

# 人工智能在智能家居中的应用综述

杨宗奇

计算机科学与工程系

12111412

冯秋皓

计算机科学与工程系

12211026

张乐之

数学系

12111424

何昊东

通讯通修

12111627

杨浩庭

计算机科学与工程系

12111728

宋一鸣

计算机科学与工程系

12011609

**摘要**—本文深入探讨了智能家居及其与人工智能技术的关联,旨在理解智能家居的定义、目标以及核心功能。在智能家居概述中,我们关注了设备管理、能源管理、医疗保健、智能交互和安全保护等方面。随后,对人工智能技术进行了概述,包括基本原理、分类、应用场景以及相关技术和算法。对于人工智能在智能家居的应用部分,我们详细介绍了安全与监控、能源管理、QoE 感知的智能管理系统、基于 IEEE802.15.4 和 ZigBee 的新型能源管理系统、家电及设备控制、人机交互以及健康监控和医疗保健等方面的研究。接着,文章分析了智能家居的优势和挑战,强调提高生活便利性和舒适性的优势,以及隐私、安全、人机交互和用户体验质量等方面的挑战。最后,我们探讨了未来发展方向与研究前景,包括人工智能的发展趋势、智能家居领域的未来发展方向,以及需要进一步研究的问题和挑战。通过这一文献综述,读者将更全面地了解智能家居与人工智能的交叉点,以及未来研究的潜在方向。

**关键词**—智能家居,人工智能,家庭自动化,能源管理,医疗保健,智能交互,安全保护,人机交互

## 一. 引言

### (一) 背景介绍

随着数字技术的快速发展和智慧城市运动的进步,在计算机、通信、网络和控制等领域的城市新技术已经渗透到人们的生活中,改变着人们的生活方式 [1]–[3]。近年来,“智能家居”这个词经常出现在主流媒体中,已经成为一个广为人知的术语。家庭技术服务的目标之一是满足人们的需求,提高生活质量,提高在家中能源使用、监控等方面的效率 [4], [5]。

目前,物联网的快速发展和“人工智能”(AI)等新技术创新驱动着智能家居在世界范围内的流行 [6]。这种“智能生活”在年轻群体中非常受欢迎,他们对智能家居技术的使用意愿,促进了全球智能家居行业的增长 [7]。根据研究机构 Strategy Analytics 在 2020 年 6 月发布的《2020 年全球智能家居预测报告》,消费者在智

能家居相关的硬件、服务和安装方面的支出将在 2020 年达到 890 亿美元。此外,到 2021 年,智能家居的相关支出将增加到 1200 亿美元,并以 14% 的复合年增长率增长到 2025 年的 1750 亿美元。该报告预测,到 2025 年,全球将有近 3.9 亿户家庭(约 19% 的家庭),安装了至少一种类型的智能家居系统 [8]。

近年来,随着人们对智能家居的兴趣逐渐提高,关于这一主题的学术出版物的数量也在迅速增加。在这方面,系统性文献综述是一种有效的方法,可以从现有的关于智能家居等新兴主题的研究中提取观点和分析他们的关系 [9]。迄今为止,已经有许多侧重智能家居不同方面的系统性综述发表在学术期刊上。例如环境辅助生活(AAL) [10],能源管理技术 [11],家庭中的人工智能和物联网 [12],老年护理技术 [13], [14],老年监测技术 [15],以及智能语音助手(IVAs) [16]。

### (二) 研究目的

本文将从智能家居的概念、发展历程、应用场景、技术原理等方面进行综述,分析人工智能技术在智能家居中的应用价值和实现方式,总结人工智能技术在智能家居中的优势和挑战,展望人工智能技术在智能家居中的发展趋势和研究前景,为智能家居的研究和发展提供参考和启示。

## 二. 智能家居概述

### (一) 定义

智能家居是指通过先进的技术和互联网连接,将各种家庭设备和系统集成在一起,以实现智能化控制和自动化管理的家居系统。图 1 展示了智能家居的整体框架。在学术上,对于智能家居的定义不同的学者给出了各自不同的解释。智能技术的关键属性在于其拥有能够从周围环境获取信息并做出合适反应的能力,这同时决

定了智能技术的长期目标是改善人们的福祉，因此它已成为“智能家居”这一创新概念的支柱 [17]。

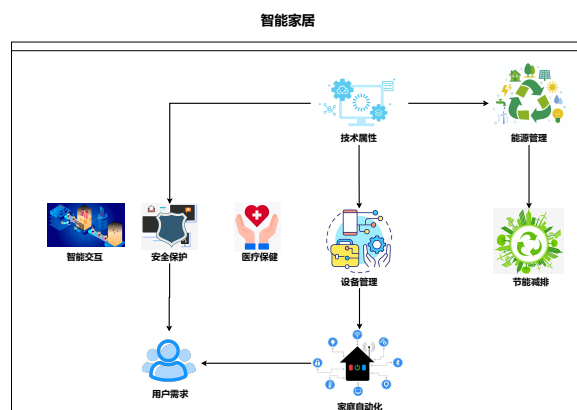


图 1. 智能家居整体框架

从满足用户需求，提高用户福祉的角度出发，Aldrich 等 [18] 将智能家居定义为“一个配备了计算机和信息技术，可以预测和响应居住者的需求，通过管理家庭内部的技术和与外部世界的连接来促进他们的舒适、便利、安全和娱乐的住宅”。正如智能家居协会对智能家居技术的定义：“通过家庭网络实现技术与服务的融合，为人们提供更好的生活品质” [19]，Aldrich 等人的定义既包含了智能家居中的技术要素，又表达了其核心的宗旨目标。

除了从需求层面定义智能家居，更多地学者选择从技术属性的角度来定义智能家居。De Silva 等 [20] 将智能家居描述为“一个像家一样的环境，拥有环境智能和自动控制，这使得它能够响应居民的行为，并为他们提供各种设施”。他们对智能家居的定义侧重于其自动化控制以及对居民需求响应的能力。类似地，Balta-Ozkan 等 [21] 指出“智能家居是一种配备高科技网络的住宅，将传感器和家庭设备、电器和功能连接起来，可以远程监控、访问或控制，并提供满足居民需求的服务”。他们也强调了智能家居对居民需求的满足，并且更细致地展示了实现这一目的的手段。

