

印刷图像网点增大在线检测系统的开发

马敏燕, 王梅

(广东工业大学, 广州 510006)

摘要: **目的** 在高速印刷过程中, 需要快速准确地对印刷品的质量进行检测, 并给出数据评价, 为此开发一种印刷网点增大的在线检测系统。**方法** 通过图像采集系统获得实际印刷的网点图像, 基于机器视觉技术, 利用 Matlab 高级程序语言实现网点图像的识别。**结果** 通过将标准网点图像与实际采集网点图像进行对比, 利用有效的识别算法对 3 种形状印刷网点在 50% 处的增大量进行计算。**结论** 该识别算法适用性强, 可应用于彩色网点印刷中多种形状网点增大量的在线识别。

关键词: 网点增大; 在线检测系统; 机器视觉; 图像识别

中图分类号: TS801 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)03-0022-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.03.005

The Online Detection System Exploitation of the Printing Image Dot Gain

MA Min-yan, WANG Mei

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

ABSTRACT: The work aims to develop an online detection system for printing dot gain for the purpose of quickly and accurately detecting the print quality in the high speed printing and giving data evaluations. The printing dot images were obtained through the image acquisition system firstly. Then, the dot images were identified by means of the machine vision technology and Matlab advanced programming language. By comparing the standard dot images with the actual dot images, the effective recognition algorithm was used to calculate the gains of the three shapes of printing dots at 50%. The recognition algorithm has strong applicability and it can be applied in the online identification of gains of all shapes of dots in the color dot printing.

KEY WORDS: dot gain; online detection system; machine vision; image recognition

对于彩色印刷品而言, 印刷质量主要通过实地密度、网点增大、光泽度、相对反差、叠印率等特征参数进行评价。网点增大会改变画面反差, 并引起图像细节和清晰度的损失, 造成套印不准或者重影、网点糊死, 并出现色彩急剧变化等现象, 从而使印刷品的质量受到较大影响。为此, 在印刷过程中, 对印刷品网点增大的检测与评价必不可少。传统的方法多为抽样检测, 借助印刷工人的技术经验和对印刷测控条的分析给出网点是否增大的判断, 检测结果易受多种因素的干扰, 难以达到统一和量化, 并存在滞后问题,

这种检测手段已无法满足现代高速生产的需求。文中主要对彩色印刷中网点增大的在线检测方法进行研究, 将图像处理技术与印刷原理相结合, 获得不同形状网点的增大值的计算方法, 开发出网点增大的在线检测系统。

1 传统检测方法

1.1 网点增大

在一般的印刷过程中, 印刷压力是网点增大产生

收稿日期: 2017-11-16

作者简介: 马敏燕 (1991—), 女, 广东工业大学硕士生, 主攻机器视觉在包装与印刷工艺中的应用、机械精密加工工艺。

通信作者: 王梅 (1974—), 女, 硕士, 广东工业大学副教授, 主要研究方向为印刷包装工艺及设备、缓冲包装系统、包装结构设计等。

的主要原因, 可通过合理设定印刷参数来较好控制。网点参数的不同也会造成网点不同程度的增大, 其中加网线数和网点形状对网点增大的影响最为显著。高加网线数的图像在单位面积内的网点数相对较多, 单个网点发生相同的延展量时, 网点面积的增大要比低网线数的面积增大更为灵敏, 因此, 在印刷中加大网线数时必须谨慎, 否则会引起过量的网点增大。由于网点形状的不同, 造成网点出现搭接的情况各异, 因此不同形状的网点对网点增大和阶调跳跃的反应不一样^[1]。若采用方形网点, 50%处的网点增大最为明显, 若选用圆形网点, 网点增大最为严重的是 70%处; 若选用链形网点, 明显的网点增大分别在 25%和 75%的阶调处, 见图 1。文中重点对不同形状网点的增大进行在线检测, 获得网点增大值, 并对其进行质量是否合格的判断。

