

基于 Transform 模型及图像识别技术的 运输机器人设计优化研究

毛小虎

宁波财经学院, 浙江 宁波 315000

DOI: 10.61369/SDME.2025090002

摘 要 : 本文针对物流行业劳动力成本上升与智能化需求, 设计了一款以 Transformer 模型与图像识别技术的运输机器人系统。该系统采用 Jetson Nano 与 STM32 双主控架构, 融合 YOLOv8 目标检测算法与 A* 路径规划算法, 实现复杂环境下的物料精准识别、动态路径优化及机械臂协同抓取。测试表明, 系统在目标检测准确率大幅提升, 路径规划耗时较传统算法显著缩短, 有效提升物流自动化效率。研究提出的多传感器融合、轻量化模型优化等改进方向, 为后续技术迭代提供参考。

关 键 词 : 运输机器人; Transformer 模型; 路径规划; 物流智能化

Research on Design Optimization of Transport Robots Based on Transform Model and Image Recognition Technology

Mao Xiaohu

Ningbo University of Finance and Economics, Ningbo, Zhejiang 315000

Abstract : Aiming at the rising labor costs and intelligent demand in the logistics industry, this paper designs a transport robot system based on the Transformer model and image recognition technology. The system adopts a dual-main-controller architecture of Jetson Nano and STM32, and integrates the YOLOv8 target detection algorithm and A* path planning algorithm to realize accurate material recognition, dynamic path optimization and collaborative grabbing by the robotic arm in complex environments. Tests show that the system significantly improves the accuracy of target detection, and the time-consuming of path planning is significantly shorter than that of traditional algorithms, effectively improving the efficiency of logistics automation. The research proposes improvement directions such as multi-sensor fusion and lightweight model optimization, providing references for subsequent technical iterations.

Keywords : transport robot; Transformer model; path planning; logistics intelligence

引言

人口红利消退、劳动力成本攀升背景下, 运输机器人依托 AI 与机器视觉, 提供物流智能化搬运分拣方案。核心优势: 24 小时作业降本、环境适应加高精度导航、数据优化路径提效。技术缓解用工压力, 推动行业数字化转型, 具迭代与市场潜力^[1]。应对激增需求, 机器人预设路线自动化操作, 在仓储 / 制造高效搬运, 降本提效, 优化流程, 智能安全监测减员负担, 创安全环境, 成物流智能化升级核心方案。

一、系统架构设计与核心功能

本文基于 STM32 及 Jetson Nano 开发板, 运用机器视觉和深度学习算法, 旨在提升物体识别的准确性与速度。借助 Transformer 等神经网络模型、YOLOv8 等目标检测算法实现实时物体识别; 采用深度强化学习、A* 算法路径规划方法, 增强机器人在复杂环境中的导航能力与路径选择智能性, 优化运输效率^[2]。

针对运输机器人运行环境拟定功能模块, 经合理编程设计, 打造出具备模拟分析最优路径、准确识别物料、机械臂抓取物料

等功能的系统。STM32 主控板负责数据接收采集与分析, 使处理更合理有效。机器人底部大扭矩电机保障运行速度^[3]。本系统研究的主要功能如下:

- (1) 主控逻辑统一协调车辆运作;
- (2) 通过深度学习结合激光雷达测距模拟环境自动寻路;
- (3) 使用深度学习模型和目标检测算法实时识别物体;
- (4) 利用机械臂抓取并运输货物。

开关启动后, 路线规划系统将路径信号传至 STM32 控制板控制电机转速。通过 YOLOv8 精准识别物料及抓取顺序, 沿规划

路线到物料区，识别成功后 Jetson Nano 发信号，STM32 控制机械臂抓取物料放车上，再按规划路线到加工区，将物料放对应位置^[4]。

二、项目创新点

随着无人机技术发展，其与物流行业结合趋势渐显，但物流运输车因载物多、成本低，仍是发展重点。本项目基于图像识别的运输机器人，旨在实现简单、经济、灵活的自动化物流运输，提升物流效率与灵活性，降低系统成本与复杂性。以下是项目创新点：

