

# 基于数据的室内设计：机器学习的实践与应用

张鸿莉, 陈建生

上海应用技术大学艺术与设计学院, 上海

收稿日期: 2024年4月1日; 录用日期: 2024年6月20日; 发布日期: 2024年6月28日

## 摘要

本文研究了机器学习在室内设计中的应用, 特别关注了机器学习如何改变设计师的工作方式和设计过程。文章首先介绍了机器学习的基本原理和方法, 然后详细分析了机器学习在室内设计中的应用, 包括用户行为分析、设计元素选择、设计效果预测等方面。文章还讨论了机器学习在室内设计中面临的挑战, 如数据隐私和安全问题, 以及技术实施的难度。尽管面临挑战, 但机器学习为室内设计师提供了新的设计思维和方法, 使设计工作变得更加数据驱动和智能化。最后, 文章展望了机器学习在室内设计中的未来应用, 并呼吁设计师和研究者积极应对挑战, 抓住机会, 以实现更好的设计和研究结果。

## 关键词

机器学习, 室内设计, 数据分析, 跨学科视角, 设计自动化

# Data-Based Interior Design: Practice and Application of Machine Learning

Hongli Zhang, Jiansheng Chen

School of Art and Design, Shanghai Institute of Technology, Shanghai

Received: Apr. 1<sup>st</sup>, 2024; accepted: Jun. 20<sup>th</sup>, 2024; published: Jun. 28<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

This article examines the application of machine learning to interior design, with a particular focus on how machine learning is changing the way designers work and the design process. The article first introduces the basic principles and methods of machine learning, and then analyzes the application of machine learning in interior design in detail, including user behavior analysis, design element selection, and design effect prediction. The article also discusses the challenges of machine learning in interior design, such as data privacy and security concerns, and the difficulty of implementing the technology. Despite the challenges, machine learning provides interior de-

signers with new design thinking and methods, making design work more data-driven and intelligent. Finally, the article looks forward to the future application of machine learning in interior design, and calls on designers and researchers to actively address challenges and seize opportunities to achieve better design and research results.

## Keywords

Machine Learning, Interior Design, Data Analysis, Interdisciplinary Perspective, Design Automation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

随着信息化社会的发展,数据已经渗透到我们生活的方方面面。在室内设计领域,数据的重要性也日益凸显。室内设计与数据的关系可以从多个方面体现:从设计需求的收集和分析,到空间使用者的行为模式理解,再到设计效果的评估,都离不开数据的支持。数据不仅可以提供量化的信息帮助设计师做出更好的决策,还可以提供更深入的见解以理解设计的复杂性和多样性。而对于如何获取并利用这些数据,就需要借助于强大的工具,机器学习就是其中之一。

机器学习,作为人工智能的一种方法,通过让计算机系统从数据中学习并改进,无需明确的程序设计。在室内设计领域,机器学习有巨大的潜力。例如,通过分析大量的设计案例数据,机器学习模型可以帮助设计师理解不同设计元素如何影响空间的功能性和舒适度。再如,通过对使用者行为数据的学习,可以揭示出他们对于空间的实际使用情况和需求,从而指导设计的优化。这些都是传统设计方法难以实现的。

本文的目的是探讨机器学习在室内设计中的应用,以及其对室内设计实践带来的改变和挑战。文章首先概述了室内设计面临的一些问题和挑战,然后介绍了机器学习的基本概念,接着详细讨论了基于数据的室内设计实践。通过调查一些案例,研究机器学习如何在实际设计中发挥作用。最后,希望这篇论文能够为设计师和研究人员提供一种新的视角,以理解和利用数据驱动的设计方法。

## 2. 室内设计的问题和挑战

室内设计是一项复杂的任务,需要考虑到多种元素,包括空间规划、材料选择、照明设计、颜色搭配等[1]。每个设计项目都是独特的,需要根据具体的空间、使用者需求和预算进行定制化设计。设计的多样性使得设计师需要具备广泛的知识 and 技能,同时也需要在短时间内理解和把握项目的特点和挑战。机器学习有潜力帮助设计师更好地处理这种复杂性和多样性。

