

基于图像处理的目标物体最大内接矩形面积的检测

谢新华^{1,2} 梁栋^{1*} 张香倩¹ 张东彦^{1,2} 周建军²

(安徽大学电子信息工程学院¹,合肥 230601;
北京农业智能装备技术研究中心²,北京 100097)

摘要 目标物体最大内接矩形的检测对生产矩形产品的工厂意义重大。目前的裁定手段都是人工实现,存在主观性强、效率低、精度差等缺点。研究了基于图像处理的遍历法、中心扩散法检测目标物体最大内接矩形;并结合两种方法提出一种新的检测方法:遍历中心扩散法。实验结果表明:遍历法对噪声具有很强的鲁棒性;但对凹面物体十分敏感。中心扩散法适用性较好,但检测的准确性不高;而遍历中心扩散法既有较强的鲁棒性,又拥有较高的准确率,其检测准确率均达到90%以上,实现了目标物体最大内接矩形的高精度检测。

关键词 图像处理 最大内接矩形面积 遍历法 中心扩散法 遍历中心扩散法

中图分类号 TP391.01; **文献标志码** A

图像处理技术已广泛应用于各行各业,如军事、农业、医疗、工厂等^[1-5],而对于工厂而言,实现自动化生产具有现实意义。然而许多生产矩形产品的工厂(如石材加工厂)的作业方式仍然是纯人工手工进行,这种作业方式容易产生几个方面的问题:材料的浪费、工作效率低和劳动密集。而实现自动化生产的技术难点是如何快速准确地确定目标物体的最大内接矩形。

目标物体的形状、纹理、摆放方式等是影响检测物体最大内接矩形面积准确率的重要因素,快速准确的确定形还比较困难,数字图像处理技术为目标物体最大内接矩形的确定提供了技术支持。卢蓉等^[6,7]研究了目标图像的最小外接矩形检测方法。网络上也有相关算法实现图形内接矩形的检测,但存在准确率不高、适用性不广的缺点。

针对上述问题,通过标定摄像头采集不同形状不同目标物体的数字图像,利用图像处理技术对所采集的图像进行图像预处理,分别研究了遍历法和中心扩散法,并结合二者提出遍历中心扩散法,用于快速、准确实现目标物体最大内接矩形的检测。

1 图像采集及图像预处理

1.1 图像采集

目标物体的图像采集在光照条件良好的环境下进行,采用A4纸作为图像采集背景,采集图像所用摄像头选用灰点摄像头,型号为FLEA3 FL3-U3-13S2C,固定于45.5 cm的高度(位置可自由调节),图像分辨率设为1 328 × 1 048 像素。实验采集了一个标准矩形纸板、两个不同形状的石块、两个不同形状的瓷砖和一个不规则纸板的图像,标准矩形纸板图像用于确定每个像素长度(每个像素长度为0.013 485 11 cm,取0.013 5 cm),其余图像用于验证本实验方法的适用性和准确率。

1.2 图像预处理

图像预处理是目标图像检测的重要环节,预处理的效果直接影响目标物体最大内接矩形面积的检测结果。具体操作如下:

1.2.1 定位

目标物体的摆放方式与最大内接矩形的检测关系密切,而人工无法确保目标物体摆放方式是正放,即目标物体水平方向上的最小外接矩形最小。利用连通域求取物体最小外接矩形,并记录该最小外接矩形最左侧顶点和最上侧顶点坐标,分别记做 $P_{left}(x, y)$, $P_{up}(x, y)$ 。由式(1)计算该最小外接矩形与水平方向的夹角。

$$\theta = \arctan(|P_{left}.y - P_{up}.y| / |P_{left}.x - P_{up}.x|) \quad (1)$$

确定最小外接矩形与水平方向的夹角之后,然

2015年1月23日收到 安徽省自然科学基金青年基金(1308085QC58)、国家自然科学基金(41301471)、安徽省高等学校省级自然科学基金项目(KJ2013A026)资助
第一作者简介:谢新华(1989—),男,硕士。E-mail: xiexinhua@163.com。

