


基於圖像處理技術的螺紋幾何參數測量...

新機器視覺 2022-03-30 16:45

收錄於話題
#圖像處理 11 #機器視覺 17

點擊下方**卡片**，關注“**新機器視覺**”公眾號
重磅乾貨，第一時間送達



新機器視覺

機器視覺前沿技術及應用

207篇原創內容

公眾號

轉自： 智能緊固件及緊固工具

導讀

作者：楊雲濤¹ 關貞珍²（1. 河北工業職業技術大學; 2. 陸軍工程大學石家莊校區）
來源：《計量與測試技術》2022年1月
摘要：針對螺紋幾何參數測量過程中，傳統人工測量效率低、儀器昂貴、耗時費力、偶伴有人為誤差等不足。本研究採用非接觸測量的方法，利用計算機視覺的圖像處理技術，通過系統標定、圖像採集、圖像預處理、邊緣檢測、幾何參數計算等步驟，實現了對螺紋幾何參數的自動測量。通過大量實驗證明，該系統具有快捷高效、數據可靠、易於操作、替代傳統人工操作的優點，有效提高了批量工件檢測的自動化水平，具有重要的研究意義和實用價值。

0 引言

螺紋件是機械製造業中重要的緊固、連接和傳動組件之一，是一種互換性和標準化程度要求很高的機械零件，在生產製造過程中，合格檢驗是一項至關重要的工作。[1] 然而，傳統的螺紋參數測量主要以人工測量為主，耗時費力，且偶伴有人為誤差，不能滿足工業化生產快速發展的迫切要求。機器視覺技術是隨著計算機技術發展起來的新型學科，[2 - 4] 快速高效、精準科學、應用廣泛，本研究將計算機圖像處理技術應用於螺紋參數的測量，從技術方法和測量原理上，徹底改變傳統螺紋參數的測量模式，最終實現高效便捷、準確可靠、非接觸自動化測量的目的。

1 測量系統工作原理

測量系統的基本工作原理是利用相機對螺紋工件進行拍照，將獲得的螺紋圖像輸入到計算機中進行灰度化、圖像增強、邊緣檢測等圖像處理，[5 - 7] 得出被測工件的中徑、螺距、牙型角三種參數。系統硬件組成如圖1 所示。相機採用SONY 品牌的DSC - TX100 型號，採集的圖像參數尺寸: (3648 × 2736) mm; 寬度: 3648 像素; 高度: 2736 像素; 水平分辨率: 72dpi; 垂直分辨率: 72dpi。