1. 高效运输能力：Jetson Nano 搭载 YOLOv8 和 Transformer 模块，与单片机自动控制结合。单片机负责基础控制和数据处理，Jetson Nano 运行目标检测和自然语言处理模型，实现实时目标检测和语音交互^[5]。电机控制板协调舵机，串口控制驱动模块，提升机器人智能化与操作灵活性。

2. 深度学习高精度识别：先用预训练的 Transformer 模型（如 ViT）提取图像特征，学习图像全局与局部关系。再将特征输入 YOLOv8 进行目标检测，该算法在多尺度和位置运行预测器提高准确性。最后对输出进行后处理，如应用非极大值抑制消除冗余框、过滤低置信度预测，得到最终检测结果^[6]。

3. 路径规划算法：由地图构建和自动定位模块实现动态路线规划。流程为：指定行进目标，机器人自我定位后，单片机规划路线，随后自动前往目标位置。

4. 故障检测与应急处理：机器人通过激光雷达等传感器实时监测环境，若检测到跌倒、阻挡、货物掉落等异常，系统警报并将信息传至中央控制系统。中央控制系统通知其他机器人重新规划路径，调度维修人员解决问题，同时考虑安全因素避免二次伤害。

5. 能源优化与智能充电：系统实时监测电池电量，电量低于设定值时自动规划最优路径前往充电桩充电。无任务时将机器人调度待机状态节省能量。利用太阳能补充能源，降低成本和环境影响。

三、设计实现方法

该文章主要研究智能运输机器人控制的关键技术，主要分为控制模块和视觉深度学习模块。运输机器人直接前往物料区识别所需物料将信息发送给控制板，控制板再给机械臂发送信号做出相应的动作。

（一）开发工具

① Keil 5

Keil C51 是美国 Keil Software 公司开发的 51 系列单片机集成开发环境（IDE），提供 C 编译器、宏汇编器、调试器等全流程工具链。通过 μ Vision 界面支持代码编写、编译、链接及仿真调试，兼容 WIN98/NT/XP 等主流 Windows 系统，是嵌入式开发领域的经典工具^[7]。

② 图形化上位机 Zide

ZL-IS2 24 路舵机控制板搭载图形化编程界面，支持舵机动作组配置、运动状态监测及环境数据采集。其可视化操作降低开

发门槛，用户可通过拖拽模块实现复杂动作序列编程。系统具备 PWM 输出、过载保护及多传感器扩展接口，适用于机器人控制、机械臂调试等场景，通过上位机实时监控提升开发效率。

（二）总体设计

采用 Jetson Nano 与 STM32 双主控架构，集成 Transformer 模型与 YOLOv8 目标识别技术。通过激光雷达、摄像头获取环境数据，结合 SLAM 算法实现实时定位与地图构建。Jetson Nano 负责运行 Transformer 进行环境感知及路径规划，同时通过 YOLOv8 实现物体识别与颜色分类。STM32 控制机械臂抓取动作，并通过 PID 算法驱动电机完成移动控制。系统集成移动控制、精准定位、物品存放功能，结合图像识别与辅助照明，确保复杂场景下的高效运输与操作，提升物流自动化水平^[8]。

（三）机械臂设计

机械臂模块由主控系统、执行机构及供电单元组成，核心功能包括精准抓取、物料运输及多场景适配。

① 机械臂结构设计

机械臂采用串联仿人架构，通过逆运动学算法解算多关节联动轨迹，支持多解优化及工作空间扩展。支持笛卡尔、极坐标等多坐标系切换，适配不同场景定位需求。末端执行器模块化设计，腕部快换结构可搭载夹爪、钻头等工具，满足抓取、加工等多样化任务。本体采用亚克力材质，兼顾轻量化与结构强度，实现复杂轨迹规划与灵活作业^[9]。