从供应服务端角度来定义智能家居也是一种合适的途径。Reinisch 等 [22] 认为智能家居中最核心和值得关注的服务是对于能源的管理和利用。他们期望智能住宅配备的多个设备能够融合地作为一个系统协同工作，并且进行统一的电力监控，从而促进能源的有效管理和可持续性使用。

以上的众多定义有着很大程度上的重合，但他们都是围绕智能家居的三大核心特征来进行定义，即技术、需求和供应服务。技术方面侧重于智能家居设备之间的互联和管理，需求方面着眼于不同群体的居民的不同需求实现，而供应服务方面则专注于对以电力为主的能源的管理和合理利用。融合并实现了这三个方面的智能住宅便可称为是智能家居。

## (二) 智能家居的主要目标

智能家居系统要实现的主要目标有提高家庭自动化、促进能源管理以及减少污染排放 [23]。这些都是结合智能技术对需求和服务方面的功能进行实现。

1) 提高家庭自动化：家庭自动化系统主要由用户接口、传输模式、中央控制器和各类电子设备组成，并且具有较低安装成本、设备互联、可扩展化和安全等特点 [24]。家庭自动化的主要目的是在保证用户使用需求得到满足的前提下，将用户的参与程度降到最低，从而使用户获得更好地用户体验。

2) 促进能源管理：合理而不是无限制地使用能源是智能家居要实现的一个基本目标，因而设计一个高效的家用电器能源管理模式来实现服务端和需求端的平衡也成为智能家居中重要的一环。

3) 减少污染排放：二氧化碳的排放是导致全球变暖的一个主要因素，而 40% 的二氧化碳排放量都是由于发电而产生的 [25]。智能家居使用的主要能源是电力，因此其作为排放二氧化碳的主体之一，应当积极响应全球政策，将减少污染排放作为需要实现的一个主要目标。除了通过能源管理减少电力的使用，更多地应当将传统电力设备替换成使用清洁能源的设备，从而降低污染量排放。

## (三) 智能家居的核心功能

围绕智能家居的三大主要目标，可以将智能家居需要实现的核心功能划分为以下几个部分。

1) 设备管理：智能家居的设备管理关键在于各电器设备的互联互通程度，而物联网技术则是实现这一目标的主要途径。通信技术的发展和消费者的需求使得物联网技术能够部署在智能家居中，但智能家居的物联网模式中包含了许多差异化的终端，这种差异化一直是管理物联网设备的一个问题，这导致系统缺乏统一的方法来维持数据密集型的物联网设备管理 [26]。设计和采用合适的设备管理框架提高智能家居中各设备的关联性

和执行能力，是智能家居的核心功能，也是实现其它功能的基础。

2) 能源管理：智能家居的用户往往对能源使用情况并没有很多的经验和清晰的认知，因此需求侧智能用电对提高家庭终端用户的可持续性和节能性具有重要作用，也将影响人们日常的用电量习惯 [27]。能源管理作为智能家居的核心功能之一既能提高用户的节能意识，又能减少污染排放，符合可持续发展的理念。

3) 医疗保健：在世界各地，人口都在老龄化，人们越来越关注老年人在家中生活时保持健康和福祉的方式 [28]。而老年人群中常见的各类疾病大多有发病急、病情重的特点，加上子女不在身边生活，因此难以预防突发的病情。这导致了老年人群对日常生活中健康检测需求的逐渐增长。智能家居作为贴近生活的一个技术，不断融合和实现了各类健康监测技术，将医疗保健作为其核心功能之一。

4) 智能交互：大多数智能家居的用户并不会了解其所使用的系统的使用细节，因此为了让用户能够全面体验和利用到智能家居的优势和功能，开发用户友好的智能交互式用户接口也是智能家居要实现的核心功能之一。良好的智能交互式用户接口能提升用户的体验满意度，也更能达到智能家居能让使用者实现独立生活的目标。

5) 安全保护：作为应用在家庭这一场景的智能家居系统，其安全性至关重要。首先是系统本身的安全性要满足要求，系统内部不应该因为自身的一些漏洞而导致系统崩溃失效。另外是对外部威胁的一个防御能力，现有系统仍存在一些漏洞，例如部署在现代智能家居中用于设备间通信的无线传感器网络容易受到各种路由 [29] 和虫洞攻击 [30] 的威胁。同时还要考虑对于隐私信息的处理，防止隐私泄漏而导致的安全问题。实现以上这一系列的安全保护，也是智能家居的核心功能之一。

### 三. 人工智能技术概述

#### (一) 人工智能的基本原理和分类

Nilsson 在他的著作人工智能原理 (Principles of Artificial Intelligence) 中阐述了关于人工智能技术的基本观点，包括以下几个方面 [31]：

- 数据：人工智能依赖于大量的数据作为学习和训练的基础。数据可以是结构化数据（如表格、数据库，

集成训练样本）或非结构化数据（如文本、图像、语音等）。

- 学习：人工智能通过机器学习的方法从数据中学习规律和模式。机器学习分为监督学习、无监督学习和强化学习等不同类型，用于训练模型进行预测、分类、聚类等任务。
- 推理：人工智能通过推理和推断来解决问题。推理是根据已有的知识和规则进行逻辑推理和推断，用于决策和问题解决。
- 优化：人工智能通过优化算法寻求最优解。优化算法可以用于参数调整、模型优化和问题求解等。

这些原理的结合与应用使得人工智能可以自动化和智能化地处理和分析数据，学习和改进性能，理解和生成自然语言，并做出推理和决策。人工智能的工作原理是，计算机通过传感器收集有关需要处理的信息，且与存储的信息进行比较，以确定其含义，并利用其计算出各种可能的行动，然后预测哪种行动效果最好。但 Nilsson 也提到，计算机只能解决程序允许它们解决的问题，而不具备一般意义上的分析能力。

由此，对于人工智能的分类可以依照人工智能产品的能力进行区分，分别为弱人工智能、强人工智能和超人工智能，对于后文所讨论的人工智能在智能家居的应用场景而言，集成化的弱人工智能将扮演至关重要的角色。

