

# 人工智能在包装领域的应用及研究进展

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2024.04.011

郝发义 刘伟丽

上海理工大学  
出版印刷与艺术设计学院  
上海 200093

**摘要:** 采用文献研究和案例分析的方式, 研究人工智能在包装领域中的应用现状, 揭示人工智能在包装领域的巨大潜力。首先, 对人工智能在包装设计方面的应用进行了阐述, 利用人工智能算法进行包装设计优化、个性化包装等; 其次, 概述了人工智能在三类包装材料中的应用, 利用人工智能算法预测及优化包装材料的性能等; 最后, 探讨了人工智能在包装质量检测方面和商品包装识别的应用, 利用图像识别和深度学习技术进行包装质量检测和商品包装识别, 提高包装检测的精确度和效率等。通过引入人工智能, 包装质量检测和商品包装识别的效率和准确性得到提高, 有效减少了由人为因素引起的失误。此外, 人工智能在包装材料方面的应用也体现在性能预测与优化上, 为推动包装行业的可持续发展提供了有力支持。人工智能不仅在提升设计效率方面发挥着重要作用, 还能为包装设计师提供创意灵感。未来设计领域的主导趋势将是人机深度协作。

**关键词:** 人工智能; 包装设计; 图像识别; 深度学习技术; 质量检测; 包装材料

**中图分类号:** TB482; TP18

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1674-7100(2024)04-0081-08

**引文格式:** 郝发义, 刘伟丽. 人工智能在包装领域的应用及研究进展 [J]. 包装学报, 2024, 15(4): 81-88.

人工智能 (artificial intelligence, AI) 发展迅速, 已经深入到各个产业领域, 成为引领产业变革的重要驱动力, 为人类的生产生活及各行各业带来了巨大的创新<sup>[1-2]</sup>。在工业制造领域, 人工智能影响主要体现在提高效率、改善体验、优化决策、创新业务模式等方面。具体来说, 人工智能可以实现自动化协助供应链管理、辅助设计和开发产品、促进产品市场营销和销售, 以及提升客户服务等。同样地, 在包装领域, 人工智能重塑包装这个传统行业的格局, 为其带来前所未有的创新和突破。人工智能辅助包装设计能够为消费者设计出更加精准、个性化的包装方案, 提升产品销售量和利润<sup>[3]</sup>。同时, 人工智能在包装材料性能

预测中也发挥着越来越重要的作用, 它能够提高材料研发的效率, 降低成本, 并为可持续发展提供支持<sup>[4]</sup>。在包装运输中, 人工智能可以实现货运自动化, 优化包装运输方式, 防止包装损坏<sup>[5]</sup>。人工智能还可以辅助检测产品缺陷, 减少人为错误并降低包装成本。本文主要探讨人工智能在包装领域的最新应用, 并展望其未来发展趋势。

## 1 人工智能概述

人工智能是指能够执行以往只有人类才能完成的复杂任务 (如推理、决策或解决问题) 的技术和系

收稿日期: 2024-02-12

作者简介: 郝发义 (1978-), 男, 河南周口人, 上海理工大学讲师, 博士, 主要研究方向为绿色包装材料、冷链包装,

E-mail: haofayi@usst.edu.cn

统,包括机器学习、深度学习和自然语言处理等多种技术。机器学习描述了系统从特定问题的训练数据中学习的能力,以及自动执行分析模型的构建过程并解决相关任务<sup>[6]</sup>。现有的机器学习工具基础设施可以用于生成、测试和改进科学模型,特别适用于处理涉及大量组合空间或非线性过程的复杂问题。深度学习是一种基于人工神经网络(artificial neural network, ANN)的机器学习概念。对于许多应用而言,深度学习模型优于浅层机器学习模型和传统的数据分析方法。深度学习允许由多个处理层组成的计算模型学习具有多个抽象级别的数据表示,它是语音识别、视觉对象识别、对象检测以及药物发现和基因组学等许多领域的最新技术<sup>[7]</sup>。

使用人工智能的目的是为了帮助人类解决问题,创作出与人类思维模式类似甚至超越人类思维的模式。人工智能使机器代替人类实现认知、识别、分析、决策等一系列功能,其在一定程度上也是一种设计。设计思维中的基本原则是以人为本、归纳和迭代<sup>[8]</sup>,人工智能并没有破坏这一原则,反而它能够克服过去密集型设计过程中在规模、范围和学习方面的局限性。在人工智能的背景下,得到的解决方案甚至可以更加以用户为中心,更具有创造性,并可以跨越产品的整个生命周期进行学习迭代及不断更新。