*通信作者简介:梁栋(1963—),男,博士生导师。研究方向:图像处理与模式识别。E-mail: dliang@ahu.edu.cn。

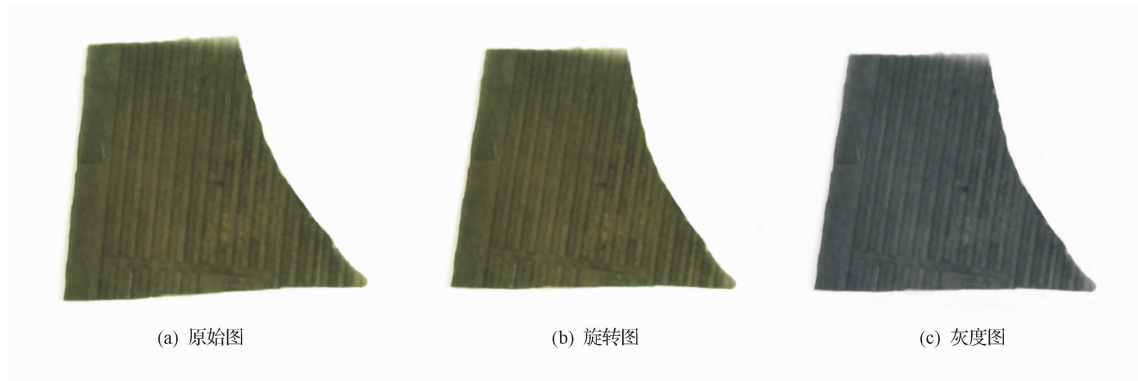


图1 原始图、旋转图与其灰度图

Fig. 1 Original image, rotary image and gray image

后将图像按相应的 θ 旋转。根据空间变换对应矩阵的放射变换,一个坐标通过矩阵变换的新位置:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \mathbf{M} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}; \mathbf{M} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(2)中 \mathbf{M} 为变换矩阵。所以,图像绕原点逆时针或顺时针旋转 θ 角,其相应的变换矩阵如式(3):

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \end{bmatrix};$$

$$\mathbf{M}' = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

1.2.2 灰度处理

得到目标物体的旋转图像之后,对其进行单通道灰度处理,进而获得其灰度图像,原始图像、旋转图像和灰度图如图1。

1.2.3 二值化

图像的二值化,就是将图像上的像素点的灰度值设置为0或255,也即将整个图像呈现出明显的只有黑和白的视觉效果。将旋转过后的灰度图进行二值化处理,阈值取190,最大值设为255。处理结果如图2。

1.2.4 边缘检测

边缘是指图像局部变化最显著的部分,边缘主要存在于目标与目标,目标与背景之间,是图像局部特性的不连续性,如灰度的突变、纹理结构的突变、颜色的突变等。本文比较分析三种常见的边缘检测算子: Canny 算子、Sobel 算子和 Laplace 算子^[8,9]。检测结果如图3所示。比较结果表明, Laplace 算子能更好的检测出目标物体边缘,故本文选取 Laplace 算子进行边缘检测。

