

深度学习算法支持下的牙齿病变自动检测

白银 龚承基
西安外事学院

DOI:10.12238/bmtr.v7i2.13391

[摘要] 文章以深度学习算法为支持算法,对牙齿病变的自动检测进行分析。包括牙齿病变自动检测中的深度学习算法介绍,深度学习算法应用策略与应用效果。提出名义批次大小与权重参数调整、优化器替换与学习率衰减策略调整、评价目标选取等应用策略。研究结果表明,相较于其他算法而言,此次提出的深度学习算法在牙齿病变自动检测中更具优势。

[关键词] 深度学习算法; 牙齿病变; X光片; 自动检测

中图分类号: R782.11 **文献标识码:** A

Automatic detection of dental lesions supported by deep learning algorithms

Yin Bai Chengji Gong

Xi'an International University

[Abstract] This article analyzes the automatic detection of dental lesions using deep learning algorithms as supporting algorithms. This includes an introduction to deep learning algorithms in automatic detection of dental lesions, as well as the application strategies and effectiveness of deep learning algorithms. Propose application strategies such as adjusting nominal batch size and weight parameters, replacing optimizers and adjusting learning rate decay strategies, and selecting evaluation objectives. The research results indicate that compared to other algorithms, the proposed deep learning algorithm has more advantages in automatic detection of dental lesions.

[Key words] deep learning algorithms; Dental lesions; X-ray film; automatic detection

前言

在现代牙齿诊断过程中,X光片的快速智能化诊断是牙齿病变诊断中的关键一环。为自动化检测牙齿病变,研究者提出一种基于X光片检测数据集的深度学习算法,分析其在X光片牙齿病变区域检测中的应用效果,验证其准确率和适用性。

1 牙齿病变自动检测中的深度学习算法介绍

YOLOV5深度学习算法是研究者新提出的一种单阶段目标检测式机器学习算法,它可对类别以及目标区域做出同时检测,具有快速、准确、效果好等诸多优势。该深度学习算法的主要组成模块有四个。

第一是Input(输入端),其支持算法为Mosaic数据增强算法以及自适应锚框算法,前者负责随机缩放、排布和剪裁输入的图像,以数据集扩展的方式使模型具有更高鲁棒性;后者可将训练图片尺寸作为数据依托,计算Anchors最佳大小,以确保目标定位精准性。

第二是Backbone(基准网络),该模块中增设的Focus部分可对图片实施切片与特征提取处理;新增的CSP结构可将图片特征一分为二,一部分传给下个处理模块,另一部分先实施一次CBL操作(Conv卷积、正则化、函数激活),再实施降维卷积与激活处

理,最后实施一次CBL操作,操作后进入下一处理模块,与前一部分特征融合,从而使CNN网络具有更强的学习能力,并使其分析更加准确。

第三是Neck(特征融合),通过FPN和PAN结构结合的方式完成特征融合,前者通过上采样法由顶至下融合强语义特征;后者由底至上强行融合定位特征,以两者互补的方式,为网络赋予了更强的特征融合能力。

第四是Head(输出端),其结果回归方式有两种,第一是通过GIOU-Loss损失函数将目标框架以及预测框外接矩形最小面积引入,优化不相交框,对两框位置信息做出精准判断;第二是通过NMS非极大值抑制法对框内有无物体重合做出准确判断。

图1为YOLOV5深度学习算法基本组成模块示意图:

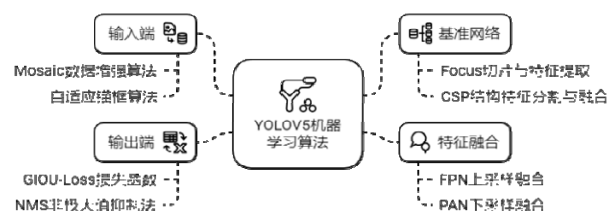


图1-YOLOV5深度学习算法基本组成模块示意图

2 牙齿病变检测中的深度学习算法应用策略

基于YOLOV5深度学习算法模型的基本组成模块及其应用功能等,在通过该算法对牙齿X光片中的牙齿病变进行自动化检测时,研究者可采取以下几项应用策略,第一是名义批次大小与权重参数的合理调整;第二是优化器替换与学习率衰减策略的合理调整;第三是检测算法评价目标的科学选取。以下是该深度学习算法在其中的主要应用策略分析。

2.1 名义批次大小与权重参数调整

将名义批次大小定为64,超参数定为32。因两者比值是2,所以确定每完成两次迭代后,便实施一次网络反向传播。如此便可提高GPU显存利用率,使矩阵乘法具有更高利用率。

考虑到该深度学习算法自带PyTorch框架有一点不足,即在通过自带优化器对权重参数实施正则化处理时,偏置参数也会被正则化处理,从而使模型不够灵活,甚至出现欠拟合情况。为应对该缺陷,研究者可将该模型能够学习的参数按偏置、权重以及BN三组划分,仅对权重参数实施正则化处理,以免偏置参数被动实现正则化。

