 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i3.5199

Implementation of a microscopic cell recognition system based on an improved YOLOv7

Long Zhang Feilong Qu Jin Zhang Navid Ali Khan

Terai University / School of Innovation and Technology / School of Computer Science, Selangor, Combang, 47500, Malaysia

Abstract

This paper presents a microscopic cell recognition system based on improved YOLOv7, aiming to meet the cell detection task in medical image analysis, which usually faces the dual challenge of high precision and high efficiency. The development of efficient cell recognition algorithms has important practical significance. In this study, we have made innovative improvements to the YOLOv7 model, using two key technologies: the partial convolution (PConv) and the Squeeze-and-Excitation (SE) mechanism. The experimental results showed that the YOLOv7_ConvSE with the SE mechanism was better than the original YOLOv7 in F1 Score and mAP @ 0.5, increasing the F1 Score to 0.700, the precision rate to 0.840, and the recall rate also increased significantly, marking the potential of the model in the cell recognition task. The YOLOv7 _ Pconv model shows the advantages of partial convolution in computational efficiency, with a F1 Score of 0.659, which shows that optimization can be achieved in feature extraction, but still insufficient in recall rate. The hybrid model YOLOv7_mix combining PConv and SE mechanism was balanced on all performance indicators, with an F1 Score of 0.689, precision rate of 0.754, and recall rate improved to 0.636, which verified the effectiveness of the combination of the two mechanisms.

Keywords

YOLOv7; OpenCV; Cytometry; PConv; ConvSE

基于改进 YOLOv7 的显微镜下细胞识别系统实现

张龙 屈飞龙 张锦 Navid Ali Khan

泰莱大学 / 创新与技术学院 / 计算机科学学院，马来西亚 · 雪兰莪州 梳邦再也 47500

摘 要

本文提出了一种基于改进YOLOv7的显微镜下细胞识别系统，旨在应对医学图像分析中的细胞检测任务，此任务通常面临高精度和高效率的双重挑战。发展高效的细胞识别算法具有重要的现实意义。在本研究中，我们对YOLOv7模型进行了创新性的改进，主要采用了两项关键技术：部分卷积（PConv）和Squeeze-and-Excitation（SE）机制。实验结果显示，引入SE机制的YOLOv7_ConvSE在F1 Score和mAP@0.5等指标上均优于原始YOLOv7，实现了F1 Score的提升至0.700，精确率提高至0.840，召回率亦有明显增长，标志着模型在细胞识别任务中的潜力。YOLOv7_Pconv模型展现了部分卷积在计算效率方面的优势，其F1 Score为0.659，显示了在特征提取上能够实现优化，但在召回率方面仍显不足。结合PConv和SE机制的混合模型YOLOv7_mix在各项性能指标上表现均衡，其F1 Score为0.689，精确率为0.754，召回率更是提高至0.636，验证了两种机制结合的有效性。

关键词

YOLOv7；OpenCV；细胞检测；PConv；ConvSE

1 介绍

传统的病理学方法需要经验丰富的病理医师通过显微镜观察、分析和诊断，这一过程不仅耗时，而且受个人水平、主观判断等因素影响，诊断结果可能存在差异。

本研究以改进的 YOLOv7 算法为基础，针对 hela 细胞、血细胞、淋巴细胞等不同类型的病理细胞图像进行检测。在检测到的矩形框中进行分割，进一步进行基本的图像处理，对分割的细胞进行保存。研究的目的和意义如下：

（1）提高病理细胞检测的速度和准确性。

（2）降低病理诊断的主观性。

（3）促进病理学领域的技术创新。

（4）为其他类型细胞图像分析提供参考。

2 相关工作

目标检测网络是从一个特定的场景（图片、视频）中，确定特定物体在物体上的方位、距离，包含了探测与识别两个环节。当前，主流的目标检测算法都是以深度学习模型为基础来实现的，它们可以按照阶段划分为两大类 [1-3]。

