

基于 arm-linux 机器视觉的图像特征点快速检测方法

李保华

(郑州成功财经学院 信息工程系,河南 郑州 451200)

摘 要: 针对传统的检测方法一直存在噪声影响严重,导致检测结果不准确的问题,提出基于 arm-linux 机器视觉的图像特征点快速检测方法,首先利用机器视觉技术拍摄目标图像信息,通过 arm-linux 系统对目标图像信息进行特征点分析提取、小波去噪等进一步处理;再依据图像处理结果建立 Facet 模型,计算求解图像特征点二阶方向导数,获取图像特征点二阶方向导数极小值小于零的像素点作为提取的图像特征点,通过对极大值的归一化和图像局部非极大值抑制完成对图像特征点的快速检测.实验结果分析证明,所提方法可以降低图像特征点的检测成本,减小噪声影响且稳定性强,适用性范围广,安全性高.

关键词: 基于 arm-linux;机器视觉;图像特征点;快速检测方法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000—7180(2017)10—0115—04

The Method Based on Arm - Linux Machine Vision for Rapid Detection of Image Feature Points

LI Bao-hua

(Department of Information Engineering, Zhengzhou Chenggong University of Finance
and Economics, Zhengzhou 451200, China)

Abstract: For the traditional detection methods, there is a serious problem of noise, which leads to inaccurate results. The rapid detection method of ARM-Linux image feature points based on machine vision, the first shooting target image by using machine vision technology, through the ARM-Linux system to carry on the analysis of the feature points extraction, wavelet denoising and further processing of the image information; then according to the results of the image processing to establish the Facet model, calculation of feature points for image two order directional derivative, image acquisition the feature points of two order directional derivative minimum value is less than zero pixels as image feature extraction, based on the maximum value of the normalized image and local non maxima suppression to complete rapid detection of image feature points. The experimental results show that the proposed method can reduce the detection cost of image feature points, reduce the noise influence and has strong stability, wide applicability and high security.

Key words: based on arm - linux; machine vision; image feature point; rapid detection methods

1 引言

随着计算机技术的不断发展,机器视觉系统逐渐兴起得到了广泛的重视并逐渐应用于各个领域,如目标跟踪、工业生产、产品检验、医疗和军事国防等^[1]. 机器视觉是用机器代替人眼对事物进行测量

或判断,它主要通过光学装置以及非接触型传感器等设备自动获取目标对象的图像信息^[2-3],并通过图像信息分析处理设备设施根据获得的图像信息的像素分布、图像亮度以及色彩信息等进行各类计算处理与判断分析^[4-5],从而提取所需关键性特征或根据判断分析结果对一些特定图像采集设备进行运动控

制^[6]. 由于制造加工行业的发展, 机器视觉的需求逐渐上升, 对于一些不适合人工操作的危险行业或恶劣环境下, 用机器视觉代替人类视觉, 可以大大提高生产效率. 由于图像特征点的检测对获得更加清晰完整的图像具有重要意义^[7], 因此成为业界人士的热点研究课题, 受到了广泛关注.

文献[8]提出基于 Canny 算子的图像特征点快速检测方法, 首先采用迭代算法计算并求解图像特征点的最佳高阈值与最佳低阈值; 然后利用数学形态法细化图像特征点的检测. 该方法在对图像特征点进行快速检测的过程中存在噪声影响, 容易导致检测结果不准确的问题. 文献[9]提出基于全向小波的图像特征点快速检测方法, 首先根据全向小波的原理构造图像特征点模型; 然后推导全向小波的最大值与梯度模值之间相等的关系; 最后沿着小波变换最大值方向对图像特征点进行检测. 该方法存在抗干扰性差, 检测时间长的问题. 文献[10]提出了基于最小二乘法的图像特征点快速检测方法, 首先对图像特征点进行预处理分析; 根据边界区域不变矩法建立图像特征点在各个角度的特征库, 在图像特征点局部坐标系下, 利用最小二乘法拟合图像特征边缘曲线, 计算图像特征点最大曲率, 完成图像特征点快速检测. 该方法存在检测效率不高, 检测结果不理想的问题.

在实际应用过程中上述方法对图像特征点的快速检测取得了一定效果, 但仍然存在一系列问题, 对此提出基于 arm-linux 机器视觉的图像特征点快速检测方法. 实验结果分析证明, 所提方法可以提高图像特征点的检测速度, 降低噪声影响, 具有及时性、准确性特点.

