

利用点对分析法检测线段

刘 进^{1,2} 闫 利¹ 李德仁²

(1 武汉大学测绘学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

(2 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘 要:结合图像中直线段点密度分布的一些视觉经验,提出一种检测线段的点对分析算法,避免了 Hough 变换中累加参数空间的复杂计算过程。实验表明,本文方法具有精度高、消耗内存量小并能直接检测出线段及其端点的优点,可应用在弹道轨迹检测、字符笔画识别和遥感图像道路检测等领域。

关键词:线段检测; Hough 变换; 弹道检测; 字符识别

中图法分类号:P237.3

直线检测就是将图像中直线上像素点的空间信息转化成直线参数信息。该方法在图像有噪声时稳定性好,但精度不高,效率低,内存消耗大,且不能直接检测直线端点^[1]。在提高 Hough 变换的准确性^[1-4]、减少计算时间^[5-8]以及内存需求方面已有很多研究,但这些研究方法难以直接解决直线端点的检测问题。本文采用点对分析法对图像中的重要点对进行分析,精确检测线段两 endpoints,消耗内存较小,对图像预处理后较少点处理效率高于 Hough 变换。本文方法还可推广到其他形状的检测中。

1 点对分析原理

传统 Hough 变化检测直线是遍历图像中每一个点所在的全部直线,这样很费时,因为两点确定一条直线。改进方法是遍历图像中出现的所有有一定间距的点对。虽然遍历点对略显麻烦,但这种方法却避免了累加和检索庞大的直线方程参数空间问题,而且可以得到线段两端点坐标。另外,算法中还加入了投影点间距的模糊检测技术,根据人的视觉习惯设置最大容忍离散点间距,其原理是根据检测线段的长短自动调节最大容忍离散点间距。

设有一线段 $P_0(x_0, y_0)P_1(x_1, y_1)$, 则有线段向量 $\overrightarrow{P_0P_1} = \{x_1 - x_0, y_1 - y_0\}$, 线段长 $|P_0P_1| =$

$\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2}$ 。另有一点 $P(x, y)$, 向量 $\overrightarrow{P_0P}$ 与线段向量的内积为 $D_p = (x_1 - x_0)(x - x_0) + (y_1 - y_0)(y - y_0)$ 。两向量夹角 θ 余弦为 $\cos\theta = D_p / (|P_0P_1| |PP_1|)$, 如果 $|\cos\theta|$ 很接近 1, 说明两向量平行, 若距离足够近可考虑合并线段。 $\overrightarrow{P_0P}$ 在线段上的有向投影为 $P_r = D_p / |P_0P_1|$, P 点到线段的距离为 $V_L = \sqrt{|PP_0|^2 - P_r^2}$ 。如果投影值域在 $[0, |P_0P_1|]$ 区间内, 说明点 P 的投影位于线段 P_0P_1 的内部, 这些量对于检测线段 P_0P_1 之间的点密度分布以及合并线段有着重要的指导作用。

2 点对分析算法

点对分析算法的主要流程如图 1。本文采用快速并行细化算法^[2], 该算法不会改变原图像中的线段信息。在进行线段合并时, 首先判断新的点对线段所形成的矢量的方向是否与已找到的某条线段一致, 并且两个新点 P_n, P_m 与已找到的直线距离都足够小。若是, 则根据新点 P 到已找到的直线的投影比 $P_k = P_r / |P_0P_1|$ 来判断如何合并直线。有以下 3 种情况。

