

基于深度学习算法的智慧家居室内温湿度与空气质量实时监测系统开发

胡上贤

湛江幼儿师范专科学校 广东 湛江 524084

摘 要：本文设计了一套基于深度学习算法的智慧家居室内温湿度与空气质量实时监测系统，采用高精度传感器采集环境数据，并通过 LSTM 模型进行智能分析与预测，实现了实时监测与异常预警功能。实验结果表明，该系统在数据采集、预测准确性及响应速度方面表现良好，具备较高的实用性与可靠性，为智慧家居环境监测提供了有效的技术支持。

关键词：智慧家居；深度学习；环境监测；温湿度；空气质量

引言

近年来，随着物联网技术的迅猛发展和人们对生活质量要求的提升，智慧家居系统逐渐成为现代家庭的重要组成部分。智慧家居通过各种传感设备对室内环境进行实时监控与调节，不仅能够提高居住舒适度，还在节能减排和健康生活方面发挥了重要作用。然而，现有的智慧家居监测系统大多基于传统算法，仅提供简单的数据采集与显示，难以实现对环境数据的精准预测和智能调控。因此，如何引入先进的深度学习算法来提升系统的智能化水平，已成为当前研究的热点问题。

温湿度和空气质量是影响室内环境的重要因素，其中空气质量与人体健康密切相关，特别是空气中的 PM2.5、二氧化碳和挥发性有机物含量对人体呼吸系统有直接影响。因此，开发一套基于深度学习算法的智慧家居室内温湿度与空气质量实时监测系统，既能实现精确的实时监测，又能通过算法对环境数据进行智能预测与调节，从而为用户提供更加健康、舒适的居住环境，具有重要的实际意义与研究价值。

1 智慧家居室内环境监测需求分析

智慧家居作为物联网技术在家庭场景中的典型应用，核心目标是为用户提供更加智能、便捷和舒适的居住环境。在这一过程中，室内环境的监测与调控至关重要。尤其是温湿度和空气质量等关键环境指标，对人体健康、舒适感以及家电设备的正常运行都有显著影响。因此，深入分析室内环境监测的具体需求，有助于系统功能的合理设计和实际效果的有效提升。

1.1 室内环境监测的必要性

随着人们对居住环境舒适度和健康水平的重视，

智慧家居环境监测需求日益增长。温湿度是影响人体舒适度的重要因素，过高或过低的温湿度不仅会影响人体感官，还可能导致各种健康问题。例如，高湿度环境容易滋生霉菌和细菌，而低湿度则会引发呼吸道不适。此外，空气质量尤其是 PM2.5、二氧化碳和甲醛等污染物的浓度，对人体健康的长期影响已被广泛认可，特别是对老年人、儿童和呼吸系统敏感人群来说，空气质量的监控尤为重要。因此，通过实时监测室内环境中的温湿度与空气质量，可以及时发现环境异常，采取有效措施进行调节，从而提高居住舒适度与健康水平。

1.2 温湿度与空气质量对健康的影响

温湿度与空气质量不仅对人体的主观舒适感有直接影响，还与多种健康问题密切相关。例如，湿度过高时，空气中的霉菌、细菌和尘螨会迅速繁殖，容易引发过敏和呼吸道感染等问题；湿度过低时，人体黏膜会变得干燥，导致呼吸道防御能力下降。此外，室内空气质量中的有害气体（如 CO₂、VOC 等）以及颗粒物（如 PM2.5）浓度升高，会直接影响呼吸系统，严重时可能引发哮喘、慢性支气管炎等疾病。因此，室内环境监测系统不仅要能够监测温湿度的变化，还需要对空气中的各种污染物进行全面感知和分析，以便及时提醒用户采取必要的干预措施。

1.3 现有室内环境监测系统的不足

尽管当前市场上已有多种室内环境监测产品，但多数产品功能较为单一，仅提供基本的温湿度和部分空气污染物的监测，并通过简单的数据显示结果，缺乏智能化的数据分析与预测功能。例如，许多设备仅能在环境数据超出设定阈值时发出警报，而无法在

污染趋势形成之前进行预测和预警。同时,部分系统在数据采集的精度和实时性方面存在不足,无法满足用户对环境精准监测的需求。此外,这些传统系统难以实现与其他智慧家居设备的联动调控,降低了家居系统的整体智能化水平。

