

# 基于机器学习和方向模板的遥感图像边缘检测方法

袁宇丽

(内江师范学院 计算机科学学院, 四川 内江 641100)

**摘要:**针对遥感图像的边缘检测尤其是彩色遥感图像的边缘检测上存在诸多的不足,为了减少噪声,提高目标提取的精确度与完整性,提出一种基于机器学习和方向模板的遥感图像边缘检测方法.算法首先将RGB彩色图像转换到YCbCr颜色空间,根据机器学习获得的分类阈值进行分割,再采用改进的Harr方向特征模板,获得了较为完整的彩色遥感图像边缘信息.实验表明,基于机器学习算法的边缘检测能较好的提取出遥感图像的边缘特征,特别是对于地面物体的轮廓特征提取较为完整,符合遥感图像目标提取与识别需求.

**关键词:**遥感图像;边缘检测;机器学习;方向模板

**DOI:**10.13603/j.cnki.51-1621/z.2020.08.010

**中图分类号:**TP751

**文献标志码:**A

**文章编号:**1671-1785(2020)08-0051-05

## 0 引言

图像边缘特征是图像分析与识别的重要特征参数,主要用于描述图像的颜色值发生突然变化的位置等特征信息,通过图像边缘特征可以描述图像的形状轮廓拓扑结构等信息,同时,利用图像边缘检测技术,可以实现图像分割、形状提取、目标跟踪与识别等.

遥感图像在农业、环境监测、交通运输、地质灾害防治、运动目标跟踪等领域有着广泛应用.利用图像边缘检测技术可以对遥感图像进行分割,用于地理资源普查和统计、农业检测与病虫害防治等,可以对泥石流等地治灾害进行监测与防治,可以获取道路、机场、农田、大气云图等特征参数,实现环境监测与天气预报,还可以对目标进行检测与跟踪.当前,图像边缘检测可采用基于分类器或阈值的图像分割方法,或基于区域生长法或基于聚类的图像分割方法,在边缘检测的基础上将边缘特征进行闭合连接,实现图像分割与形状提取<sup>[1]</sup>.

目前,用于图像边缘检测的算子主要有一阶和二阶微分图像边缘检测算子<sup>[2]</sup>,主要适合于灰度图像的边缘检测<sup>[3]</sup>.而对于彩色图像的边缘检测,早期主要是将彩色图像转换为灰度图像,后来,主要将彩

色图像提取出RGB三颜色分量,对三个颜色分量分别进行边缘检测,或者采用基于矢量运算的彩色图像边缘检测方法等<sup>[4]</sup>.

虽然图像边缘检测技术的研究取得一定进展,但图像存在不同的噪声,并与拍摄环境有密切的相关性,同时,彩色图像越来越普遍,对边缘检测的结果要求越来越高.因此,针对彩色遥感图像,利用人工智能的有关理论实现图像边缘检测值得进一步研究<sup>[5]</sup>.随着人工智能技术的发展,特别是机器学习理论的应用<sup>[6]</sup>,为图像边缘检测提供了新的思路.本文提出了基于机器学习和方向模板的彩色图像边缘检测算法,能克服基于人工经验设定阈值的不足,并能有效克服边缘检测算法自适应效果较差的问题.

## 1 基于机器学习和方向模板的彩色遥感图像边缘检测

现阶段,针对彩色遥感图像边缘检测的技术还不多<sup>[7]</sup>,更多的将人工智能技术应用于图像边缘检测与特征提取等领域,以提升图像边缘检测准确率.本文主要结合人工智能技术,利用机器学习方法对遥感图像进行分类训练,获得边缘分割的阈值,再利

收稿日期:2020-05-20

作者简介:袁宇丽(1979—),女,四川自贡人,讲师,硕士,研究方向:计算机应用,图像处理

用方向模板对图像边缘进行检测,提升彩色遥感图像的边缘检测效果。

算法首先将 RGB 彩色图像转换到 YCbCr 颜色空间,然后采用改进的 Haar 特征模板对三个颜色分量分别进行边缘分割检测,用改进的 Haar 特征模板中心依次与待检测图像进行比较,统计模板与遥感图像像素区的方差值,根据机器学习获得的分类阈值进行分割,实现彩色遥感图像边缘的检测。

