

文章编号: 2095-2163(2023)10-0156-03

中图分类号: TP301

文献标志码: A

基于深度学习的高分辨率遥感图像分割方法

王伟

(河南工业贸易职业学院 信息工程学院, 郑州 450053)

摘要: 以往高分辨率遥感图像分割方法由于没有对遥感图像中的数据模点进行检测,导致分割精度不高,本文设计了一种基于深度学习的高分辨率遥感图像分割方法。首先,通过对遥感图像进行预处理,保留重要的细节信息;其次,对预处理后的遥感图像进行特征提取,并对特征提取后的图像进行滤波处理,增加图像光谱的一致性;最后,利用深度学习对遥感图像中的数据模点进行检测,得到遥感图像的最终分割结果。通过实验并与以往的高分辨率遥感图像分割方法进行对比证明基于深度学习的高分辨率遥感图像分割方法具有更高的分割精度。

关键词: 深度学习; 高分辨率遥感图像; 遥感图像; 分割方法

High-resolution remote-sensing image segmentation method based on deep learning

WANG Wei

(College of Information Engineering, Henan Industry and Trade Vocational College, Zhengzhou 450053, China)

【Abstract】 Previous high-resolution remote sensing image segmentation methods did not detect the data module points in remote sensing images. In this paper, a high-resolution remote-sensing image segmentation method based on deep learning is designed. First of all, the preprocessing on remote sensing image retains the important details. Then feature extraction is conducted on the remote sensing image and the image filtering is used to increase the image spectral consistency. At last deep learning method is used to detect the data module points in remote sensing images and get the final segmentation results. The experiments show that the proposed high-resolution remote sensing image segmentation method has higher segmentation accuracy compared with previous high-resolution remote sensing image segmentation methods.

【Key words】 deep learning; high-resolution remote sensing image; remote sensing image; segmentation method

0 引言

遥感技术不断发展,再加上卫星图像分辨率的提高,高分辨率的遥感图像已经成为当代众多建设领域的重要资料来源^[1]。高分辨率遥感图像的出现,能够快速提取地面物体信息,同时对被提取物体的形状、外观特点、纹路等特征信息有很好的识别效果,使得遥感图像的应用领域更加广泛,在城市规划、灾难警报、绘制地图等行业中都有举足轻重的作用,对于各行各业的发展都具有十分重要的意义。然而,高分辨率遥感图像的广泛应用,导致遥感图像数据的数量越来越多,从海量的数据中提取出有效的信息成为一件极为困难的事情^[2]。传统的处理

高分辨率遥感图像的方法,在实际应用时不仅需要花费大量的人力和物力,而且还很难达到理想的效果。深度学习的快速发展为各行各业提供了新的发展思路,对高分辨率遥感图像目前面临的问题也提出了新的解决方法。因此,本文以深度学习为基础,设计了一种新的高分辨率遥感图像分割方法,对于提高遥感图像的分割精度有着一定的指导意义。

1 高分辨率遥感图像分割方法设计

1.1 遥感图像预处理

在遥感图像中,为了提高图像的质量就要对原始的图像进行预处理。现在遥感图像数量众多,大多数为小目标,小目标的遥感图像只有几十个像素,

基金项目: 河南省重点研发与推广专项(科技攻关)项目(212102310085,222102210252,232102110281); 2023年度河南省高等学校重点科研项目(23A520055); 中国高校产学研创新基金新一代信息技术创新项目(2021ITA11007); 河南省黄河流域生态环境保护与修复重点实验室开放课题基金(LYBEP202202)。

作者简介: 王伟(1982-),女,学士,副教授,主要研究方向:人工智能、数据挖掘。

收稿日期: 2023-04-12

而大目标虽然占比较小,但普遍在五万像素左右^[3]。大目标和小目标遥感图像相差甚多,就会导致相对类型的实物尺寸也相差很多,增加了遥感图像分割的难度,再加上遥感图像的成像高度甚高,图像中大多都为小目标,这就导致图像在处理的过程中很容易出现细节信息丢失的情况,甚至会导致与小目标相关的特征完全缺失。此外,在实际应用中,高分辨率的遥感图像中会存在大量具有复杂边界的图像,比如轮船、港口、战斗机等,这些图像类型的边界非常多变,如果直接对图像进行处理,就很难将其中复杂的形状细节刻画得十分完整,甚至在处理过程中直接导致一部分细节信息丢失,增加目标检测的难度,直接影响遥感图像分割的效果^[4]。因此,对遥感图像进行预处理是非常重要的,在进行预处理的过程中要保留图像本身的纹理信息,并很好地消除随机噪声,保护好图像的边缘,避免边缘出现模糊等情况,影响遥感图像的后期处理。同时,图像边缘像素的变化会呈现出梯状,这时就要将图像的边缘进行异性扩散处理,保证图像边缘处的平滑度,保留重要的细节信息。

