

基于无人机视觉的飞机蒙皮损伤自动检测方法

高军

上海民航职业技术学院

DOI:10.12238/acair.v2i3.8620

[摘要] 为克服飞机机翼蒙皮损伤目视检测中的时间耗费长、效率低下和精度不足等问题,提出一种结合了无人机视觉技术与YOLOv5算法的飞机蒙皮损伤智能检测方法。该方法首先规划无人机绕飞机飞行航线,无人机在飞行中将拍摄的飞机蒙皮画面实时回传至地面端,地面端利用YOLOv5算法对接收到的图像进行损伤类型与损伤程度的精确识别。通过这种方法,能够实现蒙皮损伤检测的自动化,并显著提升检测效率,从而为民航领域中的飞机蒙皮损伤智能检测提供有力的技术支撑。

[关键词] 无人机视觉; 飞机蒙皮; 损伤检测

中图分类号: V279+.2 **文献标识码:** A

Automatic detection method for aircraft skin damage based on drone vision

Jun Gao

Shanghai Civil Aviation College

[Abstract] In order to overcome the problems of long time consumption, low efficiency, and insufficient accuracy in visual inspection of aircraft wing skin damage, a smart detection method for aircraft skin damage combining drone vision technology and YOLOv5 algorithm is proposed. This method first plans the flight path of the drone around the aircraft. During the flight, the drone sends the real-time image of the aircraft's skin back to the ground end. The ground end uses the YOLOv5 algorithm to accurately identify the type and degree of damage received from the image. Through this method, the automation of skin damage detection can be achieved, and the detection efficiency can be significantly improved, providing strong technical support for intelligent detection of aircraft skin damage in the civil aviation field.

[Key words] drone vision; Aircraft skin; Damage detection

引言

飞机蒙皮是由合金或复合材料固定于飞机骨架上形成的流线型外表面,由于需要频繁应对包括恶劣天气在内的各种复杂环境,蒙皮很容易产生如疲劳裂纹、凹坑等表面缺陷,这些潜在的问题都可能对飞机的航行安全构成威胁^[1]。需要定期对飞机蒙皮进行损伤检测维修,及时发现处理潜在安全隐患,保障飞机安全航行。然而,当前主要依赖的地勤目视检测方法不仅工作量大、耗时长,而且很大程度上依赖于检修人员的专业经验。

根据飞机结构性维修手册,机翼蒙皮损伤分为五类:划痕、掉漆、铆钉损伤、变形和腐蚀。这五类损伤的维修等级需根据具体实际情况来判定,因此,在机务的日常工作中,对飞机机翼进行严格的目视检查变得至关重要。这一检查流程要求机务人员准确区分各类损伤,并判断是否需要立即维修,这无疑增加了飞机的地面停留时间,同时也极大地提升了机务人员的工作量。

为了弥补目视检测在应用中的不足,研究者们逐渐发掘了计算机视觉检测在飞机蒙皮检测中的显著优势^[2]。计算机视觉

技术以其高度自动化、非接触且无损害的特点,展现出高效、安全、广泛适用及检测全面的长处。随着自动化技术的持续进步,深度学习神经网络结构开始被应用于飞机蒙皮数据集的训练过程中^[3]。

为了实现飞机蒙皮损伤自动化检测,提高检测速度与检测精度,本文将无人机和计算机视觉进行结合,提前规划无人机绕飞机飞行航线,利用无人机搭载视觉设备将飞机蒙皮情况进行图像采集,再利用YOLOv5^[4]算法实现蒙皮损伤位置、属性的精确判断,达到飞机蒙皮损伤实时检测的目的,缩短飞机检修时长,降低机务工作量,提高机务人员在检查飞机蒙皮损伤时的效率。

1 飞机蒙皮损伤类别

飞机的飞行环境充满了复杂性和多变性,飞机蒙皮在起降过程中需要承受剧烈的压差波动。此外,它还极易受到雷击、环境腐蚀、外部物体撞击等多种因素的影响,从而导致裂纹、凹坑等损伤,这些损伤对飞机的安全飞行构成了严重威胁。飞机蒙皮的损伤大致有这几种情况^[5]:

(1) 划痕损伤: 飞机蒙皮表面常见的划痕损伤包括由疲劳引起的裂纹以及外部物体刮蹭导致的痕迹。

(2) 锈蚀损伤: 飞机长期暴露在多变的环境中, 受空气湿度等环境因素影响, 蒙皮表面, 尤其是接缝处, 容易发生腐蚀并产生锈迹。

(3) 脱漆损伤: 飞机蒙皮表面涂有油漆保护层, 但长期暴晒、雨水冲刷或轻微刮蹭都可能导致漆膜脱落, 形成脱漆损伤。

(4) 铆钉损伤: 飞机蒙皮通过铆钉固定在飞机的骨架结构上, 频繁的压差变化可能导致铆钉松动, 甚至在严重情况下会导致铆钉脱落。

(5) 变形损伤: 在起飞和降落过程中, 飞机有可能遭受飞行物的撞击, 或在机坪上由于操作失误而发生碰撞, 这些情况都可能导致蒙皮发生变形损伤, 严重时甚至会出现凹坑、破损或空洞等现象。