### 1.1 RGB 转换到 YCbCr 颜色空间

研究表明,在 YCbCr 颜色空间,由色度 Cb 和 Cr 构成的二维空间集中在一个很小的区域,更有利于图像边缘的检测<sup>[8]</sup>. RGB 颜色空间转换到 YCbCr 颜色空间公式如下<sup>[9]</sup>:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.144 & 0 \\ -0.168 & -0.332 & 0.5 & 128 \\ 0.5 & -0.418 & -0.182 & 128 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \\ 1 \end{bmatrix}.$$

### 1.2 基于机器学习和 Haar 特征模板的遥感图像边缘检测

边缘检测一直以来都是计算机视觉领域中极具挑战性的研究课题之一,也是图像分析处理与模式识别的重要环节之一<sup>[10]</sup>. 当前,在图像边缘检测中主要通过机器学习算法中的样本训练来获得图像边缘检测的先验知识,通过大量样本训练获得分类器,从分类器中提取出分割的阈值<sup>[11]</sup>. 机器学习方法主要分为有监督学习和无监督学习,本文将采用有监督学习的方法来实现图像边缘检测分类器的训练<sup>[12]</sup>. 本文训练算法主要包括分类器的模型设定和通过训练样本得到估计参数,首先对实例进行样本训练,标注输入和输出关系,构造输入输出的映射,实现将彩色遥感图像中的像素点进行分类处理获得边缘点和非边缘点两类,在边缘点中,提取出需要的先验阈值,算法步骤主要包括训练样本库创建、彩色遥感图像边缘特征设置、分类器训练、边缘检测阈值提取等步骤。

算法首先将  $256 \times 256$  的彩色遥感图像分成  $32 \times 32$  像素的图像块,将中心点为边缘点的遥感图像设置为正样本,其余图像设置为负样本,将改进的 Haar 特征模板作为图像的边缘检测的方向模板. 改进的 Haar 特征模板是通过 Haar 小波变换得到的矩形特征模板,早期的 Haar 特征模板主要包括边缘特征和对角线特征等特征,如图 1 所示的共计 6 种方向模板。

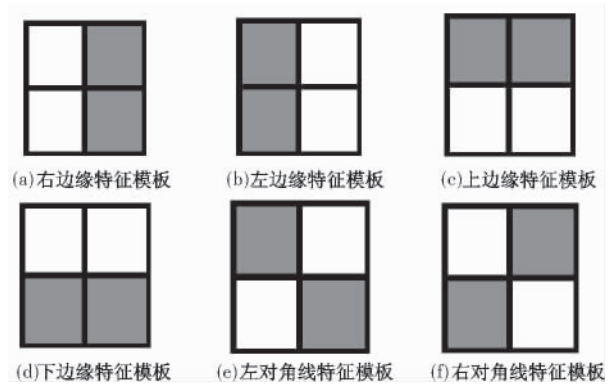


图 1 Haar 特征模板

本文对 Haar 特征模板进行了优化处理,将特征模板从  $2 \times 2$  像素的规格改为  $3 \times 3$  像素的模板规格,将边缘特征模板细化为四种类型,分别为:左边缘特征模板、右边缘特征模板、上边缘特征模板和下边缘特征模板,同时,按  $45^\circ$  角方向共取 4 个方向设置对角线特征模板,最后,以中心点为基础,设置中心特征模板,共计 9 个特征模板,改进的 Haar 特征模板如图 2 所示。

针对改进的 Haar 特征模板,得到 9 个模板矩阵,改进的 Harr 特征方向模板矩阵描述如下:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

本文在改进的 Haar 特征方向模板基础上,采用 AdaBoost 算法进行样本训练<sup>[13]</sup>,样本分类器的获取步骤如下:

Step1:对待训练的样本集初始化权值. 样本集表示为  $(c_1, s_1), (c_2, s_2), \dots, (c_n, s_n)$ , 权重表示为  $Q_1(i) = 1/n, i = 1, 2, \dots, n$ .