客户的需求和期望也在不断变化。随着生活方式和科技的发展,人们对于空间的使用方式和设计美学的理解也在变化。例如,智能家居技术的普及使得人们开始期望空间能够提供更多的便利和个性化功能[2]。机器学习可以帮助设计师了解和预测这些变化,从而进行更灵活和前瞻性的设计。

可持续性和环保设计的需求也日益增加。设计师需要考虑如何使用环保材料,如何优化空间的能源效率,如何减少设计和施工的废弃物等问题[3]。通过机器学习,设计师可以从大量的环保设计案例和数据中学习,找出最有效的策略和方法。

总的来说,室内设计面临的问题和挑战既复杂又多样。机器学习提供了一种新的工具,可以帮助设

计师更好地理解 and 解决这些问题。

### 3. 机器学习简介

#### 3.1. 机器学习的定义和类型

机器学习, 作为人工智能的一个重要分支, 主要涉及到让计算机系统从数据中自动学习和改进, 无需明确的程序设计[4]。通过构建数学模型, 机器学习可以找出数据中的隐藏模式, 进行预测和决策。

机器学习的类型主要包括监督学习、无监督学习、半监督学习和强化学习。在监督学习中, 模型通过标签化的训练数据进行学习, 然后用于预测新数据的结果。无监督学习则是在没有标签的数据中发现模式或结构。半监督学习是监督学习和无监督学习的结合, 利用少量的标签数据和大量的非标签数据进行学习。强化学习是让模型通过不断的试错和反馈, 学习如何在环境中采取最优的行动[5] (见图 1)。

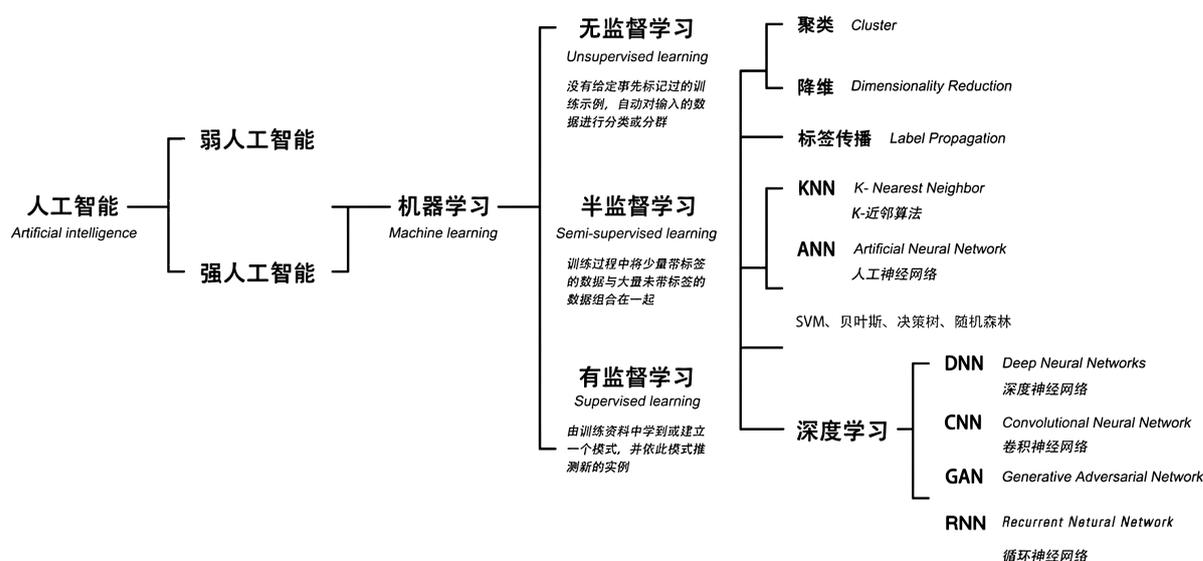


Figure 1. Relationship framework for artificial intelligence-machine learning-deep learning