## 2 人工智能在包装设计中的应用

包装设计是指将产品包装的外观、形状、材料、色彩、字体等方面进行设计,以达到美观、舒适,易于保护、识别和区分产品等目的的过程。包装设计不

仅仅具有产品保护和包装的功能,也是品牌形象传播的一种方式。归根结底,包装设计的目的是通过传达产品的特点、提升产品的价值感来实现营销目标,并促成销售<sup>[9]</sup>。

人工智能包装设计就是运用人工智能技术,帮助或实现包装方案的自动生成。基于机器学习和深度学习算法,通过对模型进行训练,使其具备对各种包装元素(如颜色、形状、字体等)进行学习与理解的能力。在此基础上,通过对海量的市场数据及用户的反馈进行分析,对产品进行优化,形成高质量的产品包装方案。最终,设计师可以对人工智能产生的设计结果做出微调,并对其进行个性化定制,从而更好地满足企业的需求。

ELEAI是由小象智合自主研发的生成式人工智能设计系统,其涵盖多项技术,实现了用户输入简要文字描述后的复杂技术模块的有机组合(见图1)。利用ELEAI,设计师能够迅速生成数十上百种创意方案。与传统设计流程相比,从原始草稿到成品包装的设计周期大幅缩短,工作效率提高了超过5倍,减少了60%以上的设计时间。这种集成了生成式人工智能技术的设计系统为包装行业带来了显著的创新和效率提升。

Vizit开发了世界上第一个视觉品牌绩效平台。该平台可提供预测性见解,包括消费者对内容的反应、品牌的内容表现与竞争对手的比较,以及哪些设计元素将吸引目标受众的注意力等,使产品在数字货架上脱颖而出。Vizit的人工智能可以解码视觉资产(内容、设计、照片、概念等),并将其分解为数千



图1 ELEAI设计过程

Fig. 1 The ELEAI design process

个视觉元素, 然后将这些元素与受众在线参与的成千上万种其他视觉效果进行比较, 确定视觉效果引起特定受众兴趣的可能性。通过优化视觉内容和设计, 帮助全球消费品牌获得更高的销售额, 为在线消费者提供卓越的视觉体验。

日本株式会社 PLUG 开发了面向设计者的 AI 设计平台: Package Design AI<sup>[10]</sup> (见图 2)。用户只需要上传图像素材, 并选择所面向消费者的大致信息, 它可以在一个小时内, 给出 1000 组商品的包装设计方, 并且计算出包装方案在不同受众类别中的受欢迎程度。

王老吉公司秉承“中国风”主题, 推出由人工智能自主设计的饮料系列。在设计过程中, 从概念提出到风格选择均由人工智能独立完成。如图 3 所示, 在这一创新实践中, 人工智能以传统笔墨为基础, 巧妙地融入春夏秋冬四季概念, 以及山水、林木、飞鸟等传统国风元素, 实现了在包装领域的创新突破。这一过程不仅令产品更具文化深度, 同时也为品牌注入了时尚与个性的元素, 进一步拓展了其市场影响力。

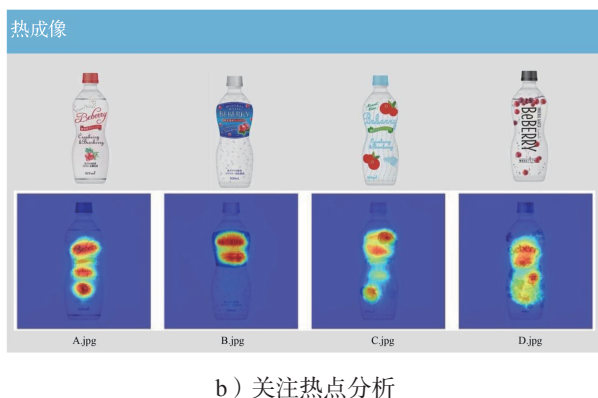


图 2 AI 辅助包装设计 & 关注热点分析

Fig. 2 AI-assisted packaging design and focus analysis



a) 千里江山主题



b) 山溪月色主题



c) 登高望秋主题



d) 青松凌云主题

图 3 王老吉 AI 设计包装

Fig. 3 Wanglaoji AI design packaging

### 3 人工智能在包装材料开发和性能预测中的应用

包装材料在整个包装工业中占据着至关重要的地位, 是发展包装技术、提高包装质量和降低包装成本的基础。因此, 了解包装材料的性能、应用范围和发展趋势对合理选用包装材料、扩大包装材料来源、提高包装技术水平与管理水平都具有重要的意义。随着大数据时代的到来以及机器学习算法的快速发展,