2 基于 arm-linux 机器视觉的图像特征点快速检测方法

2.1 基于 arm-linux 机器视觉的图像特征点处理

为了实现图像特征点的快速检测, 首先利用机器视觉技术拍摄目标图像信息, 通过 arm-linux 系统对目标图像信息进行特征点分析提取、小波去噪等进一步处理. 具体操作过程如下:

假设图像特征点函数满足式(1)、(2)时, $\theta(x)$ 称为图像特征点光滑函数.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \theta(x) dx = 1 \quad (1)$$

当 $\theta(x, y)$ 表示图像特征点二维光滑函数时, 图像特征点 $f(x, y)$ 与尺度大小不同的 a 上的光滑函

数方程 $\theta_a(x, y)$ 进行卷积计算, 表达式为

$$\theta_a(x, y) = \frac{1}{a^2} \theta\left(\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right) \quad (2)$$

式中, x 与 y 均表示任意两个图像特征点. 根据式(2)对图像特征点 $f(x, y)$ 进行光滑处理, 则图像特征点二维小波函数分别为

$$\phi^{(1)}(x, y) = \frac{d\theta(x, y)}{dx} \quad (3)$$

$$\phi^{(2)}(x, y) = \frac{d\theta(x, y)}{dy} \quad (4)$$

式中, d 为图像特征点分布概率. 若式(3)、(4)均满足图像特征点二维小波的完整性与平稳性条件, 则图像特征点二维小波变换小波母函数计算表达式如下:

$$\phi_a^{(1)}(x, y) = \frac{1}{a^2} \phi^{(1)}\left(\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right) \quad (5)$$

$$\phi_a^{(2)}(x, y) = \frac{1}{a^2} \phi^{(2)}\left(\frac{x}{a}, \frac{y}{a}\right) \quad (6)$$

则图像特征点函数 $f(x, y)$ 小波变换计算公式为

$$W_a^{(1)} f(x, y) = f(x, y) * \phi_a^{(1)}(x, y) \quad (7)$$

$$W_a^{(2)} f(x, y) = f(x, y) * \phi_a^{(2)}(x, y) \quad (8)$$

为了降低计算复杂程度, 利用离散化尺度 a 的方法对不同尺度的 a 按照幂级数排列的形式逐渐增加, 假设 $a = M^j$, $M > 0$, $j \in \mathbb{Z}^+$, $j < J$. j 表示图像信息中的关键性特征点; J 表示图像特征点集合. 若令 $M = 2$, 则式(7)、(8)表示的图像特征点小波变换是二进制小波变换. 为了对不同尺度的 a 进行更加精细的划分, 其取值可以为分数或无理数. 此时式(7)、(8)表示的小波变换被称为 M 进制的小波变换, 其计算求解可以利用频域的方法完成. 由此可以证明下式成立:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} W_M^{(1)} f(x, y) \\ W_M^{(2)} f(x, y) \end{bmatrix} &= M^j \begin{bmatrix} \frac{d}{dx} (f(x, y) * \theta_{M^j}(x, y)) \\ \frac{d}{dy} (f(x, y) * \theta_{M^j}(x, y)) \end{bmatrix} \\ &= M^j \nabla (f(x, y) * \theta_{M^j}(x, y)) \end{aligned} \quad (9)$$

由式(9)可知, M 进制的图像特征点小波系数 $W_M^{(1)} f(x, y)$ 与 $W_M^{(2)} f(x, y)$ 分别为正比于尺度 M^j 下被图像特征点样本函数 $\theta_{M^j}(x, y)$ 所平滑处理图像特征点 $f(x, y)$ 沿着图像水平与垂直方向偏离程度导数.

在图像特征点尺度为 M^j 下, 图像特征点 $f(x, y)$ 的 M 进制小波变换的模与辐角计算公式分别如下:

$$MO_M f(x, y) = \sqrt{|W_M^{(1)} f(x, y)|^2 + |W_M^{(2)} f(x, y)|^2} \quad (10)$$

$$A_M f(x, y) = \arg(W_M^{(1)} f(x, y) + W_M^{(2)} f(x, y)) \quad (11)$$

根据图像特征点 $f(x, y)$ 奇异点, 与图像特征点辐角 $A_M f(x, y)$ 方向上模 $MO_M f(x, y)$ 对应图像局部区域为最大值。

2.2 计算图像特征点二阶方向导数

在 2.1 节对图像特征点去噪处理的结果基础上, 利用二阶方向导数的极大值以代表图像特征点与图像背景之间的差异性. 对于图像特征点, 图像局部区域拟合曲面二阶方向导数极大值小于零的点可以视为图像潜在特征点. 利用图像特征处理偏微分方程进行图像特征点二阶行和列偏导数函数估计, 则图像曲面 $f(r, c)$ 上的中心点的方向导数计算表达式为