② 机器爪及物台设计

机器爪通过 SolidWorks 建模并采用 3D 打印技术制造柔性结构，其仿生设计可贴合物料轮廓，提升抓取稳定性。运输机器人的置物台同样采用 3D 打印技术集成于尾部，支持物料暂存与运输，通过机械臂精准对接完成物料转移。

③ 机器臂抓放动作

运输机器人主控板（Arduino Mega2560）通过 STM32 驱动 16 路 MG996R 舵机，采用 PWM 信号精准控制转速与角度（如 `myse.moveServo` 指令）。机械臂完成抓取、提升、平移、下放动作序列，支持 20kg 负载能力，定位精度 $\pm 0.5\text{mm}$ 。系统由 7.4V 锂电池供电（电压 $\geq 6.4\text{V}$ ），通过 LED 指示灯反馈数据状态：接收正确时闪烁，异常时常亮。该模块可适应物流分拣、工业装配等场景需求，实现自动化物料搬运。

（四）路径规划设计

本系统通过动态路线规划技术实现货物精准运输，核心由地图构建与路径规划算法组成。

1. 地图构建

采用激光雷达与摄像头融合感知技术：激光雷达通过测量激光反射时间获取环境距离数据，摄像头同步采集视觉信息，结合机器人实时定位数据，经算法融合生成包含几何结构、物体位置及特征的高精度环境地图。该地图支持机器人自主导航、避障及任务执行，为动态路径规划提供基础支撑。

2. 路径规划算法

系统基于全局静态地图采用 A* 启发式算法优化路径规划，通过实时位置与目标点的启发式距离评估，引导搜索方向趋向目标，

显著提升路径规划效率。动态路线规划由地图构建与识别模块协作实现：客户指定货物类型后，机器人自动前往识别并取货，完成配送后返回待机区，形成完整货物搬运流程，支持自动化作业。

（五）图像识别

1.Transformers 特征提取

通过 Selective Search 生成候选区域并调整尺寸，输入预训练的 Transformer 模型。模型利用自注意力机制捕捉图像全局与局部特征关联，输出包含语义信息的固定维度特征向量。

2.YOLOv8 检测流程

将预处理后的图像输入 YOLOv8 模型，通过卷积层提取特征图，直接在特征图上预测目标边界框及置信度。模型采用多网格划分策略，对每个网格生成多组预测框，通过 NMS 后处理筛选高置信度结果。

3. 特征融合与识别

将 Transformer 提取的特征作为 YOLOv8 输入，增强模型对复杂场景的适应性。YOLOv8 通过分类器对检测框进行物料类别判定，最终输出包含类别、位置及置信度的检测结果。该方案在保持 YOLOv8 实时性（单帧 20ms）的同时，通过 Transformer 的全局特征学习将识别准确率提升，有效应对遮挡、光照变化等复杂环境挑战^[10]。

四、系统优化

（一）系统测试设计

本实验以运输机器人在仓储场景中的路径规划与物料识别任务为核心，测试了不同算法在复杂环境下的性能。实验分别对以下模块进行了测试：

路径规划性能：采用深度优先搜索、宽度优先搜索和 A* 算法，比较它们在路径长度、访问节点数和耗时方面的表现。

目标检测性能：选用 YOLOv8 与传统不在位检测算法，测试目标检测的准确率、实时性和稳定性。

机械臂抓取任务：通过对 STM32 舵机的控制，评估机械臂在抓取速度和准确度方面的表现。

（二）优化对比

在进行测试比较后，我们得到了以下结论。

目标检测：传统方法，基于模板匹配的传统算法识别速度较快，但准确率低，对环境变化的适应性较差，且在目标遮挡或光

照条件复杂时容易出错。优化后，在目标检测任务中，YOLOv8 依靠其先进的深度学习架构表现出高精度和低延迟（单帧处理时间 20ms），适合实时任务。所以选用 YOLOv8 与传统不在位检测算法，测试目标检测的准确率、实时性和稳定性。