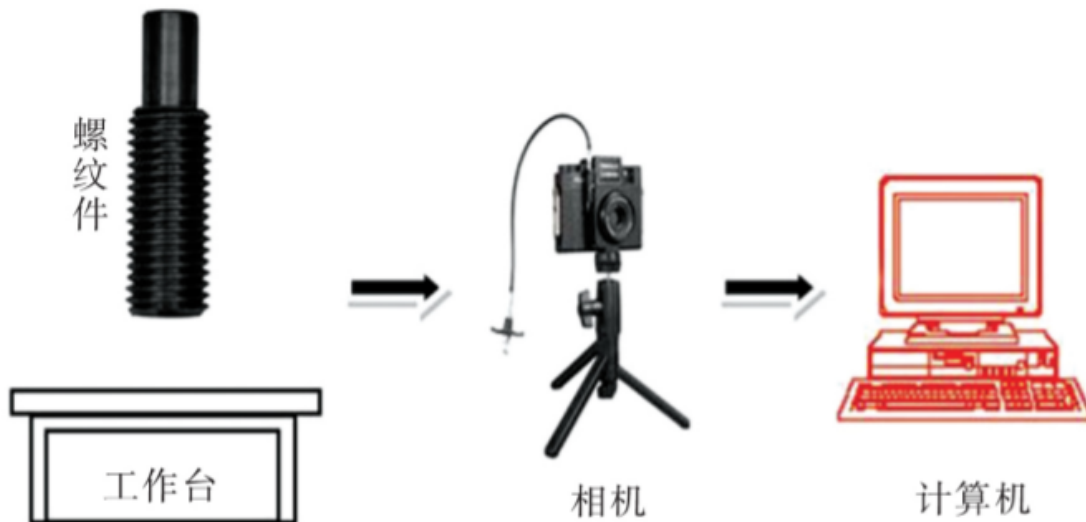


图 1 系统硬件组成

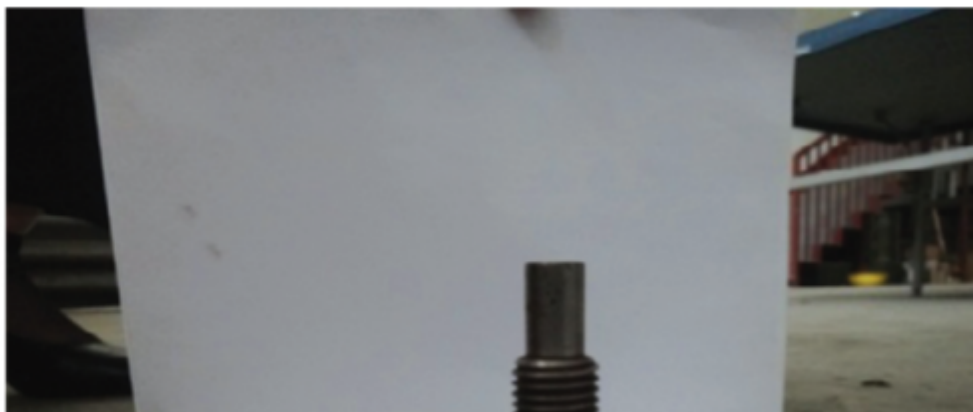
軟件系統以Matlab 為開發平台，將採集的彩色圖像灰度化、二維化處理，提取螺紋邊沿圖像的幾何特徵點，計算幾何特徵參數。

2 系統測量的步驟方法

測量按照測量系統標定、[8] 採集螺紋照片圖像、軟件對圖像預處理、螺紋邊緣檢測、提出邊緣圖像特徵點、計算螺紋幾何參數的步驟進行。

2.1 系統標定

系統採集的螺紋圖像以像素圖的形式存儲於計算機中，像素圖是以像素點為單位，由大量像素點有序組合而成的圖像，若根據像素點計算出螺紋的參數尺寸，需要有一個類似刻度尺的參照標準，所以，在採集螺紋圖像時，需要同時採集一個預先知道具體尺寸的標準量塊，根據量塊長度的像素點數量，計算出單位像素點代表的實際尺寸，進而得到螺紋圖像像素和實際尺寸之間的對應關係。因此，在系統採集圖像前，需要對量塊及螺紋進行尺寸標定。本系統中的標準量塊標稱長度為40mm。同時，為了增強螺紋工件與背景的對比度，採用純白色擋板作為圖像採集的背景，如圖2 所示。