因此,针对这些不足,开发一套基于深度学习算法的智慧家居室内环境监测系统,能够通过智能算法对温湿度和空气质量进行精准监测与动态预测,实现更高层次的环境调控。这一系统不仅能够提高监测精度,还能通过深度学习模型的预测功能,在问题发生前提供预警,进一步提升用户的居住体验与安全性。

2 基于深度学习算法的监测系统设计

智慧家居室内环境监测系统的设计需要从整体架构出发,结合硬件选型与软件功能开发,确保系统具备实时数据采集、处理与智能分析能力。通过深度学习算法对环境数据进行建模与预测,可以有效提高监测的准确性与系统的响应速度。

2.1 系统总体架构设计

系统总体架构包括数据采集层、数据传输层、数据处理层和用户交互层四个主要部分。其中,数据采集层通过多种传感器实时采集室内温湿度和空气质量数据;数据传输层采用无线通信技术(如Wi-Fi或ZigBee)将采集到的数据传输至中央处理模块;数据处理层通过深度学习算法对采集数据进行分析与预测,并生成监测报告和预警信息;用户交互层则通过移动端或PC端应用,向用户展示环境监测结果并提供调控建议。

2.2 硬件模块设计与选型

硬件模块包括温湿度传感器、空气质量传感器、处理器和无线通信模块。温湿度传感器选用高精度数字传感器,能够实时感知环境变化,确保数据的准确性。空气质量传感器则选用多合一传感模块,支持对PM_{2.5}、CO₂、VOC等多种空气污染物的监测。中央处理模块选用高性能嵌入式处理器,能够在接收到传感数据后迅速进行处理与传输。无线通信模块支持Wi-Fi和蓝牙协议,确保系统数据传输的稳定性与高效性。

2.3 软件功能设计与数据处理流程

软件功能设计主要包括数据采集与存储、数据预处理、深度学习模型训练与预测、用户界面交互等部分。数据采集模块负责实时接收传感器数据并存储在本地或云端服务器中;数据预处理模块对原始数据进行去噪与标准化处理,以提高模型的训练效果;深度学习模型根据历史数据进行训练,并对未来环境变化进行

预测;用户界面交互模块提供实时监测信息、历史数据查询与智能调控建议等功能。

2.4 深度学习算法的应用与优化

在系统中,深度学习算法用于对室内环境数据进行模式识别与趋势预测。基于长短时记忆网络(LSTM)的模型能够有效处理时间序列数据,适用于对温湿度和空气质量变化的动态预测。此外,通过对模型进行超参数调优与训练集扩充,可以进一步提升预测精度与系统的响应速度。在实际应用中,算法还支持在线更新,确保系统能够随着环境变化不断优化其预测能力。

3 实时监测系统的开发与实现

智慧家居室内环境监测系统的开发包括数据采集模块的实现、深度学习模型的训练与应用,以及系统集成与功能验证。为实现精准监测与智能分析,需要结合软硬件进行高效协作,并利用深度学习技术提升数据处理能力。

3.1 数据采集模块的实现

数据采集模块通过多种传感器实时采集温湿度与空气质量数据,采用高精度的DHT22温湿度传感器与BME680空气质量传感器,分别监测PM_{2.5}、CO₂及VOC浓度。传感器与嵌入式处理器通过I²C接口连接,数据采集频率设定为每5秒一次。为提高数据的准确性,系统引入滑动平均法对数据进行平滑处理,减少采样波动的影响。

采集到的数据通过Wi-Fi模块实时传输至云端与本地存储设备,确保数据的时效性与完整性。同时,系统采用循环缓存策略,确保在短时网络中断时依然能够存储数据,保证采集过程的连续性。

3.2 温湿度与空气质量数据分析与模型训练

环境数据具有较强的时间序列特性,因此系统采用基于长短时记忆网络(LSTM)的深度学习模型进行预测与分析。模型训练阶段,通过对采集到的历史数据进行归一化和去噪处理,确保输入数据的质量。训练后的模型能够实时预测未来10分钟内的温湿度与空气质量变化趋势,为用户提供精准的预警信息。

此外,为提升系统适应性,系统引入在线学习机制,允许模型在实际运行过程中根据新数据不断更新,从而提高预测精度。

3.3 系统集成与功能验证

系统集成包括硬件与软件的联调,确保各模块高效协作。通过多轮功能测试,系统在数据采集的准确性、数据传输的实时性以及环境异常响应速度方面均达到了设计目标。在模拟环境中进行的实验表明,系统对

