

人工智能在电商仓储分拣物流中的应用研究

智 昶

江西理工大学商学院, 江西 南昌

收稿日期: 2026年6月15日; 录用日期: 2026年7月7日; 发布日期: 2026年7月20日

摘 要

在数字经济与电子商务持续扩张的背景下, 仓储分拣已成为制约电商物流履约效率、服务质量与成本控制的核心枢纽环节。从管理工程视角来看, 传统分拣模式高度依赖人工经验、固定输送线与静态分配规则, 难以有效应对订单碎片化、需求波动剧烈及多品类混流的现实挑战。人工智能技术凭借其强大的多模态数据感知、智能决策优化与柔性协同执行能力, 正推动电商仓储分拣从“机械自动化”向“认知智能化”演进。结合行业实践与现有文献, 本文深入识别了当前技术落地过程中面临的数据孤岛制约、初期投入成本高、标准化体系缺失、区域适配性差异及复合型人才断层等现实瓶颈。在此基础上, 提出云边协同轻量化部署、RaaS商业模式创新、数据治理与行业标准共建、产教融合及跨区域协同网络构建等系统性优化路径。研究表明, AI技术不仅显著提升分拣吞吐量与准确率, 更通过全链条数据贯通推动电商物流降本增效与绩效评价范式转型。

关键词

人工智能, 电商仓储, 智能分拣, 物流优化, 降本增效, 管理工程

Research on the Application of Artificial Intelligence in E-Commerce Warehouse Sorting and Logistics

Ga Zhi

Business School, Jiangxi University of Science and Technology, Nanchang Jiangxi

Received: June 15, 2026; accepted: July 7, 2026; published: July 20, 2026

Abstract

Against the backdrop of the continuous expansion of digital economy and e-commerce, warehouse sorting has become a core hub restricting the order fulfillment efficiency, service quality and cost

文章引用: 智昶. 人工智能在电商仓储分拣物流中的应用研究[J]. 管理科学与工程, 2026, 15(4): 789-796.

DOI: 10.12677/mse.2026.154077

control of e-commerce logistics. From the perspective of management engineering, traditional sorting modes rely heavily on manual experience, fixed conveyor lines and static allocation rules, which can hardly cope with practical challenges including fragmented orders, drastic demand fluctuations and mixed circulation of multi-category goods. With powerful capabilities of multi-modal data perception, intelligent decision optimization and flexible collaborative execution, artificial intelligence (AI) is driving the evolution of e-commerce warehouse sorting from “mechanical automation” to “cognitive intelligence”. Combined with industrial practices and existing literature, this paper thoroughly identifies practical bottlenecks in the process of technology implementation, such as data silos, high initial investment costs, the lack of unified standard systems, regional adaptation differences and the shortage of interdisciplinary talents. On this basis, it proposes systematic optimization paths including lightweight deployment based on cloud-edge collaboration, innovation of Robotics-as-a-Service (RaaS) business model, joint construction of data governance and industrial standards, integration of industry and education, as well as the establishment of cross-regional collaborative networks. The research results reveal that AI technology can not only greatly improve sorting throughput and accuracy, but also promote cost reduction, efficiency improvement and the transformation of performance evaluation paradigm for e-commerce logistics through full-chain data connectivity.

Keywords

Artificial Intelligence, E-Commerce Warehouse, Intelligent Sorting, Logistics Optimization, Cost Reduction and Efficiency Improvement, Management Engineering

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,我国电子商务交易规模保持高速增长,日均订单量已突破亿级规模,消费者履约时效预期不断缩短。订单结构呈现“小批量、多频次、高时效、强波动”的典型特征,传统仓储分拣模式在效率、准确率与柔性调度方面已显现出明显瓶颈。传统分拣系统多依赖人工识读、固定式交叉带分拣机与静态规则调度,存在劳动强度大、峰值应对能力弱、差错率高、空间利用率低及能耗偏高等痛点。在“双11”“618”等大促期间,订单洪峰往往导致分拣线拥堵、滑槽溢出与人工疲劳作业,直接拉低整体供应链响应速度与客户体验。国家邮政局发布的行业报告指出,我国智慧物流基础设施正加速迭代,但仓内作业自动化率与智能化决策水平仍存在显著区域与规模差异[1]。在此背景下,人工智能(AI)技术加速向物流场景渗透,为分拣环节的数字化、智能化升级提供核心驱动力。