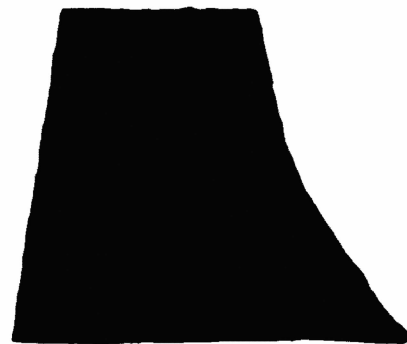


图2 二值化

Fig. 2 Binaryzation

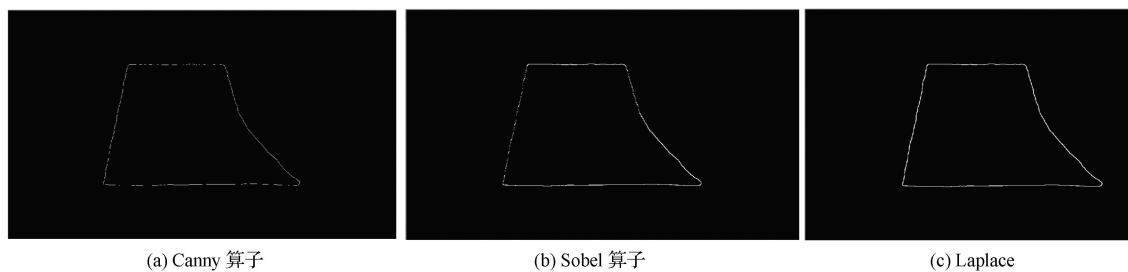


图3 边缘检测效果图

Fig. 3 The result of edge detection

2 目标物体最大内接矩形检测

2.1 最小外接矩形检测

对经过边缘检测的图像进行最小外接矩形检测,这是由于经旋转后的图像像素坐标发生改变,必须重新确定最小外接矩形,检测结果如图 4 所示。

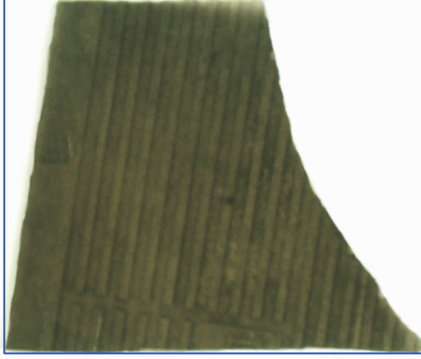


图 4 最小外接矩形

Fig. 4 The minimum circumscribed rectangle

2.2 最大内接矩形检测

经 2.1 确定目标物体最小外接矩形之后,再在该最小外接矩形内寻找该目标物体的最大内接矩形,进而得到最大内接矩形面积。

2.2.1 遍历法

1) 在最小外接矩形内,由最小外接矩形左上角顶点开始寻找像素为 0 的点,记为 A_1 ,然后向右寻找像素为 0 的点,记为 B_1 ,接着向下寻找像素为 0 的点,记为 C_1 ,最后向左寻找下一个像素为 0 的点,记为 D_1 ,由点 B_1 、 C_1 、 D_1 即确定该矩形,面积记为 A ,如图 5 中绿色区域。

2) 由最小外接矩形左上顶点开始寻找像素为 0 的点,记为 A_2 ,然后向下寻找像素为 0 的点,记为 B_2 ,接着向右寻找像素为 0 的点,记为 C_2 ,最后向上寻找像素为 0 的点,记为 D_2 。由 B_2 、 C_2 、 D_2 即可确定该矩形,面积记为 B ,如图 5 中红色区域。

3) 比较 A 、 B 面积,取较大者,重复执行以上操

作即可确定最大内接矩形面积。最终检测效果如图 6(a) 所示。

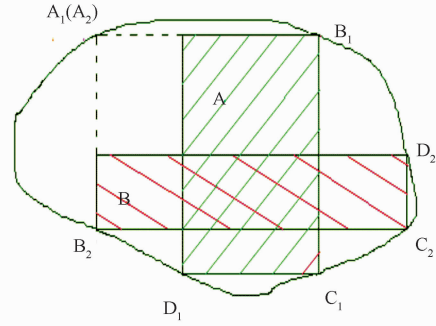


图 5 检测原理图

Fig. 5 The principle diagram of detection

2.2.2 中心扩散法

由式(3)确定最小外接矩形中心点 O :

$$\begin{cases} center_x = (left + right) / 2 \\ center_y = (up + down) / 2 \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中 $left$ 、 up 为 2.1 中最小外接矩形的左上角顶点坐标, $right$ 、 $down$ 为右下角顶点坐标。定义 up_1 、 $down_1$ 、 $left_1$ 、 $right_1$ 四个变量,并按下式初始化四个变量:

$$\begin{cases} up_1 = center_y - 1 \\ down_1 = center_y + 1 \\ left_1 = center_x - 1 \\ right_1 = center_x + 1 \end{cases} \quad (5)$$