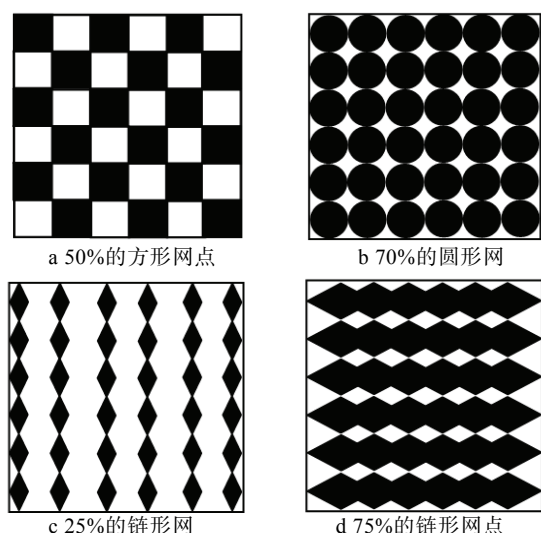


图 1 不同形状网点发生阶调跳跃示意

Fig.1 Tone skip diagram of the different shapes of dots

1.2 网点增大的传统检测方法

传统的网点增大检测方法主要有主观目测法、密度检测法和色度检测法等。人眼可发现的最小缺陷是对比色明显且不小于 0.3 mm 的缺陷, 但人眼观察很难保持持续、稳定的视觉效果, 因此主观目测法只适用于粗略判断印刷网点的面积率, 要获得较准确的数据需使用密度计进行检测。利用密度计, 通过测定印品测控条上实地色块、被测色块的密度, 利用 Murray-Davies 公式、Neugebauer 公式和 Yule-Nielson 公式等混色模型计算出色块的网点面积率。由于印刷条件复杂, 因此会出现模型精度低、修正系数很难确定等情况, 以上的混色模型具有很大的局限性^[2]。针对上述缺陷, 出现了基于色度值计算网点面积的方法, 但此方法需要保证检测环境的稳定性, 并符合一定的条件才能进行较为准确的检测, 应用同样受限。

1.3 网点增大的数字图像检测方法

数字图像检测技术主要利用 CCD 传感器获得信号, 经量化后存贮为数字图像, 对该数字图像进行处理和转换后, 可获得需要的参数^[3]。将该数字图像与标准图像进行比对, 可以获得两者的差异。近年来, 数字图像检测技术应用日益广泛, 并逐渐应用于印刷品的质量检测系统中, 检测原理见图 2。可对颜色失真、油墨粘脏、文字模糊、起皱、漏印、套印不准等缺陷进行检测。文中基于数字图像检测技术开发了一种网点增大的在线检测算法, 通过使用光学系统和 CCD 获取印刷品的网点数字图像, 对图像进行处理、分析、识别, 可以快速准确地获取检测网点的位置、形状、尺寸等信息, 进而计算网点面积率, 最终获得不同形状网点的增大值^[4]。

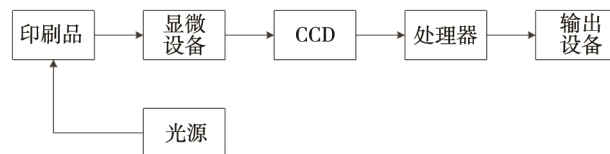


图 2 印刷品的数字图像检测原理

Fig.2 Principle of digital image detection for printed matter

2 网点增大在线检测系统的设计

2.1 总体方案的设计

设计的开发环境为 MathWorks MATLAB 7.13 和 Visual Basic 2010^[5]。对于高速胶印机来说, 单张纸印刷机的速度一般高达每小时上万张, 如果每个印张都进行质量检测, 将对检测系统的硬件和软件都提出非常高的要求, 实现高精度的在线检测较困难。在实际印刷中, 网点增大等印刷故障并非突然发生, 往往是逐渐积累起来的, 到某时刻才产生质的变化, 因此只需采用采样方式进行在线检测, 间隔性地进行色块图像的获取和分析。如单张纸印刷机的平均速度为 12 000 张/h, 每个印张的印刷时间为 0.3 s, 该系统的采样间隔设计为 3 s 左右, 即每 10 张左右采样 1 次, 远远高于人工抽样。

