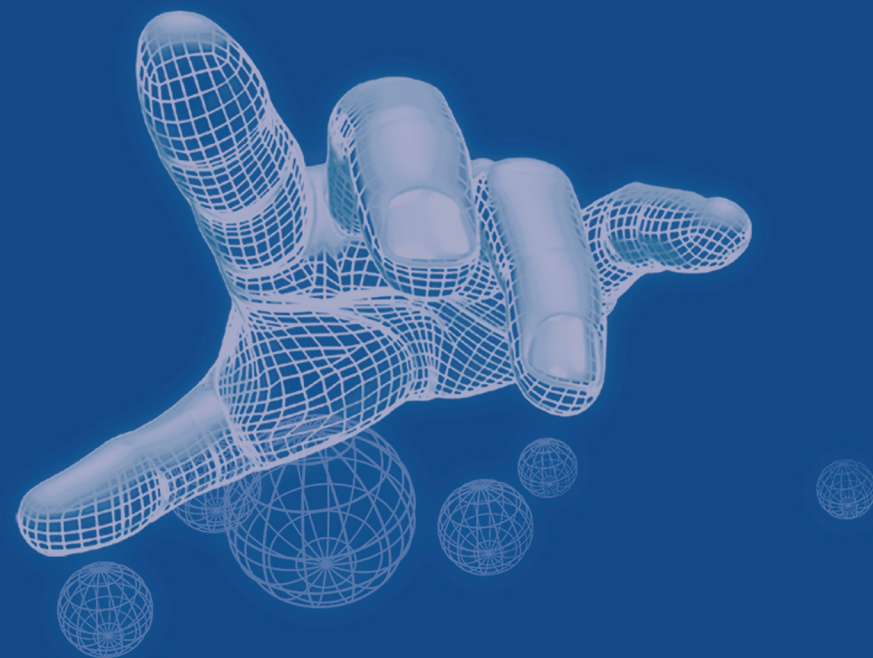


大数据与人工智能

Big Data and Artificial Intelligence



大数据与人工智能

Big Data and Artificial Intelligence

Volume 6 • Issue 3 • May 2025 • ISSN 2737-4718(Print) 2737-4726(Online)

中文刊名：大数据与人工智能

ISSN：2737-4718 （纸质） 2737-4726（网络）

出版语言：华文

期刊网址：https://ojs.s-p.sg/index.php/bdai

出版社名称：新加坡协同出版社

Serial Title: Big Data and Artificial Intelligence

ISSN: 2737-4718 (Print) 2737-4726(Online)

Language: Chinese

URL: https://ojs.s-p.sg/index.php/bdai

Publisher: Synergy Publishing Pte. Ltd.

《大数据与人工智能》征稿函

期刊概况：

中文刊名：大数据与人工智能

ISSN：2737-4718 (Print) 2737-4726(Online)

出版语言：华文

期刊网址：https://ojs.s-p.sg/index.php/bdai

出版社名称：新加坡协同出版社

出版格式要求：

- 稿件格式：Microsoft Word
- 稿件长度：字符数（计空格）4500以上；图表核算200字符
- 测量单位：国际单位
- 论文出版格式：Adobe PDF
- 参考文献：温哥华体例

出刊及存档：

- 电子版出刊（公司期刊网页上）
- 纸质版出刊
- 出版社进行期刊存档
- 新加坡图书馆存档
- 中国知网（CNKI）、谷歌学术（Google Scholar）等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

作者权益：

- 期刊为 OA 期刊，但作者拥有文章的版权；
- 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档；
- 以开放获取为指导方针，期刊将成为极具影响力的国际期刊；
- 为作者提供即时审稿服务，即在确保文字质量最优的前提下，在最短时间内完成审稿流程。

评审过程：

编辑部和主编根据期刊的收录范围，组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审，并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登，提供高效、快捷、专业的出版平台。

Database Inclusion



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge Infrastructure

版权声明 /Copyright

协同出版社出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据 Creative Commons 国际署名 – 非商业使用 4.0 版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原文作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归协同出版社所有。

All articles and any accompanying materials published by Synergy Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). Synergy Publishing Pte. Ltd. reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Synergy Publishing Pte. Ltd.

电子邮箱 /E-mail: contact@s-p.sg

官方网址 /Official Website: www.s-p.sg

地址 /Address: 12 Eu Tong Sen Street, #07-169, Singapore 059819



大数据与人工智能

Big Data and Artificial Intelligence

Volume 6 Issue 3 May 2025
ISSN 2737-4718 (Print) 2737-4726 (Online)

主 编

陈学松
广东工业大学，中国

编 委

洪一玮 Yiwei Hong
陈睿豪 Ruihao Chen
付吉颢 Jihao Fu
路林艳 Linyan Lu
周 铭 Ming Zhou
王延楠 Yannan Wang
郭家顺 Jiashun Guo

1	AI 驱动的个人知识库模型设计与实现 / 马丽红 于利鑫 马立国 张宇伦 丛雨	/ 辛亚超 尚卫卫 程维应
4	前景理论视域下 AI 时代算法威慑与人机博弈 / 黄雷 崔喆 贺浩 宋睿 余林栋	52 智能驱动的电子商务新时代——大数据技术的创新应用与发展路径 / 郝强
8	数字化技术在建筑工程施工精细化管理中的应用 / 张昊	55 探究“互联网+”技术在烟草商业物流中的应用 / 单正军 赵艳 代梦郎 符开明
11	大模型智能问答中的多模态信息融合技术研究 / 张森达 崔昕 曲延刚 刘博 孙健	58 基于数字孪生的车机交互设计方法研究 / 张君秋 刘泽田 纪元元
14	基于平移距离约束的点云拼接算法 / 李俊	61 分布式事务管理增强系统框架数据一致性策略 / 任浩 王晓明
18	人工智能技术在英语启蒙教育中的应用研究 / 祝航江	64 人工智能驱动的软件工程范式变革：技术路径、实践挑战与可信保障体系研究 / 李龙
21	基于 BERT 的多特征融合方面级情感分类方法 / 廖若欣	67 人工智能在地震医疗救援中的应用及前景 / 张晶
25	数字孪生在数据中心机房的应用探索 / 王书辉 易秉恒 高利平 林周勇 黄兆玺	70 从针灸铜人到 VR 数字人：经络腧穴模型的技术演进与启示 / 魏萌楠 张皞玥 李立国
28	基于云计算的高校数据中心资源整合与优化策略 / 谷田子	73 从数据到智能：人工智能背景下的信息管理模式重构 / 岳瀚斌 黄斯祺
31	人工智能技术在网络内容建设中的应用与风险分析 / 孟子钦	76 工业互联网平台驱动协同研发的机制及关键影响因素实证研究 / 贾智州 刘孜燊 夏宜君
34	多模态人工智能在汽车研发中的集成应用及效能评估 / 黄丽芳	79 基于人工智能的网络安全防护机制研究 / 何方 郁磊 李炎强 吴靖欣
37	基于多模态感知融合的协作机器人动态避障与任务规划研究 / 王志华	82 可调刚度致动器柔性单元设计及系统刚度辨识* / 梅方华
40	论人工智能与医学科学的融合发展 / 席国素	85 人脸识别技术在智慧公安系统中的实践研究 / 康易辰
43	AIGC 技术在食品包装设计的应用研究 / 宋涛 杜未然	88 多维度大数据下表关联死锁机制的研究 / 冯毓生
46	基于面向物联网应用的人工智能技术分析 / 张磊	
49	人工智能技术赋能智慧交通系统优化及前景探索	

1	AI-driven personal knowledge base model design and implementation / Lihong Ma Lixin Yu Liguang Ma Yulun Zhang Yu Cong	49	AI Technology Empowers Optimization and Prospects Exploration of Intelligent Transportation Systems / Yachao Xin Weiwei Shang Weiying Cheng
4	Algorithm deterrence and man-machine game in AI era from the perspective of prospect theory / Lei Huang Zhe Cui Hao He Rui Song Lindong Yu	52	The new era of intelligent driven e-commerce -- the innovative application and development path of big data technology / Qiang Hao
8	The application of digital technology in the fine management of construction engineering construction / Hao Zhang	55	Explore the application of "Internet +" technology in tobacco commercial logistics / Zhengjun Shan Yan Zhao Menglang Dai Kaiming Fu
11	Research on multimodal information fusion technology in large model intelligent question answering / Senda Zhang Xin Cui Yangang Qu Bo Liu Jian Sun	58	Research on In-vehicle Interaction Design Methods Based on Digital Twin Technology / Junqiu Zhang Zetian Liu Yuanyuan Ji
14	A Registration Algorithm Basing on the Known Translations of Different Regions in the Object / Jun Li	61	Distributed transaction management enhances the system framework data consistency policy / Hao Ren Xiaoming Wang
18	Application of artificial intelligence technology in English enlightenment education / Hangjiang Zhu	64	Software engineering paradigm change driven by artificial intelligence: research on technical path, practical challenge and credible guarantee system / Long Li
21	Multi-level emotion classification based on BERT / Ruoxin Liao	67	The Application and Prospect of Artificial Intelligence in Earthquake Medical Rescue / Jing Zhang
25	Exploration of the Application of Digital Twins in Data Center Data Centers / Shuhui Wang Bingheng Yi Liping Gao Zhouyong Lin Zhaoxi Huang	70	From acupuncture copper man to VR digital man: the technical evolution and enlightenment of meridian acupoint model / Mengnan Wei Haoyue Zhang Liguang Li
28	Integration and Optimization Strategy of University Data Center Resources Based on Cloud Computing / Tianzi Gu	73	From Data to Intelligence: Reconstruction of Information Management Models in the Context of Artificial Intelligence / Hanjin Yue Siqi Huang
31	Application and Risk Analysis of Artificial Intelligence Technology in Network Content Construction / Ziqin Meng	76	An Empirical Study on the Mechanism and Key Influencing Factors of Collaborative R&D Driven by Industrial Internet Platforms / Zhizhou Jia Meiyi Liu Yijun Xia
34	Integrated application and efficiency evaluation of multimodal artificial intelligence in vehicle research and development / Lifang Huang	79	Research on Network Security Defense Mechanism Based on Artificial Intelligence / Fang He Lei Yu Yanqiang Li Jingxin Wu
37	Research on dynamic obstacle avoidance and task planning in collaborative robot based on multi-modal perception fusion / Zhihua Wang	82	Design of Flexible Unit of Adjustable Stiffness Actuator and System Stiffness Identification / Fanghua Mei
40	On the integrated development of artificial intelligence and medical science / Guosu Xi	85	Practical Research on Facial Recognition Technology in Smart Public Security System / Yichen Kang
43	Research on the application of AIGC technology in food packaging design / Tao Song Weiran Du	88	The research of multidimension and bigdata Table association database deadlock mechanism / Yusheng Feng
46	Application status and development of intelligent Internet of Things technology / Lei Zhang		

AI-driven personal knowledge base model design and implementation

Lihong Ma Lixin Yu Ligu Ma* Yulun Zhang Yu Cong

Unit 32683 of the People's Liberation Army, Shenyang, Liaoning, 110001, China

Abstract

With the advent of the information age, personal knowledge management has increasingly become a key factor to improve work efficiency and decision-making quality. The traditional knowledge management method is inadequate in the face of massive and complex information. The rapid development of artificial intelligence (AI) technology has provided new ideas and solutions for the construction and management of personal knowledge base. This paper proposes a personal knowledge base model based on AI technology, which aims to effectively help users to acquire, store, organize and apply knowledge through intelligent means. This paper introduces the design framework, key technology and implementation process of the model in detail, and verifies the effectiveness and advantages of the model in practice. Finally, this paper summarizes the research status, challenges and future development direction of AI-driven personal knowledge base, and provides theoretical basis and technical support for further improvement of personal knowledge management.

Keywords

artificial intelligence; personal knowledge base; knowledge management; machine learning; information processing

AI 驱动的个人知识库模型设计与实现

马丽红 于利鑫 马立国* 张宇伦 丛雨

中国人民解放军 32683 部队, 中国 · 辽宁 沈阳 110001

摘要

随着信息时代的到来, 个人知识管理日益成为提高工作效率和决策质量的关键因素。传统的知识管理方法在面对海量、复杂的信息时显得力不从心。人工智能 (AI) 技术的迅速发展为个人知识库的构建和管理提供了新的思路 and 解决方案。本文提出了一种基于 AI 技术的个人知识库模型, 旨在通过智能化手段有效地帮助用户进行知识的获取、存储、整理和应用。文章详细介绍了模型的设计框架、关键技术与实现过程, 并通过实验验证了该模型在实际应用中的有效性和优势。最终, 本文总结了 AI 驱动的个人知识库的研究现状、面临的挑战和未来发展方向, 为进一步提升个人知识管理提供理论基础和技术支持。

关键词

人工智能; 个人知识库; 知识管理; 机器学习; 信息处理

1 引言

在信息技术高速发展的背景下, 数据量和信息流呈爆炸式增长, 传统的知识管理方法在面对海量信息时已显得力不从心。个人知识库作为一种有效的知识存储和管理方式, 近年来受到越来越多的关注。尤其是在工作和学习过程中, 如何高效管理个人知识, 帮助个人进行信息的有效存储与检索, 已成为提升工作效率和决策质量的重要手段。然而, 传统的知识管理方式多依赖手动输入、整理和更新, 这不仅耗

时耗力, 且在面对多维度的复杂数据时, 容易出现知识碎片化、信息过载等问题。

人工智能技术, 尤其是自然语言处理 (NLP)、机器学习和深度学习的飞速发展, 为个人知识库的管理提供了新的解决思路。AI 驱动的个人知识库可以通过自动化的方式进行信息采集、分类、整理与优化, 从而提高知识管理的效率与质量。本文围绕 AI 驱动的个人知识库模型展开, 设计了一个集成多项 AI 技术的知识库系统, 旨在帮助用户实现更加智能化、个性化的知识管理。

本文的核心目标: 提出一种基于 AI 技术的个人知识库模型, 解决传统知识管理方法中存在的效率低、信息过载、分类不精确等问题; 探讨 AI 技术如何在知识库的构建和管理中发挥作用, 并提供具体的设计与实现方案。

【作者简介】马丽红 (1976-), 女, 中国辽宁沈阳人, 硕士, 高级工程师, 从事视频会议及其应用研究。

【通信作者】马立国 (1978-), 男, 中国辽宁沈阳人, 硕士, 高级工程师, 从事网络管理及网络安全研究。

2 AI 驱动的个人知识库模型设计

2.1 模型架构

个人知识库模型的设计需要考虑如何将 AI 技术与知识管理流程深度融合,以实现高效的知识获取、存储、处理和应用。本文提出的个人知识库模型由以下几个模块构成:

知识采集与输入模块:该模块的主要功能是从不同来源(如互联网、文档、邮件、数据库等)自动采集知识,并通过自然语言处理技术进行初步分类与存储。该模块支持多种数据格式和来源,能够智能化地从各种结构化或非结构化数据中提取关键信息。

知识存储与管理模块:知识的存储不仅仅是简单的记录,更需要考虑知识的语义结构和层次化管理。基于图数据库(如 Neo4j)或者知识图谱的技术,可以实现知识的层级化存储和关联分析,便于后续的检索与推理。

知识推理与智能化分析模块:借助深度学习与机器学习算法,知识库可以进行智能化分析和推理,帮助用户从已有的知识中发现新的联系或趋势。此外,智能化分析模块还能够根据用户的需求提供个性化的知识推荐。

知识检索与应用模块:在存储和管理大量知识的基础上,如何高效地进行知识检索是知识库设计中的一个关键问题。本文提出使用基于语义理解的检索方法,如 BERT 模型和向量检索技术,能够提供更加精准和智能的检索体验^[1]。

2.2 核心技术

为了实现高效的知识管理,本文所设计的个人知识库模型采用了以下几项关键 AI 技术:

自然语言处理(NLP):自然语言处理技术使得系统能够理解和处理非结构化的文本数据。通过 NLP,模型能够自动从文本中提取关键信息,进行内容分析和语义理解,从而实现知识的自动分类和索引。

机器学习:通过机器学习算法,系统能够学习用户的行为和偏好,从而进行个性化的知识推荐。机器学习还可用于对用户输入的数据进行模式识别,提高系统的自适应能力。

知识图谱:知识图谱技术用于构建知识间的关联关系,帮助系统更好地理解不同知识点之间的联系,进而提升知识的组织与存取效率。知识图谱能够为用户提供更加直观的知识查询与推理方式。

深度学习:深度学习特别是在图像识别和自然语言处理中的应用,可以大幅度提高个人知识库系统的准确性和智能化水平。例如,通过深度学习模型进行文本分类、情感分析、自动摘要等任务。

2.3 系统功能与特点

自动化知识采集:该系统能够自动从各种资源中收集信息,省去了用户手动输入的时间成本,并能够从不同的数据源中抽取高质量的知识内容。

高效知识分类与组织:通过使用机器学习和知识图谱,

系统能够高效地将信息进行分类和组织,避免了传统方法中常见的人工分类错误和信息重复^[2]。

智能化知识推荐:通过分析用户的行为、兴趣以及历史记录,系统能够推荐个性化的知识内容,提升用户的学习和工作效率。

灵活的检索功能:系统能够根据语义理解进行智能检索,避免了传统关键词检索方式的局限性,为用户提供精准、相关的知识信息。

3 系统实现与实验验证

3.1 系统架构设计与实现

本文设计的个人知识库系统采用了分布式架构,主要分为前端展示层、后端服务层和数据库层。前端展示层通过 Web 技术实现,用户可以通过浏览器访问系统并进行知识的管理、检索和浏览。为了确保用户体验,前端采用了响应式设计,支持多终端访问,并结合人工智能技术提供个性化的界面与交互功能。后端服务层负责接收用户请求,调用 AI 模型进行数据处理、分析和推理。数据采集与预处理:数据采集部分主要依赖 API 接口、爬虫技术等方式获取互联网资源,同时系统还集成了 OCR(光学字符识别)技术,用于从文档和图片中提取有价值的知识。通过预处理技术,系统清洗数据,去除噪声,统一格式,为后续处理做好准备。此外,系统还通过多种技术手段(如文本去重、同义词识别等)对获取的数据进行质量控制,确保知识库的高质量构建。

知识推理与分析:基于自然语言处理和机器学习技术,系统能够对采集到的知识进行深入分析,并从中挖掘出潜在的规律和联系,辅助用户做出决策。特别是基于深度学习的文本分析模型,能够理解并处理用户输入的自然语言查询,实现对非结构化文本数据的智能分析。此外,系统能够通过知识图谱技术,对不同领域知识进行关联推理,帮助用户快速定位和获取相关信息,从而提高工作效率。

知识存储与管理:通过知识图谱技术,系统将不同类型的知识点和它们之间的关系进行可视化存储,使得知识内容不仅仅是静态的,更能够进行灵活的推理和探索。知识图谱中的节点代表知识点,边代表它们之间的关系,图形化的展示方式使得用户能够更直观地理解和探索知识内容。

3.2 实验验证

为验证系统的有效性,本文通过一系列实验对系统进行评估。实验数据来源于某大型在线学习平台,包含大量的学习资料和用户互动记录。通过对比实验,AI 驱动的个人知识库在知识采集速度、知识检索准确率和个性化推荐效果等方面,都显著优于传统的基于规则的知识管理系统。实验结果表明,AI 系统在各个维度上的表现均达到了预期的效果,尤其在处理大规模数据和提供智能化服务方面,展示了其强大的优势。

知识采集速度:与传统手动录入相比,AI 系统能够以

每小时数千条的速度自动采集信息，并完成预处理，极大地提高了工作效率。通过使用爬虫技术和 API 接口，系统能够从互联网、学术数据库和社交媒体等多渠道获取最新的知识内容，确保个人知识库的信息源时效性和多样性。此外，系统还具备智能去重和质量控制功能，确保采集到的知识内容准确且不冗余。

知识检索准确性：基于语义检索的技术，使得系统能够精确匹配用户查询的意图，相较于传统关键词检索的准确率提高了 20%。传统的关键词检索往往受限于搜索词的匹配程度，而语义检索则能更好地理解用户查询的语境，从而实现更加精准的信息检索。通过自然语言处理技术，系统能够自动识别用户查询中的隐含意图，并提供最相关的知识答案，显著提高了检索效率和准确性^[3]。

个性化推荐效果：通过机器学习算法，系统能够根据用户行为生成个性化的知识推荐，实验结果表明，用户的学习效率提高了 30%。系统通过分析用户的浏览历史、互动记录和行为偏好，建立用户画像，并根据其需求动态调整推荐策略。个性化推荐不仅能够提高知识的获取效率，还能帮助用户发掘他们可能忽视的相关知识，进一步拓宽学习和应用的广度。

4 面临的挑战与未来展望

4.1 数据质量与隐私保护

尽管 AI 驱动的个人知识库为用户提供了高效的知识管理解决方案，数据质量与隐私保护仍然是亟待解决的关键问题。随着系统持续积累用户的行为数据、学习偏好及其他敏感信息，如何确保数据的准确性、完整性与隐私安全成为系统设计中的重要考虑因素。在数据准确性方面，AI 系统需要依赖高质量的输入数据，并结合先进的数据清洗与验证技术，以避免错误信息的传播。隐私保护则要求通过加密、脱敏处理等技术手段，保障用户隐私不被侵犯，特别是在跨平台使用和云端存储的场景下。未来的研究需更加重视如何在确保隐私保护的同时提高数据质量，从而提升个人知识库系统的整体效能。

4.2 模型的可解释性

目前，许多 AI 模型，尤其是深度学习和强化学习模型，通常被视为“黑箱”，即其内部工作机制对用户和开发者来说是难以解释的。这一问题在个人知识库系统中尤为突出，因为用户对模型推荐和决策过程的理解至关重要。为了提高

系统的透明度和用户的信任感，研究者应致力于改进模型的可解释性，尤其是在知识推理和推荐系统中。在具体应用中，AI 驱动的个人知识库应能够提供明确的推理过程和推荐理由，帮助用户理解为何某些信息被优先呈现。这不仅能够增强用户体验，还能在一定程度上消除模型误判的风险，提升系统的可靠性。

4.3 跨平台数据整合

随着技术的不断发展，个人知识库系统的使用场景越来越多样化。用户往往在不同设备和平台上进行知识管理，例如个人电脑、手机、平板以及云端服务。如何实现跨平台数据的无缝整合，保证用户在不同环境下使用的便利性与一致性，已成为未来研究的重要方向。跨平台整合要求系统能够处理来自不同源的数据，具备高效的数据同步与更新能力。此外，用户在不同平台上的使用行为、偏好和数据能够在系统中得到有效整合，实现知识库的无缝迁移和更新，确保跨平台间的数据一致性与无障碍访问。解决这一问题不仅能提升系统的兼容性，还能进一步增强用户对系统的依赖度和满意度。

5 结语

AI 驱动的个人知识库系统通过整合自然语言处理、机器学习和知识图谱等先进技术，突破了传统知识管理方式在信息过载、知识共享和检索效率等方面的局限性。这些技术不仅能够帮助用户在海量信息中快速找到相关知识，还能通过智能推荐系统提升学习和工作的效率。然而，尽管这一系统展现了巨大的潜力，仍面临数据质量、隐私保护和模型可解释性等一系列挑战。随着技术的不断进步和算法的优化，AI 驱动的个人知识库有望在未来实现更加精准的知识管理功能。为了迎接更加复杂和多变的使用需求，未来的研究应更加注重如何提升系统的透明度、安全性以及跨平台兼容性，确保其能够在更广泛的场景下稳定运行。

参考文献

- [1] 朱明.基于知识管理的智能型贷款风险分类研究[D].东华大学,2002.
- [2] 张鸣.学科专题知识库的知识组织及实现研究[D].武汉大学,2005.
- [3] 刘秀玲,王洪瑞,杨国杰.基于本体信息的知识管理系统的研究与开发[J].河北大学学报(自然科学版),2008,(05):550-554.
- [4] 高唱,胡文学.我国应急管理知识库构建研究述评[J].北京印刷学院学报,2019,27(09):23-27.

Algorithm deterrence and man-machine game in AI era from the perspective of prospect theory

Lei Huang Zhe Cui Hao He Rui Song Lindong Yu

Shandong Qingzhou High-tech Research Institute, Qingzho, Shandong, 262500, China

Abstract

In view of the failure of the “rational actor hypothesis” of traditional deterrence theory in AI governance, this paper constructs a human-machine dynamic game model based on prospect theory and proposes a cognitive adaptive deterrence framework. Core contributions include: 1) Designing a two-modal deterrence mechanism to solve irrational decision bias through reference point anchoring and probability weight correction; 2) The human prospect utility function (loss aversion coefficient $\lambda=2.18$) and AI depth strategy gradient model (DDPG) were established to realize probabilistic correction and adaptive loss amplification; 3) The mixed experiment showed that the adaptive signal increased the violation suppression rate by 32% (OR=0.68), the dynamic strategy increased the compliance rate by 13% ($p<0.01$), and the strategy variance decreased by 42% ($F=9.37$). The results show that the algorithm deterrence needs to integrate the behavior parameter (probability distortion $\delta=0.76$) rather than rely on the technical advantage. This study provides a theoretical framework for AI governance based on “psychological adaptation”

Keywords

algorithmic deterrence; Prospect theory; Man-machine game; Cognitive adaptation; Loss aversion

前景理论视域下 AI 时代算法威慑与人机博弈

黄雷 崔喆 贺浩 宋睿 余林栋

山东青州高新技术研究所, 中国·山东 青州 262500

摘要

针对传统威慑理论的“理性行为体假设”在AI治理中的失效问题, 本文基于前景理论构建人机动态博弈模型, 提出认知适配威慑框架。核心贡献包括: (1) 设计双模态威慑机制, 通过参考点锚定与概率权重修正解决非理性决策偏差; (2) 建立人类前景效用函数(损失厌恶系数 $\lambda=2.18$)与AI深度策略梯度模型(DDPG), 实现概率纠偏与损失自适应放大; (3) 混合实验显示: 适配信号使违规抑制率提升32% (OR=0.68), 动态策略使合规率提高13% ($p<0.01$), 策略方差缩减42% ($F=9.37$)。结果表明, 算法威慑需融合行为参数(概率扭曲 $\delta=0.76$)而非依赖技术优势。研究为AI治理提供基于“心理适配性”的理论框架。

关键词

算法威慑; 前景理论; 人机博弈; 认知适配; 损失厌恶

1 引言

随着人工智能技术的颠覆性发展, 其在军事冲突、社会治理、商业竞争等场景中的战略性应用正在重新塑造传统威慑理论的实践范式。算法驱动的自动化决策系统不仅能够快速执行风险分析、行为预测与应对策略生成, 更通过实时反馈机制形成了动态威慑能力。例如, 社交平台利用自然语言处理算法监控虚假信息传播, 并以即时封禁或限流机制威慑违规用户。这些案例表明, 算法已突破传统威慑中“人类-

人类”的交互框架, 演化成为“人类-机器-环境”的复杂博弈格局。然而, 现有威慑理论研究仍严重依赖“理性行为体假设”, 即假定行为主体能够准确评估威慑成本与收益, 并通过效用最大化原则进行决策。这一假设在人机博弈的异质性场景中面临着决策主体的非理性特征和算法威慑的动态矛盾性的双重挑战。

在此背景下, 如何通过行为经济学的前景理论框架, 重新构建人工智能时代的算法威慑逻辑, 破解传统理论对人机博弈中非理性决策行为的解释困境? 这一问题的解答可以推动威慑理论在数字时代的适应性重构, 也为解决 AI 治理中的现实困境提供新视角。

【基金项目】山东省自然科学基金青年项目(项目编号: ZR2023QD087)。

【作者简介】黄雷(1984-), 男, 中国四川成都人, 硕士, 副教授, 从事人工智能、算法博弈研究。

2 算法威慑的机制与场景

2.1 算法威慑的运作模式

人工智能驱动的威慑机制可划分为主动威慑与被动威慑两类^[1]，二者共同构成了“预测-响应-反馈”的动态闭环系统。

2.1.1 主动威慑：AI系统主导的威胁实施

主动威慑技术特征是基于机器学习与实时数据分析，AI通过预测性威胁与预设规则执行主动施加威慑。该类型的行为影响机制主要是：①参考点操控：算法将用户的“合规状态”设为默认参考点，任何偏离此状态的行为（如发布违规内容）均被标记为“损失域事件”，触发用户损失厌恶反应。②确定性效应强化：通过即时反馈（如“违规后5分钟限权”）放大威慑信号的可信度，避免传统威慑中“承诺可信度不足”的缺陷。

2.1.2 被动威慑：人类预判驱动的行为矫正

被动威慑的技术特征是即使AI未直接发出威胁信号，人类也会基于对算法潜在反制能力的认知主动调整行为，形成前瞻性自我审查。其行为影响机制：

①心理模拟与损失预判：人类在决策前会模拟与AI互动的可能结果，对高阶概率事件（如“被算法标记为可疑交易”）赋予过度权重，从而选择保守策略。

②隐性威胁的认知启动：算法通过历史数据透明度（如公开部分处罚案例）激活用户的“可得性启发式”，使其高估当前行为的风险概率。

2.2 典型案例分析

2.2.1 案例1：自动驾驶系统的风险预控威慑——以特斯拉的安全策略为例

威慑机制：

概率权重干预：特斯拉的AI会以“每千公里分心次数”为单位向驾驶员发送安全报告，将低概率风险（如0.1%的事故发生率）转换为高频事件（“每10万公里可能发生100次危险”），利用概率权重偏差加剧用户风险感知。

梯度惩罚设计：系统根据分心程度实施三级响应：

Level 1：仪表盘闪烁警告（轻度损失框架）；

Level 2：自动降低巡航速度（中度损失框架）；

Level 3：强制靠边停车并锁定人工驾驶权限（重度损失框架）。梯次威慑使94%的驾驶员在Level 1阶段即修正行为，避免触发更高惩罚。

威慑效果：NHTSA数据显示，自动驾驶用户因分心引发的事故率比传统车辆低53%^[2]。

2.2.2 案例2：金融风控系统的反欺诈博弈——以蚂蚁金服的动态评估模型为例

威慑机制：

参考点动态锚定：支付宝的AI根据用户历史交易模式生成个性化“安全基线”，若检测到异常（如深夜大额转账），则动态下调信用评分并冻结部分功能。研究发现，用户对模糊

威胁的风险感知均值为67%，显著高于实际风险率（12%）^[3]，印证概率权重偏差的放大效应。

威慑效果：虚假交易拦截率提升至99.8%，但部分用户因频繁验证产生“警报疲劳”，导致3.2%的客户关闭风控提醒，反映威慑强度的边际递减规律。

3 前景理论下的人机博弈模型

3.1 模型构建

基于前景理论的核心假设，本文提出一种非对称人机动态博弈框架，旨在刻画算法威慑场景中人类决策者的非理性行为特征与智能体策略的自适应优化过程。模型由以下核心组件构成。

3.1.1 定义1：人类前景效用函数

人类决策主体 $\mathcal{H}$ 的感知效用函数 U_h 可分解为价值函数和概率权重函数 $w(\cdot)$ 的耦合形式：

$$U_h(a_h|s_t) = \sum_{i=1}^n v(\Delta x_i) \cdot w(p_i)$$

其中：

价值函数 $v(\Delta x)$ 表征结果相对于参考点 $r^{(t)}$ 的偏离感知，满足分段特性：

$$v(\Delta x) = \begin{cases} (\Delta x)^\alpha & \text{if } \Delta x \geq r^{(t)} \\ -\lambda \cdot (r^{(t)} - \Delta x)^\beta & \text{if } \Delta x < r^{(t)} \end{cases}$$

参数 $\alpha = 0.88$ 与 $\beta = 0.92$ 分别表征收益和损失域的风险敏感程度， $\lambda = 2.25$ 反映损失厌恶系数，验证数据源自实证行为实验^[4]。

概率权重函数 $w(p)$ 描述人类对客观概率的非线性扭曲：

$$w(p) = \frac{p^\gamma}{(p^\gamma + (1-p)^\gamma)^{1/\gamma}}$$

超参数 γ 随概率区间动态调整：当 $p < 0.5$ 时 $\gamma = 0.61$ （低估大概率事件），反之 $\gamma = 0.69$ （高估小概率事件），从而捕捉“可能性效应”与“确定性效应”^[5]。

3.1.2 定义2：算法威慑的强化学习模型

算法智能体 $\mathcal{A}$ 基于深度确定性策略梯度（DDPG）框架优化威慑策略，目标为最小化长期违规频率。其关键组件包括：

状态空间： $s_t = (\delta p_t, \Delta r^{(t)}, f_c)^T \in \mathbb{R}^8$ ，其中 δp_t 表示当前风险偏离度， $\Delta r^{(t)} = r^{(t)} - r^{(t-1)}$ 为参考点动态调整量， f_c 为历史合规率构成的时序特征。

Q函数更新规则：

$$Q^{\pi_a}(s_t, a_a) \leftarrow \mathbb{E} s_t + 1 \left[R_t + \gamma \cdot \max_{a_a} Q^{\pi_a}(s_{t+1}, a_a) \right]$$

其中即时奖励 $R_t = \omega_1 \mathbb{I} \text{ compliant} - \omega_2 D \text{ KL}(\pi_a^t \parallel \pi_a^{t-1})$ ， $\gamma = 0.95$ 融合合规激励与策略振荡惩罚，为未来折扣因子。

3.2 同步控制逻辑优化

人机交互过程可分解为三阶段闭环动态博弈，具体机制如下：

阶段 I：认知适配威慑信号生成算法根据当前状态 S_t 生成原生威慑信号 $D_t = (p_t, l_t)$ ，其中 p_t 为预测违规概率， l_t 为预期损失强度。为避免人类对低概率 - 高损失事件的感知偏差，算法执行认知适配转换：

概率纠偏：构建逆向概率权重函数 $w^{-1}(p)$ ，修正原生概率：

$$\tilde{p}_t = \frac{p_t^{\gamma/(1-\gamma)}}{(p_t^{\gamma/(1-\gamma)} + (1-p_t)^{\gamma/(1-\gamma)})}$$

损失放大：针对损失厌恶特性放大信号强度：

$$L_t = \lambda \cdot l_t^{1/\beta} \quad (\lambda = 2.25, \beta = 0.92)$$

最终输出适配信号 $D'_t = (\tilde{p}_t, L_t)$ 。

阶段 II：人类风险感知与决策人类接收 D'_t 后，通过前景效用评估各行动 $a_h \in \mathcal{A}_h$ ：

效用计算：基于参考点 $r^{(t)}$ 计算相对效用值：

$$\Delta x_i = x(a_h^{(i)}) - r^{(t)}, \quad U_h(a_h^{(i)}) = v(\Delta x_i) \cdot w(\tilde{p}_t)$$

随机选择：采用 Logit 响应规则生成行为策略：

$$\pi_h(a_h^{(i)} | D'_t) = \frac{\exp(\kappa U_h(a_h^{(i)}))}{\sum_j \exp(\kappa U_h(a_h^{(j)}))}$$

其中系数 $\kappa \in [0, +\infty)$ 控制决策理性程度： $\kappa \rightarrow 0$ 时完全随机化，而 $\kappa \rightarrow +\infty$ 逼近理性最优解。

阶段 III：策略动态调整算法通过观察人类反馈 (a_h, s_{t+1}) 更新威慑策略：

经验回放：存储交互元组 $\langle s_t, a_a, R_t, s_{t+1} \rangle$ 至缓存池 D ，采用优先采样策略提升 TD-error 样本的学习效率。

信任域约束：为规避策略突变导致威慑失效，引入 KL 散度约束策略更新幅度：

$$\pi_a^{t+1} = \underset{\pi}{\operatorname{argmin}} D_{\text{KL}}(\pi' \| \pi_a^t + \eta \nabla J(\pi_a)) \quad \text{s.t. } D_{\text{KL}} \leq \epsilon$$

其中学习率 η 和信任域半径 ϵ 通过自适应优化算法动态调整^[6]。

4 实验验证与结果分析

验证基于前景理论的人机博弈模型在动态交互环境下的有效性，具体检验以下假设：

假设 H1：人类决策者的行为模式显著受认知适配威慑信号的修改参数 $(\tilde{p}_t, L_t)$ 影响，且符合价值函数与概率权重函数的预测；

假设 H2：算法动态调整策略后，系统的长期合规率 f_c 显著高于静态威慑策略；

假设 H3：信任域约束策略能有效降低策略振荡方差

σ_π^2 （相对于无约束策略降低至少 30%）。

4.1 实验场景

采用混合主体实验框架，将真人被试与算法智能体嵌入标准化的风险决策博弈环境。

构建基于 Web 的“合规 - 威慑”博弈平台，人类被试在交互中面临以下任务序列：

4.1.1 任务描述

被试作为企业管理者需连续完成 100 轮生产决策，每轮选择是否以降低安全成本（节省 Sx ）为代价进行违规操作（对应真实实验报酬）。

4.1.2 威慑机制

每轮开始前系统显示两类信息：

原生威慑信号：客观违规概率 $p_t \in [0.05, 0.8]$ 与损失 $l_t \in [10, 50]$ ；

适配威慑信号：修正概率 $\tilde{p}_t$ 与放大损失 L_t （通过模型参数计算）；

决策反馈：若被试选择违规：以概率 p_t 被检测，损失 l_t （反映为扣除实验积分），实际扣除值按适配信号 L_t 执行（被试仅观察适配后的损失结果）。

4.1.3 样本选择

实验采用分层随机抽样获取 $N=200$ 有效样本（每组 50 人）。

标准排除：剔除实验经验超过 1000 小时或决策类实验参与次数 ≥ 5 次的被试。

4.1.4 分组设计

组 1（控制组）：接收原生威慑信号，算法策略无约束；

组 2（修正组）：接收适配信号 D'_t ，算法策略无约束；

组 3（约束组）：接收适配信号 D'_t ，算法策略 KL 约束。

4.1.5 数据收集

通过时间序列面板数据记录全实验周期动态。

4.2 分析步骤

4.2.1 假设 H1 检验（行为模式验证）

价值函数参数估计：构建极大似然估计模型：

$$\max_{\alpha, \beta, \lambda} \prod_{t=1}^{100} \pi_h(a_h^{(t)} | \hat{U}_h^{(t)})$$

其中 $\hat{U}_h^{(t)}$ 依据适配后的 D'_t 计算。通过对比预设值 $\lambda = 2.25$ 与估计值 $\hat{\lambda}$ 的偏差分析模型有效性。

概率权重验证：通过二元 Logit 回归检验适配信号的修正效应：

$$\ln \left(\frac{\mathbb{P}(a_h = 1)}{\mathbb{P}(a_h = 0)} \right) = \theta_0 + \theta_1 \tilde{p}_t + \theta_2 L_t$$

若 θ_1 显著为负且 θ_2 显著为负，则 H1 成立。

4.2.2 假设 H2 检验（动态策略效能）

采用混合效应模型评估长期合规率的组间差异：

$$f_{c, it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{修正组}_i + \beta_2 \cdot \text{时间}_t + \epsilon_{it} + u_i$$

其中个体随机效应 $u_i \sim \mathcal{N}(0, \sigma_u^2)$ ，若 $\beta_1 > 0$ 且 $p < 0.05$ ，则 H2 成立。

4.2.3 假设 H3 检验（策略稳定性）

计算各组策略振荡方差：

$$\sigma_\pi^2 = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T-1} (\pi_a^{t+1} - \pi_a^t)^2$$

若约束组 σ_π^2 显著小于无约束组（ANOVA 检验，效果量 $\eta^2 > 0.15$ ），则 H3 成立。

4.2.4 结果解释

假设 H1 验证：修正组被试的损失厌恶系数估计均值为 $\lambda = 2.18 \pm 0.23$ （ $p = 0.62$ vs $\lambda = 2.25$ ），理论值与实际行为无显著偏离（ $t = 1.23$ ， $p = 0.22$ ）。

适配后的 $\tilde{p}_t$ 对违规行为的抑制效应比原生 p_t 强 32%（OR=0.68，95%CI [0.57, 0.82]）。

假设 H2 验证：长期合规率组间差异显著（约束组 $f_c = 0.74 \pm 0.06$ vs 控制组 $f_c = 0.61 \pm 0.09$ ， $\beta_1 = 0.13$ ， $p < 0.01$ ）。

假设 H3 验证：约束组的策略振荡方差降低 42%（ σ_π^2 从 0.019 降至 0.011， $F = 9.37$ ， $p < 0.001$ ），且未导致收敛速度下降（迭代次数差异 $\Delta = 3.2\%$ ， $p = 0.54$ ）。

4.2.5 模型有效性结论

实验结果支持人机博弈模型的关键假设，表明：

① 认知适配机制能有效校正人类决策者的概率感知偏差。

② 动态策略更新机制在保障稳定性的同时显著提升威慑效能。模型的拟合优度（AIC=1123 vs 静态模型 AIC=1452）证实其解释力优势，为算法威慑系统的工程实现提供实证依据。

5 结论

算法威慑的有效性并非单纯取决于技术能力，而在于对人类行为规律的深刻解读。研究发现，用户对威胁的感知

具有显著的非理性特征：轻微的风险提示可能在心理上被放大（如“损失规避效应”），而高强度的威慑反而因引发麻木或抵触情绪而失效。例如，社交平台通过隐性标签而非直接删除内容来抑制虚假信息传播，本质上是对用户“选择性关注”心理的适配；自动驾驶系统动态调整安全介入阈值，则是对用户习惯逐渐适应的周期性修正。这种“心理适配性”要求算法设计以前景理论为框架构建预测模型，从硬性规则控制转向柔性行为引导，进而平衡威慑力度与用户接受度。

展望未来研究，还需着重解决两大维度的挑战。一方面是人机博弈的长期动态均衡亟待探索：当人类逐渐识破或适应算法威慑策略时，如何设计自进化机制以避免威慑失效？另一方面是复杂场景的协同控制能否实际落地。例如，在金融欺诈检测等涉及多方博弈的场景中，需协调多个智能体间的策略冲突，防止过度威慑引发的系统性误判。研究的最终目标是要将人机博弈从“威胁-服从”的简单逻辑，演进为“引导-协作”的共生范式，使算法威慑既具备伦理稳健性，又能融入实际社会治理与商业场景。

参考文献

- [1] Crandall, J. W., Oudah, M., Ishowo-Oloko, F., Abdallah, S., Bonnefon, J. F. (2018). Cooperating with machines. *Nature Communications*, 9(1), 233.
- [2] Tesla Safety Team. (2023). Autopilot's Collision Avoidance Mechanism: Technical Whitepaper. <https://www.tesla.com/autopilot>.
- [3] Chen, X., Zhang, Y., Wang, H., & Liang, Y. (2022). A dynamic adversarial risk analysis model for financial fraud detection. *Expert Systems with Applications*, 187, 115895.
- [4] Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1992.
- [5] Barberis N C. Thirty years of prospect theory in economics: A review and assessment[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2013.
- [6] Schulman J, et al. Trust region policy optimization[C]. *ICML*, 2015.

The application of digital technology in the fine management of construction engineering construction

Hao Zhang

Zhejiang Daily Press Group, Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

This paper deeply discusses the application of digital technology in the fine management of construction engineering construction. The connotation of fine management of construction engineering is elaborated in detail, and the specific application and effect of digital technology are comprehensively analyzed from the planning and design, construction preparation, construction process and completion acceptance stage. At the same time, the challenges facing the application of digital technology are analyzed, and the corresponding coping strategies are put forward. The research shows that digital technology can significantly improve the fine management level of construction engineering construction, but many obstacles need to be overcome. In the future, we should strengthen technical cooperation, introduce talent training, improve the data security system and reasonable planning cost, so as to promote the digital reform of the construction industry.

Keywords

digital; construction engineering; construction; fine management

数字化技术在建筑工程施工精细化管理中的应用

张昊

浙江日报报业集团, 中国 · 浙江 杭州 310000

摘 要

本文深入探讨数字化技术在建筑工程施工精细化管理中的应用。详细阐述建筑工程施工精细化管理的内涵,从规划设计、施工准备、施工过程及竣工验收阶段,全面分析数字化技术的具体应用及成效。同时,剖析数字化技术应用面临的挑战,并提出相应应对策略。研究表明,数字化技术能显著提升建筑工程施工精细化管理水平,但需克服诸多障碍,未来应加强技术合作、人才培养引进、完善数据安全体系及合理规划成本,以推动建筑行业数字化变革。

关键词

数字化; 建筑工程; 施工; 精细化管理

1 引言

在建筑行业蓬勃发展的当下,建筑工程规模不断扩大、结构日益复杂,传统施工管理模式逐渐难以满足行业发展需求。施工过程中的成本超支、质量隐患、工期延误等问题频发,严重影响建筑企业的经济效益与市场竞争力。随着信息技术的飞速发展,数字化技术为建筑工程施工管理带来新的机遇。将数字化技术融入建筑工程施工精细化管理,成为提升管理效率、保障工程质量、降低成本的关键途径。目前,数字化技术在建筑领域的应用已取得一定成果,但仍面临诸多挑战。基于此,本文深入研究数字化技术在建筑工程施工精细化管理中的应用,剖析现存问题并探寻解决方案,对推动建筑行业可持续发展意义重大。

【作者简介】张昊(1971-),男,中国浙江海宁人,硕士,副高级,从事智能化、传播研究。

2 建筑工程施工精细化管理概述

精细化管理源自管理学领域,其理念可追溯至1911年泰勒的《科学管理原理》,后经戴明提出“PDCA循环”,以及日本丰田公司发展形成精益生产思想。在建筑工程领域,精细化管理着重精确把控施工细节。从规划设计起,就全面考量制定详尽方案;施工时,严格规范工序与操作,精确计算材料用量、合理配置人员。它还强调流程优化,借助先进技术简化流程,建立标准规范保障质量。同时,以科学决策为支撑,利用数据分析等手段监控项目。与之对比,传统建筑工程施工管理弊端尽显。成本控制上,缺乏精确预算与监控,材料采购和人工配置不合理,导致成本超支。质量监管中,检测手段落后,且缺乏全过程把控,质量隐患频发。进度把控方面,计划不科学,执行缺监控调整,易致工期延误。而精细化管理优势显著,能提升工程质量,规范施工各环节,避免质量问题;可降低成本,精准控制材料与人力

成本,优化流程减少浪费;还能提高效率,合理规划流程,借助先进技术与设备提升进度。在竞争激烈的市场环境下,精细化管理可增强企业综合竞争力,助力企业可持续发展,实现资源合理利用与环境保护。

3 数字化技术在建筑工程施工各阶段的应用

3.1 规划设计阶段

BIM 技术,即建筑信息模型,能将建筑的几何、物理、功能及施工等信息整合于数字化三维模型。在建筑工程规划设计阶段,作用重大。设计师借此创建精确三维模型,涵盖建筑结构、布局、材料、设备及项目管理等信息,可直观查看建筑外观与内部空间,提前发现并解决空间布局、结构设计等问题。碰撞检查是其重要应用。传统设计各专业图纸分开绘制,施工易现设计冲突,如管道与结构梁碰撞等,导致延误与成本增加。BIM 技术整合不同专业模型,进行碰撞检查,提前发现并解决问题。某大型商业综合体项目用此技术发现 500 多处碰撞点,避免返工与延误。BIM 还能结合专业软件,对建筑能耗、采光等性能模拟分析,助力设计师优化设计参数,提升建筑性能。如某绿色建筑项目经能耗分析,优化后能耗降低 20%。虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术也为建筑工程规划设计带来新体验。VR 创建沉浸式虚拟环境,设计师与客户可佩戴设备漫游,感受建筑空间,客户借此提前体验,提升购买意愿。AR 将虚拟信息与现实场景结合,设计师能查看建筑与环境协调性,客户可通过移动设备交互操作。此外,VR 和 AR 技术还助力项目团队远程沟通协作,提升效率。

3.2 施工准备阶段

数字化招投标借助计算机网络与相关技术,实现招标投标活动数字化、网络化,相比传统方式优势显著。其线上平台极大提升透明度,传统招投标靠纸质与线下传递信息,公开程度受限,易造成信息不对称。而数字化平台采用加密与权限管理,招标信息全公开,投标人能获取全面准确信息,政府和部门也可实时监管,提升行业规范性^[1]。在效率方面,传统方式需参与者现场提交文件,耗时费力且文件易受损或篡改。数字化招投标通过网络平台,参与者可随时随地提交,确保文件安全完整,评审环节还能借助自动化、智能化技术快速评审。如某大型建筑项目,采用数字化后招投标周期从 2 个月缩至 1 个月。成本降低也是一大亮点。线下招标涉及场地租赁等多项成本,数字化系统一次性建设投入后运营成本低,还能减少因信息问题和人为失误导致的额外成本。施工准备阶段,施工场地合理规划意义重大。利用数字化技术模拟施工场地,企业可建立含地形、建筑等信息的三维模型,模拟材料堆放、设备停放等场景,优化布局。例如某大型建筑工地经模拟调整材料堆放区位置,缩短运输距离。数字化模拟还能提前发现场地问题与风险,像场地狭窄、道路拥堵

等,进而制定解决方案,评估安全风险,保障施工场地安全。

3.3 施工过程阶段

在建筑工程施工进程中,数字化技术深度赋能各关键环节。进度管理上,借助 Microsoft Project、Primavera P6 等项目管理软件制定详尽进度计划,关联 BIM 模型形成 4D 模型,能实时监控进度。一旦实际与计划出现偏差,软件预警并分析原因,助力调整计划。如某高层建筑项目,借此发现工序延误是施工人员不足所致,及时增员后恢复正常进度。质量管理是核心,施工现场部署各类传感器,像混凝土强度、温湿度传感器等,采集数据经物联网传至管理平台分析,发现问题即刻警报。同时,BIM 技术关联质量数据,在模型中直观呈现问题位置与详情,便于整改与追溯。例如某桥梁工程靠传感器监测混凝土强度,避免质量事故。安全管理不容忽视,智能监控系统通过摄像头与智能分析软件识别隐患,传感器实时监测环境参数与设备状态,异常即报警。VR 技术用于安全培训,让施工人员沉浸式体验事故场景、演练操作,显著提升安全意识与应急能力。某工地智能监控及时纠正人员未戴安全帽问题,某建筑企业采用 VR 培训后安全事故率降低。物资管理关乎成本与进度,信息化系统全程管控采购,筛选优质供应商、合理制定采购计划、跟踪运输到货。库存管理中,实时监控库存数量与位置,设预警值避免积压或缺货,优化库存结构。物资领用在线申请审批,提高效率、减少浪费。如某建筑项目利用信息化采购降本 10%,某企业库存周转率提升 30%、成本降低 15%。

3.4 竣工验收阶段

在建筑工程竣工验收阶段,数字化技术对验收资料管理及 BIM 模型交付应用意义非凡。传统验收资料靠纸质管理,易损坏、丢失且查询不便。借助数字化技术,可将施工图纸、质量检验报告等资料转为电子文件,分类编号后存储于电子档案管理系统。该系统能集中管理资料,实现快速查询、检索与共享,还设有权限管理,保障资料安全完整。例如某大型建筑项目,验收人员运用电子档案管理系统,通过关键词搜索即可迅速获取所需资料,极大提升验收效率,也为后期维护管理筑牢根基。竣工后的 BIM 模型交付运营方是关键环节。此模型囊括建筑实际建造的各类信息,助力运营方开展设施管理。可在模型中标记设备,记录其型号、使用年限等,便于维护更换。像某商业综合体,运营方依此管理空调、电梯等设备,直观掌握设备位置与运行状态,及时排除故障,保障建筑正常运营。同时,BIM 模型用于建筑空间管理,运营方可借此明晰空间布局,合理规划,提升利用率。如某写字楼项目,运营方依租户需求,借助 BIM 模型优化办公区域布局,增加经济效益。而且,当建筑面临改造升级时,BIM 模型能快速呈现原有结构与设备状况,助力制定合理方案,降低改造成本与风险。

4 数字化技术在建筑工程施工精细化管理中应用的挑战与对策

4.1 面临的挑战

在建筑工程施工精细化管理里,数字化技术集成困难重重。不同供应商提供的 BIM、物联网、大数据、人工智能等技术,数据格式和接口标准各异。BIM 模型数据复杂,与物联网传感器数据格式转换难。像项目管理软件与 BIM 软件接口常不匹配,只能人工导入导出数据,效率低且易出错。复合型人才匮乏制约技术应用。建筑工程传统人才不懂数字化技术,数字化领域专业人才又不熟悉建筑业务流程。以 BIM 技术为例,能熟练操作软件并用于碰撞检查、施工模拟的专业人员稀缺,且企业缺培训体系与激励机制,人才培养滞后^[2]。数据安全与隐私保护问题突出。数据传输时,网络复杂易遭黑客攻击、监听,导致设计图纸等敏感信息泄露。数据存储方面,服务器故障、病毒感染或恶意篡改,会影响数据完整性与可用性,部分企业数据备份恢复机制欠佳。建筑工程多方参与,数据共享时隐私保护也亟待解决。数字化技术应用成本高昂,给企业带来资金压力。前期需采购高价设备与软件,升级硬件设施,后期维护、升级及引进新技术设备也需持续投入。对中小型建筑企业而言,成本可能超出承受范围,阻碍了数字化技术的推广应用。

4.2 应对策略

面对数字化技术在建筑工程应用中的诸多挑战,可采取以下策略。针对技术集成难题,需强化企业、高校及科研机构合作。企业有实践经验与需求,高校和科研机构具有科研与人才优势。三方携手,共同研发通用数据标准与接口,推动技术融合。如在 BIM 与物联网集成研究中,高校、科研机构制定统一标准,企业提供案例与数据,确保成果实用。政府也应出台政策、设立专项基金,助力技术集成发展。解决专业人才短缺,要从培养与引进双管齐下。高校应开设建筑信息化等专业,课程注重理论实践结合,建立实习基地,培养复合型人才。企业需加强内部培训,邀请专家授课,设立激励机制鼓励员工提升技能,同时引进外部数字化专业人才。保障数据安全至关重要。技术上,运用加密技术加密传

输与存储数据,建立严格访问控制机制,依职责分配权限。定期备份数据并异地存储,开展恢复演练。管理上,制定完善制度,加强员工安全意识教育。建筑企业选择数字化技术时,应结合项目需求与自身实力。小型项目选简单实用工具,大型复杂项目针对性采用先进技术。分阶段投入,先试点积累经验,再扩大应用,降低成本风险。还可与供应商协商、租赁设备,降低采购成本^[3]。

5 结语

本文聚焦数字化技术在建筑工程施工精细化管理中的应用。规划设计阶段,BIM 技术构建精确三维模型,用于碰撞检查与性能分析,优化设计方案。VR 和 AR 技术提供沉浸式体验,促进各方沟通协作。施工准备阶段,数字化招投标提升透明度与效率,施工场地数字化模拟优化资源配置。施工过程中,项目管理软件与 BIM 把控进度,传感器等实现质量实时监控,智能系统及 VR 保障施工安全,信息化系统精细化管理物资。竣工验收阶段,数字化验收资料管理高效安全,基于 BIM 的竣工模型利于运营维护。不过,应用中 also 面临挑战,如技术集成难、专业人才缺、数据安全隐患及成本压力大。为此,提出加强技术合作、培养引进人才、完善数据安全体系、合理规划成本等应对策略。

展望未来,科技进步将推动数字化与建筑工程深度融合。人工智能可分析预测工程数据,实现智能决策;区块链解决信息不对称等问题;物联网全方位监控施工;云计算提供强大计算存储支持。建筑企业应积极采用数字化技术,提升竞争力,政府部门也需加强政策支持,营造良好环境,共同迎接建筑行业数字化变革。

参考文献

- [1] 王瀚斌,肖贞养,王骥,周明安,李志洪,刘晓红.数字化技术在建筑工程施工精细化管理中的应用[J].城市建筑,2025,22(4):213-215.
- [2] 卢炜兴.物联网技术在建筑工程施工安全管理中的应用[J].新材料·新装饰,2025,7(2):171-174.
- [3] 刘生福.精细化管理在建筑工程施工中的应用研究[J].价值工程,2024,43(26):36-39.