1) 投影比都位于 $[0, 1]$ 窗口之内, 不用更新线段信息。

2) 投影比一个位于 $[0, 1]$ 窗口之内, 另一个

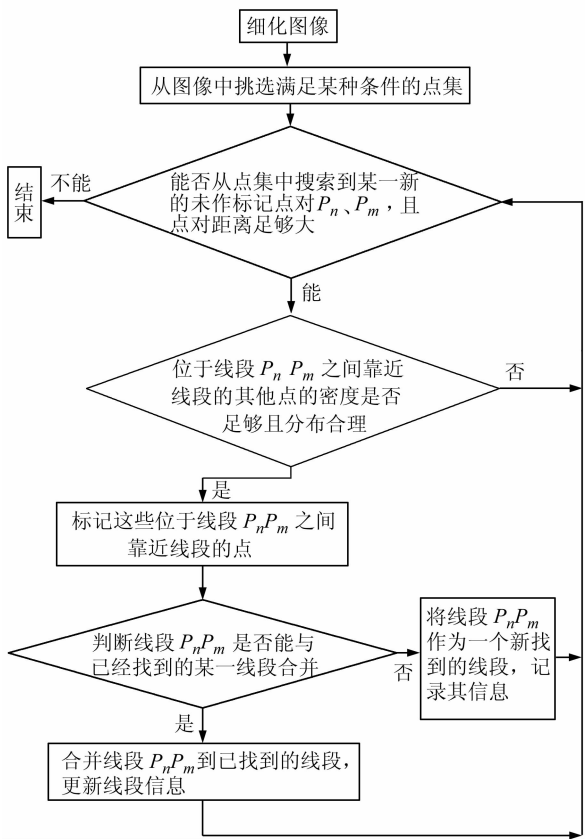


图 1 点对分析检测线段的算法流程
Fig. 1 Points Pair Analyzing Algorithm

位于 $[0,1]$ 窗口之外, 则要对位于窗口之外的那个线段端点信息进行修改。

3) 投影比都明显位于 $[0,1]$ 窗口之外, 分为如下两种情况: 若都大于 1 或都小于 0, 则说明是位于同一直线上的两个分段线段; 若一个大于 1, 另一个小于 0, 则说明新点对组成的线段覆盖了已记录的线段, 需更新原线段两端点信息。

算法中有几个与识别有关的重要参量如下。

1) 最小线段长度 D_{\min} 。如果两点距离太近, 形成的短线段视觉效果并不明显, 而且直线段的斜率计算可能很不准确。 D_{\min} 较小时对细小线段较敏感; 较大则只检测较长线段且速度较快。

2) 最大线段长度 L_{\max} 。一般可以设置成一个很大的正数。

3) 允许分布点偏离线段所在直线的最大距离 L_{vmax} 。

4) 最大允许间距系数 $G_{k\max}$ 。实验发现, 依据视觉习惯, 线段内点的分布可存在一定间距, 但最大允许间距与线段长度成正比, 因此根据应用需求有一个比例系数。

5) 最小分布点数系数 $N_{k\min}$ 。线段内点的最小允许分布密度不是固定不变的, 而是与线段长度成正比, 因此根据实际应用需求有一个比例系数。

实验表明, 绝大多数点对检测都是没有必要的, 作过标记的点不能作为新的点对参与后期的分析, 这可大大提高效率。经过细化或 Canny 边缘提取点集数量较小时, 效率也比较高。另外, 还可以采用图像分块和点集重采样的方法提高效率。

3 实 验

3.1 预警弹道轨迹检测

通过分析卫星俯视的序列遥感图像可得到由分时导弹轨迹点组成的弹道图像, 如图 2(a)、2(c)。在弹道图像中, 投影到成像面上的轨迹线一般为直线段或近似直线段。这些轨迹线由断断续续的离散点组成, 有时同一轨迹离散点间距还比较大, 这就给识别带来了难度。实验必须考虑到实际应用中对精确性和效率的要求。

采用点对分析检测线段算法检测弹道图片中导弹运行的轨迹。根据检测到的断续的弹道经过点, 得到导弹的各个主要运行参数, 包括弹道个数、弹道的射程、发射方向向量以及发射起始点和终止点。进一步可根据端点亮度(或称点密度)鉴别起始点和目标点(轨迹末端点)。图 2(b)、2(d)中的圆圈代表检测出来的导弹发射点, 箭头表示导弹轨迹末端。

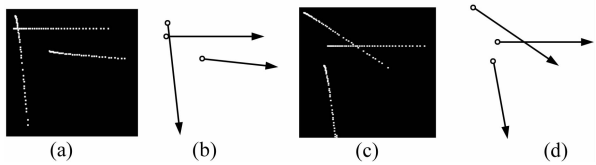


图 2 弹道轨迹点以及实验检测结果
Fig. 2 Ballistic Trajectory and the Lines

为了便于比较, 表 1 列出了采用经典 Hough 变换检测直线与点对分析法检测线段花费时间的比较。可以看出, 点对分析法检测线段花费的时间远远少于经典 Hough 变换法。由于 Hough 变换无法检测到线段的端点, 所以无法直接得到导弹轨迹的起始点、末端点等重要结果。另外, 在此算法的基础上还可以进一步计算出每一轨迹点的实时速度。

