

基于多元拟合算法控制的智能卧室设计

杨柏松¹, 林乃劲¹, 钟文聪¹, 刘美², 陈金鹏¹

(1. 广东石油化工学院 自动化学院, 广东 茂名 525000;

2. 广东石油化工学院 教务处, 广东 茂名 525000)

摘要: 针对智能家居系统的卧室温湿度调控单元, 设计了一种基于多元拟合算法控制的卧室温湿度闭环调控系统; 系统以 STC89C52 微处理器为核心, 采用基于最小二乘的多元拟合算法建立调控模型, 使用多路传感器进行温湿度参数采集, 配合 LCD 液晶显示、蓝牙通信模块及相关执行器, 可实现温湿度信息实时交互、自动闭环调节及故障预警等功能; 通过对系统模型的运行测试, 系统可实现预定的各项功能, 效果较好。

关键词: 智能家居; STC89C52; 温湿度传感器; 最小二乘法; 闭环调节

Design of Intelligent Bedroom Based on Control of Multivariate Fitting Algorithm

Yang Baisong¹, Lin Naijing¹, Zhong Wencong¹, Liu Mei², Chen Jinpeng¹

(1. College of Automation, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China;

2. Academic Affairs Office, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming 525000, China)

Abstract: Aiming at the bedroom temperature and humidity control unit of the smart home system, a bedroom temperature and humidity closed-loop control system based on multiple fitting algorithm is designed. The system takes STC89C52 microprocessor as the core. Adopts the least squares multivariate fitting algorithm to establish the regulation model, and uses multiple sensors to collect temperature and humidity parameters. Cooperating with LCD liquid crystal display, Bluetooth communication module and related actuators to achieve real-time interaction of information which include real-time temperature and humidity, automatic closed-loop adjustment and fault warning and other functions. Through the test of the system model, the system can realize the predetermined functions, and the effect is better.

Keywords: smart home; STC89C52; temperature and humidity sensor; least squares; closed loop regulation

0 引言

随着《中国制造 2025》战略文件实施以来, 智能制造技术不断创新升级, 智能家居作为智能制造物联网的产物, 代表了我国社会未来的发展趋势, 是我国现代化建设水平的重要体现之一^[1]。当人们的物质生活水平不断提高, 居家环境的智能化成为了大多数民众的追求。

智能家居系统可将家用电气设备、家居环境及居家安全管理等进行联合调节。对于传统的家居而言, 智能家居可以满足广大用户对居家生活的各种各样的要求(如控制家电、温湿度调节、安全巡视等), 用户能够通过信息交互等技术对自己家庭中的各种信息(如家电设备、居家温度湿度等)进行掌握, 根据这些参数的变化特征, 来改变相应的控制顺序, 通过智能物联、人机信息交互等无线互联技术, 满足了人们对生活质量的追求, 而智能家居系统的设计研发主要是通过中央微处理器接收各类相关的元器件所反馈的信息, 并根据这些信息参数发送特定的指令对各

类电子电器进行操作以完成各项预设功能。

未来我国智能家居发展中, 主要是以多环境参数均衡控制、人机无线信息交互及多方位安全管理为主要的方向发展^[2], 智能家居系统研发受到了很多投资机构的重点关注, 因此在智能家居系统研发方面投入更多的努力, 从而创造更多、更好的价值, 对提高国民生活幸福指数, 提升国家综合实力有重要的现实意义^[3]。

1 总体研发方案

本设计针对智能家居系统的卧室温湿度调控单元, 设计出一种卧室温湿度闭环调控系统, 调控策略使用基于最小二乘的多元拟合算法构建, 通过对卧室温湿度比例的调控, 使设计的卧室系统中温湿度比例在一个合适的参数范围, 且使在这个参数范围的系统中有害细菌的寿命受最大的限制, 人体皮肤在这样的温湿度比例下感觉到舒适, 使设计的系统更加适合患有季节性鼻炎的用户使用。

经对知名企业(如格力、小米)智能家居系统的实地

收稿日期: 2020-06-17; 修回日期: 2020-07-16。

基金项目: 茂名市科技专项资金计划项目(茂科字[2019]40号10)。

作者简介: 杨柏松(1970-), 男, 广东雷州人, 硕士研究生, 高级实验师, 主要从事电力电子及运动控制技术、嵌入式技术方向的研究。

引用格式: 杨柏松, 林乃劲, 钟文聪, 等. 基于多元拟合算法控制的智能卧室设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(2): 82-86.