图 1. 人工智能 - 机器学习 - 深度学习的关系框架<sup>①</sup>

#### 3.2. 机器学习的应用示例

机器学习已经在许多领域得到应用, 例如在医疗领域, 机器学习可以用于疾病的预测和诊断。在金融领域, 机器学习可以用于信用评分和股票市场预测。在市场营销中, 机器学习可以用于消费者行为分析和推荐系统[6]。

在设计和创意领域, 机器学习的可能性也正在被探索。比如, 通过机器学习分析历史设计案例, 可以帮助设计师找出成功设计的模式和规律。在产品设计中, 机器学习可以用于优化设计参数, 实现更高的性能和效率[7]。而在室内设计领域, 如前文所述, 机器学习可以帮助设计师处理设计复杂性, 理解和预测客户需求, 以及推动环保设计。

### 4. 基于数据的室内设计实践

#### 4.1. 数据收集和处理

在基于数据的室内设计实践中, 数据的收集和处理是关键步骤。在项目的早期阶段, 设计师需要收集各种数据, 包括空间尺寸、使用者需求、环境因素等。这些数据可以从多种来源获取, 例如现场测量、

客户访谈、问卷调查等。现代的技术, 如传感器和物联网设备, 也能提供更丰富和精确的数据, 例如空间使用情况、环境噪声、光照条件等。

在数据收集之后, 需要进行数据清洗和预处理, 以便进行后续的分析 and 建模。这可能包括去除异常值、处理缺失数据、数据标准化等步骤。这是一个重要但往往被忽视的步骤, 因为数据质量直接影响到机器学习模型的性能[8]。

此外, 对于文本和图像等非结构化数据, 还需要进行特征提取。例如, 在分析设计图纸时, 可能需要通过计算机视觉技术, 提取出空间布局、颜色和材料等特征[8]。这些特征可以被机器学习模型用于理解设计的样式和效果(见图 2)。

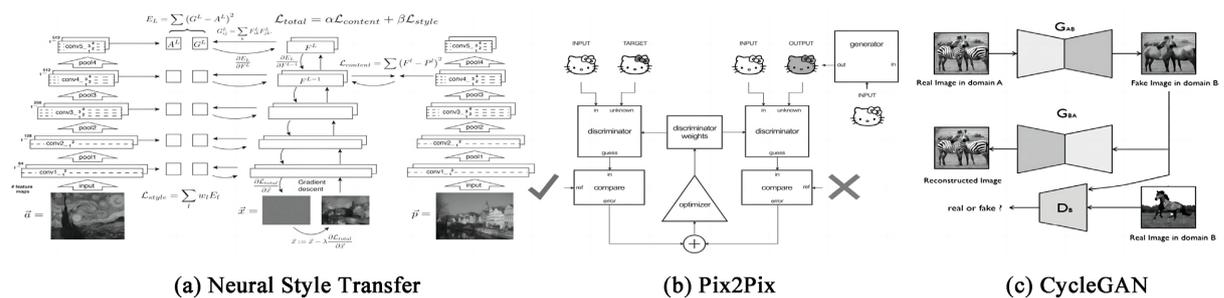


Figure 2. The main process of machine learning algorithms  
图 2. 机器学习算法的主要流程<sup>②</sup>