当前学界与业界对 AI 在电商物流中的应用研究多聚焦于末端配送优化[2]、宏观供应链协同[3]或通用仓储管理[4][5],但针对仓储分拣这一高复杂度、高实时性、强耦合性核心环节的机理剖析、系统整合与落地路径研究仍显碎片化。分拣效率的提升不仅关乎仓内作业成本与空间周转,更直接决定下游配送时效、库存健康度与全链路服务质量。同时,分拣环节沉淀的海量实时数据,为物流企业实施精细化成本核算与多维绩效评价提供了底层支撑[6]。数据作为电商物流体系的“神经中枢”,其统计分析与智能优化已成为推动行业高质量发展的关键[7]。国际咨询机构亦强调, AI 与机器人技术的深度融合正在重塑全球仓储自动化格局,推动供应链从“成本中心”向“价值引擎”转变。

基于此,本文以电商仓储分拣物流为研究对象,旨在:(1)系统阐释 AI 技术赋能分拣环节的内在技术逻辑与理论框架;(2)深度剖析 AI 在视觉识别、柔性执行、动态调度与质量控制等典型场景的应用机

制；(3) 识别技术产业化过程中的关键约束与现实挑战；(4) 提出可操作的优化策略与演进路径。研究结果可为物流企业技术选型、系统集成商方案设计、区域物流枢纽建设及政策制定提供系统性参考。

2. 人工智能赋能电商仓储分拣的技术基础与理论逻辑

电商仓储分拣的智能化升级并非单一设备的替代，而是多源 AI 技术与物流业务流、数据流深度融合的系统工程。其技术支撑与作用机理主要体现在以下四个维度。

2.1. 数据驱动的智能决策范式转换

传统分拣调度高度依赖人工经验与静态规则库，缺乏对实时订单流与设备状态的动态响应能力。AI 的引入推动决策范式从“经验驱动”向“数据驱动”转变。通过构建统一的数据仓库与实时数据湖，系统可汇聚 WMS 订单信息、SKU 属性、设备 PLC 状态、环境温湿度及历史履约数据。基于机器学习算法，系统能够挖掘订单时空分布规律、SKU 关联度与设备损耗曲线，为分拣路径规划、波次生成与资源动态分配提供科学依据。数据流的贯通使分拣系统具备“感知-分析-预测-决策”的闭环能力，从根本上解决传统模式下信息滞后与决策僵化问题。行业实践表明，构建标准化数据底座是实现分拣系统智能化的先决条件，缺乏高质量数据治理的 AI 应用往往陷入“算法先进、业务脱节”的困境[8]。

2.2. 计算机视觉与多模态感知技术

包裹面单识别与轮廓检测是分拣作业的前置环节。传统条码扫描易受褶皱、反光、遮挡、倾斜等因素干扰。AI 视觉系统依托深度卷积神经网络(CNN)、Vision Transformer 与自监督学习架构，结合 3D 结构光、ToF 深度相机与多光谱传感器，实现包裹轮廓提取、面单 OCR 鲁棒识别、破损检测与体积重量估算。该技术可与语音交互、增强现实(AR)导航深度融合，构建三维仓储定位与操作指引系统，显著提升复杂光照、高速运动环境下的识别准确率与系统鲁棒性。在高速分拣场景下，基于改进 YOLOv8 与多尺度特征融合的目标检测算法，已能在 2.5 m/s 传送带环境中实现毫秒级包裹姿态估计与轨迹预测，识别准确率达 99.3%。多模态感知不仅替代人工扫码，更为下游机械臂抓取姿态计算与滑槽投放角度优化提供高精度空间坐标。