【作者简介】张龙男（2000–），中国河南邓州人，硕士，从事人工智能研究。

本项目采用的卷积神经网络结构，通过对各层级神经元进行局部互联，减少了训练参数的数目，极大地提高了实验的效率。郑欣等将 ResNet50 预训模型用作 YOLOv2 的骨干网，放大了子内的细胞群，最后获得了 75.9% 和 86.3% 的精确度。Jia D 等人在 SSD 网络的基础上，利用中心损失函数计算损失，在相同的数据集上，其分类准确率比 YOLOv1、 SSD 分别高出 7.54%、4.92%。LongM 等人 [18] 对 MaskR-CNN 进行了改进，加入神经结构搜索 - 特征金字塔网络架构实现跨层连接，用软 NMS 取代原有的 NMS 减少锚框的错删，提高了模型在 TCT 图像细胞数据集上的准确度、召回率和分割精度。

细胞图象的分割是进行细胞定量研究的先决条件，其结果将直接关系到后续分类与识别的结果。细胞图象的分割工作包括以下几个方面：

(1) 所述细胞图象被分成一个细胞体区和一个背景区；

(2) 把胞体区分为胞核区和胞浆区；

(3) 把粘连细胞和团状细胞(column cell)等归为单细胞。

lslam Z 等提出了一种多步的 Level Set （ level system ）方法，将细胞核和细胞浆从重叠的细胞中分离出来。

3 实验结果与讨论

3.1 实验环境

本试验所用的硬件配置是 Intel (R) Corei7-9700K, NVIDIA GeforceRTX2080 Ti 视频卡， Windows 系统， CUDA11.0, Cudnn8.0，以及 Pytorch1.7 深度学习框架。该算法在训练时使用 Adam 算法，其初学者的学习速率为 0.001，动量大小为 0.9, Batchsize 为 8，轮次 500 次，使用 Mosaic 数据增强技术和 Dropblock 规则化方法。

为使该模型具有较强的适应性，在此基础上建立了一套具有复杂环境的细胞数据，其中一部分是从网络获取的，一部分是通过真实拍摄得到的。采用 6:2 ： 2 的方法，将资料分为训练集、验证集和测试集。

3.2 消融实验结果分析

（ 1 ）原始 YOLOv7 模型的表现

首先，原始 YOLOv7 的 F1 Score 为 0.649，精确率为 0.792，召回率为 0.551，mAP@0.5 为 0.572。尽管该模型在细胞检测中取得了一定的成功，整体性能尚显不足。例如，该模型的召回率为 0.551，表明在识别正样本时存在一定的漏检情况；即使精确率较高，但低召回率导致细胞识别的完整性受到影响。这对于医学研究及临床应用可能带来不利影响，因为漏检细胞样本可能导致后续分析和决策的失误。因此，基于这一结果，进一步优化模型以提高其召回率与 F1 Score 显得尤为重要。

（ 2 ）引入 SE 机制后的 YOLOv7_ConvSE 表现

引入 SE 机制的 YOLOv7_ConvSE 模型在所有检测指标上均有所提升，F1 Score 为 0.700，精确率提升至 0.840，召回率也上升到了 0.601，而 mAP@0.5 则达到了 0.618。这一增长幅度显著，分别提高了 F1 Score 和 mAP@0.5 约为 7.8% 和 8.1%。这一结果表明，引入 SE 机制后，模型在处理细胞图像时对关键信息的敏感度有了明显改善。

yolov7_ConvSE 的成功，不仅提升了整体性能，更为细胞检测任务带来了精准度与可靠性的提升，尤其是在召回率上的显著提升，使得模型在真实应用场景中的表现更加优秀。

（ 3 ）采用部分卷积的 YOLOv7_Pconv 模型表现

接下来，我们分析引入部分卷积的 YOLOv7_Pconv 模型。该模型的 F1 Score 为 0.659，精确率为 0.783，召回率为 0.569，mAP@0.5 为 0.581。