总的来说, 数据收集和处理是基于数据的室内设计实践的重要环节。只有获取到高质量的数据, 并且正确地处理和表示这些数据, 机器学习才能在设计中发挥其应有的作用。

#### 4.2. 应用机器学习模型进行分析和预测

在收集和整理了必要的的数据后, 我们可以应用机器学习模型来进行分析和预测。具体的模型选择取决于问题的性质和目标[9]。

例如, 我们可以使用聚类算法, 如 K-means 或者层次聚类, 来发现不同的设计风格或者使用者行为模式。这可以帮助设计师更好地理解和划分客户群体, 为每个群体提供更个性化的设计方案。

又比如, 我们可以使用决策树或者随机森林等分类算法[4], 来预测某个设计方案是否会受到客户的喜爱。这可以帮助设计师在早期阶段就筛选出更有可能成功的设计方案, 提高工作效率。还有, 我们可以使用线性回归或者神经网络等回归算法, 来预测设计方案的性能, 例如能源效率、声学效果等[10]。这可以帮助设计师优化设计方案, 实现更好的舒适性和可持续性。此外, 强化学习也可以被用于室内设计中, 通过模拟和反馈, 找出最优的设计决策序列[9]。这在处理复杂和多目标的设计问题时, 具有独特的优势。

在应用机器学习模型时, 需要注意模型的评估和调优。模型的性能应该通过交叉验证或者独立的测试数据进行评估。模型的超参数, 如决策树的深度, 神经网络的层数和节点数, 应通过网格搜索或者贝叶斯优化等方法进行调优。

#### 4.3. 如何根据机器学习的结果进行设计决策

从机器学习模型得到的分析和预测结果, 应该被设计师用作设计决策的依据。但这并不意味着设计师需要完全依赖于这些结果, 而是应该将其作为一种工具, 辅助自己的专业知识和直觉。

首先, 设计师可以从机器学习的结果中, 获取关于客户需求、使用行为和偏好的深入理解。这可以

帮助设计师发现新的设计机会, 提出创新的设计概念。例如, 如果聚类分析发现有一部分客户更喜欢自然和环保的设计风格, 那么设计师就可以考虑使用更多的可再生材料和节能技术, 以满足这些客户的需求[11]。

其次, 设计师可以通过机器学习的预测结果, 进行更有针对性的设计方案选择和优化。例如, 如果回归模型预测某个设计方案的能源效率较低[10], 那么设计师就可以调整设计参数, 例如改变窗户的大小和方向, 来提高能源效率。

最后, 设计师可以使用机器学习的结果, 进行更有效的设计演示和沟通。例如, 可以使用分类模型的结果, 向客户展示不同设计方案可能的接受度。这不仅可以提高客户的满意度, 也可以提高设计决策的透明度和信任度。

总的来说, 机器学习的结果应该被视为一种有价值的信息源, 可以帮助设计师进行更科学和有效的设计决策。但这并不取代设计师的专业知识和创新能力, 而是与之相辅相成。

## 5. 案例研究

### 5.1. 商业空间设计

商业空间设计是一种特别需要考虑使用者需求和商业目标的设计类型。我们可以通过一个案例来说明如何在商业空间设计中应用机器学习方法。

在这个案例中, 设计师被委托重新设计一个购物中心的内部空间。设计师首先通过问卷调查和传感器设备, 收集了大量关于使用者行为和反馈的数据。然后, 设计师使用 K-means 算法, 对使用者进行了聚类分析(见图 3), 发现了三种主要的使用者类型: 家庭购物者、年轻时尚购物者和休闲游客[12]。