2.3. 智能调度算法与柔性执行控制

在分拣执行层，AI 通过强化学习(RL)、混合整数规划(MIP)与多智能体路径规划(MAPF)算法，实现 AGV/AMR 集群的动态编队、任务拆分与拥堵规避。结合云端资源调度平台与边缘计算节点，系统可实时响应订单流变化，实现“货到人”或“机器人到货”分拣模式。算法通过奖励函数设计，在最小化搬运距离、均衡设备负载与规避碰撞之间寻找帕累托最优解，显著降低跨区搬运距离与设备空转率。深度强化学习在动态环境下的序贯决策优势尤为突出，基于 DQN 与 PPO 混合架构的调度模型，可在多订单并发、设备局部故障等扰动下保持分拣线吞吐稳定[9]。柔性执行机构的引入，使分拣线从“刚性流水线”转变为“可重构柔性网络”，适应 SKU 碎片化与订单结构多变趋势。

2.4. 数字孪生与仿真优化理论

数字孪生(Digital Twin)概念由密歇根大学的 Michael Grieves 教授首次提出，核心是物理实体与虚拟模型实时映射、交互迭代[10]。基于物理引擎与实时数据流的数字孪生平台，可在虚拟空间中构建分拣线拓扑、设备状态、订单流与人员动线的全息映射。通过蒙特卡洛仿真、离散事件模拟与对抗性压力测试，系统可在实际部署前验证调度策略、产能边界与容错机制。国际研究表明，数字孪生驱动的分拣仿真可将系统上线前的策略验证周期缩短 60%，并有效识别潜在瓶颈节点[10]。数字孪生不仅缩短试错周期、降

低硬件投资风险，更支持“策略沙盒”运行：在虚拟环境中预演大促波峰、设备故障或极端天气场景，生成应急预案并反哺边缘控制策略，实现分拣系统的自适应优化与持续迭代。电商仓储分拣作业模式的升级迭代，本质是从设备驱动到数据驱动、从刚性执行到智能决策、从人工经验主导到全链路自主优化的渐进式变革过程。为清晰呈现这一变革脉络，电商仓储分拣从机械自动化到认知智能化的四阶段演进路径如图 1 所示。

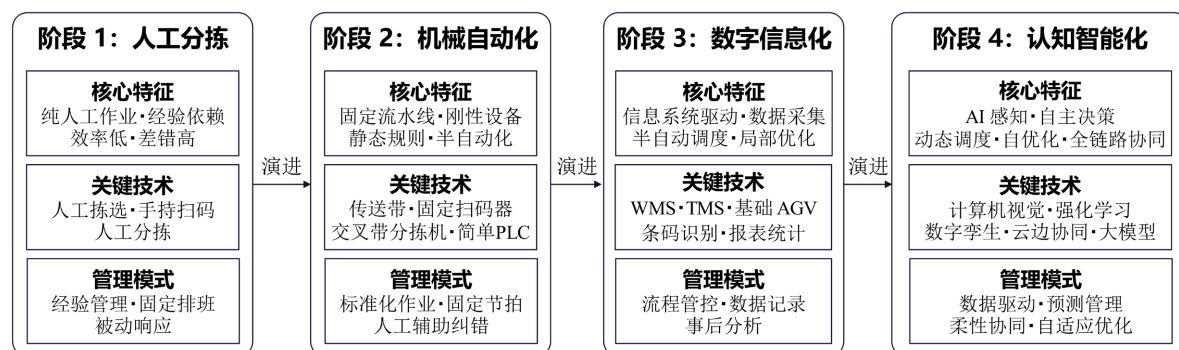


Figure 1. Evolution of e-commerce warehouse sorting from mechanical automation to cognitive intelligence

