

# 农作物状态的三色信息边缘检测研究<sup>①</sup>

邓蕾蕾<sup>1</sup>, 张 献<sup>2</sup>, 王政皓<sup>1</sup>, 黄 涛<sup>1</sup>, 王 闯<sup>1</sup>

1. 吉林农业大学 信息技术学院, 长春 130118; 2. 长春大学 学校办公室, 长春 130022

**摘要:** 对于农作物状态检测的传统方法是人工检测、光谱检测等, 普遍存在检测准确率不高和检测速度较慢的问题. 本文以摄像机为传感器对农作物进行现场实时拍摄, 进而采用一种三色信息边缘检测的方法做出实时判断. 在这个检测方法中, 农作物图像首先被分解为 R(Red), G(Green), B(Blue)这 3 个分量信息图像. 然后, 在 R, G, B 这 3 个分量图像上, 农作物的颜色信息和边缘信息被提取出来, 边缘信息提取采用的是 Roberts 算子. 最终, 通过 3 个颜色信息特征和 3 个边缘信息特征构建出相似性测度, 作为检测结果的判断依据. 针对西瓜样品图像展开实验研究, 实验结果显示: 本文方法可以获得丰富的特征信息, 包括西瓜的 3 个颜色特征信息和 3 个边缘特征信息, 据此得出的品质判断结果准确. 对比实验表明: 当样本数量为 500 个时, 本文方法的检测准确率仍然达到了 96%.

**关键词:** 农作物状态; 三色分量信息; 边缘特征; Roberts 算子

**中图分类号:** S5-39

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-5471(2020)09-0059-07

农业作为第一产业, 一直是我国关系国计民生的根本大事. 在科学技术日新月异的今天, 如何用技术改善农业生产及农作物状态监控的效率成为一个重要的课题<sup>[1-2]</sup>.

利用人眼对农作物状态的监控和检测, 不仅无法保证 24 h 不间断地连续工作, 也无法保证检测结果的准确性. 摄像机作为视觉传感器可以拍摄到农作物状态的丰富信息, 配合以计算机视觉处理方法可以实现农作物状态的自动检测, 无论在检测准确率和检测效率上都大大优于人工方法<sup>[3]</sup>.

在农作物状态图像中, 含有农作物的颜色信息、纹理信息和形状信息, 如果能综合使用这些信息作为检测结果的判断依据, 必将提升检测结果的可信度. 从现有的方法来看, 整体颜色信息作为颜色状态的检测手段被更多地使用, 但其在 R, G, B 这 3 个通道上的颜色信息被忽视<sup>[4-5]</sup>. 边缘特征是对农作物状态细节信息进行描述的一个有效手段, 常见的边缘检测方法也很多, 包括 Roberts 检测、Sobel 检测、Canny 检测等等<sup>[6-8]</sup>. 如果将这些检测结果同颜色分量信息结合起来, 对于提升检测结果的准确性具有更加重要的意义.

本文将以摄像机为传感器获取农作物状态信息, 进而提取颜色分量图像, 并在分量图像上执行边缘检测, 将这些信息融合起来作为农作物状态的检测依据.

## 1 图像的三色信息提取

摄像机所能拍摄到的农作物状态图像都是比较普遍的彩色图像, 虽然彩色图像的存储方式很多, 但以 RGB 空间的存储格式最为常见. 农作物状态图像中任何一个像素的彩色信息, 都是由 R, G, B 这 3 个颜色分量信息组合而成.

① 收稿日期: 2019-06-28

基金项目: 吉林省教育厅课题(JJKH20180650KJ).

作者简介: 邓蕾蕾(1979—), 女, 硕士, 副教授, 主要从事计算机组成及嵌入式研究.

通信作者: 张 献, 博士, 副教授.

当一幅农作物状态图像存储在计算机中, 可以表示成如下的形式:

$$C = R \times 256^0 + G \times 256^1 + B \times 256^2 \quad (1)$$

这里, 参数  $C$  用于表达农作物状态图像中任何一个像素的颜色.