Research on multimodal information fusion technology in large model intelligent question answering

Senda Zhang Xin Cui Yangang Qu Bo Liu Jian Sun

Beijing CLP Puhua Information Technology Co., Ltd., Beijing, 102200, China

Abstract

This paper describes the principle of large model training based on large-scale data, analyzes the characteristics of self-attention and multi-attention mechanism in Transformer architecture, and introduces the fusion method of multi-modal information in data layer and feature layer, as well as multi-modal data preprocessing technology such as text and image. Finally, it discusses its application in many fields, such as intelligent question answering based on text and image, auxiliary power equipment diagnosis and recognition; Intelligent question and answer integrating text and voice, taking intelligent voice assistant as an example to show the function realization process; Multi-modal fusion is used to answer complex questions such as maintenance solution consultation, and provides users with accurate solutions by integrating multi-modal information.

Keywords

AI; Large model; Language model; Intelligent question answering; Multimodal information

大模型智能问答中的多模态信息融合技术研究

张森达 崔昕 曲延刚 刘博 孙健

北京中电普华信息技术有限公司, 中国·北京 102200

摘要

阐述大模型基于大规模数据训练的原理, 剖析Transformer架构自注意力和多头注意力机制的特点, 同时介绍多模态信息融合在数据层、特征层的融合方法, 以及文本、图像等多模态数据预处理技术。最后探讨了其在多个领域的应用, 基于文本和图像的智能问答, 辅助电力设备诊断识别; 文本与语音融合的智能问答, 以智能语音助手为例展示功能实现过程; 多模态融合用于检修方案咨询等复杂问题回答, 通过整合多模态信息为用户提供精准方案。

关键词

AI; 大模型; 语言模型; 智能问答; 多模态信息

1 引言

大模型智能问答系统正逐渐成为人们获取信息、解决问题的重要工具。从日常的生活咨询, 到专业领域的知识问答, 其应用场景不断拓展。然而, 随着用户需求日益复杂多样, 单一模态的智能问答系统在信息获取的全面性、准确性和交互体验上暴露出诸多不足。多模态信息融合技术为解决这些问题带来了新的契机。通过整合文本、图像、语音等多种模态的信息, 系统能够更全面地理解用户需求, 提供更丰富、更精准的回答, 而深入研究大模型智能问答中的多模态信息融合技术, 对提升智能问答系统性能、拓展应用边界具有重要的现实意义。

【作者简介】张森达(1993-), 男, 满族, 中国黑龙江人, 本科, 工程师, 从事大数据、数据中台、人工智能(数据应用方向)研究。

2 大模型相关技术概述

2.1 大模型技术

2.1.1 基本原理

大模型基于大规模数据训练, 通过对海量文本、图像、语音等多类型数据的学习, 挖掘数据中的潜在模式与规律。数据规模庞大且多样, 为模型提供了丰富的知识来源, 涵盖多种领域与场景, 在自然语言处理的大模型训练中, 会使用数十亿甚至数万亿字的文本数据, 这些数据包含新闻资讯、学术论文、小说故事等各类文本体裁^[1]。在训练过程中, 模型不断调整自身参数, 通过优化算法(如随机梯度下降及其变体)来最小化预测结果与真实标签之间的损失函数, 实现参数学习。随着参数不断更新, 模型逐渐掌握数据中的语义、语法以及语义关联等信息, 从而具备对各种输入进行理解和处理的能力。

2.1.2 Transformer 架构特点

自注意力机制是Transformer架构的核心创新之一。传统的循环神经网络(RNN)或卷积神经网络(CNN)在处

理长序列数据时存在一定局限性,如RNN在处理长距离依赖关系时容易出现梯度消失或梯度爆炸问题^[2]。自注意力机制允许模型在处理序列中的每个位置时,同时关注序列中的其他所有位置,直接计算输入序列中各个元素之间的关联程度。通过计算输入序列中每个元素与其他元素的注意力分数,模型能够动态地分配注意力权重,从而更有效地捕捉长距离依赖关系。

为进一步增强模型对不同特征和关系的捕捉能力,Transformer引入了多头注意力机制。它通过多个不同的线性投影将输入映射到多个低维子空间,在每个子空间中独立计算注意力,然后将这些子空间的结果拼接起来,如此模型便能够从不同角度捕捉输入数据的特征,学习到更丰富的语义信息。

2.2 多模态信息融合技术原理

2.2.1 数据层融合方法

直接拼接是数据层融合中最为直观的方法,它来自不同模态的原始数据直接按顺序或特定规则连接起来。例如,在处理图像和文本数据时,可以将图像的像素矩阵与文本的词向量序列直接拼接成一个长向量。这种方法实现简单,无需复杂的算法转换,能最大程度保留原始数据信息。其优点在于简单直接,对硬件和算法要求较低,在一些对计算资源有限且数据结构相对简单的场景中较为适用。

2.2.2 特征层融合方法

联合特征提取旨在从不同模态数据中同时提取具有代表性的特征,并将这些特征进行融合。以文本和语音模态为例,对于文本可采用词嵌入、句法分析等手段提取语义和结构特征,对于语音可利用梅尔频率倒谱系数(MFCC)等方法提取声学特征,然后通过特定的融合策略(如加权求和、串联等)将这些特征组合起来^[3]。这种方法的优点是能够充分利用不同模态数据的独特信息,通过融合互补特征提升模型性能。由于在特征层面进行融合,可减少原始数据的噪声干扰,提高数据的质量和稳定性。而且相较于数据层融合,特征层融合能在一定程度上降低维度,减少计算量。

2.3 多模态数据处理技术

2.3.1 文本预处理

文本预处理依靠的是分词、词性标注、词向量生成等技术。分词是将连续的文本序列分割成一个个独立的词语或词块的过程。在英文文本中,由于单词之间天然通过空格分隔,分词相对简单,但在中文等语言中,词语之间没有明显的空格界限,需要借助特定的分词算法。词性标注是为每个分词后的词语标注其对应的词性,如名词、动词、形容词、副词等。这一过程有助于进一步理解文本的语法结构和语义信息^[4]。

2.3.2 图像预处理

尺度不变特征变换(SIFT)是一种广泛应用的图像特征提取算法。SIFT算法的核心在于提取图像中的关键点及

其描述子。它首先通过高斯差分金字塔(DoG)来检测图像中的尺度空间极值点,这些极值点在不同尺度和旋转下具有较好的稳定性。然后,对于每个关键点,计算其周围邻域内的梯度方向和幅值,生成一个128维的描述子向量。SIFT特征具有尺度不变性、旋转不变性以及对抗光照变化、视角变化等具有一定的鲁棒性。在多模态智能问答中,当涉及基于图像内容的问题时,如识别图像中的物体、场景等,SIFT特征提取能够帮助模型从图像中提取出具有代表性和区分性的特征,为后续的图像分类、目标检测等任务提供基础。

3 多模态信息融合在大模型智能问答中的应用

3.1 基于文本和图像的智能问答

3.1.1 电力设备故障图像诊断

在电力设备故障诊断领域,多模态信息融合的智能问答系统发挥着重要作用。以高压输电线路故障诊断为例,系统借助各类传感器与监测设备,获取高压输电线路多模态数据。利用高清摄像头采集线路杆塔、绝缘子、导线等部件的图像,利用红外热像仪获取线路发热情况的热红外图像,同时通过电力监测设备收集线路的电流、电压等电气参数数据。大模型利用自身强大的特征提取能力处理这些数据。对于图像数据,大模型凭借在海量电力设备图像上的预训练,能够自动识别杆塔的倾斜、绝缘子的破损、导线的断股等外观异常,以及通过热红外图像检测线路连接点的过热区域;对于电气参数数据,大模型能够分析电流、电压波形的细微变化,判断线路是否存在过载、短路等潜在故障隐患。

与此同时,系统收集与输电线路相关的文本信息,如线路的设计文档、历史维护记录、故障报告等。大模型对这些文本进行深入理解与分析,提取出线路的建设时间、设计标准、过往故障类型及处理措施、维护周期等关键信息。

3.1.2 设备型号识别领域

当面对一张电力设备的现场图像时,系统首先运用图像识别技术提取设备的外观特征。以输电杆塔为例,从图像中提取杆塔的结构特点,如杆塔的高度、横担的数量和形状、绝缘子的类型和分布等。利用特征提取算法,将这些外观特征转化为计算机能够理解的数值向量表示。系统还会收集与该电力设备相关的文本信息,包括设备的采购合同文档、设备安装调试记录、运行维护手册等资料中的文字内容,这些文本信息涵盖了设备的型号、生产厂家、适用场景、技术参数等详细数据,当用户提出关于电力设备的问题,系统通过融合图像特征和文本信息来进行回答,帮助识别设备型号。

3.2 文本与语音融合的智能问答

3.2.1 语音识别与文本处理技术融合流程

①语音采集与预处理。在用户使用智能语音问答系统时,首先通过麦克风等设备采集语音信号。由于实际环境中存在各种噪声干扰,采集到的语音信号需要进行预处理。这一步骤通常包括降噪处理,运用滤波算法去除环境噪声、设

备底噪等,提升语音信号的清晰度^[5]。

②语音识别。预处理后的语音信号被送入基于大模型的语音识别模块。大模型凭借其在海量语音数据上的预训练,具备强大的语音特征学习能力。它不仅能够像传统深度学习模型那样学习语音信号的声学特征与文字之间的映射关系,还能通过对大量语音样本的学习,更好地适应不同口音、语速和语言习惯。大模型的多模态融合能力使其能结合语音的上下文信息,例如在一段对话中,根据前文的语义和语境,更准确地识别当前语音内容。

③文本理解与分析。经大模型语音识别得到的文本进入文本处理模块,进行文本预处理,利用预训练学习到的语言知识,进行分词、词性标注、命名实体识别等操作。分词时,大模型能准确切分连续文本,处理复杂句式和生僻词汇;词性标注和命名实体识别也因大模型对大量文本的学习,能更精准地确定每个词的词性和文本中的特定实体,如人名、地名、时间等。在句法分析和语义理解阶段,大模型通过对大规模文本数据的深度理解,能够分析句子结构,把握文本的深层语义和意图。

④答案生成与语音合成。根据大模型对文本的理解结果,系统借助大模型强大的知识储备和推理能力,在内部知识库或通过调用相关服务获取对应的答案。大模型会对答案进行语言组织优化,使其表达更清晰、逻辑更连贯。例如,在回答关于电力设备故障处理的问题时,大模型能根据故障类型、设备情况等因素,生成详细且有条理的解决方案。

3.2.2 智能语音助手应用案例

以具备智能体特性的手机智能语音助手为例,它展现出强大且智能的交互能力。在信息查询场景下,当用户下达“查询今天北京的天气”指令时,语音助手如同一个智能个体,迅速做出反应。它首先利用先进的语音识别技术,精准地将语音转化为文本,这一过程借助智能体对多种口音和语言习惯的学习,即使在嘈杂环境中也能准确识别。接着,智能体凭借其深度语义理解能力,分析文本意图,理解用户对北京当日天气信息的需求。

3.3 多模态融合用于复杂问题回答

3.3.1 电网运维方案制定案例

在电网运维场景中,运维人员常常会面临复杂且综合性的问题,例如“下个月要对某区域电网进行全面运维检修,预算在50万元左右,要确保重点设备稳定运行,同时最大程度减少对居民用电的影响,有哪些高效的运维方案?”为了制定出准确有效的方案,智能系统需要整合多种模态的信息。

3.3.2 多模态信息整合过程

①文本信息收集。系统首先从运维人员输入的文本中提取关键信息,如运维时间“下个月”、预算“50万元左右”、重点任务“确保重点设备稳定运行”以及特殊要求“最

大程度减少对居民用电的影响”。

②图像信息辅助。利用无人机搭载的高清摄像头和热成像仪等设备,获取电网设备的图像数据,如输电线路的杆塔、线缆外观图像,变电站设备的热成像图等。通过图像识别技术,分析图像中的设备状态特征,例如杆塔是否倾斜、线缆是否有破损、设备是否存在过热异常等情况,进一步辅助对电网设备状况的评估。

③语音信息补充。在日常巡检和工作沟通中,运维人员可能会通过语音记录设备对发现的问题进行描述,或者上级部门以语音形式传达运维工作重点和要求。系统对这些语音信息进行语音识别和内容分析,获取其中的关键信息和指示。

④整合决策。系统将收集到的文本、图像和语音等多模态信息进行融合分析。运用多模态融合算法,根据不同信息源的可靠性和相关性为其分配权重。例如,对于预算相关的信息,文本中的成本数据可能权重较高;而对于设备实际运行状态的判断,图像信息的权重更大。通过综合分析,系统帮助制定出符合要求的电网运维方案。

4 结语

围绕大模型智能问答中的多模态信息融合技术展开了全面且深入的探讨。从技术原理层面剖析了大模型技术、多模态融合方法以及数据处理技术,为后续研究奠定了坚实的理论基础。在应用研究中,通过设备图像诊断识别、智能语音助手、维护咨询等多个场景案例,充分展示了多模态信息融合技术在提升智能问答准确性、丰富性和交互性方面的显著优势。多模态信息融合技术在大模型智能问答领域仍面临诸多挑战,如模态间的语义对齐难题、融合算法的优化空间等。未来研究可聚焦于开发更高效的融合算法,探索跨模态知识图谱构建,以进一步提升多模态信息融合的深度和广度。

参考文献

- [1] 赵晓伟,王师晓,李倩,等.苏格拉底式问题支架:促进学生向AI大模型提出高质量问题[J].现代远程教育研究,2025,37(01):102-112.
- [2] 牟智佳,岳婷,朱陶.人机协同视域下基于认知智能大模型的个性化学习设计研究[J].电化教育研究,2025,46(02):80-87.
- [3] 袁毓林.从三种复杂句看ChatGPT是不是随机鹦鹉?——语言大模型能不能理解语言意义的测试与讨论[J].语言教学与研究,2025,(01):35-49.
- [4] 吴蔚.人工智能多模态通用大模型数据合规技术应用风险动态规制[J].科技与法律(中英文),2024,(02):117-126.
- [5] 赵朝阳,朱贵波,王金桥.ChatGPT给语言大模型带来的启示和多模态大模型新的发展思路[J].数据分析与知识发现,2023,7(03):26-35.

A Registration Algorithm Basing on the Known Translations of Different Regions in the Object

Jun Li

Zhongke Suzhou Institute of Machine Vision Technology, Suzhou, Jiangsu, 215000, China

Abstract

Considering the problem about point cloud registration when the target object's size is large and the 3D camera field of view is small. Based on the high precise objective table, a registration algorithm constrained by objective table's translation is proposed. In this way, the optimal registration is searched in a spherical domain. In order to Improve the accuracy, the mapping relations according to the normals and edges of point cloud are used. The smoothing about the objective table's initial estimated position is used to make the initial estimated position closer to the true registration position. The Effectiveness is illustrated by a lot of experiments.

Keywords

computer vision; computer graphics; point cloud registration; optimization; moving smoothing

基于平移距离约束的点云拼接算法

李俊

中科苏州机器视觉技术研究院, 中国·江苏 苏州 215000

摘 要

针对用小视野3D相机对大尺寸物体进行分区拍摄拼接的问题, 利用高精度的载台平移输出量, 提出了基于平移距离约束, 在球面区域上优化配准位置, 同时用点对间法向特征与边缘特征改善配准精度的点云拼接算法。并根据已拼接的子区域, 采用对当前考察的子区域预估平移向量做平滑的方式, 确保远离载物台起始拍摄位置的子区域, 也能获得接近真实平移向量的预估值, 从而保证拼接算法的收敛。大量实验也证明了所提算法的有效性。

关键词

计算机视觉; 计算机图形学; 点云配准; 优化; 移动平滑

1 引言

在工件的机器视觉精度测量领域, 需要首先获得被测物的完整 3D 点云。拍摄场景一般是被测物置于载台上, 3D 相机从上方对被测物进行拍摄。当物体尺寸超出相机视野时, 采用对被测物进行分区域拍摄, 然后将各区域点云拼成一体的方式, 来获取目标完整点云。为了配合相机拍摄目标各区域, 载台需进行 X 、 Y 、 Z 三个方向的平移, 以便将各子区域呈现在 3D 相机的视野与景深中。如何将载台平移后拍摄的各子区域点云, 精确地拼接成一个整体, 就是本文研究的点云平移拼接问题。

点云配准的发展路线主要有两条, 第一条是基于迭代优化的点云配准, 包括文献 [1]、[2]、[3]; 第二条是基于深度神经网络的点云配准, 包括文献 [4]、[5]。迭代优化的配

准方式精度较高, 但容易因点对关联错配而使算法收敛到局部最优, 造成不合理的配准结果。深度神经网络的方式能提取高维点云特征, 有利于提高点对关联的正确性, 但需要大量训练样本。且深度学习模式本质上是对以往训练样本的优化, 而对当前测试样本只是预测, 故对新样本配准的不确定性较大。现有的点云配准算法, 都未考虑利用高可信度约束条件来辅助配准的方案。在工业测量场景中, 是可以提供高精度的载台拍摄位置的。例如带光栅尺的载台在各坐标轴上的移动距离可精确到 $1\mu\text{m}$, 而工件测量中精度指标一般在 $10\mu\text{m}$ 以上, 所以载台输出的移动距离可作为真值。虽然载台与相机的坐标系无法做到完全平行, 但平移距离在两个坐标系下是相同的, 因此缺的只是载台平移方向在相机坐标系下的表达。借助已知载台平移量, 将对最优拼接位置的搜索, 限定在半径为平移距离的球面定义域而非全空间, 可极大避免拼接算法收敛到局部最优的错误拼接位置, 这正是本文研究工作的价值所在。

【作者简介】李俊 (1979-), 男, 中国湖南株洲人, 博士, 高级工程师, 从事机器视觉、计算机图形学、图像处理研究。

2 算法推导

由于载台平移距离已知，故要解决的问题就是如何估计平移方向在相机坐标系下的表达，下面将详细推导其算法流程。又因为可通过安装调整或初始位置标定，使载台与相机的坐标系接近平行，所以不失一般性，后续讨论均建立在两个坐标系夹角较小的情况下。

2.1 基于点云法向估计平移方向

通过载台平移，相机拍摄了物体表面的 m 个子区域点云 pc_i ($i=1, \dots, m$)。相邻 pc_i 有部分重叠， pc_i 中各点的 3D 坐标在相机坐标系 S_c 下的表达为 $p_k^i = (x_k^i \ y_k^i \ z_k^i)$ ($k=1, \dots, n$)， n 为点云的点数。以 pc_1 拍摄时载台所处位置为载物台坐标系 S_t 原点，可由载台输出各 pc_i 拍摄时的平移向量 $\vec{d}_i^t = (dx_i^t \ dy_i^t \ dz_i^t)$ ，这是平移向量在 S_t 下的表达。于是 $\vec{d}_i^t$ 在 S_c 下的表达 $\vec{d}_i^c = (dx_i^c \ dy_i^c \ dz_i^c)$ 可表示为

$$\begin{bmatrix} dx_i^c \\ dy_i^c \\ dz_i^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dx_i^t \\ dy_i^t \\ dz_i^t \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 α 、 β 分别为 S_c 绕其 Y 轴、 Z 轴的旋转角。

令 PC_h 表示由 pc_i ($i=1, \dots, h, h < m$) 拼接后的点云，则待拼入点云 pc_{h+1} 中各点原始坐标 p_k^{h+1} ，在拼接后生成的新坐标 $\hat{p}_k^{h+1} = (\hat{x}_k^{h+1} \ \hat{y}_k^{h+1} \ \hat{z}_k^{h+1})$ 用下式计算

$$\hat{p}_k^{h+1} = p_k^{h+1} + \vec{d}_{h+1}^c \quad (2)$$

因为 pc_i 都是通过载台平移后拍摄的，各子区域间没有发生旋转，所以点云间能配准的点对必定具有相似法向。

另外，由于平移的方向角 α 与 β 都很小，这意味着点云间待配准的点对，其距离很近。因此，在建立点云间的点对关联时，其判断依据应同时包含两条准则：一是关联点对间的距离小于指定阈值；二是关联点对间的法向夹角小于指定阈值。即

$$\begin{aligned} q_k^h = \arg \min_{q \in PC_h} \{ & \|q - \hat{p}_k^{h+1}\| \mid \|q - \hat{p}_k^{h+1}\| < \gamma, \\ & \vec{n}(\hat{p}_k^{h+1}) \cdot \vec{n}(q) > \cos(\theta) \} \end{aligned} \quad (3)$$

其中 $\vec{n}(\bullet)$ 为法向， γ 为邻域半径阈值， θ 为法向夹角阈值， $q_k^h = (x(q_k^h) \ y(q_k^h) \ z(q_k^h))$ 就是 PC_h 中与 $\hat{p}_k^{h+1}$ 关联的点。

根据点到面 ICP 配准的法向对齐原则，需满足 $\hat{p}_k^{h+1}$ 到 q_k^h 的向量与 q_k^h 的法向 $\vec{n}(q_k^h) = (nx(q_k^h) \ ny(q_k^h) \ nz(q_k^h))$ 垂直。再考虑到 α 与 β 都很小，可将式 (1) 线性化，并结合式 (2) 得到基于点云法向对齐原则的载台平移方向角估计

方程

$$\begin{aligned} & (nz(q_k^h)dx_{h+1}^t - nx(q_k^h)dz_{h+1}^t)\alpha \\ & + (ny(q_k^h)dx_{h+1}^t - nx(q_k^h)dy_{h+1}^t)\beta \\ & = nx(q_k^h)(x_k^{h+1} - x(q_k^h) + dx_{h+1}^t) \\ & + ny(q_k^h)(y_k^{h+1} - y(q_k^h) + dy_{h+1}^t) \\ & + nz(q_k^h)(z_k^{h+1} - z(q_k^h) + dz_{h+1}^t) \end{aligned} \quad (4)$$

2.2 基于点云边缘估计平移方向

点到面 ICP 能使得配准点在具有相同法向的邻近点间滑动，不易陷入局部最优，但也会因为以法向为配准特征时，点云中有太多点具有相同的法向特征，易出现点对关联错配，导致配准后的点云在满足式 (4) 的前提下，仍在坐标系 S_c 的 XOY 面上出现较大拼接误差，这种情况在点云重叠处为大块平面时尤易发生。为了克服该缺陷，本文引入点云边缘特征来进一步对齐参与拼接的点云。

边缘点可定义为：在坐标系 S_c 的 X 、 Y 方向上，一个小领域内的所有点，若它们 Z 值的最大与最小之差超过给定阈值，就将该领域内的点都作为边缘点。于是点云 pc 中的边缘点集 E 可表示为

$$\begin{aligned} E = \{q \mid & \max_z N_{xy}(p_i) - \min_z N_{xy}(p_i) > \lambda, \\ & q \in N_{xy}(p_i), \ q, p_i \in pc, \ i = 1, \dots, n\} \end{aligned} \quad (5)$$

其中 n 为 pc 的点数， $N_{xy}(p_i)$ 为点 p_i 在 XOY 面一个小领域内的所有点， $\max_z N_{xy}(p_i)$ 、 $\min_z N_{xy}(p_i)$ 分别为邻域 $N_{xy}(p_i)$ 内全体点的最大与最小 Z 值， λ 为边缘深度差阈值。

当 3D 相机从上向下拍摄时，边缘侧面因视角遮挡，导致采样点稀疏，且它们的 Z 值精度较差，所以边缘点集 E 仅被用来进行 XOY 面内的点云对齐。于是只需针对已拼接点云 PC_h 与待拼入点云 pc_{h+1} 中各自的边缘点集 E_h 、 $\bar{E}_{h+1}$ ，在 XOY 面内根据最近邻原则建立点对关联，进而建立关于 X 、 Y 两轴的边缘点到点 ICP 方程

$$\begin{cases} x_g^{h+1} + dx_{h+1}^t + \beta dy_{h+1}^t + \alpha dz_{h+1}^t = x_g^h \\ y_g^{h+1} - \beta dx_{h+1}^t + dy_{h+1}^t = y_g^h \end{cases} \quad (6)$$

其中 $(x_g^{h+1} \ y_g^{h+1})$ 、 $(x_g^h \ y_g^h)$ 分别为 $\bar{E}_{h+1}$ 、 E_h 中建立起关联的点对 e_g^{h+1} 、 e_g^h 的 2D 坐标， G 为关联点对的数量， $g = 1, \dots, G$ 。联立式 (4)、(6)，即可求解旋转角 α 与 β ，然后将旋转角代入式 (1)，就可完成当前步的平移向量 $\vec{d}_{h+1}^c$ 更新。如此经多轮迭代，平移向量 $\vec{d}_{h+1}^c$ 将趋近其真实值。

2.3 初始平移方向的平滑估计

由于在标定位置标定的 S_t 与 S_c 间的坐标变换总会存在误差，随着拍摄位置远离标定位置，旋转角标定误差造成待拼入点云 pc_{h+1} ，相对于已拼接点云 PC_h 的位置偏差，会逐渐放大，以至 PC_h 超出 pc_{h+1} 的搜索邻域，从而导致无法建

立两个点云间的点对关联,也就无法做拼接计算。如果采用扩大邻域范围的方式来处理,容易造成点对关联出现大量错配,影响拼接精度。为此,本文采用对初始平移向量做平滑的方式来解决该问题,即 pc_{h+1} 在坐标系 S_c 下的初始平移向量 $\hat{d}_{h+1}^c$ 由两部分共同决定:一是最近邻的已拼入子区域点云 pc_f 在 S_c 下的平移向量 $\bar{d}_f^c$,二是待拼入点云 pc_{h+1} 在 S_t 下的 $\bar{d}_{h+1}^t$,相对于 pc_f 对应的 $\bar{d}_f^t$ 之偏移量。即:

$$\hat{d}_{h+1}^c = \frac{\bar{d}_f^c + (\bar{d}_{h+1}^t - \bar{d}_f^t)}{\|\bar{d}_f^c + (\bar{d}_{h+1}^t - \bar{d}_f^t)\|} \|\bar{d}_{h+1}^t\| \quad (7)$$

由于 pc_{h+1} 与 pc_f 邻近,所以两者间由于旋转角误差造成的偏移误差累积量较小,即 $\bar{d}_{h+1}^t - \bar{d}_f^t$ 相较于其他 $\bar{d}_{h+1}^t - \bar{d}_r^t$, $r \neq f$,更接近真值。所以 $\hat{d}_{h+1}^c$ 也更接近真值,从而使拼接计算更容易收敛。式 (7) 获得的 $\hat{d}_{h+1}^c$,与 $\bar{d}_{h+1}^t$ 相比,只是调整了向量方向,向量长度保持不变。对于已拼接点云 PC_h 中与 pc_{h+1} 最近邻子区域 pc_f 的编号 f 确认,可采用如下方式:

$$f = \arg \min_i \|\bar{d}_{h+1}^t - \bar{d}_i^t\|, i = 1, \dots, h \quad (8)$$

至此,将各子区域点云 pc_i ($i=1, \dots, m$) 逐个拼接成一体,算法流程,可总结如下:

Step1. 对于当前待拼入的 pc_{h+1} ,根据式 (8),在已拼入的 pc_i ($i=1, \dots, h$) 中找出 pc_f ;

Step2. 由式 (7) 获取 pc_{h+1} 的平移向量初值 $\hat{d}_{h+1}^c$;

Step3. 当第 k 轮迭代开始,在 PC_h 与 pc_{h+1} 间由式 (3) 建立法向一致的点对关联;

Step4. 由式 (5) 提取点云 PC_h 、 pc_{h+1} 的边缘点集 E_h 、 $\bar{E}_{h+1}$,并根据最近邻原则建立点对关联;

Step5. 基于 Step3、Step4 建立的点对关联,用式 (4)、(6) 计算当前迭代步的 α 、 β ;

Step6. 根据式 (1) 更新 $\bar{d}_{h+1}^c(k)$,如果本轮的 $\bar{d}_{h+1}^c(k)$ 较上轮迭代的 $\bar{d}_{h+1}^c(k-1)$,误差 $\tilde{d} = \|\bar{d}_{h+1}^c(k) - \bar{d}_{h+1}^c(k-1)\|$ 小于给定阈值,或 k 达到迭代次数上限,则流程结束, $\bar{d}_{h+1}^c(k)$ 就是最终优化的平移向量,并根据式 (2) 计算 pc_{h+1} 拼入 PC_h 后的新坐标,否则跳转 Step3。

为提升计算效率,所提算法可仅针对子区域点云经初始平移向量变换后的重叠区域实施。

3 实验

将 3D 相机固定在载台上方,向下拍摄载台上的物体,安装时只需做到载台坐标系 S_t 与相机坐标系 S_c 近似平行即可。3D 相机在 X 与 Y 方向的像素尺度为 $6.5\mu m$, Z 方向的精度为 $0.3\mu m$ 。移动载台使目标各局部区域依次呈现在相机的视野与景深中,载台在 S_t 下的平移量可精确到 $1\mu m$,数值可输出。拍摄时,载台的移动做到使两个相邻的子点云有 10%~30% 的视野重叠,且重叠区域存在法向各异的点集

或边缘点。采用本文提出的拼接算法时,式 (3) 中的法向夹角阈值 θ 设为 5 度,式 (5) 中邻域 $N_{xy}(p_i)$ 的窗口半径设为 1 倍点间距,边缘深度差阈值 λ 设为 16 倍点间距。

实验结果如图 1~图 6 所示,不同灰度点云代表载物台平移到不同位置时拍摄的目标子区域。图 1、图 2 分别展示了不使用和使用平移距离约束时的点云拼接效果。可见无约束时,算法陷入局部最优,法向与边缘均在局部对齐,但不是期望的拼接位置。而启动约束后,拼接正确。图 3 展示了未对初始平移向量进行平滑修正的情况下,即用 $\bar{d}_{h+1}^t$ 而非 $\hat{d}_{h+1}^c$ 作为初值,此时 3 块子点云 pc_i ($i=1, \dots, 3$) 的拼接效果。由于 pc_2 (灰) 与 pc_1 (白) 相邻,故能精确拼接。但 pc_3 (黑) 距离 pc_1 较远,导致无法在 pc_3 的邻域内搜索到 pc_1 与 pc_2 的拼接点云,从而使 pc_3 未能参与拼接计算,出现了较大拼接误差。图 4 展示了完整使用本文算法后的拼接效果,3 块子区域点云精确地拼接为一体。图 5、图 6 是本文算法应用于其他拍摄物上的拼接效果。表 1 展示了在电脑 CPU 为 Intel i7-9700K 的配置下,本文算法在图 5、图 6 所示的两种不同点数规模场景中的计算耗时与误差。拼接误差的计算方式为:对于参与拼接的两个点云,其边缘点在各自表面上投影并形成拟合边,拟合边之间的最大距离作为拼接误差。对目标物分别进行 10 次实验,表 1 显示 10 次实验的最大拼接误差小于工程测量中常用的最小误差指标 ($10\mu m$),故拼接精度满足使用需求。同时对于点数规模如此大的多个点云拼接,计算耗时可接受。

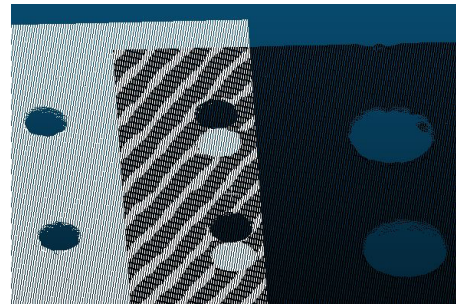


图 1 无移动距离约束拼接



图 2 有移动距离约束拼接

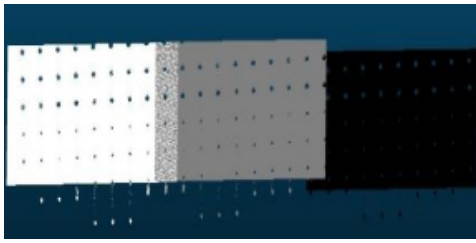


图3 无初值平滑的拼接

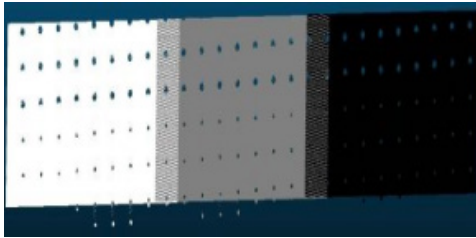


图4 完整使用本文算法拼接

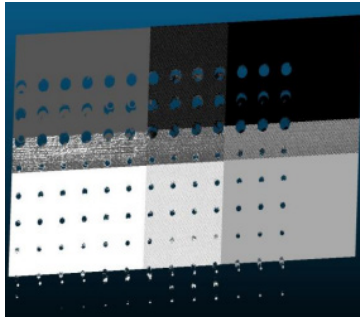


图5 带孔工件点云拼接

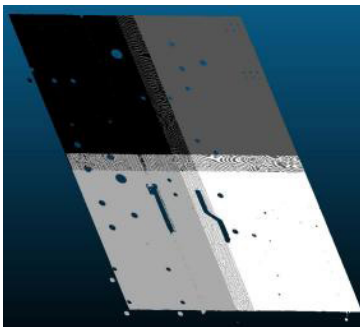


图6 带槽工件点云拼接

表1 拼接计算精度与耗时

	实验 次数	区域数	单个区域 点数	最大拼接误差 (μm)	完整拼接 耗时(s)
带孔工件 (图5)	10	4	1123000	5.79	2.82
带槽工件 (图6)	10	4	4350000	4.09	5.18

4 结语

本文提出的基于平移距离约束的点云拼接算法,利用已知的高精度载台平移量,将对点云拼接所需平移向量的优化,转换为对平移方向角的优化,从而把最优解的定义域约束在一个固定半径的球面区域上。由于迭代计算的定义域被缩小,降低了迭代收敛到局部最优的错误拼接位置之可能性。引入点云法向、边缘特征作为点云间的点对关联依据。同时使用这两种特征,使法向特征侧重于对齐关联点对的 Z 坐标,边缘特征侧重于对齐关联点对的 X 、 Y 坐标,能有效解决法向特征缺乏唯一性与边缘点 Z 坐标值噪声大对拼接带来的干扰。并且利用已拼接邻近点云的优化后平移向量,对新考察点云的预估平移向量进行平滑,确保新考察的子区域点云初始预估位置相对于真实拼接位置的偏差,不会因新点云逐渐远离第一个子区域的拍摄位置而不断变大,从而使所有新考察点云都位于拼接算法的搜索邻域内,以便算法顺利执行。通过实验进一步证明了此算法具有拼接精度高,计算速度快的特点。总之,对于3D相机与移动平台配合拍摄大尺寸物体的工程需求,本文算法是一种有力的解决方案。

参考文献

- [1] 基于FPFH-ICP的三维工件点云配准方法研究.张泽鹏;赫森奥;张明泽等.信息与电脑,2022(13):54-57.
- [2] 基于ICP的工业测量三维点云配准算法研究.赵建春.科技创新与应用,2025(3):177-179.
- [3] 基于ICP配准的激光雷达相机联合标定算法.安晓宇;曹琼;霍鑫健等.今日自动化,2024(7):157-162.
- [4] 基于神经网络的多类物体三维位姿获取方法研究.李博;梁飒.消费电子,2022(2):20-21.
- [5] 改进PointNetLK的点云智能配准与位姿图优化方法.李荣华;董欣基;薛豪鹏等.宇航学报,2022(11):1557-1565.

Application of artificial intelligence technology in English enlightenment education

Hangjiang Zhu

Guangmai Technology Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310051, China

Abstract

With the deepening of education informationization strategy, artificial intelligence technology provides an innovative path to solve the problems of teacher shortage, teaching standardization and personalized contradiction in English enlightenment education. By constructing an AI intelligent English classroom system and integrating technologies such as intelligent recognition, multi-modal interaction and big data analysis, this study realized the structured replication and accurate output of teaching resources. The practice shows that this system can effectively improve the learning efficiency of the golden age of English enlightenment, reduce the influence of family economic factors on educational equity, and provide a replicable technical scheme for educational modernization. This paper discusses the application of artificial intelligence technology in English enlightenment education, hoping to achieve the organic unity of “large-scale education and personalized training”.

Keywords

Artificial Intelligence; English Enlightenment Education; Educational Equity; Personalized Learning; Smart Classroom

人工智能技术在英语启蒙教育中的应用研究

祝航江

广脉科技股份有限公司, 中国·浙江 杭州 310051

摘要

随着教育信息化战略的深入推进,人工智能技术为解决英语启蒙教育中的师资短缺、教学标准化与个性化矛盾等问题提供了创新路径。本研究通过构建AI英语智慧课堂系统,整合智能识别、多模态交互与大数据分析等技术,实现了教学资源的结构化复制与精准化输出。实践表明,该系统能够有效提升英语启蒙黄金期的学习效率,降低家庭经济因素对教育公平的影响,为教育现代化提供了可复制的技术方案。本文探讨研究人工智能技术在英语启蒙教育中的应用,希望最终实现“规模化教育与个性化培养”的有机统一。

关键词

人工智能; 英语启蒙教育; 教育公平; 个性化学习; 智慧课堂

1 引言

《中国教育现代化 2035》明确提出“发展智能教育”的战略目标,要求通过技术创新解决教育资源不均衡的核心矛盾。英语启蒙教育作为基础教育的重要环节,面临着优质师资匮乏(占全国小学英语教师缺口 23.7%)、启蒙时机滞后(公立体系平均起始年龄 9.2 岁)等现实困境。AI 技术的介入为重构教学范式提供了可能。基于教育部 2022 年教育信息化发展报告,采用智能教育系统的实验班级在语言习得效率上较传统课堂提升 41.6%,且城乡差距缩小至 12.3%。本研究通过构建 AI 英语智慧课堂系统,探索 AI 技术赋能教育公平的创新路径^[1]。

2 英语启蒙教育的现实困境

2.1 需求与供给的结构性矛盾

2.1.1 启蒙时效性缺失

语言习得关键期(3-8岁)与公立教育体系存在 2~3 年的空窗期,导致 52.8% 的家庭选择课外培训(中国教育财政科学研究所,2021)。尤其作为我国东部沿海高度发达地区,对外贸易交流多、开放程度高,二、三年级才开始进行英语教育,错过了学生接触英语的黄金时期,很难满足学生未来的需求。

2.1.2 教学标准化困境

传统大班制下师生比达 1:32(教育部基础教育司,2022),难以实现个性化指导。老师只能以班级平均水平来进行授课、布置作业,最终结果必然是成绩好的学生“吃不饱”,基础较差的学生“吃不下”。大班授课、统一作业的教育模式已经难以满足社会对于因材施教的迫切需求。

【作者简介】祝航江(1984-),男,中国浙江萧山人,本科,工程师,从事信息技术研究。

2.1.3 英语师资力量的相对不足

在数量上的相对不足最直观的体现就是小学低段英语老师的不足。当前大部分公立小学英语教育是从三年级开始的，英语老师数量不足以覆盖小学全部学段，再加上教师水平也参差不齐，很难满足当前家长对于孩子英语启蒙的要求。在能力上的相对不足体现在优质的老师在任何时候都是稀缺资源。在学龄前的英语教学中，需要通过良好的沉浸感和互动感有效激发学生的兴趣，这对英语教师的口语发音、英语表达能力，甚至英语结合表演的能力提出了更高的要求。小学教育老师需要有清晰、细致的知识脉络，丰富的习题资源，和深入浅出的讲授能力。这些能力本质上是一种稀缺资源，大部分老师还无法做到这一点。在精力上的相对不足体现在学生家长对个性化教学的需求，将给老师带来成倍增长的工作量。老师的精力是有限的，客观上无法准确把握每个学生知识点掌握情况，更不用说在此基础上给全班每个学生布置不同作业并进行批改讲评了，同时，也无法随时随地回答学生在学习和作业过程中碰到的问题。

2.1.4 评价维度单一化

现行体系中 83.6% 的考核仍以词汇记忆为主（华东师范大学课题组，2020），忽视交际能力培养。习近平总书记指出：“深化教育评价改革，从根本上克服唯分数、唯升学、唯文凭、唯论文、唯帽子的顽瘴痼疾，切实扭转教育功利化倾向。”对教育评价的维度从单一维度变成了多维度，这对学校准确、精细、全面掌握学生动态，提出了更高的要求。

2.1.5 教育协同力度不足

传统教育的核心用户是老师和学生，但随着社会的进步，越来越多的主体开始深入地介入到教育活动中来。大到政府的宏观决策，小到家庭对孩子教育的参与，都对教育部门提出了自己特定的需求。如何准确理解，并且满足多主体的需求，也是教育部门当前面临的重要挑战。

2.1.6 教育管理深度不够

大数据时代，全社会对管理的深度提出了新的要求，英语启蒙教育领域也不例外。传统的管理模式只管结果，如学生的分数线、平均分、错误率等。然而当下迫切需要知道“是什么”，还需要知道“为什么”，以及在此基础上的决策分析支持，即“怎么办”。

2.2 技术赋能的必要性

神经语言学研究表明（Kuhl, 2010），沉浸式互动可提升儿童语言习得效率达 57%。AI 技术通过三个维度突破传统局限：

①资源可复制性：哈佛大学实证研究显示（Chen et al., 2021），虚拟教师系统可将优质课程复用效率提升至 97.4%。

②过程可追溯性：多模态行为识别系统可捕捉 132 项学习特征（眼动、语音、微表情等）。

③服务可持续性：智能系统 7×24 小时响应率较人工提升 89.2%（北京师范大学实验数据，2023）。

3 AI 英语智慧课堂

系统集成四大核心模块：输入端、输出端、智慧课堂大脑和特色课程。

3.1 输入端

包括：学生互动终端、智慧课堂控制端和学生身份行为采集端。

学生互动终端：每个学生手持一个学生互动终端，学生可以通过学生互动终端上的按键和麦克风与虚拟老师进行互动答题，按键数据与语音数据传入智慧课堂大脑进行实时处理反馈。

智慧课堂控制端：老师手持一个智慧课堂控制端，通过智慧课堂控制端来控制虚拟老师的课程与进程，例如开始、暂停、选择课程等，以及进行班级、学生、课堂管理。

学生身份行为采集端：在教室内布置摄像头，通过摄像头识别学生身份，捕捉学生行为将视频数据上传至智慧课堂大脑以供识别分析^[2]。

3.2 输出端

智慧课堂大屏：智慧课堂大屏负责显示和播放 AI 英语智慧课堂的课程内容，包括真人点名、扫描点名、答题器反馈、做题投屏、做题后点评、头像上墙、课中秩序维护等。

3.3 智慧课堂大脑

包括：学生身份识别、学生行为识别、学生语音识别、智能动画交互、课堂内容调度和学生表现评价。

①学生身份识别：使用人脸识别来判断学生身份，以便将产生的学情数据录入到该学生的记录中。

②学生行为识别：通过摄像头捕捉学生的身体姿态、人脸表情、眼神和动作等，判断学生的姿态（比如低头），举手等行为。在此基础上，根据课堂授课的需要，选择特定行为举止的学生（如举手特别高、积极性高的学生，或者思想跑开、开始走神的学生等）起来回答问题，并进行学生课堂表现的评价。

③学生语音识别：包含语音的标准度识别和语义识别；语音的标准度识别，通过识别学生发音的音素来判断学生的发音是否标准；语义识别，通过判断学生所说的单词和语句是否正确来判断学生回答问题的正确与否。

④智能动画交互：采用文字驱动语音和动画的技术，可以根据输入的文字，转化成虚拟老师的发音、口型、表情和动作。通过这种方式，虚拟老师可以准确地叫出每一个学生的名字，在需要个性化互动的时候，也能够根据学生的问题，通过智慧课堂大脑生成对应的内容，从而驱动 AI 英语智慧课堂，以语音和动画的方式来表达和呈现。

3.4 特色课程服务

包括：特色的课程体系、丰富的课程内容和课程管理系统。

①特色的课程体系：例如采用欧洲共同语言参考标准（CEFR, The Common European Framework of Reference for Languages），以培养孩子英语学科的 4C 能力（“Critical Thinking 批判性思维”“Communication 沟通能力”

“Collaboration 合作精神”和“Creativity 创新能力”）为目标的高质量特色课程。通过 AI 智能技术对授课进行统一设计、录制、碎片化处理和内容整合，形成体系化的 AI 教师课程。教学资源满足学生的接受能力和兴趣偏好的需求，构建包含话题、词汇、句型、阅读、能力评价等在内的一系列完备的课程大纲，以及完整、科学的课程体系。

②丰富的课程内容：通过定制的虚拟老师，在具有互动性的场景中使用各种各样的道具，以游戏的方式为学生提供丰富的课程内容。虚拟老师作为智慧课堂的主讲老师，她能说会讲会表演。采用 3D 虚拟技术，老师的形象可以定制，既可以使用超写实的角色，也可以设计成各种符合小学低段小朋友的，有亲和力的形象，还可以设计成小学低段学生喜欢的卡通 IP 形象等等。虚拟老师采用哈佛外教口音的配音，保证英语口语的纯正性。

③课程管理系统：管理课程内容的上传、下载和审核。

4 实践成效与理论价值

4.1 教育公平促进效应

在浙江省“智慧教育示范区”的实证研究中（2021-2023）：农村地区英语启蒙覆盖率从 17.3% 提升至 68.9%，家庭课外培训支出下降 42.7%，区域间学业水平差异系数从 0.38 降至 0.21^[3]。

4.2 教学范式创新价值

4.2.1 师生角色重构

教师转型为“学习促进者”，指导时间利用率提升至 76.3%。教师转型为“学习促进者”体现了教育范式从“知识灌输”向“能力培养”的深刻变革。在数字化时代，教师角色由传统课堂的权威讲授者转变为学习生态的设计师，通过创设真实情境、搭建认知支架、整合多维资源，引导学生开展探究式学习。同时，教师需要掌握多元评价方法，运用 AI 技术构建个性化学习路径，在项目式学习、翻转课堂等模式中培养学生的批判性思维、协作能力和元认知水平。这种转型要求教师既要具备学科素养，更要精熟认知心理学知识，通过持续观察与动态反馈，帮助学习者建立知识网络，最终实现“教是为了不教”的育人目标。

4.2.2 评价体系革新

构建包含语言能力（40%）、交际素养（30%）、学习品质（30%）的多维评价矩阵。以语言能力为核心基础，覆盖语音规范、词汇应用、语法结构及跨文化理解等要素；交际素养侧重真实语境中的互动策略、情感共情、团队协作与跨文化沟通能力；学习品质聚焦元认知策略、成长型思维、自主学习与反思改进能力。通过嵌入多模态任务群、项目式学习档案和同伴互评量表，采用量化测评与质性描述相结合的方式，借助 AI 学习分析系统动态追踪学习轨迹，实现从知识掌握到核心素养发展的过程性评价。

4.2.3 教育生态进化

形成“AI 主讲 + 教师督导 + 家长协同”的新型教育共同体。以 AI 智能系统（主讲）为技术中枢，通过知识图谱

构建与自适应学习算法实现精准内容推送；教师转型为督导者，负责学习诊断、高阶思维引导及情感关怀；家长依托云端管理平台参与学习环境创设与成长档案建设。三方通过教育数据驾驶舱实现多源信息同步，借助智能督导报告、家校协作任务单、定期成长对话会等机制，形成覆盖“教学设计—过程干预—生涯规划”的 OMO 教育闭环，最终构建起人机协同、家校社联动的全息化育人网络。

5 挑战与对策建议

5.1 技术应用瓶颈

5.1.1 情感交互深度不足

当前系统情感识别准确率仅 82.4%。主要表现为教育场景中人机交互停留在指令响应层面，缺乏情感识别、共情反馈与价值观引导能力。技术层面，现有系统难以解析学习者的微表情、语调变化等非语言符号，对焦虑、挫败感等复杂情绪的捕捉准确率不高；应用层面，标准化应答模式无法实现认知共情，难以建立师生间的信任关系与情感联结。这导致学习者参与度衰减、深度学习动机弱化。突破路径包括：开发多模态情感计算模型，融合脑电波与生理信号分析；构建情感迁移学习框架，通过师生对话样本训练 AI 的情感策略生成能力；设计情感增强型虚拟伙伴，嵌入成长型思维干预机制。

5.1.2 长时记忆建模困难

知识遗忘曲线的预测误差率达 18.7%。长时记忆建模的挑战源于神经网络固有的“灾难性遗忘”特性与人类认知机制的本质差异。技术层面，动态权重衰减机制难以平衡新旧知识存储冲突，稀疏激活策略导致知识关联性断裂，参数更新过程中知识留存率不足 30%；认知层面，现有模型缺乏情景记忆与语义记忆的耦合机制，无法构建分层索引结构。

5.2 优化路径

①融合脑机接口技术提升情感计算维度，开发多模态情感计算模型，融合脑电波与生理信号分析；构建情感迁移学习框架，通过师生对话样本训练 AI 的情感策略生成能力；设计情感增强型虚拟伙伴，嵌入成长型思维干预机制。

②引入 CLARION 认知架构实现显隐式记忆协同，开发神经符号系统构建概念图谱，借鉴海马体索引机制设计皮层-基底节循环网络，通过弹性权重固化算法增强知识稳定性，结合间隔重复强化神经突触可塑性，最终达成知识迁移与终身学习能力。

6 结论

AI 技术通过重构英语启蒙教育的资源供给模式、教学过程形态与评价标准体系，为破解教育公平难题提供了创新方案。未来需在技术深化、机制创新、伦理规范三个维度持续突破，最终实现“规模化教育与个性化培养”的有机统一。

参考文献

- [1] 中共中央办公厅. 中国教育现代化2035[Z]. 2019.
- [2] Kuhl P K. Brain mechanisms in early language acquisition[J]. Neuron, 2010, 67(5):713-727.
- [3] 教育部基础教育司. 全国义务教育质量监测报告[R]. 2022.

Multi-level emotion classification based on BERT

Ruoxin Liao

School of Computer and Artificial Intelligence, Southwest Jiaotong University, Chengdu, Sichuan, 611756, China

Abstract

Aspect-level sentiment analysis hinges on accurately establishing the association between aspect terms and their corresponding opinion words. However, existing methods often fail to fully exploit contextual sentiment knowledge and capture deep semantic features. To address these limitations, this paper proposes a BERT-based multi-feature fusion model. First, a sentiment lexicon is utilized to extract sentiment information from the context, and sentiment knowledge weighting is applied to enhance syntactic dependency relations, thereby constructing a syntactic sentiment graph convolutional network. Second, a dual-layer attention mechanism is designed, integrating self-attention and interactive attention to further capture intra-sentence semantic information and reinforce the interaction between aspect terms and the surrounding context. Additionally, deep features from the second-layer attention mechanism are extracted to improve the accuracy of sentiment polarity prediction. By dynamically integrating syntactic sentiment features, attention-based features, and global features, the proposed model constructs a more comprehensive sentiment representation. Experimental results on three publicly available datasets demonstrate the effectiveness of the proposed approach.

