

DOI:10.20028/j.zhnydk.2025.11.007

OpenCV 图像处理在水稻考种中的应用

张 侃,何方印,石兆彬,陈业坚,蔡东升

(台州市农业科学研究院,浙江 台州 318014)

摘要:该试验采用 OpenCV 计算机视觉库对水稻谷粒图像进行考种分析。使用基于 OpenCV 库的 Python 程序对采集的图像执行灰度处理、二值化、开运算和腐蚀运算等处理,并识别谷粒轮廓并对水稻谷粒计数;通过矩形拟合函数获取谷粒的粒长、粒宽考种数据。研究表明,对 200 粒以内的谷粒计数,程序的准确率为 100%;程序测量获取的谷粒 10 粒长、宽数据有 95% 的概率与人工测量为同一组数据。与人工考种对比,图像处理程序考种具备更高的效率和准确性,用该程序进行水稻考种分析具有可行性。

关键词:OpenCV;水稻考种;图像处理;谷粒计数;Python

中图分类号:S126

文献标志码:A

文章编号:2096-9902(2025)11-0026-05

Abstract: This study employs the OpenCV computer vision library to conduct seed investigation of rice grains. A python program based on the OpenCV library is utilized to perform grayscale processing, binarization, opening operations, and erosion on the collected images. The program identifies grain contours and counts the rice grains. The length and width of the grains are obtained through a rectangular fitting function. These results indicate that for grain counting of up to 200 grains, the program achieves an accuracy rate of 100%. For the length and width measurements of 10 grains, there is a 95% probability that the data obtained by the program match those measured manually. Compared with manual seed investigation, the image processing program demonstrates higher efficiency and accuracy, and it is feasible to use this program for rice seed evaluation analysis.

Keywords: OpenCV; rice seed testing; image processing; grain counting; Python

水稻是全球最重要的粮食作物之一^[1]。考种是水稻育种中的关键步骤,农作物产量相关表型性状参数的快速获取对作物育种以及相关研究至关重要。考种涉及的数据包括谷粒数量、谷粒长宽等^[2]。但是,传统的人工考种不仅计数效率低,且由于考种人员素质的高低难免产生误差,因此针对育种中千粒重、品质检测等环节繁重的人工考种问题,传统考种方法测量的精度和效率难以满足当前水稻育种研究的需求,需要配套更加高效、高精度的考种技术^[1,3]。

为了提高作物考种的效率,大量学者进行了有关方面的分析研究。目前,计算机图像处理技术发展迅速,图像识别、颗粒计数、形态分析等已在作物育种中大量使用。田孟祥等^[4]利用 Matlab 软件对水稻谷粒图像进行计数。焦雁翔等^[5]提出使用二值化处理、两步开运算等方法对 Matlab 软件谷粒计数进行改进。张雪飞等^[6]使用 Android 系统的软件进行谷粒计数并能使数据传输至智能终端。分水岭算法是一种像素区域分割法。杨涛等^[7]使用分水岭算法进行图像分割并提高了考种精度。吴叔珍等^[8]优化了分水岭算法用于分割粘

连谷粒。陈进等^[9]提出运用距离变换和分水岭相结合的分割算法来解决相关图像问题。罗永泽等^[10]利用 QT 平台设计出水稻谷粒考种软件并能获取谷粒长、宽的数据。毛永文等^[11]针对籽粒重叠现象提出基于融合角点特征的轮廓拟合图像分割方法。

综上所述,随着电子科技的进步,更多的科研人员开始使用现代电子设备考种来替代传统人工考种。相较于传统的考种工作,基于计算机软件的考种不仅效率高,而且成本低。随着软件、硬件等配套设施的加强,相信这些新的考种方法能够更大规模地被利用,使农业生产工作更加高效。

OpenCV 全称为 Open Source Computer Vision Library,是 Intel 公司开发的一种计算机视觉库,能够在多种操作系统上运行。这种视觉库能够有效完成计算机视觉图像处理相关任务且兼容多种计算机语言。Python 是一种通用的、面向对象且解释性的编程语言,目前被广泛应用于数据分析、深度学习等领域。