Step2:设置循环变量  $i$ , for  $i = 1$  to  $M$ ,  $M$  为循环次数。

Step3:利用训练分类器  $L_i(x)$ , 计算分类误差  $\epsilon_i = \sum Q[L_i(c_i) \neq s_i]$ , 计算权值更新参数  $\alpha_i = (1/2)\ln(\frac{1-\epsilon_i}{\epsilon_i})$ , 按参数进行权重更新.  $Q_{i+1}(i) = \frac{Q(i)}{Z_i} \exp(-\alpha_i s_i L_i(c_i))$ , 分类正确的记为  $Q_{i+1}(i) =$

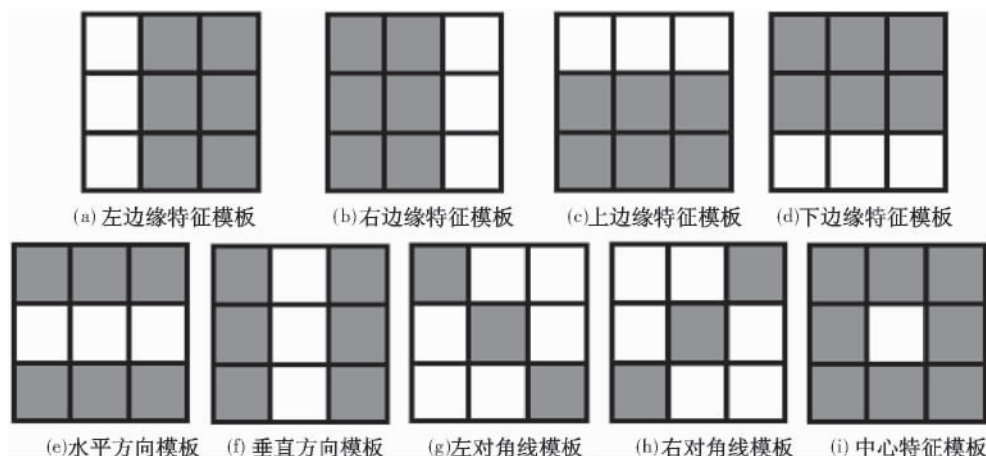


图 2 改进的 Haar 特征模板

$$\frac{Q_i(1)}{Z_i} \exp(-\alpha_i), \text{错误的分类记为: } Q_{+1}(i) = \frac{Q_i(i)}{Z_i} \exp(\alpha_i),$$

通过训练得到分类器  $H(x) = \text{sign}(\sum_{i=1}^N \alpha_i L_i(c))$ .

当前,图像边缘检测主要利用二阶微分边缘检测算法,使用的检测算子主要有 Laplacian 算子、LOG 算子等,研究表明 Laplacian 算子对噪声很敏感<sup>[14]</sup>,而 LOG 算子能抑制图像中的噪声<sup>[15]</sup>,本文选择 LOG 算子对三颜色分量的遥感图像进行边缘检测。

首先,在 RGB 颜色空间转换到 YCbCr 颜色空间的基础上,沿 Y 轴、Cb 轴、Cr 轴计算分类误差,采用改进的 Haar 特征方向模板遍历遥感图像,将模板中心放置在  $256 \times 256$  像素规格的遥感图像中,依次与当前中心像素的颜色值进行比较,如果颜色值的差值小于机器学习训练获得的阈值  $T$ ,则认为该像素与当前中心像素的颜色值相近,标注为核值相似区(univalue segment assimilating nucleus, US-AN)<sup>[16]</sup>.如果值大于机器学习训练获得的阈值  $T$ ,则不标注.最后,将标注的像素点提取出来,获得彩色遥感图像在 YCbCr 颜色空间的边缘数值.在获得的 Y、Cb、Cr 三个颜色空间的边缘数据基础上,同时满足 2 个颜色空间皆为边缘像素点的位置确定为最终的边缘检测点,将获得的最终边缘检测点进行提取标注,实现彩色遥感图像的边缘检测。

## 2 实验分析

实验主要采用 Sobel 边缘检测算子<sup>[17]</sup>、一阶微分边缘检测方法和本文基于机器学习的边缘检测方法进行了实验,主要对合成图像和 1 幅遥感图像进行了实验对比分析.在采用的 AdaBoost 算法样本训练中,共选取了 20 张不同边缘特征的遥感图像进