Keywords

Aspect-based Sentiment Analysis; Graph Convolutional Network; Attention Mechanism; Sentiment Knowledge; Multi-Feature Fusion

基于 BERT 的多特征融合方面级情感分类方法

廖若欣

西南交通大学计算机与人工智能学院, 中国 · 四川 成都 611756

摘要

方面级情感分析, 关键在于精准构建方面词与相应意见词间的关联。目前, 现有方法难以充分利用上下文情感知识、挖掘深度语义特征, 为此提出一种基于BERT的多特征融合模型。首先, 利用情感词典挖掘上下文中的情感信息, 并通过情感知识加权增强句法依存关系, 构建句法情感图卷积网络。其次, 设计了一种双层注意力机制, 结合自注意力和交互注意力, 以进一步挖掘句子内部的语义信息, 并强化方面词与上下文之间的交互关系。同时, 进一步提取第二层注意力的深层次特征, 以提升情感极性预测的准确性。该模型通过动态融合句法情感特征、注意力特征和全局特征, 构建更完整的情感表示。3个公开数据集上的实验结果表明, 提出的模型是有效的。

关键词

方面级情感分析; 图卷积网络; 注意力机制; 情感知识; 多特征融合

1 引言

互联网的发展极大改变了信息获取方式, 人们乐于在网络平台表达观点, 这类文本常包含丰富情感。传统情感分析任务聚焦于文档级或句子级的情感极性判定^[1], 但评论往往涉及多个维度, 单纯靠整体情感分析难以满足实际需求。在此背景下, 方面级情感分析 (Aspect-Based Sentiment Analysis, ABSA) 应运而生, 旨在针对句中的特定方面进行情绪极性判定, 而不是对整个句子或篇章进行粗略的整体分析, 提供更细致的情感洞察。

本文针对 ABSA 任务, 提出基于 BERT 的多特征融合

网络模型 MFF-BERT (Multi-Feature Fusion Network based on BERT pretraining model)。主要贡献如下: ①引入外部情感知识加权增强句法依存关系, 通过句法情感图卷积网络提取句法情感信息; ②设计双层注意力机制, 结合自注意力和交互注意力深入挖掘句子内部的语义信息, 强化方面词与上下文之间的交互, 通过第二层注意力提取更深层次的特征; ③在 3 个公开数据集上进行对比实验, 验证模型有效性。

2 相关工作

在 ABSA 的早期研究进程中, 基于情感词典和基于机器学习的方式率先展开探索。基于情感词典的方法实现简单、易于理解, 然而该方法通常依赖于情感词典的搭建。与传统情感词典方法相比, 机器学习方法性能优越, 避免了对情感词典的过度依赖, 但仍需大规模标注数据集和精确的特

【作者简介】廖若欣 (2000–), 女, 中国四川成都人, 在读硕士, 从事自然语言处理研究。

征工程。

伴随深度学习持续发展, 深度神经网络模型凭借其无需繁杂特征工程而备受关注。近几年, 基于图卷积网络 (Graph Convolutional Network, GCN) 和基于注意力机制的模型在 ABSA 研究中得到广泛应用。这两种深度学习方法表现良好, 但仍存在问题。基于 GCN 的方法通常使用句法依存图构建图结构, 但忽略了情感信息, 导致模型在捕捉情感相关句法依赖时表现有限。基于注意力的模型能动态分配全局权重, 但多数仅关注方面词与上下文词的交互, 未能充分捕捉深层语义关联, 也缺乏显式的句法结构约束。因此, 本文提出 MFF-BERT 模型, 结合句法情感特征、注意力特征和整体特征进行情感极性预测。

3 本文模型

3.1 模型框架

本文提出的 MFF-BERT 结构如图 1 所示。首先利用 BERT 提取上下文和方面词的词向量, 构建句法依存图。随后, 通过外部情感知识加权句法依存图, 增强情感知识建模。紧接着, 采用图卷积网络对句法情感图进行编码, 以获取丰富的句法情感信息。同时, 方面词和上下文词向量通过双层注意力机制进行深度交互, 既捕捉上下文内部信息, 又提取方面词与上下文的交互特征。通过动态融合策略整合句法情感特征、整体语义特征和注意力特征, 最终用于情感分类。

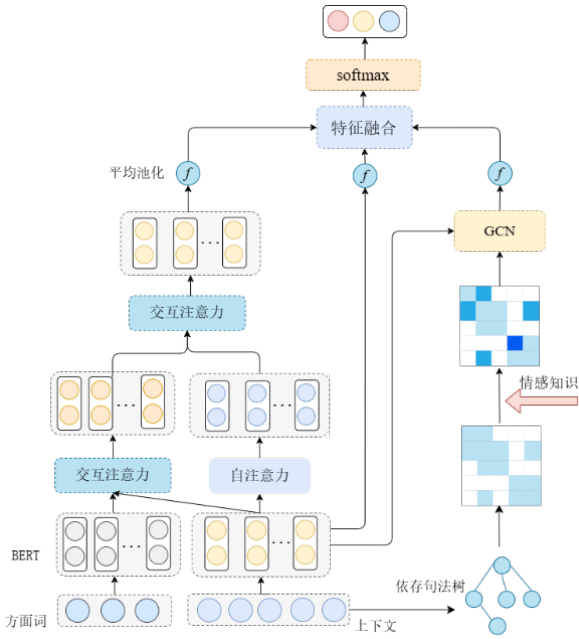


图 1 MFF-BERT 模型框架

3.2 嵌入层

在嵌入层, 本文采用 BERT 模型。将文本序列输入 BERT 之前, 预处理是一项不可或缺的步骤, 以满足 BERT 的输入格式要求。最终生成上下文的全局表示、方面词的局部表示, 其具体形式如下:

$$H^S = BERT([CLS, Sentence, [SEP], Aspect, [SEP]]) \quad (1)$$

$$H^A = BERT([CLS, Aspect, [SEP]]) \quad (2)$$

其中, “[CLS]” 用于标志句子序列的开始位置, “[SEP]” 是不同句子间的分割符号。

3.3 句法情感图卷积网络

3.3.1 句法依赖图

在 ABSA 任务中, 方面词的情感通常由上下文中的某些关键词决定, 因此捕捉句子的句法依存关系尤为重要^[2]。因此, 本文以句法依赖树为基础, 为输入句子构建句法依赖图。对于评论文本 $S = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ 构建过程如下:

$$D_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \text{ 或 } w_i \text{ 和 } w_j \text{ 存在依赖关系} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

3.3.2 情感知识图

情感知识在情感分析任务中通常用于增强情感特征表示, 许多学者已证明情感知识对情感分类有着积极作用。为突出单词间的情感依赖关系, 本文引入 SenticNet5 情感词典, 帮助模型更深入地推理文本情感信息并提升情感识别能力。SenticNet 5 为每个单词提供了情感得分, 范围在 -1 到 1 之间。情感越积极得分越接近 1, 越消极得分越接近 -1。

构建情感知识图 S 方式如下:

$$S_{ij} = Score(w_i) + Score(w_j) \quad (4)$$

其中, $Score(w_i)$ 表示单词 w_i 在 SenticNet5 中的情感得分。

3.3.3 句法情感知识图

为突出对特定方面词的关注度, 引入一个方面增强图 T 。

$$T_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{如果 } w_i \text{ 或 } w_j \text{ 是方面词} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

将前述得到的三个图进行融合, 构建句法情感知识图 R , 该图综合了句法信息、外部情感知识以及方面词自身对情感分类的影响。

$$R_{ij} = D_{ij}(S_{ij} + T_{ij} + 1) \quad (6)$$

3.3.4 多层图卷积

在得到句法情感知识图后, 利用图卷积网络对上下文进行特征提取。GCN 采用逐层传播机制, 每层隐藏状态是基于上一层输出更新, 实现信息逐步聚合与传播。GCN 通过利用邻接节点的信息来更新当前节点的隐藏状态, 更新方式如下:

$$h_j^l = ReLU(\sum_{i=1}^n R_{ij} W^l g_j^{l-1} + b^l) \quad (7)$$

其中 g_j^{l-1} 为节点的层输入; h_j^l 为节点 j 的 l 层输出; W^l 和 b^l 是线性变换权重和偏置项。

为增强模型对上下文词与方面词之间的位置信息的建模能力, 本文对隐藏状态首先进行位置加权处理。以往研究多采用线性加权, 可能导致权重分配不够平滑。本文使用高斯分布加权, 如公式 (8)、(9)、(10) 所示。高斯分布加权通过更平滑的权重分配和自适应的权重范围, 更好地捕捉方面

词及其上下文的关系减少远距离词的干扰。

$$g_j^{l-1} = F(h_j^{l-1}) \quad (8)$$

$$F(h_i) = p_i \cdot h_i \quad (9)$$

$$idx_c = \frac{idx_s + idx_e}{2} \quad (10)$$

$$p_i = \exp \left(-\frac{(i - idx_c)^2}{2len_{aspect}^2} \right) \quad (11)$$

其中, $F(\cdot)$ 是位置权重函数, p_i 是第 i 个词位置权重, idx_s 代表方面词的中心位置, idx_s 和 idx_e 分别是方面词开始和结束索引。

为了更好地学习全局上下文信息, 多层 GCN 以 BERT 生成的隐藏向量 H^S 作为初始节点表示, 即 $H^0 = H^S$ 。第 l 层 GCN 的输出表示如下:

$$H^l = \{h_1^l, h_2^l, \dots, h_n^l\} \quad (12)$$

最终, GCN 最后一层输出 H^G 被用于后续的特征融合。

3.4 双层注意力层

受 Shazeer^[3] 启发, 本层采用一种注意力机制变体, 称为交谈注意力机制 (Talking-Heads Attention)。交谈注意力机制在传统多头注意力机制基础上, 引入两个额外线性投影。logits 投影在 Softmax 操作前对注意力分数进行投影, 允许不同头之间的信息交互。weights 投影则在 Softmax 之后对注意力权重进行投影, 进一步调整每个头的权重分布。计算包括查询 Q、关键字 K 和值 V, 具体计算过程如下:

$$THA(Q, K, V) = \text{Concat}(h_{ead_1}, h_{ead_2}, \dots, h_{ead_n}) W^o \quad (13)$$

$$Head_i = \text{softmax} \left(\frac{QK^T}{\sqrt{d_k}} P_l \right) P_w V \quad (14)$$

其中, d_k 为键向量维度; P_l 为 logits 投影矩阵; P_w 为 weights 投影矩阵; W^o 为输出投影矩阵。

在 MFF-BERT 中, 引入双层注意力机制。第一层交互式注意力用于捕捉上下文和方面词之间的交互信息; 第一层自注意力计算上下文中各词之间的相关性, 增强模型对关键信息的关注能力。最终获得交互特征表示 H^{IA} , 自注意力的特征表示 H^{SA} , 计算如下:

$$H^{IA} = THA(H^A, H^S, H^S) \quad (15)$$

$$H^{SA} = THA(H^S, H^S, H^S) \quad (16)$$

第二层交互注意力进一步增强特征表达能力, 形成一个更加丰富和深入的语义理解 H^{FA} , 计算方式如下:

$$H^{FA} = THA(H^{IA}, H^{SA}, H^{SA}) \quad (17)$$

3.5 多特征融合

在进行特征融合之前, 对双层注意层提取语义特征 H^{FA} 、GCN 层的最终提取特征 H^G 和整体上下文编码 H^S 进

行平均池化处理, 以降低特征空间的维度, 保留关键特征信息。

$$H^{Sem} = \text{average}(H^{FA}) \quad (18)$$

$$H^{GCN} = \text{average}(H^G) \quad (19)$$

$$H^{Global} = \text{average}(H^S) \quad (20)$$

通过融合不同层的特征表示, 可以充分发挥各类特征之间的互补性。在面对结构复杂、语义模糊或者情感表达隐晦的样本时, 不同特征能够从各自的独特角度提取信息, 弥补单一特征的局限性。特征融合的计算过程如下:

$$g_i = \sigma(W_g [H^{Sem}; H^{GCN}; H^{Global}] + b_g) \quad (21)$$

$$H^F = g_1 H^{Sem} + g_2 H^{GCN} + g_3 H^{Global} \quad (22)$$

其中 H^F 为最终表征, g_1, g_2, g_3 是可学习的权重参数, σ 表示 sigmoid 激活函数, W_g 是可学习的权重矩阵, b_g 为偏置项。

3.6 输出层

输出层利用全连接层和 Softmax 归一化, 获得模型的最最终分类概率分布 p , 计算方式如下:

$$p = \text{Softmax}(W_p H^F + b_p) \quad (23)$$

其中, W_p 为可学习的参数矩阵, b_p 为偏置项。

模型参数采用标准梯度下降法进行优化, 旨在最小化带 L2 正则化的交叉熵损失, 该损失函数定义如下:

$$\text{Loss} = -\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (y_{ij} \log \hat{y}_{ij}) + \lambda \|\theta\|^2 \quad (24)$$

其中, n 为样本数量; m 为类别数量; y_{ij} 为样本 i 实目标签值; $\hat{y}_{ij}$ 是模型对样本 i 属于类别 j 的预测概率; $\lambda \|\theta\|^2$ 表示 L2 正则化项。

4 实验结果与分析

4.1 实验数据集

为验证 MFF-BERT 有效性, 选取 Twitter 和 Restaurant、Laptop 公开数据集进行实验。Restaurant 数据集由餐馆相关的用户评论构成; Laptop 数据集为笔记本电脑评价; Twitter 数据集为推文数据。这些数据集的每条评论都标注了方面词及其极性。

4.2 实验参数设置与评价指标

实验中, BERT 词嵌入维度设为 768, 采用 Adam 作为优化器, 学习率为 $2e-5$, 批处理大小为 16, GCN 层数为 2, 最大序列长度设定为 85。同时, 采用准确率和 F1 值作为评价指标。

4.3 对比实验

为了全面评价 MFF-BERT 表现效能, 选取以下基准模型:

ATAE-LSTM: 将方面词嵌入向量和上下文嵌入向量相连接, 通过注意力机制加权输入的词向量。

AOA: 利用“上下文注意力”聚焦于输入文本的关键信息,通过“方面注意力”将情感信息与目标方面对齐。

ASGCN: 首次引入特定于方面的 GCN, 充分利用句子的依存关系进行情感分类。

BiGCN: 从语法层次和词汇层次捕捉文本中的情感信息,采用图卷积网络对这些层次图和词汇图进行卷积操作。

InterGCN: 针对方面词设计方面间邻接矩阵,提供方面之间的关系信息,进而联合上下文邻接矩阵更全面理解文本中的情感信息。

SK-GCN: 通过图卷积网络结合句法信息和知识图谱,利用语法结构和外部知识增强文本表示。

T-MGAN: 通过对文本进行词粒度、短语粒度等多粒度分析,捕捉不同层次的情感信息。

BERT-SPC: Google AI 团队研发的预训练语言模型,用于各种文本处理任务。

AEN-BERT: 通过 BERT 学习文本的上下文信息,并利用双重注意力机制关注输入文本中的关键词以及聚焦于目标情感与上下文之间的关联。

BERT4GCN: 通过提取 BERT 模型的中间层信息,捕捉深层语义特征,利用 GCN 建模词汇间的关系和上下文信息,融合 BERT 的语言理解能力与 GCN 的结构建模优势。

T-GCN-BERT: 引入类型感知机制,同时在 GCN 结构的多个层次上进行特征提取,并采用层集成方法,使得不同层次的信息可以互相补充。

表 1 呈现了实验结果。

由表 3 可知:

① MFF-BERT 在 Restaurant 和 Twitter 数据集上准确率和 F1 值均最佳,在 Laptop 数据集上,准确率略低于 T-GCN-BERT 和 AEN-BERT,但 F1 值接近最优。

② BERT 预训练模型的引入显著提升分类性能。非 BERT 模型主要依赖静态词向量,难以充分捕捉上下文信息,而 BERT 通过动态词向量生成机制,有效提升了方面级情感分析的词表示能力和分类效果。

③ 句法结构信息与注意力机制结合有效提升分类效果。对比仅依赖注意力机制的模型,GCN 类模型通过依存句法结构更好地捕捉方面词与上下文关系,提升分类性能。

④ MFF-BERT 通过多源信息融合提高对复杂句子的理解。与传统 GCN 模型不同,MFF-BERT 结合全局特征、句

法情感特征和注意力特征,增强了模型对多方面词的感知能力。

表 1 MFF-BERT 与基线模型对比结果 (%)

模型	Restaurant		Laptop		Twitter	
	Acc	F1	Acc	F1	Acc	F1
ATAE-LSTM	77.32	66.57	69.14	63.18	69.65	67.40
AOA	79.97	70.42	72.62	67.52	72.30	70.20
ASGCN	80.77	72.02	75.55	71.87	72.15	70.40
BiGCN	81.97	73.48	74.49	71.84	74.16	73.35
InterGCN	82.23	74.01	77.86	74.32	-	-
SK-GCN	80.54	70.14	73.04	68.41	71.82	69.56
T-MGAN	82.06	72.65	76.38	73.02	71.23	70.63
BERT-SPC	84.11	76.68	77.59	75.03	75.92	75.18
AEN-BERT	83.12	73.76	79.93	76.31	74.54	73.26
BERT4GCN	84.75	77.11	77.49	73.01	74.73	73.76
T-GCN-BERT	86.16	79.95	80.88	77.03	76.45	75.25
Our MFF-BERT	86.27	79.99	79.36	75.52	76.97	75.88

5 结语

本文提出了一种基于多特征融合的方面级情感分析模型 (MFF-BERT), 通过融合句法结构、情感知识和语义信息,提升模型对方面级情感的理解能力。模型采用双层注意力机制来建模方面词与上下文的关系,并强化句子内部的语义关联。此外,结合外部情感知识的句法增强图卷积网络在捕捉句法依赖的同时提升情感理解。最后,设计动态特征融合机制,融合语义、句法情感和全局特征,优化模型性能。实验结果表明,MFF-BERT 在三个公开数据集上超越了大多数现有模型。

参考文献

- [1] 汪红松,李嘉展,曾碧卿.文本方面级情感分析方法研究综述[J].软件导刊,2023,22(09):1-8.
- [2] Zhang C, Li Q, Song D. Aspect-based sentiment classification with aspect-specific graph convolutional networks[C]//Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and the 9th International Joint Conference on Natural Language Processing. 2019: 4568-4578
- [3] Shazeer N, Lan Z, Cheng Y, et al. Talking-heads attention[J]. arXiv preprint arXiv:2003.02436, 2020.

Exploration of the Application of Digital Twins in Data Center Data Centers

Shuhui Wang Bingheng Yi Liping Gao Zhouyong Lin Zhaoxi Huang

Guoneng (Quanzhou) Thermal Power Co., Ltd., Quanzhou, Fujian, 362100, China

Abstract

With the rapid development of information technology, data center data centers, as critical infrastructure, are constantly increasing in scale and complexity. Digital twin technology, as an emerging technological concept, closely connects the physical world with the virtual world, providing new ideas and methods for the management, operation, and optimization of data center data centers. This article explores in depth the various applications of digital twins in data center data centers, including data center design and planning, equipment management and maintenance, energy consumption management, security management, etc. It analyzes the advantages, challenges, and future development trends it brings, aiming to provide reference and inspiration for the digital transformation of data center data centers.

Keywords

digital twin; Data center computer room; Application; digital transformation

数字孪生在数据中心机房的应用探索

王书辉 易秉恒 高利平 林周勇 黄兆玺

国能（泉州）热电有限公司，中国·福建 泉州 362100

摘 要

随着信息技术的飞速发展，数据中心机房作为关键的基础设施，其规模和复杂性不断增加。数字孪生技术作为一种新兴的技术理念，将物理世界与虚拟世界紧密相连，为数据中心机房的管理、运营和优化提供了全新的思路和方法。本文深入探讨了数字孪生在数据中心机房的各个应用方面，包括机房设计与规划、设备管理与维护、能耗管理、安全管理等，分析了其带来的优势、面临的挑战以及未来的发展趋势，旨在为数据中心机房的数字化转型提供参考和借鉴。

关键词

数字孪生；数据中心机房；应用；数字化转型

1 引言

传统的数据中心机房管理模式面临着诸多挑战，如设备管理难度大、能耗高、空间利用不合理、安全隐患难以及时发现等。数字孪生技术的出现为解决这些问题提供了可能。通过构建与物理数据中心机房相对应的虚拟数字模型，实现对机房的实时监测、模拟分析和优化决策，从而提升机房的整体性能和管理水平。

2 数字孪生的关键技术

①三维建模与可视化技术：通过三维建模软件创建物理实体的精确几何模型，并运用可视化技术将模型以直观的方式呈现出来，包括静态展示和动态交互展示等。②物联网（IoT）技术：利用传感器、射频识别（RFID）等物联网设

备，实现对物理实体的各种数据（如温度、湿度、压力、电量等）的实时采集和传输，为数字孪生模型提供数据支持。

③大数据与数据分析技术：对采集到的海量数据进行存储、管理和分析，运用数据挖掘、机器学习等算法提取有价值的信息和规律，为模型的优化和预测提供依据。④云计算与边缘计算技术：云计算提供强大的计算资源和存储能力，支持数字孪生模型的复杂计算和大数据处理；边缘计算则在靠近物理实体的边缘设备上进行部分数据处理和分析，减少数据传输延迟，提高系统的实时性和响应速度。⑤仿真与模拟技术：基于物理实体的数学模型和性能参数，运用仿真软件对物理实体的运行状态、性能表现等进行模拟和预测，为决策提供参考。

3 数字孪生在数据中心机房设计与规划中的应用

3.1 机房布局优化

在数据中心机房的设计阶段，数字孪生技术可以通过创建虚拟的机房模型，对不同的布局方案进行模拟和评估。

【作者简介】王书辉（1982-），男，中国湖北武汉人，硕士，工程师，从事自动化研究。

通过在模型中布置服务器机柜、网络设备、电力设备、空调系统等各种机房设施,分析各布局方案对空间利用率、气流组织、散热效果、布线复杂度等方面的影响。

3.2 设备选型与配置

数字孪生模型可以根据机房的业务需求和设计目标,对各类设备的选型和配置进行模拟分析。通过对不同品牌、型号的服务器、存储设备、网络交换机等进行性能参数设置和虚拟集成,评估其在机房环境下的运行性能、能耗水平、可靠性等指标。同时,结合业务流量预测和工作负载分析,确定合理的设备配置方案,如服务器的 CPU、内存、磁盘等资源的分配,网络带宽的规划等,以确保机房在满足业务需求的前提下,实现资源的高效利用和成本的优化控制。

3.3 能耗预测与规划

基于数字孪生模型,可以对数据中心机房的能耗进行预测和规划。通过整合机房内各类设备的能耗数据、制冷系统的运行数据、电力供应数据等,建立能耗预测模型。该模型可以考虑业务负载、设备利用率、环境温度等多种因素对能耗的影响,预测机房在不同运行工况下的能耗情况。

4 数字孪生在数据中心机房设备管理与维护中的应用

4.1 设备状态监测与故障预警

利用物联网技术在机房设备上部署各类传感器,如温度传感器、振动传感器、电流传感器等,实时采集设备的运行数据,并将其传输到数字孪生模型中。数字孪生模型通过对这些数据的实时分析和处理,结合设备的正常运行参数范围和故障诊断模型,及时发现设备的异常状态和潜在故障隐患。例如,当服务器的 CPU 温度超过设定阈值或硬盘的读写错误率异常升高时,模型能够立即发出警报,通知维护人员进行检查和处理,从而实现设备故障的早期预警和快速响应,降低设备故障对机房运行的影响,提高设备的可靠性和可用性。

4.2 预防性维护与维修决策支持

基于数字孪生模型中的设备运行数据和历史维护记录,运用数据分析和机器学习算法,制定个性化的预防性维护计划,合理安排设备的维护时间和维护内容。同时,在进行设备维修时,维护人员可以通过数字孪生模型获取设备的详细故障历史、维修手册等信息,提前熟悉维修流程和注意事项,提高维修效率和质量。

4.3 设备资产管理系统

数字孪生技术可以构建一个完整的数据中心机房设备资产管理系统。该系统以数字孪生模型为核心,将设备的采购信息、安装位置、运行状态、维护记录、性能指标等所有相关信息集成在一个统一的平台上,实现设备资产的全生命周期管理。通过对设备资产数据的可视化展示和分析,管理人员可以清晰地了解机房内设备的整体情况,包括设备的分布、数量、使用年限、性能趋势等,为设备的更新换代、资

产优化配置等决策提供科学依据,提高设备资产的管理水平和投资回报率。

5 数字孪生在数据中心机房能耗管理中的应用

5.1 实时能耗监测与分析

通过在机房的电力供应系统、制冷系统、服务器设备等各个能耗环节安装智能电表、电量传感器等监测设备,实时采集机房的能耗数据,并将其传输到数字孪生模型中。数字孪生模型能够对这些数据进行实时处理和分析,以直观的图表、报表等形式展示机房的能耗分布情况,包括各设备的用电量、制冷系统的耗电量、机房整体的功率密度等指标。通过对能耗数据的实时监测和分析,管理人员可以及时发现能耗异常情况,如设备的空载运行、制冷系统的低效运行等,采取相应的措施进行调整和优化,实现对机房能耗的精细化管理。

5.2 能耗模拟与优化策略制定

利用数字孪生模型对机房的能耗进行模拟分析,研究不同运行参数、设备配置和运行模式下的能耗变化情况。例如,通过模拟调整服务器的负载分配、改变空调的送风温度和风量、优化 UPS 的运行模式等对机房能耗的影响,找出最优的能耗管理策略。

6 数字孪生在数据中心机房安全管理中的应用

6.1 安全风险评估与预警

数字孪生模型可以整合机房的各种安全相关信息,如机房的物理布局、设备分布、人员访问记录、消防系统状态、环境监测数据等,构建一个全面的安全风险评估体系。通过对这些数据的实时分析和处理,运用风险评估模型和算法,对机房可能面临的安全风险(如火灾、水浸、非法入侵、设备过载等)进行实时评估和预警。例如,当机房内的烟雾传感器检测到烟雾浓度超标或水浸传感器检测到漏水时,数字孪生模型能够立即发出警报,并在模型中直观地显示风险位置和相关设备信息,为应急处理提供及时的决策支持,降低安全事件的发生概率和损失程度。

6.2 人员安全管理与行为监测

在数据中心机房中,人员的操作行为和安全管理至关重要的一环。通过在机房内安装视频监控系统、门禁系统,实现对机房人员的行为监测和权限管理。数字孪生模型可以根据人员的权限信息和机房的安全规则,对人员的进入区域、操作设备等行为进行监控和限制,防止未经授权的人员进入关键区域或进行非法操作。同时,通过对人员行为数据的分析,发现异常行为模式,如人员在机房内的逗留时间过长、频繁进出特定区域等,及时进行预警和调查,提高机房人员安全管理的水平和效率。

7 数字孪生在数据中心机房应用的优势

7.1 提高管理效率和决策科学性

数字孪生技术通过实时采集和整合机房的各种数据,

为管理人员提供了一个全面、准确、直观的机房运行状态视图。管理人员可以通过数字孪生模型快速获取所需信息,进行实时监控和分析,及时发现问题并采取措施,大大提高了机房管理的效率和响应速度。同时,数字孪生模型基于大数据分析和仿真模拟等技术,能够为决策提供科学依据和多种方案评估,帮助管理人员做出更加合理、优化的决策,降低决策风险和成本。

7.2 降低成本和资源浪费

在机房的设计、建设和运营过程中,数字孪生技术的应用有助于优化资源配置,降低建设和运营成本。例如,在设计阶段通过模拟优化机房布局和设备配置,避免了因设计不合理导致的设备闲置、空间浪费和后期改造成本;在运营阶段通过对能耗的精细化管理和设备的预防性维护,降低了能源消耗和设备维修更换成本,提高了资源的利用效率和经济效益。

7.3 提升机房的可靠性和安全性

数字孪生技术为数据中心机房的可靠性和安全管理提供了强有力的支持。通过对设备状态的实时监测和故障预警,能够及时发现和处理设备潜在故障,提高设备的可靠性和可用性。

8 数字孪生在数据中心机房应用面临的挑战

8.1 数据质量和数据安全问题

数字孪生技术的应用高度依赖于数据的准确性和完整性,数据质量的好坏直接影响到数字孪生模型的可靠性和实用性。在数据中心机房中,由于设备种类繁多、数据来源广泛,数据的采集、传输和存储过程中可能会出现数据误差、丢失、不一致等问题,需要建立有效的数据质量管理和清洗机制来保证数据的质量。此外,数据中心机房涉及大量的敏感数据和商业机密,数据的安全性和隐私保护至关重要。在数字孪生技术应用中,如何确保数据在采集、传输、存储和使用过程中的安全性,防止数据泄露、篡改和恶意攻击等安全事件的发生,是需要解决的重要挑战之一。

8.2 技术集成和标准化难题

数字孪生技术涉及多种技术的融合和协同,如三维建模、物联网、大数据、云计算、仿真等,这些技术在不同的发展阶段和应用场景中存在着技术标准不统一、接口不兼容等问题,给数字孪生系统的集成和互操作性带来了困难。在数据中心机房应用中,需要来自不同厂商的设备、系统和软件进行有效的集成和对接,实现数据的无缝流动和功能的协同工作,这需要制定统一的技术标准和规范,促进各技术之间的兼容性和互操作性。

8.3 投资成本和回报周期

构建和实施数字孪生系统需要投入大量的资金,包括硬件设备采购(如传感器、服务器、网络设备等)、软件平台建设(如三维建模软件、数据分析工具、仿真软件等)、系统集成开发以及人员培训等方面的费用。数字孪生技术的

应用效果和投资回报需要一定的时间才能显现,这也会影响一些企业对数字孪生技术的应用决策。

9 数字孪生在数据中心机房应用的发展趋势

①利用人工智能算法对机房数据进行更深入的分析和挖掘,实现更精准的故障预测、能耗优化和智能决策;借助边缘计算技术提高数据处理的实时性和效率,降低系统延迟。②应用范围可以拓展涵盖机房的全生命周期管理和全方位运营管理。例如,在机房的规划与设计阶段,将更加注重利用数字孪生技术进行多方案的模拟和优化,考虑更多的因素如业务增长预测、未来技术发展趋势等,提高机房的前瞻性和适应性;在机房的运营阶段,将数字孪生技术与业务流程管理、服务质量管理、成本管理等相结合,实现机房运营的全面数字化转型和智能化升级。③行业标准化和规范化进程加快 为了促进数字孪生技术在数据中心机房等领域的广泛应用和健康发展,相关行业组织和标准化机构将加快制定数字孪生技术的标准和规范。这些标准和规范将涵盖数据格式、接口协议、模型构建、安全隐私等方面,确保不同厂商的产品和系统之间具有良好的兼容性和互操作性,为数字孪生技术的市场推广和应用提供有力的保障。④云化和 SaaS 模式服务兴起 随着云计算技术的普及和应用,数字孪生技术也将逐渐向云化和 SaaS(软件即服务)模式发展。一些专业的数字孪生技术提供商将通过云平台为数据中心机房用户提供数字孪生建模、数据分析、仿真模拟等服务,用户无需自行搭建复杂的硬件和软件环境,只需按需付费使用相关服务即可,降低了数字孪生技术的应用门槛和成本,特别是对于中小企业数据中心机房具有较大的吸引力,将推动数字孪生技术在更广泛范围内的应用和推广。

10 结论

数字孪生技术在数据中心机房的应用具有广阔的发展前景和巨大的潜力。通过对机房设计与规划、设备管理与维护、能耗管理、安全管理等多个方面的深入应用,数字孪生技术能够显著提高数据中心机房的管理效率、可靠性、安全性和能源利用效率,降低运营成本和资源浪费,促进数据中心机房的数字化转型和可持续发展。然而,在应用过程中也面临着数据质量、技术集成、人才短缺、投资成本等挑战,需要行业各方共同努力,加强技术研发、标准制定、人才培养和应用实践等方面的工作,推动数字孪生技术在数据中心机房领域的健康、快速发展。随着技术的不断进步和应用的不断深入,数字孪生技术必将在数据中心机房的发展中发挥更加重要的作用,为数字经济的蓬勃发展提供坚实的基础支撑。

参考文献

- [1] 数据中心降低能耗的方法研究[J]. 白亚东.节能,2024(03).
- [2] 数据中心机房空调系统设计及节能改造研究[J]. 张翔境.节能,2024(01).

Integration and Optimization Strategy of University Data Center Resources Based on Cloud Computing

Tianzi Gu

Hubei Institute of Engineering, Xiaogan, Hubei, 432000, China

Abstract

With the continuous evolution of information technology, university data centers, as a key infrastructure for university informationization construction, face many challenges such as low resource utilization, scattered system architecture, and complex operation and maintenance management. Cloud computing technology, with its advantages of resource elasticity, service scalability, and unified management, provides an effective path for the integration and optimization of resources in university data centers. Based on an in-depth analysis of the current operation status and problems faced by traditional data centers in universities, this article explores the core value of cloud computing technology in resource integration. Combining typical cases and practical needs, multi-dimensional optimization strategies are proposed, including resource pooling, platform unification, service automation, and security system strengthening. By building a new model of university data centers based on cloud architecture, it can not only improve resource utilization efficiency and service responsiveness, but also help promote the level of information governance in universities to a new level.

Keywords

cloud computing; University data center; Resource integration; Optimization strategy; MIS

基于云计算的高校数据中心资源整合与优化策略

谷田子

湖北工程学院, 中国 · 湖北 孝感 432000

摘 要

随着信息技术的持续演进, 高校数据中心作为高校信息化建设的关键基础设施, 面临着资源利用率不高、系统架构分散、运维管理复杂等诸多挑战。云计算技术以其资源弹性、服务可扩展和统一管理的优势, 为高校数据中心的资源整合与优化提供了有效路径。本文在深入分析高校传统数据中心运行现状及其所面临问题的基础上, 探讨云计算技术在资源整合方面的核心价值, 结合典型案例与实际需求, 提出多维度的优化策略, 包括资源池化、平台统一、服务自动化和安全体系强化等。通过构建基于云架构的高校数据中心新模式, 不仅能够提升资源使用效率和服务响应能力, 也有助于推动高校信息化治理水平迈上新台阶。

关键词

云计算; 高校数据中心; 资源整合; 优化策略; 信息化建设

1 引言

高校信息化建设的持续推进催生了大量的数据处理需求, 教学管理、科研支持、后勤服务等各类系统在不同时间阶段独立建设, 导致数据中心资源架构分散、设备利用率低、维护成本高昂等问题日益突出。同时, 数据安全性、服务连续性和管理灵活性等方面的要求不断提升, 使得传统数据中心的局限性愈加明显。

云计算技术的快速发展和广泛应用, 为高校数据中心的资源整合与优化提供了新的技术支撑与发展方向。其所具

备的虚拟化、分布式、弹性计算等特性, 使得资源的动态调度与按需供给成为可能, 有助于构建集中化、平台化、智能化的新型数据中心架构, 从而满足高校在教学科研、管理运营等多领域不断增长的计算与存储需求。

本文围绕“云计算背景下的高校数据中心资源整合与优化”主题, 系统梳理国内外研究现状与技术路径, 深入剖析当前问题症结, 并在此基础上提出可行性强的整合与优化策略, 为高校信息化发展提供理论支撑与实践参考。

2 高校数据中心建设现状与面临的问题

2.1 资源利用率不高与冗余建设问题

多年来, 高校在推进信息化建设过程中, 普遍采用“各自为政”的分散部署模式, 各院系和职能部门根据自身业务特点独立建设应用系统和配套服务器资源。这种“烟囱式”

【作者简介】谷田子(1996-), 女, 中国河南南阳人, 硕士, 从事人工智能研究。

架构虽然在初期能够快速响应个别需求，具有一定灵活性，但随着系统数量不断增加，逐渐暴露出设备冗余、资源浪费和管理分散等问题。一方面，不少服务器在业务负载低时处于闲置或低效运行状态，造成大量硬件资源无法被充分利用；另一方面，面对新系统上线，相关部门又需重复采购服务器与基础设施，加剧了资源配置的重复与冲突。由于缺乏统一的资源调度与集中管理机制，原本可以整合的计算与存储资源被人为分割，不仅降低了信息系统整体运行效率，还大幅提升了维护与管理成本，制约了高校信息化水平的持续提升与协同发展。

2.2 系统架构碎片化与数据孤岛现象严重

高校在信息化建设过程中，由于缺乏统一的顶层规划与技术架构指导，各类业务系统往往由不同部门独立开发实施，导致技术标准不统一、数据格式不一致、接口规范缺失。这种分散式建设模式在初期虽能满足个别部门的功能需求，但从全局来看，严重影响了数据之间的共享与整合。在实际运行中，多个系统之间难以实现数据的互联互通，形成了封闭的“数据孤岛”，信息流转效率低下。各类数据分散在教务、人事、财务、科研、后勤等系统中，难以进行有效地集成分析，无法支持跨业务场景的智能决策与协同管理。尤其是在当前大力推进智慧校园建设的背景下，数据协同能力的不足以成为高校提升智能化管理水平的关键制约因素，亟须通过统一标准体系、整合数据平台、强化系统互联来打破壁垒，实现数据资源的高效融合与价值释放。

2.3 运维管理复杂与成本居高不下

传统数据中心运行模式下，高校需要配备专人分别负责物理服务器、网络设备、操作系统、中间件及各类应用系统的维护与管理。随着高校业务系统日益增多，应用场景不断拓展，涉及的软硬件设备类型日趋复杂，运维团队面临的工作负荷持续上升，管理流程日益繁琐，故障排查与系统升级的效率也受到影响。同时，硬件设备的更新换代周期普遍较短，技术快速演进要求高校不断投入资金进行基础设施升级，建设和维护成本压力逐年增加。对于预算有限的高校而言，传统数据中心已难以支撑未来发展的需求。因此，如何通过系统整合、虚拟化部署、自动化运维等技术手段，实现资源共享、运维精简、成本优化，已成为高校信息化转型的核心诉求。借助新一代信息技术推动数据中心向集中化、智能化方向演进，正是缓解当前运维困境、提升整体管理效率的关键路径。

3 云计算技术在高校数据中心中的应用价值

3.1 资源池化实现动态分配与弹性扩展

云计算依托虚拟化技术，将传统物理服务器、存储设备与网络资源整合为统一的资源池，打破了物理设备之间的边界，实现计算资源的集中管理与灵活调度。高校在引入云计算架构后，各类业务系统可以依据实际运行负载动态申请

资源，无需预留大量冗余设备，从而显著提高资源利用效率，降低建设与维护成本。相比传统部署模式，云计算具备良好的弹性伸缩能力，能够根据用户访问量的变化自动进行资源扩展或回收，尤其适用于招生季、选课期、开学报到等业务高峰期场景。在此期间，系统负载剧增，传统架构常因资源瓶颈导致响应迟缓甚至崩溃，而云平台的弹性能力可有效保障系统稳定运行，提升访问流畅度和用户满意度。通过云计算的应用，高校不仅能够实现信息资源的高效配置与共享，也为构建高可靠、低能耗、智能化的校园信息基础设施奠定了坚实基础。

3.2 平台统一推动系统集成与标准化

云平台具备标准化的接口设计和服务规范，能够为高校不同类型的业务系统提供统一的集成与运行环境，解决传统系统间接口不兼容、数据不互通等问题。通过构建包含IaaS（基础设施即服务）、PaaS（平台即服务）和SaaS（软件即服务）三层架构的云计算体系，高校可以将原本分散部署的IT资源进行有效整合，实现计算、存储、网络等基础资源的统一调度与弹性管理。在此基础上，平台统一管理接口调用、权限控制、服务配置等内容，为各类教学、科研、管理系统提供标准化支撑。更重要的是，云平台为业务系统间的数据共享、实时交互和流程协同提供了技术保障，打破“数据孤岛”，推动信息资源的集中管理与深度融合。通过云平台建设，高校不仅能够实现技术层面的集中化运维，还能在业务层面构建高度协同、高效联动的信息化生态，全面提升智慧校园的建设水平与管理效能。

3.3 自动化管理降低运维复杂度

借助云平台提供的自动化运维工具，高校可实现资源部署、系统监控、故障处理等各类运维流程的全生命周期自动化管理，显著降低对人工操作的依赖，减少人为错误的发生率，从而提升整体管理效率。通过建设统一的运维监控平台，学校可以对服务器运行状态、CPU和内存使用率、网络带宽、应用性能、安全事件等多维度指标进行实时监测与智能预警，及时发现潜在风险并自动触发应对机制，保障系统的稳定性和业务的连续性。同时，自动化脚本与配置管理工具的引入，使得应用部署、版本更新、资源调度等操作更加高效规范，不仅加快了新系统的上线速度，也显著缩短了业务响应周期。整体而言，基于云平台的自动化运维能力不仅优化了运维流程，降低了技术门槛与成本投入，也为高校实现高可用、高性能的信息系统提供了坚实支撑。

4 高校数据中心云化转型的实施路径

4.1 分阶段推进云架构建设

考虑到高校信息系统的复杂性及历史遗留问题较多，数据中心的云化转型应采取分阶段、渐进式推进策略。在初期阶段，可优先选择部分业务相对独立、使用频率高的系统进行云端部署试点，积累经验并完善技术方案。在中期阶段，

逐步扩展云平台服务范围,整合更多的计算与存储资源,推动主要业务系统的云化迁移。最终阶段,形成全校统一的云计算中心,承载教学、科研、管理、服务等多领域应用,实现全局资源调度与统一运维管理。

4.2 建立多层次虚拟资源管理体系

在推进高校信息资源整合的过程中,应根据不同应用场景与服务类型,构建多层次、分工明确的虚拟资源管理体系,以提升整体系统的灵活性与可扩展性。底层通过服务器虚拟化技术,构建统一的 IaaS 资源池,将分散的计算、存储和网络资源集中管理,实现资源的弹性调度与按需分配,为上层应用提供稳定、高效的基础支撑。中间层搭建 PaaS 平台,整合数据库服务、开发工具、数据分析引擎、身份认证与接口服务等通用能力,降低开发与集成难度,提高系统开发与部署效率。上层则基于 SaaS 模式,为教师、学生、管理人员等不同用户群体提供个性化的业务应用,如教学管理、在线学习、科研协作、校园服务等。各层架构之间协同配合,既保证了系统的模块化构建和高效运维,又能灵活适应高校日益多样化和动态变化的信息化需求,是推动智慧校园高质量发展的关键技术路径。

4.3 强化数据安全与权限管控机制

高校数据中心作为信息化建设的核心枢纽,承载着包括学生学籍、考试成绩、科研成果、教师档案等大量敏感信息,在向云平台迁移和建设过程中,必须将数据安全与权限管理置于优先考虑的战略高度。为防范潜在的安全风险,需建立以多重身份认证、加密传输和严格访问控制为基础的安全体系,确保不同级别用户在合法权限范围内访问相应资源。同时,完善的用户权限体系和操作审计机制能够实现对用户行为的全过程记录与溯源,有效防止越权操作和数据泄露。此外,针对云平台的共享特性和分布式结构,应制定严谨的安全隔离策略,合理划分资源边界,防止系统间干扰与攻击渗透。

5 资源整合过程中的关键问题与应对策略

5.1 异构系统迁移的技术障碍

传统高校数据中心中的各类系统技术架构差异较大,

迁移过程中容易出现兼容性问题。为此,可采用“容器化+微服务”架构进行业务重构,提高系统间的兼容性与可移植性。同时,应通过全面的系统梳理与技术评估,确定不同系统的迁移优先级与改造路径,确保迁移过程中业务不中断、数据不丢失。

5.2 管理理念与组织结构滞后

在技术手段更新的同时,高校信息化管理体系也亟待与之适配。一方面,应推动管理理念由“分散运维”向“统一治理”转变,提升对资源整合价值的认知;另一方面,应适当调整信息中心、各学院与职能部门之间的权责分配,明确云平台运行管理的责任主体与协同机制,建立科学高效的决策体系与反馈机制。

6 结语

高校数据中心是现代大学治理体系的重要支撑平台,其资源整合与优化水平直接关系到信息化建设的整体成效与运行效率。在云计算技术的加持下,传统数据中心有条件、有能力实现从物理分散向虚拟集中、从静态配置向动态调度的深度转型。

本文围绕“基于云计算的高校数据中心资源整合与优化策略”展开系统性研究,从当前建设现状出发,明确问题根源,阐释云计算在资源整合中的应用价值,并提出了多层次、渐进式的优化策略路径。未来应进一步加强技术创新与实践探索,在保障数据安全与提升服务效能的前提下,推动高校数据中心实现高质量、智能化、绿色化发展,为我国教育现代化和“数字中国”建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 李春姬,黄深鸿.大数据背景下财务会计信息质量优化策略研究[J].现代营销(下旬刊),2025,(03):136-138.
- [2] 应兰芹,水君飞.大数据环境下高校数字人事档案管理策略[J].山西档案,2025,(03):161-164.
- [3] 张芳平.大数据环境下高校校园网络信息安全隐患与防护措施[J].网络安全技术与应用,2025,(03):97-99.
- [4] 谢秀秀.大数据赋能高校辅导员微信公众号建设的实践路径研究[J].佳木斯职业学院学报,2025,41(02):82-84.

Application and Risk Analysis of Artificial Intelligence Technology in Network Content Construction

Ziqin Meng

Guizhou Qianxinan Prefecture Cybersecurity and Informatization Service Center, Qianxinan, Guizhou, 562400, China

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence (AI) technology, its application in network content construction has become increasingly widespread, profoundly changing the way information is produced, disseminated, and managed. However, the introduction of AI technology also brings a series of risks and challenges. This paper aims to comprehensively analyze the current application status of AI technology in network content construction, explore the main risks it brings, and propose corresponding countermeasures and suggestions. By reviewing relevant literature and practical cases, this paper provides a reference for the sustainable development of AI technology in network content construction.

Keywords

Artificial intelligence technology; Network content construction; Application status; Risk analysis

人工智能技术在网络内容建设中的应用与风险分析

孟子钦

贵州省黔西南州委网信办, 中国·贵州黔西南 562400

摘要

随着人工智能技术的迅猛发展, 其在网络内容建设中的应用日益广泛, 深刻改变了信息的生产、传播和管理方式。然而, 人工智能技术的引入也带来了一系列风险与挑战。本文旨在全面分析人工智能技术在网络内容建设中的应用现状, 探讨其带来的主要风险, 并提出相应的对策建议。通过综述相关文献和实际案例, 为人工智能技术在网络内容建设中的可持续发展提供参考。

关键词

人工智能技术; 网络内容建设; 应用现状; 风险分析

1 引言

网络内容建设是信息时代的重要组成部分, 它涉及信息的采集、编辑、发布、传播等多个环节。随着人工智能技术的兴起, 其在网络内容建设中的应用逐渐增多, 为提高内容生产效率、优化用户体验、增强内容个性化等方面带来了显著优势。然而, 人工智能技术的引入也引发了一系列风险问题, 如数据隐私泄露、算法偏见、内容质量下降等。因此, 深入分析人工智能技术在网络内容建设中的应用与风险, 对于促进网络内容建设的健康发展具有重要意义。

2 人工智能技术在网络内容建设中的应用现状

2.1 内容生产自动化

2.1.1 智能写作与编辑

人工智能技术, 特别是自然语言处理 (NLP) 技术,

使得机器能够模拟人类的写作和编辑过程^[1]。例如, 一些新闻机构利用智能写作机器人快速生成新闻报道, 这些机器人可以根据预设的模板和算法, 自动抓取数据、撰写文章, 大大提高了新闻生产效率。同时, 智能编辑工具可以自动检查文本中的语法错误、拼写错误, 甚至提供写作风格建议, 帮助编辑人员提高稿件质量。

2.1.2 内容生成与创意辅助

生成式 AI (AIGC) 技术为内容创作者提供了强大的辅助工具。通过训练大量文本数据, AIGC 模型能够生成具有创意性的文章、诗歌、小说等^[2]。在广告、营销等领域, AIGC 技术被广泛应用于文案生成, 帮助品牌快速创作出符合目标受众喜好的广告内容。

2.2 内容个性化推荐

2.2.1 用户画像构建

人工智能技术通过分析用户的浏览历史、搜索记录、社交行为等数据, 构建出精准的用户画像。这些画像不仅包含用户的基本信息, 还涉及用户的兴趣偏好、消费习惯等深层次特征。基于用户画像, 网络平台能够为用户提供更加个性化的内容推荐, 提高用户满意度和黏性。

【作者简介】孟子钦 (1986-), 男, 苗族, 中国贵州普安人, 硕士, 工程师, 从事网信工程专业 (子专业: 网络生态治理) 研究。

2.2.2 推荐算法优化

深度学习、强化学习等算法在内容推荐领域得到了广泛应用。这些算法能够根据用户的实时反馈和行为变化，动态调整推荐策略，确保推荐内容的准确性和时效性^[3]。例如，一些视频平台利用推荐算法为用户推荐符合其兴趣的视频内容，有效提高了用户观看时长和留存率。

2.3 内容审核与管理

2.3.1 智能审核

面对海量的网络内容，传统的人工审核方式已难以满足需求。人工智能技术通过图像识别、文本分析等技术，能够自动检测内容中的违规信息，如色情、暴力、谣言等^[4]。智能审核系统能够实时处理大量内容，大大提高了审核效率，降低了人力成本。

2.3.2 版权保护

人工智能技术还被应用于版权保护领域。通过训练大量的文本、图像等数据，智能系统能够识别出侵权内容，帮助版权方维护自身权益。例如，一些音乐平台利用智能技术检测上传的音乐作品是否存在侵权情况，有效打击了盗版行为。

3 人工智能技术在网络内容建设中的风险分析

3.1 数据隐私泄露风险

3.1.1 数据收集与存储风险

人工智能技术在网络内容建设中的应用需要大量用户数据作为支撑^[5]。然而，在数据收集、存储过程中，存在数据泄露的风险。一旦敏感数据被泄露，将对用户隐私造成严重威胁。例如，一些不法分子可能通过黑客攻击等方式窃取用户数据，用于非法目的。

3.1.2 数据使用与共享风险

在数据使用过程中，如果平台未能妥善保护用户数据，或者未经用户同意将数据共享给第三方，也将引发隐私泄露风险^[5]。例如，一些广告平台可能将用户数据出售给第三方广告公司，用于精准营销等目的。

3.2 算法偏见风险

3.2.1 算法歧视

人工智能算法在训练过程中可能受到训练数据偏见的影响，导致算法输出结果存在歧视性。例如，在内容推荐领域，如果训练数据中存在性别、种族等偏见，算法可能会推荐不符合某些用户兴趣的内容，从而引发歧视问题。

3.2.2 算法不透明性

人工智能算法的复杂性和不透明性使得用户难以理解其决策过程^[7]。这可能导致用户对推荐内容的信任度降低，甚至对平台产生不满情绪。例如，一些用户可能认为推荐算法过于依赖个人兴趣，而忽视了内容的多样性和质量。

3.3 内容质量下降风险

3.3.1 内容同质化

人工智能技术在内容生成和推荐方面的应用可能导致内容同质化问题。由于算法倾向于推荐用户感兴趣的内容，用户可能会陷入信息茧房，难以接触到多样化的观点和信

息^[8]。这将对用户的认知能力和判断力产生负面影响。

3.3.2 内容误导性

智能写作和编辑工具虽然能够提高内容生产效率，但也可能导致内容误导性问题。例如，一些智能写作机器人可能无法准确理解复杂的语境和逻辑关系，从而生成误导性的内容。此外，一些不法分子可能利用智能技术生成虚假信息，误导公众舆论。

3.4 技术滥用风险

3.4.1 网络谣言传播

人工智能技术可能被用于传播网络谣言^[9]。一些不法分子可能利用智能生成技术制造虚假信息，并通过社交网络等平台迅速传播。这些谣言可能对社会稳定和公共安全造成威胁。

3.4.2 恶意攻击与破坏

人工智能技术还可能被用于发起恶意攻击和破坏活动。例如，一些黑客可能利用智能技术攻击网络平台的服务器或数据库，窃取敏感信息或破坏平台正常运行。

4 实际案例分析

4.1 智能写作机器人案例

案例背景：某新闻机构引入了一款智能写作机器人，用于快速生成新闻报道。这款机器人能够根据预设的模板和算法，自动抓取数据、撰写文章。

应用效果：智能写作机器人的引入大大提高了新闻生产效率，使得该新闻机构能够在第一时间发布大量新闻报道^[10]。然而，在应用过程中也暴露出一些问题。例如，由于机器人无法理解复杂的语境和逻辑关系，部分生成的新闻报道存在语义不清、逻辑混乱等问题。此外，由于机器人缺乏人类的创造力和想象力，生成的文章往往缺乏深度和独特性。

风险分析：该案例反映出智能写作机器人在内容生成方面存在的风险。一方面，由于机器人无法理解复杂的语境和逻辑关系，可能导致内容误导性问题；另一方面，由于机器人缺乏创造力和想象力，可能导致内容同质化问题。

4.2 个性化推荐算案例

案例背景：某视频平台利用深度学习算法为用户提供个性化视频推荐服务。该算法能够根据用户的浏览历史、搜索记录等行为数据，为用户推荐符合其兴趣的视频内容。

应用效果：个性化推荐算法的引入大大提高了用户观看时长和留存率。用户能够在平台上快速找到自己喜欢的视频内容，提高了用户体验。然而，在应用过程中也暴露出一些问题。例如，由于算法过于依赖用户兴趣，部分用户陷入了信息茧房，难以接触到多样化的观点和信息。此外，由于算法存在歧视性风险，部分用户可能无法获得符合其兴趣的内容推荐。

风险分析：该案例反映出个性化推荐算法在内容推荐方面存在的风险。一方面，由于算法过于依赖用户兴趣，可能导致内容同质化问题；另一方面，由于算法存在歧视性风

险,可能引发用户不满情绪和社会争议。

4.3 智能审核系统案例

案例背景:某社交平台引入了一款智能审核系统,用于自动检测内容中的违规信息。该系统能够实时处理大量内容,大大提高了审核效率。

应用效果:智能审核系统的引入有效降低了人力成本,提高了审核效率。然而,在应用过程中也暴露出一些问题^[11]。例如,由于系统无法准确理解复杂语境和背景信息,部分合规内容被误判为违规内容而被删除或屏蔽。此外,由于系统缺乏人类的判断力和灵活性,难以应对一些特殊情况下的审核需求。

风险分析:该案例反映出智能审核系统在内容审核方面存在的风险。一方面,由于系统无法准确理解复杂语境和背景信息,可能导致误判和漏判问题;另一方面,由于系统缺乏人类的判断力和灵活性,难以应对一些特殊情况下的审核需求。

5 对策建议

5.1 加强数据隐私保护

5.1.1 完善数据保护法规

政府应加快制定和完善数据保护法规,明确数据收集、存储、使用和共享的标准和规范。同时,应加大对数据泄露事件的处罚力度,提高违法成本。

5.1.2 提升技术防护能力

网络平台应加强技术防护能力,采用加密技术、访问控制等手段保护用户数据安全。同时,应定期对系统进行安全检测和漏洞修复,确保系统稳定运行。

5.2 提高算法透明度与公平性

5.2.1 加强算法监管

政府应加强对人工智能算法的监管力度,要求算法开发者公开算法原理、数据来源和决策过程等信息。同时,应建立算法评估机制,对算法进行定期评估和审查。

5.2.2 优化算法设计

算法开发者应优化算法设计,减少算法偏见和歧视性风险。例如,可以采用多源数据融合、模型融合等方法提高算法的准确性和公平性。同时,应加强对算法的训练和测试工作,确保算法在不同场景下的稳定性和可靠性。

5.3 提升内容质量与多样性

5.3.1 加强人工审核

网络平台应加强人工审核力度,对智能生成和推荐的内容进行二次审核和把关。通过人工审核可以发现和纠正智能技术存在的问题和不足,提高内容质量和多样性。

5.3.2 鼓励用户参与

网络平台应鼓励用户参与内容生产和传播过程,提高用户参与度和互动性。例如,可以开设用户投稿、评论、点赞等功能,让用户参与到内容建设中来。同时,应加强对用户行为的引导和管理,确保用户行为符合法律法规和平台规定。

5.4 防范技术滥用行为

5.4.1 加强技术监测与预警

政府和网络平台应加强技术监测与预警能力,及时发现和防范技术滥用行为。例如,可以采用大数据分析、机器学习等技术手段对网络流量、用户行为等进行实时监测和分析,发现异常行为并及时采取措施进行处理。

5.4.2 加强法律法规宣传与教育

政府应加强对法律法规的宣传与教育力度,提高公众对技术滥用行为的认知和防范意识。同时,应鼓励社会各界积极参与技术滥用行为的监督和举报工作,形成全社会共同防范技术滥用的良好氛围。

6 结论

人工智能技术在网络内容建设中的应用具有广阔的前景和巨大的潜力。通过自动化生产、个性化推荐、智能审核等方式,人工智能技术能够显著提高内容生产效率、优化用户体验、增强内容个性化等。然而,人工智能技术的引入也带来了一系列风险与挑战,如数据隐私泄露、算法偏见、内容质量下降等。因此,我们需要加强数据隐私保护、提高算法透明度与公平性、提升内容质量与多样性以及防范技术滥用行为等方面的工作,以确保人工智能技术在网络内容建设中的可持续发展。未来,随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展,人工智能技术在网络内容建设中的应用将更加广泛和深入。我们期待在政府、企业和学术界的共同努力下,推动人工智能技术在网络内容建设中的健康发展,为人类社会创造更加美好的未来。

参考文献

- [1] 查黄英. 基于大数据时代人工智能在计算机网络技术中的应用研究[J]. 电子测试, 2018, 400(19): 132-133.
- [2] 人工智能赋能计算机网络技术的创新发展分析[EB/OL]. (2025-03-25). [素材检索]
- [3] 搜索引擎人工智能应用: 提升网站SEO排名的策略与案例分析[EB/OL]. (2025-03-19). [素材检索]
- [4] 人工智能: 安全风险与应对策略的深度剖析[EB/OL]. (2024-08-14). [素材检索]
- [5] 2025年的人工智能: 技术突破、应用爆发与未来展望[EB/OL]. (2025-03-12). [素材检索]
- [6] 我国有关人工智能的法律法规_律临[EB/OL]. (2024-08-17). [素材检索]
- [7] 2023年人工智能在计算机网络技术中的应用 人工智能在计算机领域的应用论文(八篇)[EB/OL]. (2024-08-07). [素材检索]
- [8] 人工智能建设风险分析论文[EB/OL]. (2024-09-22). [素材检索]
- [9] 2025年人工智能带来的五大网络安全趋势及其应对策略[EB/OL]. (2025-01-25). [素材检索]
- [10] 关于人工智能(AI)的发展现状和未来趋势的详细分析[EB/OL]. (2025-01-11). [素材检索]
- [11] 人工智能时代数据安全风险和应对[EB/OL]. (2023-06-05). [素材检索]

Integrated application and efficiency evaluation of multimodal artificial intelligence in vehicle research and development

Lifang Huang

Guangqi Group Platform Technology Research Institute, Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence technology, especially the application of multi-modal artificial intelligence (MMAI) in image, voice, text, sensor data and other fields, the innovation mode and technological means in the process of automobile research and development have also ushered in unprecedented changes. The integrated application of multi-mode artificial intelligence enables automobile research and development to carry out data fusion and intelligent decision-making more efficiently in the design, manufacturing, testing, optimization and other links, which greatly improves the research and development efficiency and product quality. This paper analyzes the application status of multimodal AI in automobile research and development, discusses its role in different research and development links, and evaluates its efficiency. Research shows that multimodal AI can effectively improve the efficiency of innovative design, performance optimization, intelligent driving system development and other aspects in automotive research and development, and can reduce research and development costs and shorten the time to market of products.