该系统利用不同形状网点的面积覆盖率为 50% 的色块作为检测图标, 加网线数为 150 lpi, 尺寸大小为 5 mm×5 mm, 该检测图标中的网点个数约为 30×30。根据网点增大的在线检测原理, 设计算法的主要功能为图像预处理、网目调单元分割参数的检测、网点形状检测、网点面积率检测。算法的简化流程见图 3。

2.2 图像的采集及预处理

对于高速运动中的印刷品来讲, 要对 5 mm×5 mm 的色块进行动态的检测较困难, 系统中需设置传感装

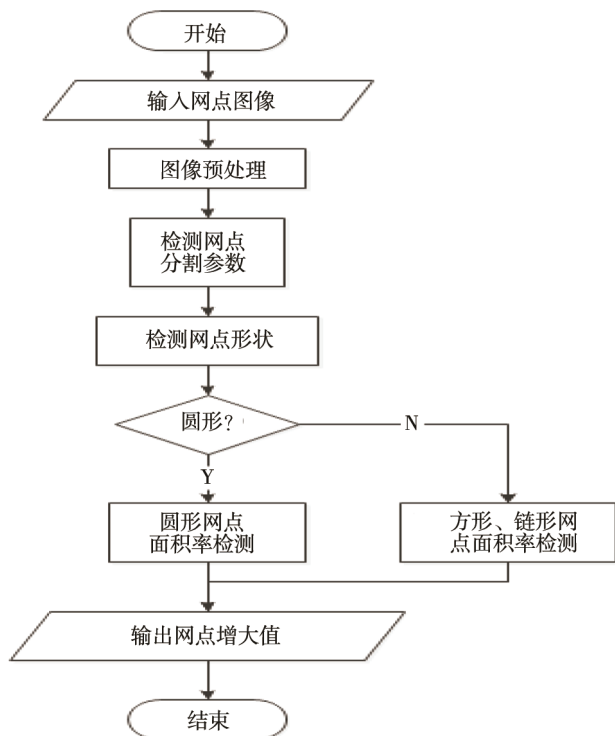


图3 网点增大检测算法流程

Fig.3 Detection algorithm flow of the dot gain

置,使色块到达镜头前方时触发 CCD 进行高速拍照成像,从而获取清晰的数字图像,保证图像的有效性^[6]。图像的预处理包括彩色图像向灰度图像的转换、图像的除噪、图像位置的标定和旋转缩放处理等^[7-10]。这些预处理是图像处理的基础,在此不再赘述。

2.3 网点分割参数的检测

根据网点点阵排列的特点可知相邻网点的距离相等。为了便于逐个网点进行检测,需要对图像进行分析,用网格分割出每个网目调单元,以便计算每一个网点的面积大小。进行分割的基本方法是对像素点的亮度求和,并获得亮度和梯度,根据周期性变化特点确定分割参数。对于加网角度为 0° 的网点图像,可以对其水平和垂直 2 个方向的亮度进行统计分析,以获得分割网格的参数。如可沿水平方向对每列的像素点亮度进行求和,并且求其亮度和的梯度,不同形状的网点亮度分析见图 4—6。

由上可知,网点图像沿水平方向的亮度和及亮度和的梯度均具有周期性变化,垂直方向也有相似的结果。可以根据周期变化取得网格的间隔距离,根据梯度求其由正变负时的坐标,此坐标就是分割网线的坐标。据此得到整个网点区域的分割网格,平行网线间的平均间距即为网目调单元的边长,见图 7。此参数可传递到后续的检测函数,用于进行单个网目调单元的分析 and 面积率的计算。