温湿度与空气质量的变化能够及时响应,平均延迟时间小于1秒。

用户交互方面,系统提供了移动端应用界面,用户可实时查看当前环境数据及未来趋势预测,并接收系统推送的异常预警与调控建议。例如,当空气质量下降或湿度过低时,系统会自动提醒用户采取相应措施。

4 系统性能测试与应用实例分析

为了验证基于深度学习算法的智慧家居室内温湿度与空气质量实时监测系统的有效性与实用性,研究通过详细的系统性能测试与应用实例分析,对系统的准确性、稳定性和实际应用效果进行评估,并探讨后续优化方向。

4.1 测试环境与测试方法

测试环境选择在一个模拟家庭居住场景中进行,包括客厅、卧室和厨房三个典型区域,每个区域均部署温湿度传感器与空气质量传感器。测试内容涵盖实时监测精度、数据传输延迟和异常环境响应速度三方面。为了保证测试数据的准确性,使用专业校准设备对各项指标进行对比,以评估系统的测量误差与预测偏差。此外,测试过程中人为制造温湿度变化与空气污染物浓度波动,观察系统的响应效果。

4.2 系统准确性与稳定性分析

在测试过程中,系统采集的温湿度数据与专业设备的测量结果误差均保持在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 和 $\pm 3\%\text{RH}$ 以内,符合设计要求。对于空气质量参数($\text{PM}_{2.5}$ 、 CO_2 、 VOC 等)的监测结果,系统与专业设备的测量值基本一致,平均误差控制在10%以内,能够有效反映室内环境的实际变化。数据传输方面,系统的平均延迟为0.8秒,在实时监测系统中表现良好。此外,通过长时间的连续运行测试,系统在不同环境下均保持了较高的稳定性,未出现数据丢失或设备连接中断的情况。

4.3 实际应用案例与效果评价

为进一步验证系统的实用性,将该系统部署于一个三口之家中进行实际应用测试,持续时间为一周。在测试期间,系统实时监测了家庭环境中的温湿度和空气质量,并通过移动端向用户推送了多次异常环境预警。例如,当厨房烹饪时 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度明显上升时,系统迅速识别并发出提醒,建议用户开启排风设备。在夜间,当卧室内湿度下降至40%以下时,系统自动推送加湿建议。用户反馈表明,系统的实时监测与智

能提醒功能有效提升了生活舒适度,并帮助用户及时采取措施改善环境质量。

4.4 后续优化与改进方向

尽管系统在性能测试与实际应用中表现较好,但仍存在一些可优化的方面。首先,在深度学习模型方面,可以通过扩充训练数据集,进一步提升模型的预测精度和泛化能力,尤其是在应对极端环境变化时的准确性。其次,增加更多类型的传感器(如光照、噪声等)可进一步丰富系统的监测维度,提升系统的综合智能化水平。此外,优化系统的能耗与功耗管理,延长设备续航时间,也是后续研究的重要方向。

5 结语

本文设计并开发了一套基于深度学习算法的智慧家居室内温湿度与空气质量实时监测系统,通过软硬件结合与深度学习技术的应用,实现了对室内环境的精准监测与趋势预测。系统采用高精度传感器进行数据采集,并利用长短时记忆网络(LSTM)模型对温湿度和空气质量数据进行智能分析与预测,在多轮功能测试与实际应用中表现出良好的稳定性和准确性。测试结果表明,系统在实时响应与预警方面达到了预期目标,能够有效提升用户的居住舒适度与健康水平。

尽管系统已具备较高的实用性与智能化,但仍存在进一步优化的空间,例如在扩充环境监测维度、提升模型泛化能力及降低设备功耗等方面。本研究不仅为智慧家居环境监测系统的开发提供了参考,还为未来更智能、更全面的智慧家居系统设计奠定了基础。未来可通过更先进的传感与智能调控技术,进一步提升智慧家居系统的整体性能与用户体验。

参考文献:

- [1] 孙蕴琪.基于深度学习室内温湿度控制技术研究[D].北京:北京邮电大学,2023.
- [2] 郝祎帆.木结构建筑室内温湿度预测模型研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2023.
- [3] 谷卫.基于深度学习的地铁站室内环境预测系统研究[D].南京:南京信息工程大学,2023.
- [4] 卢佳欣,陈柏祥,丁子建.基于物联网技术的智慧家庭监测系统设计[J].科技与创新,2023(21):105-107.
- [5] 岳丽颖.基于无线Wi-Fi技术的智慧家居控制系统的设计与研究[J].辽宁科技学院学报,2022,24(4):15-19.