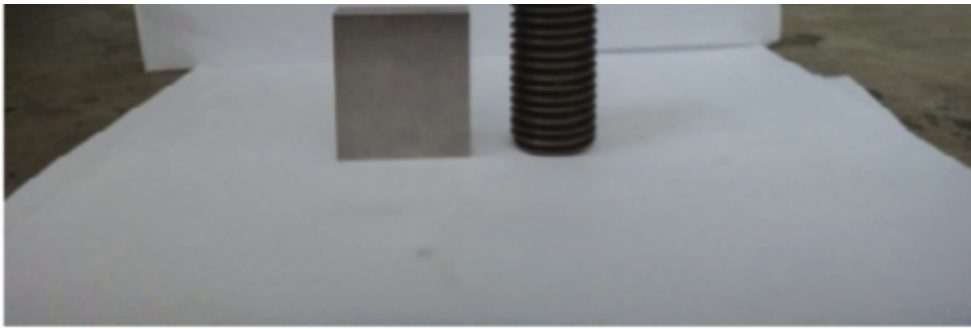


图 2 系统标定

2. 2 圖像採集與存儲

在用相機採集螺紋工件和量塊的圖像時，應注意光源的選取，在大量實驗中發現，自然光條件下，螺紋件表面容易形成鏡面反射，出現若干條明亮的光線，對圖像的後續處理產生較大的干擾，有條件的實驗室，可採用平行光照明，會取得較好的實驗圖像。本研究選擇在遮光的室內對螺紋件進行拍照，調整固定光源和相機拍攝的角度，從而獲得較為理想的螺紋圖像，並將圖像存儲於計算機中，如圖3 所示。

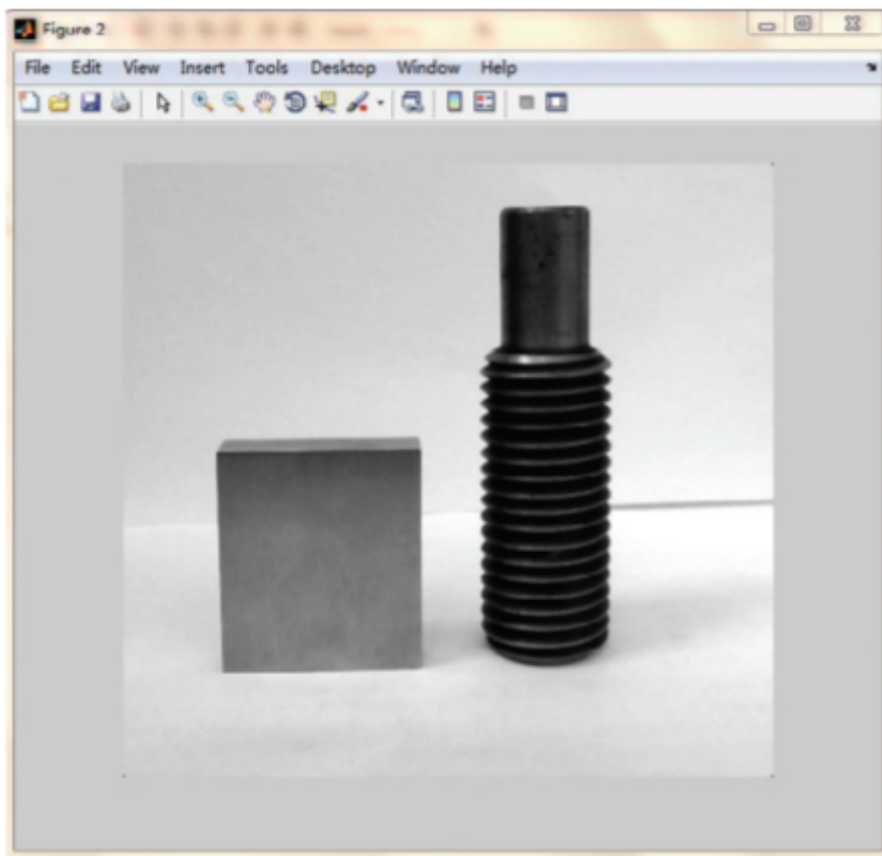


图 3 采集的螺纹图像

2. 3 圖像預處理

圖像獲取後，需要根據採集的圖像進行參數檢測前的處理，包括圖像灰度化處理、濾波、邊緣檢測、線性擬合等。

(1) 灰度化處理

相機採集的圖像是彩色的，即三維圖像，每個像素的顏色有 R、G、B 三個分量決定，而每

個分量有255 個值可取，這樣一個像素點可以有1600 多萬(255* 255* 255) 的顏色變化範圍。在matlab 軟件中，處理這麼龐大的數據非常不便。而灰度圖像是 R、G、B 三個分量相同的一種特殊的圖像，其一個像素點的變化範圍為255 種，如果將採集的彩色圖像轉變成灰度圖像，可以大大降低後續圖像處理的計算量，而灰度圖像的描述同樣能夠反映整幅彩色圖像的整體和局部特徵，以及色度和亮度等級的分佈。所以，需要先將採集的彩色圖像轉換為灰色圖像，亦稱為圖像的灰度化處理。

