

基于粒子群优化的瑕疵打磨路径规划

肖璇 石涛 魏锦程

湖南工商大学，湖南长沙，410000；

摘要：随着工业自动化水平的不断提高，瑕疵检测技术在生产过程中逐渐显得尤为重要。本文围绕基于粒子群算法的瑕疵检测路径规划展开研究，提出了一种新的路径规划优化方法。针对传统路径规划算法在复杂环境下的局限性，采用粒子群算法（PSO）结合现有的瑕疵检测技术，旨在提高检测效率和准确性。通过对粒子群算法的改进，本文设计了一种适应性强、收敛速度快的路径规划模型，针对检测设备在不同工况下的灵活性需求，优化了检测路径的选择。在实验部分，利用仿真平台验证了提出算法的有效性，并与传统路径规划算法进行了对比分析。结果表明，基于粒子群算法的路径规划方法在瑕疵检测任务中具有明显的优势，能有效缩短检测时间，提高检测效率。此外，针对工业环境中的多变性和复杂性，本文还探讨了算法在实际应用中的可扩展性与适应性，为未来的研究提供了新的思路。研究表明，通过优化路径规划，不仅可以提升瑕疵检测的精准度，还有助于提升整体生产效率，为工业检测领域的发展贡献了新的理论基础和实践指导。

关键词：瑕疵检测；粒子群算法；路径规划；自动化；检测效率

DOI:10.69979/3041-0673.25.02.090

1 研究背景和内容

在现代制造业中，瑕疵检测作为确保产品质量的关键环节，受到了广泛的关注。传统的瑕疵检测方法存在人工干预多、效率低、易受主观因素影响等缺点，严重制约了检测的准确性与效率。因此，如何提高瑕疵检测的自动化和智能化程度成为研究的热点。近年来，随着计算机视觉、传感技术和人工智能的发展，自动化瑕疵检测技术逐渐成熟，机器人在工业检测中的应用逐步深入。与此路径规划算法的发展，尤其是粒子群算法的提出，为优化瑕疵检测过程中机器人的检测路径提供了新的思路。

粒子群算法作为一种基于群体智能的优化算法，通过模拟鸟群觅食行为，有效地解决了多维复杂问题中的优化需求。其在路径规划中的应用，使得机器人能够更高效地完成检测任务，减少资源浪费，提升工作效率。因此，通过结合粒子群算法与瑕疵检测技术，对检测路径进行优化，有助于推动工业检测技术的进步与创新。

本研究主要围绕基于粒子群算法的瑕疵检测路径规划展开，旨在提升工业检测效率与路径规划精度。分析现有瑕疵检测技术与路径规划算法的不足，明确结合粒子群算法的研究必要性。深入探讨粒子群算法的基本原理及其在路径规划中的应用，将其优势与不足进行归纳总结。研究将构建瑕疵检测路径规划模型，在此基础上进行参数设置与优化策略设计，以期获得更为精准的路径规划方案。

此外，本研究还将通过实验设计与方法论验证模型

的有效性，包括实验平台的搭建、方案的设计以及数据的采集与处理。通过对实验结果的分析，评估路径规划的效果和检测效率，并探讨算法在不同工业环境下的适应性及扩展性。针对未来研究方向，提出相应的改进建议，以促进粒子群算法在瑕疵检测领域的广泛应用和深度发展。

2 瑕疵检测技术的发展与现状

随着工业自动化和智能制造的快速发展，瑕疵检测技术逐渐成为保证产品质量的重要手段。早期的瑕疵检测多依赖人工检验，由于人为因素的干扰，检测效率低且易出现遗漏。随着计算机技术的发展，图像处理和机器视觉技术被引入到瑕疵检测中，这极大提高了检测的精度和效率。例如，基于图像处理的瑕疵检测系统能够实时分析产品图像，自动识别和定位缺陷，减轻了人工检测的负担。

路径规划算法在机器人、自动化和智能交通等领域中起着至关重要的作用。随着技术的进步，诸如 A* 算法、Dijkstra 算法和 TEB 算法等传统路径规划方法已被广泛应用于实际场景。这些算法各有其特点，如 A* 算法以其启发式搜索机制实现高效搜索，而 Dijkstra 算法则以其最优性著称。随着环境复杂度的增加，传统算法在处理动态障碍物和复杂环境时面临挑战。近年来，集成多种算法以提升路径规划性能的方法逐渐受到关注。例如，一些研究通过结合改进的 A* 算法与 TEB 算法，显著提高了路径规划的精度与效率。此外，多个学者探索了基于粒子群算法的路径规划，通过模拟群体智能，实现