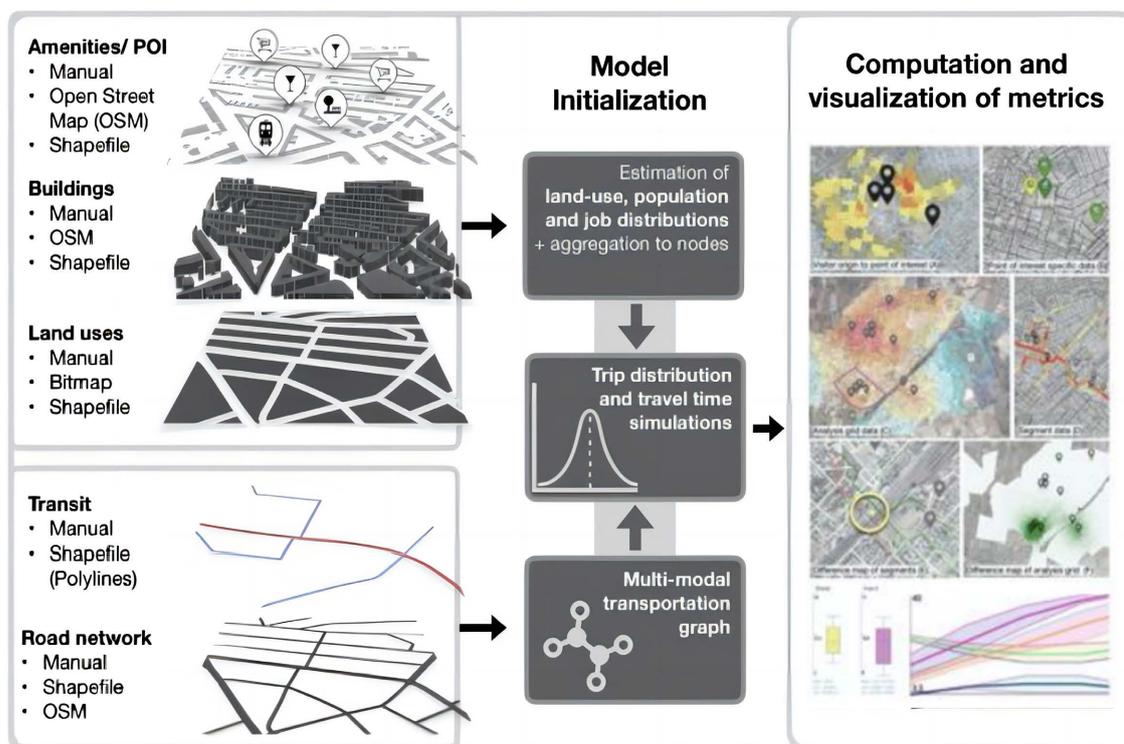


Figure 3. Site data analysis

图 3. 场地数据分析<sup>®</sup>

基于这些发现, 设计师提出了三个针对不同使用者类型的设计概念。然后, 他们使用随机森林模型, 预测了每个设计概念对应的使用者满意度。预测结果表明, 对于家庭购物者和年轻时尚购物者, 提供儿童游乐区和时尚品牌店铺是最有效的设计策略; 而对于休闲游客, 提供休息区和咖啡店是最好的选择。

在实施设计方案之后, 设计师通过传感器设备, 收集了新的使用者行为数据, 验证了预测结果的准确性。设计师发现, 经过重新设计的购物中心, 不仅使用者满意度大大提高, 商家的销售额也有了显著的增长。

这个案例展示了如何在商业空间设计中应用机器学习方法, 包括数据收集、聚类分析、预测模型和设计优化。这不仅能提高设计的效率和效果, 也能为商业空间带来更大的商业价值。

## 5.2. 居住空间设计

在居住空间设计中, 机器学习的应用主要体现在理解居民的行为模式和喜好、预测设计效果、以及优化设计决策等方面。以下案例将具体展示如何将机器学习应用于一个公寓内部设计项目中。