2.2 优化器替换与学习率衰减策略调整

以Adam(自适应矩估计优化器)替换算法中既有的SGD(随机梯度下降优化器),如此便可快速找到适宜权重,使权重平滑衰减。具体调节时,该优化器可将一阶与二阶估计为基础,对各个权重参数做出自适应调节。再通过学习率偏置校正的方式,获得该算法的学习率范围。

对于该算法中的学习率衰减策略,研究者可将其调节成一维线性插值与余弦退火两种算法结合模式。通过一维线性插值法对学习率实施预热,使其数值不断增加。预热后,再以余弦退火法对学习率实施更新处理,使其发展趋势一直处于下降状态。如此便可使学习率达到良好的平滑衰减效果,机器算法模型也可快速收敛,从而获取到更好的收敛效果。

2.3 检测算法评价目标选取

对于该目标检测型深度学习算法而言,其评价指标种类有很多,最常见的指标包括P(精确率)、R(召回率)、A(准确率)F1(F1分数)以及mAP(均值平均精度)。

(1)P代表精确率,它指的是在所有预测出的正类样本总数里,属于真正正类的样本数量占比。P指标用于二分类网络评价,即检测全部可测边界框内的正确框比例。以下是其计算公式:

$$P = \frac{S_{TP}}{S_{TP} + S_{FP}} \quad (1)$$

其中, S_{TP} 代表样本为阳性的数量; S_{FP} 代表样本为假阳性的数量。

(2)R代表召回率,它指的是在所有真实正例总数里,能够被模型成功地预测成正类的样本数量占比。它是评估机器学习算法的一个重要指标,可对机器学习算法识别正类的能力做出准确衡量。R指标用来对正确边界框数量和真实数量之比进行检测。以下是其计算公式:

$$R = \frac{S_{TP}}{S_{TP} + S_{PN}} \quad (2)$$

其中, S_{PN} 代表样本为假阴性的数量。

(3)A代表准确率,它指的是机器学习模型能够正确预测出的样本数量在被测样本总数中的占比。A指标用来对正确边界框在全部样品内的占比进行检测。以下是其计算公式:

$$A = \frac{S_{TP} + S_{TN}}{S_{TP} + S_{TN} + S_{FP} + S_{FN}} \quad (3)$$

其中, S_{TN} 代表样本为真阴性的数量。

(4)F1代表F分数,F1指标是调和精准率以及召回率的平均数,它是两者计算结果的综合体。在机器学习算法评价中,该指标不仅可实现模型准确度的真实反映,也可更好地反映其完整性,是机器学习模型计算效果评价中最为常用的一个衡量指标。以下是其计算公式:

$$F1 = \frac{2PR}{P + R} \quad (4)$$

(5)mAP指标用来检测目标网络训练过程中的网络性能,其检测值与1越接近,代表目标类别与实际越相符,目标框与物体边缘越贴合。以下是其计算公式:

$$I_{mAP} = \frac{1}{N} \int_0^1 P(R) dR \quad (5)$$

其中, N 代表样本中的类别数量; $P(R)$ 代表召回率是R情况下的算法精确率。

3 牙齿病变检测中的深度学习算法应用效果分析

在完成YOLOV5深度学习算法应用策略确定,并制定了合理的应用方案后,研究者可通过试验验证的方式,确定其在牙齿病变自动检测中的应用效果。以下是此次研究中的深度学习算法应用效果试验分析。

3.1 多算法对比试验设计

为验证YOLOV5深度学习算法在牙齿病变自动化检测中的应用效果,研究者以试验的方式,对该算法和传统牙齿病变自动化检测中的SSD算法以及Faster-RCNN算法进行对比分析。试验中,研究者将Windows 10计算机操作系统用作试验系统,将Python用作试验编程语言,将Pycharm用作试验编译器,将Pytorch1.7.1选作试验网络框架。为满足此次试验中的深度学习算法训练及其数据处理等需求,研究者将intel CORE i5-10400芯片用作计算机处理器,将NVIDIA RTX 2060型GPU用作其GPU硬件。试验中应用的所有数据集均为专业牙医提供的牙齿检测X光片,通过Label Img对所有X光片进行标注,从而实现健康牙齿、牙根尖周病变以及龋齿三种不同区域的明确划分。深度学习模型训练中共应用了23884幅牙齿X光片,测试过程中共应用了5970幅牙齿X光片,将20474幅牙齿X光片选作深度学习模型训练集,将剩余3410幅牙齿X光片用作验证集。

基于创建好的数据集, 对此次研究的YOLOV5深度学习算法和传统牙齿病变自动化检测中的SSD算法以及Faster-RCNN算法分别进行训练以及测试, 通过记录和对比三种机器学习算法评价目标的方式, 判断YOLOV5机器学习算法的应用效果。