PConv 的限制在于，即便其在计算效率上具有优势，但在特征复杂度和异质性分析过程中，可能未能像 SE 机制那样加强对重要通道信息的学习和提取。

（ 4 ）混合模型 yolov7_mix 的综合表现

最后，值得注意的是，yolov7_mix 模型结合了 PConv 和 SE 机制，其 F1 Score 为 0.689，精确率为 0.754，召回率达到了 0.636，mAP@0.5 为 0.632。这里可以看出，与 yolov7_ConvSE 相比，yolov7_mix 在 F1 Score 等指标上有所下降，但召回率提升到 0.636，显示出该模型在对正样本的捕捉能力上有明显的提高。这表明，混合模型有效地整合了部分卷积和 SE 块的优点，使得在特征提取时形成了更强的特征表达能力。

yolov7_mix 模型通过在 PConv 后附加 SE 模块，使得网络能够在高效计算的同时，重点关注那些对决策过程影响较大的特征通道。这种动态的通道调整促进了对细胞图像中多样性特征的捕获，即便在面对复杂的细胞形态时，模型依然表现出了良好的适应性和准确性。综合来看，yolov7_mix 在细胞识别任务上能够兼顾精度和召回率，展现出良好的应用潜力。

（ 5 ）综合总结

消融实验结果充分说明，在设计高效的卷积神经网络时，通道重标定机制与冗余计算的减少所带来的优势是具有不可忽视的重要性的。对于今后的工作，建议以此为基础，进一步探索更多创新的网络设计与结构优化策略，以期在实践中达到更高效、更精准的模型性能。

表 5–1 消融实验结果

网络模型	F1	Precision	Recall	mAP@0.5
yolov7	0.649	0.792	0.551	0.572
yolov7_ConvSE	0.700	0.84	0.601	0.618
yolov7_Pconv	0.659	0.783	0.569	0.581
yolov7_mix	0.689	0.754	0.636	0.632

3.3 对比实验分析

（ 1 ）改进 YOLOv7 模型分析

改进 YOLOv7 结合了 PConv（ Partial Convolution ）和 ConvSE（ Convolution with Squeeze-and-Excitation ）两种技

术，显著提高了网络的细胞检测性能。ConvSE 通过引入 Squeeze-and-Excitation 机制，增强了网络对重要特征的关注，从而进一步提高了模型的判断能力。

在 F1 score 方面，改进 YOLOv7 达到了 0.689，明显高于 EfficientNet（0.503）和 MobileNetV3（0.499）。这一结果表明，改进的 YOLOv7 模型在真实细胞检测中，能够更好地平衡精确率（Precision）和召回率（Recall），从而提高了整体检测性能。

表 5–3 横向对比图

网络模型	F1	Precision	Recall	mAP@0.5
yolov7_improverd	0.689	0.754	0.636	0.632
efficientnet	0.503	0.845	0.359	0.308
mobilenetv3	0.499	0.825	0.358	0.380