Keywords

multi-mode artificial intelligence; automobile research and development; integrated application; performance evaluation; intelligent driving

多模态人工智能在汽车研发中的集成应用及效能评估

黄丽芳

广汽集团平台技术研究院, 中国·广东 广州 510000

摘要

随着人工智能技术的飞速发展,特别是多模态人工智能(MMAI)在图像、语音、文字、传感器数据等多个领域的应用,汽车研发过程中的创新模式和技术手段也迎来了前所未有的变革。多模态人工智能的集成应用,使得汽车研发在设计、制造、测试、优化等多个环节中能够更高效地进行数据融合和智能化决策,极大地提升了研发效率和产品质量。本文分析了多模态人工智能在汽车研发中的应用现状,探讨了其在不同研发环节中的作用,并对其效能进行了评估。研究表明,多模态人工智能能够在汽车研发中有效提升创新设计、性能优化、智能驾驶系统开发等方面的效率,并且能够降低研发成本,缩短产品上市时间。

关键词

多模态人工智能; 汽车研发; 集成应用; 效能评估; 智能驾驶

1 引言

汽车产业正面临一场前所未有的变革,特别是在智能化、数字化、绿色化的推动下,人工智能技术成为促进汽车产业发展的核心动力。多模态人工智能作为一种融合不同数据类型(如图像、语音、传感器数据等)的先进技术,正在逐步渗透到汽车研发的各个环节,尤其是在产品设计、智能驾驶、制造过程优化等方面。与传统单一模态的人工智能相比,多模态人工智能通过整合不同类型的数据,能够提供更加丰富和精准的决策支持,为汽车研发带来了更高的智能化

水平。

多模态人工智能在汽车研发中的应用不仅体现在设计和生产阶段,还包括车辆性能测试、智能驾驶系统的开发与优化等多个领域。例如,在智能驾驶技术开发中,利用摄像头、雷达、激光雷达等传感器收集的数据,通过多模态数据融合技术进行深度分析,可以大幅提升智能驾驶系统的感知能力和决策效率。与此同时,研发过程中的数据处理、算法优化等环节也因此变得更加智能化,推动了自动化生产和定制化设计的发展。

尽管多模态人工智能在汽车研发中展现出了巨大潜力,但其集成应用仍面临许多挑战,如数据融合的复杂性、算法的实时性需求、硬件资源的适配性等问题。因此,本文将深入探讨多模态人工智能在汽车研发中的集成应用,分析其面

【作者简介】黄丽芳(1981-),女,中国湖南郴州人,本科,副高级工程师,从事汽车研发。

面临的挑战,并评估其应用效能,旨在为未来汽车研发中的智能化发展提供理论支持和实践经验。

2 多模态人工智能在汽车研发中的应用现状

2.1 汽车设计中的多模态人工智能应用

在汽车设计阶段,多模态人工智能的应用主要集中在创意设计和虚拟仿真两个方面。传统的汽车设计流程往往依赖于设计师的经验和手工操作,而现在,多模态人工智能通过数据集成和深度学习技术,能够实时分析图像、语音、传感器数据等不同类型的数

据,为设计师提供更加丰富的设计灵感和优化建议^[1]。例如,在外观设计方面,多模态人工智能可以基于历史设计数据和消费者偏好分析报告,分析不同品牌经典车型的线条、曲面以及色彩搭配,生成一些融合了多种元素的新颖设计概念,快速生成汽车外观的初步概念草图,帮助设计师突破传统思维的局限,分析哪些设计元素更受欢迎,并结合汽车的三维模型(几何模态)与空气动力学仿真数据(物理模态),AI能够分析不同设计方案下汽车周围的气流分布情况,预测风阻系数,提出优化建议,提高汽车的燃油经济性和行驶稳定性。

2.2 智能驾驶系统中的多模态人工智能应用

智能驾驶系统是当前汽车研发中最具前景的领域之一。多模态人工智能在智能驾驶技术中的应用,主要体现在感知系统和决策系统两个层面。在感知系统方面,通过集成摄像头、雷达、激光雷达等多种传感器的数据,AI能够对周围环境进行全面的感知和分析,从而为驾驶系统提供精确的环境信息。数据融合技术的应用,使得AI可以处理不同传感器之间的数据差异,消除噪声,提高感知的准确性。

在决策系统方面,AI通过多模态数据的分析,可以实时判断驾驶环境的复杂性,并根据不同的交通情景做出最佳决策^[2]。例如,在高速公路上,AI可以通过对摄像头图像和雷达数据的综合分析,预测前方交通状况,自动调整车速和行车路线。多模态人工智能的应用使得智能驾驶系统不仅能感知到周围环境的变化,还能够根据变化做出实时反应,提升了自动驾驶的安全性和可靠性。

2.3 智能座舱系统中的多模态人工智能应用

智能座舱系统是用户感知最强的系统。多模态人工智能在智能座舱技术中的应用,主要体现在交互体验和座舱监测两个方面。交互体验方面,多模态AI通过语言处理、图像识别、知识图谱、机器学习、深度学习等技术实现语音、视觉、触觉等多种交互方式的融合,例如,车辆可根据乘客的表情、手势等信息调整座椅舒适度和氛围灯颜色、播放合适的音乐,调整空调温度等。座舱监测方面,AI实时监测驾驶员的状态,如疲劳检测,通过监测驾驶员疲劳等级,调整座椅和安全带状态、自动调节香氛类型和浓度,实现分心提醒效果等。

3 多模态人工智能在汽车研发中的集成应用效果评估

3.1 数据融合效果评估

多模态人工智能的核心优势之一是其强大的数据融合能力。通过将来自不同传感器、设备和系统的数据进行有效整合,AI能够提供更加精准的信息和决策支持。这种多模态数据融合的能力在汽车研发中,特别是在智能驾驶系统和车辆安全系统的开发中,发挥了重要作用^[3]。然而,数据融合的效果直接影响到智能系统的整体性能和稳定性。在研发过程中,如何克服不同类型数据之间的异质性和噪声,如何保持实时性并提升数据处理的准确性,成为技术应用中的主要挑战。

在效能评估中,可以通过比较单一模态与多模态数据融合下的系统性能差异来评估其效果。例如,传统的智能驾驶系统主要依赖单一的传感器数据,如仅使用摄像头或雷达。这种方式虽然能够提供基本的障碍物识别能力,但由于单一数据源的限制,识别的准确性和系统的稳定性受到影响。而采用多模态数据融合后的智能驾驶系统,将摄像头、激光雷达、毫米波雷达、超声波传感器等多种传感器的数据进行融合,能够更全面地感知周围环境,提高感知的准确性和实时性。通过模拟测试和实际道路测试,比较不同数据融合策略在多种驾驶环境下的表现,可以帮助研发团队进一步优化数据融合算法,提升系统的精度和可靠性。

例如,某些高端汽车的自动驾驶系统在城市复杂交通环境中的表现明显优于传统单一传感器系统,能够更准确地识别行人、车辆、交通标志等物体,并做出适当的反应。这是因为多模态数据融合能够综合不同传感器的信息,弥补单一传感器在某些环境下的缺陷。因此,综合评估多模态数据融合技术的效果,可以为汽车智能系统的优化提供重要参考依据,并为未来研发提供技术支撑。

3.2 系统响应速度与实时性评估

多模态人工智能的另一关键挑战是系统的实时性。在智能驾驶和汽车研发中,许多应用要求系统必须在毫秒级别内做出响应。智能驾驶系统尤其依赖于高度实时的数据处理能力,例如在高速行驶情况下,AI系统需要在几毫秒内判断前方是否有障碍物,并决定是否进行制动、避让或者改变车道。这对人工智能的计算能力和数据处理速度提出了极高的要求,稍有延迟或计算失误都可能导致重大事故。因此,实时性评估是多模态人工智能效能评估中的一个关键指标。

在传统的智能驾驶系统中,处理器性能和传感器的响应时间常常成为系统实时性不足的瓶颈。尤其是单一传感器的系统,由于传感器数据的处理速度和信息获取的完整性问题,往往不能及时做出应对。在多模态人工智能系统中,由于采用了多种传感器的数据融合技术,系统能够在多维度的信息输入下做出更精准的决策。通过深度学习算法和边缘计算等技术,AI能够在更短的时间内处理大量的数据,提高

响应速度。

例如,在自动驾驶测试中,使用多模态数据融合的系统比传统单一传感器系统在复杂环境下的反应速度明显更快。测试表明,基于激光雷达、摄像头和毫米波雷达的多模态系统,在行人突然出现在车辆前方时,能够在60毫秒内完成识别和反应,而单一传感器系统则需要较长的时间。这种毫秒级的响应时间差异,直接影响到车辆的安全性。因此,通过对比传统系统和多模态人工智能系统在不同场景下的响应时间,可以全面评估其在保障安全性和实时性方面的优势。

在评估过程中,系统的实时性不仅需要依赖硬件资源的提升,还涉及多模态数据融合算法的优化。随着算法的不断进化,特别是在深度学习和边缘计算技术的支持下,未来的智能驾驶系统将能够更加快速、准确地处理多模态数据,进一步提升驾驶系统的安全性和稳定性。

3.3 成本与效益评估

多模态人工智能的集成应用,除了提升研发效率和产品质量,还能够帮助企业降低整体研发和生产成本。通过智能化设计和制造,企业可以在设计阶段就发现潜在问题,避免后期修改和调整所产生的高昂成本。随着智能化的普及,汽车制造过程中的生产调度、质量控制、库存管理等环节均能够实现更高效地运作。这种基于多模态人工智能的生产模式,不仅提高了生产效率,还降低了不必要的浪费,进一步降低了企业的运营成本。

在制造过程中,使用多模态人工智能进行智能化生产调度和质量控制,可以有效减少因质量问题导致的返工和报废^[4]。例如,通过实时监控和分析生产线上的数据,系统能够及时识别并纠正制造过程中的缺陷,从而减少不合格品的产生,降低生产成本。相比传统的人工检查和调整,智能化的质量控制能够更精确地定位问题,并快速给出解决方案,显著提升生产效率。

成本效益评估可以通过对比传统研发模式与多模态人工智能应用后的研发成本、生产成本和售后服务成本,评估其经济效益。例如,研发新车型时,采用多模态人工智能技

术对设计、测试和生产过程进行全程优化,可以大大缩短研发周期,提高设计质量,从而缩短产品上市时间,抢占市场先机。同时,通过对市场反馈进行分析,多模态人工智能还能够帮助汽车企业及时调整产品定位和市场策略,进一步提升产品竞争力和品牌价值。

多模态人工智能的集成应用不仅能够帮助汽车企业降低研发和生产成本,还能为其带来更加稳健的市场表现。例如,智能汽车产品因其高效、安全、可靠的性能,能够获得消费者的高度认可,提升企业的品牌形象和市场份额。通过持续优化AI技术的集成应用,汽车产业将进一步实现智能化、自动化的发展,从而推动整个行业的创新与进步。

4 结语

多模态人工智能在汽车研发中的集成应用,不仅推动了汽车设计、制造和智能驾驶技术的全面发展,也为汽车产业带来了更高效、更智能的研发模式和生产方式。通过多模态数据融合、智能决策、实时反应等技术,汽车研发的各个环节得到了显著提升,特别是在智能制造、质量控制和自动驾驶技术的提升方面,展现了其巨大的潜力。本文通过对多模态人工智能的应用现状、集成应用效果评估和实践路径的分析,探讨了其在汽车研发中的潜力与挑战,指出了当前存在的技术瓶颈以及未来的发展方向。未来,随着人工智能技术的不断进步和应用领域的不断拓展,尤其是在智能驾驶、自动化制造、个性化定制等领域,多模态人工智能将在汽车研发中发挥更加重要的作用,推动智能汽车的进一步发展和普及,同时为全球汽车产业的创新与竞争力提升贡献力量。

参考文献

- [1] 王斌,刘昭度,何玮,等.汽车电子节气门技术研究现状及发展趋势[J].小型内燃机与摩托车,2005,(06):32-34.
- [2] 董小闵.汽车磁流变半主动悬架仿人智能控制研究[D].重庆大学,2006.
- [3] 陈江英.基于免疫算法的汽车悬架性能仿真和优化研究[D].中南林业科技大学,2014.
- [4] 朱株.基于三维数据面向无人车导航的非结构化场景理解[D].浙江大学,2014.

Research on dynamic obstacle avoidance and task planning in collaborative robot based on multi-modal perception fusion

Zhihua Wang

Anqing Normal University, Anqing, Anhui, 246133, China

Abstract

Traditional collaborative robots typically rely on a single sensor for environmental perception. However, in complex and dynamic work environments, a single sensing method often fails to effectively capture all obstacle information. Therefore, this paper proposes a dynamic obstacle avoidance and task planning method for collaborative robots based on multimodal perception fusion. By integrating data from multiple sensors (such as vision, LiDAR, and infrared sensors), it achieves more comprehensive environmental perception, thereby enhancing the robot's obstacle avoidance capability and task planning accuracy in dynamic environments. This paper provides a detailed analysis of the technical principles of multimodal perception fusion, introduces a new fusion algorithm, and designs an overall framework for dynamic obstacle avoidance and task planning of collaborative robots based on this algorithm. Through simulation experiments and tests in real environments, the effectiveness and superiority of this method in dynamic obstacle avoidance and task planning are verified.

Keywords

multimodal perception; collaborative robot; dynamic obstacle avoidance; task planning; sensor fusion; robot perception

基于多模态感知融合的协作机器人动态避障与任务规划研究

王志华

安庆师范大学, 中国 · 安徽 安庆 246133

摘 要

传统的协作机器人通常依赖单一传感器进行环境感知,然而,在复杂和动态的工作环境中,单一感知方式往往无法有效捕捉到所有的障碍物信息。因此,本文提出一种基于多模态感知融合的协作机器人动态避障与任务规划方法。通过结合多种传感器的数据(如视觉、激光雷达、红外传感器等),实现更为全面的环境感知,进而提升机器人在动态环境中的避障能力和任务规划精度。本文详细分析了多模态感知融合的技术原理,提出了一种新的融合算法,并基于该算法设计了协作机器人动态避障与任务规划的整体框架。通过仿真实验和实际环境中的测试,验证了该方法在动态避障和任务规划中的有效性和优越性。

关键词

多模态感知; 协作机器人; 动态避障; 任务规划; 传感器融合; 机器人感知

1 引言

随着智能制造和机器人技术的快速发展,协作机器人(Collaborative Robot, CoBot)作为一种新型的自动化设备,在现代工业中发挥着越来越重要的作用。与传统的工业机器人相比,协作机器人具有更高的灵活性和适应性,能够与人类及其他机器进行协同工作,完成各种任务。协作机器人不

仅需要具备高效的执行能力,还需要在动态和复杂的环境中灵活应对,避免与人类或障碍物发生碰撞,确保工作场所的安全性和任务的顺利完成。

在协作机器人的工作过程中,环境感知与避障能力是其核心技术之一。传统的机器人感知系统通常依赖于单一的传感器,如视觉传感器、激光雷达(LiDAR)等,然而,由于单一传感器的局限性,这些系统在复杂环境下往往无法提供足够的感知信息,难以应对复杂的动态变化。在实际应用中,复杂的工作环境通常包含多种不同类型的障碍物,且障碍物的位置和形态会随着时间发生变化。因此,如何实现对环境的全方位感知,并基于这些感知信息进行高效的动态避障与任务规划,成为协作机器人技术发展的一个重要课题。

【课题项目】课题编号 H20240262, 课题名称 3 台 ABB 机器人系统调试服务。

【作者信息】王志华(1994-),男,中国安徽安庆人,硕士,助教,从事机电一体化研究。

近年来,随着传感器技术的快速发展,越来越多的传感器种类和感知方式被应用到机器人系统中,特别是多模态传感器融合技术的兴起,为解决传统单一传感器感知的不足提供了新的思路。通过将不同类型的传感器信息进行融合,能够实现对环境的全面感知,从而提高协作机器人的动态避障与任务规划能力。

本文的研究目标是基于多模态感知融合技术,提出一种新的协作机器人动态避障与任务规划方法。通过多种传感器的数据融合,提高机器人对动态环境的感知精度,进而优化其避障与任务规划策略。本文的研究旨在为协作机器人在复杂环境中的自主工作提供技术支持和理论依据。

2 协作机器人动态避障与任务规划的关键问题

2.1 协作机器人动态避障的挑战

动态避障是指机器人在执行任务的过程中,能够实时感知周围环境中移动的障碍物,并及时调整运动轨迹以避免碰撞。对于协作机器人而言,动态避障面临着以下几个主要挑战:

环境的不确定性:在复杂的工作环境中,障碍物不仅种类繁多,而且其形态和位置会不断变化,给机器人的避障带来了巨大的挑战。例如,在一个生产车间中,移动的设备、人类工人等都可能成为障碍物,且其位置、速度和方向是动态变化的[1]。

传感器的局限性:传统的机器人避障系统通常依赖于单一传感器(如视觉、激光雷达或超声波传感器)进行环境感知。然而,单一传感器往往难以全面覆盖环境中的所有信息。例如,视觉传感器容易受到光照变化的影响,激光雷达则可能受到反射或遮挡的限制。因此,单一传感器在动态避障中的应用往往存在较大局限性。

实时性要求:为了保证协作机器人在动态环境中的避障效果,避障算法需要具备高实时性。机器人的运动速度和环境变化速度可能较快,要求避障系统能够在极短的时间内做出反应,从而避免碰撞。

2.2 协作机器人任务规划的挑战

任务规划是指根据任务要求,合理规划机器人在工作空间中的运动路径,并在执行过程中实时调整,以保证任务的顺利完成。任务规划面临的主要挑战包括:

路径优化:在动态环境中,任务规划不仅需要考虑目标位置,还需要避免与动态障碍物发生碰撞。因此,路径规划需要同时考虑路径的最短性、避障能力和执行时间等多个因素。

动态任务调整:随着环境的不断变化,协作机器人在任务执行过程中可能会遇到新的障碍物或发生任务变化。因此,任务规划系统需要具备实时调整能力,能够根据环境和任务的变化,动态地调整机器人的工作路径。

多任务协调:在多机器人协作任务中,如何协调多个

机器人的任务规划,避免冲突和重复,是任务规划中的一个重要问题。需要设计合适的算法,确保各机器人能够在同一工作空间中高效协同,完成各自的任务[2]。

2.3 多模态感知融合的优势

多模态感知融合技术通过将来自不同类型传感器的数据进行整合,能够实现对环境的全面感知,克服单一传感器的局限性。在协作机器人中,多模态感知融合具有以下优势:

提高感知精度:不同类型的传感器在感知不同环境信息时具有各自的优势和劣势,通过多模态感知融合,可以综合各传感器的优点,弥补单一传感器的不足,从而提高感知精度。

增强环境感知的鲁棒性:在复杂和动态的环境中,障碍物的形态、位置和运动状态不断变化,单一传感器可能无法提供完整的环境信息。通过融合多种传感器数据,可以增强对动态环境的感知能力,提高系统的鲁棒性和适应性。

提升避障和任务规划的效率:通过多模态感知融合,协作机器人可以在实时感知到障碍物的同时,结合任务规划算法进行动态路径规划,从而提高避障和任务执行的效率。

3 基于多模态感知融合的动态避障与任务规划方法

3.1 多模态感知融合算法设计

为了实现协作机器人的高效动态避障与任务规划,本文提出了一种基于多模态感知融合算法框架。该框架的设计主要是通过整合不同类型的传感器数据,从而获得更为全面、精准的环境感知能力,确保协作机器人能够在动态复杂的环境中顺利执行任务。该框架主要包括以下几个步骤:

数据采集与预处理:首先,协作机器人通过多个传感器(如视觉传感器、激光雷达、红外传感器等)采集环境数据。视觉传感器通过图像信息获取环境的视觉特征,激光雷达则提供高精度的距离信息,而红外传感器有助于识别障碍物的温度变化。这些传感器可以提供丰富的环境信息,但由于不同传感器所采集到的数据具有不同的维度和特点,因此,在融合之前,需要对数据进行预处理。预处理过程包括去噪、滤波和数据对齐等,以确保数据的质量和一致性。此外,考虑到不同传感器的时延和精度差异,数据对齐是确保多传感器信息同步的重要步骤。

特征提取与融合:经过预处理后的数据,将通过特征提取过程提取出关键的环境特征。每种传感器提供的信息具有不同的特点和优势,视觉传感器可以提供环境的详细形状和结构信息,激光雷达提供的则是精确的距离数据,红外传感器则可在低光或夜间环境下有效工作。通过加权融合算法,将来自不同传感器的数据进行融合,可以有效地获取障碍物的距离、形态、速度等多维度信息,生成更为准确和全面的环境感知信息。例如,基于图像和激光雷达数据的融合,可以通过深度学习方法优化对障碍物的检测与分类,从而提

升感知的鲁棒性 [3]。

动态避障与路径规划：基于融合后的感知信息，协作机器人采用实时路径规划算法进行动态避障与任务执行。为了应对动态环境中不可预知的变化，路径规划算法不仅需要保证路径的最短性，还需要具备实时调整的能力。当机器人检测到新的障碍物或已经规划的路径被动态障碍物阻塞时，算法能够根据当前环境信息及时生成新的可行路径，从而避免碰撞。此外，避障系统还需结合机器人的动力学约束，确保路径规划的合理性和可执行性。这种基于感知数据实时调整路径的能力，使得协作机器人能够灵活应对环境中的不确定性，保证任务的顺利完成。

3.2 任务规划与调度算法

任务规划与调度在多机器人协作中起着至关重要的作用。本文提出了一种基于多模态感知融合的任务规划与调度算法，该算法的目标是通过合理的任务分配、路径协调与实时任务调整，确保多机器人能够高效、协同地完成各自的任

务。具体的步骤如下：

任务分配与优先级设置：根据任务的类型、紧急程度以及机器人当前的状态，系统首先为每个机器人分配适当的任务。在任务分配过程中，考虑到机器人的工作能力和环境感知能力，优先为那些在复杂环境中能够更好执行任务的机器人分配较为困难的任务。此外，根据任务的紧急性，系统为每个任务设置优先级。高优先级的任务将优先分配，并且在任务执行过程中要不断监测任务的状态，以确保高优先级任务能够按时完成 [4]。

路径规划与协调：在多机器人协作的任务中，路径规划不仅要考虑各机器人间的协作和效率，还要避免路径冲突。机器人之间的路径协调是任务规划中的核心问题。通过融合各机器人传感器的数据，系统能够实时获取所有机器人所在位置和环境状态，并进行动态路径规划。协调机制会确保多个机器人在同一工作区域内不会发生冲突，同时，避免机器人在执行任务时进入已被其他机器人占据的区域，从而提高多机器人的协作效率和空间利用率。

实时任务调整：在任务执行过程中，由于环境的不断变化或新的任务的出现，原先的任务规划可能需要进行实时调整。例如，当环境中出现了新的障碍物或任务的执行进度发生变化时，系统能够根据实时感知信息，重新调整任务规

划和路径规划，以适应新的工作环境。实时任务调整不仅可以解决动态环境带来的不确定性问题，还能提高任务完成的灵活性和成功率。

3.3 实验与仿真测试

为了验证所提出的多模态感知融合动态避障与任务规划方法的有效性，本文设计了多个仿真实验和实际环境测试。仿真环境模拟了一个包含多个动态障碍物的生产车间，其中包括移动机器人、行人等动态元素。在仿真中，协作机器人通过多模态感知系统，实时感知环境中的障碍物，并进行动态避障。与传统的单模态感知系统进行对比，实验结果显示，基于多模态感知融合的协作机器人能够更好地应对环境变化，避障成功率显著提高 [5]。

4 结语

本文研究了基于多模态感知融合的协作机器人动态避障与任务规划方法，并提出了相应的算法框架和实现方案。通过融合多种传感器的数据，提升了机器人对环境的感知能力，并通过实时路径规划和任务调度算法，提高了机器人的避障效率和任务执行精度。实验结果验证了该方法的有效性，表明多模态感知融合能够显著提升协作机器人在动态复杂环境中的自主性和安全性。

未来的研究将着重于进一步优化算法性能，增强系统的实时性和适应性，同时探索更多传感器的融合应用，推动协作机器人在更多实际应用场景中的推广与发展。随着技术的进步，协作机器人将能够在更复杂、更动态的环境中实现高效、安全的任务执行，为智能制造和人机协作带来更广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 朱淼良,张新晖,吴春明,等.自主机器人自组织结构IRASO的仿真研究[J].计算机研究与发展,1999,(07):9-15.
- [2] 朱淼良,张新晖,王寻羽,等.基于Agent的自主式智能机器人体系结构及集成系统[J].模式识别与人工智能,2000,13(01):36-41.
- [3] 张军.智能机器人嵌入式系统应用研究[D].中北大学,2005.
- [4] 白博.智能移动机器人控制系统开发与研究[D].西安电子科技大学,2007.
- [5] 张倩,李铁军,陈虹宇,等.基于产生式规则的机器人动态避障[J].厦门大学学报(自然科学版),2010,49(02):166-170.

On the integrated development of artificial intelligence and medical science

Guosu Xi

Shenzhen North Li Moscow University, Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

The deep integration of artificial intelligence (AI) and medical science is reshaping the pattern of the medical industry at an unprecedented speed. From precise diagnosis to drug research and development, from personalized treatment to public health management, AI technology has penetrated into the whole medical industry chain, and its application has not only improved medical efficiency, but also promoted the paradigm change of medical research. According to the World Health Organization, AI will reduce global medical misdiagnosis rates by 30% and reduce the cost of chronic disease management by 2030 by 25%. However, this convergence process is also accompanied by multiple challenges of data privacy, ethical controversy and technology implementation. This paper systematically discusses the current situation, core application, key challenges and future path of AI and medicine, aiming to provide theoretical support for the construction of an efficient, fair and sustainable intelligent medical ecology.

Keywords

artificial intelligence; medical science; integrated development

论人工智能与医学科学的融合发展

席国素

深圳北理莫斯科大学, 中国·广东 深圳 518000

摘要

人工智能(AI)与医学科学的深度融合,正以前所未有的速度重塑医疗行业的格局。从精准诊断到药物研发,从个性化治疗到公共卫生管理,AI技术已渗透至医学全产业链,其应用不仅提升了医疗效率,还推动了医学研究的范式转变。根据世界卫生组织预测,到2030年,AI将使全球医疗误诊率降低30%,并减少25%的慢性病管理成本。然而,这一融合过程也伴随着数据隐私、伦理争议与技术落地的多重挑战。本文系统探讨AI与医学融合的现状、核心应用、关键挑战及未来路径,旨在为构建高效、公平且可持续的智能医疗生态提供理论支撑。

关键词

人工智能; 医学科学; 融合发展

1 人工智能与医学融合的现状与驱动力

1.1 技术突破与多模态数据整合

AI在医学领域的突破性进展,得益于深度学习算法与多模态数据(如医学影像、基因组学、电子健康记录)的结合。例如,谷歌DeepMind的AlphaFold系统通过预测蛋白质三维结构,解决了生物学界长达50年的难题,为药物靶点发现提供了新路径。在医学影像领域,卷积神经网络(CNN)已广泛应用于肺癌、乳腺癌的早期筛查,其AUC(曲线下面积)可达0.96以上,显著超越传统放射科医生的诊断水平。例如,在胸部X光肺炎检测中,AI算法的AUC(曲线下面积)达到0.76,部分场景甚至超越放射科医生;在骨折检测中,AI的敏感性从81%提升至92%,误诊率降低47%。此外,

AI在乳腺癌、肺癌和视网膜病变的筛查中也显示出高精度,例如糖尿病性视网膜病变的AUC可达0.999。

多模态数据的融合进一步扩展了AI的应用场景。例如,梅奥诊所开发的AI模型整合患者心率变异性与基因表达数据,提前6个月预测心力衰竭风险(AUC=0.89)。这种跨维度的数据分析能力,使得AI在复杂疾病管理中展现出独特优势。

1.2 药物研发的加速

传统药物研发周期长、成本高,而AI通过虚拟筛选和分子模拟技术,显著缩短了候选药物的发现时间。例如,AI算法可快速分析化合物数据库,预测药理活性并优化分子结构,降低实验失败率。2025年,已有研究通过AI预测药物副作用,指导临床试验设计,从而节省数十亿美元的研发成本^[1]。

【作者简介】席国素(2006-),女,苗族,中国贵州平塘人,本科,从事电子与计算机工程研究。

1.3 个性化医疗的实现

AI 通过整合基因组数据、临床记录和生活方式信息，为患者提供定制化治疗方案。例如，基于基因测序的 AI 模型可预测患者对特定抗癌药物的反应，指导精准用药；在精神疾病领域，AI 通过分析语音和面部表情数据，辅助抑郁症和自闭症的早期诊断。

1.4 政策与资本的双重推动

全球范围内，政策与资本共同加速了 AI 医疗的落地。欧盟《人工智能法案》将医疗 AI 列为高风险领域，要求算法透明化与数据合规；中国《“十四五”医疗装备产业发展规划》明确 AI 影像设备与手术机器人为重点发展方向。资本层面，2024 年全球医疗 AI 融资额达 247 亿美元，AI 药物研发、医学影像与健康管理成为投资热点^[2]。

1.5 临床需求的迫切性

全球老龄化与慢性病负担加剧（如 2030 年糖尿病患者预计达 6.43 亿），迫使医疗系统寻求高效解决方案。AI 在基层医疗中的应用可使接诊效率提升 40%，三级医院专家资源浪费减少 25%。例如，AI 驱动远程诊断系统在非洲偏远地区普及，弥补了医疗资源短缺的鸿沟。

2 人工智能在医学中的核心应用

2.1 临床辅助决策系统

AI 通过构建知识图谱和自然语言处理技术，为医生提供实时决策支持。例如，IBM Watson Oncology 可根据患者病史推荐治疗方案，其准确率与专家会诊结果高度一致。

2.2 智能治疗：从手术机器人到数字疗法

外科手术革命：手术机器人结合 AI 算法，实现微创手术的精准操作，如达·芬奇手术机器人完成超 1000 万例微创手术，误差小于 0.1 毫米；混合现实技术（如全息影像）在骨科手术中精准还原血管神经结构，降低术中风险；AI 驱动的康复机器人通过分析患者运动数据，制定个性化康复计划^[3]。

数字疗法（DTx）：Pear Therapeutics 的 reSET-O 程序通过 AI 行为干预，使阿片类药物依赖者复吸率下降 40%。

放疗规划：荷兰 Erasmus MC 中心的 AI 系统将乳腺癌放疗计划制定时间从 8 小时压缩至 15 分钟，剂量误差降低 70%。

2.3 精准诊断：从影像识别到分子检测

影像分析：AI 在放射学领域的表现尤为突出。胸部 X 光肺炎检测的算法 AUC 达 0.76；骨折检测误诊率降低 47%。

癌症筛查：腾讯觅影系统在结直肠癌病理切片分析中灵敏度达 97.3%，假阴性率仅为 0.5%。

神经系统疾病：IBM Watson 通过分析 PET 扫描数据，提前 5 年预测阿尔茨海默病（准确率 88%）。

液体活检与基因组学：Guardant Health 的 AI 平台从血

液样本中检测循环肿瘤 DNA（ctDNA），实现肺癌早期诊断（特异性 92%），并指导靶向药选择。

2.4 药物研发：从虚拟筛选到临床试验优化

虚拟筛选与分子设计：英矽智能（Insilico Medicine）利用生成对抗网络（GAN）设计全新肺纤维化药物，研发周期从传统 4~6 年缩短至 18 个月。

临床试验效率提升：AI 预测患者入组匹配度，使辉瑞新冠口服药 Paxlovid 的 III 期试验周期缩短 30%。

2.5 公共卫生与疾病预测

AI 在流行病预测和公共卫生管理中发挥重要作用。例如，基于大数据的 AI 模型可预测流感暴发趋势，优化疫苗分配；在新冠疫情期间，AI 算法通过分析 CT 影像和基因序列，加速病毒变异监测。例如，BlueDot 系统通过扫描全球新闻与航班数据，提前 9 天预警 COVID-19 扩散；苹果 Watch 的 AI 算法识别房颤准确率 97%，配合远程医疗降低中风风险 21%，促进了慢性病管理。

2.6 心理健康干预

AI 工具如聊天机器人和数字疗法，正改变心理健康服务模式。例如，斯坦福大学的“Guess What”应用通过游戏化互动提升自闭症儿童的社交能力；纽约大学的 mSELY 工具则整合心理健康筛查与教育，为肯尼亚青少年提供远程支持。

3 融合发展的关键挑战与伦理反思

3.1 数据困境：隐私、质量与偏见

隐私保护：医疗数据包含敏感信息，AI 应用需严格遵循隐私法规（如 GDPR）。然而，数据共享的壁垒仍限制 AI 模型的训练与验证。例如，不同医院的数据格式和标准不统一，导致算法泛化能力不足。

泄露风险：医疗数据泄露成本高达每例 408 美元（IBM《2024 年数据泄露报告》），欧盟已对 23 家违规企业开出 1.2 亿欧元罚单。

数据碎片化：中国三甲医院中仅 35% 实现跨机构数据互通，制约 AI 模型泛化能力。

算法偏见：美国 FDA 发现某皮肤病 AI 诊断工具对深色皮肤患者误诊率高出白人患者 34%，凸显数据偏差的潜在危害。

3.2 技术落地障碍

临床接受度不足：英国 NHS 调查显示，52% 的医生担忧 AI 误诊责任归属问题。

基层医疗鸿沟：尽管 AI 技术先进，但其在基层医疗中的应用仍面临障碍。例如，偏远地区缺乏数字化设备和专业人才，导致“AI 鸿沟”加剧医疗资源不均。例如，非洲仅 12% 的诊所配备 AI 设备，与发达国家差距显著。

3.3 法律争议

生命决策权争议：荷兰“临终关怀 AI”引发安乐死程

序合法性讨论和争议。

知识产权归属模糊：AI生成的药物分子结构专利尚无国际共识。

3.4 算法可解释性与伦理争议

AI的“黑箱”特性使其决策过程难以透明化，医生和患者可能对其结果产生信任危机。此外，AI在生命伦理问题（如生命维持决策）中的角色尚未明确。

4 未来趋势与战略路径

4.1 技术创新：学科交叉与边缘计算

量子计算赋能：量子AI算法将蛋白质折叠模拟速度提升1亿倍，加速新药研发。

脑机接口（BCI）：Neuralink的AI解码运动皮层信号，帮助瘫痪患者用思维操控机械臂。

4.2 政策框架：标准化与全球协作

数据共享联盟：政府需制定统一的数据标准和AI监管框架。例如，欧盟已提出《人工智能法案》，明确医疗AI的风险分类和合规要求。WHO应牵头建立全球医疗AI数据库（GMAID），涵盖50万例脱敏病例。

认证体系完善：中国药监局（NMPA）发布《AI医疗器械分类审查指南》，明确三类审批流程，促进技术标准化与政策支持。

4.3 人机协同：人文关怀与技术可控性

可解释AI（XAI）：德国Fraunhofer研究所开发“玻璃箱”算法，可视化乳腺癌诊断决策路径，提升医生信任度。

生成式AI（GenAI）与人文融合：未来AI将更注重与人类协作，而非替代医生。例如，生成式AI（GenAI）通过自然语言交互优化医患沟通，同时保留人文关怀的温度。

4.4 教育体系重构与伦理治理

“新医科”人才培养：AI将整合影像、基因组、电子病历等多源数据，推动精准医学发展。高校需培养“医工融合”人才，例如“智能医学工程”专业已在中国76所高校开设。北京大学开设“智能医学工程”专业，融合临床医学、

数据科学与伦理学，实现多模态数据融合与跨学科合作。

医生-AI协作培训：梅奥诊所设立“AI临床决策支持系统（CDSS）操作认证”，覆盖87%的在职医师。

伦理委员会建设：全球43个国家成立国家级医疗AI伦理审查机构，否决19%的高风险项目。

4.5 AI与新兴技术融合

虚拟现实（VR）与AI结合，可重塑医学教育模式。例如，沉浸式手术模拟系统帮助医学生快速掌握复杂操作。

5 结论

人工智能与医学科学的融合已进入深水区，正在重塑医疗行业的未来。在技术层面，多模态学习、量子计算与脑机接口将持续突破医学认知边界；在应用层面，AI将从辅助工具升级为医疗生态的核心枢纽。即从提升诊断效率到推动个性化治疗，AI的应用已渗透至医疗全链条。然而，这一进程必须坚持以患者为中心的价值观——技术发展不应掩盖人文关怀，效率提升不可牺牲公平底线。

未来，通过政策协同、技术创新与全球协作，AI有望构建更普惠、更精准的医疗体系。例如，GenAI与VR融合将重塑医学教育模式，而跨国数据共享联盟将推动资源公平分配。政府需完善数据治理，医疗机构需优化资源配置，科研人员需提升算法透明度。正如联合国教科文组织所呼吁：

“技术的终极目标应是服务于人类福祉。”展望2025年，随着“新医科”建设的深化和GenAI的价值显现，AI将不仅是工具，更是医疗生态变革的核心驱动力。唯有在技术创新与人文关怀、效率与伦理的平衡中，AI才能真正成为医疗变革的推动者，为人类健康共同体奠定基石，才能实现医疗普惠与高质量发展的双重目标。

参考文献

- [1] 刘文浩.人工智能与医学的融合：现状、挑战与未来[J].科学之友,2024,(09):149-151.
- [2] 李晨琰.“AI医生”真的来了吗[N].文汇报,2025-01-02(005)
- [3] 邵雪,赵天祺,孙亚茹,等.人工智能在临床医学的新型优势[J].内蒙古医科大学学报,2021,43(03):316-319.2021.03.028.

Research on the application of AIGC technology in food packaging design

Tao Song Weiran Du

Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin, 130000, China

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence technology, artificial intelligence generated content (aigc) has been widely used in the design field. Through in-depth learning and massive data training, aigc technology injects innovation power and efficiency change into food packaging design. Its core is to quickly generate diversified visual schemes with the help of models with hundreds of millions of parameters, so that designers can break through the limitations of traditional creativity. The study found that aigc technology has penetrated into all aspects of food packaging design. It can quickly generate the packaging design prototype according to the designer's idea, greatly improve the design efficiency, save time and design cost, and better meet the market demand. This paper aims to explore the impact of aigc technology on food packaging design, analyze its role in the design process and creative generation, and how to cooperate with generative AI to create a new era of design of food packaging in today's society.

Keywords

aigc technology; food packaging design; Applied research

AIGC 技术在食品包装设计中的应用研究

宋涛 杜未然

长春理工大学, 中国·吉林 长春 130000

摘要

随着人工智能技术的迅猛发展,人工智能生成内容(AIGC)在设计领域的应用日益广泛。AIGC技术通过深度学习与海量数据训练,为食品包装设计注入了创新动力与效率变革。其核心在于借助数亿参数的模型快速生成多样化视觉方案,使设计师能够突破传统创意局限。经研究发现,AIGC技术已经渗透进食品包装设计的各个方面。其能够根据设计师的构思快速生成包装设计原型,极大提升设计效率,节省时间和设计成本,同时也能够更好地满足市场需求。本文旨在探讨AIGC技术在食品包装设计中的影响,分析其在设计流程、创意生成中的作用,以及在当今社会,如何更好地与生成式人工智能携手合作,共同开创食品包装设计的新纪元。

关键词

AIGC技术; 食品包装设计; 应用研究

1 引言

近年来,生成式人工智能(AIGC)技术的快速发展,正重塑食品包装设计的创作模式与行业格局,食品包装设计领域正经历从传统人工创作向智能化协作模式的转型。AIGC技术基于数亿级参数的深度学习模型,通过海量数据训练所得到的设计规律与美学特征,能够快速生成多元化视觉方案。^[1]这种方式给设计师们提供了一条崭新途径,能够帮助他们跨越传统创意的局限,同时有效提升工作效率。“人机协同”模式使设计师从重复性工作中解放,专注于创意深化与细节优化,大幅缩短从概念到落地的设计周期。

2 AIGC 技术原理与食品包装设计

2.1 关于 AIGC 技术

人工智能生成内容是指利用人工智能技术,通过学习与模仿人类的创作过程,自动生成各种类型的内容,包括文本、图像、音频和视频等。其核心在于深度学习和自然语言处理的结合。在视觉设计领域,AIGC技术主要依托生成对抗网络(GAN)等深度学习模型,通过大量数据训练,学习图像元素的结构、色彩搭配与艺术风格,从而自动生成符合设计需求的视觉内容。^[2]AIGC技术作用于设计是一种依托人工智能技术来创作图像和进行绘画的新途径。它融合了计算机视觉、机器学习以及生成模型等先进技术,旨在利用计算机技术模拟人类的思维过程。通过这种方式,计算机能够以前所未有的精确度模仿人类的绘画技巧和艺术风格,进而生成高度逼真的图像和艺术作品,这一过程仿佛让计

【作者简介】宋涛(1977-),男,中国吉林长春人,硕士,副教授,从事视觉传达设计研究。

算机拥有了接近人类审美判断的能力。近年来,设计界正在经历一场由人工智能技术所引领的变革,特别是在 **Dalle2**、**Midjourney** 以及 **Stable Diffusion** 等生成技术的涌现,极大地拓宽了人们对于人工智能创作的视野,这种技术通过算法的不断精进,能够高效地将简单的描述性文字瞬间转化为极具视觉冲击力的图像。

2.2 食品包装设计特点

食品包装设计过程中,应综合考虑功能性、美学和社会等多方面需求,以满足市场和消费者的需求。食品包装的首要功能是保护内容物,确保食品在运输、储存和销售过程中免受物理损伤、环境污染和质量劣化。^[3]其次在食品包装设计中,包装的视觉吸引力直接影响消费者的购买决策,优秀的包装设计应体现产品特性和品牌理念,吸引目标消费者的注意力。因此,食品包装设计如何在功能性、美学和社会需求之间取得平衡,既满足基本的保护和使用功能,又通过视觉设计传递品牌价值,同时响应社会对环保和可持续发展的期望是设计师所要思考的首要问题。

3 AIGC 技术在食品包装设计中的优势与挑战

3.1 降低时间成本,提升效率

在人工智能技术崛起之前,食品包装设计需要设计师通过市场调研、概念构思、手绘草图、数字化制作等多个阶段,在引入 AIGC 技术后,在进行设计的初期阶段设计师可以借助 AI 软件搜集整理国内外同品类的商品信息,并整理成表格,从中获得相关数据信息。同时通过相关的软件输入关键字或设计要求,快速生成多种设计方案,这种自动化生成不仅减少了设计师的手绘绘图时间,还可以通过智能算法优化色彩搭配与版式布局,避免重复性劳动。^[4]此外,在设计过程中,AIGC 技术还可通过算法不断对反馈数据的学习与优化,设计师可以通过改变部分关键词或者参数,直到获得符合要求的设计方案。

在当今电商行业发展火热的背景下,与各种食品适配的包装已基本兼具美观性、实用性和功能性,多个品牌已经开始探索如何设计出与消费者建立良好沟通的包装。在商业模式下的个性化食品包装设计中,存在工作量大、设计周期短等诸多问题,单纯靠设计师进行工作很难完成。^[5]在这种大量繁琐的工作下,采用人工智能技术进行介入可以完美解决。设计师在初步完成设计原型后,通过构建数据库该数据库允许设计师灵活地调整包装设计中的各项元素,包括文字、图形及色彩等,通过一些人工智能算法,设计师仅需要提供一张图像,就可以批量化生成多种背景设计。此外,通过运用专业的插件技术,系统能够智能地分析并提取色彩搭配方案,并随机组合基础设计素材,从而在极短的时间内自动产出众多具有独特风格的包装设计草案。

3.2 开拓创意思路

传统食品包装设计的创意构思往往依赖于设计师的个人经验与灵感,在创作中具有一定的主观性和局限性。在与

人工智能大模型合作的过程中,可以通过输入关键词、设计风格或参考图像,AIGC 可以快速生成与主题相关的设计草图,为设计师提供丰富的灵感参考,抑或者选择采用图像风格迁移等算法,将不同艺术风格与食品包装元素相结合。由于 AIGC 技术所特有的随机生成机制,在色彩搭配、排版布局和材质效果等方面表现更加大胆,这种随机性能够打破设计师的惯性思维,在创作过程中能够带来许多意想不到的创意。此外,设计师还可以采用 ChatGPT、豆包、deepseek 等语言模型生成一些设计概念,设计师可以采用这些概念为自己提供创作灵感,基于这些概念的再创作拓宽的创意的可能性。^[6]

3.3 当前 AIGC 技术在食品包装设计领域的不足

AIGC 技术在食品包装设计领域的应用显著提升了工作效率和创意的多样性,但同时也遭遇了若干挑战。例如,在版权归属问题方面尚未得到明确。由于许多通过 AIGC 技术创作的作品往往基于众多现有设计风格的再创造,其模仿性和随机性就导致许多国家对 AI 创作作品的版权归属缺乏明确的法律指导。^[7]在创意表现和质量控制方面 AIGC 技术仍存在局限。尽管它能迅速生成大量设计方案,但在需要高度创意和复杂性的食品包装设计中,生成的作品往往缺乏独特性和深度,有时表现得过于常规缺少独特性与创新抑或者在材料方面格外复杂,没有切实考虑到现实生产问题。^[8]同时,AIGC 技术的普及加剧了同质化趋势。部分设计师过度依赖 AIGC 或现有模板,这就导致了市场上同品类食品包装设计趋同;另一方面,技术门槛的降低使得大量非专业设计师涌入市场,进一步稀释了原创作品的辨识度与市场价值,削弱了行业的创新活力与发展潜力。因此,设计师在利用 AIGC 技术的同时,必须保持对创意独特性和行业竞争力的关注,避免过度依赖人工智能技术。^[9]

4 AIGC 技术辅助食品包装设计实例分析

“全佳乐”是一家位于吉林省的盐业公司,致力于为消费者提供高品质的食盐产品。在为该品牌设计食盐包装时,客户提出在包装设计上需要明确突出盐山的特色,以传达产品的品牌形象。在设计初期,经调查发现合适的盐山图片难以找到。市场上的图库往往缺乏独特性,无法精确传达盐山的壮丽与纯净之美。在设计过程中,我通过使用 Midjourney 这一图像生成工具。在创意构思阶段输入了“雪白的盐山”“蔚蓝的天空”“纯净的自然景观”等关键词,Midjourney 迅速生成了多张高质量的盐山图片。这些图片不仅展现了盐山的独特地貌,还通过光影效果与色彩搭配,呈现出一种纯净、自然的视觉氛围,非常契合品牌调性。在此基础上,通过进一步筛选出最符合设计需求的图片,并将其导入 Photoshop 进行后期处理,对生成的盐山图片进行了细节优化,例如调整对比度、增强光影效果,使画面更具层次感。根据包装设计的实际需求,添加了品牌 Logo、产品名称以及相关的文字信息。最终的设计成果(见图1)得到了

客户的高度认可。包装上雪白的盐山与蔚蓝的天空相互呼应,传递出产品天然、纯净的核心价值,同时也通过现代设计语言提升了品牌的整体形象。



图一 利用 Midjourney 辅助设计的食盐包装

AIGC 辅助设计在食品包装设计中的兴起,在这种大背景下,国内知名的伊利公司在产品的包装上巧妙运用 AIGC 技术推出了六款乳品包装,这些创新设计赢得了广大消费者的青睐与赞扬。伊利推出的六款 AI 创作的牛奶包装(见图 2),其核心理念围绕着科技感、自然韵味、东方美学风格、未来视野、极简主义以及童真情怀展开。^[10] 尽管这些包装在风格上各具特色,但它们共同之处在于,都依托流畅而富有动感的线条,以简洁而不失高雅的方式,展现了品牌所追求的设计美学精髓。这款包装将传统中式山水画与现在科技进行了完美的融合。

5 结语

AIGC 技术通过自动智能的设计生成,提升了设计效率,丰富了创意的表达方式,同时能够满足市场对于个性化与定制化的需求,然而,随着 AIGC 技术的应用深入发展,版权归属、如何保持高质量发展与同质化趋势严重等问题也逐渐显现,这些问题需要设计以及法律行业的规范。未来,随着技术的不断进步, AIGC 有望在食品包装设计中发挥更大的作用。设计师应积极拥抱这一技术变革,将其视为设计过程中的有力辅助工具,同时,需要建立健全相关法律法规,明确 AIGC 生成内容作用于商业的版权归属,确保设计师和

企业的合法权益。只有这样,才能更好地推动食品包装设计的创新与发展。



图 2 伊利使用 AIGC 技术制作的包装设计

参考文献

- [1] 崔靖坤.浅谈生成式人工智能在食品包装视觉设计的研究[D].中国包装. 2025,45 (01).
- [2] 周亮.人工智能插画技术在食品包装中的应用[D].绿色包装. 2024, (05).
- [3] 刘琼.人工智能赋能农产品包装设计研究[D].中国包装.中国包装. 2025,45 (01).
- [4] 俞璐.数智化背景下生成艺术推动食品包装设计的创新[D].湖南包装. 2024, (06).
- [5] 濮子涵,杨滨.人工智能辅助技术在包装设计中的应用研究[D].包装工程.2023,44 (12).
- [6] 赵颖.探究生成式人工智能在视觉传达设计领域的渗透[D].丝网印刷. 2023, (24).
- [7] 王少桢.AIGC技术在视觉传达设计中的有效运用[D].鞋类工艺与设计. 2024,4 (17).
- [8] 王超.人工智能在包装设计中的应用研究[D].上海包装. 2024 (01).
- [9] 罗丹.人工智能技术对视觉传达设计的影响[D].鞋类工艺与设计. 2024,4 (12).
- [10] 万文飞.AIGC 技术在包装设计中的应用现状以及未来发展趋势研究[D].天工. 2023 (35).