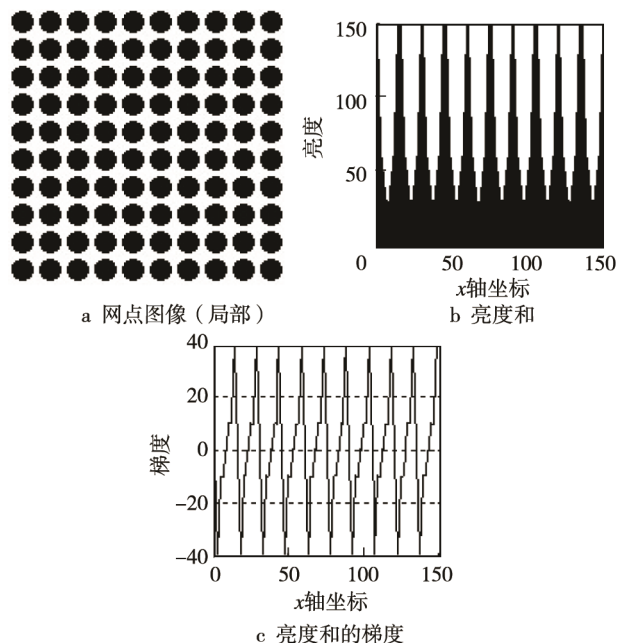


图4 圆形网点亮度分析

Fig.4 Brightness analysis of the circular dot

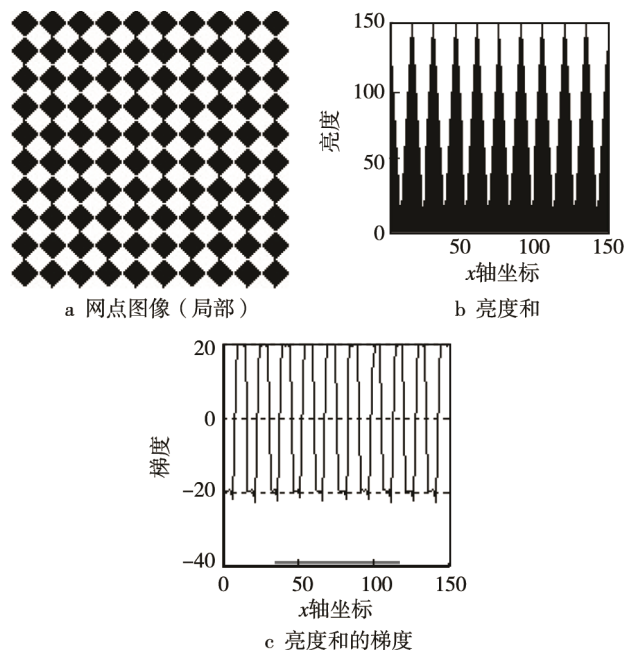


图5 方形网点亮度分析

Fig.5 Brightness analysis of the square dot

2.4 网点形状的检测

根据已取得的分割网目调单元参数,在形状检测中就可随机抽取若干个网点进行形状分析,以加快检测的速度。对于抽取出来的单个网目调单元,首先将其转换为二值图像,并获取二值化后网点的边界坐标及面积,然后进行圆度的计算,以判断圆形和非圆形网点。圆度的计算需要使用网点的周长 C 和面积 S 。