2 无人机绕检路径规划

针对飞机蒙皮损伤特征的特殊性, 我们需要对各类损伤进行精确的特征识别。这就要求检测模型在接收图像输入后, 能够准确地标出损伤的位置并识别其类型。本文将无人机视觉技术应用到飞机蒙皮损伤检测中, 整个检测过程划分为三个主要环节: 无人机绕检、图像处理以及损伤识别。在无人机绕检这一环节, 我们提出了一种全新的无人机绕检机翼的路径规划方法, 以提高检测效率和准确性。

飞机在机场停放时每次停放位置不同, 所以无法使用一条在空间中固定的飞行航线来执行无人机绕检, 且不同飞机型号绕检路径也不同, 这里提出一种新的无人机绕检飞行路径规划方法。在进行提前路径规划时, 以飞机的机体坐标系为基准, 坐标原点在飞机机头向前一定距离, 飞机纵轴方向为y轴, 飞机立轴方向为z轴, 在机体坐标系规划好无人机绕行轨迹, 如图1所示。不同的飞机型号可在机体坐标系下规划好不同的无人机绕行轨迹。

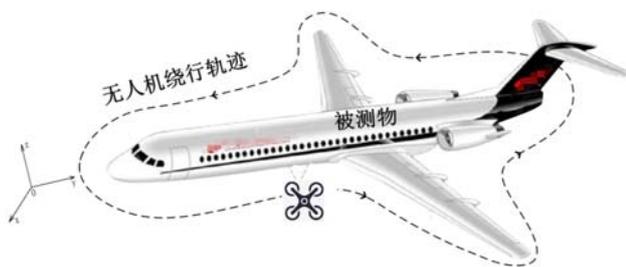


图1 无人机绕行轨迹示意图

在飞机改变停放位置时, 通过GPS设备测量机体坐标系原点、坐标轴方向, 计算出机体坐标系到地球坐标系的转换矩阵, 根据转换矩阵可以将机体坐标系中的飞行轨迹点转换到地球坐标系, 获得无人机在地球坐标系下绕行轨迹中各点的GPS坐标, 即获得无人机在地球坐标系下的绕行轨迹。在飞机型号变换时, 可以直接切换机体坐标系下已建立好的绕行轨迹, 经过转换后即获得对应机型的地球坐标系绕行轨迹。然后, 将绕行轨迹导入

无人机系统中进行绕行检查。

3 无人机图像采集

图像采集工作主要通过搭载双摄像头的无人机来完成。考虑到飞机蒙皮图像采集的实际情况相当复杂, 飞机蒙皮的向空面和向地面均要实现采集, 对无人机系统提出了较高要求。由于无人机自身搭载的单个摄像头无法实现上下全方位摆动拍摄, 因此需要设计双摄像头方案, 以确保能够全方位地采集图像。在进行无人机绕行轨迹规划时, 我们必须充分考虑飞机蒙皮图像采集的完整性, 确保所有蒙皮部分都能被采集到。为此, 我们需要根据不同机型的外形尺寸来确定无人机的绕检路径, 以确保采集工作的全面性和准确性。

无人机按规划路线飞行时, 摄像头同步拍摄画面, 并通过机载图传传递回地面端。地面端中包含蒙皮损伤目标识别模块, 对回传的飞机蒙皮画面实时进行损伤目标识别, 发现损伤后输出损伤位置并发出报警提示。本文中提出的图像处理方法中, 未将目标识别模块集成于无人机中, 可以减轻无人机的重量, 增长无人机飞行时间, 提高无人机飞行效率。

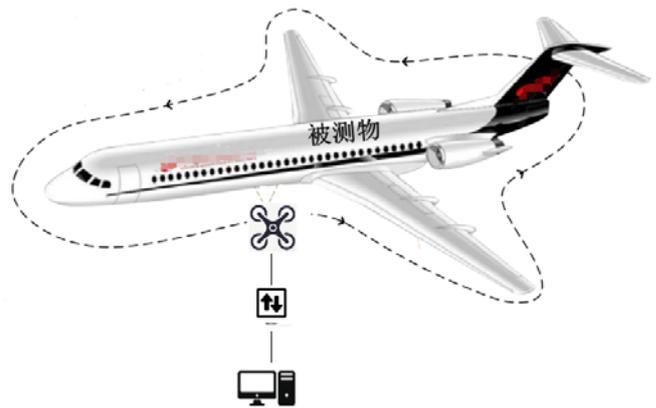


图2 无人机图像采集传输示意图

在无人机采集飞机蒙皮图像的过程中, 外部环境的变化可能会对图像采集造成干扰。例如, 大风、大雾等恶劣天气状况, 以及光照过强或过弱等因素, 都可能导致无人机飞行不稳定, 进而影响图像的清晰度, 最终降低检测模型的精度。为了应对这些挑战, 无人机需要根据不同的工作条件进行相应的调整。在遇到恶劣天气时, 我们可以通过提升无人机各硬件模块的强度和改进飞行姿态感知算法来增强无人机的稳定性。同时, 对于光照过强或过弱的问题, 我们可以调整无人机搭载摄像机的曝光度, 并在后续的图像处理单元中进行深度优化, 以确保机翼图像更加清晰, 更具实用性。这些措施将有助于无人机在各种环境下都能稳定、准确地采集到高质量的飞机蒙皮图像。