$$f(r, c) = \sum_{i=1}^{10} a_i \cdot P_i(r, c) \quad (12)$$

式中, $f(r, c)$ 为图像特征点拟合曲面; a_i 表示图像特征点拟合系数; $P_i(r, c)$ 为图像特征点的灰度值; i 表示图像特征点的灰度值与拟合曲面的误差; (k_4, k_5, k_6) 表示目标图像邻域 $R \times C$ 上灰度值的线性组合计算出沿方向 l 的图像特征点二阶导数方程为

$$D = \frac{\partial^2 f}{\partial l^2} = \frac{\partial^2 f}{\partial r^2} \cos^2 \alpha + 2 \frac{\partial^2 f}{\partial r \partial c} \cos \alpha \cos \beta + \frac{\partial^2 f}{\partial c^2} \cos^2 \beta$$

$$= (k_4 - k_6) \cos 2\alpha + k_5 \sin 2\alpha + k_4 + k_6 \quad (13)$$

式中, $\cos \alpha$ 与 $\cos \beta$ 为图像特征点沿方向 l 余弦值。

由此可推导出图像特征点二阶方向导数取极大值的前提条件. 则对式(14)中的 α 进行求导为

$$\frac{\partial D}{\partial \alpha} = -2(k_4 - k_6) \sin 2\alpha + 2k_5 \cos 2\alpha \quad (14)$$

设式中, $\partial D / \partial \alpha = 0$, 则:

$$(k_4 - k_6) \sin 2\alpha = k_5 \cos 2\alpha \quad (15)$$

等式两边同时平方可得:

$$(k_4 - k_6)^2 (1 - \cos^2 2\alpha) = k_5^2 \cos^2 2\alpha \quad (16)$$

对上述公式进行进一步计算可得:

$$\cos 2\alpha = \pm \sqrt{\frac{(k_4 - k_6)^2}{k_5^2 + (k_4 - k_6)^2}} \quad (17)$$

上述公式进行继续计算得:

$$\sin^2 2\alpha = 1 - \frac{(k_4 - k_6)^2}{k_5^2 + (k_4 - k_6)^2} \quad (18)$$

进行化简计算:

$$\sin^2 2\alpha = 1 - \frac{k_5^2}{k_5^2 + (k_4 - k_6)^2} \quad (19)$$

由此可知, 当满足式(19)时, 沿方向 l 的图像特

征点二阶方向导数可以计算得到极值. 将式(19)代入式(14), 使得图像特征点二阶方向导数 D 取极大值. 即满足以下条件:

$$\begin{cases} (k_4 - k_6) \cos 2\alpha \geq 0 \\ k_5 \sin 2\alpha \geq 0 \end{cases} \quad (20)$$

式中, $\cos 2\alpha$ 和 $k_4 - k_6$ 同号; $\sin 2\alpha$ 和 k_5 同号, 则图像特征点二阶方向导数的极大值计算公式如下:

$$D_{\max} = \sqrt{k_5^2 + (k_4 - k_6)^2} + k_4 + k_6 \quad (21)$$

据上式计算结果进行卷积求得 k_4, k_5, k_6 的值, 带入公式(21) 即可得到 $D_{\max}$. 当目标图像特征点 $\partial D / \partial \alpha = 0$ 时, 计算可得:

$$\tan 2\alpha = \frac{k_5}{k_4 - k_6} \alpha \in [0, 360^\circ] \quad (22)$$

式中, 满足条件的 α 值只有 4 个, 分别表示为 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 和 α_4 , 满足以下关系:

$$\begin{cases} \alpha_2 = \alpha_1 + 90^\circ \\ \alpha_3 = \alpha_1 + 180^\circ \\ \alpha_4 = \alpha_1 + 270^\circ \end{cases} \quad (23)$$

式中, α_1 与 α_3 同时使得目标图像特征点二阶方向导数取得极大或极小值; α_2 与 α_4 同时使得目标图像特征点二阶方向导数取得极大或极小值. 但由于目标图像特征点的主方向的唯一性, 将 α_1 和 α_2 规定为目标图像特征点主方向. 在此基础上完成图像特征点快速检测。

3 实验结果与分析

实验环境为 Intel 四核 I6 3.2 Hz 处理器, 8 GB 内存, 开发与实验软件为 Visual Studio2013 + OpenCV2.3.4. 使用 C 语言编译。