本研究以 OpenCV 库为基础,利用 Python 语言设计了基于图像处理算法的水稻种子考种程序,功能包

基金项目:浙江省三系法杂交水稻新组合选育计划资助项目(2021C02063-1)
第一作者简介:张侃(1996-),男,硕士,助理农艺师。研究方向为作物遗传育种。

括水稻谷粒计数、测量水稻谷粒的粒长粒宽。该程序能够有效进行水稻考种工作。

1 材料与方法

1.1 试验材料

Windows10 系统计算机; 图像捕捉工具(智能手机), 黑色平板桌面; 水稻谷粒。

1.2 试验方法

1.2.1 图像采集

随机选取 10~15 g 水稻谷粒置于黑色平板桌面上, 人工平铺使水稻谷粒均匀地分散在桌面上。在自然光条件下, 使用手机对水稻谷粒进行拍摄并获取图像, 拍照范围应覆盖所有颗粒。拍摄照片图片格式为 JPG, 并导入计算机。

1.2.2 灰度处理

灰度处理旨在去除图像中的色彩信息, 从而降低图像数据的复杂性。该过程涉及将 RGB 图像中每个像素的红色(R)、绿色(G)和蓝色(B)3 个颜色分量, 依据特定的算法转换为灰度图像中的单一灰度值。主要的灰度处理方法有 3 种, 分别是最大值法、平均值法、加权平均值法^[12]。

1.2.3 平滑化处理

图像采集的过程中会受到噪声的影响, 导致原本均匀变化的灰度值产生大幅度改变, 从而产生虚假的轮廓或黑边, 不利于后续的图像处理。采用图像平滑算法可以增强图片的质量^[13]。本次试验使用 Blur 滤波函数对图像进行平滑化处理, 将图像的每一个像素点替换为周围像素点的平均值, 进而减弱噪声对于考种图片的影响。

1.2.4 二值化

对图像的二值化处理就是将灰度或者彩色图像转化为二值黑白像素图像, 方便后期的图像边缘提取以及其他的图像处理^[14]。谷粒颗粒图像二值化后的图像像素只有 0、1 两个值, 其中 0 代表背景(白色)、1 代表目标(黑色)。本试验用 Threshold 函数对谷粒图像进行二值化操作。

1.2.5 开运算

开运算是一种形态学图像处理的方法, 目的使边界平滑, 消除图像中的尖刺和噪点, 清除细小的毛刺及谷粒之间狭窄的连接, 平滑较大区域的边界, 并保持原本区域的大小^[15]。开运算可拆解为 2 个连续的形态学操作: 首先对图像进行腐蚀操作, 随后进行膨胀运算。

1.2.6 腐蚀运算

腐蚀运算是一种图像处理方法, 主要用于消除细小杂点、缩小图像中的关键区域、分离目标物体之间的粘连部分。其基本原理是通过小型矩阵在图像上滑动, 仅保留能够覆盖目标区域的矩阵, 从而使目标边界受到腐蚀。通过消除边界点并使边界向内收缩, 可以消除图像中的噪点。

1.2.7 水稻谷粒计数

使用 Contours 函数在二值图像中检测所有轮廓。轮廓计数功能并非由单一函数实现, 而是通过轮廓发现、筛选、计数等一系列操作完成。如图 1 所示, 用轮廓函数对计数的谷粒进行标记, 通过计数函数对二值化后的谷粒进行计数, 从而得出图片中的谷粒数。将得到的结果打印到原图片上。