根据上面的表达, 可以从农作物状态图像中每个像素的颜色中提取出  $R, G, B$  信息,  $R, G, B$  三色信息的计算为

$$\begin{cases} B = \left\lfloor \frac{C}{256^2} \right\rfloor \\ G = \left\lfloor \frac{C - B \times 256^2}{256} \right\rfloor \\ R = C - B \times 256^2 - G \times 256 \end{cases} \quad (2)$$

如图 1 所示, 是一幅彩色的花卉作物图像, 按照上面的方法分解成  $R, G, B$  这 3 个颜色信息分量的效果.

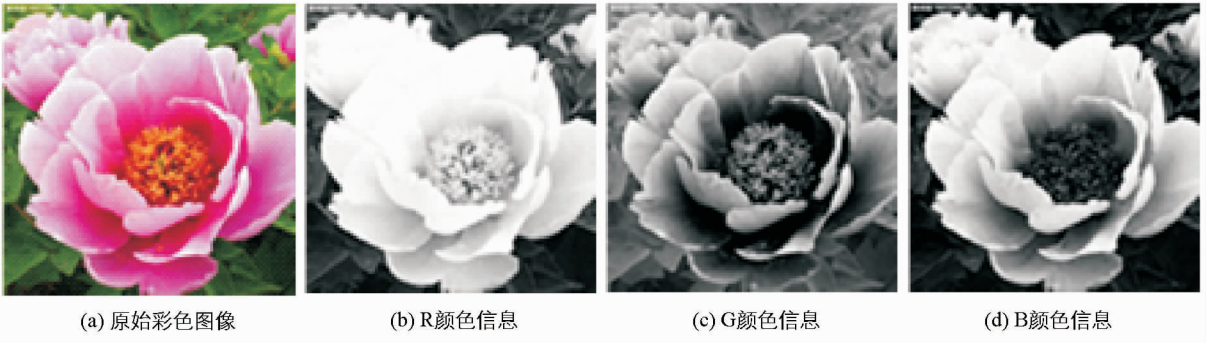


图 1 彩色花卉作物图像的三色分解效果

## 2 三色图像的边缘提取和状态检测测度

### 2.1 三色图像的边缘提取

边缘信息是图像内容中细节特征最细致的表达, 因此在计算机视觉领域中最为常用. 为了提取出这些特征, 人们设计了很多方法, 如基于 Roberts 算子的边缘检测方法、基于 Sobel 算子的边缘检测方法、基于 Canny 算子的边缘检测方法等等.

基于 Roberts 算子的边缘检测方法, 原理简单, 并且在编程中易于实现, 因此成为本文农作物状态图像边缘提取中选择的方法.

基于 Roberts 算子的边缘检测方法, 实质上是求偏导数处理, 对应的数学实现为

$$\| \nabla f(x, y) \| = \sqrt{\left( \frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial f}{\partial y} \right)^2} \approx \left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \quad (3)$$

这里, 参数  $f(x, y)$  用于表示图像中任一位置的像素, 上式中 2 个偏导求取过程为

$$\begin{aligned} \frac{\partial f}{\partial x} &\approx f(x+1, y) - f(x, y) \approx f(x+1, y+1) - f(x, y+1) \\ \frac{\partial f}{\partial y} &\approx f(x, y+1) - f(x, y) \approx f(x+1, y+1) - f(x+1, y) \end{aligned} \quad (4)$$

进一步延伸上面的处理过程, 就可以获得任意位置像素在 4 个方向上的偏导计算, 即

$$\left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \approx \begin{cases} \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} \approx f(x+1, y+1) - f(x, y) \\ \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y} \approx f(x+1, y) - f(x, y+1) \\ -\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} \approx f(x, y+1) - f(x+1, y) \\ -\frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y} \approx f(x, y) - f(x+1, y+1) \end{cases} \quad (5)$$

仍然以图 1 中给出的花卉图像为处理对象, 对其按照上面的方法进行边缘检测, 结果见图 2.