然后从左到右判断第 up_1 行像素是否为 0,如果该行像素均不为 0,则 up_1 向上移动,若该行某处像素为 0,则 up_1 停止移动;同样从左到右判断 $down_1$ 行像素是否为 0,若不为 0,则向下移动 $down_1$,若为 0,则停止移动;从上到下判断第 $left_1$ 列像素是否为 0,若不为 0,向左移动 $left_1$,否则停止移动;相应的从上到下判断第 $right_1$ 列像素是否为 0,若为 0, $right_1$ 停止移动,否则向右移动。当四侧均找到像素为 0 的点时,计算其面积,并在旋转图上画出该内接矩形。检测效果如图 6(b) 所示。

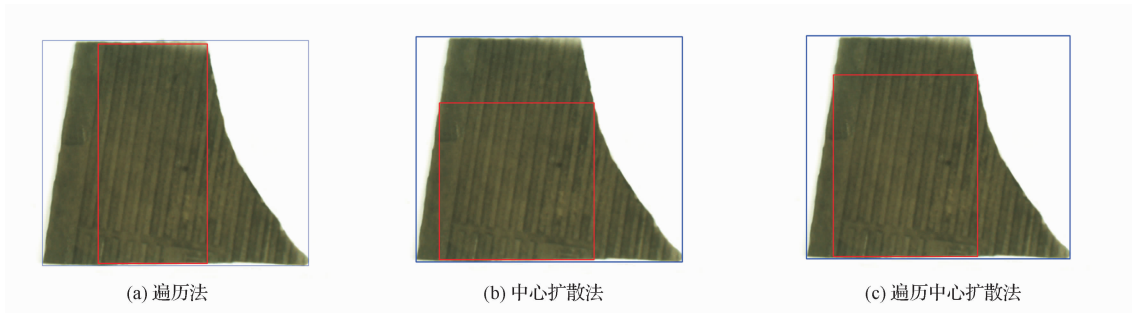
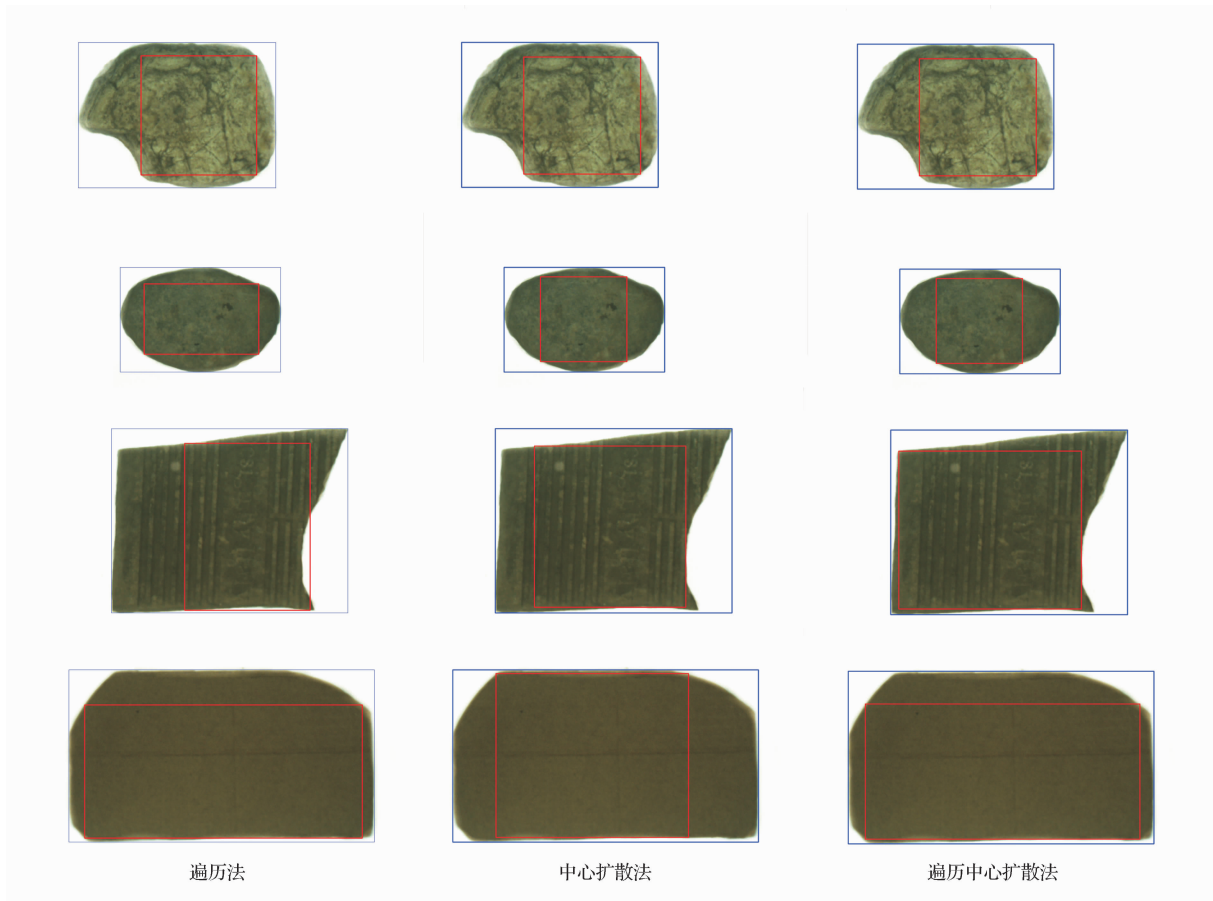