#### (二) 人工智能在智能家居的应用场景

人工智能在智能家居方面的应用往往也伴随物联网技术，Sepasgozar 等人 [32] 提出，在家庭、建筑或环境中使用智能技术，人工智能可能会影响人类生活质量、福祉、生产力、节能和安全。“智能”一词正在成为提高建筑环境质量的趋势，包括家居、建筑、交通、建筑和城市。Ringel 等人 [33] 展示了智能家居如何提供实现能源效率目标的机制，以及如何为用户提供更低成本的节能方法。楼宇自动化机制和智能家居辅助系统可以帮助用户拥有更好的生活质量，同时可以通过人工智能分析他们的行为。行为分析可以帮助系统预测用户需求并优化设备和资源（能源）的使用。在基本层面上，智能技术可以帮助用户打开或关闭设备，并将各种传感器和执行器用于多种目的。

目前来看，智能家居的应用繁多，主要分为以下三类 [34]：

- 第一类旨在通过检测和识别居民的行为或检测他们的健康状况来为居民提供服务。此类智能家居充当信息收集测试台，以支持家庭居民的福祉。
- 第二类智能家居旨在存储和检索智能家居中捕获的多媒体，从照片到体验的不同级别。人们可能会认为这种类型的信息收集存在隐私问题，但随着时间的推移，这将成为一个人生活方式的接受程度问题。
- 第三类是监视，对环境中捕获的数据进行处理以获得有助于发出警报的信息，以保护家庭和居民免受入室盗窃、盗窃和洪水等自然灾害的侵害。

### (三) 相关的人工智能技术和算法

截至当下，拥有广阔应用前景的人工智能的算法包括以下几种 [35]：

- 神经网络算法：神经网络模拟人脑的工作方式，包含大量相互链接的处理节点。神经网络擅长模式识别，在自然语言翻译、图像识别、语音识别和图像创建等应用领域发挥着重要作用。
- 深度学习算法：深度学习是多层人工神经网络。深度学习算法可以自动确定用于区分不同类别数据的特征集，这避免了一些原本必需的人工干预，并能够使用更大的数据集。
- 决策树算法：决策树既可用于预测数值（回归），也可用于将数据归入不同类别。
- 随机森林算法：在随机森林中，机器学习算法通过组合多个决策树的结果来预测值或类别。
- 强化学习算法：强化机器学习是一种机器学习模型，类似于监督式学习，但不使用样本数据对算法进行训练。这种模型通过不断试错进行学习。

基于人工智能在智能家居方面的复杂的应用场景，各种技术和算法也有了广阔的应用空间。De Silva 等人 [34] 指出，建造智能家居的标准方法是将其计算机化。一组传感器收集有关居民和家庭公用设施消耗的不同类型的数据。具有计算能力的计算机或设备（例如：微控制器）分析这些数据以识别居民或事件的行为。然后，他们通过控制家庭内置的某些机制来响应这些行为和事件。这种智能行为的一个简单例子是当一个人进入房间时打开灯。

如上所述的具体技术，都将基于深度学习，神经网络和决策树。Stankovski 等 [36] 在决策树在智能家居中

的应用（Application of decision trees to smart homes）中提到，决策树在智能家居中的应用主要体现在以下几个方面：

- 智能决策：决策树算法可以在数据处理过程中自行开发运算逻辑，无需程序员预先编程干预。基于神经网络的深度学习框架，AI 算法拥有持续优化分析模型的基础，使智能家居产品在用户的日常使用中实现更为精准的智能决策。
- 用户行为预测：智能家居系统可以根据预先设定好的规则与模式执行，但随着用户群体的需求服务越来越大，基于用户行为预测的智能家居应用策略变得越来越重要。
- 设备智能感知：从单个设备智能、多设备联动的协同智能，到设备智能感知、自主操作的决策智能，再到跨平台的高度主动智能，自动控制、物联网、云计算及人工智能等技术家居设备不断融合，为把人从家庭管理中逐步解放出来提供了解决方案。

## 四. 人工智能在智能家居的应用

### (一) 智能家居安全与监控

物联网和无线传感器网络对智能家居的实施产生了积极影响。Hong 等人 [37] 引入了一种内部传感器报警系统，该系统可以向外部媒体发送报警消息以及证据材料。该系统在向用户发送报警消息的同时，提供了实时异常事件的检测功能。该应用有三个层次：客户端传感器、数据收集器和数据中心。客户端传感器生成数据，数据收集器收集和分析数据，数据中心存储报警数据材料。他们构建了网络拓扑结构、通信模型、数据同步模型和数据存储模式，以确保操作的效率。数据传输经过仔细考虑，因此只有报警数据可以发送到数据中心。报警消息最终由用户检查。这一手动检查过程降低了报警误报率，并显著节省了共享资源。

### (二) 智能能源管理

1) *QoE* 感知的智能家居管理系统：智能家居能源管理系统可以调整家用电器的工作时间和操作，以实现能源成本的节省，但这可能影响用户感知的体验质量（*QoE*）。Pilloni 等人 [38] 提出了一种 *QoE* 感知的智能家居能源管理系统，该系统依赖于用户在家电操作相对于理想用户偏好发生变化时所遭受的烦恼的知识。因此，在设计阶段创建了描述不同用途的多个配置文

件。在部署阶段,记录用户行为和烦恼以为每个家电分配其中一个配置文件。然后,QoE感知节能家电调度和QoE感知可再生能源功率分配算法利用所分配的配置文件。前者旨在根据用户配置文件偏好和电价调度受控负载。后者在可再生能源提供充足能量时重新分配家电操作。实验结果表明,与不考虑QoE的策略相比,用户感知的烦恼大大减少,而能源节省仅有轻微减少。

2) 基于IEEE802.15.4和ZigBee的新型智能家居能源管理系统:除了上述使用的方式,Han等人[39]还提出了一种基于IEEE802.15.4和ZigBee的新型智能家居能源管理系统。所提出的智能家居能源管理系统将各种家庭网络任务划分并分配给适当的组件。它可以集成多样化的物理传感信息并控制各种消费者家用设备,借助具有传感器和执行器组件的主动传感器网络的支持。他们开发了一种新的路由协议DMPR来改进他们ZigBee传感器网络的性能。