考察及相关研发资料搜集整理, 将基于多元拟合算法控制的智能卧室系统分为算法控制模型、结构模型、硬件模块、软件模块共四大模块进行研发, 系统总控框图见图 1。

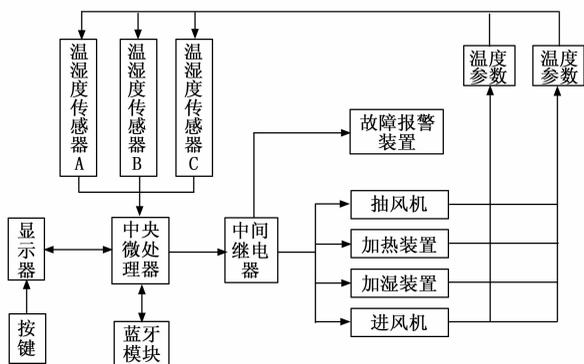


图 1 系统总控框图

由图 1 可知, 传感器将采集的温湿度信号传导回中央微处理器, 中央微处理器对所接收信号处理后, 将温湿度参数显示于显示屏中, 并将相关信息通过蓝牙模组进行无线通信, 根据算法建立的联控模型, 进行各类执行器的控制, 完成系统温湿度闭环调节功能。即分别对 4 大模块完成设计, 最后进行模型组装及软硬件调试, 将系统调试至预期目标。

2 控制模型构建

2.1 算法概述

在大数据计算领域中, 为了对大量离散数据进行规律挖掘及进一步分析, 求解出所需方程的未知数 (即为元), 寻找出自变量和因变量的数学关系, 通常采取对离散多变量参数进行拟合, 常用有最佳一致逼近多项式、最小二乘拟合、神经网络运算等计算方法, 针对离散多变量系统, 常采用最小二乘多元拟合算法。

最小二乘多元拟合算法常被用于对多元方程中求解未知系数及多元拟合函数的确定, 在方程求解过程中, 须在坐标系中描出所求离散参数, 根据各参数点在坐标系中的分布进行拟合回归曲线, 使得回归曲线上的各点与所对应的参数点的纵坐标的离差平方和达最小值, 即为拟合误差最小, 最终得出参数点最优拟合控制函数^[4], 该控制函数如式 (1) 所示:

$$T = \min \sum_{i=1}^n Q_i^2 = \min [F(x_i) - y_i]^2 \quad (1)$$

式中, Q_i^2 为多元拟合曲线中的点纵坐标与实际离散参数点的离差平方, 当 Q_i^2 值为最小时, 其求和达最小, 则所求误差值为最小, $F(x_i)$ 为离散点拟合函数, y_i 为实际参数值, 求解该控制函数首先要求解出离散点拟合函数 $F(x_i)$ 的函数类型, 这就需要大致观察参数的走向, 根据大致规律确定函数 $F(x_i)$ 的函数类型, 再由函数类型确定多元拟合函数的系数 K_i 从而得到 $F(x_i)$ 的数学表达式, 见式 (2):

$$F(X_i) = K_1 f_1(x) + K_2 f_2(x) + \dots + K_n f_n(x) \quad (2)$$

在求解离散参数拟合曲线的过程中, 最主要的任务是让真实参数值与求解的函数值的总残差取得最小值, 计算残差常用的方法有:

1) 使偏差绝对值之和达到最小值, 如式 (3) 所示:

$$\min \sum_{i=1}^n |Q_i| = \min \sum_{i=1}^n |F(x_i) - y_i| \quad (3)$$

2) 使偏差绝对值的极大值达到最小, 如式 (4) 所示:

$$\min * \max |Q_i| = \min * \max |F(x_i) - y_i| \quad (4)$$

但是由于式 (3) 与式 (4) 中的两个求解式计算较为困难, 所以计算总残差的方法为基于最小二乘理论的多元拟合为最佳选择。

因设计的智能卧室系统控制参数为离散温湿度, 因为在系统闭环调节过程中, 对于环境温度升高及湿度超出适合范围时, 中央微处理器将控制相关执行器动作 (如抽风机动作等) 使参数回归预设水平, 但由于在系统中, 当抽风机降温的同时, 系统中的湿度也会随之改变, 所以针对湿度随温度下降而改变的闭环调节系统, 采取基于最小二乘理论的多元拟合算法进行构建控制模型^[5-6]。

2.2 模型假设

- 1) 假设系统传感器传输信号没有被干扰。
- 2) 假设系统中所采集的某一些参数不精确, 不影响总控制模型构建。
- 3) 假设系统调节中各硬件均可正常运行。
- 4) 假设系统降温环节进风口所进风温湿度参数保持不变 (如进风温度为 26 °C, 相对湿度为 60%)。
- 5) 假设加湿装置所加湿度固定不变 (如加湿耗水量固定: 10 mH/min)。
- 6) 假设加热装置所加温度固定不变 (如加热接触面固定 60 °C), 停止加热后余热不影响系统稳定。

2.3 数据处理

系统控制环境为家居卧室环境, 控制参数为温度与湿度。由于温湿度参数在模型系统中瞬时变化率不强, 传感器采集的参数具有热惯性、非线性等特点, 在温湿度调节时, 系统不能及时控制相关执行器的动作时间及动作次序, 所以运用基于最小二乘法的多元拟合算法进行最优调度规划, 使系统温湿度调控中参数可最快维持于预设参数范围, 即使调控系统具有最快的响应能力及较好的稳定性^[7-8]。