图 6 不同方法检测效果比较

Fig. 6 Comparison in different detection method



第一、二行物体为不同形状的石块,第二行为瓷砖,最后一行为纸板
图7 不同形状不同目标物体三种方法检测结果

Fig. 7 Testing results of three methods for different shape objects

2.2.3 遍历中心扩散法

该方法为遍历法与中心扩散法二者的有效结合,利用中心扩散法遍历搜索目标物体的最大内接矩形,继承了遍历法的准确性与中心扩散法的适用性。原理是首先计算由(4)式确定的中心点位置的矩形面积,然后通过向上下左右增加或减少像素移动中心点位置,同时计算相应的矩形面积,并与之前的矩形面积进行比较,遍历所有“中心点”,最终得到最大内接矩形。检测效果如图6(c)所示。

实际测得该石头的最大内接矩形面积为 36.48 cm^2 ,而遍历法、中心扩散法和遍历中心扩散法分别测得的矩形面积为 30.075 cm^2 、 30.114 cm^2 和 33.626 cm^2 ,准确率分别为 82.44% 、 82.54% 和 92.18% 。结果表明遍历中心扩散法更适合用于目标物体最大内接矩形的检测。

3 实验结果与分析

本文中的试验在 Visual studio 2008 中实现,运行环境为 core i3 CPU、2 GB 内存、32 位 Windows7 旗舰版操作系统。本试验采用 C++ 编程语言结合

OpenCV 编程实现,其中主要采用“cvCvtColor”实现原始图像的单通道灰度化,“cvFindContours”函数寻找目标物体轮廓,“cvCanny”函数实现图像的边缘检测,“cvWarpAffine”函数将图像旋转等^[10]操作。

为了进一步研究目标物体摆放方式对检测结果的影响,以及三种方法的适用性和准确率,本文采用了不同摆放方式、不同形状和不同物体的图像来进行验证,相应的检测结果如表1、表2所示,检测效果如图7所示。