（2）EfficientNet 模型分析

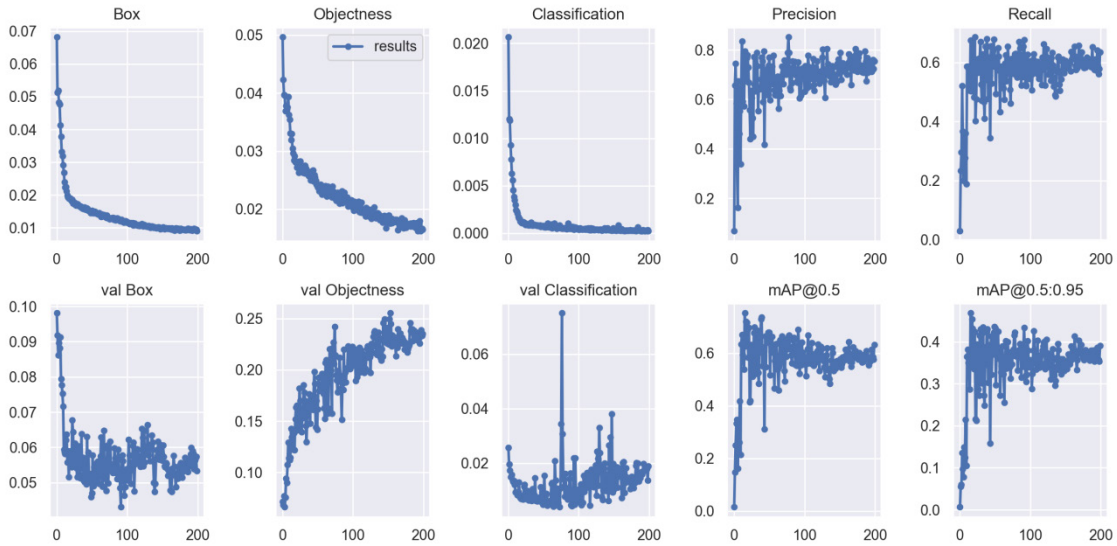
在本次实验中，EfficientNet 的 F1 score 仅为 0.503，其精确率表现（0.845）虽然优良，但召回率（0.359）较低，导致整体性能不如改进的 YOLOv7。这表明 EfficientNet 在处理细胞图像时可能较难捕捉到所有的重要特征，反映出该网络在某些应用场景下的局限性。

（3）MobileNetV3 模型分析

MobileNetV3 与 EfficientNet 相近，但精确率（0.825）略低于 EfficientNet。MobileNetV3 虽然适合在硬件资源受限的环境下使用，但在显微镜下细胞图像的高精度检测任务中，其性能仍然不及改进的 YOLOv7。

（4）模型综合性能分析

总体来看，改进的 YOLOv7 在各项评测指标上表现均优于 EfficientNet 和 MobileNetV3。具体原因主要源于其独特的体系结构和综合使用的 PConv、ConvSE 机制，这两者不仅提升了特征提取的能力，而且有效地提升了信息传递的效率。相比之下，虽然 EfficientNet 和 MobileNetV3 在精确率方面表现良好，但其对细胞特征的采集能力相对不足，导致了较低的召回率，影响了整体的 F1 score 和 mAP@0.5。



上述实验结果表明，在显微镜下细胞识别的任务中，改进的 YOLOv7 凭借多种先进的技术手段，显著提高了识别精度和召回率，而 EfficientNet 和 MobileNetV3 在该任务中的应用效果相对较弱，为后续的深入研究和应用提供了有价值的参考依据。

4 结论

实验结果表明，改进的 YOLOv7 在各项性能指标上均表现优于原始模型，尤其在细胞检测的准确率和计算效率方面，体现出其在生物医学图像分析中的巨大潜力。

在分析实验结果时，我们注意到，引入 PConv 显著降低了模型的计算复杂度和内存访问频率，提高了执行效率。通过消融实验分析不同模型设计的影响，我们可以确认 SE 机制对精确率的提升作用显著，而 PConv 则在保证特征表达的基础上改善了计算效率。混合模型的引入综合了两者的优势，表现出色。在生物医学图像分析的实际应用中，细胞识别的任务面临着各种挑战，而改进的 YOLOv7 能够为这些挑战提供有效的解决方案。

参考文献

[1] Bray F，Ferlay J,Soerjomataram I, et al. Global Cancer Statistics 2018:GLOBOCAN Estimates of Incidence and Mortality Worldwide for 36 Cancersin 185 Countries[J].CA:A Cancer Journal for Clinicians, 2018,68(6):394-424.

[2] Koliopoulos G, Nyaga VN, Santesso N, et al.Cytology Versus HPV Testing for Cervical Cancer Screening in the General Population[J]. Cochrane DatabaseSyst Rev, 2017,8: CD008587.

[3] Girshick R, Donahue J, Darrell T, et al.Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation[C]. Conference on ComputerVision and Pattern Recognition, Columbus, OH, USA,2014:580-587.