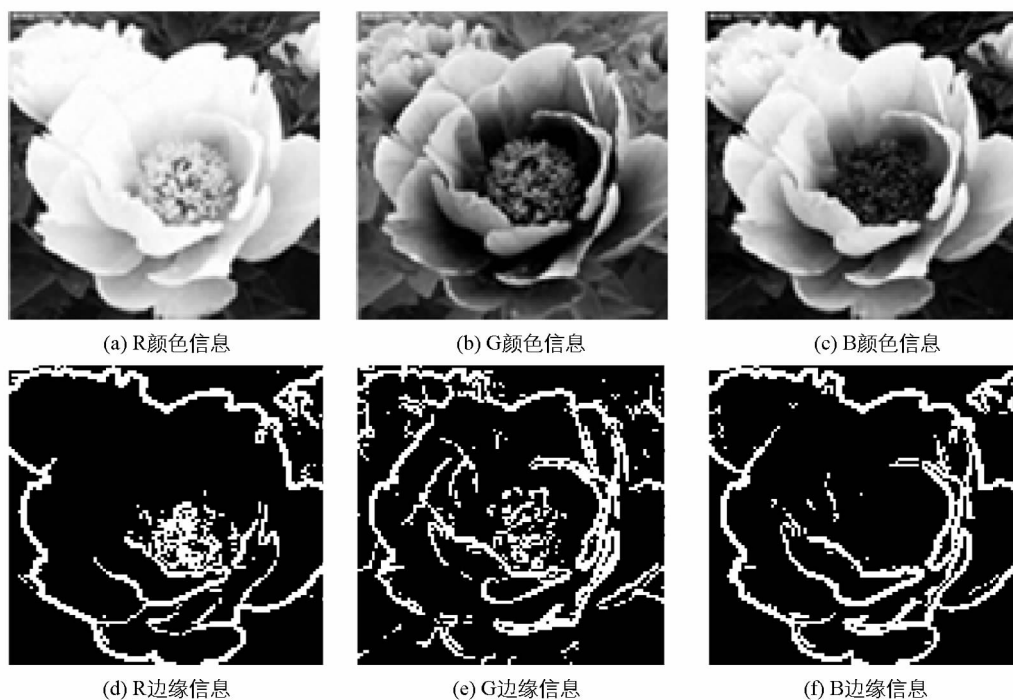


图 2 彩色花卉作物图像三色分解后的边缘检测结果

## 2.2 农作物状态检测测度设计

当一幅农作物状态图像采集完成后, 先按照提取颜色参数公式(1) 对其进行 R,G,B 三色图像提取, 进而在 R,G,B 图像上完成颜色直方图的统计, 获得对应的颜色信息特征. 之后, 在 R,G,B 图像上进行边缘检测, 获得对应的边缘信息特征. 这样, 每一幅农作物状态图像演化为 6 个特征信息.

为了便于判断农作物的状态特征, 先将一些标准图像放在查询数据库中, 对这些标准图像进行类似的颜色信息和边缘信息的特征提取. 然后, 摄像机拍摄存储一幅农作物状态图像, 就对这样的图像进行颜色信息和边缘信息的特征提取, 并将实时采集来的图像和标准图像的 6 个特征进行对比, 从而做出判断.

首先, 构建颜色信息特征的检测测度, 对实时采集图像和标准数据库中的图像进行颜色直方图距离计算.

$$S_{RH}(D, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [H_{RD}(i) - H_{RQ}(i)]^2} \quad (6)$$

这里,  $H_{RD}(i)$  表示的就是标准数据库图像的 R 分量信息图像的颜色直方图,  $H_{RQ}(i)$  表示的就是实时采集图像的 R 分量信息图像的颜色直方图.

$$S_{GH}(D, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [H_{GD}(i) - H_{GQ}(i)]^2} \quad (7)$$

这里,  $H_{GD}(i)$  表示的就是标准数据库图像的 G 分量信息图像的颜色直方图,  $H_{GQ}(i)$  表示的就是实时采集图像的 G 分量信息图像的颜色直方图.

$$S_{BH}(D, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [H_{BD}(i) - H_{BQ}(i)]^2} \quad (8)$$

这里,  $H_{BD}(i)$  表示的就是标准数据库图像的 B 分量信息图像的颜色直方图,  $H_{BQ}(i)$  表示的就是实时采集图像的 B 分量信息图像的颜色直方图.