在这个案例中, 设计师负责一个公寓的内部装修设计, 包括起居室、厨房、卧室等房间的布局、家具选择、以及装饰元素的设计等。设计师通过对过去项目的回顾和分析, 以及与客户访谈和调查, 收集了大量的数据, 包括房间的大小、形状、光线、客户的年龄、生活习惯、喜好等。然后, 设计师使用聚类分析方法, 将客户分为几个不同的群体, 比如年轻的单身人士、有小孩的家庭、退休的老年人等。对于每个群体, 设计师又使用决策树模型, 分析了不同的设计元素(例如家具的类型和布局、颜色和材料的选择等)对居民满意度的影响。这使设计师可以针对不同的客户群体, 提出更加符合其需求和喜好的设计方案。最后, 设计师根据模型的分析结果, 进行了设计决策。例如, 模型分析显示, 对于年轻的单身人士, 现代和简约的设计风格、充足的存储空间、以及便于社交的公共区域设计, 可以显著提高其满意度。因此, 设计师在设计方案中考虑了这些因素。设计实施后, 设计师通过收集和分析客户的反馈, 进一步优化和调整了设计方案(见图 4, 图 5)。

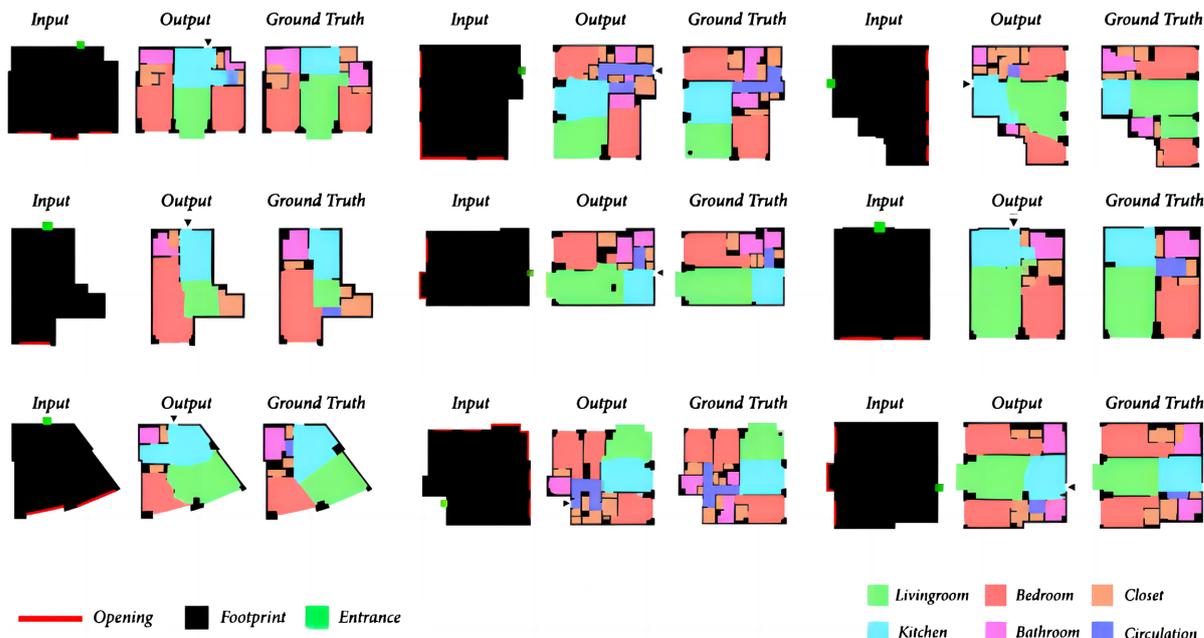
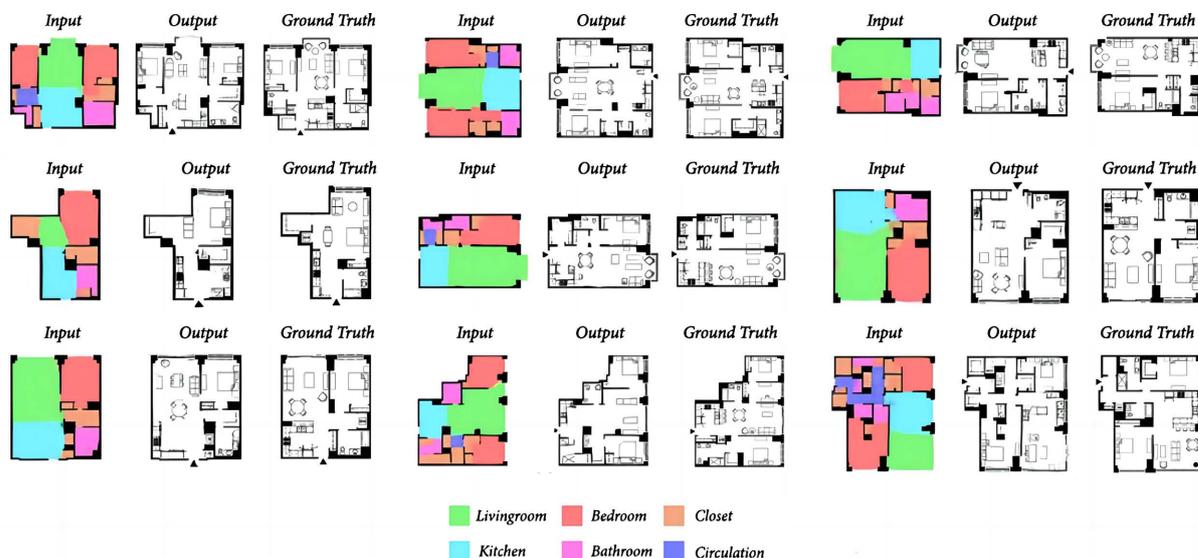