1.2 遥感图像特征提取

遥感图像的预处理完成后,就要对预处理好的遥感图像进行特征提取,本文利用特征检测的方法提取遥感图像的特征。将遥感图像的特征属性分为 3 个部分,分别是图像纹理、图像极值、图像灰度低区域,图像纹理是指将遥感图像放在一定的空间内,图像本身会按照规定的形式变化,最终产生出一定图案和模式,作为特征提取时的重要依据;图像极值是指图像的结构和大小,在不同形态下对图像提取造成的影响大小^[5];图像灰度低区域是指遥感图像中灰度为零的区域,该区域的阈值比较低,在进行处理的时候变化不会很明显。在实际的提取中,还会考虑光谱信息,彩色图像可以看作是光谱图像中一个比较特别的区域,其提取方法和其他图像不同,在提取时要保证对提取目标的边缘检测,可以将纹理梯度图和梯度图像结合在一起,从中截取两者的优势,从而提高对遥感图像特征的提取^[6]。此外,对于小目标遥感图像来说,由于图像像素过小,在提取时要注意形状因子对其的影响,以免提取失败。

1.3 遥感图像滤波

提取遥感图像特征后,为了获得更高的遥感图像分割精度,还要对遥感图像进行滤波处理。在获取遥感图像的过程中,会受到多种因素的影响,比如空气湿度、光照强度等,这些都会影响遥感图像的细节

信息。高分辨率的遥感图像相对于普通的遥感图像受到的影响会更大,再加上高分辨率遥感图像有更加丰富的细节信息,因此,这些影响因素也会通过图像纹理、图像灰度等方面展现出来,因此特征提取后,要进行滤波处理^[7]。本文中使用的滤波处理方法对遥感图像进行平滑处理,能将遥感图像的均值变宽;通过漂移滤波保证遥感图像边缘处的正常。同时,将滤波处理后的图像结构当作图像的特征,也能增加遥感图像各个区域的光谱一致性,减少随机噪声的出现。具体的滤波处理过程如式(1)所示:

$$y_{i,j+1} = \frac{\sum_{i=1}^n G\left(\frac{x_i - y_j}{h}\right) w(x_i) x_i}{\sum_{i=1}^n G\left(\frac{x_i - y_j}{h}\right) w(x_i)}, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中, y_j 表示本次滤波处理中移动点的痕迹; x_i 表示原始的图像; $y_{i,j+1}$ 表示进行滤波处理后的图像; $w(x_i)$ 表示与 x_i 相关的权重系数; $G(x)$ 表示与 $w(x_i)$ 相对应的核函数; h 表示空间特征带宽常数。

通过公式(1),得到平滑后的遥感图像,并知道该图像是否可以同质化合并,很好地保持了异质区之间的信息不会丢失。

1.4 基于深度学习的遥感图像分割

本文基于深度学习的方法,对滤波处理后高分辨率遥感图像进行分割处理。在深度学习的支持下,可以接收任何尺寸的图像输入,并在每一个特征图谱上进行采样,使图像恢复到和输入图像相同的尺寸,同时对每个像素的图像都产生了一个预测,同时也会保留原始输入图像的相关信息,最后再根据采样出来的特征图进行分类。

在实际应用中,由于高分辨率遥感图像分割方法输出层较多,会将每个输出层固定为一个尺寸,即 $a \times b \times c$,其中, a 、 b 表示是遥感图像的空间维度, c 表示图像特征或者通道维度。因此,在第一个输出层中,图像的像素大小为 $a \times b$,同时带有 c 个通道,之后的输出层按照这个规律持续后推。同时在图像中,较为高级的图层会和图像自身的相对应,这个互相对应的区域被称为接收域。由于深度学习的方法具有平移不变的特性,所以高分辨率遥感图像会在局部输入域上运行,并且十分依赖相对应的空间坐标。因此,在分割过程中,运用深度学习的方法,检测出遥感图像中每个数据点的模点,其具体检测过程如式(2)所示:

$$g = (f \pm d) - (f \mp d) \quad (2)$$

其中, g 表示每个数据点的模点; f 表示被检测

的遥感图像; b 表示遥感图像的结构元素。

通过式(2)确定遥感图像的模点,再将相同模点的数据点收敛到同一个区域,得到初步分割的结果,初步分割结果,式(3):

$$D = (f \mp d)(x, y) - \min f(x + i, y + i) \quad (3)$$

其中, D 表示遥感图像初步分割结果; x 表示遥感图像上模点的纹理特征; y 表示遥感图像上模点的形态特征; i 表示遥感图像初始分割后的变化参数。

将像素点较小的区域和周边区域进行融合,得到最终的分割结果,式(4):

