5×5 window edge detector. Besides that, in order to handle the problem that the contrast reduced in the dark region is caused by underexposure, this detector uses a auto-changeable threshold, so that it can detect the edge in regions of different grey background correctly.

KEY WORDS Digital picture processing; Edge detection; Thresholding technique



Fig 5



Fig 3



Fig 4



Fig 6



Fig 7



Fig 8



Fig 9