Figure 4. Floor plan network model

图 4. 平面规划网络模型<sup>④</sup>



**Figure 5.** Layout generated network model  
**图 5.** 家具生成的网络模型<sup>④</sup>

这个案例展示了如何在居住空间设计中应用机器学习，通过数据驱动的方式，更好地理解 and 满足客户的需求，实现更高的设计满意度。这种方法可以广泛应用于室内设计的各个领域和阶段，为设计师提供了新的设计工具和思路[13]。

### 5.3. 公共空间设计

公共空间设计是室内设计中的一个重要部分，需要考虑到使用公共空间的各种人群的需求。下面是一个关于如何在公共空间设计中应用机器学习的案例。

设计师被委托改造一个图书馆的内部空间，以更好地服务社区的居民。设计师首先通过在线问卷和现场访谈，收集了大量关于居民使用图书馆空间的数据，包括常用功能区域、停留时间、活动类型等。然后，设计师使用神经网络模型，预测了不同设计方案对于图书馆使用率的影响。

基于模型的预测结果，设计师进行了具体的设计决策。例如，模型预测一个舒适而安静的阅读区和一个多功能活动区，可以显著提高图书馆的使用率，因此设计师在设计方案中加入了这些元素。同时，模型还预测了不同年龄组的使用者对于不同功能区的偏好，这帮助设计师合理布局图书馆的空间，以满足不同使用者的需求。

实施设计方案之后，设计师通过问卷调查和图书馆的使用数据，验证了模型的预测准确性。结果显示，经过改造的图书馆得到了使用者的高度认可，使用率也显著提高。

这个案例向我们展示了如何在公共空间设计中应用机器学习方法，实现对使用者需求的深入理解和满意度的提升[14]。这种方法可以广泛应用于公共空间设计的各个领域，为使用者创造出更加舒适和有利于社区交往的公共空间。

## 6. 机器学习在室内设计中的挑战与未来展望

在应用机器学习于室内设计中时，我们同时面临诸多挑战和机遇。首要挑战是数据隐私和安全。在收集和处理用户数据的过程中，我们必须确保用户隐私得到妥善保护，数据的存储和传输安全无误。设计师和数据科学家需共同遵循相关的法律和伦理规定，并利用如加密和匿名化等技术手段保护数据安全，同时，也要向用户清楚地通知数据的收集和使用方式，并获取他们的同意。