图 1. 电商仓储分拣从机械自动化到认知智能化演进

3. 人工智能在电商仓储分拣中的核心应用场景与运行机制

3.1. 智能视觉识别与信息采集自动化

AI 视觉分拣系统通过端到端目标检测(如 YOLO 系列、DETR)与多目标跟踪算法(如 DeepSORT)，替代传统人工扫码与固定读码器。在高速传送带(≥ 2 m/s)环境下，系统可毫秒级完成包裹身份绑定、流向判定与异常面单预警。结合注意力机制与数据增强技术，模型对异形件、软包装、反光材质及局部破损包裹的识别准确率稳定在 99.2% 以上，较传统方式提升近 20%。视觉识别模块与 WMS 实时交互，将包裹目的地、重量段、优先级等属性转化为结构化数据，直接驱动下游分拣执行机构，实现从“被动识读”到“主动解析”的跨越[4]。在实际部署中，视觉网关常采用边缘推理节点进行本地化特征提取，仅将结构化标签与异常日志上传云端，既保障低延迟响应，又降低网络带宽压力[11]。

3.2. 柔性机器人协同与动态分拣执行

面对 SKU 数量激增与订单结构碎片化，传统固定式分拣机柔性不足、改造成本高。AI 驱动的 AMR 集群与并联机械臂(Delta/SCARA)通过分布式控制协议与集群智能算法，实现按需调度与自适应抓取。系统依据实时订单热力图动态调整机器人路径优先级、充电策略与任务队列；机械臂则通过模仿学习与在线微调，快速适配新 SKU 的抓取参数(如夹爪力度、接触点、翻转角度)。该模式使分拣线可扩展性提升 40% 以上，设备闲置率降至 8% 以内，并支持“即插即用”式产能扩容[12]。在多智能体协同框架下，机器人群体具备自组织与自愈合能力，局部节点故障可通过任务重分配快速恢复，保障分拣线连续运转。国际物流自动化实践表明，AMR 集群与 AI 调度中枢的结合，使仓内分拣人力成本下降 55%，空间利用率提升 30%。

3.3. 数据预测驱动的智能波次规划与滑槽优化

分拣效率高度依赖上游波次规划与下游滑槽分配。基于长短期记忆网络(LSTM)、时序卷积网络(TCN)与图神经网络(GNN)，AI 可提前 48~72 小时预测各区域、各品类订单量级与商品关联度，生成“预分拣

波次”与“库区前置策略”。在滑槽分配环节，强化学习引擎结合实时流量预测实现动态重分配与“软分区”管理。当某滑槽接近容量阈值或下游打包线拥堵时，系统自动触发重路由指令，将后续包裹导向相邻空闲滑槽，并通过视觉反馈验证投放位置。该策略使滑槽利用率均衡度提升35%，错分率控制在0.05%以下，有效破解“局部溢出、全局等待”的传统分拣悖论。结合历史促销数据与外部变量(天气、节假日、社交媒体舆情)，多源时序预测模型可将波次匹配准确率提升至92%以上，显著降低跨区搬运与重复拣选成本。

3.4. 全流程质量监控与异常自愈合机制

分拣过程中的卡件、错投、设备过载传统依赖人工巡检与事后追溯。AI智能监控网络通过边缘计算节点实时比对“预期分拣路径”与“实际运动轨迹”，结合振动传感器、电流监测与视觉反馈识别异常状态。一旦发现包裹卡滞、机械臂偏差或传送带打滑，系统自动触发局部停机、姿态复位或AMR接管，并将故障模式、环境参数与操作序列录入知识库，供后续模型在线微调。该自愈合机制使平均故障恢复时间(MTTR)缩短至30秒内，系统可用性维持在99.2%以上，实现从“故障响应”到“预测性维护”的范式升级。近年来，大语言模型(LLM)开始引入仓储异常诊断领域，通过自然语言交互与知识图谱推理，辅助运维人员快速定位根因并生成处置预案，显著降低复杂故障的排查门槛[13]。