行训练,本文边缘检测分割实验采用的分类阈值为 12.图 3 为实验分析图像,其中图 3(a)为  $256 \times 256$  像素点的 RGB 合成图像,图 3(b)为  $256 \times 256$  像素的彩色遥感图像。

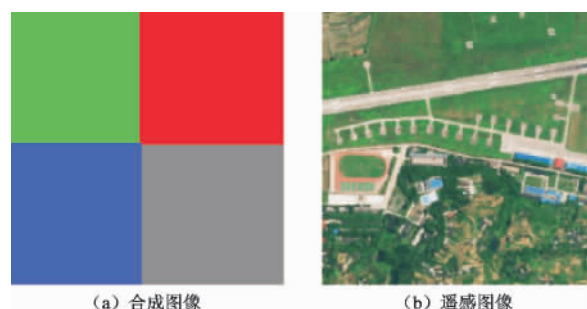


图 3 实验分析原始图像

首先对合成图像和遥感图像进行了 RGB 转换到 YCbCr 颜色空间实验,转换结果如图 4 所示,其中图 4(b)(f)分别对应合成图像和遥感图像的 Y 分量,图 4(c)(g)分别对应合成图像和遥感图像的 Cb 分量,图 4(d)(h)分别对应合成图像和遥感图像的 Cr 分量。

然后在 YCbCr 颜色空间对合成图像和遥感图像进行边缘检测实验,实验结果如图 5,图 6 所示,分别在 Y、Cb、Cr 三个分量进行了边缘检测,从图 5 和图 6 中可以发现在三个分量中边缘检测整体结构完整,由于分量差异在细节边缘结构检测有一定的不同。

通过对 2 幅测试图像在 YCbCr 颜色空间进行的边缘检测实验,合成图像得到的边缘检测试验结果如图 7(a)所示,遥感图像的边缘检测实验结果如图 7(b)所示,从图中可以发现,合成图像的边缘检测更准确,遥感图像的边缘细节更丰富。