其次, 技术实施的难度亦是一个不小的挑战。虽然机器学习的理论和技术已相当成熟, 但在实际的设计过程中应用这些技术仍需要专业的知识和技能。设计师需与数据科学家紧密合作, 并在实践中不断学习和积累经验。这对设计师来说, 既是一个新的挑战, 也是一个不可多得的学习和发展机会。

然而, 尽管面临这些挑战, 我们仍然相信, 机器学习在室内设计中具有巨大的潜力和价值。通过机器学习, 设计师可以更有效地处理大量的数据和复杂的问题, 提高设计的效率和质量。机器学习为设计师提供新的设计思维和方法, 能更精准地理解和满足用户需求, 实现更高的设计满意度, 促进设计创新和发展。

未来, 设计师可以通过机器学习分析用户的行为和反馈, 以更好地理解用户的需求和期望。设计师还可以通过机器学习探索和实验新的设计元素和组合, 以实现更加创新和个性化的设计。此外, 设计师还可以通过机器学习优化设计的过程和流程, 以提高工作的效率和满意度。

## 注 释

- ①图 1 来源: MLOps: DevOps for Machine Learning
- ②图 2 来源: 3D architectural form style transfer via machine learning
- ③图 3 来源: Optimizing Urban Systems
- ④图 4, 图 5 来源: ArchiGAN: 公寓建筑设计的生成堆栈

## 参考文献

- [1] Ching, F.D.K. and Binggeli, C. (2018) Interior Design Illustrated. John Wiley & Sons.
- [2] Easterby, R. (1973) A review of: "Design Methods: Seeds of Human Futures." By J. C. JONES. (London: Wiley, 1970.) [Pp. xvi+407.] £5-25. *Ergonomics*, **16**, 131-132. <https://doi.org/10.1080/00140137308928401>
- [3] Kibert, C.J. (2016) Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery. John Wiley & Sons.
- [4] Mitchell, T.M. (2007) Machine Learning. McGraw-Hill.
- [5] Sutton, R.S. and Barto, A.G. (1998) Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press.
- [6] Sadhwani, A., Giesecke, K. and Sirignano, J. (2020) Deep Learning for Mortgage Risk. *Journal of Financial Econometrics*, **19**, 313-368. <https://doi.org/10.1093/jfinc/nbaa025>
- [7] Dey, S., Gupta, N., Pathak, S., et al. (2019) Data-Driven Design Optimization for Industrial Products. Optimization in Industry: Present Practices and Future Scopes, 253-267.
- [8] 李开复, 陈楸帆. AI 未来进行式[M]. 杭州: 浙江人民出版社, 2022.
- [9] Bhowmik, P. (2022) Machine Learning in Production: From Experimented ML Model to System. ScienceOpen Preprints.
- [10] 刘宝锤. 大数据分类模型和算法研究[M]. 昆明: 云南大学出版社, 2019.
- [11] Wei, P., Xia, S., Chen, R., Qian, J., Li, C. and Jiang, X. (2020) A Deep-Reinforcement-Learning-Based Recommender System for Occupant-Driven Energy Optimization in Commercial Buildings. *IEEE Internet of Things Journal*, **7**, 6402-6413. <https://doi.org/10.1109/jiot.2020.2974848>
- [12] 王愉. 基于需求视角的体验设计方法论研究[D]: [博士学位论文]. 江南大学, 2022.
- [13] Lu, Z., Wang, T., Guo, J., Meng, W., Xiao, J., Zhang, W., et al. (2021) Data-Driven Floor Plan Understanding in Rural Residential Buildings via Deep Recognition. *Information Sciences*, **567**, 58-74. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.03.032>
- [14] Rhee, J., Veloso, P. and Krishnamurti, R. (2020) Integrating Building Footprint Prediction and Building Massing: An Experiment in Pittsburgh. *Proceedings of the 25th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)*, **2**, 669-678. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2020.2.669>