### (三) 智能家电及设备控制

对于智能家电及设备控制方面,Mtshali等人[40]介绍了一个系统,利用数字助手来捕捉残疾人士以更自然的方式发出的语音命令,以控制普通电器的开关。在这种情况下,数字助手(以Amazon Alexa为例)可以通过Wi-Fi与智能电源插座或智能迷你电源插座进行通信,以打开或关闭插入其中的电器。残疾人只需简单地问Alexa打开或关闭某个电器,比如说“Alexa打开微波炉”。智能家居可编程设备的局限性可以通过设计系统来克服,这些系统利用了残疾人能够说话或使用手势与系统进行交流的能力,特别是利用了对这些系统发送命令的能力。此外,残疾人可以使用智能手机来控制插入智能插座的电器。

### (四) 智能人机交互

针对传统的智能家居产品显示终端系统忽略对家庭色彩视觉的分析,导致显示终端系统具有较低的人机交互适应性、长时间运行以及体验满意度检查的问题,Liu等人[41]设计了一种基于色彩视觉分析的智能家居产品。人机交互显示终端系统利用物联网(IoT)平台设计智能家居系统的整体架构,并设计物联网无线通信芯片以优化系统硬件功能。它采用色彩视觉分析方法提取智能家居产品显示界面的视觉元素特征,完成人机交互式显示终端系统的软件设计。

### (五) 智能健康监控和医疗保健

在迅速发展的科技和演变的世界中,疾病的爆发和出现已经成为一个关键问题。通过技术预防、预防和控制疾病已经成为医疗专业人员和医疗行业的主要挑战。在繁忙的工作日程中,保持健康的生活方式变得不可能。智能健康监测系统是解决上述挑战的方案。工业5.0和5G的最新革命导致了智能兼具成本效益的传感器的发展,这些传感器有助于实时监测个体的健康状况。智能健康监测系统实现了从远程位置提供快速、成本有效和可靠的健康监测服务,而这在传统医疗系统中是不可能的。区块链框架的整合提高了患者机密数据的数据安全性和数据隐私,以防止对患者数据的滥用。深度学习和机器学习的参与用于分析健康数据以实现多个目标,有助于实现预防性医疗和患者的致命管理。这有助于及早发现近期不可能的慢性病。为了使服务更具成本效益和实时性,已经实施了与云计算和云存储的整合[42]。

## 五. 优势和挑战

### (一) 优势

1) 提高生活便利性:家庭自动化中最突出的两个无线网络是ZigBee和Z-Wave,这两种技术都是网状网络,这意味着消息到达目的地有多种途径。Z-Wave使用源路由算法来确定消息的最快路径。每个Z-Wave设备都嵌入有一个代码,当设备插入系统时,网络控制器会识别该代码,确定其位置并将其添加到网络中。当命令传输时,控制器使用算法确定消息应该如何发送[43]。Z-Wave和ZigBee这样的系统提供用于智能家居通信的技术,可以降低一些设备的功能水平,使它们可以进入“睡眠”状态,并在发出命令时醒来。当一个人离开房间时,电灯会自动熄灭,节省电能。而且,系统可以根据是否有人在房间内进行供暖或制冷,无需手动操作。

Z-Wave和ZigBee可以完成很多任务,例如使用摄像头可以追踪住宅外面的情况,即使在漆黑的夜晚也能做到;运动传感器在住宅周围发现有运动迹象时会发送警报,甚至能区分宠物和入侵者[43]。

智能门锁是智能家居技术的另一个关键例子,其中智能技术必然取代现有解决方案(即传统基于钥匙的锁),提供增强功能,同时提供相同的核心好处。与传统锁相比,智能门锁集成了传感器和互联网连接,提供新

功能 [44]。普通的锁通常由人们使用钥匙或密码锁,如 PIN 码锁操作。然而,这些锁具有一些缺点,比如丢失钥匙或忘记密码。

智能门锁系统是对标准钥匙门锁的完全改进,其中所有数字钥匙都存储在业主手机上的数字钥匙链中。加密和安全的智能门锁系统可以通过互联网电缆 (UTP) 或无线方式 (Wi-Fi) 连接到互联网 [45]。

智能门锁支持多种进出方式,如指纹识别、密码输入、手机 APP 远程控制等,为用户提供了更多的便利性和实时的安全状态监测功能,使用户能够选择最方便的方式进入房屋,摆脱了传统物理钥匙的束缚。而且,智能门锁通常具有访问记录和学习功能,可以记录每次开锁的时间、方式以及操作者,学习和分析用户的行为模式,为用户提供对家庭安全的更多可视化和追踪信息,并通过智能分析完成对用户的识别 [45]。智能门锁可用于商业(办公室、酒店、商场等)或住宅(即家庭安全)安全用途。它允许第三方实体使用通过 Wi-Fi、移动应用、接近传感器、启用 BLE 的设备等发送给接收者智能手机的虚拟密钥来访问锁 [46]。

2) 协助老年人健康管理: 人类寿命的延长和老年人口的持续增长导致了新的老龄化模式,使人们能够在他们选择的居所中过上充实的生活。独立性不仅对老年人至关重要,对于患有慢性病或残疾的人士来说也同样重要,他们希望能够留在家中,并提高他们的生活质量。随着个体尝试应对健康相关问题,如跌倒、感觉障碍、行动受限、孤立和药物管理,他们寻求的解决方案使他们能够留在家中。随着技术的进步,许多这些解决方案可以利用促进福祉并监测健康状况的信息学应用。推进“智能家居”发展,可响应不断发展的技术、不断上升的医疗成本以及老年人和患有慢性病的个体希望能够在他们选择的居所中保持独立的愿望 [47]。

一个专门针对老年人的早期系统由英国电信 (BT) 和 Anchor Trust [48] 合作开发。为了满足对社区护理日益增长的需求,智能家居系统被设计为监测和报告其老年居民的生活方式。这是通过使用由 PIR、门和温度传感器组成的低成本传感器网络实现的。这些数据与时间戳一起存储,以编制一个作为参考模式的生活方式数据库。与该模式明显偏离的情况,比如长时间的不活动,将用于检测异常,从而通过电话系统向患者指定的护理人员发送警报消息 [49]。