同时,图 8 展示了对实验中的遥感图像分别采

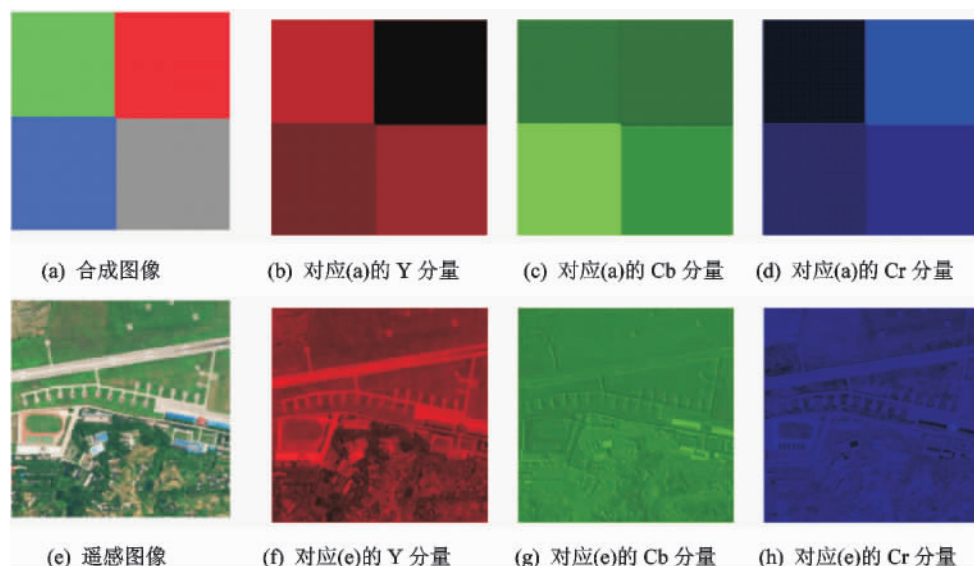


图 4 RGB 转换到 YCbCr 颜色空间实验

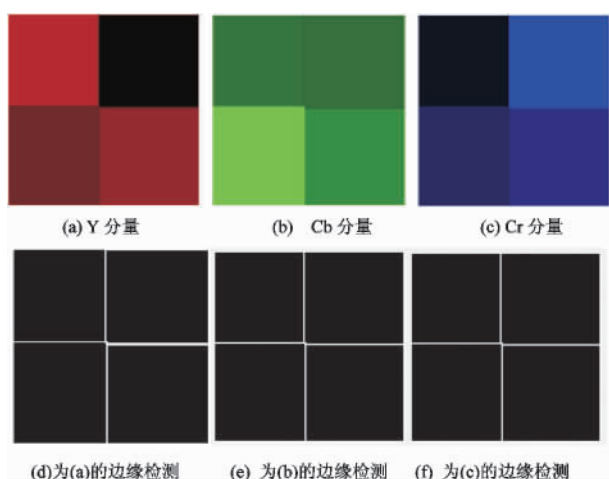


图 5 合成图像 Y,Cb,Cr 分量边缘检测实验结果

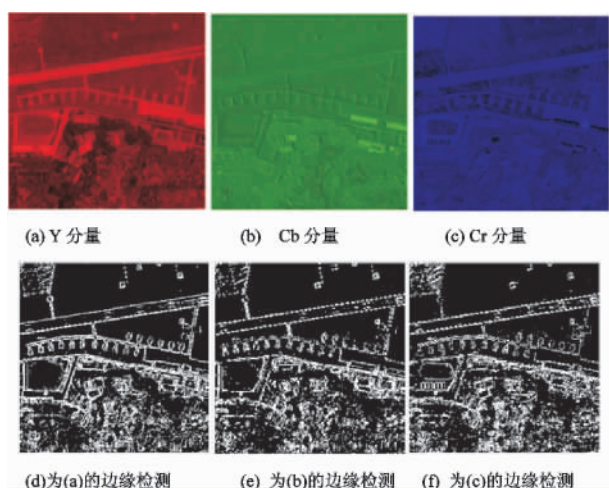


图 6 遥感图像 Y,Cb,Cr 分量边缘检测实验结果

用 Sobel 检测算子和一阶微分边缘检测方法,以及本文基于机器学习的算法进行实验分析。

在本文实验中,基于机器学习算法的边缘检测

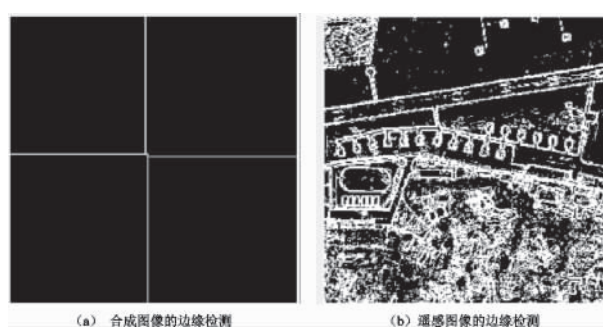


图 7 遥感图像的边缘检测实验结果

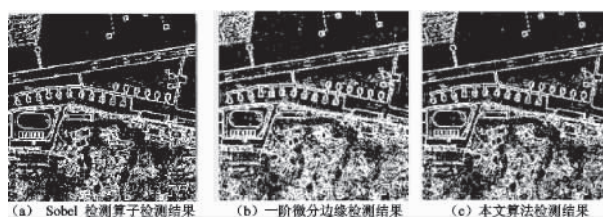


图 8 三种算法边缘检测实验结果

能较好的提取出遥感图像的边缘特征,特别是对于地面物体的轮廓特征提取较为完整,符合遥感图像目标提取与识别需求,为后续应用奠定了基础。

### 3 总结

本文针对彩色遥感图像边缘检测的特殊需求,将人工智能技术应用于图像边缘检测与特征提取,本文采用基于机器学习和方向模板的算法实现了彩色遥感图像边缘检测,算法在 YCbCr 颜色空间中采用有监督学习的方法构建了边缘检测的图像分类器,基于 Haar 特征模板进一步改进获取边缘特征,更好的实现了对 Y、Cb、Cr 三个颜色分量的边缘检测。通过实验验证,表明本文算法提取的目标物特征