(2) 圖像濾波

採集圖像時，由於受環境等因素的影響，會在圖像中出現許多噪聲，影響後續圖像處理及參數的讀取。因此，在圖像預處理過程中，應對採集的圖像進行濾波處理。目前，圖像濾波技術有多種，[9] 形態濾波技術以幾何學為基礎對圖像進行分析，將結構元素輸入圖像，從而創造與輸入圖像同等大小的輸出圖像，具有較好的優越性。因此，研究採用形態濾波方法進行圖像濾波處理。

膨脹和腐蝕是形態濾波最重要的運算。膨脹是對像素增加; 腐蝕是對圖像中的目標去除。增加或去除取決於結構元素的大小和形狀。

結構元素是膨脹和腐蝕的基本組成部分，用於測試輸入圖像。研究採用Strel 函數創建一個圓形的結構元素對象。

$$SE = strel('ball', R, H, N)$$

其作用是創建一個非平面的結構元素(實際是一個橢圓)。在x - y 平面內半徑是 R，高度是H(R 為一個非負整數，H 必須為一個實數，N 為非負偶數，默認值為8)。

(3) 像素尺寸計算

為了能夠方便計算出採集螺紋圖像的尺寸，首先根據量塊的實際尺寸及像素值計算出單個像素值的尺寸，如圖4 所示，在量塊標稱長度方向上選取A、B 兩點。其中A、B 兩點的橫坐標相等，即：

