

一种基于角点的直线段特征提取新方法

李竹林^{1,2}, 刘 芬^{1,2}, 赵宗涛³

(1 延安大学 计算机学院, 陕西 延安 716000; 2 延安大学 软件研究与开发中心, 陕西 延安 716000;

3 西安市第二炮兵工程学院, 陕西 西安 710025)

摘 要: 直线特征的提取是图像分析、理解以及计算机视觉等技术的核心技术。然而, 由于直线端点定位难、直线易受损等因素, 使其成了一项挑战性很强的任务。由此提出一种基于 SUSAN 角点算子的直线段提取方法, 解决了直线两端不易定位的难题。实验结果表明, 该算法效率高、准确性好、抗噪能力强, 检测率达到 90% 以上。该方法提取的直线对目标的识别与三维重建工作具有重要的意义。

关键词: SUSAN 算子; 角点; 直线特征

中图分类号: TP18

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)06-0153-03

A Novel Line Segments Extracting Method Based on Conner

LI Zhu-lin^{1,2}, LIU Fen^{1,2}, ZHAO Zong-tao³

(1 Institute of Computer Science, Yan'an University, Yan'an 716000, China;

2 Study and Development Center for Software, Yan'an University, Yan'an 716000, China;

3 The Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

Abstract: The extracting of line segments is a hot in image processing research field since it is primary technology to image analysis, image understanding and computer vision, and so on. However, it is a difficult because the location is not easy of the line endpoint, and the line is easy broken. A line segments extracting algorithm is proposed based on SUSAN, and resolve the location difficult problem of line endpoints. The experiment results show that the algorithm is efficient and accuracy and the success detection rate is larger than 90%. The algorithm is important to object recognition and 3D reconstruction.

Key words: SUSAN operator; conner; line feature

1 引言

在空间信息中, 存在着大量的线状特征, 如房屋建筑、桥梁、机场跑道、河流等, 能准确反映出目标的轮廓和结构信息。将这些信息进行有机组合, 形成完整的结构表达, 不仅可增强抗干扰能力, 而且能有效地解决遮挡问题。直线提取算法很多, 较有影响的有 Hough 变换^[1] 及其改进^[2-3]、Radon 变换法^[4-5], 启发式连接算法^[6] 等。但直线特征的提取工作仍存在以下一些难题: 提取的线段通常连通性不好、线段的终端定位困难、抗噪能力弱、直线易受损等, 特别是

当图像发生尺度和仿射变换后, 线特征很难保持其不变性。本文提出了一种基于角点的直线段检测方法。该方法与其他方法相比较, 终端定位准确、抗噪能力强, 且方便实现。模拟实验表明, 该算法的直线检测率可达到 90% 以上。

2 基于角点的直线特征提取

2.1 SUSAN 角点的提取

SUSAN 算子^[1] 既可提取图像的边缘, 又可提取图像的角点。若面积近似为模板区域的一半, 则为边缘点; 若大约为模板面积的 $\frac{1}{4}$ 或 $\frac{1}{6}$, 则为角点。

收稿日期: 2010-08-10; **修回日期:** 2010-11-01

基金项目: 省科技厅项目(数字图像合成及其匹配技术研究, 2009JM8004-7); 省教育厅项目(基于双目立体匹配的三维成像技术研究, 112Y036)

图像中某一点的 USAN 区的大小可用式(1)表示.

$$n(r_0) = \sum_{r \in C(r_0)} C(r_0, r) \quad (1)$$

式中, $C(r_0)$ 是以 r_0 为圆心的圆形模板, $C(r_0, r)$ 是模板内属于 USAN 区的像素的判别函数, 定义如下:

$$C(r_0, r) = e^{-\left(\frac{I(r_0) - I(r)}{T}\right)^2} \quad (2)$$

式中, t 为亮度差门限; $I(*)$ 代表 $*$ 处像素的亮度值.

2.2 边缘提取

Canny 算子^[1]既能抗噪又能保持弱边缘, 具体步骤如下:

Step1: 首先用二维高斯滤波模板对图像进行滤波以消除噪声;

Step2: 用导数算子(比如 Sobel 算子)找到图像灰度沿水平和垂直两个方向的偏导数, 并求出梯度的大小和方向;

Step3: 在四个方向上(水平、竖直、 45° 方向、 135° 方向)用非极大值抑制确定局部最大值, 非最大值置“0”;

Step4: 使用累计直方图计算两个阈值. 凡是大于高阈值的一定是边缘; 凡是小于低阈值的一定不是边缘. 如果检测结果大于低阈值又小于高阈值, 且这个像素的邻接像素中有超过高阈值的边缘像素, 则认为是边缘, 否则, 不是边缘.