总体而言,智能家居护理为家庭提供了更智能、便

捷、安全和健康的居住体验,为居民创造了更加宜居和舒适的生活空间。

## (二) 挑战

1) 隐私和安全问题: 隐私是一个“不稳定且有争议的概念” [50], 因此很难以一种令所有合理异议都满意的方式定义。尽管存在争议,但社会对个人隐私有明确的规范,即使它们的边界存在争议。一种侵犯隐私的分类包括: 信息的收集、存储和电算化; 关于个人的信息传播; 偷窥、跟踪、观察和拍摄个人; 侵入或进入“私人”场所; 窃听、监听、阅读信件; 吸引注意力到个人; 以及强制性信息披露 [51]。

人们越来越多地在智能家居和智能建筑中部署物联网 (IoT) 设备,以监视和控制他们的环境。这些 IoT 设备的普及有望通过在智能家居、交通运输、制造业、电子健康等许多领域提高社会效率,从而改变人们的生活。由这些 IoT 设备生成的流量数据由互联网服务提供商 (ISP) 记录,以维护客户服务,如生成月度账单、个性化数据计划和检测网络故障。“任何提供互联网访问的服务显然都能看到用户正在访问的资源。即使使用加密,流量模式也会提供一些有关活动的信息”。Verizon 使用“超级 cookie”跟踪互联网用户活动,而 AT&T 则向客户收取每月 29 美元的额外费用,以避免“收集和对其浏览历史进行定向广告的商业化” [52]。像 AT&T、Comcast、时代华纳、Sprint 和 Verizon 这样的互联网服务提供商正在出售个人网络流量数据,而没有先前得到用户的同意,以“增强”用户体验。此外,最近的物联网隐私研究 [53] 表明,81 个热门 IoT 设备中的 72 个正在与原始制造商毫不相关的第三方(如谷歌、亚马逊和 Akamai) 共享数据,远远超出了基本必要的设备配置,包括语音扬声器、智能电视和流媒体设备。

在 2013 年,《福布斯》报道了一个家庭成员通过婴儿监视器受到侮辱的案例 [54]。这属于安全系统 (SecS) 问题。这个家庭使用了一台带有双向音频和特殊软件的 IP 摄像机,用作婴儿监视器,这在当今可能并不罕见。所使用的摄像机在其固件中存在漏洞,一些陌生人利用这个漏洞来控制婴儿监视器 [55]。

2) 人机交互和用户体验质量: 人机交互 (HCI) 是一门关注交互式计算系统设计、评估和实施的学科,同时也涉及相关的理论方法和模型 [56]。近年来,智能家居作为物联网的重要组成部分,成为研究的热点,而



HCI 系统的设计更加凸显出一系列挑战,因为它直接影响产品的用户体验和购买行为 [57]。

在人机交互和用户体验质量方面,应对这些挑战需要设计多种不同的模型,以满足各种不同任务的要求。常见的行为模型有 CTT (Concur Task Trees) 模型 [58]、GOMS 模型 [59]、HTA 模型 [60]。

为了应对智能家居系统中的交互挑战,我们必须以用户为出发点。从行为的角度总结家庭系统人机关系的研究方法和思路,涵盖需求、生活内容和交互行为三个方面,然后分析智能家居系统的人机关系 [61]。随着智能家电和智能技术的进一步发展,克服用户在家中操作家电所面临的挑战将成为关键,同时适应街头新设备的出现也需克服一系列新的挑战。

### (三) 其他挑战

智能家居需要实现还有很长的路要走,基于现状来看,智能家居想要发展需要摸着石头过河。智能家居可能会遇到故障,Lech 等人 [62] 指出智能家居可能发生故障的一些情况,包括 DNS 服务失败、数据中心故障、SSL 证书有效性的丧失、通信错误等。在故障时的修复和该过程中对其他设备造成的影响需要全面且具体的评估。

而智能家居在发展中会遇到技术问题以外的挑战。比如 Sanguinetti 等人 [63] 指出智能家居虽然在能源消耗上有发展和提升的潜力,但现阶段消费者对此的了解并不深入,与此同时,智能家居的能源消耗也是企业生产和能源机构制定标准中必然考虑的一环,这将成为智能家居发展道路上的阻力。

## 六. 未来发展方向与研究前景

### (一) 人工智能发展趋势

人工智能正处于迅猛的发展阶段。自从 Hinton 的团队在 2012 年成功利用卷积神经网络 Alex Net 赢得 ImageNet 图像识别竞赛起,深度学习就成为了学术界和工业界共同关注的焦点 [64]。

对于人工智能未来的发展,Negrotti 等人 [65] 认为未来的人工智能应该强调人工性而非模仿人类,即人工智能的目标不应该是复制人类智能的全部特征,而应该是利用人工的本质和优势,提高某些特定领域的性能和效率。例如,在自然语言处理中,人工智能应该提取与计算机相容的语言维度,而不是追求完全的人类语言使

用能力。此外,人工智能应该考虑外部世界的影响和作用,人工智能的两种主流方法,即符号操作和自组织,都存在对外部世界的不同看法和处理方式。他认为这两种方法都有其局限性和优势,未来的人工智能可能需要在两者之间寻找平衡。最后,人工智能应该关注可靠性的新含义和挑战,即人工智能设备的可靠性不仅涉及到硬件和软件的故障和副作用,还涉及到用户和设计者的推理方法和心理状态的匹配程度。他认为人工智能应该尊重人类的价值和文​​化,同时提高批判性思维和自我认知,以实现人机之间的有效互动和协作。因此,未来的人工智能应该是一种非干扰性的智能,它将能够在不受外部因素影响的情况下执行有用的任务,而不是完全复制人类智能的复杂性和多样性。未来的人工智能应该更加注重人机的有效互动和协作,以实现人机的共生和共赢。