实时优化。总之，路径规划算法的研究正朝着更高效、更灵活的方向发展，以适应日益复杂的工业和应用环境。

3 粒子群算法基础

3.1 粒子群算法原理

粒子群算法 (Particle Swarm Optimization, PSO) 是一种基于群体智能的优化算法，由 Kennedy 和 Eberhart 于 1995 年提出。该算法模拟鸟群觅食的行为，通过群体内个体之间的信息共享，iteratively 调整个体的位置，以找到问题的最优解。每个个体称为“粒子”，每个粒子在解空间中有一个位置和速度，代表其当前的解和搜索方向。在算法的运行过程中，粒子不仅受到自身历史最优位置的影响，还受到整个群体历史最优位置的影响，使得粒子能够快速收敛到最优解。

在每一次迭代中，粒子的速度和位置依据以下公式进行更新：粒子的速度由上一速度、个体最优位置和群体最优位置共同决定，而粒子的位置则通过速度进行调整。这种协作机制使得粒子能够在解空间中有效探索和开发，最终寻找到最优或次优解。PSO 算法具有实现简单、收敛速度快等优点，广泛应用于函数优化、路径规划以及其他领域。

3.2 粒子群算法的优势与不足

粒子群算法 (PSO) 是一种基于群体智能的优化算法，具有多种优势。PSO 算法的结构简单，易于实现，适合于各种应用场景。PSO 能在较短的时间内收敛到较优解，尤其在解决非线性、多峰问题时表现出良好的优化能力。此外，PSO 算法不依赖于梯度信息，适应性强，能够处理复杂的优化问题。

粒子群算法也存在一些不足之处。PSO 在处理高维问题时，容易陷入局部最优解，导致搜索效率降低。算法对参数设置较为敏感，不同的参数组合可能会显著影响最终的优化效果。此外，粒子群算法的收敛速度在某些情况下可能较慢，特别是在面对复杂的目标函数时，需通过改进机制加以克服。因此，在实际应用中，针对这些不足，需要对 PSO 进行改进，以提高其稳定性和优化性能。

4 瑕疵检测路径规划模型

在瑕疵检测路径规划的模型设计中，首先需要明确检测环境的特征及其动态变化，以便为路径规划提供准确的数据支持。模型的核心目标是优化检测路径，提高瑕疵检测的效率与准确性。因此，本文基于粒子群算法，设计了一种适合于复杂工业环境的路径规划模型。

模型的输入包括检测区域的地形信息、瑕疵的分布情况及障碍物的位置等，为实现全面的路径优化，使用

网格划分的方法将检测区域离散化，使问题具备明确的数值化特征。模型考虑了机器人运动的物理约束，确保所生成的路径在实际应用中可行。

在优化过程中，引入了适应度函数，对生成路径的有效性进行评估，适应度函数包括路径长度、检测时间和安全性等多重因素，以此实现多目标的路径优化。此外，粒子群算法的引入，使各个粒子能够在搜索空间中以群体合作的方式高效探索，从而提高全局搜索能力和收敛速度。通过设计合理的模型，本文为后续实验提供了有效的基础。

在瑕疵检测路径规划模型中，参数设置是确保算法有效性与实用性的关键环节。定义粒子群算法中的粒子数目，通常选择在 50 到 100 之间，这个范围能够平衡计算精度与效率。确定速度限制与位置边界，以避免粒子在搜索空间中超出预设范围，从而保证路径的可行性。此外，个人最优位置和全局最优位置的更新策略需明确，通常采用线性递减的方法，以促使粒子逐步收敛于最优解。

在瑕疵检测路径规划中，模型的优化策略至关重要。本研究主要采取以下几种优化策略：结合粒子群算法的特点，通过调整粒子的位置更新机制，提升模型对复杂环境的适应能力。具体而言，采用动态调整速度和位置的方法，使得粒子在搜索空间中能够更有效地探索，从而快速收敛到最优解。

引入混合优化策略，将粒子群算法与遗传算法相结合，利用遗传算法的优越全局搜索能力，克服粒子群算法容易陷入局部最优的缺陷。在此基础上，设计交叉和变异操作，增强算法的多样性，提高路径规划的性能。

此外，针对模型参数设置，进行敏感性分析，识别关键参数对优化结果的影响，通过合理调整这些参数，以优化模型表现。采用多目标优化的方法，考虑检测效率与路径长度的权衡，确保在满足瑕疵检测需求的实现路径规划的最优性。这些优化策略的实施，有助于提升模型在工业检测中的实际应用效果。

5 实验设计与方法

为验证基于粒子群算法的瑕疵检测路径规划模型的有效性，本研究搭建了一个系统的实验平台。该平台由多层次传感器阵列、控制器及进行数据处理的计算机系统构成。选择激光雷达与摄像头等传感器，确保其能够在复杂环境中进行实时数据捕获，并具备高精度的定位能力。传感器通过串口与控制器相连，形成一个高效的数据传输通道，从而实现实时反馈。

在计算机系统中，安装了必要的软件工具，包括数据分析与处理软件，以及粒子群算法的实现程序。该程

序能够根据传感器采集的数据,动态生成路径规划,并对瑕疵进行识别与定位。为保证实验的真实性,搭建了模拟工业环境,环境设置包括多种障碍物及不同的工作条件,通过调整这些参数,测试算法在不同情况下的表现。