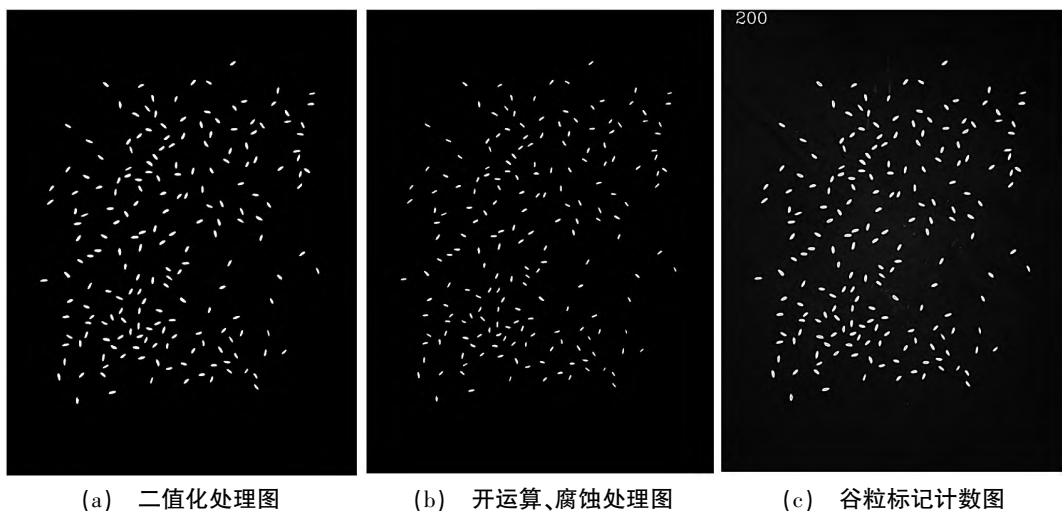


图 1 图像处理后的谷粒图

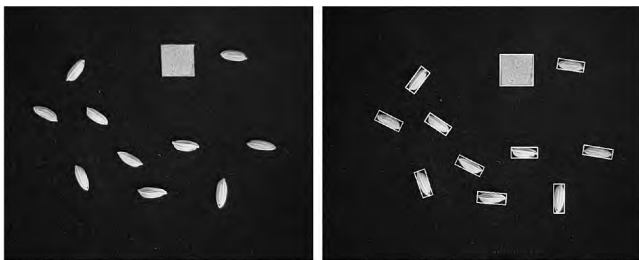
1.2.8 边缘检测算法

边缘检测是一种图像处理方法, 用于标识图像中亮度值变化较大的边缘像素点, 是图像分割、目标检

测等计算机视觉任务的基础^[16]。边缘检测能够大幅减少不相关的信息数据, 保留最主要的边缘数据。本试验采用 Canny 算子识别并检测谷粒。

1.2.9 水稻谷粒粒长、粒宽数据

如图2所示,通过边缘检测算法得到水稻谷粒边缘特征后,使用FitEllipse函数对谷粒轮廓进行矩形拟合,并提取拟合矩形长、宽所对应的像素值。为了求出实际的长度数据,在图像中置入了1 cm×1 cm的正方形参照物,通过得到方形参照物所对应的像素值,得出图像中物体像素值与其所对应物体实际长度的比值,从而换算出其他谷粒拟合矩形实际的长度、宽度,作为水稻谷粒长度、宽度的数据。开始载入程序,主界面显示“参照物每厘米像素值(若没有请输入0)”,输入“0”并得到图像中每个谷粒的长度宽度像素值组合和1 cm×1 cm参照物的像素值组合,其中宽度width像素值和长度height像素值一样的组合即为1 cm×1 cm参照物所对应的像素值组合,将其像素值记录。重新运行程序,加载原图片,主界面显示“参照物每厘米像素值(若没有请输入0)”,输入方形参照物所对应的像素值,程序即会输出图像中每个谷粒的粒长、粒宽。



(a) 谷粒原图

(b) 谷粒矩形拟合图

注:图中正方形的物件为1 cm×1 cm方形参照物。

图2 谷粒长宽测量图

1.3 试验代码设计

程序分为2个部分,其中谷粒计数程序和谷粒长宽测量程序如图3所示。程序语言为Python,版本号为3.10,使用的编程IDE为Pycharm。在运行前,应先加载必要的Python库使程序能够顺利运行,例如OpenCV库、Numpy库等。在本试验中,要处理的图像被命名为“谷粒.jpg”并通过Img函数进行载入。若要加载其他图像,则要将图像转化为jpg格式,导入程序所在的项目文件夹,并通过“img=cv2.imread(‘xx.jpg’)”语句加载图像(其中“xx”代表图片名)。