Application status and development of intelligent Internet of Things technology

Lei Zhang

China Mobile Internet of Things Co., Ltd., Chongqing, 400020, China

Abstract

With the continuous development of artificial intelligence technology, its application in the Internet of Things (IoT) has become increasingly mature, especially in its integration with Wi-Fi and 4G/5G technologies, which has propelled modern communication technology into a new phase of development. In the context of the intelligent era, IoT exhibits distinct characteristics of intelligence. Under the application of AI technology, it has achieved efficient communication and information exchange between objects and between people and objects, better meeting the functional requirements of IoT. This article provides an overview of IoT and AI, followed by an analysis and discussion of the application of AI technology in IoT, for the reference and exchange among peers.

Keywords

Internet of Things; artificial intelligence technology; application

基于面向物联网应用的人工智能技术分析

张磊

中移物联网有限公司, 中国·重庆 400020

摘要

随着人工智能技术的不断发展,其在物联网中的应用也越发成熟,尤其是在与Wi-Fi技术、4G/5G技术的结合发展方面,推动现代通信技术进入迈入了新发展阶段。智能化时代背景下的物联网具备明显的智能化特征,在人工智能技术的应用下实现了物与物、人与物之间的高效沟通与信息交互,更好地契合人们对于物联网的功能性需求。文章对物联网与人工智能进行了相关概述,进而对人工智能技术在物联网中的应用进行了分析、探讨,以供广大同行参考与交流。

关键词

物联网; 人工智能技术; 应用

1 引言

通信领域中,人工智能技术在物联网体系中的应用成为满足人们需求不断增长的重要手段,同时也促进了现代通信技术和物联网之间的深度融合。物联网时代背景下,无论是服务提供、终端服务还是运营等都迎来了新的发展机遇,同时不可避免地需要应对更为严峻的挑战。对于实现服务、终端、运营三方共赢而言,人工智能技术的应用成为物联通信流程需要解决的关键问题。

2 物联网与人工智能的相关概述

物联网概念最早起源于网络无线射频识别系统的提出,人们生产生活过程中涉及的所有物品,在射频识别技术与信息传感设备的应用下,实现和互联网的有效连接,进而实现

对物品的智能化识别和管理。互联网技术、移动通信技术等快速发展,推动了物联网体系的建设与完善,物联网技术也越发深入到人们的工作与生活当中,备受青睐。在技术集成、系统创新方面,物联网技术都是一些十分重要的技术,与所有的信息技术应用都有着十分密切的联系,甚至可以说,物联网的兴起揭开了世界第三次信息技术革命的序幕。射频识别、激光扫描仪、红外摄像等都是物联网中十分重要的信息传感设备,能够以各种确定的通信协议为基础与依据将生活、工作中的各种设备,乃至人与动物和互联网相连,如此便为物与物、人与物之间的信息交互、信息共享提供了可实现的条件。通过对物体实施智能化的识别、定位、跟踪、监控,赋予物联网上各个终端物品独一无二的标识编码与物理特征。就技术层面而言,物联网集成了对各种信息技术的应用,实现了物与物、人与物,甚至人与环境之间的信息交互。当前,物联网的应用主要包括了感知层、网络层、应用层这三个技术层面,其中,感知层主要是由传感器、网关等各种硬件设施设备组成,应用于完成对物体的识别与信息采

【作者简介】张磊(1990-),中国四川金堂人,本科,工程师,从事AIOT智能物联网产业分析、技术趋势分析、科研项目规划方面研究。

集,并实现对网络层信息的传递;网络层则主要包括了互联网等各种通信网络,对感知层的数据信息进行传输、处理;应用层则主要面向用户提供各种物联网接口,也是物联网技术的具体应用层面。

人工智能,简单来说就是利用机器来完成人类才能完成的事项。人工智能的应用具备特定领域性要求,通常难以实现跨领域的使用。比如,阿尔法狗只能在围棋上战胜人类,而无法在围棋以外的其他领域超越人类水平。当前,人工智能技术的应用已然经历了机械自动化、电子自动化、信息自动化的发展历程,当前进入了弱人工智能的发展时代,人工智能程序往往只能实现对信息的被动接收,以及按照信息要求完成操作。未来对于人工智能技术的应用研究则是以实现强人工智能作为方向,此时的机械程序能够通过对人类思考方式、行为等的学习,形成意识上的独立,更好地代替人类完成各项工作,形成对人类生产力水平提升的重要推动力。通过对人类思想、行为进行计算、模拟是人工智能应用的本质,其中涉及了对科学、哲学、艺术等的融合,有效解决人类的脑力、体力问题,是促进人类社会进步发展的智慧结晶。

3 基于面向物联网应用的人工智能技术

3.1 智能制造技术

人工智能技术在智能制造领域的应用,使得生产体系由传统依赖人工经验和静态规则转变为高度自动化的实时优化的智能化体系,从依靠深度学习、计算机视觉、自然语言处理等技术驱动,从生产调度、质量检测、设备维护、供应链优化等多个环节提升生产效率。

首先,在生产管理中,人工智能可以支持智能调度系统,对生产计划、原材料供应和市场需求进行实时分析,对资源进行优化配置,提高生产线的协同效率。比如,基于强化学习的智能调度算法可以自动调整生产节奏,以订单需求的变化为依据,保证产能的最大化,并降低库存成本。

其次,人工智能驱动的计算机视觉技术在产品缺陷检测中有着非常广泛的应用,传统的质量检测方式依靠人工检测,容易出现误判率高、检测效率低等问题。基于深度学习的图像识别系统可以实时分析生产线上的产品外观、尺寸、颜色等特征,自动识别产品缺陷,提升检测精度,结合边缘计算技术,智能相机可以在本地进行高速处理,实现对高速流水线的实时监控,减少次品流入后续环节的风险。

此外,AI赋能设备维护,通过物联网传感器采集设备运行状态数据,并借助机器学习模型分析设备的振动、温度、电流等参数,预测设备故障,避免设备突发性停机。相比传统的定期维护,预测性维护可以降低非计划停机时间、降低维修成本、延长设备寿命,例如,智能制造车间的AI设备健康管理系統可以实时评估设备状态,动态调整维护计划,确保生产线稳定。

3.2 智慧屏联技术

现代科技下人们生活工作随处可见的缤纷色彩图像呈现在各种各样的电子硬件产品当中。这是物联网技术体系下人工智能技术的应用实现了对实物影像创造。基于面向物联网的人工智能技术应用体系中,智慧屏联技术是较为重要的应用组成,主要是能够以消费者需求为依据提供在各种硬件产品、软件平台等场景应用下的综合解决方案。例如,在智能零售场景中,屏幕设备在智能导购、个性化广告推送、无接触支付等应用中非常广泛,店内的智能屏幕基于电脑视觉和机器学习算法,通过人脸识别和行为分析技术,判断消费者特征,并动态推送个性化商品推荐。并且智能货架屏幕可实时显示商品信息、库存状态,并与后台系统同步优化补货管理,智能互动大屏幕还可支持AR/VR试妆、试衣等功能,增强购物体验。除此之外,智慧屏联技术在会议、导航、网购等领域也有较为重要的应用,在智能办公环境中,智慧屏联技术实现了远程会议、数据共享、协同办公的无缝对接。会议室内的智能大屏幕,支持跨设备投屏、多方互动批注、生成智能会议记录等功能,可与个人终端(如笔记本、平板电脑、智能手机)实时同步。并且AI语音识别结合自然语言处理(NLP)技术,能够自动记录会议内容,并对会议要点进行智能归纳,提升会议效率。

3.3 智能驾驶技术

自动驾驶最早是基于自动控制提出的概念,采用无线电波指令的方式实现对车辆转向、加减速、制动起步等的机械设备控制,实现汽车的自动行驶。而在物联网技术和人工智能技术的不断发展下,实现了高精度传感器与实时通信系统的高度融合,提高了车控程序运行与应用的成熟度,在自动驾驶的基础上增加了环境感知、辅助驾驶、车辆智能控制等系统功能,使得车辆能够在脱离人的主动操作下能够实现安全上路与自动驾驶。当前,在自动驾驶车辆的运行方面,我国的小鹏汽车、小米汽车等车企已经初步雏形,智能驾驶也逐渐从科幻概念落地成为现实。智能驾驶技术的组成中,包括了感知层、决策层、执行层三个主要层面。

其中,感知层的应用,主要是借助安装在车辆上的各种传感设备对车辆的运行状况进行全面获取,比如借助激光雷达、摄像头、超声波传感器、视觉传感器等的应用来对外界的环境信息进行实时获取,掌握车速、挡位,以及周边车辆、行人、交通信号灯信息的直接获取,为车辆智能化驾驶提供信息。感知层完成对信息的获取之后将这些信息传输至车辆的智能控制系统。

决策层则是智能驾驶技术的应用核心与主控程序,通过对感知层传递的信息进行分析、处理,发出对车辆驾驶的智能控制指令。首先,智能主控程序对原始信息的收集、预处理方面。借助激光雷达来收集车辆运行的数据,并在主控程序的作用下转化成为车辆、物体、人等相关距离数据,以

及结合对摄像头获取的视频、图片等信息进行转化,对行人、交通信号、路况等信息进行判断,然后是借助对深度学习模型的运算处理功能,实现对车辆行驶的实时路况、车辆状况、交通环境等信息的综合分析、判断,以此作为智能自动驾驶决策的重要依据。智能驾驶系统的执行层结合决策层发出的信号指令,经过电子控制单元的输出信号控制作用,完成对车辆加减速、转向、倒车等操作的智能化控制。

虽然智能驾驶技术正以较快的速度不断发展,但就当前的实际情况而言,仅仅是能够实现在简单环境条件下的智能化自动驾驶,对于较为复杂的路况、情况,仍然需要人工完成对车辆的控制。就智能驾驶技术人员,其后续的主要方向主要集中在高精度传感器研发、决策系统优化、控制系统升级等方面。若是能够实现技术上的重大突破,则能够大幅提高车辆的智能化驾驶水平,同时也有助于对城市交通系统运行的改善。

3.4 智能医疗技术

智能医疗技术也是物联网应用过程中人工智能应用的重要体现。医疗感应设备、医疗物品、医疗人员在物联网的作用下实现密切相连,医疗信息得到高效地交互、共享。其中,医疗感应设备的应用能够实现对人、物的状态、信息等进行识别,条形码、二维码、射频标签等都是较为常用的识别方式。

智能医疗体系中的应用服务器,主要包括电子病历系统、医疗信息系统等。医院在开展医疗服务过程中,能够借助感应器来完成对患者体温、血压、用药、诊疗等信息的收集、统计,并将整个过程记录在医疗信息系统当中,实现对医疗服务的信息化管理。而在大数据技术、人工智能技术等的应用下,物联网在医疗系统中的应用不再是局限于对医疗数据的采集、传输,而是能够为医院的医疗管理实现智能化发展提供帮助,不断拓展医院的医疗资源,推动新型诊疗模式的创新、应用。

当前,远程智能遥控、智能诊疗、药品智能化研发等领域中,人工智能医疗技术已经得到了较为广泛地应用。例如,远程智能看护系统的应用能够借助相应的采集设备。实现对患者心率、体温、脉搏、血压等医疗数据的实时采集,并传输到医疗物联网平台当中。在智能服务器的作用下实现

对患者数据的分析、处理,对患者指标情况进行准确判断,及时就异常数值向医护人员做出预警。智能医疗中,深度学习训练模型的应用,能够实现对患者长期健康数据信息的监测、分析,及时发现患者的潜在病症,并完善到医院的医疗信息系统与电子病历当中,为医疗诊断提供可靠依据。智能医疗的应用可以看作是人工智能对专业医疗知识的深度学习,在模拟医生思维的前提下对患者的疾病做出针对性推理,为患者的网络问诊提供了实现的可能。人工智能系统在经过模拟训练之后,能够结合病情做出最佳的诊疗方案,有利于缓解医疗资源不足的问题。

人工智能深度学习技术在药品智能研发中的应用,能够基于大数据分析、数据挖掘、云计算等人工智能技术的应用,准确挖掘、把握药物成分,并通过智能系统对药物活性、安全性、副作用等的模拟、预测,有助于提高药品研发的成功率,降低研发成本。当前,在人工智能技术的应用支持下,心血管药物、抗肿瘤药物、传染病药物的研发获得了巨大突破,为人类生命健康提供有效保障。

4 结语

综述可知,基于面向物联网应用的人工智能技术的深入发展与在各个领域的推广应用,在提高物联网运行质效的同时,也优化了人工智能技术的应用意义,促进了物与物、人与人之间的智能化联系,能够为人们的生产、生活提供更为精准的智能化服务。可见,人工智能技术的应用发展,对于不断提高物联网应用水平有着显著的促进作用,值得相关人员的深入研究与加强创新应用,提高社会与经济的发展水平。

参考文献

- [1] 周子云.基于面向物联网应用的人工智能技术[J].进展:科学视界, 2022(7):146-148.
- [2] 贾润亮.面向物联网应用的人工智能相关技术研究[J].电脑知识与技术:学术版, 2016(10X):2.
- [3] 郑华.面向物联网应用的人工智能相关技术研究[J].中国管理信息化, 2017, 20(23):2.
- [4] 龚祥祥,陈振伟,朱末兵.基于面向物联网应用的人工智能技术[J].数码设计(上), 2020.

AI Technology Empowers Optimization and Prospects Exploration of Intelligent Transportation Systems

Yachao Xin Weiwei Shang Weiying Cheng

Unit 32137 of the People's Liberation Army, Zhangjiakou, Hebei, 075000, China

Abstract

With the rapid growth of China's vehicle ownership (surpassing 430 million units as of March 2025), traditional traffic governance models have become inadequate to address the compound challenges of "road supply-demand imbalance, escalating accident risks, and worsening energy consumption." This paper systematically explores the innovative pathways, applications, and prospects of AI technologies—including multimodal perception technology, deep reinforcement learning algorithms, and vehicle-road-cloud collaborative architecture—in urban traffic governance. The vehicle-road-cloud integrated architecture reduces energy consumption for autonomous vehicle platooning by 18%. Finally, the study proposes synergistic technical optimization pathways integrating federated learning frameworks and lightweight model deployment, alongside policy recommendations for legislative innovation and cross-departmental data sharing mechanisms. These proposals aim to address critical challenges in intelligent transportation systems, balancing technical feasibility with governance frameworks.

Keywords

multimodal perception; Deep reinforcement learning; Vehicle road cloud integration; Smart transportation governance

人工智能技术赋能智慧交通系统优化及前景探索

辛亚超 尚卫卫 程维应

中国人民解放军 32137 部队, 中国·河北 张家口 075000

摘要

随着我国机动车保有量急速增加(截至2025年3月已突破4.3亿辆),传统交通治理模式已难以应对“道路供需失衡、事故风险攀升、能源消耗加剧”的复合型挑战。本文系统探讨了多模态感知技术、深度强化学习算法和车路云协同架构等AI技术在城市交通治理中的创新路径、应用及前景。车路云一体化架构支撑自动驾驶编队行驶能耗降低18%。最后,进一步提出联邦学习框架与轻量化模型部署的协同技术优化路径,以及立法创新与跨部门数据共享的政策建议。本文为智慧交通系统建设的进一步深化提供系统性解决思路参考。

关键词

多模态感知; 深度强化学习; 车路云一体化; 智慧交通治理

1 引言：传统治理模式的失效与挑战

截至2025年3月,我国的汽车保有量已达4.3亿辆,特大城市通勤高峰拥堵指数普遍超过1.8,核心矛盾为:一,静态信号配时效率低下:固定周期信号灯的控制逻辑基于预设的交通流量模型,未能适应实时动态变化,导致约30%绿灯时间浪费^[1]。这种技术刚性源于传统治理对确定性规则的过度依赖,形成“静态性路径依赖”。二,人工决策响应滞后:传统事故处理流程依赖人工巡查与层级审批,平均响应时间长达15分钟。三,数据孤岛现象严重:交管与气象部门数据共享率不足20%,本质是“物理性孤岛”与“逻辑性孤岛”的双重叠加。因此,本文旨在探讨当下交通压力

剧增的情况下,如何利用人工智能技术(AI)打破传统交通治理模式,特别是从具体的应用案例出发,挖掘AI赋能智慧交通系统优化的有效方案,并展望未来智慧交通系统的进一步深化发展思路和前景,以期为我国交通治理的高效化提供参考。

2 AI技术的破局逻辑

AI赋能智慧交通系统的核心在于构建一个全时空、多维度、智能协同的交通管理生态,其中多模态感知技术、深度强化学习算法与车路云协同架构等技术构成了系统设计的几大核心要素,共同构成全智能化的“感知-决策-执行”闭环治理范式。

首先,多模态感知技术通过整合摄像头、雷达等多种信息获取设备,实现对交通环境的全方位感知。这种技术能够在不同视角和数据源之间进行信息融合,从而获得更精确

【作者简介】辛亚超(1991-),男,中国河北张家口人,本科,助理工程师,从事软件研发研究。

的路况、车辆行为、障碍物、气象等信息。通过对图像、声音、位置信息等多种模态数据的协同处理，系统可以更快速、准确地捕捉到交通流量变化、事故风险和道路异常情况，为后续决策提供坚实的数据基础。

进一步地，深度强化学习算法在智慧交通系统中扮演着智能决策者的角色。基于前端的感知数据，借助深度神经网络的强大特征提取能力和强化学习的策略优化机制，系统能够在复杂多变的交通场景中自主学习最优控制策略。算法可以与环境不断交互，从历史数据和实时反馈中凝练规律，逐步优化调度方案。这样的自我迭代和策略更新，使得系统在应对突发交通事件和动态调整路网管理时，能够实现主动预警和精准调度，从而大幅提高交通安全性和运行效率。

最后，车路云协同架构实现了车载终端、道路基础设施与云平台之间的无缝连接与数据共享。在这一架构下，车辆及道路传感器实时采集到的数据被上传至云端，通过大数据分析和智能计算形成全局态势感知，再由云平台下发优化指令给车辆或道路管理系统。此种协同不仅打破了单一系统的数据孤岛，也使得交通管理从“被动监控”向“主动协同”转变。通过云端统一调度、边缘计算加速响应有效缓解拥堵、优化资源配置，并提升应急处置能力。

综上所述，多模态感知技术为智慧交通系统提供了全面、精准的数据支持，深度强化学习算法赋予系统自主学习和实时决策的能力，而车路云协同架构则构建了一个数据共享与智能调度的整体网络。这三者相互融合与协同，推动了传统交通管理难题的突破，使其向高效、安全、绿色、智能化迈进。

3 多模态感知与强化学习协同创新技术应用

3.1 多模态感知系统的技术突破

海量信息的感知是智慧交通系统尽心决策的前提，因此多模态信息感知对于系统做出正确的决策至关重要。

激光雷达是当前实现多模态感知的一个重要前沿技术。桐乡全息路口项目通过激光雷达与高清摄像头协同，实现了多模态感知与深度学习技术的深度融合，全面提升智慧交通系统的监控与预警能力。该系统利用毫米级点云密度（误差 $<5\text{cm}$ ）和视觉语义分割数据，采用 Transformer 架构的跨模态注意力机制，实现点云与图像数据的时空对齐（时间戳误差 $<10\text{ms}$ ），构建了高精度车辆动态特征模型，从而通过轮胎形变监测预警超载车辆，实际运行中成功预警超过四百辆次超载货车，关联路段侧翻事故率同比下降 40%。通过激光雷达采集行人三维骨骼关节点轨迹（采样频率 20Hz）和视觉网络提取面部微表情特征，利用深度强化学习与因果图神经网络进行行人意图推理，将雨雾等复杂光照条件下的闯红灯行为预判准确率由 78% 提升至 92%。此外，在极端天气应对方面，该项目融合激光雷达雨滴散射特征（反射强度标准差 >0.15 ）与视觉传感器监测路面反光率变化（阈值

0.35-0.55），并借助 LSTM+Attention 的动态知识图谱构建积水演化预测模型，实测在梅雨季节提前平均 32 分钟预警 37 处道路积水点，为 62 个交叉口的信号配时调整提供了实时决策支持。

相控阵雷达作为当前信息光电子领域的前沿探测技术，也进入到智慧交通治理的视野当中，作为多模态感知技术起到了很有效的作用，形成了边缘计算的实时响应机制。合肥经开区部署的毫米波相控阵雷达系统集成多项前沿技术，实现了交通管理的“柔性响应”与智慧交通系统的全面优化。

3.2 深度强化学习的决策优化

决策作为智慧交通系统实现优化的关键一步，同样需要不断地迭代其算法，使其轻量化、高效化，进而为后续系统执行操作提供精准的指令。

路口信号灯时间控制往往需要因交通流量的变化而动态调整，以下案例展示了信号灯动态配时算法对交通通行效率改善的典型示例。贵阳市观山湖区采用基于 Q-learning 算法的信号灯动态配时方案，实现了相位协同控制与潮汐车道优化两大突破：通过实时采集 31 个重点路口的车辆排队长度、转向比例和行人等待时间等数据，构建多智能体协同决策模型，利用信号相位差和周期时长作为调控变量，系统在南北向车流激增时自动延长绿灯 10 秒并同步调整上游路口，实现延误时间减少 15% 和早高峰车均延误下降 15%，且边缘计算节点确保 200 ms 级响应；同时，融合视频、地磁和浮动车轨迹数据实现潮汐车流识别精度提升至 80% 以上，在观山东路与长岭北路交叉口依据进向车流压力系数（0.75-1.32）动态调整可变车道方向，将利用率提升至近百分之九十，并通过百度地图 API 提前 500 米推送车道状态提示，使整体方案较传统人工调度效率提升两到三倍，为智慧交通系统优化提供了有力支撑。

4 车路云协同架构创新的验证与落地实践

4.1 车路云架构的构建与应用

车路云协同架构作为智慧交通系统的核心平台，通过将车辆、道路设施与云端数据中心有机连接，实现数据的高效采集、传输、处理与反馈，为交通管理提供全链路智能支持^[2]。在这一架构中，多模态感知技术虽被简化，但依然为车载与路侧传感器采集的实时交通数据提供了基础保障，而深度学习算法则在后台对这些数据进行智能分析，辅助决策制定，确保系统调控更为精准。通过这种综合平台，传统的交通管理模式得到全面升级，不仅提升了城市交通流量的均衡性，还为智慧交通系统的持续优化提供了坚实支撑。

4.2 车路云一体化的生态

车路云一体化生态正引领智慧交通全面升级，其核心在于实现车辆、道路与云端平台的高效协同，形成全链路智能管控体系。在北京市，通过《自动驾驶汽车条例》确立的人机共驾责任体系，实现了 L3 级系统失效后驾驶员在

10秒内接管,自动驾驶变道成功率提升至99.3%,紧急制动误触率下降至0.02%;同时,测试场景从机场接驳到地下停车场等八大场景开放,累计测试里程突破3000万公里,动态交通流模拟误差低,数据留存周期延长至90天,满足98.5%的事故认定需求。与此同时,成都双流区智慧灯杆项目通过车路云协同构建低空交通管理网络,集成C-V2X通信和边缘计算,实现无人机起降平台,医疗物资配送时间下降为原来的四分之一,深度强化学习与多模态感知优化路径规划使能耗降低42%,空域冲突率降至约9%,低空交通事故率降低37%,在暴雨应急演练中配送成功率超过百分之九十。这两大案例充分展示了车路云一体化架构在自动驾驶和低空交通管理中的应用,通过数据共享、实时决策与跨平台协同,为提升交通安全与运行效率提供了坚实支撑。

5 前景与挑战

5.1 当前技术瓶颈的突破路径

未来交通的复杂化、空间立体化,以及数据量的剧增,对数据隐私以及硬件处理信息的能力提出了新的要求。因此,隐私保护与计算效率的协同提升依旧是突破智慧交通系统性能优化的核心要点。在智慧交通领域,突破现有技术瓶颈的关键在于实现隐私保护与计算效率的协同提升。贵阳交通大脑平台通过构建分层联邦学习架构,采用本地差分隐私(LDP)技术对用户轨迹数据进行处理,确保单条轨迹的匿名性。同时,利用Paillier同态加密算法实现交通流量预测模型的分布式训练,参数传输量压缩至原始数据的23%。在观山湖区的实践中,该框架在保护40万用户隐私的前提下,使交通事故预测模型精度从82%提升至94%,信号配时优化效率提升12%。此外,清华大学类脑计算研究中心施路平教授团队研发的类脑计算芯片“天机芯”,通过脉冲神经网络(SNN)映射,将Transformer自注意力机制转化为脉冲时序编码,动态功耗相比NVIDIA芯片降低50.66%。近期升级的天眸芯每秒处理约1万帧图像,具有超过130dB的宽动态范围和10比特的高精度,满足车路云协同场景下的实时性需求。

5.2 政策与产业协同建议

为应对未来交通治理日益复杂化和智能化的需求,以下是对智慧交通系统优化的政策和产业建议:首先,完善立法体系是关键。借鉴欧盟的“算法黑匣子”机制,建议强制在L3级以上自动驾驶车辆中安装事件数据记录器(EDR),

记录事故前30秒至后15秒的完整数据,并通过区块链技术确保数据不可篡改。同时,对高风险场景的深度强化学习算法实施差异化监管,要求公开决策逻辑,并推行“可信AI”认证机制,对违规系统可处以企业年营收4%的罚款。此外,结合中国《汽车事件数据记录系统》标准,构建事故场景数字孪生库,支持司法机构通过仿真复现判定责任比例,误差率应低于5%。其次,构建跨部门数据中台,以提升数据共享与协同治理能力^[1]。以江苏省“数畅工程”为蓝本,部署联邦学习框架,整合公安交管、气象微网格和城建BIM模型等多源数据,通过边缘计算实现毫秒级数据同步。在恶劣天气交通预警中,气象部门应提前2小时推送预警信息,交管部门联动调整高速公路限速,城建部门基于车流热力图动态优化信号灯配时,从而提升通行效率。同时,采用国密SM4算法加密敏感数据,建立三级权限控制,并通过“数据沙箱”支持科研机构合规调用脱敏数据。最后,鼓励公众积极参与交通治理。借鉴贵阳市的经验,整合多渠道反馈网络,如小程序、车载终端和路侧AI摄像头等,日均处理市民建议数百条,解决率达到91%。基于市民提交的数据,利用图神经网络识别交通拓扑关联性,制定“一点一策”的改造方案,例如通过取消公交专用道、增设潮汐车道等措施,使早高峰延误降低37%。此外,通过APP开设治堵进展专栏,展示拥堵指数下降、平均车速提升等实证数据,增强公众的参与感和获得感。通过以上措施的综合实施,智慧交通系统将朝着更加安全、高效和智能的方向发展。

6 总结

本文探讨了人工智能技术在智慧交通系统优化方面的最新进展。首先概述了人工智能赋能交通治理技术突破的逻辑,其次从多模态技术、深度学习算法开发和车路云协同创新架构等方面的应用实践分析了人工智能技术的实际效果。进一步地,文章展望并探讨了未来智慧交通系统的前景与挑战。本文将对未来人工智能技术进一步驱动智慧交通建设提供有价值的参考。

参考文献

- [1] 何承, 李琳琳, 沈煜. 基于深度强化学习的城市交通信号动态控制优化研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2024, 24(2): 45-53.
- [2] 杨程, 黄傲, 肖平. 车路协同网络中多模态感知融合技术的应用与挑战[J]. 中国公路学报, 2024, 37(12): 112-120.
- [3] 袁希一, 刘斌. 迁移学习在中小城市交通模型适配中的应用[J]. 人工智能与机器人研究, 2024, 15(1): 34-42.

The new era of intelligent driven e-commerce -- the innovative application and development path of big data technology

Qiang Hao

Beijing Institute of Economics and Management, Beijing, 100102, China

Abstract

As the global e-commerce market exceeds \$8 trillion, big data technology is becoming the core force to reshape the competitive landscape of the industry. This paper systematically discusses the evolution path and innovative application of big data technology in the field of e-commerce, focusing on the analysis of technology iteration logic from data warehouse to data center and then to data flywheel. By building a “technology-application-ecology” three-dimensional model, it reveals how technologies such as real-time computing and machine learning enable core scenarios such as precision marketing, supply chain optimization, and risk prevention and control. The research finds that the data flywheel promotes e-commerce enterprises to achieve a virtuous cycle of user experience improvement and operational efficiency optimization through continuous data accumulation and dynamic application. At the same time, in response to the challenges of data security and privacy protection, it proposes technical solutions such as federated learning and blockchain, and looks forward to the integration trend of cutting-edge technologies such as edge computing and digital twins. This study provides a theoretical framework and practical path for the data-driven transformation of e-commerce enterprises, and has important reference value for promoting the high-quality development of digital economy.

Keywords

blockchain technology; stream computing technology; RFM model; LSTM neural

智能驱动电子商务新时代——大数据技术的创新应用与发展路径

郝强

北京经济管理职业学院，中国·北京 100102

摘要

随着全球电子商务市场规模突破8万亿美元，大数据技术正成为重塑行业竞争格局的核心力量。本文系统探讨了大数据技术在电商领域的演进路径与创新应用，重点分析了从数据仓库到数据中台再到数据飞轮的技术迭代逻辑。通过构建“技术—应用—生态”三维模型，揭示了实时计算、机器学习等技术如何赋能精准营销、供应链优化和风险防控等核心场景。研究发现，数据飞轮通过持续的数据积累与动态应用，推动电商企业实现用户体验提升与运营效率优化的良性循环。同时，针对数据安全性与隐私保护等挑战，提出联邦学习、区块链等技术解决方案，并展望了边缘计算、数字孪生等前沿技术的融合趋势。本研究为电商企业的数据驱动转型提供了理论框架与实践路径，对促进数字经济高质量发展具有重要参考价值。

关键词

区块链技术；流计算技术；RFM模型；LSTM神经网络

1 引言

作为一种创新的数据分析技术手段，大数据技术具备超强的数据存储、数据采集、数据处理、数据清洗以及数据分析能力。传统的数据采集方法和数据库等技术对海量数据来说已经力不从心。在电子商务领域，大数据技术却可以比较快速并准确获得有价值的信息。比如：通过实用大数据技术通过对用户浏览历史、购买偏好、关键词搜索等行为数据

的深度解析，电商企业能够准确地捕捉到用户的需求或潜在的购买欲望，能够对消费者进行精准画像。同时，大数据技术在精确营销、智能供应链管理、风险评估与控制等领域发挥着重要的功能，助力电商企业调整运营流程，降低运营成本，获得更高的利润。

2 大数据驱动的电商创新应用场景

2.1 供应链智能化升级

2.1.1 需求预测与库存优化

在电子商务企业的供应链管理中，精准的需求预测是提高效率的关键。传统的市场预测方法往往依赖于主观经验

【作者简介】郝强（1972-），男，中国河北保定人，硕士，副教授，从事大数据、数据库研究。

及直观的统计分析,因此在面对市场瞬息万变和不确定因素时,这些方法难以胜任。随着大数据技术的不断进步,电商可以通过手机供应商信息、商品信息、库存信息、库存状态等信息,经过数据去重、缺失处理、数据类型转换,并对清晰的数据进行预处理,通过数据运算模型进行需求预测。并通过对模型进行优化和数据的更新训练获得更好的预测结果。这些模式能够为未来的市场需求提供精确的预测。

此类消费品企业在实施大数据驱动的需求预测与库存优化策略之后,能够实现显著的成果。经过对历史销售数据的深入剖析,结合市场调研数据和季节因素,企业运用 LSTM 神经网络模型对各类快速消费品未来销量进行精确预测。基于精确的需求预测成果,企业能够恰当调整库存规模,从而规避库存积压以及缺货风险。在夏季饮料销售高峰期到来之前,企业通过运用需求预测模型,预测到某种果汁饮料的需求量将会大幅度上升。因此,公司提前准备了该款饮品的库存,并调整了采购策略,以确保在夏季的旺季期间能够满足市场需求。同步分析过程中,企业针对销售状况不佳的商品,采取了减少库存、降低库存费用以及提升流动资金等措施,从而实现收入的提升和周转效率的提高。鉴于一系列优化策略的实施,该企业库存商品周转率得到了显著提升,从 25% 提升至 40%,资金运用效率得到了显著提升,同时客户满意度得以提高,市场份额也有所拓展,盈利能力得到增强^[1]。

2.1.2 智能物流网络规划

物流配送环节在电商企业供应链中具有至关重要的地位,其直接影响用户购物感受以及企业的运营成本。为了达成高效的物流配送目标,电商企业借助地理信息数据和实时交通状况,运用大数据技术对仓储布局和配送路径进行优化,构建智能物流网络。地理信息数据能够提供全面的地理坐标信息,涵盖存储仓库、配送站点以及用户收货地址等方面,为物流网络规划奠定了基础。实时交通状况数据能够实时反映道路的拥堵状况、交通管制信息等,帮助企业即时调整配送路线,从而提升配送效率。

京东物流作为行业领先者,运用大数据技术成功构建智能物流网络规划,取得显著成果。京东运用地理信息数据,在全国范围内实现仓储中心的合理布局。根据各地区的市场需求和订单状况,调整仓库的地理位置和规模,以确保货物能够迅速且准确地送达用户手中。同步地,通过收集和解析实时交通数据,京东后台能够为京东物流提供实时监控道路状况的服务。通过运用人工智能算法,可以实现该商品配送路径的动态规划。在面临交通拥堵或突发道路交通事故等突发事件时,系统会自动为配送员推荐最佳的替代路径,以减少送货时间的耽搁。在物流配送高峰期,如“双 11”等购物节,京东物流通过智能物流网络规划,能够迅速应对订单需求,成功实现 90% 订单当日送达的高效配送服务。这一举措不仅显著优化了消费者购物体验,同时也提升了京东物流运营

效能和市场竞争地位,成为电商物流智能化发展之典范。

2.2 风险防控体系构建

在电子商务交易场景中,虚假交易行为对电商平台及买家造成了巨大损害,对电商平台的安全性和稳定运行产生了严重影响。为实现对欺诈交易的有效识别与防范,电商企业采用诸如“孤立森林算法”等众多方法构建了欺诈交易识别模型。一种常见的孤立森林算法,基于异常检测的机器学习方法,利用构建随机森林的技术,将数据点在森林中的路径长度作为衡量异常程度的指标,从而判断是否存在交易风险。在常规交易数据中,它们在森林中的路径长度相对较少,而欺诈交易数据由于其行为模式与正常交易存在显著的不同,其路径长度会相对较长,从而被判定为异常点。

3 大数据技术应用的挑战与对策

3.1 关键挑战分析

3.1.1 数据安全与隐私保护

在电子商务领域广泛应用大数据技术的背景下,数据安全和隐私保护已成为亟待解决的核心问题。鉴于《通用数据保护条例》(GDPR)等法规的推行,全球对数据隐私的监管愈发严格。这些规定明确指出,在收集、存储、使用以及共享用户数据的过程中,企业须承担相应的责任和义务,同时要求企业实施严格的网络安全措施,以确保用户数据的安全性和隐私性。一旦公司违反了相关的法规规定,将会受到巨大的罚款以及法律诉讼的制裁。在 2020 年 11 月,鉴于遭到网络攻击,导致客户个人数据大量泄露的某国际集团,收到了隐私监管机构开具的高达 1840 万英镑(约合人民币 1.59 亿元)的高额罚款。

用户数据滥用问题不容忽视。部分电商平台可能在没有获得用户充分同意的情况下,将用户数据用于非商业用途,例如向第三方广告商提供用户数据。这将导致用户收到大量垃圾信息。这种滥用数据的行为严重地损害了用户的利益,违反了相关法律规范。在 2023 年 2 月,厦门警方接到了该公司报案,称其信息系统遭到攻击,导致大量用户数据遭受泄露。调查发现,犯罪嫌疑人马某意识到该科技公司所持有的信息包括交易记录等,因此指令杨某、陈某等人采取黑客攻击手段,入侵系统。随后,他们非法获取了大量公民个人信息,并通过贩卖等方式将其传播至李某涛、刘某海和黄某南等人。李某涛通过利用上述数据,通过拨打骚扰电话、邮寄商品等方式,对受害者实施精准的营销策略。厦门市公安局实施了大规模的集约式抓捕行动,成功捕获了 7 名犯罪嫌疑人,涉案金额高达 200 余万元。另外,在此之外,厦门公安机关也依据相关法律法规,对科技公司未遵守网络安全保护义务的行为实施了行政处罚^[2]。

3.1.2 技术融合与人才缺口

当前电子商务的快速发展,一方面加速颠覆各个领域特别是传统的商业领域,另一方面又在倒逼和带动实体经济

的发展。对企业转型升级来说,这是一个由信息技术创造出来的难得的战略机遇,也是重大挑战。从社会调查实践来看,绝大多数企业(多为中小企业)已陆续步入电子商务行列,采用传统经济与网络经济结合的方式生产经营。与此同时,随着智能手机的普及与物流业的深度覆盖,电子商务人才严重短缺的问题开始凸显,其中紧俏的就是网络营销人才。然而,目前复合型人才供应严重不足,难以满足技术融合的需求。大数据技术涵盖了数据挖掘、机器学习以及统计学等多个学科领域,而人工智能领域则要求掌握深度学习、自然语言处理和计算机视觉等专业技能。另一方面,区块链技术也具备其独特的技术架构与应用场景。为了达成这些新兴技术的整合,人才需具备广泛的知识领域和技能,以便运用多种新型智能技术解决实际问题。因此,大数据技术与人工智能、区块链等技术的融合应用,在电商领域显得极为稀缺,成为电商行业发展的瓶颈之一^[3]。

3.2 系统化解决方案

联邦学习作为一种新型的分布式机器学习方法,为解决数据安全与隐私保护问题提供了高效的方法。该系统允许多个参与者在没有共享初始数据的情况下,共同训练一个共享的机器学习模型。在联邦学习框架内,参与各方的数据保留于本地,仅提供模型参数或梯度更新,借助加密与差分隐私等技术手段,确保数据在传输及计算环节的保密性。这种“数据可利用不可见”的特点,既满足了电商企业对数据价值挖掘的需求,同时也符合严格的隐私数据保护法规要求^[4]。

4 未来发展趋势与战略建议

4.1 技术演进方向

由于5G技术的广泛应用,网络带宽和传输速度得到了显著提高,为边缘计算和实时分析在电子商务领域提供了有力支持。边缘计算作为一种新颖的计算架构,将数据处理与存储功能置于边缘设备附近,实现了端侧数据的即时处理。这不仅减少了数据传输延迟,提升了系统的响应速度,而且减少了延迟时间。

在即时决策环境中,边缘计算与实时分析具有至关重要的作用。在电商直播领域,一种高度实时性的营销方式得以显现,直播人员与观看直播的观众之间的互动行为以及消费决策随时可能发生变更。在直播环节中,通过部署于边缘节点的计算设备,能够实时获取观众的点赞、评论、提问等互动信息以及商品的浏览量、购买量等销售数据。借助实时数据分析方法,对海量数据实施快速处理和分析,能够迅速把握受众兴趣点与购买需求。在观众对某一款商品表现出高度关注时,主播可以迅速调整直播策略,详细阐述商品的独特性与优势,并推出限时优惠方案,以刺激消费者的购买冲动。这种即时决策能够显著提升直播销售的转化率,为电子

商务公司提供更多的商业机会。

4.2 产业生态构建路径

4.2.1 跨平台数据共享机制

在电子商务产业的生态中,一般可以通过第三方支付平台实现跨平台的在线支付,对于推动电商、物流、金融等领域协同发展具有重要意义。但是,数据共享带来如数据保密性、用户数据的隐私以及数据标准的不统一等诸多问题。作为一种具备去中心化、不可篡改和可追溯等特性,区块链技术为构建跨平台数据共享机制提供了有力的途径。

区块链数据交易平台的出现,使得数据安全性和可信度得到了共享,从而实现了大数据安全与可信度的共同提升。在此类交易平台中,数据发布者在加密数据后将数据传输至区块链,表明其拥有数据的主权所有权,并且不受第三方的干涉。只有当数据提供者获得授权后,才能通过区块链技术获取所需数据。区块链智能合约技术能够自动遵循数据交易的规则和条件,确保数据的合法运用和交易过程的公平公正。同步,区块链技术赋予了数据溯源的能力,使数据来源与运用过程能够清晰地记录。一旦出现数据安全事件或纠纷,可以迅速定位至责任方。

4.2.2 政策支持与标准制定

政策支持和标准制定是促进大数据技术在电子商务领域持续稳定发展的有力保障。一方面加大法律保护,如我国已经出台了《中华人民共和国电子签名法》《网上交易的指导意见(暂行)》等。再就是在关键技术研发的扶持力度,通过财政补贴、税收优惠、科研项目资助等方式,激发企业和科研机构对相关技术的研究与创新,研究更先进的数据加密、安全多方计算、联邦学习等技术,并为数据安全和隐私保护提供技术支撑。

5 结论与展望

对于大数据技术在电商领域的未来应用,大数据与个人隐私保护更加重要,实时通讯技术的发展对大数据的实时分析和电商企业的决策起到巨大的推进作用,人工智能技术的快速发展对大数据的分析和挖掘将提供更加智能化的决策支持,从而对电商起到重大的推动作用。

参考文献

- [1] 王萌,许学军.浅析银行业智能客服系统的应用和发展[J].经济研究导刊,2021(1):41-43.
- [2] 王晓丽,邢云立.企业数字化转型优化路径探索[J].合作经济与科技,2023(24):103-105.
- [3] 张凡.基于大数据分析的网络营销效果评估研究[J].营销界,2023(4):20-22.
- [4] 周跃,周政.基于深度学习的用户行为预测算法[J].数字技术与应用,2023,41(10):154-156.

Explore the application of “Internet +” technology in tobacco commercial logistics

Zhengjun Shan Yan Zhao Menglang Dai Kaiming Fu

The Logistics Center of Bijie Branch, Guizhou Provincial Tobacco Company, BiJie, 551700, China

Abstract

In recent years, the deep integration of ‘Internet +’ technology is profoundly reshaping the traditional logistics format. As a key link under the national monopoly system, tobacco commercial logistics has the requirements of scale and timeliness, and needs to achieve the goal of cost reduction and efficiency increase through technological innovation. However, the current tobacco logistics still has problems such as information island and resource scheduling lag. In this context, it is of great significance to explore the application path of ‘Internet +’ technology in tobacco logistics to promote the high-quality development of the industry. This paper analyzes the current situation of China’s tobacco commercial logistics, and explores the application prospect of ‘Internet +’ technology in commercial logistics, hoping to provide some research help for the development of China’s tobacco business.

Keywords

“Internet + technology”; tobacco business; logistics services; research on innovation

探究“互联网+”技术在烟草商业物流中的应用

单正军 赵艳 代梦郎 符开明

贵州省烟草公司毕节市公司物流中心, 中国·贵州 毕节 551700

摘 要

近年来“互联网+”技术的深度融合正深刻重塑传统物流业态,烟草商业物流作为国家专卖体系下的关键环节,兼具规模与时效的要求,需要通过技术创新实现降本增效的目标。然而当前烟草物流仍存在信息孤岛与资源调度滞后等问题,在此背景下,探究“互联网+”技术在烟草物流中的应用路径,对推动行业高质量发展具有重要意义。本文就结合我国烟草商业物流现状展开分析,并对“互联网+”技术在商业物流中的应用前景进行探究,希望能够为我国的烟草商业发展提供一定的研究帮助。

关键词

“互联网+技术”;烟草商业;物流服务;创新探究

1 引言

在如今的大数据时代发展路途中,“互联网+”技术的普及持续推动着许多传统行业发展,将其应用到烟草商业物流当中,不光可以进一步优化物流运输的效率,减少其运行成本,同时还能够不断提升物流服务的质量,使行业的“卷烟上水平”战略发展目标得以更好达成。

2 烟草行业商业物流现状

我国烟草行业的商业物流经过多年发展,到2016年年底已基本实现了“三化水平”“三个转变”以及“三效业绩”的发展目标,在此过程中行业物流的基础设施建设取得了显著成效,仓储分拣等硬件资源不断完善,信息化管理系统也

得到了广泛应用,逐步形成了覆盖全国的高效协同物流网络体系。特别是在成本控制方面,通过优化运输路线以及推行绿色包装等措施,在保证物流服务质量的前提下有效降低了运行成本,同时积极探索“互联网+物流”等创新模式,为行业发展开辟了新渠道和新方法,有力支撑了烟草生产与销售任务的高效完成^[1]。而在管理模式上,烟草商业物流逐步实现了由分散运作向集中统一管理的转型,通过整合资源并共享信息,推动了行业物流的一体化发展。如今工商企业之间的协同合作不断加强,工业企业的生产物流与商业企业的销售物流逐步融合,形成了供应链上下游紧密衔接的运作机制,并且烟草行业还注重物流技术的创新应用,自动化分拣设备与智能仓储系统等先进技术的推广使用,有效提升了物流作业的时效性,而在服务方面,烟草商业物流不仅满足了卷烟配送要求,还通过终端服务(物流一体化管控平台)的优化进一步提升了客户满意度。

【作者简介】单正军(1983-),男,中国贵州毕节人,硕士,工程师,从事烟草物流信息化研究。

3 “互联网+”与烟草物流

国家烟草专卖局印发的《烟草行业“互联网+”行动计划》为烟草物流的转型提供了明确的政策指引,该计划着重强调“提升物流智能化水平,探索物流平台的智能化转型”,此指导方针充分体现了现代信息技术与传统物流业务深度融合的发展趋势。从技术应用的角度来看,“互联网+”在烟草物流中的实践主要体现在几个方面,在仓储管理方面,通过应用物联网技术及自动化立体仓库系统,实现了库存的智能化管理;在运输环节借助GPS定位与智能调度算法,优化了运输路线;在终端配送方面,运用大数据分析技术提高了配送精准度。多项技术的创新不仅有效提升了“网络化管理的信息共享”水平,更在整体上降低了物流运营成本,提高了仓储运转效率,此战略定位也彰显了智能物流在烟草行业数字化转型中的关键作用^[2]。目前来看,智能物流平台的建设将实现几个重要突破,不仅要打通供应链各环节的信息壁垒,实现工商零消全链条的数据互通,还要构建物流资源共享机制,提升资源配置效率,同时建立智能决策支持系统,为物流运营提供数据支撑,从根本上提升烟草物流的服务水平。

4 “互联网+”技术在我国烟草商业物流中的应用

4.1 以“互联网+”理念为依托

基于“互联网+”理念的深入实践,未来烟草商业物流体系将迎来系统性升级重构,在基础设施建设方面,重点在于完善现有信息化系统架构,通过整合物流中心机房服务器资源,优化网络设备安全防护体系,构建高可用性的数据中心,为各类业务应用提供稳定可靠的运行环境;在运营模式创新上,“互联网+”技术将推动烟草供应链实现革命性变革,以“创新驱动”为核心导向,充分利用云计算与物联网等互联网工具,构建贯穿工商业及零售户的数字化供应链协同平台,从而进一步缩短供应链各环节之间的时空距离,实现信息物流及资金流的高度融合。在横向协同方面,建立工商零消多方参与的协同机制,实现需求预测及库存管理的实时共享,在纵向贯通方面,打通从原材料采购到终端销售的全流程数据通道,形成端到端的可视化供应链管理体系;在仓储配送环节,“互联网+”技术将支持更加智能化的运作模式,其中工商共库模式将成为重要发展方向,通过共享仓储资源,实现同城卷烟厂卷烟直接对接分拣线,减少中间周转环节,依托智能仓储管理系统,运用自动识别技术及智能分拣设备等先进装备,构建高效的出入库作业流程^[3]。

4.2 以“流程再造”为驱动

我国烟草商业物流正迎来以“流程再造”为核心驱动力的转型升级新阶段,其将从根本上重构传统的物流运作模式,通过深度融合互联网思维与现代物流技术,打造智能化的新型烟草供应链体系。在信息整合层面,“互联网+”技

术将打破传统的信息孤岛现象,构建统一的物流信息平台,通过应用大数据技术,整合订单信息与配送路线等多维度的物流信息,形成完整的数据链条。在此基础上,运用云计算平台进行数据集中处理,实现物流信息的实时智能决策,其信息整合目标不仅限于企业内部,还将延伸至供应链上下游,包括与卷烟生产企业的生产信息对接以及与零售终端的销售数据互通等,从而构建起全链条的数字化供应链网络。流程再造的核心在于应用集成的智能平台对业务流程进行系统性重构,以暂存区笼车管理方式的优化为例,传统的笼车周转往往存在等待时间长且使用效率低等问题,而通过引入智能调度系统便可以实现笼车的精准定位,使笼车能够直接对接装车环节,省去中间暂存步骤,由此一来不仅提高了配送装车效率,还减少了闲置设备的场地占用问题。类似的流程再造还可以应用于多个环节,比如在订单处理方面可以实现智能分单,而在仓储作业方面则会推行“货到人”的智能拣选模式,还有在运输管理方面,可以建立动态路由规划系统等。

4.3 以“精益物流”为核心

通过深度整合历史运营数据,重构物流管理体系,实现从传统粗放式管理向现代精细化运营的根本性转变,在资源管理方面,“互联网+”技术将推动“人、财、物”三大要素的精细化管理,在人力资源方面,通过智能排班系统与绩效分析平台,实现人员配置的最优化;在财务管理方面,运用成本分析工具对物流各环节进行精准核算;物资管理方面,则需建立全生命周期的资产管理系统,以此深度融合的管理模式让资源配置更加精准高效,大幅提升资源利用效率^[4]。以设备及备件管理为例,通过引入互联网采购平台,实现设备备件的在线招标采购,降低采购成本,同时还可以开发专门的设备管理手机APP,集成设备档案,让维修人员可以随时查询设备申报维修信息,实现跨部门的协同作业;在作业流程优化方面,精益物流理念将贯穿烟草供应链全过程,在工业环节应用智能算法优化生产物流调度,在商业环节推行标准化的仓储作业流程,在配送环节实施动态路径规划,而所有的改进措施都需建立在互联网技术的基础上,通过物联网设备实时采集作业数据,云计算平台进行集中分析,移动终端实现现场指导,从而形成闭环的持续改进机制。

4.4 以“优质服务”为目的

我国烟草商业物流正经历着以客户需求为中心的服务模式深度变革,“互联网+”技术的广泛应用正在重塑行业物流服务体系,在服务工具创新方面,移动APP与企业微信等数字化平台成为连接工、商、零、消各环节的重要纽带。面向工业客户,开发专门的供应链协同APP,实现生产计划与库存状态等信息的实时共享,面向商业企业,构建集订单管理与配送跟踪等功能于一体的移动工作平台,面向零售终端,推出便捷的订货APP,支持线上下单及电子支付等全流程服务,面向消费者,建立产品溯源和防伪查询系统,

增强消费体验；在服务模式转型方面，“互联网+”技术推动着几个关键转变，首先是内部推动向市场拉动转变，通过大数据分析精准把握市场需求，建立需求驱动的物流服务体系，然后是从单一性服务向差别化服务转变，基于客户画像提供个性化服务方案，再者是从被动响应向主动服务转变，运用预测分析技术预判客户需求，提前做好服务准备；而在服务领域拓展方面，非烟电子商务物流成为新的增长点，烟草商业物流凭借专业的物流能力，可以开展酒类食品等高附加值商品的同城配送服务，实现资源的高效利用，以O2O模式的实践不断拓展业务范围，创造新的利润增长点，同时提升其网络价值，增强自身的市场竞争力；而在服务质量提升方面，“互联网+”技术提供了全新的解决方案，通过建立客户服务大数据平台，对服务全过程进行监控分析，及时发现并解决服务问题^[5]。同时运用人工智能技术开发智能客服系统，为用户提供全天候的咨询服务，进一步构建服务评价体系，实现服务质量的持续改进。

5 烟草商业物流的未来发展方向

5.1 绿色供应链视角下的物流碳中和管理

基于绿色供应链管理理念，未来烟草物流将构建全方位的碳中和管理体系，针对烟草物流特有的作业场景，需要开发专门的碳排放计量模型，对仓储运输等关键环节的碳排放进行精准量化，在仓储环节，重点监测电力消耗与制冷剂使用等产生的碳排放，同时推广应用光伏发电系统及余热回收系统等绿色技术，降低仓储能耗；在运输环节，跟踪记录不同车型线路的燃油消耗数据；在包装环节，评估包装材料生产使用与处置全生命周期的环境影响。在减排技术应用中，新能源车辆的推广使用将成为重点突破方向，结合烟草配送“最后一公里”的特点，优先在城市配送环节推广纯电动车辆，在城际干线运输中试点氢能源卡车，同时配套建设充电桩等基础设施，解决新能源车辆应用的瓶颈问题。

5.2 区块链技术在物流供应链透明化中的应用

针对当前烟草供应链中存在的“信息孤岛”等痛点问题，区块链技术的分布式账本与加密算法等特性为构建全程可追溯的新型物流供应链体系提供了创新解决方案。在卷烟产

品溯源体系建设方面，通过为每一件烟草制品赋予唯一的数字身份标识，并将生产批次号及质检报告等关键信息上链存储，构建不可篡改的产品全生命周期档案，消费者通过简单的扫码操作即可获取产品的完整流通信息，有效增强消费信心；在工商零消协同方面，通过建立基于联盟链的供应链协同平台，实现工业企业数据以及消费者的反馈数据的安全共享，以中心化的数据共享机制打破传统的信息壁垒，使供应链各参与方能够在保护商业机密的前提下获取所需的业务数据，从而做出更加精准的市场经营决策。而智能合约技术的应用则可自动执行预先约定的业务规则，通过自动触发补货订单以及实时结算货款等功能，进一步提升供应链协同效率；在反走私监管领域，通过将烟草关键监管要素上链，监管部门可以实时监控烟草产品的流向，及时发现异常交易线索，并且区块链的不可篡改性确保了监管数据的真实可靠，为执法行动提供了坚实的证据支持。

6 结语

综上所述，“互联网+”技术的不断普及为烟草商业物流的智能化转型注入了新动能，但其应用仍需兼顾多重约束，因而在今后随着人工智能等技术的进一步渗透，烟草物流必然朝着更高效的方向发展，各个烟草企业也应积极构建技术生态，强化数据驱动能力，同时注重与传统管理模式的融合创新，从而在政策框架下实现物流体系的全链条升级。

参考文献

- [1] 夏宇,王庆贤,徐存意,等.基于信息化平台的烟草物流工商一体化仓储调度模式研究[J].运输经理世界,2024,(35):74-76.
- [2] 史可.烟草行业物流智能信息化的思考[J].中国物流与采购,2022,(17):83-84.
- [3] 庞家红.刍议烟草工业企业信息化与内部物流整合发展[J].现代工业经济和信息化,2022,12(05):256-257.
- [4] 雷宇.烟草行业物流智能信息化的思考[J].中国物流与采购,2022,(01):69-70.
- [5] 谭如珈.浅谈加强物流信息化管理应用[C]//广西壮族自治区烟草公司柳州市公司2021年学术论文汇编.广西壮族自治区烟草公司柳州市公司物流中心,2021:296-302.