3. 2多算法对比试验结果

在通过上述方法完成YOLOV5深度学习算法和传统牙齿病变自动化检测中的SSD算法以及Faster-RCNN算法训练测试后, 研究者发现, 相较于传统牙齿病变自动化检测中的两种机器学习算法而言, 此次研究的YOLOV5深度学习算法在分析牙齿X光片时, 具有更高的精准率、召回率、准确率以及F1分数, 由此可见, YOLOV5深度学习算法在自动化检测牙齿病变时的应用效果较传统机器学习算法应用效果更加明显。表1为此次牙齿病变检测中的多算法试验结果对比情况:

表1-此次牙齿病变检测中的多算法试验结果对比情况

序号	项目	YOLOV5	SSD	Faster-RCNN
1	P (精准率)	98%	91%	67%
2	R (召回率)	96%	67%	69%
3	A (准确率)	96%	68%	64%
4	F1 (F1 分数)	97%	75%	68%

根据公式(5), 研究者在试验过程中, 通过P-R曲线绘制的方式, 分析了YOLOV5深度学习算法的mAP值, 以确定其网络性能。对于P-R曲线, 绘制时, 研究者将P精准率用作纵坐标, 将P召回率用作横坐标, 根据多次测试数据记录, 在平面直角坐标系中完成了P-R曲线图绘制。在此种情况下, 每一个类别P-R曲线图下方形成的面积均值便是其mAP值, 此次试验中的mAP数值是0. 985, 非常接近于1。由此可见, YOLOV5深度学习算法获取到的目标框与物体边缘具有很好的贴合效果, 这也进一步验证了该深度学习算法在牙齿病变自动化检测中的应用效果显著。

3. 3新算法应用效果评价

通过此次基于牙齿X光片的多算法训练测试试验发现, 相较于传统牙齿病变自动检测中的机器学习算法而言, 在YOLOV5深度学习算法下, 全部可测边界框内的正确框比例更高, 正确边界框数量和真实数量之比更大, 正确边界框在全部样品内的占比更大, 精准率以及召回率的平均数调 and 效果更好, 且目标类别与实际更加相符。由此可确定, 该深度学习算法在当前的牙齿病变

自动化检测中具有更高适应性。通过该算法对牙齿X光片进行分析, 可对其中的龋齿区域以及牙根尖周病变区域做出准确的自动化检测, 具有较为理想化的检测效果。

4 结束语

综上所述, 本次研究中, 研究者将牙齿病变自动检测方面既有的YOLOV5深度学习算法引入, 通过分析其基本组成模块和应用功能等方式, 研究了该算法在牙齿X光片分析中的训练和检测方法, 确定了该算法模型的多个评价指标, 从而合理确定了该深度学习算法在基于牙齿X光片的牙齿病变自动化检测中的应用路线。在此过程中, 研究者也通过该深度学习算法和两种传统机器学习算法对比试验的方式, 对其牙齿病变自动检测效果进行了验证。通过试验验证可知, 相较于传统牙齿病变自动化检测中的常用SSD以及Faster-RCNN两种机器学习算法而言, YOLOV5深度学习算法更具应用优势, 可对X光片中的牙齿病变区域做出准确识别, 具有良好的应用效果, 很适合应用到牙齿X光片分析中, 为牙齿病变的自动化和智能化诊断提供算法支持。

同时, 经进一步分析发现, 若将当前先进的可视化技术结合到该深度学习算法中, 通过热力图的形式展示该算法模型感兴趣的区域(即牙齿病变区域), 根据其感兴趣程度(即牙齿病变严重程度), 在热力图上呈现出不同颜色, 颜色越偏红, 代表该算法模型在计算时的感兴趣程度越高, 即牙齿病变程度越重。如此便可对该深度学习算法的计算结果展示效果做出进一步优化, 使其具备更强的可视化特征, 从而进一步提高该深度学习算法模型下的牙齿病变可辨识度, 为智能化牙齿诊断中的自动化牙齿病变检测工作提供更强的可视化技术支持。

[参考文献]

[1]刘丰,韩民,万军,等.基于深度学习的牙齿病变自动检测算法[J].中国激光,2022,49(20):7.
[2]黄泽伦.基于深度学习的牙槽窝愈合情况自动分级系统与智能决策树[C]//中华口腔医学会口腔种植专业委员会第14次全国口腔种植学术会议论文集.2023.
[3]张雅玲,于泽宽,何炳蔚.基于GCNN的CBCT模拟口扫点云数据牙齿分割算法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2020,32(7):1162-1170.

作者简介:

白银(1989—),女,汉族,陕西渭南人,副主任医师,硕士研究生,单位:西安外事学院,研究方向:口腔医学。