3.5. 人机协同与增强现实辅助作业

完全“无人化”并非最优解，人机协同更符合当前技术成熟度与经济性要求。AR眼镜与智能穿戴设备结合AI视觉定位，可为分拣员提供三维路径导航、包裹信息叠加提示与标准化操作指引。语音交互系统支持自然语言指令解析与异常上报，降低认知负荷与培训成本。AI算法根据员工技能水平、疲劳状态与历史准确率动态分配任务难度，实现“机器处理标准件、人工攻坚复杂件”的互补格局。该模式在保障分拣效率的同时，保留人类在异常判断、柔性调整与客户服务方面的不可替代性，符合物流业渐进式智能化转型规律。实证研究表明，AR+AI辅助分拣可使新员工培训周期缩短70%，作业差错率下降45%，人效提升显著[14]。

4. 应用成效与现实挑战的深度剖析

4.1. 应用成效：降本增效与模式重构

AI分拣技术的规模化应用已显现显著的经济与管理价值。一方面，自动化与智能化作业大幅降低人力依赖，提升单位面积吞吐率与空间利用率，直接推动物流企业实现降本增效[15]。另一方面，高精度分拣缩短订单履约周期，提升库存周转率与服务确定性，增强企业在国内国际双循环格局中的市场竞争力。从绩效评价视角看，AI赋能的分拣系统促使企业从单一财务指标(如人力成本、设备折旧)转向涵盖时效达成率、分拣准确率、能耗强度、设备OEE、柔性响应度等多维度的科学化评价体系，为资源精细化配置提供数据基座。在跨境电商场景中，智能分拣与海外仓协同可显著压缩国际物流周期，提升跨境贸易履约体验[16]。

4.2. 现实挑战

尽管前景广阔，AI在电商仓储分拣的落地仍面临多重制约：

(1) **数据孤岛与数字基础设施滞后**：多数仓储系统存在“信息孤岛”，WMS、TMS、设备PLC与AI算法平台接口协议不统一，数据延迟导致决策脱节。部分区域数字基建薄弱，5G覆盖、工业物联网与边缘算力不足，制约AI算法的实时响应与模型迭代[17]。数据质量参差不齐、标注成本高企，尤其在异形件、破损件场景下模型泛化能力受限。

(2) 初期投入高与 ROI 不确定性：智能分拣系统涉及硬件改造、算法授权、网络升级与系统集成，初始资本支出(CAPEX)高昂，投资回收期通常需 3~5 年。中小电商物流企业受资金与技术储备限制，难以承担全栈部署成本。部分企业盲目追求“无人化”概念，忽视人机协同的过渡路径，导致设备利用率偏低、投资回报率(ROI)不达预期。轻量化部署方案虽能缓解资金压力，但需平衡算力压缩与模型精度损失。

(3) 标准化缺失与跨域适配难题：AI 分拣缺乏统一的功能安全认证、数据交互规范与算法透明度标准。多品牌机器人通信协议不互通，限制跨厂区协同与柔性扩容。此外，城乡物流网络差异显著，农村及下沉市场仓储分拣在订单密度、基础设施、电力保障与人才储备方面仍面临适配挑战，通用型 AI 方案难以直接下沉[18][19]。

(4) 组织变革滞后与复合型人才断层：智能化分拣要求运维人员具备算法理解、数据分析、机电协同与流程优化能力，传统仓管人员技能转型滞后。企业若未同步推进组织架构调整、绩效考核更新与 SOP 重构，易出现“技术先进、管理滞后”的错配现象，制约 AI 系统效能释放。大模型等前沿技术的引入进一步放大了对“懂业务、通算法、精运维”复合型人才的需求缺口。

5. 优化路径与发展对策

5.1. 技术路径：云边协同架构与轻量化部署

推动 AI 模型压缩(如知识蒸馏、结构化剪枝、INT8/FP16 量化)与专用边缘推理芯片应用，降低对中心云算力的依赖。构建“云端训练 - 边缘推理 - 终端执行”三层架构，实现算法持续迭代、模型 OTA 更新与毫秒级低延迟响应。采用模块化 AI 组件(如即插即用视觉网关、标准化调度微服务、开放 API 接口)，便于现有分拣线渐进式升级，降低中小企业试错成本与改造风险。通过联邦学习技术，在保障数据隐私的前提下实现多仓模型协同训练，提升算法泛化能力。行业白皮书建议，中小型仓储企业应优先采用“边缘 AI 盒 + 云端策略库”的混合架构，以最小改造成本实现核心环节智能化跃升。