在发展的同时,人工智能的规范和治理也成为伴随发展所必须解决的问题。Kinderlerer 等人 [66] 认为人工智能生态系统的伦理治理存在一系列具有挑战性的问题。她指出,要想取得成功的治理干预,必须同时满足三个主要要求。首先,必须明确定义所涉生态系统的边界,确保治理能够在清晰而明确的范围内进行。其次,治理措施需要提供并维护生态系统内所涉及的知识 and 技能,以确保系统的可持续性和健康运行。最后,治理结构必须具备适应性、灵活性和谨慎性,能够灵敏地发现并回应环境变化,以确保随时能够有效地应对不断演变的情境。满足这三个条件的治理框架才能够不断变化的人工智能生态环境中发挥作用,促使系统朝着合理、公正并符合伦理的方向发展。

### (二) 智能家居领域的未来发展方向

智能家居的发展悄然发生。物联网技术的发展已经能够提供相对智能的环境,但这仍不是终点。

在过去的几年里,研究界对智能家居越来越感兴趣。这一发展的一个原因是,在家庭或建筑物中使用现代自动化技术可以节省大量能源,同时能够降低建筑物整个生命周期的运营成本。然而,由于系统的复杂性和多样性等设计问题,配置不当的安装,以及频繁出现的次优控制策略问题等,智能家居的全部潜力仍然未能完全释放。这些问题最终可以被归纳为两个不良条件:能源消耗仍然高于实际需要的水平,用户无法在自动化家庭中获得完全的舒适感。Reinisch 等人 [67] 提出了一

个全面的系统概念来缓解当前的问题,这将确保智能家居在未来能够兑现承诺。他们使用存储了实现能源效率和用户舒适度目标所需的所有信息的数据库来实现这个系统。该系统的智能是作为多智能体系统实现的,同时其保持了对外界的开放性。

智能家居的重点和卖点仍在于人机交互。Huang 等人 [68] 实现了智能家居的新愿景——Time Home Pub, 它使物理环境、居民和居民记忆之间的交流成为可能。参观者在展览期间的初步评估展示了该系统令人满意的可行性,以及如何利用空间作为重要的情感交流接口来加强人与人之间的关系。该研究使人机交互设备朝人性化方向发展,并打破了人与空间之间不友好的界限。此外,它还将感觉的反馈可视化,这有助于减少孤独感和孤立感。未来,通过增加更多的模式(如游戏模式、晚餐模式、会议模式等)来适应不同的人类活动,系统将变得更加多变和灵活,空间将变得更加友好和更适合居住。

总而言之,智能家居未来发展将集中在提高能源效率、优化成本、改善用户体验和加强人与空间、人与人之间的交流关系上,其中增强人与环境之间的交互无疑是打通市场的首要任务。

## 七. 结论

综合上述文献综述,智能家居在当今社会中扮演着日益重要的角色,为人们的生活提供了更多便利和舒适。通过深入研究智能家居的概念、目标和核心功能,我们发现其在设备管理、能源管理、医疗保健、智能交互和安全保护等方面的广泛应用。人工智能技术的不断发展为智能家居提供了强大的支持,进一步提升了其性能和智能化水平。

在应用研究中,我们关注了智能家居安全与监控、智能能源管理、QoE 感知的智能家居管理系统、基于 IEEE802.15.4 和 ZigBee 的新型智能家居能源管理系统、智能家电及设备控制、智能人机交互以及智能健康监控和医疗保健等领域。这些研究为智能家居的进一步发展和优化提供了有力的技术支持。

然而,智能家居的广泛应用也面临着一些挑战,包括隐私和安全问题、人机交互和用户体验质量等方面的考验。为了更好地实现智能家居的潜力,未来的研究需要着重解决这些挑战,并持续关注人工智能技术的发展趋势。在未来发展方向上,我们建议加强智能家居与可

持续发展之间的关系,以及深入研究人机交互技术,提高用户体验质量。

总体而言,智能家居作为人工智能技术的一个典型应用领域,拥有巨大的发展潜力。通过对其优势、挑战和未来方向的深入思考,我们可以更好地指导未来的研究和实践,推动智能家居技术在我们的日常生活中发挥更为重要的作用。

## 参考文献

- [1] Tan Yigitcanlar, Marcus Foth, and Md Kamruzzaman. Towards post-anthropocentric cities: Reconceptualizing smart cities to evade urban ecocide. *Journal of Urban Technology*, 26(2):147–152, 2019.
- [2] Tan Yigitcanlar, Hoon Han, Md Kamruzzaman, Giuseppe Ioppolo, and Jamile Sabatini-Marques. The making of smart cities: Are songdo, masdar, amsterdam, san francisco and brisbane the best we could build? *Land use policy*, 88:104187, 2019.
- [3] Tan Yigitcanlar and Md Kamruzzaman. Smart cities and mobility: Does the smartness of australian cities lead to sustainable commuting patterns? In *Smart Cities and Innovative Urban Technologies*, pages 21–46. Routledge, 2020.
- [4] Sumathi Balakrishnan, Hemalata Vasudavan, and Raja Kumar Murugesan. Smart home technologies: A preliminary review. In *Proceedings of the 6th International Conference on Information Technology: IoT and Smart City*, pages 120–127, 2018.
- [5] Areum Hong, Changi Nam, and Seongcheol Kim. What will be the possible barriers to consumers’ adoption of smart home services? *Telecommunications Policy*, 44(2):101867, 2020.
- [6] Sang-Ho Lee, Tan Yigitcanlar, Jung-Hoon Han, and Youn-Taik Leem. Ubiquitous urban infrastructure: Infrastructure planning and development in korea. *Innovation*, 10(2-3):282–292, 2008.
- [7] Mobark Q Aldossari and Anna Sidorova. Consumer acceptance of internet of things (iot): Smart home context. *Journal of Computer Information Systems*, 60(6):507–517, 2020.
- [8] Wenda Li, Tan Yigitcanlar, Isil Erol, and Aaron Liu. Motivations, barriers and risks of smart home adoption: From systematic literature review to conceptual framework. *Energy Research & Social Science*, 80:102211, 2021.
- [9] Luke Butler, Tan Yigitcanlar, and Alexander Paz. Barriers and risks of mobility-as-a-service (maas) adoption in cities: A systematic review of the literature. *Cities*, 109:103036, 2021.
- [10] Andres Sanchez-Comas, Kåre Synnes, and Josef Hallberg. Hardware for recognition of human activities: A review of smart home and aal related technologies. *Sensors*, 20(15):4227, 2020.
- [11] Claire McIlvennie, Angela Sanguinetti, and Marco Pritoni. Of impacts, agents, and functions: An interdisciplinary meta-review of smart home energy management systems research. *Energy Research & Social Science*, 68:101555, 2020.
- [12] Samad Sepasgozar, Reyhaneh Karimi, Leila Farahzadi, Farimah Moezzi, Sara Shirowzhan, Sanee M. Ebrahimzadeh, Felix Hui, and Lu Aye. A systematic content review of artificial intelligence and the internet of things applications in smart home. *Applied Sciences*, 10(9):3074, 2020.