Research on In-vehicle Interaction Design Methods Based on Digital Twin Technology

Junqiu Zhang Zetian Liu Yuanyuan Ji

Dalian Jiaotong University, Dalian, Liaoning, 116000, China

Abstract

This study aims to explore digital twin-based in-vehicle interaction design methodologies within the context of increasingly prevalent autonomous driving technologies. By investigating digital twin technology and its cross-domain applications, technical characteristics, as well as current features of automotive central control systems, we first establish a fundamental knowledge framework for digital twin-enabled vehicular interaction. Subsequently, drawing upon these technological attributes and integrating fundamental interaction design theories, we propose a set of interaction design principles grounded in digital twin technology. The objective is to construct an intelligent interaction system characterized by high efficiency, intuitiveness, and user-friendliness. Collectively, this research not only synthesizes and systematizes theoretical foundations for digital twin-based automotive HMI design, but also provides concrete implementation guidelines for practical applications. The comprehensive methodology presented herein bridges theoretical exploration with engineering practice in next-generation intelligent vehicle interface development.

Keywords

In-vehicle interaction design; Digital twin technology; User experience; Human-computer interaction; Design principles

基于数字孪生的车机交互设计方法研究

张君秋 刘泽田 纪元元

大连交通大学, 中国 · 辽宁 大连 116000

摘 要

本研究旨在探讨在自动驾驶技术逐渐普及的时代大背景下, 基于数字孪生的车机交互设计方法。通过探讨数字孪生技术及其在多个领域的应用、技术特征, 当前汽车中控系统的特点, 首先构建起对数字孪生车机交互的基本知识框架。继而依据这些技术特点, 结合交互设计的基本理论, 提出基于数字孪生技术的交互设计准则。旨在构建一个高效、直观且易于理解的智能交互体系。整体而言, 本文不仅为基于数字孪生技术的汽车中控交互设计收集和整理了理论基础, 也为实际应用提供了具体的指导方针。

关键词

车机交互设计; 数字孪生技术; 用户体验; 人机交互; 设计原则

1 引言

近几年来, 得益于处理器制程的更新、环境传感器技术以及深度学习算法的飞速发展。汽车的智能化程度不断增加, 自动驾驶能力也不断提升, 自动驾驶功能逐渐成为新汽车的标配。而随着自动驾驶的普及, 传统以人为中心的车机系统交互不再适应新时代的需求, 而基于数字孪生技术的汽车中控系统交互界面, 以其清晰、易理解的特性, 受到了广大消费者的青睐。但当前市面上基于数字孪生的汽车中控交互界面, 依然能看到很多旧有中控设计思路下的遗留, 不能适应车辆驾驶逻辑的变化。

因此, 本次研究的重点, 在于系统性地整理数字孪生

系统的特征和当下汽车交互系统的交互形态, 并就这两者的特点, 梳理出自动驾驶中控交互设计需要注意的要点, 探讨未来基于数字孪生技术的车机交互设计准则, 为其他设计师及研究者提供思路参考。

2 数字孪生技术概述

数字孪生作为新兴的技术, 已经成为中国未来发展不可或缺的一环, 是城市和工业发展比较明晰的未来发展方向。在数字孪生技术中, 最直观的体验, 即是对传统行业可视化方式的创新。可视化的数据使得真实世界生产和日常活动中的各种“黑盒”更加直观和易于理解。据中国信息通信研究院 2023 年 1 月发布的《数字孪生城市白皮书(2022)》中总结的发展阶段来看, 数字孪生技术是继“表单数字化”“业务流程数字化”“决策数字化”之后“全面数字化”的必要基础建设。

【作者简介】张君秋(1996-), 男, 中国河南焦作人, 硕士, 从事人机交互研究。

就技术层面来看,数字孪生是一种以数据和模型的集成融合为基础,通过数字映射在虚拟空间实时构建物理对象,从而可模拟、验证、预测实体的生命周期过程,最终完成智能决策的优化闭环的技术。

2.1 数字孪生的特征

数字孪生技术的核心特征聚焦于数据映射、实时同步与双向互动三大方面。数据映射通过整合多源异构数据,构建物理实体在虚拟空间的精准镜像,这包括几何形态的拓扑重构及材料属性、动力学行为、环境交互特性的高保真还原。如在汽车行业中,数字孪生模型集成了发动机热力学参数、悬架系统动力学响应及车载传感器实时数据,形成与实体车辆等效的虚拟实体。这种全生命周期的数据映射能力,使研发人员能在虚拟环境中执行碰撞仿真、耐久性测试等复杂分析,从而大幅降低物理原型试验的成本。

数字孪生技术的实时同步机制,可实现物理系统与数字模型间的毫秒级数据交互。在汽车车机的数字孪生系统中,部署在车身各节点的多个传感器可持续采集参数,并通过车机处理器或云端平台,利用各种算法进行数据融合和动态修正偏差。如当电池管理系统检测到电芯电压异常时,孪生模型能作出多种反馈:①即时模拟热失控传播路径,并提前触发主动散热策略,缩短故障响应时间,提升系统可靠性。②将信息汇报于用户,便于用户能更快地对车辆的状态做出处理,从而提升系统安全性。

2.2 数字孪生技术在实际场景中的应用解析

而数字孪生系统的双向互动特征,可以让数字孪生系统具备主动干预物理世界的能力。在自动驾驶场景中,代表车辆本身的虚拟模型不仅可以接收实车环境感知数据,还能通过机器学习等算法,生成更优控制策略反馈给执行机构。如特斯拉 Autopilot 系统便利用此技术实现影子模式迭代,其数字孪生体在虚拟环境中完成大量模拟驾驶,持续优化决策算法。不仅在虚拟中,其每一辆在路上开的汽车,也都在持续优化其自动驾驶决策模型。这种虚实交融的交互机制,使汽车制造商能突破物理测试的时空限制,首先在数字空间完成大部分功能验证,而后在小范围测试中持续优化决策模型能力,从而大幅缩短车型开发周期并降低工程成本。

离开汽车车机方面,将视野扩张到其他数字孪生技术的成熟应用领域,可以获取到更多数字孪生技术的特征信息。如在汽车工业领域,数字孪生技术的应用优势极为明显。其“全链路优化”的特点在各个阶段相当具备优势:如在设计阶段,保时捷利用数字孪生提升空气动力学外形迭代效率,减少风洞测试成本;在制造环节,宝马沈阳工厂可以通过设备数字孪生预测刀具磨损,从而帮助决策者采取更优策略,提高生产线效率;在运维方面,蔚来汽车基于用户车辆孪生模型,向用户提供多种个性化保养建议,降低客户汽车使用成本。这些实践充分证明了数字孪生技术的价值。

3 中控系统的发展概述

当前汽车中控系统设计呈现出三大特征:车内屏幕数量的增多、信息集成度的提升,以及交互方式的多样化。汽车的大部分功能都已被整合到屏幕上,而中控系统也主要通过屏幕来实现。除了中控大屏外,还有两项中控载体的创新和普及也为消费者提供了很多的便利。智能方向盘:作为与驾驶员最直接接触的交互界面,方向盘能控制汽车仪表、抬头显示以及中控屏幕上的诸多功能。驾驶员通过智能方向盘上的按键组合,能轻松执行常用操作,且无需将视线或手移向中控屏幕,从而简化了操作流程。这种设计使驾驶员能更专注于前方路况,显著提升了驾驶的安全性。HUD 显示屏:抬头显示(HUD)技术原本主要应用于飞机,随后逐渐在汽车行业中得到推广。该技术通过投影方式,在驾驶员正前方的玻璃上或其他介质上显示必要信息,使得驾驶员在视线不离开道路的情况下即可获取这些信息。这种方式有助于驾驶员保持对前方路况的专注,避免因查看仪表而分散注意力。

4 数字孪生车机交互设计策略

4.1 基于数字孪生技术特点的交互设计准则

自动驾驶中控系统交互设计的核心在于平衡功能复杂性与用户认知效率。简洁性准则要求界面通过视觉层级和模块化布局降低冗余信息干扰。结合前文对数字孪生技术特征的研究,综合人机界面设计规范与互动设计理论,本研究将从用户体验维度,对自动驾驶汽车下的中控系统进行设计。基于认知心理学与行为科学原理,提出以下4维度核心设计框架,旨在构建更具功能效率的智能交互体系。

4.1.1 信息获取最优化原则

过多的信息显示层级会使得用户的思考流程延长,从而影响信息理解的准确率。因此在设计中,必须考虑实际功能和信息表达之间“能指”和“意指”的隔阂。这需要在设计中,通过简化显示层级,减少抽象表达来降低系统复杂度,改善用户的交互体验。例如:关键驾驶信息应集中在主视觉区域内,采用高对比度色块或动态图标实现快速识别。在自动驾驶模式下,车速、导航路径、环境感知结果等核心参数需以不超过三种主色调呈现,避免多级菜单嵌套。

4.1.2 操作路径最优化原则

车机智能化使得车机拥有了更多的功能,除娱乐功能外,还承担了更多车辆行驶的内容,这使得车机的信息密度极大提高。因此,系统的运行需要更高的运作效率。在进行设计时,应当注意各项功能布局和层级的排布,界面跳转逻辑,基于行为科学中人们倾向于选择成本最低、收益最高的行为路径的理论,使用户能够以最简洁的方式完成所需任务。

4.1.3 计算机决策可视化原则

在自动驾驶中,用户和车辆行驶解耦。极端情况下,

用户操作甚至无法影响计算机操控行驶。这使得驾驶员和汽车前所未有地出现了信任和理解问题。在设计中,通过将计算机决策可视化,通过数字孪生场景中添加可视化程序决策链,机器判断值显示等信息,可以使得用户能更清晰地了解系统的运行逻辑和行为意图,避免因信息不透明而产生的不安和误解,从而增强用户对系统的信任和理解,优化人机交互效率和驾驶安全性。

4.1.4 多模态反馈设计

与其他级别的自动驾驶不同,L3级自动驾驶中虽然行车系统在特定情况下接管车辆。通过添加多模态反馈设计,通过多种感官通道(如视觉、听觉、触觉等)同时向用户反馈信息,以增强信息的传递效果和用户的感知体验。充分利用人类不同的感官优势,弥补单纯视觉反馈的不足。提高用户对系统反馈的接收效率和准确性,确保重要信息不被遗漏,从而优化交互效果。

4.2 交互的层级设计

根据低层级的交互设计原则:较少的层级数量可以提高用户的操作效率和使用体验。在此原则的基础上,结合数字孪生技术的特点和前文调研中获取到的用户真实需求,设计上将层级分为四个层级。即状态层/数据层/模型层(控制层)/背景层。在信息展示层级的设计中,需建立多维度的数据映射机制,以实现数字孪生技术的核心价值。

最高层级:状态层,该层位于最上层,以固定形式出现,高度抽象,以色值等显示车辆的当前状态,以及提示驾驶员当前车辆的自动驾驶冗余程度。确保在户第一时间内能够快速了解车辆当前的运行概括,并辅助驾驶员决定使用自动驾驶还是接管驾驶。

第二层级:数据层,该层展示优先度次高的车辆实时

信息,如车速、电量/油量、时间等辅助人类驾驶员了解车辆情况和周围情况的数据。

第三层级:模型层,该层面直接展示数字孪生数字模型,且所见即所得,通过车载传感器网络实时采集的物理实体数据,与虚拟模型形成双向动态同步,构建包含基础行车参数、环境感知数据、系统运行状态的三层信息架构。

第四层级:背景层,该层面结合自动驾驶技术需要的高精地图的特点,将车辆周边环境 and 位置反馈在该处,同时,该处展示的信息也是用户需求层级最低的一层。必要时刻,该处的信息会被上层信息所遮挡,以实现更优信息的聚焦。

5 总结

车机交互设计直接影响到用户的接受度和驾驶体验。本研究通过系统性融合数字孪生技术特征与自动驾驶交互需求,构建了具有前瞻性的中控系统设计框架。期望能为未来的研究者们,提供有效的设计参考。

参考文献

- [1] 边坤,韩冬楠,李思雨,等.多模态人机交互设计研究进展[J].机械设计,2024,41(11):199-204.
- [2] 殷兵,周良,何山,等.多模态虚拟人交互的技术进展和应用[J].人工智能,2024(3):15-26.
- [3] 崔中良.通感,具身与意识:人机交互实现的感知基础[J].湖北大学学报(哲学社会科学版),2024,51(2):143-152.
- [4] 阚延鹏,张振,陈玉,等.基于触觉提示的行车环境预警方案设计[J].黑龙江工业学院学报:综合版,2021,21(7):7.
- [5] 康国芳.手机界面中图形单元的认知负荷研究[D].东华大学^[2025-04-13].
- [6] 加瑞特.用户体验的要素:以用户为中心的Web.英文[M].机械工业出版社,2007.

Distributed transaction management enhances the system framework data consistency policy

Hao Ren Xiaoming Wang

Xi'an Haohan Mingjing Information Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 712000, China

Abstract

In today's era of increasingly widespread distributed system architectures, data consistency in system frameworks has become a core challenge. Distributed transaction management, as a key technology for ensuring data consistency, is becoming increasingly important. Distributed systems consist of multiple independent nodes that may be located in different physical positions and communicate and collaborate through the network. In such an environment, ensuring data consistency and integrity across multiple nodes is a critical issue that must be addressed in the design and implementation of distributed systems. Therefore, exploring effective distributed transaction management strategies and technologies will become a significant direction for future research and development in distributed systems.

Keywords

distributed; transaction management; enhanced system; framework data; consistency policy

分布式事务管理增强系统框架数据一致性策略

任浩 王晓明

西安浩瀚明景信息科技有限公司, 中国·陕西 西安 712000

摘要

在分布式系统架构日益普及的今天, 系统框架的数据一致性成为一个核心挑战。分布式事务管理作为保障数据一致性的关键技术, 其重要性愈发凸显。分布式系统由多个独立节点组成, 这些节点可能位于不同的物理位置, 通过网络进行通信和协作。在这样的环境下, 确保数据在多个节点间的一致性和完整性, 是分布式系统设计和实现中必须解决的关键问题。因此, 探索有效的分布式事务管理策略和技术, 将成为未来分布式系统研究和发展的方向。

关键词

分布式; 事务管理; 增强系统; 框架数据; 一致性策略

1 引言

随着互联网技术的飞速发展, 分布式系统因其高可用性、可伸缩性和灵活性而被广泛应用于各个领域。然而, 分布式系统中的数据一致性问题也随之而来, 成为制约系统性能和可靠性的关键因素。分布式事务管理作为解决数据一致性问题的有效手段, 其研究和应用具有重要的现实意义。

2 分布式事务管理的必要性

分布式事务管理的必要性源于分布式系统架构中数据一致性与操作原子性的核心需求(见图1)。在跨节点、跨服务的复杂交互场景下, 单个业务逻辑往往需要调用多个异构子系统(如数据库、消息队列、微服务等), 这些子系统可能部署在不同网络分区或物理设备上, 存在网络延迟、节

点故障、时钟不同步等固有挑战。若缺乏全局协调机制, 部分节点成功执行而其他节点失败会导致数据状态分裂——例如订单系统完成扣款而库存系统未减货, 形成业务逻辑冲突。分布式事务管理通过两阶段提交(2PC)、补偿事务(SAGA)等协议, 构建跨系统的操作原子性边界, 确保所有参与节点要么达成一致提交, 要么触发统一回滚^[1]。这种机制不仅解决了传统ACID特性在分布式环境下的实现难题, 还能有效防范因局部故障引发的级联数据错误, 为高并发场景下的资金交易、库存管理、分布式锁等关键业务提供“全有或全无”的操作保障, 是构建可靠分布式系统的基石性设计。

3 分布式事务管理协议与框架

3.1 两阶段提交(2PC)

两阶段提交(2PC)是分布式事务管理的经典协议, 通过协调器(Coordinator)和参与者(Participant)的交互确保事务的原子性。在准备阶段(Prepare Phase), 协调器询

【作者简介】任浩(1987-), 男, 中国陕西商洛人, 本科, 工程师, 从事计算机科学与技术研究。

问所有参与者是否可以提交事务，参与者执行操作但不提交，并返回就绪（Ready）或中止（Abort）状态。在提交阶段（Commit Phase），若所有参与者均就绪，协调器发送全局提交（Commit）指令；否则发送回滚（Rollback）指令。2PC 的主要问题是同步阻塞（参与者等待协调器决策时无法释放资源）和单点故障（协调器宕机可能导致事务挂起）^[2]（见图2）。

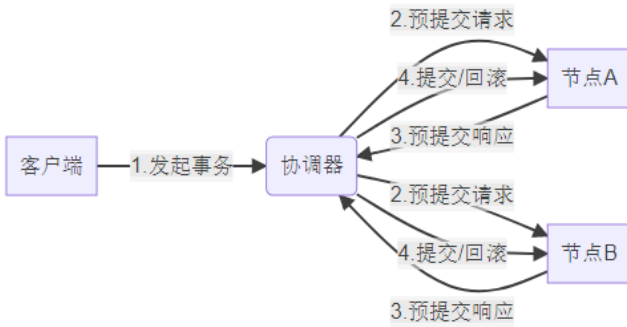


图1 布式事务管理框架图



图2 两阶段提交框架图

3.2 三阶段提交（3PC）

三阶段提交（3PC）在2PC基础上引入预提交阶段（Pre-Commit），以降低阻塞风险。第一阶段（CanCommit）协调器询问参与者是否具备提交条件，仅当所有节点响应

“Yes”才进入第二阶段（Pre-Commit），此时参与者锁定资源但不提交。第三阶段（DoCommit）最终执行提交或回滚。3PC通过超时机制（参与者超时未收到指令则自动提交）减少阻塞，但仍无法完全避免数据不一致（如网络分区时部分节点提交成功）^[3]。

3.3 TCC 模式

TCC（Try-Confirm-Cancel）是一种补偿型事务方案，适用于高并发业务。Try阶段冻结资源（如账户余额预扣款），Confirm阶段确认操作（实际扣款），Cancel阶段回滚（解冻资源）。TCC的优势在于业务可控性高，但需开发者手动实现补偿逻辑（如逆SQL或状态恢复）。典型应用场景包括电商订单（Try锁库存，Confirm支付，Cancel释放库存）^[4]（见图3）。

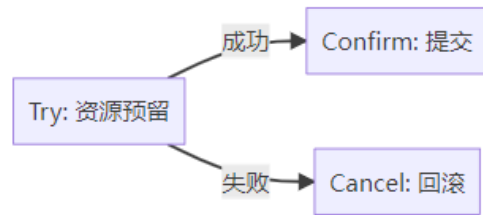


图3 TCC 模式框架图

3.4 分布式事务框架

主流框架如Seata（支持AT、TCC、SAGA模式）、TCC-Trans（轻量级TCC实现）通过事务协调器、日志存储和API抽象简化开发。例如，Seata的AT模式（自动补偿）基于SQL解析生成回滚日志，而SAGA模式适用于长事务（通过事件驱动逐步补偿）^[5]。框架通常提供全局事务ID、熔断降级等能力，降低分布式事务的侵入性（见表1）。

表1 主流框架对比

框架	协议支持	特点	适用场景
Seata	AT, TCC, SAGA	阿里开源，支持多模式	微服务全链路事务
TCC-Trans	TCC	轻量级，强一致性	金融支付场景
SAGA	长事务补偿	最终一致性，无阻塞	跨服务业务流程

4 增强数据一致性的策略

4.1 基于共识算法

共识算法在分布式系统中扮演着核心角色，其目标是在多个节点之间达成一致的状态或决策。Paxos算法通过提案、承诺和接受三个阶段实现一致性，适用于高容错场景，但实现复杂度较高。Raft算法则通过领导者选举、日志复制和安全性机制简化了流程，更易于理解和实现^[6]。在分布式事务中，共识算法能够协调跨节点的操作，例如在提交或回滚事务时确保所有参与者达成一致。例如，在金融系统中，转账操作需要多个数据库节点同步更新账户余额，通过Raft算法可以避免部分节点成功而其他节点失败导致的数据不

一致。此外，共识算法还能处理网络分区问题，通过多数派原则保证系统在部分节点不可用时仍能正常运行^[7]。

4.2 使用消息队列

消息队列通过解耦生产者和消费者，为分布式事务提供异步协调机制。事务消息模式（如RocketMQ的“事务消息”）确保业务操作与消息发送的原子性：生产者先将消息标记为“待确认”，执行业务逻辑后提交本地事务，再通知消息队列完成投递。若业务失败，消息会被回滚或重试^[8]。这种机制避免了传统同步调用中因部分节点失败导致的整体不一致。例如，电商订单系统中，扣减库存和生成订单需跨服务协作，通过消息队列可将库存操作作为事务消息发

送,订单服务消费消息后处理,若消费失败则触发重试或补偿。消息队列还支持死信队列和延迟消息,用于处理异常场景和定时任务。Kafka 和 RabbitMQ 通过持久化和 ACK 机制进一步保障消息可靠性^[9]。

4.3 数据分区与复制

数据分区通过水平分片提升系统扩展性,例如按用户 ID 哈希将数据分散到不同节点。复制则通过多副本提高容灾能力,如 MySQL 主从复制或 MongoDB 的副本集。然而,分区和复制会引入一致性问题:CAP 理论表明,分区容忍性(P)下需在一致性(C)和可用性(A)间权衡。强一致性协议如 ZAB (ZooKeeper) 或 Paxos 要求写入多数副本才返回成功,但可能牺牲延迟;最终一致性模型如 Dynamo 允许副本短暂不一致,通过反熵或读修复同步。冲突解决策略包括“最后写入获胜”(LWW)或向量时钟标记版本。例如,Cassandra 通过可调一致性级别 (QUORUM) 平衡读写需求,而 Spanner 通过全局时钟实现跨分区强一致性。实践中需根据业务需求选择策略,如支付系统需强一致性,社交媒体的点赞功能可接受最终一致^[10]。

4.4 持续监控与日志记录

监控系统通过指标采集(如 Prometheus)和告警规则(如 CPU 负载、事务失败率)实时探测异常。日志记录则详细追踪操作流水,例如分布式追踪工具(Jaeger)标记事务链路,便于定位瓶颈或错误点。一致性问题的诊断依赖日志分析:如 MySQL 的 binlog 和 Redis 的 AOF 日志可还原数据变更历史,用于修复不一致副本。ELK (Elasticsearch+Logstash+Kibana) 栈支持结构化日志的聚合与可视化。此外,审计日志(如区块链的交易记录)提供不可篡改的证据,确保合规性。监控与日志的结合能快速响应故障,例如检测到副本滞后时自动触发同步,或通过日志回放修复数据。Netflix 的 Chaos Monkey 等工具还通过主动注入故障测试系统一致性保障能力,验证监控和恢复流程的有

效性。

5 结语

综上所述,分布式事务管理在增强系统框架数据一致性方面发挥着重要作用。通过选择合适的分布式事务管理协议和框架,并结合基于共识算法、消息队列、数据分区与复制等策略,可以有效地提高系统的数据一致性和可靠性。未来,随着分布式系统技术的不断发展和完善,分布式事务管理将更加高效、灵活和可靠,为各行业的信息化建设提供有力的技术支持。

参考文献

- [1] 杨宏兵.大规模分布式系统中的数据一致性与事务管理策略研究[J].信息与电脑(理论版),2024,36(09):68-71.
- [2] 于戈,申德荣.分布式数据库系统[M].机械工业出版社:2023 04.1057.
- [3] 姜明俊.分布式关系数据库事务管理器的设计与实现[D].东南大学,2019.
- [4] 林克明,尤垂桔.分布式事务管理模型的性能改进技术研究[J].计算机应用与软件,2010,27(11):191-194.
- [5] 熊燕群,白似雪,李进京.分布式实时数据库系统的事务管理[J].南昌大学学报(理科版),2008,(03):290-294.
- [6] 知识图谱构建技术综述[J]. 张吉祥;张祥森;武长旭;赵增顺.计算机工程,2022(03): 23-37
- [7] 协同过滤推荐系统综述[J]. 赵俊逸;庄福振;敖翔;何清;蒋慧琴;马岭.信息安全学报,2021(05): 17-34
- [8] 知识图谱综述——表示、构建、推理与知识超图理论[J]. 田玲;张谨川;张晋豪;周望涛;周雪.计算机应用,2021(08): 2161-2186
- [9] 基于协同过滤和标签的混合音乐推荐算法研究[J]. 黄川林;鲁艳霞.软件工程,2021(04): 10-14
- [10] 个性化推荐系统技术进展[J]. 刘君良;李晓光.计算机科学,2020(07): 47-55

Software engineering paradigm change driven by artificial intelligence: research on technical path, practical challenge and credible guarantee system

Long Li

Henan Zhongan Jianpei Education Technology Co., LTD., Zhengzhou, Henan, 450006, China

Abstract

With the rapid development of artificial intelligence (AI) technology, software engineering (SE) is undergoing an unprecedented paradigm shift. This paper systematically explores the technical pathways, practical challenges, and the construction of a trustworthy assurance system triggered by the deep integration of AI and SE. By analyzing the empowerment paths of AI throughout the entire lifecycle, including requirements analysis, code generation, testing, and operations, and combining industry case studies, it verifies its effectiveness in improving development efficiency and quality. At the same time, it reveals the ethical risks and technical bottlenecks that may arise after the introduction of AI, and proposes strategies for building a trustworthy assurance framework. The study shows that AI is driving SE from “manual coding” to “intelligent enhancement,” but it requires the development of new engineering methodologies that integrate human and machine collaboration to address the challenges posed by complex systems.

Keywords

artificial intelligence; software engineering; paradigm change; trust guarantee; man-machine collaboration

人工智能驱动的软件工程范式变革：技术路径、实践挑战与可信保障体系研究

李龙

河南中安建培教育科技有限公司，中国·河南 郑州 450006

摘要

随着人工智能（AI）技术的迅猛发展，软件工程（SE）正经历前所未有的范式变革。本文系统探讨了AI与SE深度融合所引发的技术路径、实践挑战以及可信保障体系的构建。通过分析AI在需求分析、代码生成、测试运维等全生命周期中的赋能路径，结合行业实践案例，验证其在提升开发效率和质量方面的效果。同时，揭示了AI引入后可能带来的伦理风险与技术瓶颈，提出了构建可信保障框架的策略。研究表明，AI正推动SE从“人工编码”向“智能增强”跃迁，但需构建人机协同的新型工程方法论，以应对复杂系统带来的挑战。

关键词

人工智能；软件工程；范式变革；可信保障；人机协同

1 引言

在数字化转型的浪潮中，人工智能技术的迅猛发展正深刻影响着各行各业，软件工程作为信息技术的核心领域，亦面临着前所未有的变革。传统的软件开发模式已难以满足快速迭代和高质量交付的需求，AI技术的引入为软件工程注入了新的活力。从需求分析到代码生成，从测试到运维，AI正逐步渗透到软件开发的各个环节，推动着软件工程向智能化、自动化方向发展。然而，AI技术的应用也带来了诸如模型可解释性差、数据隐私泄露、伦理风险等新的挑战。

因此，研究AI驱动下的软件工程范式变革，探索其技术路径、实践挑战与可信保障体系，具有重要的理论意义和实践价值。

2 AI赋能软件工程的关键技术路径

AI技术在软件工程中的应用主要体现在以下几个方面：

2.1 需求工程智能化

传统的软件需求工程流程包括需求收集、分析、验证与管理，主要依靠开发人员与用户面对面交流、文档记录、逐条审核，流程繁琐且主观性强，极易出现信息理解偏差和传递失真等问题。AI技术的引入，尤其是自然语言处理（NLP）和大语言模型的发展，使得计算机可以对自然语言中的需求描述进行更为精确的语义识别和上下文理解，从而

【作者简介】李龙（1993-），男，中国河南驻马店人，硕士，从事软件工程研究。

极大提高了需求获取的自动化和准确性。

当前已有多个实际应用案例表明, AI 可将用户口述或书面需求通过语义分解、实体识别、意图提取等处理, 转化为可被开发工具识别的结构化语言。以阿里云的智能需求拆解工具为例, 其基于 Transformer 架构的语言模型能够将用户自然语言描述自动转换为流程图、UML 类图等工程设计语言, 准确率超过 92%。这不仅缩短了需求沟通时间, 也减少了人力资源投入。

更进一步, AI 还可以结合用户行为数据(如点击路径、停留时间、搜索关键词等), 挖掘潜在需求并预测需求变化。

2.2 架构设计与代码生成

在传统软件开发流程中, 架构设计依赖经验丰富的高级工程师进行抽象建模、模块划分、技术选型等复杂决策, 主观性强、效率不高且不易复用。而 AI 的引入, 特别是在大模型对过往项目数据的深度学习基础上, 可以提供数据驱动的智能化架构设计方案。例如, 华为的盘古大模型通过对海量项目架构的训练, 能够基于输入的功能需求自动提出微服务拆分建议, 资源利用率提升高达 40%, 显著降低了架构冗余与系统耦合度。

在代码生成方面, AI 工具如 GitHub Copilot、Amazon CodeWhisperer、Tabnine 等已逐步进入开发主流。这些工具基于 Transformer 架构的深度学习模型, 能够根据开发者输入的代码片段和注释, 自动补全代码、建议函数结构, 甚至生成复杂的类与接口。在一些企业试点项目中, 开发者编程效率提升超过 55%, 代码重复率大幅下降, 错误率也随之降低。

2.3 质量保障体系升级

软件质量保障是软件工程的核心任务之一, 涵盖测试、缺陷管理、代码审计、安全评估等多个环节。传统测试流程依赖人工编写测试用例与回归验证, 效率低、成本高, 且很难覆盖到所有极端场景。AI 的引入正在彻底改变这一局面。通过机器学习与生成对抗网络(GAN), 可以大规模生成覆盖边界条件的测试数据, 尤其适用于对复杂输入敏感的应用系统。

以特斯拉自动驾驶系统为例, AI 用于生成稀有但风险极高的路况模拟数据, 其漏洞检出率提升了 3 倍。这种“对抗性测试”理念, 使 AI 能够模拟攻击性输入、边缘行为和非法数据流, 极大增强了测试的深度与广度。

在缺陷管理方面, AI 可通过历史缺陷数据与代码变更记录训练时序模型, 对代码提交进行风险评估, 实现缺陷的提前预测。例如, 腾讯 TDSQL 数据库系统使用 AI 预测故障节点, 自动隔离故障资源并触发自愈机制, 保障系统连续运行, 异常自愈率超过 90%。

2.4 智能运维(AIOps)

随着企业系统复杂性不断增加, 传统运维面临数据量大、故障定位难、人工响应慢等瓶颈, 严重影响业务连续性。

AIOps (Artificial Intelligence for IT Operations) 融合 AI 与大数据分析技术, 正成为智能化运维的主流路径。其核心能力包括故障预测、根因分析、容量规划、性能优化等。

在资源调度优化方面, AI 可利用强化学习算法动态分配资源, 最大化系统利用率。以阿里云为例, 其弹性计算平台通过深度强化学习模型动态调整容器集群部署策略, 资源利用率提高约 30%, 资源浪费减少了 25%。AI 能持续学习集群运行历史与业务波动规律, 从而做出最优部署决策, 提升服务稳定性与可扩展性。

在根因分析方面, AI 通过对系统日志、性能指标、API 调用轨迹等多源异构数据进行聚合建模, 结合图神经网络或因果推理方法, 能迅速锁定问题源头。例如 NewRelic 平台的 AI 引擎能在 15 分钟内完成以往需 4 小时以上的人力排查任务, 大幅缩短了平均故障恢复时间(MTTR)。

3 行业实践案例研究

AI 在软件工程中的应用已在多个行业取得了显著成效。

3.1 金融领域：智能风控系统开发

在金融领域, AI 技术被广泛应用于智能风控系统的开发。通过对大量金融数据的分析, AI 可以识别潜在的风险因素, 辅助制定风险控制策略。例如, 某大型银行利用 AI 技术构建了代码大模型评估体系, 提升了代码合规性检查的效率和准确性。

3.2 工业软件：数字孪生优化

在工业领域, AI 与数字孪生技术的结合, 实现了对工业系统的优化管理。通过对工业设备运行数据的实时分析, AI 可以预测设备的故障风险, 优化维护计划, 提高了设备的运行效率和可靠性。例如, 某工业企业利用 AI 技术对钢铁生产过程中的缺陷进行检测, 准确率显著提升, 减少了人工质检的依赖。

4 挑战与可信保障体系构建

尽管 AI 在软件工程中展现出巨大的潜力, 但其应用也面临诸多挑战。

4.1 技术瓶颈

AI 模型在关键领域的应用受限于可解释性差、数据质量依赖性强、复杂系统性能不稳定及泛化能力差等问题。其“黑箱”特性导致决策过程不透明, 引发医疗、司法等领域的信任危机。数据分布偏差或污染会直接削弱模型性能, 如医疗 AI 因数据不足导致的误诊率差异。在复杂系统中, 模型易因环境动态变化而误判, 如自动驾驶系统对特殊光照条件的识别失效。此外, 模型对数据分布高度敏感, 场景迁移时泛化能力不足, 如医疗影像 AI 在不同设备间的性能差异显著。这些问题共同制约了 AI 在实际工程中的广泛应用。

4.2 伦理与安全风险

AI 在软件工程中的应用可能引发数据隐私泄露和算法偏见等伦理问题。在数据隐私方面, AI 模型处理用户数据

时可能无意中泄露敏感信息,如三星员工误将半导体机密数据输入 ChatGPT 导致泄露。在算法偏见方面, AI 模型可能因训练数据的偏差而产生性别或种族歧视,如亚马逊 AI 招聘工具对女性求职者评分偏低。这些问题需通过技术防护、法律合规与算法优化协同治理,以构建可信的应用生态。

4.3 可信保障框架

为解决 AI 赋能软件工程过程中的安全性、稳定性与伦理问题,构建一个全面的可信保障体系势在必行。可信保障不应局限于事后审查,而应融入软件工程全生命周期。本文提出的三层验证体系包括形式化验证、动态监测以及审计追踪三个核心层级。

第一,形式化验证。对于自动生成的关键代码模块,特别是在涉及金融、医疗、航空等安全关键行业的应用中,可通过形式化验证工具(如 Coq、Isabelle)进行逻辑正确性和功能一致性验证,确保 AI 生成的程序符合规格,不存在死锁、越界、非法状态等问题。这类验证可有效提升系统的可证明性与可靠性。

第二,动态监测机制。在 AI 参与开发或运行的软件系统中,需部署智能化的运行时监控机制。例如通过接入异常检测算法,对系统运行期间的异常日志、指标波动、API 调用模式等进行实时分析。一旦发现非预期行为,可立即告警或回滚,有效防范 AI 行为的不可预测性,如华为 AICC 系统中部署的异常流量拦截器,即通过日志语义分析及时发现潜在攻击或系统紊乱。

第三,审计追踪机制。考虑到 AI 模型具有“黑箱”特性,需构建可审计、可追踪的决策链条。通过引入区块链等不可篡改技术,可实现开发过程、模型调用、决策结果等全链路记录。该机制可满足 GDPR 等国际法规对数据可解释性、可撤销性的合规要求,增强系统的可审查性和问责能力。

此外,还应引入第三方评估机构对 AI 赋能的软件开发平台进行合规性检测,推动标准化工具链和审计接口的普及,为构建透明、公正的智能开发环境提供制度保障。

5 未来研究方向

尽管 AI 在软件工程领域已经取得了显著进展,但其深层次融合仍面临诸多挑战,未来研究可以从以下几个方面展开:

第一,人机协作范式的构建。AI 的引入不意味着替代开发者,而是促进“增强式开发者”的出现。未来的软件开发流程中,需要明确 AI 与人类在需求理解、决策控制、错误纠偏中的权责边界。尤其是在安全敏感系统(如自动驾驶)中,需建立责任归属框架与伦理响应机制。学术界可参考自动驾驶中的“伦理决策树”概念,构建软件工程中的“可控 AI 链”。

第二,教育体系重构。AI 赋能下的软件工程要求开发人员既懂 AI 原理又精通系统架构设计,传统的“程序员”概念将向“AI 工程师”“AI 训练师”“架构审计师”等多

元角色演变。MIT、斯坦福等高校已开设“AI in Software Engineering”课程,国内高校也应加快课程体系改革,注重模型训练、数据清洗、算法审计、伦理治理等交叉能力培养。

第三,产业标准与治理框架建设。当前 AI 工具在软件开发中的标准化程度不高,不同平台之间存在模型接口、数据格式、调度逻辑不一致的问题。需推动建立面向 AI 开发工具链的兼容性规范、通信协议、安全标准等,如 IEEE SEAI (Software Engineering & AI) 工作组正致力于推动跨平台 AI agent 之间的通信协议制定。此外,也应出台 AI 在开发决策中的合法性边界、错误恢复机制等政策法规,构建健康有序的 AI 赋能生态。

第四,面向可信 AI 的算法优化。开发更透明、可解释、鲁棒性强的 AI 模型,是确保其在软件工程中安全落地的基础。例如可引入可解释性增强技术(如 LIME、SHAP)辅助开发者理解模型行为,同时加强对抗性训练、防御算法的研究,提升 AI 系统的抗攻击能力。

6 结论

人工智能正在深刻重塑软件工程的理论基础与实践形态,推动其迈入“智能开发”时代。从最初的代码提示工具到如今可以参与需求分析、架构设计、测试运维的智能 Agent, AI 的角色正在由“辅助者”向“合作者”转变,开发者的职责也正在从“程序员”转向“系统协调者”与“模型监督者”。

本文全面分析了 AI 在软件工程全生命周期中的技术路径,系统探讨了其在需求智能化、架构生成、自动测试与 AIOps 中的实践案例,同时指出了其面临的语义理解偏差、模型不可解释性、数据隐私与算法伦理等挑战。基于此,提出构建形式化验证、动态监测、审计追踪三位一体的可信保障体系,增强 AI 赋能软件开发的可控性与合规性。

未来,软件工程将从“规则驱动”迈向“认知增强”的新纪元。要实现这一跃迁,不仅需要持续优化 AI 技术本身,更需要构建完整的人机协同范式、教育培养体系与标准化治理机制。唯有如此,才能真正实现人工智能与软件工程的融合式创新,引领数字化社会走向更高效、更安全、更智能的未来。

参考文献

- [1] 周伯生,董士海.软件工程环境引论[J].计算机研究与发展,1986(07):1-13.
- [2] 杨美清,方裕,陈良华,等.软件工程支撑环境中的集成化问题研究[J].计算机科学,1987,(04):1-10.
- [3] 刘玉梅.第四代语言与软件技术的集成[J].小型微型计算机系统,1988,(05):1-13+19.
- [4] 欧椅华.人工智能技术在智慧教育中的应用分析[C]//教育部高等学校教育技术专业教学指导委员会.走向智慧时代的教育创新发展研究--第16届教育技术国际论坛暨首届智慧教育国际研讨会论文集.广州大学教育学院,2017:90-93.

The Application and Prospect of Artificial Intelligence in Earthquake Medical Rescue

Jing Zhang

Gansu Provincial Seismological Bureau, Lanzhou, Gansu, 730000, China

Abstract

Earthquake disasters are characterized by suddenness, strong destructiveness, and complex secondary disasters, posing extremely high requirements for medical rescue. Artificial intelligence (AI) technology, through its capabilities such as data prediction, image recognition, and resource optimization, is reshaping the earthquake rescue system. This study focuses on the practical application and future development of artificial intelligence in the field of earthquake medical rescue. By conducting a detailed analysis of the specific practices of artificial intelligence in key aspects such as disaster monitoring and early warning, search and location of the injured, allocation of medical resources, auxiliary medical diagnosis, and language translation, and combining real cases to illustrate its practical application effects. At the same time, the development prospects are envisioned from dimensions such as the direction of technological evolution and the extension of application scenarios, and solutions are proposed for challenges such as potential data security risks, technical stability problems, and the shortage of professional talents. The research results show that artificial intelligence technology will bring profound changes to earthquake medical rescue and significantly improve the efficiency and accuracy of rescue work.

Keywords

Artificial Intelligence; Earthquake; Medical Rescue; Application; Prospect

人工智能在地震医疗救援中的应用及前景

张晶

甘肃省地震局, 中国·甘肃 兰州 730000

摘要

地震灾害具有突发性、破坏性强及次生灾害复杂的特点, 对医疗救援提出极高要求。人工智能(AI)技术通过数据预测、图像识别、资源优化等能力, 正在重塑地震救援体系。本研究聚焦人工智能于地震医疗救援领域的实际应用与未来发展。通过详细剖析人工智能在灾害监测预警、伤员搜寻定位、医疗资源调配、辅助医疗诊断以及语言翻译等关键环节的具体实践, 结合真实案例阐述其实际应用效果。同时, 从技术演进方向、应用场景延伸等维度展望发展前景, 并针对数据安全隐患、技术稳定性难题及专业人才匮乏等挑战提出应对方案。研究结果表明, 人工智能技术将为地震医疗救援带来深刻变革, 显著提升救援工作的效率与精准度。

关键词

人工智能; 地震; 医疗救援; 应用; 前景

1 引言

地震作为破坏力极强的自然灾害, 常常造成大规模人员伤亡和基础设施的严重损毁。以2023年土耳其—叙利亚地震为例, 因救援不及时, 超过5万人错过了最佳救治时机。传统的地震医疗救援模式主要依赖人工经验开展工作, 存在信息传递滞后、资源调配效率低下、救援力量难以快速到达灾区、现场医疗资源调配困难、伤员伤情评估不及时不准确等问题。而人工智能技术的兴起为解决这些问题提供了新的思路和方法。其凭借强大的数据处理能力、精准的模式识别

能力以及智能决策优势, 成为提升地震医疗救援效率的重要手段。尤其在地震监测预警、信息收集、救援决策支持、伤员救治等方面的应用不断拓展和深化, 正逐渐改变着地震医疗救援的格局, 展现出广阔的应用前景。

2 AI 在地震救援全周期中的应用场景

2.1 灾害监测与预警

2.1.1 地震预测

人工智能能够对海量地震监测数据进行深度分析, 实现地震的精准预警。基于卷积神经网络(CNN)构建的地震波识别系统, 可在地震发生后10秒内完成震级测定与震中定位, 相比传统方法, 效率提升幅度高达80%(Allen与Kanamori, 2018)。通过对大量地震历史数据、地质构造数据以及地球物理场等信息的分析, 利用机器学习算法如深度

【作者简介】张晶(1986-), 女, 中国甘肃榆中人, 本科, 工程师, 从事地震地质救援及防灾减灾科普研究。

神经网络、支持向量机等建立地震预测模型，能够对地震的发生时间、地点和震级等进行一定程度的预测，为提前做好应急准备提供依据。

2.1.2 实时监测与预警

借助传感器网络和人工智能数据处理技术，对地震波信号进行实时监测和分析。当地震发生时，能够迅速识别地震波的特征，并在极短时间内发出预警信息，为周边地区的人们争取宝贵的逃生时间，同时也为医疗救援队伍提前做好应对准备提供支持。日本“紧急地震速报系统”借助人工智能技术，将预警提前时间从2011年的平均5秒延长至2022年的12秒，有效降低了人员伤亡风险（日本气象厅，2023）。

2.2 受灾评估

2.2.1 伤员伤情评估

利用计算机视觉技术和深度学习算法，对灾区现场拍摄的伤员图像和视频进行分析，快速判断伤员的受伤部位、伤情严重程度等，实现伤情的快速分拣和优先救治。同时，通过与医疗数据库中的病历信息、影像资料等进行比对和分析，为伤员的后续治疗提供更准确的诊断依据。

2.2.2 灾害损失评估

基于遥感影像、地理信息系统以及人工智能模型，对地震造成的建筑物倒塌、道路损毁、农田受灾等各方面损失进行快速、准确的评估。这有助于了解灾区的整体受灾情况，合理调配医疗资源和其他救援物资，制定科学有效的救援和恢复重建计划。

2.3 智能搜索与定位

2.3.1 智能搜救机器人

集成人工智能技术的搜救机器人可以进入地震废墟等危险区域，利用传感器感知环境信息，通过图像识别、声音识别等功能搜寻被困人员。它们能够在复杂的地形中自主导航，避开障碍物，并将采集到的数据实时传输给救援人员，大大提高搜救效率，减少救援人员的伤亡风险。波士顿动力公司研发的Spot机器人，借助激光雷达与AI导航系统，可在复杂的废墟环境中自主探测生命体征，从而减少救援人员在危险环境中的暴露风险。

2.3.2 无人机勘察

配备高清摄像头、热成像仪以及气体检测等设备的无人机，可在地震发生后快速飞抵灾区上空，对受灾情况进行全方位勘察。人工智能算法能够对无人机拍摄的图像和视频进行实时分析，快速定位被困人员位置、评估建筑物损毁程度以及发现潜在的危险区域，为救援力量的部署提供精准的信息支持。配备深度学习视觉算法的无人机在地震救援中发挥重要作用。在2021年四川泸县地震救援行动中，无人机仅用3小时便完成了20平方公里废墟区域的扫描工作，成功识别出17处生命迹象，定位准确率达到92%。

2.4 医疗资源智能分配

基于强化学习构建的资源调度模型，能够综合考虑伤员伤情、医院床位以及医疗设备分布等因素，动态生成最优的医疗资源分配方案。在2020年汶川余震救援过程中，该模

型的应用使重伤员转运时间缩短40%，医疗资源利用率提高35%。此外，物联网与人工智能相结合的医疗物资追踪系统，可实现药品、器械等物资的实时库存管理与智能补货。

2.5 辅助医疗诊断

AI医学影像分析系统在骨折、脑出血等疾病的诊断方面表现出色，准确率可达95%以上。斯坦福大学开发的CheXpert模型，通过对胸部X光片进行分析，能够同时检测14种疾病，其诊断速度是人工诊断的15倍。自然语言处理（NLP）技术则可以自动提取电子病历中的关键信息，辅助医生制定个性化的治疗方案。

2.6 远程医疗会诊

借助互联网和通信技术，搭建远程医疗会诊平台，将受灾地区的医疗机构与后方的大型医院连接起来。通过该平台，灾区的医生可以将伤员的病历资料、影像检查结果等实时传输给后方的专家，后方专家利用人工智能辅助诊断系统对伤员病情进行分析和诊断，并给出治疗建议，提高灾区医疗救治水平，解决灾区医疗资源不足的问题。

2.7 智能医疗辅助设备

研发和应用智能医疗辅助设备，如智能药盒、智能输液监护仪、可穿戴生理监测设备等。这些设备能够实时监测伤员的生命体征数据，并通过无线通信技术将数据传输给医护人员，医护人员可根据数据变化及时调整治疗方案，实现对伤员的精准护理和治疗，提高医疗救援的质量和效率。

2.8 医疗机器人

在医院环境中，医疗机器人可用于搬运重物、协助医护人员进行手术操作、为伤员提供康复训练等。它们能够减轻医护人员的工作负担，提高医疗服务的效率和精准度，尤其是在应对大量伤员的紧急情况下，发挥重要作用。

2.9 多语言智能翻译

在2025年缅甸地震救援工作中，基于DeepSeek开发的中缅英三语互译系统，实现99%以上的专业术语翻译准确率，支持语音和文字等多种交互模式（国家应急语言服务团，2025）。该系统还集成了少数民族方言识别功能，有效解决了跨国救援中的语言沟通障碍问题。

3 典型应用案例分析

3.1 2023年土耳其－叙利亚地震救援

在2023年土耳其－叙利亚地震救援中，国际救援团队运用AI灾害评估系统，通过对卫星遥感影像和无人机影像的分析，在24小时内完成了灾区建筑损毁程度的评估工作，并生成了救援优先级地图。医疗机器人在废墟中进行生命探测，配合AI分诊系统，使伤员分类效率提升了60%。

3.2 中国智能救援体系实践

中国地震局研发的“地震应急指挥AI系统”，整合了地震监测、气象预报、交通路况等多源数据，能够实现灾害影响的动态模拟以及救援资源的智能调度。在2021年云南漾濞地震救援中，该系统将救援响应时间缩短至15分钟，相较于传统救援模式提升了3倍。

4 发展前景与趋势

4.1 技术融合创新

未来,人工智能将与5G、物联网、区块链等技术深度融合。5G网络的低时延特性能够支持远程手术机器人的实时操作;区块链技术则可以保障医疗数据的可信共享。量子计算技术的突破,有望实现地震预测模型的毫秒级运算,进一步提升灾害预警的准确性。

4.2 应用场景拓展

人工智能在震后心理干预和康复治疗领域将具有广阔的应用前景。基于情感计算技术开发的聊天机器人,可通过语音和表情识别评估受灾群众的心理状态,为其提供个性化的心理疏导服务。智能康复设备结合AI运动分析技术,能够辅助伤员进行精准的康复训练。

5 面临的挑战与对策

5.1 数据安全与隐私保护

地震医疗数据包含大量敏感个人信息,因此需要构建联邦学习、差分隐私等技术框架,确保数据“可用不可见”。欧盟《通用数据保护条例》(GDPR)在数据合规管理方面的经验,可为数据安全管理工作提供参考。

5.2 技术可靠性验证

为确保人工智能技术在地震医疗救援中的可靠性,需要制定AI系统可靠性评估标准,并建立“沙盒测试”机制,在模拟灾害环境下对算法稳定性进行验证。美国FDA针对医疗AI设备的分级审批制度,为技术准入提供了可借鉴的模式(FDA, 2022)。

5.3 复合型人才培养

推动高校开设“人工智能+灾害医学”交叉学科课程,并建立产学研协同培养机制。例如,斯坦福大学开设的灾害医学人工智能硕士项目,为行业培养了大量专业人才(Stanford University, 2023)。

5.4 数据质量与共享问题

5.4.1 数据质量参差不齐

地震医疗救援涉及多源数据,包括传感器数据、遥感影像、医疗记录等。这些数据往往存在噪声、缺失值、不一致性等问题,影响人工智能模型的训练和准确性。例如,地震发生后,由于现场环境恶劣,传感器采集的数据可能会出现误差或丢失部分信息,导致对受灾情况的评估不准确。

5.4.2 数据共享障碍

不同部门、机构之间存在数据壁垒,难以实现数据的高效共享和整合。医疗机构、应急管理部门、科研机构等各自掌握着不同的数据资源,但由于缺乏统一的数据标准和共享机制,数据无法充分流通,限制了人工智能在地震医疗救援中的应用效果。例如,医院的患者病历数据可能无法及时与救援现场的医疗队共享,影响伤员的救治连贯性。

5.5 技术局限性

5.5.1 复杂环境适应性不足

地震灾区的环境极为复杂多变,存在大量的废墟、灰尘、积水、余震等不利因素。当前的人工智能技术和设备在

应对这种复杂环境时,可能会出现性能下降或故障的情况。例如,无人机在强风、浓雾等恶劣天气条件下飞行稳定性差,影响勘查任务的执行;搜救机器人在崎岖不平的废墟中行动受限,难以深入到一些狭小的缝隙中进行搜索。

5.5.2 模型泛化能力有待提高

人工智能模型通常是基于特定的数据集进行训练的,当面对不同地区、不同类型地震及不同受灾场景时,模型的泛化能力可能受到影响。即模型在新的、未见过的场景下可能无法准确地进行预测和决策,需要花费大量时间和资源对模型进行重新训练和调整,以适应新的地震医疗救援需求。

5.6 伦理道德考量

5.6.1 隐私保护问题

在地震医疗救援中,使用人工智能技术涉及大量个人隐私数据的收集和处理,如伤员的身份信息、健康状况、位置信息等。如果这些数据泄露,可能会给伤员及其家属带来不必要的麻烦和伤害。因此,如何在利用数据的同时保护好个人隐私,是人工智能应用过程中必须解决的重要问题。

5.6.2 决策责任划分

随着人工智能在地震医疗救援决策中的参与度不断提高,如救援路径规划、伤员救治方案制定等,当出现决策失误导致严重后果时,责任的划分变得复杂。是开发和提供人工智能技术的供应商负责,还是使用该技术的救援人员或医疗机构负责,目前尚缺乏明确的法律规范和道德准则,这给相关责任方带来了很大的困扰。

6 结论

人工智能已成为地震医疗救援领域的核心推动力量,在提高救援效率、保障生命安全等方面成效显著。随着技术的不断创新和应用的持续深化,人工智能将助力构建更加高效、智能的地震医疗救援体系。但要实现这一目标,还需通过完善数据安全机制、加强技术验证以及培养专业人才等措施,推动人工智能在地震医疗救援领域的可持续发展。AI技术正在推动地震医疗救援从“经验驱动”向“数据智能”转型。未来需建立“技术—制度—人文”三位一体的发展框架,使AI真正成为守护生命的“数字方舟”。

参考文献

- [1] 隗永刚, 蒋长胜. 人工智能技术在地震减灾应用中的研究进展[J]. 地球物理学进展, 2021, 36(2): 516-524. DOI: 10.6038/pg2021EE0164.
- [2] 李飞飞, 张志华, 张洋等. 深度学习在医学图像分析中的应用研究进展[J]. 中国医学影像技术, 2021, 37(12): 1849-1854.
- [3] 徐晓军, 韩冬梅, 李鹏程等. 人工智能在灾害应急响应中的角色与挑战[J]. 中国急救医学, 2021, 41(10): 901-906.
- [4] 王岩, 刘建国, 刘志刚等. 智能机器人技术在地震救援中的应用研究[J]. 机器人技术与应用, 2021, 38(4): 1-5.
- [5] 张琳, 陈明, 王强等. 地震灾害应急救援中的远程医疗会诊模式探讨[J]. 中国卫生事业管理, 2021, 38(9): 689-692.
- [6] 孙伟, 李强, 刘洋等. 基于大数据和人工智能的地震灾害评估模型研究[J]. 地震研究, 2021, 44(3): 456-462.