5.2. 商业模式创新：RaaS 服务与成本精细化管理

推广“机器人即服务”(RaaS)与“按分拣量计费”模式，将固定资本支出转化为可变运营成本(OPEX)，显著降低中小企业初始门槛。鼓励区域性共享分拣中心建设，通过 AI 智能调度实现多货主订单池合并、设备分时复用与运力潮汐调配，提升资产周转率。在成本核算层面，引入作业成本法(ABC)与时间驱动作业成本法(TDABC)，精准计量 AI 分拣各环节的资源消耗、能耗占比与价值产出。建立动态绩效评价框架，将 AI 带来的隐性收益(如差错率下降、客户满意度提升、碳足迹减少)纳入财务与运营双维考核。

5.3. 数据治理与行业标准共建

加快制定《智能仓储分拣系统接口规范》《AI 分拣算法安全评估指南》《物流数据分级分类保护标准》等行业规范，推动 OPC UA、MQTT、DDS 等开放工业协议普及。建立物流数据沙箱与可信数据流通机制，在合规前提下打通品牌商、平台方、物流企业与监管部门的数据壁垒。完善数字基础设施与网络安全防护体系，构建数据加密、访问控制与异常审计机制，为 AI 分拣提供稳定、可信、可持续的运行环境。鼓励行业协会牵头成立“智能分拣标准联盟”，推动设备互认、算法开源与测试认证体系建设，以标准化降低系统集成摩擦成本。

5.4. 产教融合与区域适配型人才培养

针对 AI+ 物流人才断层，高校、职业院校与企业应共建实训基地与产业学院，开发涵盖智能调度算

法、工业数据分析、机电运维与流程优化的交叉课程体系。通过“订单式培养”“现代学徒制”与职业技能认证,推动传统仓管人员向“智能分拣系统运维师”“数据分析师”转型。结合地方产业特征(如邢台等区域性物流枢纽),开展定制化技术赋能与人才孵化计划。针对农村电商物流场景,开发轻量化、低门槛、易维护的 AI 分拣适配方案,配套专项补贴与技术下乡服务,弥合城乡数字鸿沟。同时,应加强大模型辅助运维工具的开发,通过自然语言交互降低技术使用门槛,缓解复合型人才短缺压力。

5.5. 深化跨区域协同与国际化生态布局

立足国内国际双循环新发展格局,推动电商平台、物流企业、制造企业与监管部门深度协同。依托“一带一路”倡议与中欧跨境电商通道建设,输出智能分拣标准、技术方案与运营模式,优化海外仓节点布局与跨境分拣网络。通过 AI 驱动的跨境数据互通与多语种视觉识别,提升国际物流通道的稳定性、透明度与响应效率。构建开放、包容、可持续的全球电商物流生态体系,使中国智能分拣技术从“跟随应用”迈向“标准输出”与“生态引领”。国际经验表明,标准化与开放生态是技术全球化落地的关键,企业需提前布局数据合规与本地化适配策略。

6. 结论

人工智能技术正深刻重塑电商仓储分拣物流的作业范式与价值链条。通过计算机视觉感知、柔性机器人协同、强化学习调度、预测性波次规划与数字孪生仿真的深度融合, AI 显著提升了分拣吞吐量、准确率与系统柔性,有效应对电商订单的碎片化、波动性与多品类混流特征。同时, AI 驱动的数据贯通为全链路降本增效、作业成本精细化核算与多维绩效评价提供了底层支撑。然而,技术规模化落地仍受限于数据割裂、初期投入高、标准体系缺失、区域适配差异与组织管理惯性等现实约束。