其次, 构建边缘信息特征的检测测度, 对实时采集图像和标准数据库中的图像进行边缘信息距离

计算.

$$S_{RN}(D, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [N_{RD}(i) - N_{RQ}(i)]^2} \quad (9)$$

这里,  $N_{RD}(i)$  表示的就是标准数据库图像的 R 分量信息图像的边缘信息,  $N_{RQ}(i)$  表示的就是实时采集图像的 R 分量信息图像的边缘信息.

$$S_{GN}(D, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [N_{GD}(i) - N_{GQ}(i)]^2} \quad (10)$$

这里,  $N_{GD}(i)$  表示的就是标准数据库图像的 G 分量信息图像的边缘信息,  $N_{GQ}(i)$  表示的就是实时采集图像的 G 分量信息图像的边缘信息.

$$S_{BN}(D, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [N_{BD}(i) - N_{BQ}(i)]^2} \quad (11)$$

这里,  $N_{BD}(i)$  表示的就是标准数据库图像的 B 分量信息图像的边缘信息,  $N_{BQ}(i)$  表示的就是实时采集图像的 B 分量信息图像的边缘信息.

至此, 农作物状态标准图像和实时采集图像的 3 个颜色测度和 3 个边缘信息测度都得到了, 可以构建出总体的检测测度.

$$S = \alpha_1 S_{RH}(D, Q) + \alpha_2 S_{GH}(D, Q) + \alpha_3 S_{BH}(D, Q) + \alpha_4 S_{RN}(D, Q) + \alpha_5 S_{GN}(D, Q) + \alpha_6 S_{BN}(D, Q) \quad (12)$$

这里,  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  分别表示了 3 个颜色信息测度的权重,  $\alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$  分别表示了 3 个边缘信息测度的权重. 6 个权重都设定为 0.17, 即对 3 个颜色测度权重和 3 个边缘测度权重按同样大小来处理<sup>[9-11]</sup>.

### 3 实验结果与分析

#### 3.1 实验背景

展开实验研究, 以验证本文提出的三色信息分离和边缘检测方法的有效性. 水果等农作物的品质是人们日常生活中关注的重要问题, 水果品质的好坏也直接影响到市场上的消费情况. 为此, 实验以西瓜为具体的农作物检测对象, 按照本文提出的方法对其品质进行检测.

实验设计如下: ①选择清晰的西瓜图像 120 幅构造一个小型的标准图像数据库, 这些图像中包含有缺陷的西瓜、正常的西瓜、不同形状的西瓜, 每幅标准图像都用等级和品质进行标注, 以备检测时使用. ②在西瓜采摘现场或西瓜分拣生产线上实时拍摄西瓜图像. ③分别对标准西瓜图像和采摘西瓜的拍摄图像进行颜色信息和边缘信息提取, 并执行公式(12)的判断得出结论.

#### 3.2 实验结果与分析

##### (1) 第一组西瓜样品的状态检测

第一组西瓜样品的状态检测结果如图 3 所示.

图 3 中主视图区域分为上、下两排图像, 上排图像是实时采集到的西瓜样品, 包含了西瓜样品的彩色图像、R 信息图像、G 信息图像、B 信息图像; 下排是数据库中的标准西瓜, 包含了标准西瓜的彩色图像、R 信息图像、G 信息图像、B 信息图像. 下排显示的结果, 也是数据库中和上排样品最相似的图像, 根据下排标准西瓜的标注信息, 可以得到品质检测结果和处理结果. 从图 3 中可以看出, 此西瓜是一个带有裂缝的西瓜, 应放入处理箱, 不能直接包装销售.

##### (2) 第二组西瓜样品的状态检测

第二组西瓜样品的状态检测结果如图 4 所示.