From acupuncture copper man to VR digital man: the technical evolution and enlightenment of meridian acupoint model

Mengnan Wei¹ Haoyue Zhang² Liguó Li^{3*}

1. Xinxiang Medical College, Xinxiang, Henan, 453000, China

2. Zhengzhou University Fifth Affiliated Hospital, Zhengzhou, Henan, 450000, China

3. Henan Academy of Medical Sciences, Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

This paper systematically reviews the technological evolution of meridian acupoint models from traditional acupuncture bronze man to modern VR digital humans, dividing it into three development stages. It focuses on analyzing the technical breakthroughs in data collection, 3D reconstruction, and visualization of TCM characteristics in VR digital humans. The methodological validation of literature analysis in this study confirms the application effects of VR technology and explores current technical bottlenecks and future directions. The research indicates that technological innovation is a crucial driving force for the modernization of traditional Chinese medicine, providing new ideas for intelligent teaching and precision medicine in TCM.

Keywords

acupuncture copper man; VR digital man; technological evolution; modernization of traditional Chinese medicine; intelligent TCM

从针灸铜人到 VR 数字人：经络腧穴模型的技术演进与启示

魏萌楠¹ 张皓玥² 李立国^{3*}

1. 新乡医学院，中国·河南 新乡 453000

2. 郑州大学第五附属医院，中国·河南 郑州 450000

3. 河南省医学科学院，中国·河南 郑州 450000

摘要

本文系统梳理了经络腧穴模型从传统针灸铜人到现代VR数字人的技术演进历程，将其划分为三个发展阶段，重点分析了VR数字人在数据采集、三维重建和中医特色可视化等方面的技术突破。本研究文献分析的方法验证了VR技术的应用效果，并探讨了当前技术瓶颈与未来发展方向。研究表明，技术创新是推动中医药现代化的重要动力，为中医智能化教学和精准医疗提供了新思路。

关键词

针灸铜人；VR数字人；技术演进；中医药现代化；智慧中医

1 引言

经络腧穴模型作为中医教学与临床实践的重要工具，其发展历程深刻反映了中医药技术的进步与现代化进程，从宋代王惟一铸造首具针灸铜人以实体模型构建中医可视化教学基础框架，到VR技术兴起下通过三维建模、力反馈系

统与实时数据交互实现经络循行动态模拟等功能的VR数字人，技术迭代始终与中医药现代化进程深度绑定。传统铜人受限于物理形态存在操作场景单一等固有瓶颈，而VR数字人突破空间限制，实现多模态交互，不仅是教学工具升级，更涉及中医药理论与现代信息技术深度融合，为解决中医传承核心问题提供创新方案。本研究系统梳理针灸铜人至VR数字人的技术发展脉络，探讨其在不同历史阶段的技术特点与应用价值，进而分析技术融合对中医药现代化的促进作用，旨在为未来中医智能化教学与临床实践的发展提供参考与借鉴。

【课题项目】232102310481。

【作者简介】魏萌楠（2002-），女，中国山西晋城人，在读硕士，从事人体解剖与组织胚胎学研究。

【通讯作者】李立国（1982-），男，中国河南安阳人，博士，副教授，从事康养数字人研究。

2 技术演进分期与特征

2.1 实体模型期

经络腧穴模型的发展始于北宋天圣年间。北宋天圣年间,王惟一所著《新铸铜人腧穴针灸图经》作为世界上首个针灸腧穴国家规范,系统性地确立了354个标准腧穴,并首创十四经(十二经脉加任督二脉)腧穴归经分类法,奠定了后世经脉理论的基本框架^[1]。在精密铸造工艺方面,天圣铜人采用青铜材质铸造,高度精确控制在175厘米(误差 ± 0.5 厘米),体表不仅精确标注354个腧穴(共657个穴位孔),还创新性地设计了可拆拼式内脏结构,将五脏六腑与骨骼按照人体解剖位置精准置于体腔内^[1]。值得注意的是,铜人及石刻中“通”字均作缺笔处理,以避宋章献刘太后父讳,这一细节成为后世鉴别天圣铜人的重要依据^[2]。历经四百余年后,到明正统八年,因原铜人“昏暗难辨”,明英宗下令仿制重铸,定名为《铜人腧穴针灸图经》,删去了“新铸”二字。这具“正统铜人”在工艺上更为精细,保留了宋铜人的核心特征,但不再避宋讳^[3]。清代光绪年间重铸了“光绪铜人”,现藏中国国家博物馆^[2]。与此同时,日本幕府医官山崎次善于19世纪初期研制了“东博铜人”,这是具有日本特色的仿制品^[2]。这一时期的特点是国内官方延续传统铸造工艺,而海外开始出现本土特色的仿制品,标志着中医腧穴理论已产生广泛的国际影响。

2.2 电子化与数字化模型期

经络腧穴模型的演进始于20世纪50年代,经历了从机械实体到计算机辅助,再到三维数字化的重要转型。早期模型以物理标注和简单电子显示为主。早期三维可视化探索阶段,模型主要基于图形学技术和基础三维建模软件,侧重于静态展示。黄咏等通过三维软件构建了可演示的虚拟人体经络模型,但交互功能有限,主要用于教学展示^[4];杨宇航开发的针灸教学系统引入虚拟现实技术,支持针刺操作仿真,但依赖传统输入设备(如鼠标)^[5]。随着技术进步,模型开始融入动态交互和测试功能。罗群芳等利用3DMX技术重建腧穴三维模型,结合解剖学数据提升定位精度,但仍需外接设备操作^[6]。

2.3 智能交互期

2015年至今是触控交互与智能化发展阶段,模型转向触控一体机和智能化应用。许玉龙等构建的交互式虚拟模型基于VC++和OpenGL,支持手指触控操作,实现了腧穴记忆测试和经络动态遍历功能(如语音引导和动画连线),并部署于触控一体机,显著提升了用户体验^[7];孙杰等采用Web三维虚拟实验技术,通过VRML语言实现多平台兼容的经络腧穴展示,但交互深度不足^[8]。近年来,随着虚拟现实技术的发展,虚拟现实技术被应用于经络腧穴领域中^[9]。上海中医药大学利用德国汉堡大学的三维可视化平台,开展腧穴的三维可视化研究。从技术特征来看,建模技术从静态多边形建模发展到动态渲染;交互方式从鼠标键盘发展到触

控、语音交互;功能从单纯展示扩展到集成测试(如腧穴记忆)、动态学习;应用场景从实验室教学扩展到临床实训和公众科普。然而,现存挑战包括需进一步贴合《腧穴名称与定位》,结合AI实现个性化学习路径和实时反馈,优化移动端和VR设备的兼容性。总体而言,数字化经络腧穴模型经历了从静态展示到动态交互、从单一教学工具到多功能智能系统的演进,未来将深度融合AI与多模态交互技术,推动中医教育的数字化转型。

3 VR数字人关键技术

3.1 数据采集与处理

在VR数字人技术里,实时2D场景数据作为基础输入,多模态数据融合需将其与深度信息、用户操作数据等其他类型数据整合。经立体模式判断,若为立体模式,后续会更新3D视点参数等一系列操作,融合不同维度数据以构建丰富准确的场景模型,为后续环节提供支持;在此基础上进行高精度三维重建,立体模式下通过更新3D视点参数、建立平行双目投影模型等构建三维场景,非立体模式则载入2D相机视点参数建立单个对称视景体制作视频,最终都是为创建高精度三维场景,为经络、腧穴展示等中医特色内容提供准确空间载体。

3.2 核心技术架构

在核心技术架构中,从建立视景体、制作视频到写入缓冲区并渲染视频文件,均依赖引擎与渲染技术,其中引擎管理场景逻辑与数据流向,渲染技术将视景体转化为可显示视频内容,保障在立体显示设备上呈现高质量实时场景,为用户提供良好视觉体验;从整体流程可知,用户操作会影响立体模式判断与场景视角等,合理的交互系统应便于用户切换模式、调整参数,且系统能依操作实时更新场景数据并给予视觉反馈,增强学习中医经络腧穴时的互动与沉浸感。

3.3 中医特色实现

基于高精度三维重建的场景以及引擎与渲染技术的支持,可在构建好的三维场景中按照中医理论,将中医经络以动态呈现气血运行等状态的形式展示,让用户更直观理解经络功能特点,借助立体显示设备获得更具沉浸感的经络动态视觉体验;同时,在高精度三维重建的人体模型基础上,结合交互系统设计,用户能通过操作在立体显示设备呈现的场景中对腧穴精准定位,系统还会在用户操作时给予视觉反馈,辅助其掌握腧穴准确位置,提升中医教学中腧穴定位学习的准确性与效率。

4 VR数字人模型的构建与应用

在VR数字人模型的构建中,3D/VR医学教学资源的核心要素包括触觉设备、视觉系统和数据模型。触觉设备提供力反馈与碰撞检测,能够模拟真实操作的手感,让学员在虚拟环境中感受到与现实相似的触觉体验。视觉系统则通过VR设备呈现高精度的3D模型和视觉反馈,增强学员的沉

浸感,使其仿佛置身于真实的医学场景之中。数据模型支持模型导入与数据处理,能够构建出高度逼真的解剖结构或病理模拟,为医学教学提供丰富的教学资源。

在VR原理与交互设计方面,反馈机制是关键。力反馈技术使得触觉设备能够实时响应用户的操作,例如在模拟手术时,用户可以感受到手术器械的阻力,这种真实的触觉反馈让操作更加逼真。碰撞检测技术则确保虚拟对象之间的交互具有物理准确性,避免了虚拟物体之间的不合理穿透或碰撞,提高了虚拟环境的真实感。用户角色主要是学员,他们通过操作VR设备与模型互动,而数据流则同步更新视觉与触觉反馈,使学员能够在虚拟环境中获得与现实操作相似的体验。

在应用流程中,构建阶段需要导入医学数据模型,并整合触觉与视觉系统,以构建出一个完整的虚拟医学教学环境。在训练阶段,学员在虚拟环境中练习各种医学操作,系统会记录学员的操作数据,以便优化反馈机制,进一步提升教学效果。VR数字人凭借技术驱动的反馈机制革新,实现了对传统铜人模式的全面升级,将“静态展示”转化为“动态交互”,让“经验呈现”进阶至“数据赋能”。VR数字人模型的优势在于提供了一个安全无风险的重复训练环境。学员可以在虚拟环境中自由地进行各种操作,不用担心对患者造成伤害或产生其他不良后果。同时,系统提供实时的多模态反馈,包括视觉和触觉反馈,这种综合的反馈方式能够显著提升教学效率,帮助学员更快地掌握医学知识和技能。

数字人模型作为信息科学与医学交叉融合的产物,通过多层次、高精度的数字化建模与可视化技术,正在深刻改变医学领域的多个方面。在医学教育中,基于可视人计划的三维重建技术提供高精度解剖数据集,实现交互式学习与虚拟手术模拟;在疾病诊疗方面,虚拟内窥镜和虚拟活检技术实现无创精准诊断,而三维可视化技术则优化了放射治疗和手术导航的精确性;在医药研发领域,多尺度建模加速疾病机制研究,虚拟药物实验降低研发成本;公共卫生方面,地理信息系统整合疾病数据实现疫情可视化监测;医疗信息化则通过集成电子病历等数据提升管理效率。尽管在数据精度和多模态融合等方面仍面临挑战,但随着虚拟现实和人工智能技术的发展,数字人模型将持续推动医学向更精准、安全、高效的方向发展^[10]。

5 讨论与展望

经络腧穴模型技术的演进不仅推动了中医教学从传统模式向现代化、信息化模式的转变,还为临床实践提供了重要的技术支持。然而,在这一技术的发展过程中,仍存在一些亟待解决的问题。首先,数据采集精度不足,现有技术对经络腧穴的体内解剖层次(如经筋、皮部)的立体还原仍存在偏差,难以完全匹配真实人体结构的复杂性。其次,动态功能模拟缺失,当前模型主要呈现静态解剖结构,对气血运

行、针刺“得气”等中医特色动态过程的模拟技术尚不成熟。此外,硬件依赖性强,高精度VR系统需专业设备支持,基层医疗机构普及困难。

尽管如此,沉浸式、交互式教学模式通过激发学生学习兴趣、提高自主学习能力等方式,为未来教学中现代科技与传统教学内容的深度融合提供了重要参考。在临床实践中,精准的经络腧穴模型有助于提高治疗的安全性和疗效。因此,未来应注重模型技术与实际医疗需求的紧密结合,开发更多实用的辅助工具。在元宇宙背景下运用现代技术(如VR技术)对新型教学模式、教学工具和教学技术的勇敢探索。同时,结合人工智能、大数据等前沿技术,进一步提升经络腧穴模型的智能化水平,探索更多跨学科的研究与应用,拓展其功能和应用场景。此外,加强国际合作与交流,推动经络腧穴模型技术的全球发展与推广,将为中医的现代化发展提供更广阔的空间和机遇。

6 结论

本文通过对经络腧穴模型技术从传统针灸铜人到现代VR数字人的演进历程进行系统梳理,揭示了技术创新在推动中医教学和临床实践现代化中的重要作用。经络腧穴模型技术的不断演进,不仅为中医教育提供了沉浸式、交互式的现代化教学模式,还为临床实践提供了更精准、更安全的辅助工具。这些技术的发展将为中医的智能化教学和精准医疗提供新的思路和方法,进一步推动中医药的现代化和国际化进程。

参考文献

- [1] 林素慧,高峻,高希言.《铜人腧穴针灸图经》对针灸学术发展的影响[J].中医研究,2024,37(3):62-65.
- [2] 薛暖珠,刘小斌.北宋王惟一《新铸铜人腧穴针灸图经》残石拓本考述[J].广州中医药大学学报,2014,31(4):661-663.
- [3] 黄龙祥,徐文斌,张立剑,等.明正统仿宋针灸铜人鉴定与仿制[J].中国针灸,2004(5):61-64.
- [4] 黄咏,李建微,郑绍华,等.计算机三维人体经络模型构建研究[J].计算机与数字工程,2007(11):33-35,56,6.
- [5] 杨宇航,李志忠,任晓丹,等.基于虚拟现实技术的中医针灸教学系统[J].系统仿真学报,2007(10):2379-2383.
- [6] 罗群芳,卢林潇,方慧,等.3DMAX在虚拟人穴位模型三维重建中的应用[J].计算机时代,2012(5):16-17,21.
- [7] 许玉龙,许冬玉,高希言,等.基于三维仿真技术的交互式虚拟人体经络腧穴模型[J].中国中医药信息杂志,2018,25(8):94-97.
- [8] 孙杰,吴春雨.基于Web的经络腧穴学三维虚拟实验设计与开发[J].中国医学教育技术,2016,30(3):277-281.
- [9] 张选平,贾春生,邢海娇,等.虚拟现实针灸教学系统的应用与探索[J].河北中医药学报,2022,37(1):61-64.
- [10] 吕婷,王颖,李芳薇,等.医学领域中可视化技术的应用[J].医学信息学杂志,2012,33(2):38-43.

From Data to Intelligence: Reconstruction of Information Management Models in the Context of Artificial Intelligence

Hanjin Yue Siqu Huang

Minnan Institute of Science and Technology, Nan'an, Fujian, 362300, China

Abstract

This paper focuses on the issue of information management model reconstruction in the context of artificial intelligence, systematically sorts out the integration path of the development and evolution of information management and key artificial intelligence technologies, points out the core predicaments currently faced by enterprises in information

Keywords

artificial intelligence; Information management reconstruction; Data driven; Intelligent middle platform; Enterprise digital transformation

从数据到智能：人工智能背景下的信息管理模式重构

岳瀚槭 黄斯祺

闽南科技学院, 中国·福建 南安 362300

摘要

本文聚焦人工智能背景下的信息管理模式重构问题, 系统梳理信息管理的发展演进与人工智能关键技术的融合路径, 指出当前企业在信息管理中面临的核心困境, 并提出以“重构”替代“优化”的系统性应对策略。文章构建了“数据驱动—AI嵌入—智能反馈”的闭环机制, 提出“智能信息管理中台”建设路径, 并从制度、人才、技术和生态多维度提出综合对策, 为实现信息管理从“信息化”向“智能化”的跃升提供理论支撑与实践参考。

关键词

人工智能; 信息管理重构; 数据驱动; 智能中台; 企业数字化转型

1 引言

1.1 研究背景

随着数字经济的蓬勃发展, 数据已成为继土地、劳动力、资本之后的第五大关键生产要素。特别是在人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 技术的广泛应用背景下, 海量数据通过感知、采集、存储、分析和应用的全过程, 正在深刻改变企业的信息获取方式、决策机制与管理模式。信息管理从过去以文档、报表为核心的“数据记录型”模式, 逐步迈向以智能化、自动化为特征的“数据洞察型”和“智能驱动型”阶段。

与此同时, 人工智能技术的快速迭代——如机器学习、自然语言处理、知识图谱与智能搜索等技术的融合应用, 不仅拓展了数据利用的广度与深度, 更引发了对信息管理体系从结构到流程的系统性重构。这种变化不仅是技术更新的结果, 更是对组织运营效率、战略适应性和市场响应速度的迫

切要求。

1.2 问题引入

然而, 当前多数企业仍处于传统信息管理阶段, 主要表现为信息系统割裂、数据资源分散、信息价值挖掘不足、管理响应滞后等问题。在数据体量激增、业务复杂度提升、管理对象多元化的背景下, 原有的信息管理体系已经难以满足企业在智能化发展中的实际需求。这种“模式滞后”问题愈发凸显, 迫使管理者不得不思考如何从底层逻辑出发重构信息管理模式, 实现从“数据管理”向“智能管理”的转型。

因此, 本文提出以“重构”而非“优化”的视角来探讨人工智能背景下的信息管理革新, 旨在突破传统架构对管理效能的限制, 实现系统性、前瞻性的信息治理转型。

1.3 研究意义

本研究具有重要的理论价值与现实意义:

在理论层面, 本文尝试建立从“数据到智能”的演进模型, 深化对 AI 赋能信息管理的路径、机制与特征的认识, 为相关领域研究提供参考与支撑;

在实践层面, 面对当今企业信息处理复杂性、数据资产变现难题以及智能决策落地困境, 本文希望通过模式重构

【作者简介】岳瀚槭 (1986-), 女, 中国重庆人, 在读博士, 副教授, 从事产教融合、工商管理、电子商务研究。

路径的探讨,为企业提升信息价值转换效率、实现数字化转型提供策略建议;

在产业层面,人工智能已成为国家战略重点,新一代信息管理体系的建设将对推动“智能制造”“智慧政务”“数字治理”等产生深远影响。

2 文献综述

2.1 国内外信息管理模式发展历程

信息管理模式的演变与信息技术的发展密切相关,经历了从手工处理到计算机辅助,再到网络化和智能化的阶段。

2.1.1 初级阶段:手工管理

在信息技术尚未普及之前,企业主要依赖手工方式进行信息的收集、整理和存储,效率低下,且容易出错。

2.1.2 计算机化阶段:管理信息系统(MIS)的引入

20世纪60年代,随着计算机技术的发展,管理信息系统(MIS)开始应用于企业管理中,旨在通过计算机处理提高信息管理的效率和准确性。MIS主要关注数据的收集、处理和报告生成,为管理决策提供支持。

2.1.3 网络化阶段:企业资源计划(ERP)系统的兴起

20世纪90年代,互联网技术的普及推动了企业资源计划(ERP)系统的发展。ERP系统将企业内部各个业务流程整合到一个统一的平台上,实现信息的共享和协同,提高了企业运营效率。

2.1.4 智能化阶段:智能管理信息系统(IMIS)的出现

进入21世纪,人工智能技术的快速发展催生了智能管理信息系统(IMIS)。IMIS结合人工智能与现代管理科学,具有人机协调、综合管理等特点,能够在复杂多变的环境中提供智能化的决策支持。赵彦华等(2003)指出,IMIS是人工智能与现代管理科学相结合的新型管理信息系统,具有广泛的发展前景。

2.2 人工智能在信息管理领域的应用研究

人工智能技术在信息管理领域的应用主要体现在以下几个方面。

2.2.1 可解释机器学习在信息资源管理中的应用

随着数据量的激增,可解释机器学习方法被引入信息资源管理领域,以提高信息处理的透明度和可信度。研究者们对可解释机器学习方法及其应用进行了梳理和总结,发现当前在信息资源管理中的应用仍处于初级阶段,存在不足之处。

2.2.2 人工智能驱动的数据管理技术

人工智能技术因其强大的学习和泛化能力,被广泛应用于数据管理领域。然而,现有的人工智能技术仍面临使用门槛高、训练效率低、对高质量数据依赖性强等挑战。李国良等(2021)提出,数据库技术可以有效解决这些难题,面向AI的数据管理得到了广泛关注。

2.2.3 人工智能在创新管理中的应用

人工智能和机器学习在创新管理领域的应用引起了学

术界的广泛关注。研究者们提出了人工智能在创新流程中的应用框架,以及在发展数字化组织时人工智能系统能力的不同层级,为人工智能在创新管理中的应用提供了借鉴。

2.3 当前研究存在的问题与不足

尽管已有大量研究探讨AI在信息管理的应用,但仍存在以下不足:

系统研究匮乏:多数研究聚焦局部场景,缺乏完整的模式重构视角与理论框架。

实践落地难:理论与实践脱节,缺少成熟案例与可行路径。

数据质量与安全问题突出:数据不统一、不安全制约AI发挥效能。

人才短缺与技术更新快:复合型人才紧缺,企业难以跟上技术演进步伐。

3 人工智能背景下的信息管理模式重构路径

3.1 原有信息管理模式的典型特征

在传统管理体系中,企业信息管理模式普遍呈现出如下特征:

信息分散化:企业内部多个部门独立建设信息系统,导致数据孤岛严重,信息流通受阻,跨部门协同困难。

管理效率低下:信息采集和处理依赖人工操作,存在重复劳动、信息更新滞后、响应速度慢等问题。

人为主导:决策过程依赖管理者的经验与主观判断,缺乏数据支持,容易导致判断偏差或资源错配。

数据滞后性:数据呈“后验性”特征,难以实现对未来趋势的预测与实时响应,不利于动态环境下的高效决策。

上述问题在企业面临业务复杂化、市场变化加剧的背景下愈加突出,倒逼信息管理模式走向以人工智能为支撑的智能化重构。

3.2 模式重构的核心变化

在人工智能的推动下,信息管理模式正在经历以下三个核心维度的深度转型。

3.2.1 由“数据收集”向“智能推荐”转型

过去信息管理系统的主要目标是收集数据、存储数据,而在AI的加持下,系统可以基于历史数据和算法模型,实现个性化、场景化的智能推荐。例如,在销售管理中,系统可自动推荐产品补货时间和数量;在客户服务中,基于用户行为分析自动推送知识解决方案。

3.2.2 从“静态管理”向“动态感知”进化

传统信息管理系统以周期性报表为主,缺乏实时数据处理能力。新模式强调动态感知,即系统能够在业务活动发生的同时获取信息、实时分析并发出预警。例如,通过传感器+AI,制造企业可实现设备状态的动态监控与预维护。

3.2.3 人机协同决策机制的建立

人工智能不仅承担信息处理任务,还参与到决策过程之中,实现“人决策+机辅助”或“机决策+人监督”的

协同模式。在复杂场景下, AI 可为管理者提供多种决策模拟方案, 提升管理科学性与响应速度。

3.3 模式重构的路径设计

信息管理模式的重构, 并非简单技术升级, 而是一种深层次、系统性的路径重构, 主要体现在以下三个维度:

3.3.1 信息流、决策流、技术流的重塑

信息流: 从线性、部门间传输转变为数据共享与多点同步, 构建统一的数据湖与元数据管理体系。

决策流: 从“自上而下”指令型转为“数据触发+多方协商”模式, 实现实时反馈与动态调整。

技术流: 从传统 IT 支持转向 AI、IoT、RPA、边缘计算等新兴技术与业务的深度融合, 形成“敏捷技术栈”。

3.3.2 数据驱动+AI 嵌入+智能反馈闭环机制

构建以数据为核心的闭环管理机制:

数据驱动: 采集企业内外部多源异构数据, 进行统一汇聚与标准化处理。

AI 嵌入: 在各业务环节嵌入智能算法, 实现智能识别、预测、推荐与异常检测。

智能反馈: 系统具备自我学习能力, 能够根据业务反馈持续优化决策模型, 形成“感知—认知—决策—反馈”闭环链路。

3.3.3 构建“智能信息管理中台”

为实现组织级的智能信息管理, 需要打造统一、高效、可扩展的“智能中台 (Intelligent Middle Platform)”架构, 其核心构成包括:

数据中台: 负责数据整合、治理、共享与调度, 提供统一的数据服务能力; AI 能力中台: 集成建模工具、算法库、模型训练平台, 为各业务系统赋能; 业务中台: 对接前台业务需求, 快速响应不同场景, 确保信息流与业务流同步; 知识中台: 基于知识图谱构建组织知识网络, 支持智能问答、知识推荐等功能。

4 挑战与对策

在人工智能深度嵌入信息管理体系的过程中, 企业面临诸多现实挑战, 需从数据安全、人才能力、组织结构等方面协同应对。

4.1 数据安全性与隐私保护

AI 系统的数据依赖性强, 大量敏感信息跨平台流转易引发泄露、滥用等风险, 尤其在《数据安全法》《个人信息保护法》等法规约束下, 企业合规成本显著上升。

对策建议: 建立分级分类的数据安全机制, 强化加密、权限控制与访问溯源; 引入“可解释 AI”, 提升算法透明性与审计能力; 设立数据合规专责岗位, 确保合法合规使用数据资产。

4.2 人才与技术能力不足

AI 信息系统建设需要数据科学、算法、业务分析等复

合型人才支持, 而多数企业存在人才缺口与技术落地难问题, 制约智能化水平提升。

对策建议: 推动“技术+管理”跨界人才培养, 引入“低代码/无代码”平台降低技术门槛, 建设企业 AI 知识库与技术手册以增强团队学习与持续更新能力。

4.3 管理理念与组织结构适配性差

传统管理模式, 数据壁垒严重, 智能系统推行受限, 管理层对 AI 依赖不足, 项目常陷“落地难、协同难”困境。

对策建议: 培育“数据驱动文化”, 推动跨部门信息共享; 设立首席数据官 (CDO) 岗位, 统筹信息战略; 优化组织结构, 建立跨职能数据协作机制, 提升整体适配能力。

4.4 系统性推进策略

信息管理智能化重构需制度、技术与生态协同联动:

制度层面: 健全信息管理与 AI 应用规章, 提升执行力;

人才层面: 系统提升员工数据素养, 打造全员参与机制;

技术层面: 构建智能信息管理平台, 推进中台化架构落地;

生态层面: 加强产学研政合作, 共建“AI+ 信息管理”创新生态, 推动行业标准与规模化应用。

5 结语

在人工智能深度融入企业管理体系的时代背景下, 信息管理模式正迈入从“信息化”向“智能化”转型的关键阶段。本文围绕“从数据到智能”的主题, 系统梳理了信息管理模式的演进路径, 分析了人工智能在信息管理中的关键技术支撑, 构建了以“数据驱动—AI 嵌入—智能反馈”为核心的重构路径, 提出了“智能信息管理中台”作为融合技术与业务的支撑载体, 并对数据安全、人才缺口、组织适配等现实挑战提出了应对策略。

尽管本文在理论构建与路径设计方面作出了一定探索, 但由于案例数据有限、技术细节粗略及行业适配度不充分, 研究仍存在一定局限, 亟需在后续研究中予以弥补。展望未来, 随着区块链、元宇宙、生成式 AI 等前沿技术的不断发展, 信息管理模式将呈现出更加智能化、协同化、可信化的发展趋势。

参考文献

- [1] 赵彦华. 智能管理信息系统导论[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] Nonaka I, Takeuchi H. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation[M]. New York: Oxford University Press, 1995.
- [3] 李国良, 胡炜. 数据库系统概论 (第5版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2021.
- [4] 王钦敏. 数字化转型背景下的智能决策与信息管理[M]. 北京: 人民出版社, 2021.
- [5] 陈劲, 周雪光. 管理创新: 理论、演化与前沿[M]. 北京: 清华大学出版社, 2018.

An Empirical Study on the Mechanism and Key Influencing Factors of Collaborative R&D Driven by Industrial Internet Platforms

Zhizhou Jia Meiyi Liu Yijun Xia

China Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team, Beijing, 100040, China

Abstract

Through the analysis of 210 industrial internet platform innovation application cases, it was found that industrial internet platforms drive the in-depth development of collaborative R&D through platform-based development tools such as modeling and computational analysis, knowledge-based feedback of production data into R&D processes, and model-based systems engineering that transmits R&D requirements upstream. Further analysis of the issues constraining industrial R&D upgrades revealed constraints including inadequate data infrastructure, low-level model applications, and insufficient technological and modal innovation in collaboration. The study proposes policy recommendations such as accelerating digital transformation across industrial chains and cultivating integrated R&D-production optimization models, providing insights for enhancing industrial innovation capabilities.

Keywords

industrial Internet platform; R&D upgrade; digital transformation

工业互联网平台驱动协同研发的机制及关键影响因素实证研究

贾智州 刘玫燊 夏宜君

国家工业信息安全发展研究中心, 中国 · 北京 100040

摘 要

通过调研分析210个工业互联网平台创新应用案例发现,工业互联网平台通过建模和计算分析等工具平台化发展、产制造数据知识化反馈研发环节、基于模型的系统工程带动研发需求向上游传导等方式推动协同研发纵深发展。进一步分析制约工业研发升级的问题发现,存在数据底座不牢固、模型应用水平低、协同的技术和模式创新不足等制约因素。提出加快产业链数字化转型步伐、培育研发-生产集成优化典型模式等政策建议,为加速提升产业创新能力提供启示。

关键词

工业互联网平台; 研发升级; 数字化转型

1 引言

工业互联网平台是支撑企业数字化转型的重要设施,在加速数据汇聚应用形成智能新质生产力的过程中发挥着重要作用。张学文^[1]等以河钢集团为例探讨了工业互联网平台赋能新质生产力的理论逻辑和实现路径,揭示了构建数字生态和以政策推动产业的协同创新的重要性。张明超^[2]等以海尔卡奥斯及其赋能的制造企业为案例,总结工业互联

网平台沿着“现实情境、高管团队注意力配置、组织主导逻辑、资源行动”的驱动因素赋能制造企业数字化转型。王节祥^[3]等提炼出平台企业可以采取“耦合需求开发产品、解耦沉淀能力模块、构建松散耦合生态”的行为策略来应对工业互联网平台构建中面临的用户“个性”需求与平台“共性”需求的矛盾。

上述研究中,探讨了工业互联网平台在加速构建新质生产、推动制造业数字化转型、实现高质量发展的路径、问题、对策等,但缺少从推动研发创新角度的审视。熊礼慧等^[4]虽然探讨了工业互联网平台赋能企业高质量创新的作用和价值,但未针对产业创新的需求提出工业互联网平台在赋能产业创新中面临的问题和应对措施。本文在总结工业互联网平台助力协同研发深层次发展机制的基础上,进一步从工业研发升级有待解决的问题出发,分析工业互联网平台在

【作者简介】贾智州(1990-),男,中国山西定襄人,博士,从事数字化转型、工业互联网、数字经济研究。

【通讯作者】刘玫燊(1993-),女,中国河北邢台人,硕士,工程师,从事工业互联网和数字化转型研究。

赋能工业研发方面面临的问题，提出政策建议。

2 工业互联网平台助力协同研发深层次发展

工业互联网平台可汇聚各方主体和技术资源，串联梳理从研发设计到用户应用的全过程，有利于汇聚资源要素，带动研发环节内部集成、生产研发联动和产业链上下游联动，赋能工业研发深层次发展。

一是建模和计算分析等工具平台化发展，赋能研发效率平均提升 36.1%。近年来，得益于信息基础设施、算法、材料科学、硬件科学技术等多项技术的整体化提高，企业基于平台集成强关联的软件产品，提供了一体化全流程解决方案，带动提升企业协同研发效率。如，美国通用电气公司基于数字仿真的数字孪生系统，结合结构、热学、电磁、流体以及控制等多物理场耦合分析技术，构建了更加精确快速的综合仿真模型来分析和预测航空发动机的性能。同时，基于平台数据采集能力，构建产品设计、打样、实验、分析的过程数据流通闭环，持续优化产品设计流程。在需求开发、功能分解、系统设计、物理设计的过程中，企业借助数字仿真了解产品特性，开展架构性和颠覆式创新，基于数字孪生的研发体系正在形成。如，美的电器构建贯穿产品全生命周期的数字孪生仿真工具，通过数字化仿真进行产品性能验证、产品可制造性、物流及自动化方案验证，实现产品开发周期缩短 30%。

二是生产制造数据知识化驱动研发优化，实现平均降低产品质量风险 10%。平台通过对制造环节复杂工业知识的模块化封装来增强知识流动性，促进知识和信息在企业业务流程中迅速传播扩散，以知识赋能驱动流程及工艺优化，并反馈研发设计环节，从而实现全面质量预防和过程风险管控与控制。一方面，企业基于生产过程的产品质量追溯，实现研发设计的反馈与优化。如，海螺水泥建立质量预测与配方寻优模型，依据熟料预测强度、石膏及混合材品种、质量（活性指数）情况，寻找满足出磨水泥质量控制目标的配料方案，实现产品质量波动减少 20%，关键质量指标提升 2%。另一方面，企业基于市场销售情况，配合全网舆情洞察，能准确把握消费者的偏好、需求，为合作企业提供适合的新品策略，提升了调研、研发、设计、生产等环节的效率并减少资源损耗。例如，青岛澳柯玛结合商用冷链行业客户定制化需求，并通过 PLM 系统集成，把信息反馈给研发部门，持续改善、优化产品设计，实现产品不良率降低 66.7%，产品研发周期缩短 51.7%；京东 C2M 智造平台结合其主站合规数据、站内商品搜索、销售等情况，为合作企业节省了 75% 的产品需求调研时间，新品上市周期比以往缩短 67%。

三是基于模型的系统工程协同研发平台带动行业研发需求向上游传导，研发周期平均缩短 35 天。以云平台为底座，构建覆盖复杂系统全生命周期活动要素的系统工程协同云平台，实现了研制数据的横向贯通，促进各层级产品间设

计与验证的纵向打通，从而完善产品研制数字化协同机制。一方面，在基于模型的系统工程推进过程中，通过打通系统建模工具和需求管理工具、联合仿真框架之间的业务链条，逐步实现基于模型的跨单位快速协同设计、协同制造、协同验证。如，欧洲的空客公司以 AIMS 综合管理系统为基础，通过对全公司业务部门内部、跨部门、跨专业、跨国家、跨项目的流程重新定义和设计，形成了 262 个职能部门项目和 8 个跨部门合作项目，覆盖了空客公司的全部流程，实现了公司的整体协同。另一方面，MBSE 构建了“需求-架构-仿真”迭代闭环验证，能够为产品设计提供可追溯的证据链条，有助于提升需求指标的追踪与变更影响性分析效率，有效开展技术与产品风险的辨识与控制。如，上飞院通过构建数字化协同建模与仿真的工业互联网平台，打通研发过程中的数据链，使过程受控，数据可追溯，满足飞机适航取证需求，实现设计需求验证率提高 10%。

3 工业研发升级有待解决的问题分析

工业互联网平台加速要素连接，助力协同研发纵深发展。随着应用的深入，一些深层次问题逐步显现。

一是数据底座不牢靠。其一，研发数据分散、可复用性差，难以形成大数据指引研发方向。由于缺乏对研发过程全面、可靠的描述和存储，研发数据往往难以形成跨时间、跨主体的复用，大量点状研发难以聚点成面，制约研发体系升级。如，调研发现，历史研发数据因记录不全面等原因，在研发路线微调后使用价值显著降低。其二，生产数据采集维度、管理精度不足，制约对研发的赋能应用。赋能研发的数据需求维度更宽、精度要求更高，需要对产线上多位点数据进行对齐和计算，对数据管理能力提出了更高要求。如，调研某轧钢平台企业发现，虽然平台上积累了大量生产数据，可实现质量追溯、异常监控等；但数据采集范围小、采样精度相对较低，对于研发的应用贡献较少，难以应用生产数据形成与研发理论模型的对应关系。其三，企业在进行数据整合时面临巨大的清洗、转换和治理成本。由于不同用户的数据结构、采集方式和存储规范存在较大差异，企业进行数据治理的成本较高。如，在人工智能模型训练等高端应用场景中，每次数据标注往往需要 20~30 位专家联合推进 2~3 周，成本高且效率低。

二是模型应用水平有待提升。一方面，数据模型的智能化程度低，通过“数据+AI”形成智能模型的工业应用能力不足，制约了数据价值的挖掘。根据《全国数据资源调查报告（2023 年）》，我国数据产存转化率仅为 2.9%，未使用数据占比高达 38.9%。如，在调研整车企业时发现，由于欠缺智能算法、模型训练等人才，数据模型的智能化程度低已成为制约数据价值开发利用的一个瓶颈。另一方面，工业研发黑箱模型较多，缺乏机理模型的迭代应用。工业研发注重以试验的方式达成技术指标，但相对缺乏从试验数据到机

理模型的总结迭代应用。究其原因,不仅是缺乏具备一定理论基础的复合型人才,同时还有待构建多维度发力的系统性工程。如,宁德时代在破解电池研发黑箱问题时,不仅构建了大数据平台、科学计算平台等充分挖掘电池研发、生产、使用过程中的全生命周期数据,还在产线的频繁升级中不断迭代数据采集、管理要求,以满足揭示机理模型的对数据质量的动态要求。

三是协同的技术和模式创新不足。典型现象是研发需求通过有限的技术指标静态表达,缺少需求的动态信息和虚拟验证的场景。一方面,缺乏支持多方实时交互的验证技术体系。由于参与各方对核心模型参数、专有数据资产的高度保护需求,现有技术方案无法在确保知识产权安全的前提下,构建动态可交互的虚拟验证环境。同时,跨机构的技术验证存在严重的“数据孤岛”现象,关键参数的加密传输、分布式计算资源的协同调度、验证结果的可靠性认证等关键技术环节尚未形成标准化解决方案。另外,在模式创新层面,传统的需求发布机制已难以适应创新生态发展的需要。在激烈的竞争环境下,任何敏感信息的外向传导,都有难以估量的信息外溢泄露风险,有必要开展模式创新,实现在隐蔽身份的前提下以合适的场景实现需求传导和初步方案的验证,为深入研发合作奠定基础,实现对社会研发资源的充分利用。

4 政策建议

推动工业研发升级需把握数字化浪潮带来的变革机遇,重点从加快产业链转型步伐、挖掘典型案例应用、搭建基于平台的协同研发架构、构建标准引领体系、优化产业转型生态等维度突破,实现研发模式向网络化、智能化、协同化转型。

一是加快产业链数字化转型步伐。按照产业链关键环节,引导龙头企业通过场景开放、业务协同、数据交互,带动产业链上下游协同数字化转型。鼓励中小企业找准切入点,按需、按场景分布开展数字化转型,降低定制化投入成本,充分利用工业互联网平台的云化研发设计、生产管理和运营优化软件,实现业务系统向云端迁移,降低数字化、智能化改造成本。持续推进工业互联网平台进园区、进基地、进集群,培育“平台+园区”“平台+基地”优质解决方案,营造良好发展生态。

二是培育研发-生产集成优化典型模式。在机械装备、石化、新材料等技术密集型领域开展智能数据模型创新应用、生产数据赋能机理模型创新应用等工业互联网平台赋能

典型模式遴选,构建典型行业、典型场景下生产数据与研发机理模型的双向反馈机制,带动工业研发创新发展。通过编制实施指南等方式,推动跨企业知识沉淀和模式复制,加速工业研发从经验驱动向数据智能驱动的模式变革,提升产业整体创新效率。

三是加速构建基于平台的协同研发架构。围绕关键短板攻关、知识模型库建设,培育一批成本低、可复用的研发设计类产品和工具。支持龙头企业依托工业互联网平台,整合产业链上下游的研发数据、工艺参数、供应链信息等核心要素资源,构建覆盖产品设计、工艺仿真、生产优化、供应链协同的一体化研发制造体系。鼓励平台型企业联合高校、科研院所共建数字孪生实验室,开发面向特定场景的协同仿真工具,实现跨企业、跨地域的分布式联合研发。

四是构建标准引领体系。制定面向研发设计环节的工业互联网平台标准规范,统一产业界在平台赋能设计研发的话语体系,推动研发设计数据资源共享整合与流通交互。加快扩大标准应用工作的覆盖领域和范围,沉淀工业互联网平台赋能研发设计的发展共识与规律,配套研制标准应用方法工具,逐步形成可推广、可复制的标准化解决方案,以标准引领加快数字化转型。

五是优化产业转型生态。以工业设备改造更新、制造业新型技术改造试点城市建设、中小企业数字化转型试点城市建设等工作为契机,开展重点行业区域试点,向外输出地方成熟经验,实现平台赋能研发设计场景的关键要素的积累、推广和复用。鼓励数字化转型促进中心、行业协会、产业联盟等机构,通过开展经验交流会、供需对接深度行等活动,加强企业与供应商之间的合作与交流,广泛推动相关成果的规模化应用,促进企业研发设计环节数字化水平提升。

参考文献

- [1] 张学文,杜天翔,尹西明.工业互联网平台赋能新质生产力的理论逻辑与实现路径:以河钢集团为例[J].技术经济,2024,43(11):14-31.
- [2] 张明超,孙新波,刘剑桥.工业互联网平台赋能制造企业数字化转型的驱动因素及作用路径研究[J/OL].科学学与科学技术管理.https://doi.org/10.20201/j.cnki.ssstm.20250327.001
- [3] 王节祥,陈威如,龚奕潼,陈衍泰.工业互联网平台构建中如何应对“个性与共性”矛盾?——基于树根互联的案例研究[J].管理世界,2024,40(01):155-180.
- [4] 熊礼慧,彭琪,张琬于.工业互联网平台赋能企业高质量创新:价值、挑战与应对措施[J].金融理论与实践,2024,(06):16-23.

Research on Network Security Defense Mechanism Based on Artificial Intelligence

Fang He¹ Lei Yu¹ Yanqiang Li² Jingxin Wu²

1. China Mobile Communications Group Guangdong Co., Ltd. Guangzhou Branch, Guangzhou, Guangdong, 510220, China

2. China Mobile Communications Group Guangdong Co., Ltd. Foshan Branch, Foshan, Guangdong, 528000, China

Abstract

The rapid development of artificial intelligence provides technical support for the construction of network security defense mechanisms. Based on this, the article first analyzes the deficiencies of the traditional network security epidemic prevention mechanism, and then explores the construction strategies of the network security defense mechanism based on artificial intelligence around four dimensions: information security detection, data storage and disaster recovery backup, system access permission control, and network security early warning and emergency response, and gives optimization suggestions.