本实验方案主要分为两个部分:实验对象的选择与实验流程的设计。针对瑕疵检测的目标,选择适合的工业物体作为实验对象,确保其在实际应用中的代表性。根据不同的瑕疵类型和检测需求,选取若干种具有典型特征的样本,以便全面评估算法的性能。接下来,实验流程的设计需涵盖路径规划与瑕疵检测的全过程。具体而言,首先在模拟环境中部署瑕疵检测设备,并通过粒子群算法进行路径规划,生成最优检测路径。然后,记录设备在实际运行中的检测效率与路径执行情况,包括检测时间和检测精度等指标。为确保实验结果的可靠性与可重复性,需设计多个实验场景,分别测试不同路径规划算法的表现以及在不同工况下的适应性。通过对比实验结果,分析各算法的优缺点,以此为后续优化提供依据。此外,还应关注环境因素对实验结果的影响,如光线、噪声等,力求实验条件的统一性。

在瑕疵检测路径规划的实验研究中,数据采集与处理是至关重要的一环。为确保数据的准确性和可靠性,实验平台选用了高精度的传感器与摄像设备,全面采集被检测对象的多维信息。传感器的选择不仅考虑其测量精度,还需适应不同工业环境的需求。此外,数据采集过程中,应设置合理的时间间隔,以避免因采集频率过高而导致的数据冗余或信息丢失。

数据处理方面,获取的原始数据需要经过预处理以消除噪声和干扰。这包括使用滤波算法去除传感器测量误差和环境噪声。在此基础上,运用数据融合技术将多源数据进行整合,提高信息的完整性和可靠性。接下来,通过机器学习算法分析处理后的数据,以提取出瑕疵特征并进一步优化路径规划。最终,所采集和处理的数据将为后续的实验结果分析提供坚实的基础,从而有效验证粒子群算法在瑕疵检测路径规划中的应用效果。

6 实验结果与分析

在实验中,通过基于粒子群算法的路径规划模型对瑕疵检测进行优化,将检测路径进行系统化规划,以提高检测效率和准确性。实验结果表明,所提出的模型能够在复杂环境中有效识别瑕疵,并制定出最优路径。在与传统路径规划方法的对比中,粒子群算法显示出更高的灵活性与适应性。具体而言,经过多次迭代,粒子群

算法能够快速收敛到理想解,不仅缩短了计算时间,还有效提升了路径规划的合理性。

在进行瑕疵检测路径规划的研究中,检测效率是评价算法性能的重要指标。通过对比不同路径规划算法的检测效率,能够更直观地评估所提粒子群算法的优势。实验结果显示,基于粒子群算法优化的路径检测效率明显高于传统的 A*算法和 TEB 算法。具体而言,在相同的检测环境下,粒子群算法所生成的路径较少出现冗余回路,且路径长度更短,从而减少了检测时间。此外,通过对多组实验数据的分析,我们发现粒子群算法在复杂环境中的适应性表现出色,其检测效率保持稳定。尤其在高密度障碍物的场景下,粒子群算法能够有效规避障碍,显著提高了检测成功率。因此,可以得出结论,粒子群算法在瑕疵检测路径规划中不仅提高了检测速度,还提升了整体检测效率,为工业缺陷检测提供了更为可靠的技术支持。

在本研究中,我们采用基于粒子群算法的瑕疵检测路径规划模型进行实验,通过对比不同路径规划算法的检测效率,得到了显著的结果。实验结果表明,基于粒子群算法的路径规划方案相较于传统算法显示出更优越的性能,尤其在复杂环境下的路径规划时间明显缩短。通过对路径规划结果的分析,我们发现该算法能够有效地避开障碍物,实现灵活的动态调整,适应性强。

参考文献

- [1]高欣宇, 田国富. 融合改进 A*和 TEB 算法的机器人路径规划组合机床与自动化加工技术, 2023 (8): 42-46+51.
- [2]高欣宇, 田国富. 融合改进 A*和 TEB 算法的机器人路径规划组合机床与自动化加工技术, 2023 (8): 42-46+51.
- [3]郑好, 冯毓靓雯, 蒲文杰, 等. 基于 Dijkstra 算法的封闭环境全局路径规划 [J]. 汽车实用技术, 2023, 48 (16): 7-11.
- [4]代婉玉, 张丽娟, 吴佳峰, 等. 改进 TEB 算法的局部路径规划算法研究 [J]. 计算机工程与应用, 2022, 58 (8): 283-288.
- [5]郑凯林, 韩宝玲, 王新达. 基于改进 TEB 算法的阿克曼机器人运动规划系统 [J]. 科学技术与工程, 2020, 20 (10): 3997-4003.
- [6]高熙强. 基于 TEB 算法的移动机器人运动轨迹规划研究 [J]. 农业装备与车辆工程, 2022, 60 (7): 126-129.