材料数据与各种机器学习技术相结合<sup>[11]</sup>，已被用于解决众多挑战性问题。例如，开发高效预测材料性质的替代模型<sup>[12]</sup>，筛选新型候选材料以满足特定应用需求，改进并加速分子及原子级模拟的新方法等。这些先进的方法在包装材料的研究和设计中发挥着越来越重要的作用。

### 3.1 人工智能在纸张材料中的应用

T. Garbowski 等<sup>[13]</sup>使用不同的人工智能算法建立瓦楞纸板生产所用纸张的机械参数、几何形状和纸板样品抗边缘挤压能力之间的关系，用以估算瓦楞纸板边缘的抗压性。该方法不仅在实施方面要求较低，而且准确性和精度都很高，展示了机器学习算法在实际应用中的巨大潜力。S. Adamopoulos 等<sup>[14]</sup>采用多元线性回归和人工神经网络对 32 种不同质量等级和来源的瓦楞纸进行了实验测试和数据分析，最终获得了可用于预测这些纸张力学性能的统计学模型。T. Gajewski 等<sup>[15]</sup>使用人工神经网络预测不同种类瓦楞纸包装的抗压强度，结果显示训练和测试误差均不超过 10%，证明了该神经网络模型的有效性，解决了由于可用训练数据有限而导致的参数识别难题。D. Almonti 等<sup>[16]</sup>利用人工神经网络预测纤维长度以实现纤维精炼过程的高精度控制，通过训练人工神经网络模型并对实验数据集进行分析，结果显示模型能出色地预测精炼后纤维的长度，证明了应用人工神经网络作为控制方法，有助于优化制造过程和产品性能，从而改善纸张结构和性能。K. Ciesielski 等<sup>[17]</sup>基于精炼化学浆的属性，利用神经网络方法预测纸张的表现密度、断裂长度和撕裂强度，结果显示模拟数据与实验数据之间有很好的关联性，表明该方法可以应用于其他造纸浆等级作为工业精炼过程中的通用控制系统，特别是在实时数据可用的情况下，预测精度可能更高。

### 3.2 人工智能在聚合物材料中的应用

Xu P. C. 等<sup>[11]</sup>通过两个案例详细讨论了如何利用机器学习辅助设计和发现聚合物材料（见图 4），总结了关于聚合物材料中机器学习的发展趋势，常用算法、聚合物描述符、机器学习工作流程及其在材料科学中的进展。Han U. 等<sup>[18]</sup>提出了一种基于小数据集的回归方法，用于预测聚合物薄膜吸附性质。相较于传统的浅层神经网络，该回归方法在少量样本上的泛化性能更优，并随着训练数据规模及组合方式的变化而变化，尤其是增加多样性的扩展数据，可以进

一步优化模型性能，从而为聚合物吸附过程提供精准指导和设计依据。A. N. Wilson 等<sup>[19]</sup>开发了一种基于机器学习的工具 PolyID，以增加可再生原料的设计空间，从而能够有效地发现具有性能优势的生物基聚合物。