轮廓完整,有利于遥感图像后期识别与分析。

#### 参考文献:

- [1] 曾俊. 图像边缘检测及其应用研究 [D]. 武汉:华中科技大学,2011.
- [2] 李军成. 图像边缘检测的分数阶微分算子研究 [J]. 计算机应用与软件,2015,32(12):206-209.
- [3] 钱月. 基于 MATLAB 的图像形态学处理技术与应用 [J]. 内江师范学院学报,2019,34(10):51-55.
- [4] 陈嫚,朱晓临,李雪艳,等. 改进的模糊形态学彩色图像边缘检测算法 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2014,37(8):922-927.
- [5] 杨强,黄地龙. 基于帧间差分与静态特征相结合的人脸跟踪方法 [J]. 苏州科技大学学报(工程技术版),2006,19(2):74-78.
- [6] 张俊,张凯,林单,等. 一种基于离散度及相关性改进的特征选择方法 [J]. 内江师范学院学报,2019,34(10):46-50.
- [7] 杨婷婷,顾梅花,章为川,等. 彩色图像边缘检测研究综述 [J]. 计算机应用研究,2015,32(9):2566-2571.
- [8] 王亚鸽,康晓东,郭军,等. 一种联合 Canny 边缘检测和 SPIHT 的图像压缩方法 [J]. 计算机科学,2019:46(S1):222-225.
- [9] SOMASUNDARAM K, KALAIVIDYA P A, KALAISELVI T, et al. Edge detection using Chebyshev's orthogonal polynomial and brain extraction from magnetic resonance images of human head [J]. International Journal of Imaging Systems and Technology, 2019, 29(2):110-120.
- [10] 石美红,李青,赵雪青,等. 一种基于保角相位的图像边缘检测新方法 [J]. 电子与信息学报,2015,37(11):2594-2600.
- [11] YUAN J Y, GUO D Q, ZHANG G X, et al. A Resolution-Free Parallel Algorithm for Image Edge Detection within the Framework of Enzymatic Numerical P Systems [J]. Molecules, 2019, 24(7):1235.
- [12] WANG B, CHEN L L, ZHANG Z Y. A novel method on the edge detection of infrared image [J]. Optik, 2019, 180:610-614.
- [13] 胡柳,邓杰,肖瑶星,等. 基于 YCbCr 和 AdaBoost 算法的人脸检测 [J]. 电脑编程技巧与维护,2020(2):121-123.
- [14] 葛小凤,陈亚军. 经典边缘检测算子及其抗噪性能研究 [J]. 数字技术与应用,2015(2):107-109.
- [15] 胡建平,佟薪,谢琪,等. 基于 Zernike 矩的改进 LoG 边缘检测方法 [J]. 山西大学学报(自然科学版),2016,39(3):371-377.
- [16] 李晨钊,陈胤璇,高海荣,等. 一种基于阈值与边缘检测的遥感图像分割方法 [J]. 甘肃科技,2019,35(6):40-42.
- [17] 陈竹安,胡志峰,杨希鹏. 基于改进的 soble 算子和 zernike 矩遥感图像边缘检测 [J]. 湖北民族学院学报(自然科学版),2017,35(2):229-234.

## Remote Sensing Image Edge Detection Method Based on Machine Learning and Haar Template

YUAN Yuli

(School of Computer Science, Neijiang Normal University, Neijiang, Sichuan 641100, China)

**Abstract:** There are too many shortcomings in edge detection of remote sensing image, especially in color remote sensing image. In order to reduce noise and improve the accuracy and integrity of target extraction, a remote sensing image edge detection method based on machine learning and direction template is proposed. Firstly, RGB color image is transformed into YCbCr color space, and then segmentation is done according to the classification threshold value obtained by machine learning. Then, the improved Harr direction feature template is used to obtain more complete edge information of color remote sensing image. The experiment reveals that the edge detection based on machine learning algorithm can extract the edge features of remote sensing images, especially for the contour features of ground objects, which meets the special needs of target extraction and recognition of remote sensing images.

**Keywords:** remote sensing image; edge detection; machine learning; direction Template

(责任编辑:王 佩)