图 4 中主视图区域分为上、下两排图像, 上排图像是实时采集到的西瓜样品, 包含了西瓜样品的彩色图像、R 信息图像、G 信息图像、B 信息图像; 下排是数据库中的标准西瓜, 包含了标准西瓜的彩色图像、R 信息图像、G 信息图像、B 信息图像. 从图 4 中可以看出, 此西瓜是一个品质良好的西瓜, 应放入 MY2

型包装箱，可以包装销售。



图 3 第一组西瓜样品的检测结果



图 4 第二组西瓜样品的检测结果

(3) 第三组西瓜样品的状态检测

第三组西瓜样品的状态检测结果如图 5 所示。

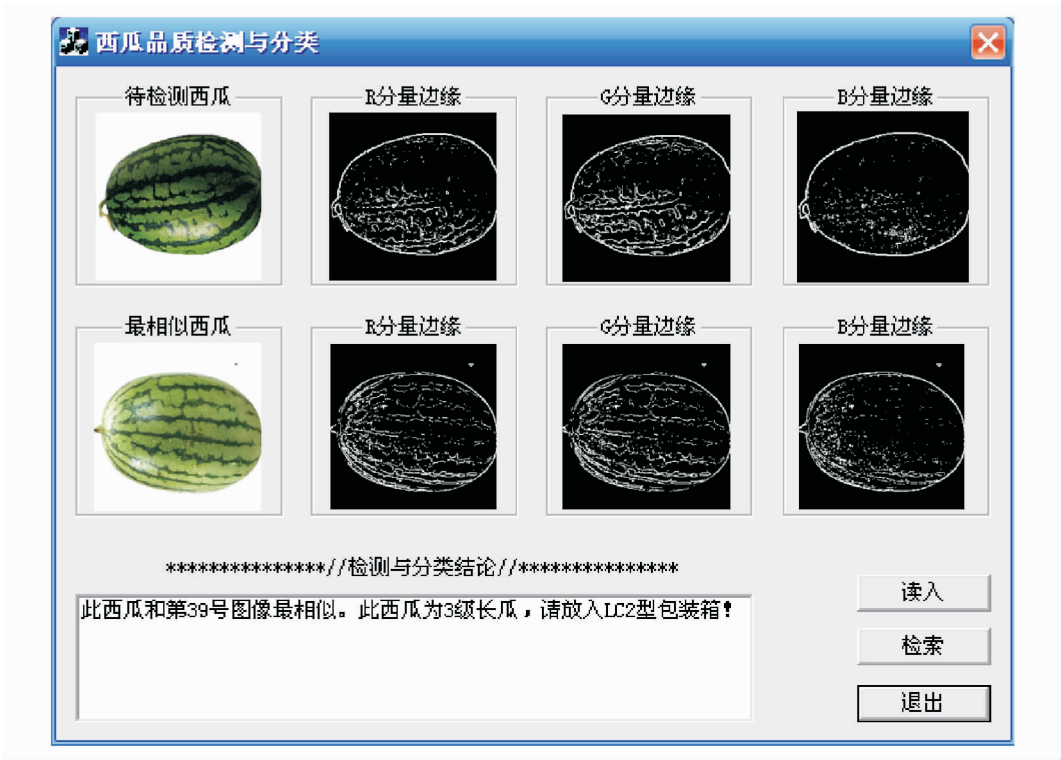


图 5 第三组西瓜样品的检测结果

图 5 中主视图区域分为上、下两排图像，上排图像是实时采集到的西瓜样品，包含了西瓜样品的彩色图像、R 信息图像、G 信息图像、B 信息图像；下排是数据库中的标准西瓜，包含了标准西瓜的彩色图像、R 信息图像、G 信息图像、B 信息图像。从图 5 中可以看出，此西瓜是一个品质良好的西瓜，应放入 LC2 型包装箱，可以包装销售。

进一步比较本文方法同人工检测、光谱检测等方法的检测准确率，结果如表 1 所示。

表 1 本文方法同人工检测、光谱检测方法的检测准确率对比

%

|            | 人工检测 | 光谱检测 | 本文检测 |
|------------|------|------|------|
| 100 个样本准确率 | 92   | 91   | 100  |
| 200 个样本准确率 | 88   | 89   | 99   |
| 500 个样本准确率 | 84   | 86   | 96   |