表1 目标物体不同摆放方式的遍历中心扩散法检测结果
Table 1 Detection results of objects indifferent location using traversal center diffusion method

	实测面积/ cm^2	检测面积/ cm^2		准确率/%	
		原始位置	旋转后位置	原始位置	旋转后位置
石头1	18.49	18.311	18.430	99.0	99.68
石头2	13.18	13.027	13.053	98.9	99.04
瓷砖1	36.48	32.913	33.626	90.2	92.18
瓷砖2	49.28	47.018	47.068	95.4	95.51
纸板	62.06	60.024	60.449	96.7	97.40

表2 不同形状不同物体三种方法检测结果
Table 2 Testing results of tree methods for different shape objects

实测 面积 /cm ²	检测面积/cm ²			准确率/%			
	遍历法	中心 扩散法	遍历中心 扩散法	遍历法	中心 扩散法	遍历中心 扩散法	
石头1	18.49	18.425	16.622	18.430	99.65	89.90	99.68
石头2	13.18	12.951	11.712	13.053	98.28	88.86	99.04
瓷砖2	49.28	34.172	39.964	47.068	错误	81.09	95.51
纸板	62.06	59.491	51.573	60.449	95.86	83.10	97.40

注:错误是指检测的矩形并非为目标物体的内接矩形。

由表1可知,目标物体的摆放方式与检测的准确性密切相关,所以对目标物体的定位很有必要;由表2和图7可以看出,遍历中心扩散法检测效果最好,不仅适用性较广,而且检测精度较高,更适合用于目标物体最大内接矩形的检测。

4 结论

(1)目标物体的摆放方式是影响其最大内接矩形检测的一个重要因素,对目标物体的定位具有必要性。

(2)遍历法适用性较低,且检测准确度也不及遍历中心扩散法。

(3)中心扩散法拥有较广的适用性,但检测准确度较低,不能满足需求。

(4)遍历中心扩散法不仅具有较广的适用性,而且拥有较高的检测准确率,其检测准确率均达到90%以上,与遍历法、中心扩散法相比,更适合用于目标物体最大内接矩形的检测。

(5)遍历中心扩散法并不能保证所求的水平方向矩形为该物体的最大内接矩形,有待下一步研究。

参 考 文 献

- 1 陈涛涛,迟道才,梁 茜. 基于矩形框几何校正的多叶面积测量方法. 农业工程学报,2012;(4):206—213
Chen T T, Chi D C, Liang Q. Multi-leaf area measurement method based on geometric correction with rectangular box. Journal of Agricultural Engineering, 2012;(4): 206—213
- 2 王 辉,雷雨春,康 峰,等. 基于机器视觉的樱桃外径检测. 农

业机械学报,2012;(7):246—249

Wang H, Lei Y C, Kang F, *et al.* Size detection for cherry fruit based on machine vision. Journal of Agricultural Machinery, 2012;(7):246—249