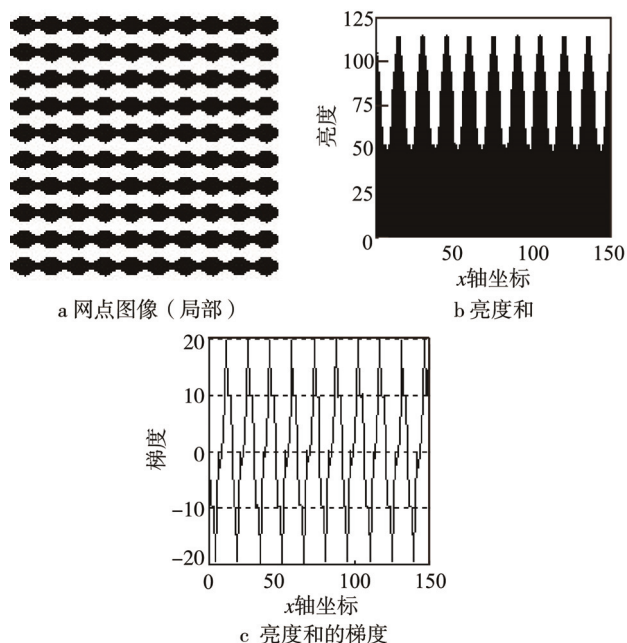


图 6 链形网点亮度分析

Fig.6 Brightness analysis of the chain dot

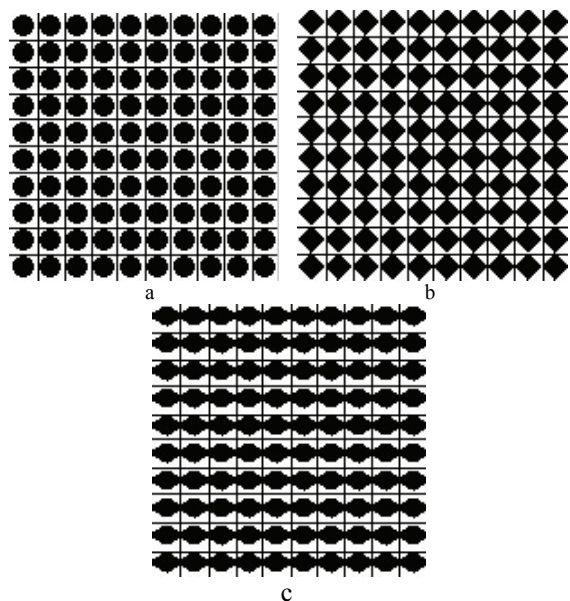


图 7 网点分割结果

Fig.7 Segmentation results of the dot

将二值图像的图形区域边界点以逆时针方向进行获取和排列,使边界点的集合为 B ,则 $B_i = (x_i, y_i)$,假设共有 n 个点,则周长:

$$C = \sum_{i \in B} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$$

式中: $x_{n+1}=x_1$, $y_{n+1}=y_1$ 。通过计算该网点区域所包含的像素点数作为其面积 S ,则圆度:

$$m = \frac{4\pi S}{C^2}$$

圆度的定义可以判断网点接近圆的程度。对于正

n 边形来讲,随着 n 的增大,圆度 m 会逐渐增大并趋于 1,当 n 无穷大时的极限是圆,圆度为 1。通过对圆度的计算,设定圆度阈值就可以将圆与非圆网点区别开来。通过测试,这里设定该阈值为 0.85。

对于圆度低于阈值的非圆网点,则需要区分是方形网点还是链形网点,使用网点边界直线的夹角来区分。对网点的四边进行拟合,取得各网点边界直线的斜率 k_i 。根据正切的三角关系公式,计算其两两相交直线之间的夹角,取其锐角为 θ ,则有:

$$\tan \theta = \left| \frac{k_i - k_{i+1}}{1 + k_i k_{i+1}} \right| (i=1,2,3,4, \text{其中 } k_{4+1} = k_1)$$

因为方形网点相交两边的夹角应接近 90° ,而链形网点相交两边的夹角应接近 60° ,这里设定夹角阈值为 70° 。当 θ 小于 70° 可判断网点形状为链形网点,大于 70° 为方形网点。

2.5 网点边缘检测及面积率的计算

圆形网点面积率检测函数的算法是基于最小二乘原理进行圆的拟合,根据拟合的半径计算圆形网点的面积,再根据网目调单元的大小计算其网点面积率。对于方形和链形网点面积率检测函数的算法也是基于最小二乘的直线拟合,通过得到网点边缘的直线方程,求出网点图形的顶点,利用公式求出任意封闭平面多边形的面积,进而求出面积率。获得网点面积率后,通过与标准网点图像的面积率进行运算,即可获得网点增大值^[11-15]。

50%的 3 种形状网点图像分别利用 Sobel 算子、Roberts 算子和 LOG 算子和 Canny 算子的边缘检测结果见图 8。对 3 种形状网点的拟合结果进行对比分析,采用 Roberts 算子的拟合平均误差分别为 0.1%,0.32% 和 0.26%,拟合效果较好。