- [13] A Hasan Sapci and H Aylin Sapci. Innovative assisted living tools, remote monitoring technologies, artificial intelligence-driven solutions, and robotic systems for aging societies: systematic review. *JMIR aging*, 2(2):e15429, 2019.
- [14] Anas Abou Allaban, Maozhen Wang, and Taşkın Padır. A systematic review of robotics research in support of in-home care for older adults. *Information*, 11(2):75, 2020.
- [15] Kholoud Maswadi, Norjihan Binti Abdul Ghani, and Suraya Binti Hamid. Systematic literature review of smart home monitoring technologies based on iot for the elderly. *IEEE Access*, 8:92244–92261, 2020.
- [16] Khairunisa Sharif and Bastian Tenbergen. Smart home voice assistants: a literature survey of user privacy and security vulnerabilities. *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*, (24):15–30, 2020.
- [17] Davit Marikyan, Savvas Papagiannidis, and Eleftherios Alamanos. A systematic review of the smart home literature: A user perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 138:139–154, 2019.
- [18] FK Aldrich. Inside the smart home, 2003.
- [19] Rosslin John Robles and Tai-hoon Kim. Applications, systems and methods in smart home technology: A. *Int. Journal of Advanced Science And Technology*, 15:37–48, 2010.
- [20] Liyanage C. De Silva, Chamin Morikawa, and Iskandar M. Petra. State of the art of smart homes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(7):1313–1321, 2012. Advanced issues in Artificial Intelligence and Pattern Recognition for Intelligent Surveillance System in Smart Home Environment.
- [21] Nazmiye Balta-Ozkan, Rosemary Davidson, Martha Bicket, and Lorraine Whitmarsh. Social barriers to the adoption of smart homes. *Energy Policy*, 63:363–374, 2013.
- [22] Christian Reinisch, MarioJ Kofler, Félix Iglesias, and Wolfgang Kastner. Thinkhome energy efficiency in future smart homes. *EURASIP Journal on Embedded Systems*, 2011:1–18, 2011.
- [23] Ameena Saad al sumaiti, Mohammed Hassan Ahmed, and Magdy MA Salama. Smart home activities: A literature review. *Electric Power Components and Systems*, 42(3-4):294–305, 2014.
- [24] Vaishnavi S Gunge and Pratibha S Yalagi. Smart home automation: a literature review. *International Journal of Computer Applications*, 975(8887-8891), 2016.
- [25] Christopher W Ajan, S Shah Nawaz Ahmed, Hussien B Ahmad, Faridah Taha, and Abdullah Asuhaimi B Mohd Zin. On the policy of photovoltaic and diesel generation mix for an off-grid site: East malaysian perspectives. *Solar Energy*, 74(6):453–467, 2003.
- [26] Thinagaran Perumal, Soumya Kanti Datta, and Christian Bonnet. Iot device management framework for smart home scenarios. In *2015 IEEE 4th global conference on consumer electronics (GCCE)*, pages 54–55. IEEE, 2015.
- [27] Bin Zhou, Wentao Li, Ka Wing Chan, Yijia Cao, Yonghong Kuang, Xi Liu, and Xiong Wang. Smart home energy management systems: Concept, configurations, and scheduling strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61:30–40, 2016.
- [28] Lili Liu, Eleni Stroulia, Ioanis Nikolaidis, Antonio Miguel-Cruz, and Adriana Rios Rincon. Smart homes and home health monitoring technologies for older adults: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 91:44–59, 2016.
- [29] Chris Karlof and David Wagner. Secure routing in wireless sensor networks: Attacks and countermeasures. *Ad hoc networks*, 1(2-3):293–315, 2003.
- [30] Yih-Chun Hu, Adrian Perrig, and David B Johnson. Wormhole attacks in wireless networks. *IEEE journal on selected areas in communications*, 24(2):370–380, 2006.
- [31] Nils J Nilsson. *Principles of artificial intelligence*. Springer Science & Business Media, 1982.
- [32] Samad Sepasgozar, Reyhaneh Karimi, Leila Farahzadi, Farimah Moezzi, Sara Shirowzhan, Sane M. Ebrahimzadeh, Felix Hui, and Lu Aye. A systematic content review of artificial intelligence and the internet of things applications in smart home. *Applied Sciences*, 10(9):3074, 2020.
- [33] Marc Ringel, Roufaida Laidi, and Djamel Djenouri. Multiple benefits through smart home energy management solutions—a simulation-based case study of a single-family-house in algeria and germany. *Energies*, 12(8):1537, 2019.
- [34] Liyanage C De Silva, Chamin Morikawa, and Iskandar M Petra. State of the art of smart homes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25(7):1313–1321, 2012.
- [35] Ayesha Sohail. Genetic algorithms in the fields of artificial intelligence and data sciences. *Annals of Data Science*, 10(4):1007–1018, 2023.
- [36] Vlado Stankovski and Jernej Trnkoczy. Application of decision trees to smart homes. In *Designing smart homes: the role of artificial intelligence*, pages 132–145. Springer, 2006.
- [37] Xin Hong, Chenhui Yang, and Chunming Rong. Smart home security monitor system. In *2016 15th International Symposium on Parallel and Distributed Computing (ISPDC)*, pages 247–251. IEEE, 2016.
- [38] Virginia Pilloni, Alessandro Floris, Alessio Meloni, and Luigi Atzori. Smart home energy management including renewable sources: A qoe-driven approach. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(3):2006–2018, 2018.
- [39] Dae-Man Han and Jae-Hyun Lim. Design and implementation of smart home energy management systems based on zigbee. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 56(3):1417–1425, 2010.
- [40] Progress Mtshali and Freedom Khubisa. A smart home appliance control system for physically disabled people. In *2019 Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)*, pages 1–5, 2019.
- [41] Wenjuan Liu. Design of human-computer interaction display terminal system for intelligent home products based on colour vision analysis. *International Journal of Product Development*, 27(1-2):111–125, 2023.
- [42] AVLN Sujith, Guna Sekhar Sajja, V Mahalakshmi, Shibili Nuhmani, and B Prasanalakshmi. Systematic review of smart health monitoring using deep learning and artificial intelligence. *Neuroscience Informatics*, 2(3):100028, 2022.