- 3 李 明,张长利. 基于图像处理技术的小麦叶面积指数的提取. 农业工程学报,2008;26(1):205—209
Li M, Zhang C L. Extraction of leaf area index of wheat based on image processing technique. Journal of Agricultural Engineering; 2008; 26(1):205—209
- 4 杨劲峰,陈 清,韩晓日,等. 数字图像处理技术在蔬菜叶面积测量中的应用. 农业工程学报,2002;(4):155—158
Yang J F, Chen Q, Han X R, *et al.* Measurement of vegetable leaf area using digital image processing techniques. Journal of Agricultural Engineering,2002;(4):155—158
- 5 李长勇,曹其新. 基于深度图像的蔬果形状特征提取. 农业机械学报,2012;(7):242—245
Li C Y, Cao Q X. Extraction method of shape feature for vegetables based on depth image. Journal of Agricultural Machinery,2012;(7): 242—245
- 6 卢 蓉,王俊波,陈念年,等. 一种提取目标图像最小外接矩形的快速算法. 计算机工程,2010;(3):178—180
Lu R, Wang J B, Chen N N, *et al.* Fast algorithm for extracting minimum enclosing rectangle of target image. Computer Engineering, 2010;(3):178—180
- 7 吴晓光,王涤琼,盛 慧. 一种获取图像区域最小外接矩形的算法及实现. 计算机工程,2003;30(12):124—125,142
Wu X G, Wang D Q, Sheng H. An algorithm and implementation for obtaining minimum exterior rectangle of image region. Computer Engineering,2003;30(12):124—125,142
- 8 欧温暖. 几种常见边缘检测算子的分析比较. 现代计算机(专业版),2010;(5):75—77
Ou W N. Analysis and comparison of several common edge detection operators. Modern Computer(Pro),2010;(5):75—77
- 9 徐小军,邵 英,郭尚芬. 边缘检测算子及其在火焰图像中的应用. 微计算机信息,2008;(6):277—279
Xu X J, Shao Y, Guo S F. Edge detection operators and their application in flame image. Micro Computer Information,2008;(6):277—279
- 10 Bradski G, Kaehler A. 学习 OpenCV. 北京:清华大学出版社,2009
Bradski G, Kaehler A. Learning OpenCV. Beijing: Tsinghua University Press,2009

(下转第217页)

Test and Analysis on Vibration Impact of Heavy Trucks Running by Housing

QIAO Xiong^{1,2}, ZHANG Song³, YUE Feng¹, WANG Xiao-xing⁴

(School of Civil Engineering, Lanzhou University of Technology¹, Lanzhou 730050, P. R. China;

School of Highway, Chang'an University², Xi'an 710064, P. R. China;

Quzhou Municipal Communications Bureau³;

Quzhou City Highway Administration⁴, Quzhou 324000, P. R. China)

[**Abstract**] In order to study the vibration generated by heavy vehicles running on the surrounding buildings sphere of influence, based on a village in West Area of Lanzhou City, the insitu-tested method are used, the frequency and propagation velocity of the particle surface vibration are tested, and the relevant norms are used to evaluation, the results showed that: ① the construction of a tunnel near the vertical velocity greater than the radial velocity and tangential velocity, their vertical velocity is main monitoring object; ② in the current heavy vehicle operation plan, the front four after eight vibration velocity roadside houses caused by heavy vehicles when passing through each point of the house does not exceed the Class Bed geological point of vibration velocity measurement limit of 80 tons; ③ similar projects in the future, you should consider the relationship between the building and the location of the vibration source, well in advance of the building itself extent do the recording, and real-time monitoring to ensure the safety of the building, to avoid disputes occur. The results can provide a reference for similar projects.

[**Key words**] civil engineering construction safety heavy vehicles vibration in-situ test

(上接第 197 页)

Detecting Maximum Inscribed Rectangle Area of Target Object Based on Image Processing

XIE Xin-hua^{1,2}, LIANG Dong^{1*}, ZHANG Xiang-qian¹, ZHANG Dong-yan^{1,2}, ZHOU Jian-jun²

(School of Electronic and Information Engineering of Anhui University¹, Hefei 230601, P. R. China;

Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture², Beijing 100097, P. R. China)

[**Abstract**] It's great significant for rectangular products factories to detect the maximum inscribed rectangular of target objects. The traditional method is artificial, with some shortages such as strong subjectivity, low efficiency and poor accuracy etc. In this paper, the traversing and center diffusion methods were utilized to detect the maximum inscribed rectangle of target objects-based on image processing, then on the basis, a new method was proposed. The experimental results showed that the traversing was strong robustness to noise, but was sensitive to the concave objects, the applicability of center diffusion was better, but the detection accuracy was lower; while the traversal center diffusion method revealed stronger robustness, and had more than 90% accuracy. Thus the proposed detection method in the work is effective for improving maximum inscribed rectangle of the object.

[**Key words**] image processing maximum inscribed rectangle area traversing center diffusion method traversal center diffusion method