$$X_a = X_b = 177$$

此時A、B 兩點對應的縱坐標分別為: $Y_a = 404$ ， $Y_b = 739$ 。因此，40mm 量塊長度對應的像素值為：

$$Y_b - Y_a = 739 - 404 = 335$$

由此，可得採集圖像預處理後，每一像素值對應的實際長度為0. 1194mm。



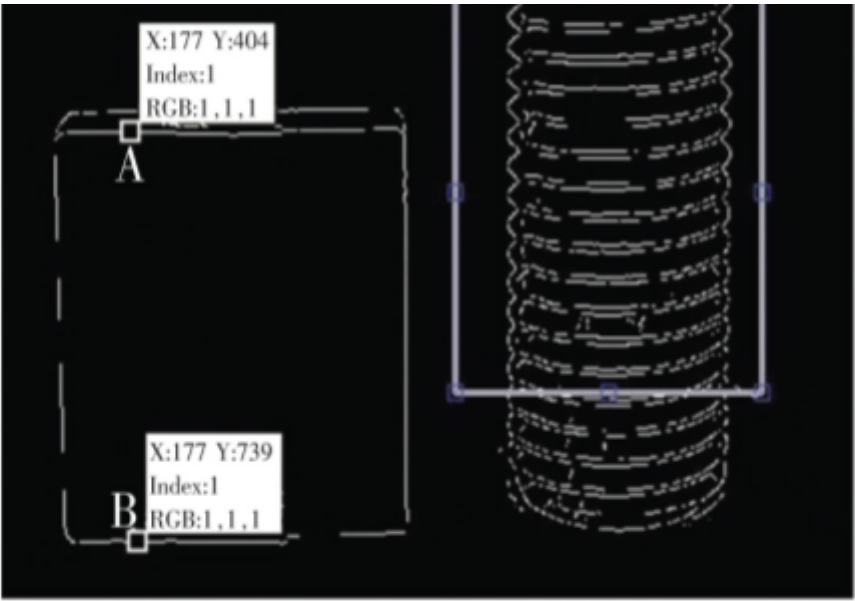


图 4 预处理后图像

2. 4 邊緣檢測

基本思想是先檢測圖像中的邊緣點，再按照某種策略將邊緣點連接成輪廓，從而構成分割區域。[10 - 11] 邊緣檢測包含兩個內容: 一是用邊緣算子提取邊緣點集; 二是在邊緣點集中去除某些邊緣點，填充一些邊緣點，再將得到的邊緣點集連接成線。常用的檢測算子有微分算子、Log 算子和Canny 算子。本研究採用的是Canny 算子，Canny 算子的梯度是用高斯濾波器的導數計算，邊緣檢測的方法是尋找圖像梯度的局部極大值。Canny 方法是使用兩個閾值分別檢測強邊緣和弱邊緣，而且僅當強邊緣與弱邊緣相連時，弱邊緣才會包含在輸出中，此方法不易受到噪聲的干擾，能夠檢測到弱邊緣。

2. 5 幾何參數計算

螺紋的幾何參數計算，需要在圖像上尋找特徵點或輪廓。

(1) 螺紋中徑測量

設用最小二乘法擬合得到的螺紋軸心線為 OO' ，在螺紋左側輪廓線上做 OO' 的平行線 L ，如圖5 所示。

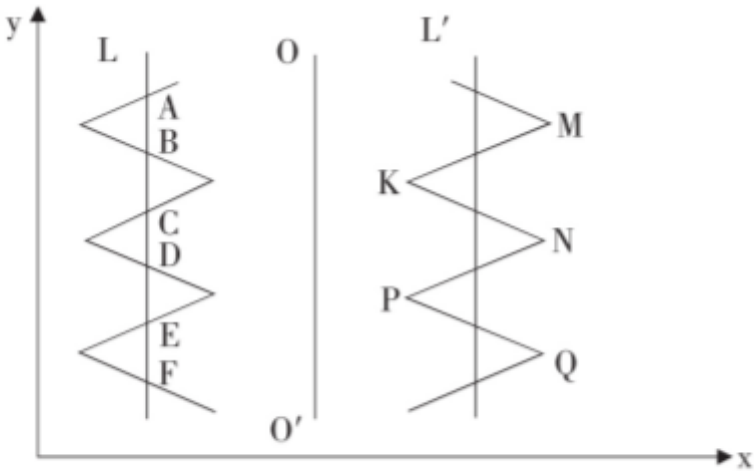


图 5 最小二乘法拟合螺纹中径

設 L 與螺紋左輪廓的交點分別為 A 、 B ... F 點。此時螺紋左輪廓有一系列離散的點列組成。由

螺紋中徑定義知: 當 $l_{AB} = l_{CD} = \dots = l_{EF}$ 時, 直線 L 為螺紋的一條中徑線。同理, 可得螺紋的另一條中徑線 L' , 直線 L 與 L' 之間的距離為螺紋的中徑 d_2 的大小, 即:

$$d_2 = |L - L'|$$

(2) 螺紋中徑測量

設螺紋螺距為 P , 由螺距定義知, 當 $l_{AB} = l_{BC} = \dots = l_{EF}$ 時, 螺距 $P = l_{AB} + l_{BC} = \dots = l_{DE} + l_{EF}$, 在實際測量中, 各交點間的線段長度不能完全取得相等, 只能在 l_i 相差最小時, 測得 P 為被測螺紋的螺距測量值。

(3) 螺紋牙型角測量

測量螺紋的牙型角時, 需要得出經過螺紋牙型輪廓的兩條直線的斜率, 再根據反三角函數關係求出螺紋的牙型角。如圖6 所示, 由於採集的圖像經過前期的處理後, 螺紋牙邊緣圖像由一些離散的像素點組成, 因此, 需要對離散點進行直線擬合後再進行計算, 研究採用最小二乘法進行直線擬合, 取表達式 $y(x) = kx + b$ 作為它的擬合直線, 可以求得1 個牙型2 個邊緣的斜率分別為 k_1 和 k_2 , 最後利用反正切函數求出螺紋牙型角 α 。