2 结果与分析

2.1 谷粒计数结果

执行完上述谷粒计数代码后,能够得到二值化图、图像处理图、计数点标记图。为了验证程序对于水稻谷粒计数的准确性,本试验对于计数结果进行分析,验证谷粒数量分别为100、150、200粒,每一组设置3个重复。

```
#加载程序
import cv2
import numpy as np
font=cv2.FONT_HERSHEY_COMPLEX
kernel=np.ones((3,3),np.uint8)
#载入图像
img=cv2.imread('谷粒.jpg')
#灰度处理
gray_img=cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
# 高斯滤波
blur = cv2.GaussianBlur(gray_img, (5,5), 0)
#二值化
ret,th1=cv2.threshold(blur,130,255,cv2.THRESH_BINARY)
cv2.imshow('th1',th1)
#腐蚀运算
erosion=cv2.erode(th1,kernel,iterations=2)
dilated_image = cv2.dilate(erosion, kernel, iterations=1)
cv2.imshow('dilated-erosion',dilated_image)
#开运算
opening=cv2.morphologyEx(dilated_image,cv2.MORPH_OPEN,kernel)
cv2.imshow('opening',opening)
#轮廓函数
outline=np.array(opening,np.uint8)
contours,hierarchy=cv2.findContours(opening,cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
#谷粒计数
print('find',len(contours),'contours')
count=0
for cnt in contours:
    count=count+1
img=cv2.putText(img,(str(count)),(50,50),font,2,(255,255,255),2)
cv2.imshow('end',img)
#谷粒标记
img2=cv2.drawContours(img,contours,-1,(255,255,255),2)
#显示图像
cv2.imshow('result',img2)
cv2.waitKey(0)
```

(a) 谷粒计数程序

```
#若输入0,得到谷粒像素值
#若输入参照物像素值,输出谷粒实际长度
a=float(input("参照物每厘米像素值(若没有请输入0):"))
gray_img=cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
ret,th1=cv2.threshold(gray_img,130,255,cv2.THRESH_BINARY)
cv2.imshow('th1',th1)
blurred = cv2.GaussianBlur(gray_img, (5, 5), 0)
outline=np.array(blurred,np.uint8)
cv2.imshow('outline',outline)
#celiang draw
# 使用 Canny 算法检测边缘
edged = cv2.Canny(blurred, 70, 200)
# 寻找轮廓
contours, _ = cv2.findContours(edged.copy(), cv2.RETR_EXTERNAL,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
for contour in contours:
    # 使用最小外接矩形拟合轮廓
    rect = cv2.minAreaRect(contour)
    # 获取矩形的中心点、尺寸和旋转角度
    box = cv2.boxPoints(rect)
    box = np.int0(box)
    # 计算矩形的宽度和高度
    width = round(rect[1][0],3)
    height = round(rect[1][1],3)
    if width > height:
        w=width
        h=height
    else:
        w=height
        h=width
    if h>=5:
        # 绘制矩形
        cv2.drawContours(img, [box], 0, (0, 0, 255), 1)
        # 打印矩形的尺寸
        if a==0:
            print(f"Width: {w} 像素, Height: {h} 像素")
        elif a>0:
            wid=round(w/a,3)
            hei=round(h/a,3)
            print(f"Width: {wid} cm, Height: {hei} cm")
# 显示图像
cv2.imshow('Rectangle Fitting', img)
cv2.waitKey(0)
```

(b) 谷粒长宽测量程序

图3 程序代码

由表1结果显示,在200粒范围内程序的粒数识别准确率为100%,说明本程序能够满足200粒以内的水稻谷粒计数。本试验中,通过人工使谷粒平铺在黑色背景上,并通过各种图像处理简化图像信息,为后续的计数操作提供了便利。然而,二值化后的图像常出现谷粒粘连现象,这要求我们采用开运算和腐蚀运算等方法来分离粘连的谷粒,以提高计数的准确性。此外,适度的开运算有助于去除图像中的细小杂质,进一步提升计数结果的精确度。

表1 水稻谷粒计数分析表

实际粒数/粒	重复次数	程序识别/粒	误差数/粒	准确率(%)
100	1	100	0	100
	2	100	0	100
	3	100	0	100
150	1	150	0	100
	2	150	0	100
	3	150	0	100
200	1	200	0	100
	2	200	0	100
	3	200	0	100

2.2 谷粒长宽数据结果

谷粒长度、宽度是重要的考种数据。为了进一步验证程序对于水稻谷粒长宽数据测量的准确性,本试验对于测量结果进行分析。测量谷粒的10粒长和10粒宽,随机从稻谷中抽取10粒谷粒分别进行人工和程序测量,重复3次,并用spss软件通过独立样本t检验对程序测量的准确性进行分析。