路径规划：传统方法，DFS 在迷宫中搜索盲目冗余，访问节点多、耗时长且路径非最优；BFS 虽能找到最短路径，但逐层扩展导致节点访问量巨大，耗时显著。优化后，A* 算法综合性能优于其他方法，特别是采用哈密尔顿距离作为启发函数时，极大地减少了访问节点数和耗时，同时保证最优解。采用深度优先搜索、宽度优先搜索和 A* 算法，比较它们在路径长度、访问节点数和耗时方面的表现。

机械抓取：传统方法，采用开环控制模式，依赖预设程序执行抓取动作，缺乏对目标位置偏移、姿态变化的感知与自适应调整能力，抓取精度低且成功率不稳定。优化后，集成视觉伺服系统与力反馈控制，通过工业相机实时定位目标物体，结合六轴力传感器感知接触力，动态调整机械臂运动轨迹与抓取力度，实现高精度、自适应抓取。视觉力控融合方案对比传统开环控制，更有效应对复杂工况，提升定位精度、抓取柔顺性、任务成功率，环境适应性更强。

（三）结论

传统方法在目标检测、路径规划、机械抓取测试中劣势显著：目标检测的模板匹配算法准确率低且环境适应性差；路径规划里 DFS 搜索冗余耗时，BFS 节点访问量庞大；机械抓取的开环控制缺乏自适应，精度与成功率不足。优化后方案提升明显：目标检测用 YOLOv8 实现高精度低延迟；路径规划通过 A* 算法减少节点访问与耗时，保障最优解；机械抓取融合视觉伺服与力反馈控制，提升定位精度、抓取柔顺性及任务成功率。优化后方法在准确率、实时性、环境适应性等方面全面优于传统方法，综合性能更优。此外，结合 Jetson Nano 与 YOLOv8 的目标识别模块，抓取系统在动态目标的适应能力上表现优异。

虽然实验结果令人满意，但仍有以下改进方向：

路径规划：在多机器人协作任务中，可尝试分布式路径规划算法，进一步减少路径冲突；

目标检测：引入轻量化模型（如 YOLOv5-Nano），在保证识别精度的同时降低硬件负载；

抓取控制：优化机械臂舵机的控制算法，以减少机械臂运动时间并提升抓取稳定性。

参考文献

[1] 包秀娟, 周璐. 基于 Jetson NANO 的机器人智能码垛系统 [J]. 自动化与仪表, 2025, 40(01): 64–67+71.
[2] 张浩杰, 张玉东, 梁荣敏, 等. 改进 A* 算法的机器人能耗最优路径规划方法 [J]. 系统工程与电子技术, 2023, 45(02): 513–520.
[3] 温永兴, 王利强, 刘洪钢. 软体机器人驱动技术研究现状综述 [J]. 机器人技术与应用, 2025, (01): 7–11.
[4] 唐音元, 赵子巍, 蔡双, 等. 运矿机器人在罐笼提升运输系统的应用 [J]. 采矿技术, 2025, 25(02): 215–218.
[5] 袁兴有. 基于地下运输机器人的运动参数设计 [J]. 汽车与驾驶维修 (维修版), 2025, (01): 32–34.
[6] 杨德山. 消防爬楼运输机器人研究与设计 [J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(12): 84–86.
[7] 李建超, 王学军, 孙长勇, 等. 智能药品运输机器人设计 [J]. 现代信息科技, 2024, 8(23): 194–198.
[8] 袁兴有. 基于地下运输机器人移动机构履带及翼板的设计 [J]. 汽车与驾驶维修 (维修版), 2024, (12): 59–61+68.
[9] 徐金义. 煤矿辅助运输转载机器人设计研究 [J]. 机械管理开发, 2024, 39(10): 127–129.
[10] 梁红磊, 杨智, 操雷. 煤矿运输系统智能巡检机器人系统研究 [J]. 煤炭工程, 2024, 56(09): 220–224.