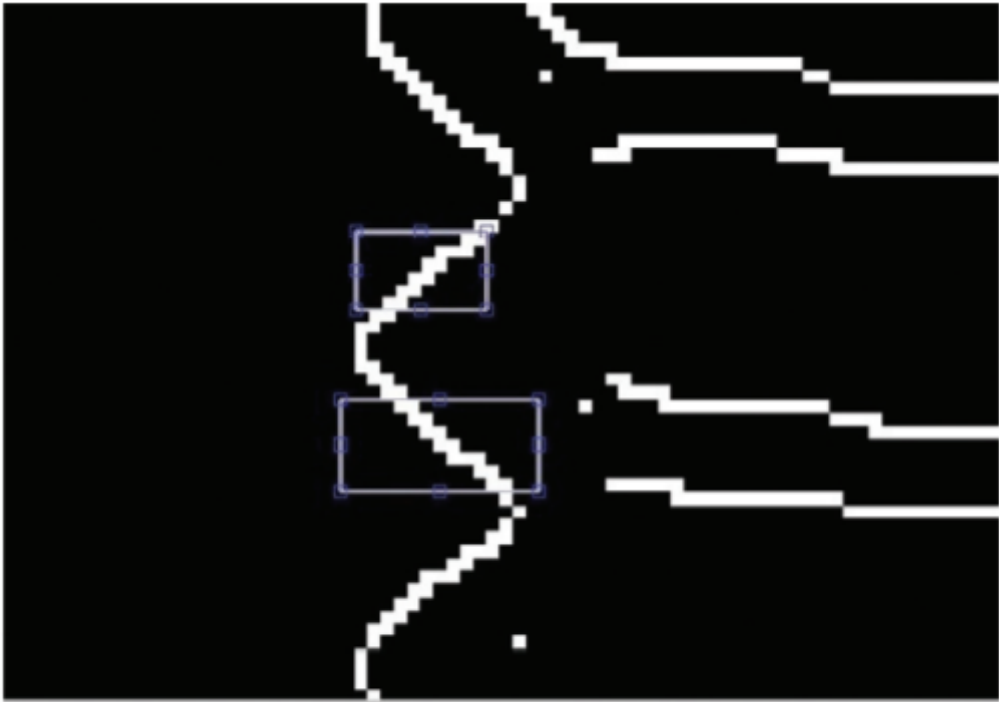


图 6 螺纹牙型角测量

3 測量實驗

根據上述方法步驟, 在實驗室內進行實驗, 測量螺紋工件的中徑、螺距、牙型角、牙型半角。為了提高測量精度, 每個螺紋幾何參數均測量5 次, 然後取其平均值作為測量結果, 如表1 所示。

表 1 图像处理参数测量结果

参数	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	平均值
中径值 像素值	195	194	194	194	193	194

螺距 像素值	32.405	33.467	31.879	33.251	31.896	32.5796
牙型角	61°08′	61°30′	61°52′	62°08′	62°22′	61°48′
牙型半角	30°34′	30°45′	30°56′	31°04′	31°11′	30°54′

根據量塊的像素值與其標稱長度的比例關係，計算得出螺紋中徑的平均值為23.1636mm，螺紋螺距的平均值為3.89mm。牙型角值為61°48'，牙型半角值為30°54'。

4 測量誤差分析

為了驗證本研究算法的精度，運用小型工具顯微鏡人工測量的方法，對同一螺紋工件進行幾何參數測量，並將人工測量結果與表1 圖像處理方法測得的參數進行對比，結果如表2 所示。

表 2 螺紋參數測量結果誤差對比分析

參數	中徑	螺距	牙型角	牙型半角
人工測量	22.43mm	3.08mm	60°56′	30°28′
系統測量	23.1636mm	3.89mm	61°48′	30°54′
誤 差	0.7336mm	0.81mm	52′	26′