由表2可知,谷粒10粒长人工测量和程序测量得到的两组数据t检验双尾P值远大于0.05,谷粒10粒宽也是相同的结果,说明本程序测量的结果与人工测量的结果有95%的概率为同一组数据。同时,程序测量的标准差小于人工测量,说明程序测量的数据更可靠,重复性好。综上所述,本程序能够有效地对水稻谷粒进行考种分析。

表2 水稻粒长、粒宽测量分析表

重复数	10粒长/mm		10粒宽/mm	
	人工测量	程序测量	人工测量	程序测量
1	32.20	32.73	84.04	85.23
2	32.70	32.53	85.20	84.12
3	32.18	32.41	84.60	84.77
平均值	32.360	32.557	84.613	84.707
标准差	0.2946	0.1617	0.5801	0.5577
标准误差平均值	0.1701	0.0933	0.3349	0.322
显著性双尾P值	0.368		0.851	

3 结论与讨论

3.1 结论

水稻种子的粒长、粒宽以及千粒重是水稻考种工作中衡量谷粒品质的重要数据,而人工考种在速率和

精度上存在局限性。本文设计了基于OpenCV库的水稻考种Python程序,程序包含两套功能:通过对水稻谷粒图像进行灰度处理、二值化处理、开运算、腐蚀运算和图像标记等操作,实现了水稻谷粒的可视化计数;通过边缘检测算法对水稻谷粒进行矩形拟合,得到水稻种子粒长、粒宽的数据。该图像处理方法有效减少了谷粒粘连现象以及杂质的影响,提升了计数的准确性。此外该程序还具备测量谷粒长、宽的功能,且数据的准确性和可靠性较高。该程序大幅减轻了人工考种的劳动强度,提高了考种效率。

3.2 讨论

在处理谷粒粘连的问题上,学者们提出了不同的分割方法,主要有基于形态学的分割算法、分水岭算法等。但在处理实际问题时,各种算法要根据现有情况修改不同参数,并且无法完全清楚粘连,导致计数值普遍小于实际谷粒颗粒数。在计数试验中,使用黑色无反光的平板作为背景最佳。本试验以黑色平板为背景,在自然光的条件下,种子颗粒中间部位较亮,边缘处较暗,使每个谷粒颗粒边界明显,更有利于后续图像处理。

本试验中的考种程序只针对水稻谷粒,对于其他类型的种子并不适用,后续应针对不同类型的种子加入不同的图像处理程序来加强算法的适用性。对于粘连程度较大的谷粒图像,在通过正常的腐蚀运算、开运算无法处理的情况下,继续调整相关图像处理参数反而会影其他谷粒的形态,从而影正常谷粒计数。后续遇到一般的图像处理难以解决的场景,可以使用深度学习相关方法改进程序进行识别。

参考文献:

- [1] 褚庆全,齐成喜,杨飞,等.我国杂交粳稻发展现状、问题及其对策[J].作物杂志,2005(1):9-12.
- [2] 邓若玲,潘威杰,王志琪,等.农作物表型技术及其智能装备研究进展与展望[J].现代农业装备,2021,42(1):2-9.
- [3] 邢航,黄旭楠,杨秀丽,等.水稻谷粒考种参数自动提取装置及试验[J].华南农业大学学报,2023,44(6):968-977.
- [4] 田孟祥,张时龙,何友勋,等.1种快速高效的水稻谷粒自动计数方法[J].江苏农业科学,2014,42(2):64-66.
- [5] 焦雁翔,唐玉琴,黄成志,等.Matlab图像处理在水稻谷粒计数中的应用[J].南方农业,2018,12(4):82-84,92.
- [6] 张雪飞,王建春,彭凯,等.基于图像处理和蓝牙传输技术的水稻种粒计数计量系统[J].山东农业科学,2018,50(7):157-160.