Keywords

Artificial intelligence; Cyber security; Defense mechanism

基于人工智能的网络安全防御机制研究

何方¹ 郁磊¹ 李炎强² 吴靖欣²

1. 中国移动通信集团广东有限公司广州分公司, 中国·广东 广州 510220

2. 中国移动通信集团广东有限公司佛山分公司, 中国·广东 佛山 528000

摘要

人工智能的迅猛发展, 为网络安全防御机制建设提供了技术支持。文章基于此, 首先分析了传统网络安全防疫机制的不足之处, 继而围绕信息安全检测、数据存储与容灾备份、系统访问权限控制、网络安全预警与应急四个维度, 探讨了基于人工智能的网络安全防御机制构建策略, 并给出了优化建议。

关键词

人工智能; 网络安全; 防御机制

1 引言

网络安全是国家安全的重要组成部分, 加强网络安全防御机制建设, 既是防范网络安全风险, 营造清朗网络环境的内在要求, 也是保障国家安全的客观需要。人工智能以模拟和延展人类智能为主要特征, 能“把人的一部分智能活动通过机械化的形式表现出来”^[1]。对网络安全而言, 人工智能是一柄“双刃剑”。一方面, 人工智能使得网络攻击手段呈现出智能化、隐蔽化、规模化的特点, 如利用人工智能生成钓鱼邮件、通过生成对抗网络 (GAN) 制造绕过传统检测的对抗样本等, 极大地增加了网络安全的防御难度, 另一方面, 人工智能也为新型网络安全防御机制建设提供了技术支持。因此, 要构建基于人工智能的网络安全防御机制, 全面提升网络安全风险防范能力。

【作者简介】何方 (1983-), 男, 中国吉林舒兰人, 硕士, 高级工程师, 从事IT开发和网络安全研究。

2 传统网络安全防御机制的局限性分析

人工智能背景下, 网络安全风险日益复杂化, 各类型的网络安全事件时有发生。传统的网络安全防御机制, 在网络安全风险, 特别是新型网络安全风险的应对中, 存在着很大的局限习惯。首先, 规则依赖与滞后性。传统入侵检测系统 (IDS) 高度依赖 Snort 规则集等预定义的攻击特征库, 需人工更新规则以应对新攻击。但零日漏洞 (Zero-day) 攻击从发现到特征提取的平均周期为 21 天, 此期间防御系统完全失明, 难以起到网络安全防御的作用, 加剧了网络安全风险。其次, 高误报率与资源消耗。传统的网络安全防御系统, 通过阈值匹配检测异常, 短时间内 TCP 连接数超阈值, 批量下载等合法操作易触发误报, 影响安全预警的准确性, 并使得大量资源并用于无效警报的验证, 造成资源消耗。最后, 复杂场景适配性差。传统网络安全防御机制难以适配智能摄像头、工业传感器等物联网设备产生的低带宽、短包等非结构化流量以及云环境中的多租户混合流量, 致使安全防

御难以覆盖所有场景，安全管理存在漏洞。人工的核心优势在于从海量数据中自主学习模式，这与网络安全的数据密集型需求高度契合，而机器学习、深度学习、强化学习等技术可高效完成特征提取、异常检测与决策优化，为基于人工智能的网络安全防御机制建设提供了良好条件。

3 基于人工智能的网络安全防御机制构建策略

3.1 以人工智能完善信息安全检测机制

网络攻击会导致系统信息泄露、丢失、篡改等安全事件，严重威胁网络安全。应用人工智能完善信息安全检测机制。针对不同形态的文档，如文本类、图像类、音视频类等，采取差异的检测方式，做好精准识别。以文本类档案为例，内容修改、文本替换、数据更替等，是文本类最常见的篡改方式。可利用 BERT 预训练模型提取文本语义特征，对比不同版本文档的语义向量差异，识别语义矛盾，结合 OCR 技术对扫描件文字进行二次识别，从而精准识别出篡改痕迹。针对个人身份证号、社保账号、经营数据等重要信息的泄露风险，可利用人工智能技术创新脱敏方式，防范信息泄露风险。先基于语料库，微调 BERT 模型，识别身份证号等实体，再结合语义理解判断敏感信息的关联性，根据文档使用场景选择掩码、哈希、泛化等脱敏方式。

3.2 以人工智能创新数据存储与容灾备份机制

数字时代，由“0，1”构成的数字代码，成为信息的主要存储形式，数据安全也成为网络安全的中中之重。数据蕴藏着巨大的价值，介质失效或灾难导致的数据丢失，严重威胁数据安全。应围绕存储介质健康监测与智能容灾备份两个维度，加强人工智能技术的应用。从存储介质健康监测的角度而言，硬盘、磁带等介质，有一定的使用年限。以往，存储介质的健康监测，主要依赖固定周期检测，无法及时发现早期故障。应利用人工智能技术，遵循数据采集、模型训练、动态调度的流程，构建预测模型，实现存储介质健康状态的实时评估。先采集存储介质读写延迟、坏扇区数量等 SMART 日志以及环境、温度等参数，利用 LSTM 模型，预测介质剩余寿命，当预测某硬盘故障率超过阈值时，自动触发数据迁移至备用存储。从智能容灾备份的角度而言，传统的容灾备份，采用的主要是全量备份+增量备份的固定策略，难以根据数据重要性动态调整。可利用人工智能技术构建基于重要性的智能容灾备份机制。将访问频率、关联业务影响度、保密等级等作为数据重要性评估的指标，以量化评分的形式，得出不同数据的重要性得分，确定备份的优先级，再利用地震、网络攻击等历史灾难数据，模拟风险场景，训练模型，预测不同区域/存储节点的风险概率，对重要性高、安全风险大的重点数据，采用实时同步+多副本异地存储的模式，而对重要性一般、安全风险可控的数据，采用定期增量备份的模式。

3.3 以人工智能技术优化系统访问权限控制

非法访问、越权访问，是网络系统常见的安全风险。基于身份认证的访问权限控制，则是遏制非法访问、越权访问的主要手段。以往，身份认证多采用用户名及密码认证的认证形式，用户在网络系统登录界面输入用户名、密码，若用户名、密码与数据库收录的用户名、密码匹配，则认证通过。用户名及密码认证较为简单，被破解的风险较高。人工智能，特别是语音识别技术、表情识别技术、行为识别技术的发展，推动了身份认证方式的创新。MFA（Multi-factor Authentication）、FI（Federated Identity）、SSO（Single Sign-On）等新型身份认证方式，具有更高的安全性。以 MFA 为例，其为基于多重因素的身份认证方式，用户在系统登录时，不仅要输入用户名、密码，还有提供其他能够证明身份的信息，如面部、指纹、硬件令牌、短信验证码。任何一项信息错误，均无法使用平台^[2]。可采用基于人工智能的新型身份认证方式，提高非法访问、越权访问风险的防御能力。以往，基于身份认证的访问控制，仅根据用户角色分配权限，无法适应临时任务、跨部门协作等场景。可利用人工智能技术，结合用户属性、环境属性、数据属性，动态调整访问权限，如检测到用户在非办公地点登录时，自动限制其访问重要数据。

3.4 以人工智能构建网络安全预警与应急机制

安全风险的发生，多伴有非授权 IP 登录、短时间内大量下载等异常行为，这为安全风险的预警提供了支持。可利用人工智能技术，围绕用户行为基线、异常检测、威胁分类构建网络安全预警机制。先采用 Autoencoder（编码器）学习用户访问时间、文件类型、操作频率等正常行为模式，形成用户行为基线，再于网络系统中引入异常检测模型，当实时行为与基线的偏离度超过阈值，触发预警，同时，结合威胁知识库，对异常行为分类，如非法访问、越权访问、恶意攻击等，为安全措施的采取提供依据。网络系统作为数字时代的新型基础设施，在组织管理、业务开展、决策咨询等方面，发挥着重要的作用。网络安全事件一旦发生，将造成难以估量的损失。可通过人工智能技术，构建基于知识图谱与强化学习的应急机制。先整合网络系统拓扑、历史事件、处置方案等数据，形成安全风险、事件场景、应急措施的关联网络，再模拟数据泄露、非法访问、恶意攻击等安全事件，开展强化学习训练，由训练模型选择适配度最高的处置路径，生成处置建议，人工确认后，自动执行。基于人工智能技术的预警与应急机制，既能将网络安全防御的重点从事后应对转变为事前防范，也能最大限度降低安全事件的负面影响。

4 基于人工智能的网络安全防御机制优化路径

4.1 优化模型性能

基于人工智能的网络安全防御机制，核心是在网络系

统中构建人工智能模型,发挥模型在风险防控与智能管理中的作用。模型的脆弱性,会影响安全防御机制的效果。举例而言,OCR识别、内容分类模型等易受对抗样本干扰,将保密信息误判为公开信息,威胁信息安全。模型训练阶段,应注入对抗样本,提升模型对异常输入的判别能力,比如,OCR模型的训练中,利用FGSM(快速梯度符号法)生成对抗样本,训练OCR模型识别干扰后的网络文字的能力。引入LIME、SHAP等可解释人工智能方法,为模型决策提供理由。人工智能模型标记某份网络为敏感时,可输出敏感词、置信度,辅助人工审核。同时,采用Federated Learning(联邦学习)技术,在不传输原始网络数据的前提下,通过模型参数交换实现跨机构联合训练,如不同单位在本地训练模型,共享加密后的梯度信息^[3]。

4.2 注重技术的多维协同

除人工智能技术外,其他数字技术,在网络安全风险防御中也有着重要的应用价值。以区块链技术为例,区块链(Blockchain)是记录信息生成的区块组成的链条,最早由日本人中本聪(Satoshi Nakamoto)提出,具有去中心化、分布式存储、智能合约、信息不可篡改等特点,是网络安全的可靠保障。技术的协同应用,能够进一步发挥人工智能在网络安全防御中的作用。首先,人工智能技术与大数据技术的协同。大数据技术具有极强的数据分析能力,不仅可以分析结构化数据、半结构化数据以及非结构化数据,且能通过关联分析、聚类分析、偏差分析等工具,挖掘数据价值。应围绕数据结构、数据数值、数据内容、数据交换四大方面,出台统一的网络数字化标准,提升网络数据的规范性,为人工智能算法的应用创设良好的条件。其次,人工智能技术与区块链技术的协同。区块链技术分布式存储以及信息不可篡改的特点,使得其在网络的数据存储以及防篡改中有着良好的应用效果。可利用区块链技术的分布式账本及哈希算法,将数据以区块的形式存储于区块链平台中。每个区块均包含一区块的哈希值,形成链式结构。数据上链后,任何信息篡改,均会导致哈希值变化。理论上,需超过51%节点同意,方可篡改。联盟链场景下,这一条件不具实现的可能性,从而极大地保证了数据的原始性和真实性。

4.3 构建新型安全治理体系

人工智能技术的应用,从根本上重塑了网络安全管理的模式,需要构建新的治理体系。当前,治理体系中面临着不少的问题。过度依赖AI自动审核可能导致人工复核机制失效。举例而言,如果人工智能模型长期未更新,对新型敏感内容识别失效,可能引发技术性盲区。又如,责任界定困难。导致网络安全事件的因素有很多,如模型缺陷、数据问题、人为操作,责任追溯机制的缺失,不利于判定网络安全事件的责任归属。应以制度创新为抓手,构建新型安全治理体系。首先,设立人机协同的双轨制流程。人工智能技术能够部分取代安全员的工作,但不能完全替代安全员。许多场景下,人工智能技术仅起辅助作用,最终权限仍由网络员掌控。可构建AI初筛+人工终审的双轨制流程,比如,AI标记为敏感的网络需经2名以上安全员人工复核,标记为非敏感的网络按一定比例随机抽检,避免技术依赖导致的盲区。其次,构建责任链追溯机制。针对人工智能技术应用引发的新风险,可构建覆盖模型开发者、数据提供者、系统运维者三方的责任链追溯机制,针对安全事件的表现、成因,开展责任溯源,如因模型未更新导致敏感内容漏判,需追溯模型版本管理记录,界定开发者是否未及时优化。

5 结语

当前,数据泄露、篡改伪造、存储介质失效、非法访问等网络安全风险频发。传统依赖人工审核、规则匹配的安全防护手段已难以应对动态化、隐蔽化的威胁。推动网络安全防御机制创新,成为加强网络安全管理的关键。对此,应深刻认识到人工智能在网络安全防御中的作用,构建基于人工智能的网络安全防御机制。

参考文献

- [1] [英]玛格丽特·A·博登.人工智能哲学[M].刘西瑞,王汉琦译.上海:上海译文出版社,2006:72.
- [2] 陈曦.基于人工智能技术的计算机网络安全防御系统设计[J].数字通信世界,2025(01):100-102.
- [3] 尹智.基于大数据及人工智能技术的计算机网络安全防御系统构建研究[J].华东科技,2024(06):92-94.

Design of Flexible Unit of Adjustable Stiffness Actuator and System Stiffness Identification

Fanghua Mei

Avic Manufacturing Technology Institute, Beijing, 100024, China

Abstract

The output stiffness linearity of the adjustable stiffness actuator contradicts its stiffness adjustment range, and it is difficult for the traditional actuator to achieve a compatible design. In this paper, based on the online reconstruction of the stiffness adjustment mechanism configuration of the guide rod mechanism, the transmission ratio characteristics of the deformation of the flexible unit and the deformation of the actuator are changed. Each stiffness mode has high linear stiffness, which can expand the application range of the actuator and improve its applicability. At the same time, this paper models and analyzes the influence of the rigidity of the transmission structure on the output rigidity of the actuator. The model parameters are identified in the low-stiffness mode, and the model parameters are effectively verified in the high-stiffness mode. Provide guidance for structural optimization design

Keywords

Adjustable stiffness actuator; Reconfigurable; Large-scale deformable flexible unit; Transmission structure stiffness identification; high linearity

可调刚度致动器柔性单元设计及系统刚度辨识^{*}

梅方华

中国航空制造技术研究院, 中国·北京 100024

摘 要

可调刚度致动器的输出刚度线性度与其刚度调节范围相矛盾, 传统的致动器难以实现兼容性设计。本文通过基于导杆机构刚度调节机构构型的在线重构, 改变柔性单元变形与致动器变形的传动比特性, 致动器具有高刚度和低刚度两种工作模式, 且致动器在两个刚度模式下均具有较高的线性刚度, 可拓展致动器的应用范围, 提高其适用性。同时, 本文针对传动结构刚度对致动器输出刚度的影响进行了建模与分析, 在低刚度模式下进行模型参数辨识, 并在高刚度模式下得到了有效的验证, 可为致动器的结构优化设计提供指导。

关键词

可调刚度致动器; 可重构; 大比例变形柔性单元; 传动结构刚度辨识; 高线性度

1 引言

对于高动态任务需求, 如腿式机器人, 要求致动器的刚度调节范围大, 调节速度快。传统的机械式刚度调节方式主要包括变阻抗^[1]、变结构式^{[2][3]}、单弹簧预载荷、拮抗弹簧预载荷^{[4][5]}、变传动比^{[6][7]}五大类。上述刚度调节方式中, 以变传动比式 VSA 刚度调节范围最大、调节方式更为灵活^[8], 其刚度调节范围可达 0~ 完全刚性。但依然无法解决致动器设计的核心矛盾: 输出刚度精度、刚度调节范围、致动器结构尺寸之间的矛盾。

目前可重构致动器存在的主要问题为: 1) 需要离线重构, 限制了致动器的适用范围; 2) 致动器重构后, 刚度调

节机构发生重大变化, 关键部件对输出刚度的影响及输出刚度的非线性缺乏研究。

本文提出一种新型可调刚度致动器, 通过导杆机构的在线重构, 使得致动器具有高刚度和低刚度两种工作模式。在此基础上, 建立了传动结构刚度对输出刚度影响的解析模型, 在低刚度模式进行解析模型参数辨识, 并在高刚度模式下对所辨识的柔性单元刚度、传动结构刚度的有效性进行试验验证。在整个辨识及测试过程中, 通过对致动器输出刚度的非线性分析, 确保参数辨识及试验验证处于致动器高线性变形工作空间内。

2 致动器刚度调节机构可重构设计

2.1 基于导杆机构的可重构刚度调节机构原理

本文提出一种基于可重构导杆机构的刚度调节机构, 可实现两种刚度调节模式的在线切换: 高刚度模式与低刚度模式。

【作者简介】梅方华(1988-), 男, 中国湖北武穴人, 博士, 从事机器人应用研究。

重构导杆机构主要由可调输入虚拟连杆 OP 、滑块、导轨 DP 、柔性单元、输出连杆 OD 组成, O 为关节转动中心, D 为 DP 与 OP 之间的转动副, 且为柔性单元的安装位置。通过调节输入连杆 OP 的长度, 调节弹簧变形角度 α 与致动器变形角度 θ 之间的传动比, 实现刚度调节; 通过调节驱动滚子 P 在导杆机构中的位置 (O 点下方, 低刚度模式; O 点上方, 高刚度模式), 导杆机构构型发生重构, 实现传动比特性及刚度调节模式重构。

2.2 基于导杆机构的刚度调节特性分析

双电机驱动力依次通过驱动滚子 P 、滑块、导轨 DP 、柔性单元传递至输出端 OD 。为便于两种构型的统一表达, 赋予虚拟连杆 OP 长度值符号, 表达式如下:

$$a = OP * \text{sign}(OD - OP) \quad (1)$$

致动器输出刚度严格表达式可以表达为:

$$K = k \frac{1 - \alpha \cot \alpha \tan^2 \beta + \text{sign}(DP - OD) \alpha \tan \beta}{[\tan \beta \cot \alpha + \text{sign}(DP - OD)]^2} \quad (2)$$

考虑到实际的致动器尺寸限制, 以 $OD=0.04\text{m}$, OP 调节范围为 $[0.008\text{m}, 0.05\text{m}]$ 。

如图 2 所示, 当 $DP > OD$ 时, 导杆机构为摆动导杆机构, 致动器的输出刚度范围受限, 最大输出刚度小于柔性单元本体刚度, 但其优点为致动器变形角度 θ 始终大于弹簧变形角度 α , 可在较大刚度调节行程内实现高精度刚度调节; 当 $DP < OD$, 导杆机构为转动导杆机构, 传动比范围为 $0 \sim \infty$, 相应的刚度调节范围为 $0 \sim \infty$, 可实现大范围刚度快速调节, 其输出刚度不再受限于柔性单元本体刚度, 但其缺点为刚度调节精度及变形能力有限, 输出刚度非线性强。因此, 可通过导杆机构的在线重构, 使得致动器兼具两种刚度调节模式下的优点, 提升致动器性能。

2.3 刚度调节机构输出刚度非线性分析

在 1.2 节中, 为直观的分析刚度调节机构输出刚度特性, 对输出刚度进行了简化分析, 其严格的简化条件为致动器变形为零。实际上, 随着致动器变形角度 θ 增大, 其输出刚度发生变化。而可调刚度致动器的优势在于其将输出力矩控制转化为关节变形控制, 致动器高精度力矩输出高度依赖于其输出刚度的线性度。本节通过致动器的输出刚度线性度分析, 计算不同刚度条件下满足输出刚度精度要求的最大致动器变形角度 θ , 可为系统刚度辨识及致动器高线性度刚度输出能力分析提供理论依据。

刚度调节机构的非线性由柔性单元本体刚度 k 的非线性、变形角度 α 与致动器变形角度 θ 之间的三角函数关系非线性引起, OP 与 OD 的差值越小, 刚度非线性越弱, 致动器变形角度 θ 越大, 非线性越强。当致动器处于高刚度工作区间时, 其刚度线性度特性与低刚度工作区间相类似。所不同的是, 在 OP 接近于 OD 时, 致动器变形能力极小, 关节变形与柔性弹簧变形之间的非线性不再是刚度非线性的主要因素, 致动器输出刚度对 DP 值的变化比较敏感, 由关节

变形引起的 DP 值变化使得输出刚度急剧变化, 成为柔性关节输出刚度线性度的主要因素。

柔性单元本体刚度的非线性可通过设置合理的柔性单元结构参数解决, 使得柔性单元的最大应力不超过其材料极限比例变形应力。而三角函数关系引起的非线性, 可通过限制致动器变形角度解决。从工程应用的角度, 根据需要选用合适的刚度线性度, 如输出刚度线性度设置为 $[0.95, 1.05]$, 即致动器输出刚度满足如下关系:

$$\begin{cases} |K(\theta) - \tilde{K}| \leq \tilde{K} * 0.05 \\ \alpha(\theta) \leq \alpha_p \end{cases} \quad (3)$$

式中, $\tilde{K}$ 为 $\theta=0$ 时致动器输出刚度, $K(\theta)$ 为致动器变形角度为 θ 时的输出刚度, α_p 为柔性单元极限比例变形角度。以 α_p 值为 0.22rad 为例, 根据公式计算致动器满足刚度线性度的最大变形能力。 θ 表示柔性单元 α_p 约束下的最大变形, θ_{mon} 表示线性刚度约束下的最大变形。在低刚度工作区间, $OP \in [-0.05\text{m} - 0.03\text{m}]$ 时, 致动器的变形能力未因输出刚度线性度约束而衰减, 其最大值取决于柔性单元极限比例变形能力 α_p ; 当 $OP \in [-0.03\text{m} - 0.008\text{m}]$ 时, 致动器的变形能力因输出刚度线性度约束而快速衰减。在高刚度工作区间, 致动器线性变形能力显著下降。该结论在现阶段最重要的作用为: 确定系统刚度辨识环节中 OP 取值范围及致动器加载的最大高线性变形角度 θ_{mon} , 以保证刚度辨识精度; 利用 OP 值较小时, 致动器输出刚度快速衰减的特点, 进行导杆机构重构。

2.4 刚度调节机构重构过程分析

在低刚度范围内, 输入连杆 OP 值较小, 致动器在较小的外力作用下, 导杆机构构型发生重构。图 4 展示了 θ 从 0 增大至 2π , 致动器从低刚度工作区间切换至高刚度区间、复而从高刚度区间切换至低刚度区间的柔性关节整个变形过程。在此过程中, 要求柔性弹簧的最大变形不超过其材料弹性变形极值 α_p , 即满足 $\alpha(\theta) < [\alpha_p]$ 。 OP 值越小, 重构过程中的 α 最大值越小, 所需的重构驱动力矩越小。

3 传动系统刚度影响分析及刚度辨识

3.1 传动机构刚度影响分析

电机驱动力通过谐波减速器、齿轮副、拮抗转子凸轮组、滑块、导轨导杆、柔性单元传递至输出端。其中, 导杆与输出端通过轴承形成转动副, 柔性单元安装在转动副 D 上。理论上, 传动系统中任何一个环节, 都对输出端的刚度产生影响。其中, 谐波减速器、齿轮副、拮抗转子凸轮组对输出端刚度的影响为恒定值, 因自身刚度较高, 可以忽略不计。尽管滑块及转动副 D 的自身刚度相对致动器的输出刚度来说亦非常高, 但因其位置特殊, 处于与导轨关联的部件上, 经传动系统放大后, 其对输出端的刚度不可忽略。因此, 需要重点分析滑块刚度 K_{slider} 及转动副轴承刚度 K_{bear} 对输出端刚度的影响, 如图 所示, 具体定量分析如下。

考虑到传动系统刚度的影响, 致动器输出刚度 K 满足

如下公式：

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{k_{slider}OP^2} + \frac{1}{k_{bear}hOP^2/(\sqrt{DP^2+h^2})} + \frac{1}{kOP^2/DP^2} \quad (4)$$

根据公式 (4) 可知，输出刚度为滑块、轴承、柔性单元在致动器输出端的等效刚度串联，滑块及轴承刚度对输出端的影响与输入连杆长度 OP 及致动器刚度模式值决定。当滑块及轴承为完全刚性时，致动器的输出刚度由柔性单元刚度 k 决定。

3.2 系统刚度试验辨识

令 $A = [\frac{1}{k_s}, \frac{1}{k_{bear}}, \frac{1}{k}]^T$, $x = [\frac{1}{OP^2}, \frac{\sqrt{DP^2+h^2}}{OP^2h}, \frac{DP^2}{OP^2}]$, $y = \frac{1}{K}$, 则公式 (4) 可以表达为：

$$xA = y \quad (5)$$

OP 取不同的值，可获得关于 OP 值的向量组 $X=[x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ ，以及与之对应的致动器输出刚度向量组 $Y=[y_1, y_2, \dots, y_n]^T$ ，则系统刚度辨识方程为：

$$A = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (6)$$

根据公式 (2)，刚度调节机构输出刚度非线性分析结论可知，当 $OP \in [-0.05m, -0.03m]$ 时，致动器变形角度加载至最大值，其输出刚度变化率不超过 5%。在此区间内进行刚度辨识，可保证致动器具有较高的线性输出刚度和较大的变形能力，便于加载测试。

输出刚度测试平台如所示。扭矩传感器一端与机架固定，另一端与致动器输出端固定，将致动器调节至低刚度区域。利用双电机结构驱动刚度调节机构，调节 OP 值至 -50mm 后，保持 OP 值不变，按照步进值为 0.001rad 对致动器变形角度进行加载，至致动器相应刚度下的变形最大值，记录致动器变形与输出力矩之间的关系。依次增大 OP 值，步进值为 2mm，重复上述实验。

对低刚度模式下的力变形进行数据拟合，拟合结果如下表所示。

表 1 低刚度工作模式输出刚度测试结果

$OP(mm)$	-50	-48	-46	-44	-42	-40
$K(Nm/rad)$	24.73	23.61	23.38	22.58	21.14	19.71
$OP(mm)$	-38	-36	-34	-32	-30	
$K(Nm/rad)$	19.59	18.42	17.24	16.12	15.55	

根据表 1 计算公式 (6) 中的向量 X 和 Y ，进行系统刚度辨识，辨识计算结果如下：

表 2 致动器传动结构刚度辨识结果

滑块刚度 k_{slider}	转动副刚度 k_{bear}	柔性单元刚度 k
$2.1 \times 10^7 N/m$	$6.43 \times 10^6 N/m$	86.97Nm/rad

将辨识结果代入公式 (4) 进行反算表 1 中 OP 值对应的致动器输出刚度表 1 低刚度工作模式输出刚度测试结果，将拟合数据与实测刚度数据进行对比。

3.3 系统刚度辨识结果验证及分析

将致动器切换至高刚度工作模式， OP 取值范围为

[0.012, 0.022]，测试致动器的力变形关系。

利用测试结果的数据计算不同 OP 值时的致动器实测输出刚度，计算高刚度区所拟合的输出刚度。

通过高刚度区间的刚度测试，有效地验证了系统刚度辨识的正确性。柔性单元设计刚度为 92.53Nm/rad，实际辨识结果为 86.97Nm/rad，误差率为 6%，柔性单元的理论设计公式可为致动器柔性单元的设计提供理论支撑。

4 结论

本文所设计的大线性变形柔性扭转簧片，在保证承载能力的前提下，有效地实现了柔性单元变形能力的线性放大，可满足致动器刚度工作模式在线切换的大角度变形要求，致动器输出刚度线性度较高。同时，建立了传动结构刚度对致动器输出刚度的影响模型，通过低刚度的系统刚度辨识，辨识出传动结构刚度，并通过高刚度工作模式的输出刚度得到了验证，结果表明，尽管传动结构自身刚度较高，但其影响不可忽略，其导致高刚度模式致动器的输出刚度发生大幅度衰减。该结论可为后续高线性度输出刚度致动器的优化设计提供理论指导。

参考文献

- [1] Song Z, Lan S, Dai J S. A new mechanical design method of compliant actuators with non-linear stiffness with predefined deflection-torque profiles[J]. Mechanism and Machine Theory, 2019, 133: 164-178.
- [2] Xu Y, Guo K, Li J, et al. A Novel Rotational Actuator With Variable Stiffness Using S-shaped Springs[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2020.
- [3] Wu J, Wang Z, Chen W, et al. Design and Validation of a Novel Leaf Spring Based Variable Stiffness Joint with Reconfigurability[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2020, PP(99):1-1.
- [4] Liu Y, Liu X, Yuan Z, et al. Design and analysis of spring parallel variable stiffness actuator based on antagonistic principle[J]. Mechanism and Machine Theory, 2019, 140: 44-58.
- [5] Mengacci R, Garabini M, Grioli G, et al. Overcoming the Torque/Stiffness Range Tradeoff in Antagonistic Variable Stiffness Actuators[J]. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2021, PP(99):1-1.
- [6] Ning Y, Liu Y, Xi F, et al. Human-Robot Interaction Control for Robot Driven by Variable Stiffness Actuator with Force Self-Sensing[J]. IEEE Access, 2020.
- [7] Shao Y, Zhang W, Ding X. Configuration synthesis of variable stiffness mechanisms based on guide-bar mechanisms with length-adjustable links[J]. Mechanism and Machine Theory, 2021, 156: 104153.
- [8] 毕树生, 刘畅, 周晓东, 等. 可调刚度致动器结构研究综述[J]. 机械工程学报, 2018, 54(13): 34-46.

Practical Research on Facial Recognition Technology in Smart Public Security System

Yichen Kang

Xi'an University of Arts and Sciences, School of Mechanical and Materials Engineering, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

Against the backdrop of rapid development of emerging technologies, facial recognition technology has become increasingly mature, laying a solid foundation for the construction of smart public security systems. In complex public security scenarios, traditional video surveillance has problems such as low data processing efficiency and easy detection through manual analysis. However, facial recognition technology that integrates deep learning, with the help of skin segmentation, pose angle evaluation, Camshift tracking algorithm, and improved convolutional neural networks, significantly improves the accuracy and real-time performance of identity verification and dynamic tracking. This article explores facial recognition technology, based on the construction needs of smart public security systems, and discusses it from four aspects: facial detection, pose optimization, facial tracking, and facial recognition, for reference.

Keywords

facial recognition technology; Smart Public Security System; Convolutional neural network; Attitude optimization

人脸识别技术在智慧公安系统中的实践研究

康易辰

西安文理学院机械与材料工程学院, 中国·陕西 西安 710000

摘要

在新兴技术快速发展的背景下, 人脸识别技术愈发成熟, 为智慧公安系统的构建奠定了良好的基础。在复杂公安场景下, 传统视频监控存在数据处理效率低、人工分析易漏检等问题, 而融合了深度学习的人脸识别技术借助肤色分割、姿态角评估、Camshift跟踪算法和改进的卷积神经网络, 显著提高了身份验证与动态追踪的准确性和实时性。本文对人脸识别技术展开探讨, 立足于智慧公安系统的建设需求, 分别从人脸检测、姿态优选、人脸跟踪及人脸识别四个方面展开讨论, 以供参考。

关键词

人脸识别技术; 智慧公安系统; 卷积神经网络; 姿态优选

1 引言

在人工智能技术快速发展的背景下, 关键识别技术作为生物特征识别的重要分支之一, 在智慧公安系统中呈现出十分广阔的应用前景。该技术通过深度学习算法和计算机视觉能够有效地实现对相关人员的身份验证与动态追踪, 为公共安全领域提供了更高的技术支撑。目前, 人脸识别技术已经在各类公安实战场景中获得了广泛应用, 因此本次研究将对人脸识别技术的具体应用原理展开讨论, 以期公安智慧系统的构建带来更多参考。

2 人脸识别技术在智慧公安系统中的背景

在我国智慧公安系统的构建过程中, 视频监控系统是

极为关键的内容之一, 对后续各项工作有着直接影响。在传统的视频监控模式下, 需要公安人员花大量的时间监视并分析视频, 这不仅给公安人员造成了较大的工作压力, 同时也极有可能出现漏检等问题。如今, 随着监控摄像机应用范围的越来越广泛, 每日生成的监控视频数量也呈现爆炸式增长, 想要在海量的视频中找到某一细节或线索, 对于公安人员而言越来越困难^[1]。人脸识别技术是人工智能技术发展的产物, 能够借助计算机对人员进行智能识别, 从而完成相关人员的身份验证。该技术不仅具有较强的准确性, 同时也具有良好的实施效果, 通过对应的程序可以快速提取人的面部特点和其他生理特征, 从而快速认定相关人员的身份, 以便帮助公安人员对特定人员进行监督、跟踪与控制。在深度学习技术不断优化的今日, 人脸识别技术得益于深度学习实现了新的突破和发展, 智慧公安系统中已经将视频监控系统与人脸识别技术实现了有效的融合, 成为如今安防监控的重要

【作者简介】康易辰(2003-), 男, 中国陕西西安人, 在读本科生, 从事机器人工程研究。

方式之一。

在应用深度学习这一技术之前,研究人员在进行人脸识别时主要是依靠提取面部特征的方式来优化系统。比如 Bledsoe 等人最早提出可以将不同人员面部器官的近距离和比率作为重要的参数,并完成了一个半自动的人脸识别系统;后来随着技术的发展,麻省理工学院的 Turk 等人提出了特征脸 (Eigenface) 的概念,这一概念逐渐成为后来人脸识别系统中多数特征表征算法的重要基础^[2]。

在此基础上,人脸识别技术还进一步推动了基于模型的识别方法,比如主动外观模型 AAMs 主要是对人类面部图像的纹理及形状进行统计分析,然后再借助 PCA 对人脸的两类综合特征进行统计和建模,从而准确的识别出对应人员的面部特征;除此之外,人脸识别技术的建模方法还包括隐马尔可夫模型、SDV 分解模式以及分析和匹配面部轮廓等。

人脸识别技术从本质上来讲,是系统从人物面部图像中获取相关特征,这些特征大多呈现出易识别、丰富性的特点,能够对不同的人脸进行针对性的表征。在传统的识别技术中,一般会通过人工设计的方式来寻找这些特征,但不能适应如今大数据技术快速发展下的视频监控需求,尤其是人脸姿态条件变得越来越多样化、监控环境变得越来越复杂化的情况下,想要实现对人脸的人工特征识别变得越来越困难。但是,在深度学习算法不断进步的情况下,研究人员针对人脸识别需求开发出了功能更加丰富的网络,将这些不同的网络进行有机结合,就能够提高人脸识别的成效。但需要注意的是,如果只是将网络进行单纯的叠加,不仅会使得网络计算参数呈现爆炸式增长,并且会使计算结果呈现出难以收敛的现象。这样一来,不仅网络运行的速度会受到严重影响,也会让人脸识别的准确率降低。因此在未来的研究中,网络融合的方法是重要的方向之一。本文对人脸识别技术展开讨论,立足于智慧公安系统的建设需求,结合公安环境的变化,对人员姿态影响条件进行分析,探究人脸识别技术如何与跟踪监视系统融合,以便为公安系统的各项工作开展提供有力的支持。

3 人脸识别技术在智慧公安系统中的实践

3.1 人脸检测

公安局室内往往存在较为复杂的光照背景,因此传统的人工设计算法很容易出现误检或漏检的情况。针对这一问题,在本次研究中提取出了人脸图像的色彩和灰度信息,通过肤色分割的方法对人脸区域进行预选,以便更好地优化人脸检测的前端步骤。从生物学的角度来看,不同的生物特性决定了皮肤的物理属性,并通过肤色这一外在形式表现出来。因此,从人脸的识别上来看,肤色是最为显著的特征之一。通过精准的肤色信息识别,能够将人脸和其所在的周边环境背景进行有效的区分。根据相关研究显示,尽管不同的

种族、性别和年龄的人会呈现出不一样的肤色,但是主要是在人脸肤色亮度上展现出不同,而其在色度空间中的分布则表现出明显的聚类性。

HSV 肤色分割是目前人脸识别技术中常用的方法,先将采集到的人脸图片数据录入到 HSV 彩色空间中,在该空间中完成前期皮肤和背景直方图的构建,从而快速计算出不同色彩类别的概率值。在此基础上, Bayes 分类器会判别图像中的不同像素,准确地分辨出其前景和背景,从而将人体肤色区域准确地分隔开来。随后,借助形态学操作方式,系统会自动简化相关图像数据,让图像数据能够呈现出最为显著的基本特征,将不相干的结构进行删除^[4]。此时系统就会借助图像区域划分方法将图像数据中最为关键的区域筛选出来,然后再借助 AdaBoost 方法检测其中的人脸信息,帮助公安人员快速定位人脸特征,更加快捷地完成人脸检测工作。

3.2 姿态优选

人脸姿态优选同样也是人脸识别技术中的关键技术之一,它可以对一幅二维图像进行计算,从而判断出人脸在三维空间内的主要朝向。从计算机视觉的角度来看,以相机的取向和位置为参考依据,物体姿态可以用不同的方式来进行表示,比如旋转向量、旋转矩阵、欧拉角或者四元数等。一般情况下,这几种方式中,欧拉角具有更高的可读性,因此在表示物体姿态时更为常用。欧拉角主要是通过三个角度来对物体姿态进行描述,分别是 yaw、pitch 和 roll,因此这三个角度也被人们称为姿态角。通过有效的计算方式对三个姿态角进行分析,能够对一张人脸的面向进行更加科学的判断,从而帮助公安人员选择出某一时间段内对应人脸是否处于最佳的姿态中,为后续的监视和追踪提供有力的参考。

由于姿态评估本身相对比较复杂,在进行计算时往往会占据大量的资源。因此,职业识别技术如果采用相对严苛的姿态估计方法来对人脸方向进行判别,会对整个系统的运行效率造成极大的负面影响。因此在本次研究中,所选择的研究方法是一种相对不严格的估算方式,这种方式主要是对人脸左右旋转的程度进行简单的估算,通过对称线来计算人脸中心线与其之间的距离,从而判断人脸的相对朝向。这种方式能够将姿态评估的过程进行一定的简化,有效地解决姿态评估过程中资源占用量过高的问题。通过人脸姿态优选的方式,能够帮助公安人员在大量图像中选出相对最佳的人脸姿态图像,对于后续的人脸识别有积极的促进作用,让整个智慧系统的工作效率得到有效提升。

3.3 人脸跟踪

在本次研究中,针对视频连续帧中的人脸位置,采用了 camshift 算法进行计算和跟踪。同时,这样一算法还能够有效地降低公安局室内环境的干扰,避免光照和遮挡等因素影响人脸跟踪的结果;并且还能够对人脸所处的特殊环境及人脸状态条件进行优化,从而更加精准地识别出相关人员。

在使用该技术时,能够对连续帧中图像的边缘进行精准设置,并且准确地判断大面积背景的变化情况,从而自动更新跟踪对应人员时的条件因素和相关参数,从而使跟踪效果大幅提升。与此同时,在进行人脸跟踪时,能够对跟踪框的面积和大小因素进行智能判断,评估其是否在未来有可能成为跟踪条件更新的一个切入口^[5]。在这样的算法模式下,一旦某个跟踪条件发生更新,系统会自动开始检测区域环境中的人脸数据,并结合跟踪条件的更新结果定期进行有效矫正,以此来保证跟踪的效率和质量,让公安人员能够更好地借助人脸识别技术完成追踪任务,让智慧公安系统的优势充分发挥出来。

3.4 人脸识别

在人脸识别技术中,卷积神经网络是核心技术之一。卷积神经网络拥有不同的层次,而每一个层次所关注的信息有很大的差异。如图2所示,是Alex深度学习模型的卷积神经网络示意图,其中一共包含96层卷积层;如图3所示,是Alex深度学习模型的可视化特征图。从两幅图中可

以看出,卷积神经网络在前几层完成图像边缘等低级信息的提取工作,此时其很难对各层次信息进行有效融合,所以需要网络感受野进行加强。立足于人眼视觉皮层细胞的相关研究,Gabor小波变换与其感受野极为相似,具有良好的空间频率特征,同时在尺度和方向选择性上也呈现出较好的反馈,能够在纹理识别方面发挥出极大的优势。因此,通过Gabor滤波器能够提取出人脸的相关特征,并且在不同方向 and 不同尺度上实现更加精准的计算,顺利将图像从空域转换到频域,将一些在空域上难以提取的特征准确地识别出来,并且能够为公安人员提供方向和尺度上的不同选择,便于将图像上的顶线特征更快地提取出来。因此,在卷积神经网络中引入Gabor滤波器,能够更好地实现人脸识别要求。相比其他网络系统而言,本次研究所提出的网络更为简单清晰,同时能够有效地保证人脸识别的准确度,能够为智慧公安系统的升级优化提供有力的支持,满足公安系统对于视频监控人脸的需求,进一步提高了人脸识别的效率和实时性。

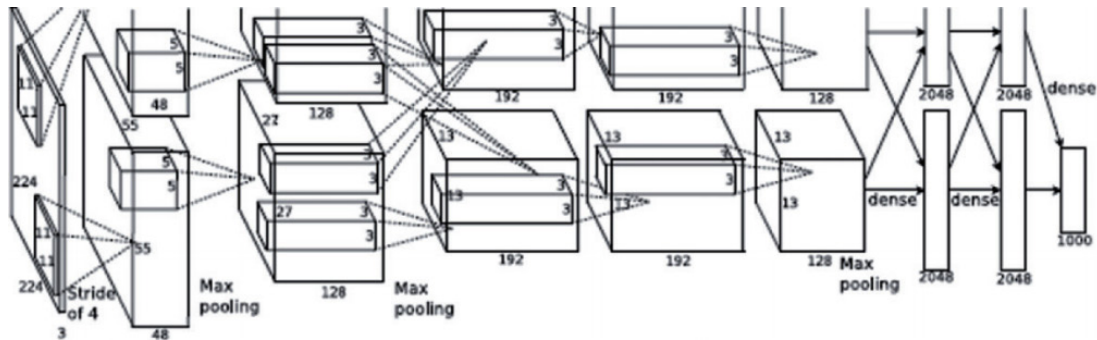


图1 Alex深度学习模型

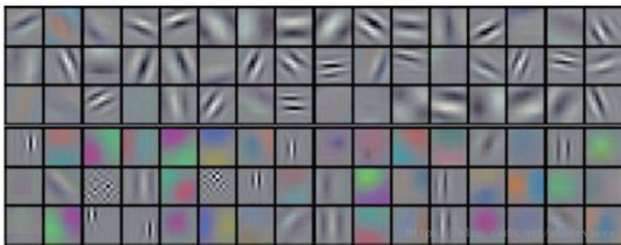


图2 Alex深度学习模型可视化特征

4 结语

综上所述,为了有效解决人脸识别中相关图像信息会受到外界环境因素和人脸姿态条件变化的影响,对面部图像特征的提取和分类进行深入研究和探讨,并借助多摄像机的

联动方式对相关人员轨迹进行追踪,进一步发挥出人脸识别技术的优势,为智慧公安监测系统的完善奠定良好的基础。

参考文献

- [1] 王仲羊.侦查中人脸识别的权利路径与制度选择[J].中国人民公安大学学报(社会科学版),2025,41(02):92-101.
- [2] 李懿,薛芳芳,卢嘉轩.区块链技术与人脸识别融合应用:构建儿童防拐卖智能预警与追溯系统[J].软件,2025,46(01):4-6.
- [3] 谢佳豪,宋维彬.刑事侦查中人脸识别技术的应用困境及应对措施[J].湖南警察学院学报,2024,36(06):33-41.
- [4] 金飞艳,李放.人脸识别技术在视频侦查中的应用探索[J].山西警察学院学报,2024,32(06):97-102.
- [5] 魏睿明.人脸识别的侦查价值及其风险控制研究[J].河南警察学院学报,2024,33(06):89-97.

The research of multidimension and bigdata Table association database deadlock mechanism

Yusheng Feng

School of Computer Science and Technology, Changchun University of Science and Technology, Changchun, Jilin, 130022, China

Abstract

Every relation Database program may met datalock problem Before correlation deadlock must know the concept of lock. In multicondition, when a resource is locked, it always release after a stage . But deadlock happen when many process visit same database, one of every process have a lock that is another process need. So produce every process can not continue. Simple speak, process A waits process B release it's resource. Process B also wait process A release it's resource .so two process wait each other, produce deadlock. In database attribute is regarded resource. Deadlock usually happen in Nested construct. To request resource graph deadlock appears in circle of loop. To Table association of high demention, Database deadlock loop circuit is complex. Commonly, mathematical logic and discrete theory may be used.

Keywords

mathematical logic; Table association; Deadlock; Ring; nesting

多维度大数据下表关联死锁机制的研究

冯毓生

长春理工大学计算机科学技术学院, 中国·吉林 长春 130022

摘 要

每个使用关系型数据库的程序都可能遇到数据死锁的情况。理解什么是死锁之前首先要了解锁定的概念。多数情况下, 可以认为如果一个资源被锁定, 它总会在以后某个时间被释放。而死锁发生在当多个进程访问同一个数据库时, 其中每个进程拥有的锁都是其他进程所需的。由此造成每个进程都无法继续下去。简单地说, 进程A等待进程B释放它的资源, B又等待A进程释放它的资源, 这样就相互等待形成死锁。在DB中一般将属性设置为资源。死锁一般出现在程序的嵌套结构中。请求资源图的死锁出现在循环环路的判定中。对于表关联的高维度DB下, 死锁的环路判定较为复杂, 一般采用数理逻辑理论和离散数学的图论理论。

关键词

数理逻辑; 表关联; 死锁; 环; 嵌套

1 引言

产生死锁的4个必要条件:

- ①互斥条件: 一个资源一次只能被一个进程使用。
 - ②请求与保持条件: 一个进程因请求资源而阻塞时, 对已获得的资源保持不放。
 - ③不剥夺条件: 进程已获得的资源, 在未使用完之前, 不能强行剥夺。
 - ④循环等待条件: 若干进程之间形成一种头尾相接的循环等待资源关系。
- 只要想办法破坏其中的任意一个或多个条件就可以避免死锁发生。

【作者简介】冯毓生, 男, 中国吉林人, 硕士, 讲师, 从事计算机科学研究。

2 基本原理

2.1 竞争资源.

当在多个事务中锁定相同的资源时, 锁定的顺序可能会对死锁的发生产生影响。如果两个事务尝试以不同顺序锁定同一组资源, 则可能会导致一个等待另一个锁, 从而形成一个死锁状态。为了避免这种情况, 需要在所有事务中使用相同的锁定顺序。

代码示例:

```
BEGIN TRANSACTION
```

```
Select, FFrom table- namel where id=123 FOR UPDATE;
```

```
SELECT* FFrom table -nam2 where id=456 FOR UPDATE;
```

第二条 SQL 语句:

```
BEGIN TRANSACTION
```

```
select*from table nam2 where id =456 FOR UPDATE.
```

```
select*from table-namel where id=123 FOR UPDATE
```

在上述代码中,两个事务分别对两个表中的行进行了锁定操作,并且在不同的顺序中尝试进行。如果这两个事务同时进行,则它们可能会相互等待对方释放资源。

2.2 长事务

当一个事务有锁很长时间时,它可能会阻塞其他事务,并导致死锁和锁表的情况。这通常是由于长时间的数据检查或处理方式导致的,无法释放锁从而导致其他事务无法访问该资源。

代码示例:

第一条 SQL 语句:

```
(1) BEGIN TRANSACTION
```

```
SELECT * FROM Table- name id=123 FOR UPDATE
```

模拟长时间处理

```
WAIT FOR DELAY '00=00:10' ;
```

```
UPDAPE table name SET Column-name= 'new-value' wlene Commit
```

第二条 SQL 语句:

```
BEGIN TRANSACTION
```

```
UPDATE table-name SET Column neme=new-value Commit
```

在上述代码中,第一条 SQL 语句将对单 ID 为 123 的行进行锁定,并模拟长时间处理,等待 10 秒钟后才进行对行进行更新。如果同时执行第二条 SQL 语句,则可能会导致它在等待 10 秒钟后才继续执行,从而阻塞其他事务的执行。

2.3 并行操作

如果在多个事务中同时执行相同的操作,如 INSERT,UPDATE 或 DELETE,则可能会出现死锁和锁表的情况。这是因为每个事务都需要对相同的资源进行操作,从而导致锁定和等待锁定的情况。

第一条 SQL 语句:

```
BEGIN TRANSACTION
```

```
DELETE FROM table-name whene id= 123;
```

Commit

第二条 SQL 语句

```
BEGIN TRANSACTION:
```

```
DELETE From table name where id=123; Commit
```

在上述代码中,两个事务都试图删除 ID=123 的行。由于 DELETE 操作是一个很耗时的操作,并且每个事务都需要对相同的资源进行删除,它们可能会相互等待对方完成,从而形成死锁。

2.4 锁定级别

数据库系统支持不同的锁定级别。如行锁定,页锁定和表锁定。如果一个事务在高级别锁定下执行,并且阻塞其他事务以访问相同的资源,则会导致锁定和死锁情况。

(代码示例):

```
(1)SET TRNSACTION ISOCATIOA LEVEL  
SERIALIZABLE;
```

```
BEGIN TRNSACTION;
```

```
SELECT* From table mame whene id=123 FOR UPDATE;
```

Commit

(2) 第 2 条 SQL 语句

```
(3) BEGIN TRANSACTION;
```

```
SECT *From table-name where id=123 FoR  
UPDATE...Commit
```

在上述代码中,第一条 SQL 语句在事务中使用了可串行锁定级别,以获得最高的数据一致性。如果同时处理第二条 SQL 语句,则将被阻塞。直到第一个事务释放由 SELECT FOR UPDATE 保留的锁。

3 解决死锁的办法

3.1 具体方法

①优化事务的执行顺序。避免多个事务同时对同一组数据进行操作。

②减少事务的持锁时间,尽量缩短事务的执行时间。

③使用数据库的锁机制,如行级锁,表级锁,来避免死锁的发生。

④使用数据库的事务隔离级别,如 READ,commit,serializable 来避免死锁的发生。

3.2 SQL 查询发生死锁需要采取的措施

3.2.1 终止会话

可以通过终止会话来解决锁问题。首先确定哪些会话造成死锁。然后使用以下语句终止会话:

```
ALTER SYSTEM KILL SESSION "sid,serial#";
```

其中 sid 和 serial# 是会话的 ID 和序列号,可以从查询结果中获取。这将强制终止指定的会话,解除死锁。

3.2.2 释放锁

如果确定了哪些锁造成了死锁,可以尝试手动释放这些锁。但是需要谨慎操作,确保不会影响正在执行时事务。

```
ALTER SYSTEM KILL SESSION 'sid,serial# '以上示  
例代码中, Sid 和 SERIAL' 需要替换为实际的会话 ID 和序  
列号。
```

3.2.3 重启数据库实例:

作为最后的手段,如果无法终止绘画或释放锁来解决死锁问题,可以考虑重启数据库来清除死锁。

```
SHUTDOWN IMMEDIATE STARUP
```

需要注意的是,重启数据库会导致数据库不可用。因此应该在合适的时间进行,并且有备份和恢复计划。

在处理死锁问题时,需要谨慎操作,确保不会对数据库造成不可逆的影响。最好在处理之前备份数据库,并且在环境中谨慎操作。

4 SQL 表死锁 .

死锁是数据中两个或多个并发进程相互占用对方的资源,导致都在等待对方释放资源,从而陷入无法向前执行的状态。在 SQL 中,死锁通常发生在多个事务同时尝试对多个表进行修改时,并且这些事务按照不同顺序锁定了资源。

4.1 解决死锁常见的方法:

- ①减少事务的大小和复杂度。
- ②保持事务简短并在一个批处理中。
- ③使用更低的隔离级别。如读提交 (READ commt), 以减少锁的争用。
- ④对于可能产生死锁的操作,可以尝试重新排序资源,访问的顺序。
- ⑤使用行级锁定,如果数据库支持,来减少死锁的可能性。
- ⑥设置超时. 当一个事务等待超过预设的时间后,会自动释放所持有的锁。
- ⑦检测死锁并回滚其中的一个事务。

4.2 表锁分类

4.2.1 表级锁: 可以分为 3 类: 表锁, 元数据锁和意向锁。

表锁有两种模式: 表共享读锁和表排他锁。简称为读锁和写锁。如对某个表加锁时, 可以使用如下命令:

```
// 读锁
Lock tables 表名 read.
// 写锁
lock tasle 表名 write.
```

某个请求对表加了读锁之后, 其他请求可以继续获取读锁, 但不能获得写锁。

某个请求对表加了写锁之后, 其他请求不能获取写锁, 也不能读锁。

释放当前会话的所有的表锁, 可以使用如下命令. unlock tables.

客户端断开连接时, 锁也会自动释放。

4.2.2 意向锁

意锁分如下两种:

①意向共享锁 (IS 锁): 给索引行加共享锁之前, 必须先取得该表的 IS 锁, 与表锁读锁兼容, 与表写锁互斥。

②意向排他锁 (IX 锁): 给索引行加排他锁之前, 必须先取得该表的 (IX 锁), 与表锁写锁和表读锁都互斥。

意向锁的存在支持快速获取表锁。例如事务 A 对某个索引行加了排他锁, 事务 B 申请表锁与写锁是要成功的话, 事务 B 就可以修改表中任何一行, 与事务 A 持有的行锁是冲突的。如果没有意向锁的, 则需要遍历整个表索引行判断是否有行锁的存在, 以避免发生冲突。

4.2.3 行锁

①行锁种类: Record lock 记录锁, GAPLock 间隙锁,

Next key,lock 临键锁

②加锁机制 加锁的对象是索引, 加锁的基本单位是临键锁。在使用记录锁或者间隙锁就避免幻读的场景下, 临键锁就会退化成记录锁或间隙锁。

③记录锁 锁定单个索引行的锁, 防止其他事务对此进行。update 和 delete。

④间隙锁: 对范围内的数据加间隙锁。范围内不存在的记录叫作“间隙”。也会被锁住。间隙锁是一个左开右区间。这个区间可以是两个索引之间 (a,b)。第一个索引之前 ($-\infty$, a), 最后一索引个 (b, $+\infty$)。间隙锁只存在于可重复读隔离级别。目的是解决可重复隔离级别下幻读现象。间隙锁可以防止间隔内所有新数据被插入, 以及防止已存在的数据被更新成间隙内的数据。

⑤临键锁: 记录锁和间隙锁的组合。临键锁是一个左开右闭区间。这区间可以是两个索引之间 (a,b] 第一个索引之前 ($-\infty$, a], 最后一个索引之后 (b, $+\infty$)。

4.2.4 页级锁

页级锁是 MySQL 中, 锁定粒度介于行级锁和表级锁中间的一种锁。表级锁速度快, 但冲突多。行级冲突少, 但速度。所以获取了表的页级, 一次锁定相邻的一组记录, BDB 支持页级锁。

特点: 开销和加锁时间介于表锁和行锁之间, 会出现死锁。锁定粒度介于表锁与行锁之间, 并发度一般。

对数据页, 通常是连续的几个行加锁。控制并发事务对该页的访问。适用于数据较大且并发量较高的场景。

5 死锁的检测 .

5.1 死锁定理 .

①从有向图中找到既不阻塞又非孤立的结点进程 P_i 。在顺利情况下, P_i 可以获得它所需要的资源不断向前推进, 直至运行完毕。然后释放它所占有资源而处于潜伏状态。这相当于在图上消去 P_i 所有的请求边和分配边, 使之成为孤立结点。

②进程 P_i 所释放的资源可以唤醒因等待该资源而阻塞时的过程 P_j 。 P_j 又可获得它所需资源继续推进, 直至运行完毕。然后释放所占有的全部资源, 而处于潜伏状态。

③在实施了上述一系列化简后, 若消去图中所有的边, 则称该图是可完全化简的。

④若有向图不能通过任何进程予以化简, 这称该图不可化简。

⑤状态为死锁状态的充分条件是: 当且仅当状态的资源进程图不可完全化简。该充分条件被称为死锁定理。

5.2 检测死锁算法 .

假定系统中有 N 个进程 $P_1, P_2, \dots, P_n$ 和 m 种资源 $R_1, R_2, \dots, R_m$ 。一个类型的资源数目分别为 $W_1, W_2, \dots, W_m$ 。可表示为资源数目向量 W 。在任一时刻 T , 资源分配矩阵表示为元素

$A_{ij}=(R_j, p_i)/$ 表示为分配给进程 p_i 的资源 R_j 的数目。行向量 A_i 表示进程 P_i 所获得之资源总数。请求矩阵可表示为 $b_{ij}=(p_i, R_j)/$, 表示进程 p_i 请求资源 R_j 的数目。行向量 B_i 表示进程 p_i 所请求的资源总数。已假定 $V=(V_1, V_2, \dots, V_m)$ 为可用资源向量, 其中每个元素为 $V_j=W_j-\sum a_{ij}$ 。

采用矩阵表示法时, 检测死锁的算法可描述如下:

①把某时刻 T 的可用资源向量 $v(t)$ 赋予资源数目向量 w 。

②把不用资源的行向量 $A_i=0$ 记入表 L 中。

③对所有请求各种资源的数量, 均小于相应资源现有数量的 j 行, 做如下处理:

可将其进程 - 资源有向图化简, 释放出资源, 使可用资源数目增加。

此时 j 行已不再占有资源, 将其记入 L 表中。

④最后, 若不能把所有的行都记入 L 表中, 则初始状态将发生死锁。

6 研究的展望

①数据库的结构分析。一般而言, 数据库有 6 种结构。比较容易产生死锁的结构为网状结构。层次结构不容易产生死锁。在计算机网络结构中, 层次结构是比较常用的结构。很多计算机网络方面的软件工具都能对网络性能进行分析。

②计算机死锁的发生. 在数据库方面比较常见的是嵌套

结构。高维度的嵌套结构是计算机死锁的一个研究方向, 内层嵌套和嵌套层数对数据库的死锁影响很大。

参考文献

- [1] 离散数学及其应用. 机械工业出版社.徐元通等译陈琼改编.
- [2] 数据库系统概论. 高等教育出版社.王珊等编著.
- [3] 计算机操作系统. 西北电讯工程学院出版社.汤子赢等编著
- [4] 操作系统设计Xinu方法.电子工业出版社.唐李洋等译
- [5] 数据库原理及应用教程.中国中信出版集团.人民邮电出版社.陈志伯主编
- [6] 数据库原理及应用. 中国中信出版集团.人民邮电出版社.赵军民主编
- [7] 数据库原理及应用.清华大学出版社.雷景生等编著
- [8] 数据库原理及应用.机械工业出版社.何玉洁编著
- [9] 数据库技术及应用实验教程.清华大学出版社.尹为民等编著
- [10] Department of Defence.Trusted Computer System Evaluation Criteria .DoD5200.282 STD,1985
- [11] The information Assurance Framework(IATF) Release 3.1.NASA. Sep.2002
- [12] Time Seris Modeling for IDS Alert Management.In :Proceedings of ACM Symposium on information Computer and Communication Security.2006:102-113
- [13] Techniques and Tool for Analyzing Intrusion Alerts.ACM. Transaction and System Security.2004.7