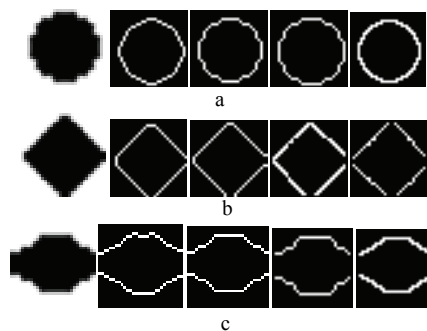


图 8 网点边缘检测

Fig.8 Dot edge detection

2.6 检测系统的界面设计

这里对检测系统进行了操作界面的设计,根据检测所需功能,在界面上设计了输入、显示和输出这 3 个功能菜单,基本界面见图 9a。在输入菜单中可以

选择从文件或者设备输入网点图像, 见图 9b。显示菜单中可以选择是否显示标准图像或关闭所有显示图像, 默认情况为显示测试图像, 可根据检测的需要进行改变, 见图 9c。输出菜单中可将检测结果输出到设备以进行反馈控制, 见图 9d。

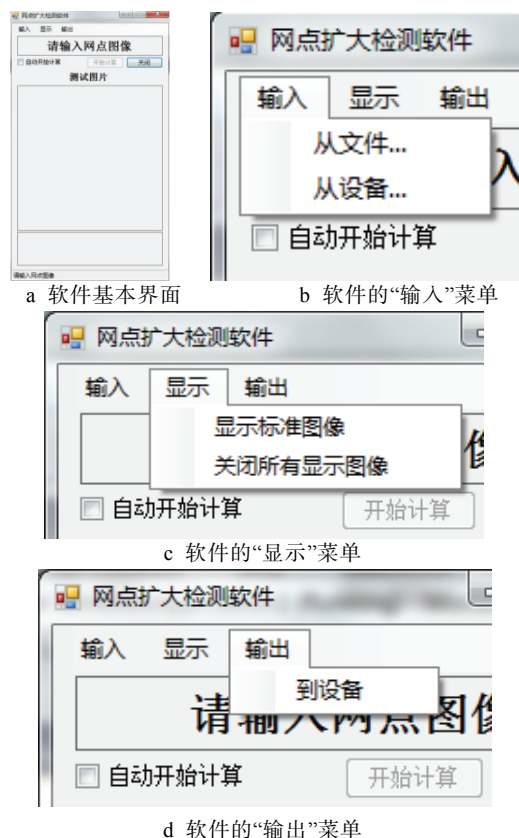


图9 软件主要功能

Fig.9 Main function of the software

3 软件测试实例演示

以圆形网点为例对软件进行演示。由 CCD 获得印张上的网点增大检测图标, 输入自动检测系统, 显示在界面的“测试图片”区域。随后对该图片自动进行网点分割参数和网点形状的检测, 完成后会在界面上方的文本框中显示网点的形状。若打开“显示”菜单中“显示标准图像”的选项, 将在界面的“标准图片”区域显示具有相同网点形状的标准图片, 点击“开始计算”按钮, 将对标准图片进行网点面积率的计算, 并将结果显示在标准图片下的文本框中, 状态栏中显示该次计算所用的时间, 见图 10。

若选择了“自动进行计算”复选框, 将会自动进行网点增大的计算, 否则需要手动单击“开始计算”按钮, 才会进行网点增大的计算。计算完成后结果会显示在测试图片下方的文本框中, 状态栏中也会显示该次计算所用的时间, 见图 11。



图10 测试图片的形状检测及标准图片显示

Fig.10 Shape detection of the test picture and display of the standard picture

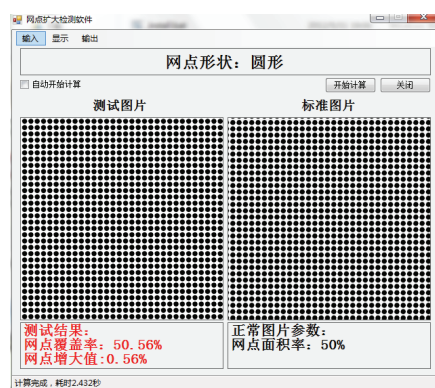


图11 网点增大检测结果显示

Fig.11 Result display of the dot gain detection

4 结语

把数字图像处理方法与印刷基本原理相结合, 针对印刷网点增大在线检测的算法进行了研究。通过分析常用 3 种形状网点的网点面积率与几何参数之间的关系, 对网目调单元的分割获取以及网点形状的检测算法进行了设计, 应用最小二乘法对不同形状的网点进行拟合获得了网点面积率, 最终获得了网点增大值。该算法在识别效率和准确度上已达到生产要求, 后期将结合图像获取设备、自动控制系统等将其在实际生产线中进行应用。该算法还可进行优化, 进一步提高运算效率, 如在网点的识别上考虑使用先验知识和模糊算法, 在网点的分割上可使用模式识别和神经网络的方法, 通过获取网点的位置及网点排列的规律性获得分割参数。