(下转 35 页)

表3 正交优化试验结果

试验号	因素			感官 评定 /分	ASA 含量/ ($\text{mg} \cdot (100 \text{g})^{-1}$)
	ϵ -PL 质 量浓度 / $(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	PE 质量 浓度 / $(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$	作用 时间 /min		
1	1 (0.5)	1 (0.5)	1 (18)	83	10.62
2	1	2 (0.6)	2 (20)	87	11.29
3	1	3 (0.7)	3 (22)	80	10.07
4	2 (0.6)	1	2	89	11.56
5	2	2	3	92	12.13
6	2	3	1	82	10.34
7	3 (0.7)	1	3	85	11.19
8	3	2	1	84	10.97
9	3	3	2	78	9.95
K1	83.33	85.67	83		
K2	87.67	87.67	84.67		
K3	82.33	80	85.67		
R	5.34	6.67	2.67		
K1	10.66	11.12	10.64		
K2	11.34	11.46	10.93		
K3	10.7	10.12	11.13		
R	0.68	1.34	0.49		

3 结论

本研究以生菜贮藏期间菌落总数、感官评定、抗坏血酸含量和失重率为衡量指标,从多种植物提取物中筛选出薄荷提取物作为最佳植物复配制剂,并以单因素试验方式确定了 ϵ -PL 与薄荷提取物的最佳作用质量浓度和时间,在单因素试验基础上,通过正交优化试验确定了生菜的最佳保鲜参数为 ϵ -PL 质量浓度

0.6 g/L, PE 质量浓度 0.6 g/L, 作用时间 22 min。随着人们食品安全意识的提高,生物保鲜剂越来越受到青睐。 ϵ -PL 和植物提取物复配保鲜配方的确立,不仅显著提高了生菜等易腐蔬菜的保鲜效果,延长了货架期,而且由于其天然成分的特性,为消费者提供了更安全、更健康的生鲜农产品选择,对推动农产品绿色保鲜领域发展意义深远。

参考文献:

- [1] 张鹏,郝聪聪,薛友林,等.蔬菜贮藏保鲜技术研究进展[J].包装工程,2023,44(5):111-120.
- [2] 李元政,胡文忠,萨仁高娃,等.天然植物提取物的抑菌机理及其在果蔬保鲜中的应用[J].食品与发酵工业,2019,45(14):239-244.
- [3] 张重阳,陈旭升. ϵ -聚赖氨酸的抑菌机制及其在食品防腐保鲜中的应用[J].中国食品学报,2023,23(3):390-405.
- [4] 王婷.丁香提取物对草莓保鲜效果的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2017.
- [5] 司宝华,文炳南,葛蓓蕾,等.枸杞叶多酚对樱桃番茄贮藏的保鲜效果[J].安徽农学通报,2019,25(23):52-53,83.
- [6] 张占权,马金平,王孝,等.植物源物质对枸杞鲜果保鲜活性的作用[J].林业勘查设计,2018(1):95-97.
- [7] 李娇洋,朱婧玉,杨帆,等.沙葱与韭菜采后生理特性和品质变化的比较[J].食品与发酵工业,2019,45(4):135-141.

(上接 29 页)

- [7] 杨涛,肖衡,杨博雄,等.基于图像的玉米籽粒粘连的分割方法研究[J].科学技术创新,2019(36):87-89.
- [8] 吴叔珍,姚青.基于凹点寻找标记的分水岭算法分割粘连谷粒[J].浙江农业科学,2017,58(8):1401-1405.
- [9] 陈进,陈璇,王月红,等.基于视觉及概率统计的谷粒在线计数系统设计[J].测控技术,2017,36(11):110-114.
- [10] 罗永泽,张广泽,林木宋,等.基于 OpenCV 图像处理的水稻谷粒考种软件的设计[J].电脑知识与技术,2023,19(35):23-26.
- [11] 毛永文,韩俊英,刘成忠.基于机器视觉的胡麻种子自动化

考种方法[J].智慧农业(中英文),2024,6(1):135-146.

- [12] 凌双明.智能视觉机器人图像灰度化处理方法研究[J].山西电子技术,2023(2):88-91.
- [13] 祁明,祝典,邹武星.图像处理技术综述[J].数字技术与应用,2020,38(2):57,59.
- [14] 苟小珊.基于数字图像处理技术的条码图像二值化处理[J].无线互联科技,2022,19(23):97-99.
- [15] 秦亮.基于 Matlab 图像的种子计数方法[J].安徽农学通报,2023,29(10):129-131,159.
- [16] 李翠锦,瞿中.基于深度学习的图像边缘检测算法综述[J].计算机应用,2020,40(11):3280-3288.