从表 1 中的数据可以看出，本文方法在不同样本数量下，检测准确率都明显高于人工检测方法和光谱检测方法。

4 结 语

本文针对农作物状态的智能检测问题，提出了基于三色信息图像分解和颜色边缘特征融合的检测方法。①按照农作物图像的计算机表达，将原始的彩色图像分解成 R,G,B 这 3 个信息分量图像。②在每个分量图像上计算颜色直方图获得颜色特征，执行 Robert 算子获得边缘特征。③构建了基于 3 个颜色特征和 3 个边缘特征的相似性测度。针对西瓜图像的实验结果表明，本文方法可以获得农作物的丰富信息，3 个分量颜色信息和边缘信息的融合使用，对于西瓜品质的检测达到了非常好的效果。

参考文献：

[1] 阴国富, 朱创录. 植物工厂生产方式下智慧农业监控平台的研究与设计 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46(21): 232-237.

[2] DUVEILLER G, DEFOURNY P. A Conceptual Framework to Define the Spatial Resolution Requirements for Agricul-

tural Monitoring Using Remote Sensing [J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114(11): 2637-2650.

[3] YUE Y, CHENG X, ZHANG D, et al. Deep Recursive Super Resolution Network with Laplacian Pyramid for Better Agricultural Pest Surveillance and Detection [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2018, 150: 26-32.

[4] 贾尚云,高晓阳,李红岭,等. 基于机器视觉葡萄叶片还原糖含量的检测系统 [J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2018, 38(5): 57-63.

[5] GORRIS M A J, HALILOVIC A, RABOLD K, et al. Eight-Color Multiplex Immunohistochemistry for Simultaneous Detection of Multiple Immune Checkpoint Molecules within the Tumor Microenvironment [J]. Journal of Immunology, 2018, 200(1): 347-354.

[6] 刘华锋,苏艳刚. 结合边缘检测的农业图像非局部均值滤波算法 [J]. 江苏农业科学, 2015, 43(6): 402-403, 447.

[7] 周志宇,刘迎春,张建新. 基于自适应 Canny 算子的柑橘边缘检测 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(3): 21-24.

[8] GOULART J T, BASSANI R A, BASSANI J W M. Application Based on the Canny Edge Detection Algorithm for Recording Contractions of Isolated Cardiac Myocytes [J]. Computers in Biology and Medicine, 2017, 81: 106-110.

[9] GARCÍA-SANTILLÁN I, GUERRERO J M, MONTALVO M, et al. Curved and Straight Crop Row Detection by Accumulation of Green Pixels from Images in Maize Fields [J]. Precision Agriculture, 2018, 19(1): 18-41.

[10] 姜国权,杨小亚,王志衡,等. 基于图像特征点粒子群聚类的麦田作物检测 [J]. 农业工程学报, 2017, 33(11): 165-170.

[11] SA I, LEHNERT C, ENGLISH A, et al. Peduncle Detection of Sweet Pepper for Autonomous Crop Harvesting—Combined Color and 3-D Information [J]. IEEE Robotics & Automation Letters, 2017, 2(2): 765-772.

# On Tricolor Information Edge Detection of Crop State

DENG Lei-lei<sup>1</sup>,    ZHANG    Xian<sup>2</sup>,  
WANG Zheng-hao<sup>1</sup>,    HUANG    Tao<sup>1</sup>,    WANG    Chuang<sup>1</sup>

1. College of Information Technology, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China;  
2. School Office, Changchun University, Changchun 130022, China

**Abstract:** The traditional method of crop condition detection is manual detection, which generally has the problems of low detection accuracy and slow detection speed. Therefore, in this paper, the camera has been taken as the sensor to take real-time photographs of crops, and then a method of tri-color information edge detection used to make real-time judgment. In this detection method, crop images have first been decomposed into R, G and B component information images. Next, the crop color information and edge information have been extracted from the R, G and B component images. Roberts operator has been used to extract the edge information. Finally, the similarity measure has been constructed by three color information features and three edge information features, which can be used as the judgment basis of the test results. Experiments on watermelon sample images show that this method can obtain rich feature information, including three color feature information and three edge feature information of watermelon, and the quality judgment results are accurate.

**Key words:** crop state; tricolor component information; edge feature; Roberts operator