4 飞机蒙皮损伤自动检测

利用无人机搭载相机拍摄民航飞机蒙皮表面, 并对采集到的图像进行深入处理与分析, 是实现飞机蒙皮损伤迅速且精确检测的重要手段。随着计算机视觉技术的不断进步, 深度学习和卷积神经网络得到了广泛应用。在这个背景下, 我们采用YOLOv5

目标检测算法进行蒙皮损伤检测,该算法以检测速度快、精度高而著称。

YOLO算法将检测任务视为回归问题,它通过一个卷积神经网络(CNN)直接处理整张输入图像,进行特征提取,生成边界框,并计算各类别的概率值。这种方法实现了端到端的检测性能,其工作原理如图3所示。

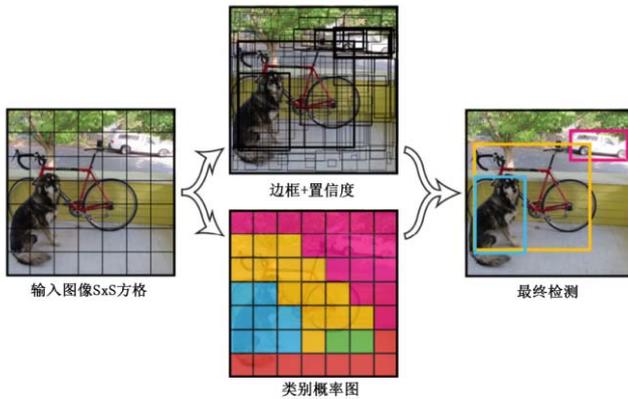


图3 YOLO网络原理图

采用YOLO算法实现蒙皮损伤目标自动检测,需要构建专门的飞机蒙皮损伤图像数据集以训练和优化模型。训练完成的模型将用于自动识别无人机采集的蒙皮图像中的损伤。

在深度学习领域,高质量的数据集对于提升模型精度至关重要。目前公开的数据集中缺乏针对飞机蒙皮损伤的图像。为了将YOLOv4目标检测算法成功应用于飞机蒙皮损伤检测,并发挥其实际应用价值,我们需要解决构建飞机蒙皮损伤图像数据集这一挑战。为了构建这一数据集,我们可以通过实地拍摄飞机蒙皮图像来收集数据。在拍摄损伤情况时,我们会从多个角度、距离和焦距曝光模式下进行拍摄,以确保获取到丰富多样的损伤样本图像,同时保持图像的相似性和不重复性。

飞机蒙皮损伤图像筛选后需要进行标注处理,在标注之前对飞机损伤图像特征分析,结合实际采集到的图像数据情况,将相似的损伤情况归类为同一类别,将飞机蒙皮为以下5类,依次

是:划痕损伤、铆钉损伤、脱漆损伤、锈蚀损伤、变形损伤。利用标准好的数据集,对YOLO算法模型进行训练,就可以实现对飞机蒙皮损伤的自动检测。此外,我们还可以在检测功能中加入损伤自动报警提示功能,以便机务人员能够及时发现损伤并了解其程度。

5 结论

本文旨在解决当前飞机机翼蒙皮损伤目视检测中存在的耗时长、效率低和精度差的问题,提出了一种基于无人机视觉的飞机蒙皮损伤智能检测方法。该方法以实际的飞机蒙皮缺陷检测为背景,借助无人机视觉技术,并运用YOLOv5算法目标检测模型,能够精确识别飞机蒙皮的损伤类型和损伤程度。通过这种方法,我们可以实现蒙皮损伤检测的自动化和高效率,从而为民航领域中的飞机蒙皮损伤智能检测提供有力的支持。

[项目支持]

2024年民航局教育人才类项目(项目编号:JYRC-2024-18);上海民航职业技术学院校级课题(项目编号:XJKT-2023-62)。

[参考文献]

- [1]吴军,石改琴,卢帅员,等.采用无人机视觉的飞机蒙皮损伤智能检测方法[J].中国测试,2021,47(11):119-126.
- [2]刘桂雄,刘思洋,吴俊芳,等.基于深度学习的机器视觉目标检测算法及在票据检测中应用[J].中国测试,2019,45(5):9.
- [3]李慧.飞机蒙皮图像的深度学习特征学习与损伤监测[D].北京邮电大学,2019.
- [4]魏英姿,苏迈.YOLOv5框架下的飞机蒙皮铆接缺陷检测[J].组合机床与自动化加工技术,2023(7):106-109.
- [5]董竞莹.基于无人机航拍的大型飞机表面缺陷检测技术[D].南京航空航天大学,2021.

作者简介:

高军(1984—),男,汉族,陕西神木人,博士,副教授,研究方向为无人机应用技术。