- [43] Rosslin John Robles and Tai-hoon Kim. Applications, systems and methods in smart home technology: A. *Int. Journal of Advanced Science And Technology*, 15:37–48, 2010.
- [44] Stanislav Mamonov and Raquel Benbunan-Fich. Unlocking the smart home: exploring key factors affecting the smart lock adoption intention. *Information Technology & People*, 34(2):835–861, 2021.
- [45] Abdallah Kassem, Sami El Murr, Georges Jamous, Elie Saad, and Marybelle Geagea. A smart lock system using wi-fi security. In *2016 3rd International Conference on Advances in Computational Tools for Engineering Applications (ACTEA)*, pages 222–225. IEEE, 2016.
- [46] Diamond Celestine Aluri. Smart lock systems: An overview. *International Journal of Computer Applications*, 177(37):40–43, 2020.
- [47] George Demiris and Brian K Hensel. Technologies for an aging society: a systematic review of “smart home” applications. *Yearbook of medical informatics*, 17(01):33–40, 2008.
- [48] NM Barnes, NH Edwards, DAD Rose, and P Garner. Lifestyle monitoring-technology for supported independence. *Computing & Control Engineering Journal*, 9(4):169–174, 1998.
- [49] Jamie Bennett, Osvaldas Rokas, and Liming Chen. Healthcare in the smart home: A study of past, present and future. *Sustainability*, 9(5):840, 2017.
- [50] Ferdinand David Schoeman. *Privacy and social freedom*. Cambridge university press, 1992.
- [51] Ruth Gavison. Privacy and the limits of law. *The Yale law journal*, 89(3):421–471, 1980.
- [52] J Brodtkin. Ispis lied to congress to spread confusion about encrypted dns, mozilla says. In *Ars Technica*. (Nov. 4, 2019), [Online]. Available: [https://arstechnica.com/tech-policy/2019/11/isps-lied-to-congress-to-spread-confusion-about-encrypted-dns-mozilla-says/\(visited on 04/08/2022\)](https://arstechnica.com/tech-policy/2019/11/isps-lied-to-congress-to-spread-confusion-about-encrypted-dns-mozilla-says/(visited%20on%2004/08/2022)), 2019.
- [53] Nicole Lindsey. Smart devices leaking data to tech giants raises new iot privacy issues, 2019.
- [54] K Hill. How a creep hacked a baby monitor to say lewd things to a 2-year-old. *Forbes.com*, 2013.
- [55] Michael Schiefer. Smart home definition and security threats. In *2015 Ninth International Conference on IT Security Incident Management IT Forensics*, pages 114–118, 2015.
- [56] Thomas T Hewett, Ronald Baecker, Stuart Card, Tom Carey, Jean Gasen, Marilyn Mantei, Gary Perlman, Gary Strong, and William Verplank. *ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction*. ACM, 1992.
- [57] Xiaoyun Zhao, Chunlai Zhou, and Wenhui Huang. Smart home power management system design based on human-computer interaction model. In *Proceedings of 2013 3rd international conference on computer science and network technology*, pages 1247–1250. IEEE, 2013.
- [58] Fabio Paterno, Cristiano Mancini, and Silvia Meniconi. Concur-tasktrees: A diagrammatic notation for specifying task models. In *Human-Computer Interaction INTERACT’97: IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction, 14th–18th July 1997, Sydney, Australia*, pages 362–369. Springer, 1997.
- [59] Bonnie John. Why goms? *interactions*, 2(4):80–89, 1995.
- [60] Jamilah Yusof, K Hashim, and ZM Kasirun. A simpler approach to hierarchical task analysis for user interface design. In *the Workshop: Intelligent Information Interface, i3 Spring Days*, 1999.
- [61] Fu Jiuqiang, Jiang Bing, and Yang Xin. Design and management methods of smart home human-computer relationship. In *2016 2nd International Conference on Cloud Computing and Internet of Things (CCIoT)*, pages 148–151, 2016.
- [62] Piotr Lech. The problem of sharing iot services within one smart home infrastructure. *Image Processing and Communications Challenges*, 10(892):177–184, 2018.
- [63] Angela Sanguinetti, Beth Karlin, Rebecca Ford, Kiernan Salmon, and Kelsea Dombrovski. What’s energy management got to do with it? exploring the role of energy management in the smart home adoption process. *Energy Efficiency*, 11:1897–1911, 2018.
- [64] Geoffrey Hinton, Nitish Srivastava, Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Ruslan Salakhutdinov. Improving neural networks by preventing co-adaptation of feature detectors. *arXiv preprint arXiv:1207.0580*, 2012.
- [65] Massimo Negrotti. *Understanding the artificial: on the future shape of artificial intelligencel*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
- [66] Julian Kinderlerer. *Artificial Intelligence for a Better Future: An Ecosystem Perspective on the Ethics of AI and Emerging Digital Technologies*. Springer, 2021.
- [67] Christian Reinisch, MarioJ Kofler, Félix Iglesias, and Wolfgang Kastner. Thinkhome energy efficiency in future smart homes. *EURASIP Journal on Embedded Systems*, 2011:1–18, 2011.
- [68] Yu-Chun Huang, Kuan-Ying Wu, and Yu-Tung Liu. Future home design: an emotional communication channel approach to smart space. *Personal and Ubiquitous Computing*, 17(6):1281–1293, 2013.