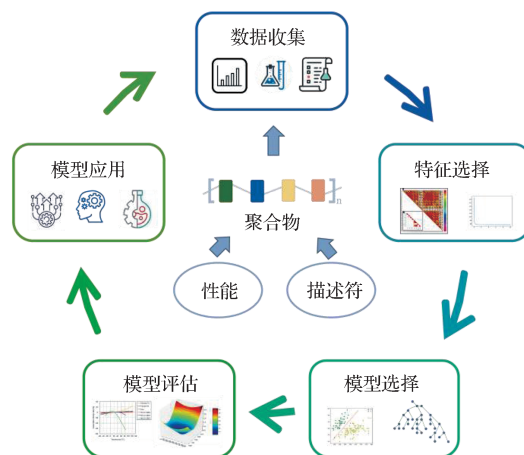


图 4 聚合物材料设计和发现的机器学习流程图

Fig. 4 Flow chart of ML process for polymer materials design and discovery

### 3.3 人工智能在多孔材料中的应用

K. M. Graczyk 等<sup>[20]</sup>证明了卷积神经网络（convolutional neural networks, CNN）可以准确预测孔隙率、渗透率和扭曲度，为多孔介质的性能预测提供了有效工具。N. Alqahtani 等<sup>[21]</sup>利用卷积神经网络进行机器学习，以预测多孔介质的物理特性，结果显示当模型使用二值图像训练时，孔隙度、比表面积和平均孔径的相对误差小于 6%；而使用灰度图像训练时，误差则小于 7%，表明了模型的预测性能良好。T. Cawte 等<sup>[22]</sup>使用 7 种机器学习算法预测多孔纤维材料传输特性，结果显示梯度提升回归（gradient boosting regression, GBR）、人工神经网络和支持向量回归（support vector regression, SVR）在预测单相性质方面表现较佳，其误差统计上无显著差异，且 GBR 在预测相对传输性质时提供了最好的预测精度。

综上所述，人工智能在包装材料中的应用涵盖了多个方面，包括纸张性能预测、多孔介质性质预测、聚合物材料设计等。这些研究为包装材料的性能优化和设计提供了新的思路，展示了人工智能在材料科学和工程领域中的潜在价值。未来可以进一步深化机器学习和深度学习技术在包装材料中的应用，以便更好

地满足不断发展的包装需求。

## 4 人工智能在包装质量检测中的应用

包装质量检测对于确保产品质量和消费者安全至关重要。传统的人工检测方法存在一定的局限性,如误检率高、效率低下等。随着人工智能的发展,特别是深度学习技术的应用,包装质量检测得到了有效的改进。

Han Y. 等<sup>[23]</sup>提出了基于诱导深度学习的实时泡罩包装识别系统,以辅助药剂师进行药品核对和调配,有效减少了处方发药过程中的错误。N. Banús 等<sup>[24]</sup>基于深度学习使食品包装封口流程自动执行质量控制,不仅实现了流程自动化,还提高了质量控制流程的效率和安全性。S. Sundaram 等<sup>[25]</sup>设计了一个自定义的卷积神经网络模型,该模型在检测铸造产品时的准确率高达 99.86%,并开发了一款车间应用软件,使检测过程更加简便。Liu X. Z. 等<sup>[26]</sup>设计了一个基于结构光和深度学习技术的食品包装识别与分拣系统,以解决传统视觉算法在处理透明或反光食品包装材料时识别准确率低的问题,以及在引导机械臂抓取时  $z$  轴高度定位参数需手动设置导致的误差问题。实际测试结果表明,该方法能够以高准确率自动识别并抓取多种类型的食品包装,实现了全自动化操作,有助于食品生产商降低成本、提高生产效率。S. Suh 等<sup>[27]</sup>设计了一种新的基于卷积神经网络的输入图像质量验证方法,用于检查包装运输标签的质量,以减少因地址错误导致的物流派送失败的情况。结果表明,该方法在实际捕捉和生成的图像上都取得了优于其他方法的性能,有助于根据分类出的条件应用不同的图像预处理步骤,从而改进运输地址识别和验证系统的性能。

人工智能在包装质量检测中的应用表现出显著的优势,提高了检测效率和准确性,减少了人为因素导致的错误<sup>[28]</sup>。随着技术的不断进步,可以进一步优化深度学习模型,拓展应用领域,实现更全面、更智能的包装质量检测系统。

## 5 人工智能在商品包装识别中的应用

商品包装的识别主要依靠目标检测技术,它是一

种从图像中寻找目标类别和位置的技术。在货架商品的目标检测中,存在着一系列问题,如商品种类繁多、商品摆放密集、同类商品相似度高等。这些问题导致目标检测技术难以准确识别重叠商品、小尺寸商品和类似商品。此外,货架上通常商品摆放密集,目标框之间容易出现交叉区域,也会给后续识别造成一定困扰。自 A. Vedaldi 等<sup>[29]</sup>于 2012 年提出的 AlexNet 荣获 ImageNet 图像识别冠军以来,基于深度神经网络(deep-learning neural network, DNN)的深度学习目标检测技术已成为当前目标检测的主流方法。