表 1 点对分析法与 Hough 变换法检测
直线花费的时间比较

Tab. 1 Time of Point Pair Analysis and Hough Transform

	点对分析法/ms	经典 Hough 变换/ms
实验 1	58.83	2 012.76
实验 2	64.73	2 163.87

3.2 字符笔画检测

在脱机字符识别应用中,准确有效的字符识别往往需建立在精确的笔画检测基础上。点对分析法还可以有效地应用于识别检测一些大写字符和汉字的笔画线段。算法主要分为 2 个步骤:对

图像进行细化;用点对分析法检测出细化后的图像中的直线段。

图 3 给出了几个识别手写中文字符的实验结果,图 3 中只检测笔画线段,箭头方向无意义。

点对分析法能十分有效地识别经过细化处理

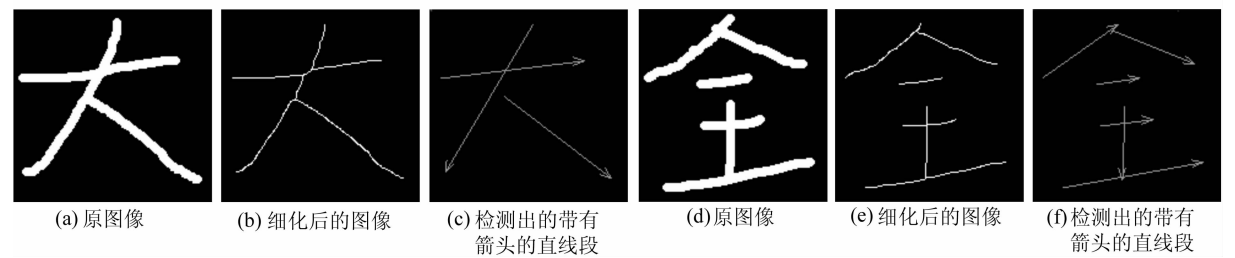


图 3 字符笔画检测实验结果
Fig. 3 Character Stroke Detection

后的手写字符图像。检测出字符图像中的这些笔画信息(包括笔画线段的起始点)对于识别和理解字符图像有很大帮助。

3.3 遥感图像的道路检测

点对分析法还能提取遥感影像中的道路矢量。图 4(a)是一幅遥感影像原图,对该图经过

Log 算子边缘提取(见图 4(b))、细化处理(见图 4(c))以后,再利用点对分析法提取出道路线段(见图 4(d)用箭头表示)。图 4(e)、4(f)分别表示点对分析法和普通 Hough 变换针对图 4(c)提取的道路线段在原图上的效果。