未来,电商仓储分拣的智能化演进应坚持“业务牵引、分步实施、人机协同、数据赋能”的原则。物流企业需优先在视觉识别、动态调度、异常预警等高频痛点场景开展 AI 试点,避免盲目追求全栈无人化;技术供应商应聚焦轻量化模型、模块化架构与开放生态建设,降低部署门槛;政策制定者与行业协会需加速标准共建、数据流通机制创新与产教融合体系培育。随着云边协同架构成熟、物流垂直大模型落地、数字孪生高保真仿真普及及绿色低碳 AI 技术的发展,电商分拣物流将迈向更高阶的“自适应、自优化、可持续”智能形态。本研究为系统性理解 AI 在分拣环节的技术逻辑、应用机制与优化路径提供了分析框架,后续可结合具体企业实证数据、离散事件仿真建模与全生命周期经济性评估,进一步验证不同技术路线的鲁棒性与投资回报边界,持续丰富理论内涵与实践指导价值。

参考文献

- [1] 国家邮政局发展研究中心. 中国智慧物流发展报告(2024) [R]. 北京: 人民邮电出版社, 2024.
- [2] 曹湘玲. 人工智能技术在电商物流配送“最后一公里”中应用研究[J]. 办公自动化, 2026, 31(2): 113-116.
- [3] 张玲雅. 电商物流协同发展问题研究[J]. 商业经济研究, 2022(17): 106-108.
- [4] 张福仁. 人工智能在电商物流仓储管理中的应用[J]. 中国物流与采购, 2025(19): 185-186.
- [5] 李土金. 人工智能在电子商务物流的应用探究[J]. 商场现代化, 2025(15): 53-55.
- [6] 郑婷婷, 张瑞辑. 数字经济下电商物流企业成本控制与绩效评价[J]. 会计之友, 2025(S1): 45-48.
- [7] McKinsey & Company (2022) The Future of Warehouse Automation: AI, Robotics, and the Supply Chain Reset. McKinsey Global Institute.
- [8] 中国物流与采购联合会. 智能仓储分拣系统技术白皮书(2025) [M]. 北京: 中国财富出版社, 2025.
- [9] 王健, 刘志强, 陈明. 基于深度强化学习的多 AGV 仓储分拣路径动态规划[J]. 自动化学报, 2023, 49(8): 1652-1665.

-
- [10] Chen, Y., Wang, L. and Liu, H. (2023) Digital Twin-Driven Simulation and Optimization for E-Commerce Sorting Systems. *International Journal of Production Research*, **61**, 5120-5138.
- [11] 赵志刚, 孙伟, 钱晓明. 云边协同架构下智能仓储调度算法的轻量化部署研究[J]. 物流技术, 2024, 43(2): 78-86.
- [12] 高兵. 智能仓储技术对跨境电商物流的影响与对策[J]. 中国物流与采购, 2025(9): 119-120.
- [13] 刘洋, 黄志刚. 基于大语言模型的智能仓储异常诊断与决策辅助系统[J]. 系统工程理论与实践, 2024, 44(11): 2890-2905.
- [14] 张海涛, 李娜, 周宇. 机器视觉在高速包裹分拣中的目标检测与姿态估计研究[J]. 计算机集成制造系统, 2024, 30(4): 1123-1135.
- [15] 常河山. 人工智能助推物流企业降本增效[N]. 现代物流报, 2025-09-17(009).
- [16] 程凤英. “一带一路”倡议对中欧跨境电商物流通道建设的推动作用[J]. 中国航务周刊, 2025(32): 48-51.
- [17] 胡凤仪. 数字化技术在跨境电商物流信息追踪中的应用[J]. 中国航务周刊, 2026(5): 94-96.
- [18] 谭斌斌, 韩笑, 杨文. 基于智能物流技术的邢台地区电商物流配送优化策略研究[J]. 河北科技工程职业技术大学学报, 2025, 42(3): 115-119.
- [19] 邵舒羽, 李亚铎, 李泽睿. 新一代人工智能技术赋能农村电商物流高质量发展研究[J]. 物流研究, 2025(3): 54-58.