$$P = w \cdot (f \pm d) + (1 - w) \cdot (f \mp d) \cdot D \quad (4)$$

其中, w 表示模点与周边区域融合的权重系数, P 表示最终的遥感图像分割结果。

通过式(4),将高分辨率遥感图像的最终结果展现出来,对比分割前后的遥感图像的效果。

2 实验结果

2.1 实验准备

为了验证本文设计的基于深度学习的高分辨率遥感图像分割方法的分割精度,本文从某数据集中选取了5张高分辨率遥感图像作为实验图像,图像中包含了多种土地类型,包括植被、建筑、水体、道路以及其他类型,统计土地类型在遥感图像中所占的百分比,具体统计结果见表1。

表1 遥感图像中土地类型的分布统计

Tab. 1 Statistics of the distribution of land types in the remote sensing images %

图像	植被	建筑	水体	道路	其他
图像1	7.3	31.7	0.1	9.9	50.9
图像2	66.4	5.3	21.5	1.1	5.6
图像3	11.7	33.2	0.7	1.1	43.3
图像4	13.2	41.2	4.2	3.2	32.1
图像5	64.5	12.3	6.2	1.0	15.8
总计	23.1	30.3	5.4	8.2	33.0

在实验中,由于5张遥感图像的像素并不相同,其中2张图像为4 011×6 116像素,2张图像为7 969×5 142像素,1张图像为3 367×4 568像素,为了减少实验中偶然性的出现,将5张遥感图像全部裁剪成512×512像素大小的图像。

2.2 实验结果与讨论

为了验证4种遥感图像分割方法的分割精度,本次实验以某次竞赛的评估方案——分割精度作为评价指标,来评价4种遥感图像分割方法。分割精度 Q_A 的计算如式(5)所示:

$$Q_A = \frac{TP}{N} \quad (5)$$

其中, TP 表示检测的占比和实际占比相等的数量, N 表示整个样本的数量。

同时,为了保证实验的准确性和非偶然性,本次实验还设置了3个对照实验,其中,对照实验1是基于人工智能技术的高分辨率遥感图像分割方法,对照实验2基于标记分水岭的高分辨率遥感图像分割方法,对照实验3是曲波特征加权的高分辨率遥感图像统计分割方法。计算出4种方法的分割精度,见表2。采用本文所提方法对遥感图像进行分割,分割精度最高为96.7%,最低为93.5%,均值为94.68%;而对照实验的分割精度均低于90%,说明本文设计的基于深度学习的高分辨率遥感图像分割方法具有更高的分割精度,在实际应用中效果更好。

表2 4种方法分割精度对比

Tab. 2 Comparison of segmentation accuracy between four methods

对照实验	图像1 (QA/%)	图像2 (QA/%)	图像3 (QA/%)	图像4 (QA/%)	图像5 (QA/%)
本文	94.2	96.7	93.5	94.2	94.8
对照实验1	88.3	85.5	87.6	85.6	85.3
对照实验2	79.4	83.1	85.8	84.3	84.5
对照实验3	82.5	84.6	78.3	85.2	85.4

3 结束语

图像分割在遥感领域中占有重要地位,图像分割能够更加快速地得到图像的整体信息。在深度学习的快速发展和对遥感领域的大力支持下,遥感图像的分割已经被应用到了多个领域当中。本文设计的基于深度学习的高分辨率遥感图像分割方法对遥感图像的分割有着一定的参考价值,虽然其中还存在些许不足,在之后的研究中会不断完善。

参考文献

- [1] 刘易斯. 一种高分辨率遥感图像分割方法研究[J]. 电气自动化, 2022, 44(3): 109-112.
- [2] 崔昊. 基于深度学习的高分辨率遥感图像海陆分割方法[J]. 软件导刊, 2020, 19(3): 95-98.
- [3] 王玉. 曲波特征加权的高分辨率遥感图像统计分割方法研究[J]. 测绘学报, 2020, 49(3): 402.
- [4] 刘明威, 方静, 詹曙. 基于深度学习的土地覆盖遥感图像分割方法[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2022, 45(6): 753-759.
- [5] 刘冠群, 刘豪, 王新, 等. 一种基于深度学习的卫星遥感图像分割方法[J]. 湖南城市学院学报(自然科学版), 2021, 30(5): 54-58.
- [6] 段明义, 卢印举, 苏玉. 一种利用花粉算法优化的遥感图像分割方法[J]. 遥感信息, 2021, 36(1): 7-12.
- [7] 闵蕾, 高昆, 李维, 等. 光学遥感图像分割技术综述[J]. 航天返回与遥感, 2020, 41(6): 1-13.