2.3 基于角点的直线段提取

下面就如何判断两角点之间的边缘线是不是直线进行讨论. 将提取到的角点 p_i 用集合 $P = \{p_i\}$ 表示. 这里的 $i = 1, 2, \dots, m, m$ 为图像中提取的角点个数.

(1) 线段的判断

如果两角点间有边缘线, 则设两角点分别为 p_1, p_2 , 两角点间的边缘线记为 $\widehat{p_1 p_2}$. 如果该边缘线是直线, 则连接两角点的线记为 $\overline{p_1 p_2}$. 当然, $\widehat{p_1 p_2}$ 是直线必须满足 $\widehat{p_1 p_2}$ 上的像素点的坐标可以依次排成线性的顺序.

我们可以通过计算点到直线 $\overline{p_1 p_2}$ 的距离来判断 $\widehat{p_1 p_2}$ 是否为直线, 见图 1(a)、(b) 所示.

设角点 p_1, p_2 的坐标点分别为 (x_0, y_0) 和 (x'_0, y'_0) , 取边缘线 $\widehat{p_1 p_2}$ 上任一边缘点 $A(x_i, y_i)$, A 到直线 $\overline{p_1 p_2}$ 的距离可用式(3)来计算.

为了方便, 把点 p_1, p_2 及 A 点连接成一个三角形, 并记三角形的边分别为 a, b, c , 如图 1(c) 所示,

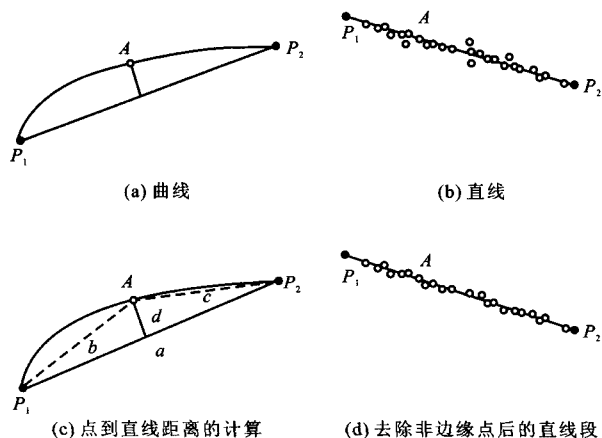


图 1 两角点间的边缘线

这样距离 d 为

$$d = \sqrt{b^2 - \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2a}\right)^2} \quad (3)$$

$\widehat{p_1 p_2}$ 边缘点的个数为 m_1 , 边缘点到 $\overline{p_1 p_2}$ 距离 $d < \epsilon$ (ϵ 为任一正小数) 的个数为 m_0 , 由其比率 $\eta = \frac{m_0}{m_1} \times 100\%$ 的大小判断 $\widehat{p_1 p_2}$ 是否是直线. 在本文中, 取 $\eta = 85\%$. 即若 $\eta \geq 85\%$ 则认为是直线, 否则是曲线.

经过这样的计算判断, 图 1(a) 被判断为曲线段, 而图 1(b) 被判断为直线段.

(2) 非直线段上点的剔除

由于提取的边缘像素的宽度不一定是 1 个像素, 且还存在一些干扰的外点, 因而有必要消除这些点. 从上面分析可知, 最简单的办法就是消除哪些距离到 $\overline{p_1 p_2}$ 不为零的点.

为了防止 ϵ 的选值大小对直线上点多少的影响, 还可以利用方向来抑制非边缘点的存在.

直线段 $\overline{p_1 p_2}$ 的斜率为 $k_0 = \frac{y'_0 - y_0}{x'_0 - x_0}$, 直线段

$\overline{A p_1}$ 的斜率为 $k_i = \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0}$, 若 $|k_0 - k_i| < \tau$, τ 为任意小的正数, 则点保留, 否则, 点消除. 图 1(b) 非边缘点去除后, 见图 1(d).

(3) 直线段的合并与舍弃

由于环境的影响或摄像机拍摄视点的改变, 客观场景的局部往往被遮挡, 包括自遮挡, 使得边缘线存在许多不可避免的断点, 因此, 需要对有些直线段进行合并. 另外, 检测出来有的线段非常短, 比如, 由 2 个或 3 个像素组成. 在本文中, 由 5 个以下的像素组成的直线段且不能和相邻的线段合并成更长的线段, 则舍弃. 这样, 提取的直线段最小长度大于 5 个

像素。短直线段可以合并的条件是:前一条直线段的终点和另一条直线段的起始点在同一个邻域内;两条线段的方向基本相同,即斜率近似相等。

设线段 l_1 由角点坐标 $p_{s1}(x_{s1}, y_{s1})$ 和 $p_{e1}(x_{e1}, y_{e1})$ 所定义, 线段 l_2 由角点坐标 $p_{s2}(x_{s2}, y_{s2})$ 和 $p_{e2}(x_{e2}, y_{e2})$ 所定义。如图 2 所示。