为了更加客观地评价本文方法, 引入图像特征点检测常用的评价指标: 图像特征点数量一致性 (CCN/%):

$$CCN = 100\% \times 1.1^{-1|N_i - N_0|} \quad (24)$$

式中, N_0 为原始目标图像中被检测图像特征点数目; N_i 为目标图像变换中被检测图像特征点数目。

为了评估本文方法, 进行了大量实验, 实验选取随机网络图像, 分别采用文献[8-10]中的方法与本文所提方法针对几种不同的实验条件进行性能测试. 参与测试图像以及图像全部特征点如图 1(a)、(b)所示, 图像中的每一个点代表一个图像特征点, 本实验的测试图像共计 21 个图像特征点。

实验结果如表 1 所示, 包括四种方法所检测到的图像真实特征点数目、漏报的图像真实特征点数目、误报的图像真实特征点数目, 随机选取的网络图



(a)测试图像



(b)测试图像真实特征点位置

图 1 测试图像及其特征点

像和每一种方法检测所需的运行时间. 由实验结果分析可知,本文所提方法的图像特征点检测速度最快,其检测时间仅为 0.237,具有及时性特点.

表 1 4 种图像特征点快速检测方法的检测结果

方法	图像真实特征点数目	漏报图像特征点数目	误报图像特征点数目	运行时间/s
文献[8]方法	10	7	5	0.694
文献[9]方法	9	12	10	1.583
文献[10]方法	11	10	8	2.049
本文方法	17	4	3	0.237

为了评估图像特征点检测方法的重复性,实验对测试图像进行了缩放变换.在缩放变换下检测到的图像特征点数目发生的变化越小,说明方法的重复性越低,则该方法的稳定性越差.采用双三次插值算法对测试图像进行缩放变换,缩放倍数区间范围为[2.0,3.0].本文所提方法对测试图像在[2.0,3.0]的区间范围内以0.2的间隔分别进行缩放变换,采用这4种图像特征点快速检测方法提取缩放变换后图像中的特征点,根据式(24)分别计算求取每个缩放变换图像特征点一致性值CCN,然后对全部CCN计算平均值.在[2.0,3.0]的缩放区间范围内提取图像的特征点数量以及平均CCN值,如表2所示.从平均的CCN结果分析可知,本文所提方法的重复性最高,在图像进行缩放变换后,依然可以对图像特征点进行快速检测.

表 2 4 种方法在缩放倍数区间范围内的实验结果

方法	提取的图像特征点数目					平均CCN/%
	缩放2.0倍	缩放2.2倍	缩放2.4倍	缩放2.6倍	缩放2.8倍	
文献[8]方法	32	24	19	15	10	17
文献[9]方法	35	28	21	17	15	18
文献[10]方法	39	42	56	61	51	20
本文方法	43	52	68	63	54	23

实验结果分析证明,所提方法可以提高图像特征点的检测速度,且稳定性强,可以获得更加理想检测结果.

4 结束语

针对传统方法存在的特征点误报、漏报,导致检测速度较慢,稳定性差的问题,提出基于 arm-linux 机器视觉的图像特征点快速检测方法,并通过实验结果分析证明,所提方法可以快速地对图像特征点进行检测,稳定性强、安全性高,具有良好的实用价值.

参考文献:

[1] 阮峰,张辉,李宣伦.大输液异物检测图像快速位移补偿方法[J].计算机应用,2016,36(12):3442-3447.

[2] 彭琪,崔喆.基于版面理解的选票图像检测定位方法[J].计算机应用,2016,36(增刊2):182-184.

[3] 樊晓婷,马巧梅,陈够喜,等.信息熵和差分激励融合的图像拼接检测[J].计算机工程与设计,2016,37(1):37-41.

[4] 强征捷,张合新,孟飞,等.激光主动成像图像边缘检测算法[J].激光与红外,2016,46(6):1192-1196.

[5] 李晓航,郭佳,彭富伦,等.一种改进的基于Hough变换的道路图像检测方法[J].应用光学,2016,37(2):229-234.

[6] 扈立超,史再峰,庞科,等.用于图像匹配的改进Harris特征点检测算法[J].计算机工程,2015,41(10):216-220.

[7] 杨祖彬,代小红.基于图像配准的食品包装印刷缺陷检测与实现[J].计算机科学,2015,42(8):319-322.

[8] 魏霖静,宁璐璐,代永强,等.基于改进的背景模型的图像识别算法研究[J].计算机科学,2016,43(9):315-318.

[9] 杨博文,孙永荣,黄斌,等.加油锥套远距图像的Hough-LS快速检测[J].光电工程,2015,42(4):44-48.

[10] 何拥军,曾文权,余爱民.一种有效的医学嘈杂图像边缘检测方法[J].电子设计工程,2016,24(10):180-183.

作者简介:

李保华 男,(1976-),硕士,讲师.研究方向为网络技术和嵌入式. E-mail:Rabbitli@sina.com.