DNN 目标检测技术是提取低级特征,将低级特征组合成高级特征,通过自主学习特征数据对目标进行定位和检测的技术<sup>[30]</sup>。目前,常见的深度学习目标检测模型有卷积神经网络<sup>[31]</sup>、受限玻尔兹曼机(restricted boltzmann machines, RBM)、自动编码<sup>[32]</sup>(auto-encoder, AE)等。Li J. S. 等<sup>[33]</sup>将卷积神经网络应用于超市商品识别,建立了包含 35 个不同类别的商品数据集,包括 3500 张照片,并采用 CifarNet、CaffeNet 和 AlexNet 三种不同的 CNN 框架进行模型训练和评估,其中 AlexNet 识别率最高,为 76.3%。P. Pandey 等<sup>[34]</sup>将残差神经网络(residual neural network, ResNet)、AlexNet 和 GoogleNet 作为特征提取子网并行引入框架,将 3 个子网络的特征输出相结合,创新地开发出集成网络。在 Food-101 数据集上的测试结果表明,集成网络性能优于单一网络结构,进一步提高了图像识别效果,识别率达到 72.12%。K. Fuchs 等<sup>[35]</sup>评估了 CNN 架构在零售环境中可靠识别包装产品的潜力,并将商品检测技术分为分类模块和目标检测模块。在商品分类模块中,使用了 3 种不同的算法(即 Inception Resnet v2、ResNet50 v2 和 MobileNet v2)进行测试。在 39 种不同商品的分类任务中,识别率可达 90% 以上,其中最高识别率的初创 ResNet V2 为 97.7%。在目标检测模块中,使用快速区域卷积神经网络(Faster-RCNN)、RetinaNet 和单次多边框检测(single shot multibox detector, SSD)来评估目标检测网络在零售环境中支持产品检测的潜力,只有 RetinaNet 的识别率达到了 90% 以上。最后,综合测试结果表明,ResNet + RetinaNet 架构的识别率达到 90% 以上。

深度学习目标检测方法,尤其是基于卷积神经网络的模型在商品包装识别领域取得了显著的成果。这些深度学习目标检测模型在解决货架商品检测

中的问题上发挥了重要作用,为提高商品包装的识别率和效率提供了有力支持。

## 6 展望

人工智能的发展是计算机科学、仿生学、生物学、心理学等学科发展的结果。人工智能参与到包装设计过程中,不仅可以提升设计效率,还形成了创新性的视觉和功能性设计。在人工智能超强计算能力和存储能力的支持下,一些基于数据和逻辑分析的设计过程可以由机器高效完成;而那些依靠观察力、想象力、同理心和创造力的设计方法和过程,仍然是设计师的主要任务,人机深度协作将是设计师参与设计的主要模式。在包装材料应用方面,分子性质预测具有重要的研究意义和应用价值。将人工智能与分子性质预测领域相结合,可以减少实验误差、加快开发进程、降低开发成本<sup>[36-37]</sup>。通过对包装材料性能的精准预测,设计者能够更有针对性地优化材料选择,提高包装的功能性和效益。此外,通过人工智能在可持续包装方面的应用,可以更好地权衡环保因素,推动包装产业朝着可持续的方向发展。包装质量检测是确保产品品质的重要环节。人工智能在包装质量检测中的应用提高了检测效率和准确性,减少了人为因素导致的失误。

人工智能在包装领域的应用也面临着一些挑战。如何确保数据的安全与隐私、如何解决技术实施中的伦理问题、如何避免技术的滥用和歧视,确保技术的公平性和透明性等,都是需要关注和思考的问题。总之,人工智能与其他技术的融合将给包装带来更多机遇和挑战。