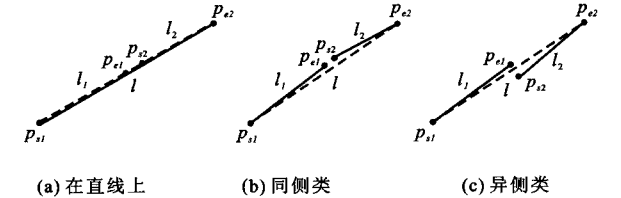


图 2 直线段合并的类型

假如两条直线可以合并,则合并后的直线 l 由点对 $p_{s1}(x_{s1}, y_{s1}), p_{e2}(x_{e2}, y_{e2})$ 确定。可以合并的直线段种类有三种,即角点 p_{e1} 和角点 p_{s2} 在直线 l 上、在直线 l 的同侧或异侧,如图 2 所示。可见,首先需要判断待合并的两直线段属于哪种类型。如果属于第一种类型,则直接合并;否则,按下面的方式合并。

根据式(4)、(5)可以判断点在同侧还是异侧。

$$\text{side}(p_{e1}, p_{s1}, p_{e2}) = \text{sign}((p_{s1} \times p_{e2})p_{e1}) \quad (4)$$

$$\text{side}(p_{s2}, p_{s1}, p_{e2}) = \text{sign}((p_{s1} \times p_{e2})p_{s2}) \quad (5)$$

若 $\text{side}(p_{e1}, p_{s1}, p_{e2}) = \text{side}(p_{s2}, p_{s1}, p_{e2})$, 则角点 p_{e1} 和 p_{s2} 在直线 l 的同侧。否则,角点 p_{e1} 和 p_{s2} 在直线 l 的异侧。

根据式(3)求出点 p_{e1} 到直线 l 的距离 d_{e1} , 点 p_{s2} 到直线 l 的距离 d_{s2} 。若为同侧类,则 $d = |d_{s2} - d_{e1}| < \zeta_1$, ζ_1 是一个很小的正整数,在这里, $\zeta_1 = 5$ 个像素。若为异侧类,则 $d = |d_{s2} + d_{e1}| < \zeta_2$, ζ_2 也是一个很小的正整数,在这里, $\zeta_2 = 3$ 个像素。

2.4 直线段提取的算法步骤

基于角点的直线段提取算法步骤:

Step1: 对图像进行去噪处理,用 Canny 算子提取边缘,并对边缘的断点处进行连接;

Step2: 用改进的 SUSAN 算子提取图像角点,记录为 $P=\{p_i\}$;

Step3: 对每一个角点引出的边缘线段进行遍历,并判断是否为直线;

① 根据式(3),计算边缘点到两角点形成线的距离,判断该边缘是否是直线段;

② 若是直线段,则根据距离和斜率的大小,剔除直线段上的非边缘点。

Step4: 根据式(4)和式(5),判断待合并直线的类型,然后执行直线段的合并;

Step5: 若直线段的长度小于 5 个像素,则舍弃该直线段;

Step6: 取下一个角点,重复 Step3~Step6;

Step7: 若所有作标出记的角点组成的线段都检测完毕,则转 Step8;

Step8: 结束。

3 实验结果分析

图 3 是用本文算法对简单的合成图的实验结果。从图中可以看出,场景中的直线特征完全被检测出来。

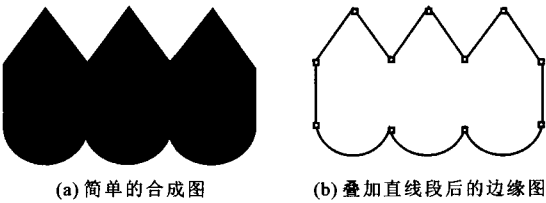
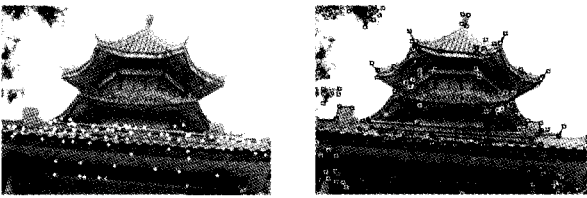


图 3 本文算法提取的直线特征

图 4 为用 Hough 变换直线检测算法与本文算法对某建筑物图例提取的实验结果。



(a) Hough 直线检测算了提取的结果 (b) 本文算法提取的结果

图 4 用 Hough 算法和本文算法提取的直线段

从实验本文算法存在以下的优点:

- ① 直线段的提取是基于角点,解决了直线段端点难定位的问题,也大大减少了虚假线条;
- ② 去掉了直线旁的离散点,避免边缘上“直线簇”的形成,从而更准确地反映目标的结构;
- ③ 算法对短直线进行连接处理,从而降低了直线的断裂情况;
- ④ 直线检测率可达到 90% 以上。