实验证明,点对分析方法能对边缘提取和细

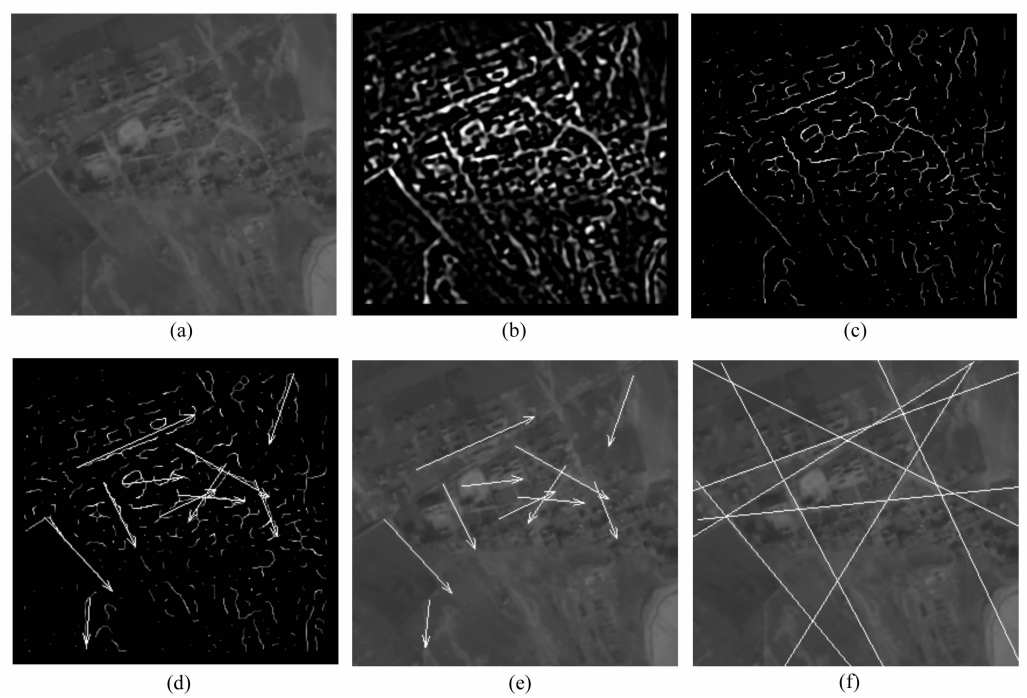


图 4 点对分析法用于遥感图像的道路检测
Fig. 4 Detecting Roads in Remote Scene Image

化处理后的遥感图像进行道路矢量线段提取。极少数道路未被检测到是由于 Log 算子边缘提取算法的不完善而丢失了一部分道路信息引起的。普通 Hough 变换只能提取道路所在直线,无法得

到道路矢量线段的起始点与终止点。其他比较有效的直线段提取方法还有针对 Snake 算法提取的轮廓线进行直线段分析,以在光滑曲线上提取直线段。

参 考 文 献

[1] Niblack W,Petrovic D. On Improving the Accuracy of the Hough Transform: Theory, Simulations and Experiments[C]. IEEE Conf Computer Vision and Pattern Recognition, Berlin, 1988

[2] Illingworth J, Kittler J. The Adaptive Hough Transform[J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1987, 9: 690- 698

[3] Palmer P, Kittler J, Petrou M. Using Focus of Attention with the Hough Transform for Accurate Line Parameter Estimation [J]. Pattern Recognition, 1994, 27: 1 127-1 134

[4] 张文增,陈强,都东,等. 直线检测的灰度投影积分方法[J]. 清华大学学报(自然科学版) 2005, 45 (11):1 446-1 449

[5] 卢惠民,郑志强. 一种新的用于检测直线的快速 Hough 变换[J]. 计算机应用,2005,25(10):

[6] Gatos B, Perantonis S J, Papamarkos N. Accelerated Hough Transform Using Rectangular Image Decomposition[J]. Electronics Letters, 1996, 32 (8):730-732

[7] Kiryati N, Eldar Y, Bruckstein A M. A Probabilistic Hough Transform [J]. Pattern Recognition, 1991,24: 303-316

[8] Xu L, Oja E, Kultanen P. A New Curve Detection Method Randomized Hough Transform[J]. Pattern Recognition Letters, 1990,11: 331-338

[9] Gatos B, Perantonis S J, Papamarkos N. Accelerated Hough Transform Using Rectangular Image Decomposition[J]. Electronics Letters, 1996, 32 (8): 730-732

[10] Perantonis S J, Gatos B, Papamarkos N. Block Decomposition and Segmentation for Fast Hough Transform Evaluation [J]. Pattern Recognition, 1999, 32(5): 811-824

[11] 沈清,汤霖. 模式识别导论[M]. 北京: 国防科技大学出版社, 1997

第一作者简介:刘进,博士,主要研究方向为模式识别、图像分析、红外自动目标识别、神经网络、人工智能和计算机图形学等。
E-mail:Lj21cn2@hotmail.com

Detecting Line Sections by Point Pair Analysis

LIU Jin^{1,2} YAN Li¹ LI Deren²

(1 School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper introduce a new way of detection lines by analyzing point pair in the image. Much time on amounting the parameter space is saved. Furthermore, the human experiments are also consult in this new method. The end points of each line can also be detected accurately with low cost of memory and time. The paper gives its application in trajectory detection, character recognition and road detection.

Key words: line detection; Hough transform; trajectory detection; character recognition

About the first author: LIU Jin, Ph.D. His current interests include pattern recognition, image analysis, neural network, genetic algorithms and arti1cial intelligence.
E-mail: Lj21cn2@hotmail.com