由表2 可知，雖然系統測量與人工測量結果存在一定的誤差，但整體來看，誤差很小，基本能夠滿足實際測量的需要。同時，基於圖像處理技術的螺紋幾何參數測量方法大大提高了測量效率，驗證了系統測量的可靠性和優越性。

5 結論

本研究採用非接觸測量的方法，利用計算機視覺的圖像處理技術，通過系統標定、圖像採集、圖像預處理、邊緣檢測、幾何參數計算等步驟，實現了對螺紋幾何參數的自動測量，並通過大量實驗證明，該系統能夠快捷高效地完成螺紋工件幾何參數的測量，數據可靠、易於操作，有效提高了批量工件檢測的自動化水平，具有重要的研究前景和實用價值。

參考文獻:

- [1] 劉小紅, 巫小斌. 圓錐外螺紋基準面中徑值測量方法的探討 [J]. 計量與測試技術, 2021, 48(06) : 91 ~ 100.
- [2] JING M. Measurement method of screw thread geometric error based on machine vision [J]. Measurement and Control, 2018, 51(7 - 8) : 304 ~ 310.
- [3] 孔盛傑, 黃翔, 週蒯, 等. 基於機器視覺的齒形結構齒頂圓檢測方法 [J]. 儀器儀表學報, 2021, 42(04) : 247 ~ 255.
- [4] 支珊, 趙文珍, 段振雲, 等. 視覺測量齒輪定位偏心對齒距測量精度的影響 [J]. 儀器儀表學報, 2019, (02) : 205 ~ 212.
- [5] 顧梅花, 王苗苗, 李立瑤, 等. 彩色圖像多尺度融合灰度化算法 [J]. 計算機工程與應用, 2021, 57(04) : 209 ~ 215.
- [6] 沈正福, 汪惠芬, 袁堂曉. 基於機器視覺的尺寸檢測智能工位設計 [J]. 計算機測量與控制, 2021, 29(07) : 91 ~ 105.
- [7] 宋栓軍, 王啟宇, 賈秀海, 等. 基於斜齒輪端面與側面圖像處理的螺旋角測量方法 [J]. 西安工程大學學報, 2021, 35(03) : 81 ~ 85.
- [8] 雷霆, 胡平, 曾博才, 等. 基於圖像處理技術的鋼直尺測量系統設計 [J]. 計量與測試技術, 2018, 45(12) : 51 ~ 53.
- [9] 朱偉傑, 朱洪軍, 伍祥, 等. 基於相關濾波技術的目標跟踪方法綜述 [J]. 信息工程大學學報, 2019, 20(06) : 684 ~ 688.
- [10] GARDINER B, COLEMAN S, SCOTNEY B. Multiscale edge detection using a finite element framework for hex - agonal pixel - based images [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2016, 25(04) : 1849 ~ 1861.
- [11] 孔明, 徐志玲, 徐勇, 等. 實際邊緣輪廓下的螺栓綜合尺寸質量檢測 [J]. 計量學報, 2021, 42(06) : 724 ~ 730.

本文僅做學術分享，如有侵權，請聯繫刪文。

—THE END—

走进新机器视觉 · 拥抱机器视觉新时代

新机器视觉 —— 机器视觉领域服务平台
媒体论坛/智库咨询/投资孵化/技术服务

商务合作：

投稿咨询：

产品采购：



微信号

长按扫描右侧二维码关注“新机器视觉”公众号



收錄於話題#圖像處理 11

← 上一篇 · 圖像分割算法原理及工作流程

喜歡此內容的人還喜歡

單個GPU無法訓練GPT-3，但有了這個，你能調優超參數了

機器之心



單張GPU搞定GPT-3超參數！先訓練小模型，再“一鍵遷移” | 已開源

量子位



喜大普奔！CMU上海交大等在ICRA22 舉辦新賽事：變化環境下室外單目深度估計

計算機視覺life