### 参考文献:

- [1] JAN Z, AHAMED F, MAYER W, et al. Artificial Intelligence for Industry 4.0: Systematic Review of Applications, Challenges, and Opportunities[J]. *Expert Systems with Applications*, 2023, 216: 119456.
- [2] JESTE D V, GRAHAM S A, NGUYEN T T, et al. Beyond Artificial Intelligence: Exploring Artificial Wisdom[J]. *International Psychogeriatrics*, 2020, 32(8): 993-1001.
- [3] 濮子涵, 杨 滨. 人工智能辅助技术在包装设计中的应用研究[J]. *包装工程*, 2023, 44(12): 273-281.  
PU Zihan, YANG Bin. Application of Artificial Intelligence Aided Technology in Packaging Design[J]. *Packaging Engineering*, 2023, 44(12): 273-281.
- [4] BUTLER K T, DAVIES D W, CARTWRIGHT H, et al. Machine Learning for Molecular and Materials Science[J]. *Nature*, 2018, 559: 547-555.
- [5] MES M, LALLA-RUIZ E, VOß S. Special Issue on “Artificial Intelligence for Automation in Freight Transport” [J]. *International Transactions in Operational Research*, 2023, 30(1): 644-645.
- [6] JANIESCH C, ZSCHECH P, HEINRICH K. Machine Learning and Deep Learning[J]. *Electronic Markets*, 2021, 31(3): 685-695.
- [7] LECUN Y, BENGIO Y, HINTON G. Deep Learning[J]. *Nature*, 2015, 521: 436-444.
- [8] AUERNHAMMER J, ROTH B. The Origin and Evolution of Stanford University’s Design Thinking: From Product Design to Design Thinking in Innovation Management[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2021, 38(6): 623-644.
- [9] KRISHNA A, CIAN L C, AYDINOĞLU N Z. Sensory Aspects of Package Design[J]. *Journal of Retailing*, 2017, 93(1): 43-54.
- [10] 刘 粮. AIGC 智能驱动下包装设计行业的挑战与机遇[J]. *包装工程*, 2023, 44 (增刊 2): 236-240.  
LIU Liang. Challenges and Opportunities of Packaging Design Industry Driven by AIGC Intelligence[J]. *Packaging Engineering*, 2023, 44(S2): 236-240.
- [11] XU P C, CHEN H M, LI M J, et al. New Opportunity: Machine Learning for Polymer Materials Design and Discovery[J]. *Advanced Theory and Simulations*, 2022, 5(5): 2100565.
- [12] PILANIA G. Machine Learning in Materials Science: From Explainable Predictions to Autonomous Design[J]. *Computational Materials Science*, 2021, 193: 110360.
- [13] GARBOWSKI T, KNITTER-PIĄTKOWSKA A, GRABSKI J K. Estimation of the Edge Crush Resistance of Corrugated Board Using Artificial Intelligence[J]. *Materials*, 2023, 16(4): 1631.
- [14] ADAMOPOULOS S, KARAGEORGOS A, RAPTIE, et al. Predicting the Properties of Corrugated Base Papers Using Multiple Linear Regression and Artificial Neural Networks[J]. *Drewno*, 2016, 59(198): 61-72.
- [15] GAJEWSKI T, GRABSKI J K, CORNAGGIA A, et al. On the Use of Artificial Intelligence in Predicting the Compressive Strength of Various Cardboard Packaging[J]. *Packaging Technology and Science*, 2024, 37(2): 97-105.