4 结束语

直线特征是一些场景(如人工建筑)的几何结构特征,它不仅能反映场景的形状,而且反映目标的几何结构关系。因此,直线特征对于目标识别、三维重建等工作具有重要的应用价值。本文针对直线的端点定位难的问题,提出了一种基于角点的直线特征提取方法。模拟实验证明,该方法对于人工建筑物是可行有效的。

(下转第 159 页)

过5次仿真,结果如表3所示。

表3 广义异或问题测试集上错误分类率

	网络结构	测试集上的错误分类率/%
第1次	2-9-9-1	100
第2次	2-11-10-1	99.438
第3次	2-10-8-1	99.438
第4次	2-7-7-1	98.876
第5次	2-10-5-1	100

从表3中可以看出,当网络结构为2-9-9-1或2-11-10-1时,测试集上的错误分类率最小为1.205%,与文献[8]的结果1.324%相比,结果较好。图1为在测试集上对广义异或问题分类的结果的示意图。

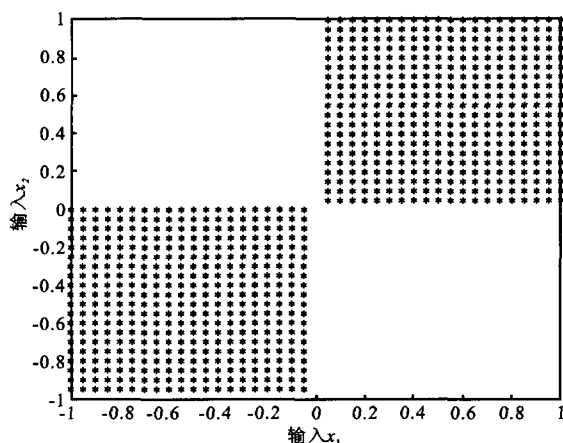


图1 测试集上的广义或问题分类示意图

5 结束语

本文通过混合粒子群优化算法同时来优化神经网络的权阈值和结构,并通过 Iris 分类、Wine 分类问题和广义异或问题进行验证,获得了较高的正确识别率,取得了较好的效果。这一方法在优化神经网络权阈值的的同时,为各个隐含层神经元数的确定给

出了一种可行的优化方法,避免了重复性的来试凑隐含层神经元数,从时间和精度上来说,时间较短,精度较高。

参考文献:

- [1] 魏志成,杨联祥,周激流. 遗传算法优化神经网络拓扑结构和权值[J]. 广西师范大学学报, 2003, 21(1): 62-65.
- [2] 田旭光,宋彤,刘宇新. 结合遗传算法优化 BP 神经网络的结构和参数[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(6): 69-71.
- [3] 宁东方,章卫国,田娜. 基于改进粒子群优化算法的神经网络设计[J]. 计算机应用研究, 2008, 25(11): 3343-3345.
- [4] 唐贤伦,庄陵,李银国,等. 混合粒子群优化算法优化前向神经网络结构和参数[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(12): 91-93.
- [5] 袁冬根,刘晓东,蔡磊,等. 基于混沌蚁群算法的 BP 神经网络训练研究[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(4): 11-14.
- [6] 吴连贵,齐蕊,李肯立. 一种基于粒子群优化的传递函数设定方法[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(9): 187-195.
- [7] 周辉仁,郑丕谔,牛犇,等. 基于递阶算法和 BP 网络的模式分类方法[J]. 系统仿真学报, 2009, 21(8): 2243-2247.
- [8] 朱人杰,田雨波,贾则. 混沌搜索神经网络集成求解异或分类问题[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(5): 99-102.

作者简介:

田雨波 男,(1971-),博士,副教授. 研究方向为计算智能应用于电子学与电磁学,神经网络。

潘朋朋 女,(1985-),硕士研究生. 研究方向为计算智能与船舶避碰。

(上接第155页)

参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像工程(中册),图像分析[M]. 2版. 北京:清华大学出版社,2005.
- [2] 贾晓琳,吴惠思,李爱国,等. 适用于机场跑道识别的改进 Hough 变换[J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26(12): 2200-2202.
- [3] 朱娟,刘艳滢,王延杰. 一种基于 Hough 变换的新直线段检测算法[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(12): 22-25.
- [4] Matus F, Flusser J. Image representation via a finite radon

transform[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 15(10): 996-1006.

- [5] 曹玉珍,刘刚,杨海峰. 导盲系统中道路斑马线识别方法[J], 计算机工程与应用, 2008, 44(15): 176-178.

- [6] Farag Aly A, Delp Edward J. Edge linking by sequential search[J]. Pattern Recognition, 1995, 28(5): 611-633.

作者简介:

李竹林 女,(1972-),博士,副教授. 研究方向为数字图像处理与立体图像匹配。