参考文献:

- [1] 许文才. 包装印刷技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015.
- XU Wen-cai. Packaging Printing Technologies[M].

- Beijing: China Light Industry Press, 2015.
- [2] 郑元林. 印刷色彩学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2013.
- ZHENG Yuan-lin. Printing Color Science[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2013.
- [3] 张颖. 关于计算机图像处理技术的应用的研究[J]. 计算机光盘软件与应用, 2011(20): 161.
- ZHANG Ying. The Application of Computer Image Processing Technology Research[J]. Computer CD Software and Applications, 2011(20): 161.
- [4] JENS Lundström, ANTANAS Verikas. Detecting Halftone Dots for Offset Print Quality Assessment Using Soft Computing[C]// FUZZ-IEEE, 2010: 1145—1151.
- [5] CHEN Li-jun, BAI Xue-wei, ZHAO Xiu-rong. Software Design of Variable-spray Control System Based on VB and Matlab[C]// 2011 International Conference on Artificial Intelligence, 2011: 2398—2401.
- [6] MUHAMMAD Arsalan, ARSHAD Aziz. Low-Cost Machine Vision System for Dimension Measurement of Fast Moving Conveyor Products[J]. 2012 International Conference on Open Source Systems and Technologies, 2012: 22—27.
- [7] 马晓路. MATLAB 图像处理从入门到精通[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2013.
- MA Xiao-lu. MATLAB Image Processing from Entry to the Master [M]. Beijing: China Railway Press, 2013.
- [8] HOLLY Moore. MATLAB 使用教程(第2版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- HOLLY Moore. MATLAB for Engineers (Second Edition) [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2010.
- [9] RAFAEL C Gonzalez. 数字图像处理 (MATLAB 版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- RAFAEL C Gonzalez. Digital Image Processing Using MATLAB [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2009.
- [10] 刘刚. ATLAB 数字图像处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- LIU Gang. Digital Image Processing Using MATLAB [M]. Beijing: China Machine Press, 2010.
- [11] JACKMAN P, SUN Da-wen. Recent Advances in Image Processing Using Image Texture Features for Food Quality Assessment[J]. Trends in Food Science & Technology, 2013, 29(1): 35—43.
- [12] 陈玮, 曹志广, 李剑平. 改进的模板匹配方法在车牌识别中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2013, 34(5): 1808—1811.
- CHEN Wei, CAO Zhi-guang, LI Jian-ping. Application of Improved Templates Matching Method on License Plate Recognition[J]. Computer Engineering and Design, 2013, 34(5): 1808—1811.
- [13] 祁想想, 马本学, 屈年巍, 等. 基于 MATLAB 与 VB 混合编程的哈密大枣品质检测研究[J]. 农机化研究, 2011(8): 156—160.
- QI Xiang-xiang, MA Ben-xue, QU Nian-wei, et al. Hami Jujube Quality Detection Research Based on VB and MATLAB[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2011(8): 156—160.
- [14] 桂振文, 刘越, 陈靖, 等. 一种适用于智能手机的图像识别算法[J]. 电子学报, 2014(8): 1487—1494.
- GUI Zhen-wen, LIU Yue, CHEN Jing, et al. A Novel Image Recognition Algorithm for Smartphone[J]. Acta Electronica Sinica, 2014(8): 1487—1494.
- [15] MURALIDHARAN R, CHANDRASEKAR C. 3D Object Recognition Using Multiclass Support Vector Machine-k-nearest Neighbor Supported by Local and Global Feature[J]. Journal of Computer Science, 2012, 8(8): 1380—1388.