- [16] ALMONTI D, BAIOTTO G, TAGLIAFERRI V, et al. Artificial Neural Network in Fibres Length Prediction for High Precision Control of Cellulose Refining[J]. *Materials*, 2019, 12(22): 3730.
- [17] CIESIELSKI K, OLEJNIK K. Application of Neural Networks for Estimation of Paper Properties Based on Refined Pulp Properties[J]. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2014, 22(5): 126–132.
- [18] HAN U, KANG T, IM J, et al. A Small-Data-Driven Model for Predicting Adsorption Properties in Polymeric Thin Films[J]. *Chemical Communications*, 2022, 58(78): 10953–10956.
- [19] WILSON A N, ST JOHN P C, MARIN D H, et al. PolyID: Artificial Intelligence for Discovering Performance-Advantaged and Sustainable Polymers[J]. *Macromolecules*, 2023, 56(21): 8547–8557.
- [20] GRACZYK K M, MATYKA M. Predicting Porosity, Permeability, and Tortuosity of Porous Media from Images by Deep Learning[J]. *Scientific Reports*, 2020, 10: 21488.
- [21] ALQAHTANI N, ALZUBAIDI F, ARMSTRONG R T, et al. Machine Learning for Predicting Properties of Porous Media from 2D X-Ray Images[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020, 184: 106514.
- [22] CAWTE T, BAZYLAK A. Accurately Predicting Transport Properties of Porous Fibrous Materials by Machine Learning Methods[J]. *Electrochemical Science Advances*, 2023, 3(1): e2100185.
- [23] HAN Y, CHUNG S L, XIAO Q, et al. Pharmaceutical Blister Package Identification Based on Induced Deep Learning[J]. *IEEE Access*, 2021, 9: 101344–101356.
- [24] BANÚS N, BOADA I, XIBERTA P, et al. Deep Learning for the Quality Control of Thermoforming Food Packages[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11: 21887.
- [25] SUNDARAM S, ZEID A. Artificial Intelligence-Based Smart Quality Inspection for Manufacturing[J]. *Micromachines*, 2023, 14(3): 570.
- [26] LIU X Z, LIANG J X, YE Y P, et al. A Food Package Recognition and Sorting System Based on Structured Light and Deep Learning[EB/OL]. [2023–12–22]. <http://arxiv.org/abs/2309.03704>.
- [27] SUH S, LUKOWICZ P, LEE Y O. Fusion of Global-Local Features for Image Quality Inspection of Shipping Label[C]//2020 25th International Conference on Pattern Recognition (ICPR). Milan: IEEE, 2021: 2643–2649.
- [28] 王耀南, 刘学兵, 张 辉, 等. 机器视觉技术在包装行业研究进展与应用综述[J]. *包装学报*, 2022, 14(2): 1–14.  
WANG Yaonan, LIU Xuebing, ZHANG Hui, et al. Research Progress and Application Review of Machine Vision Technology in Packaging Industry[J]. *Packaging Journal*, 2022, 14(2): 1–14.
- [29] VEDALDI A, LENC K. MatConvNet: Convolutional Neural Networks for MATLAB[C]//Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Multimedia. Brisbane: ACM, 2015: 689–692.
- [30] HINTON G E, SALAKHUTDINOV R R. Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks[J]. *Science*, 2006, 313(5786): 504–507.
- [31] KRIZHEVSKY A, SUTSKEVER I, HINTON G E. ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks[J]. *Communications of the ACM*, 2017, 60(6): 84–90.
- [32] AN J W, CHO S Z. Variational Autoencoder Based Anomaly Detection Using Reconstruction Probability[J]. *Special Lecture on IE*, 2015, 2: 1–18.
- [33] LI J S, WANG X C, SU H. Supermarket Commodity Identification Using Convolutional Neural Networks[C]//2016 2nd International Conference on Cloud Computing and Internet of Things (CCIOT). Dalian: IEEE, 2016: 115–119.
- [34] PANDEY P, DEEPTHI A, MANDAL B, et al. FoodNet: Recognizing Foods Using Ensemble of Deep Networks[J]. *IEEE Signal Processing Letters*, 2017, 24(12): 1758–1762.
- [35] FUCHS K, GRUNDMANN T, FLEISCH E. Towards Identification of Packaged Products via Computer Vision: Convolutional Neural Networks for Object Detection and Image Classification in Retail Environments[C]//Proceedings of the 9th International Conference on the Internet of Things. Bilbao: ACM, 2019: 1–8.
- [36] SONG Y B, CHEN J H, WANG W J, et al. Double-Head Transformer Neural Network for Molecular Property Prediction[J]. *Journal of Cheminformatics*, 2023, 15(1): 27.
- [37] WALTERS W P, BARZILAY R. Applications of Deep Learning in Molecule Generation and Molecular Property Prediction[J]. *Accounts of Chemical Research*, 2021, 54(2): 263–270.

(责任编辑: 李玉华)

## Application and Research Progress in Artificial Intelligence in the Field of Packaging

HAO Fayi, LIU Weili

( College of Communication and Art Design, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China )

**Abstract:** Using literature research and case study, the current status of the application of artificial intelligence in the field of packaging was studied to reveal the great potential of artificial intelligence in the field of packaging. Firstly, the application of AI in packaging design was described, such as using AI algorithms for packaging design optimization, personalized packaging and so on. Secondly, the application of AI in three kinds of packaging materials was summarized, such as using AI algorithms to predict and optimize the performance of packaging materials and so on. Finally, the application of artificial intelligence in packaging quality inspection and commodity packaging recognition was discussed and researched, such as utilizing image recognition and deep learning technology for packaging quality inspection and commodity packaging recognition to improve the accuracy and efficiency of packaging inspection, etc. Through the introduction of AI, the efficiency and accuracy of packaging quality inspection and commodity packaging identification have been improved, effectively reducing errors caused by human factors. In addition, the application of AI in packaging materials was also reflected in performance prediction and optimization, providing strong support for promoting the sustainable development of the packaging industry. Artificial intelligence not only plays an important role in improving design efficiency, but also provides creative inspiration for packaging designers. The dominant trend in the future design field will be in-depth human-machine collaboration.

**Keywords:** artificial intelligence; package design; image recognition; deep learning technology; quality inspection; packaging material