算法预设卧室模型初始参数可设置为适宜季节性鼻炎患者的温湿度, 季节性鼻炎患者较喜温度偏高, 湿度较为中等的环境, 使温湿度参数适宜患者居住, 而使模型中温湿度参数不适宜空气中细菌生存, 如使温度控制于 26 ~ 28 °C, 湿度控制于 45% ~ 85%^[9-10]。

在智能卧室系统调节过程中, 将传感器每 5 s 所采集信息平均值, 整理为温湿度监测表, 当由于突然停电、蓝牙通信时移动设备接收数据中断或人为失误等, 调试系统时数据的缺失会干扰到控制模型的准确性, 所以需要针对时间段缺失数据进行合理预测, 由于传感采集的离散温湿度

参数较多,且在智能卧室系统调节中,当抽风机动作时,处于不同高度的温湿度参数变化会有差别,如靠近抽风口的温湿度变化速率更快、更明显,所以采取系统平均值的方法进行数据合理预测,预处理思路为:

- 1) 如果缺失时间段较短,则采用临近时间段(0~1 min以内)温湿度走向进行平均预测。
- 2) 如果缺失时间段较长,则采用长时间段(1~5 min以内)温湿度走向进行平均预测。

由以上思路进行缺失数据预测后,将所采集温湿度变化参数进行基于最小二乘的多元拟合,将不同参数点进行建立坐标系拟合,将拟合的多元函数转变为控制策略进行控制执行器动作,最后检测相关度。

在建立的多元拟合算法模型中,温度、湿度为算法输入数据,假设 UP 为模型输出变量, E 为温度与湿度参数偏差, Δe 为温湿度变化率, DL 为温度比预设参数大, DM 为温度在温度预设参数范围中, DS 为温度比预设参数小; KL 为湿度比预设参数大, KM 为湿度在湿度度预设参数范围中, KS 为湿度比预设参数小,由最小二乘法建立多元拟合,则系统调试过程中 UP 的影响参数为:

$$UP = \{DL, DM, DS, KL, KM, KS\}$$

$$E = \{DL, DM, DS, KL, KM, KS\}$$

$$\Delta e = \{DL, DM, DS, KL, KM, KS\}$$

通过调试进行算法校正,将结构模型建立后,进行参数采集,调整算法在系统中联控相关度。经过算法调试后,得出温湿度调节变化量随着抽风量的变化关系为趋近线性关系,拟合算法部分处理数据见图 2、图 3。

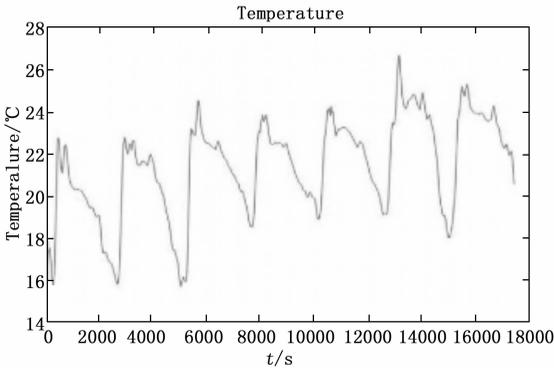


图 2 温度基数拟合图

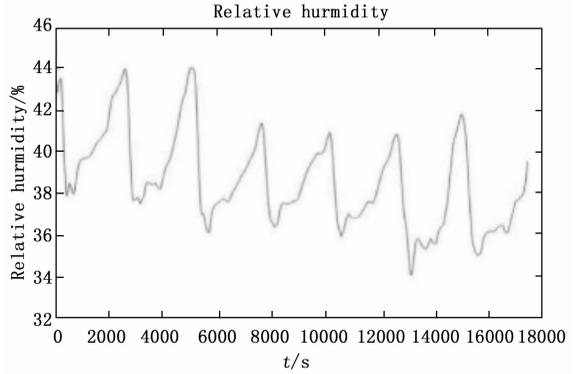


图 3 湿度基数拟合图

设计的智能卧室系统可对卧室中的家电设备控制、环境参数适宜性和安全管理进行闭环联合控制,满足智能卧室条件。将系统硬件研发分为两部分,即卧室结构模型与硬件电路两部分。

3.2 结构模型设计

采用三维绘图软件 Solid works 建立三维结构模型,设计分为模拟家居、传感器支撑、风机口支撑、控制主板支撑及加热装置支撑共 5 部分,每一部分完成预期支撑及展示功能。设计完成后对结构材料选型,考虑耐热性、可塑性、碰撞系数、性价比等方面,选择亚克力材料。三维结构模型见图 4,结构模型 CAD 见图 5。

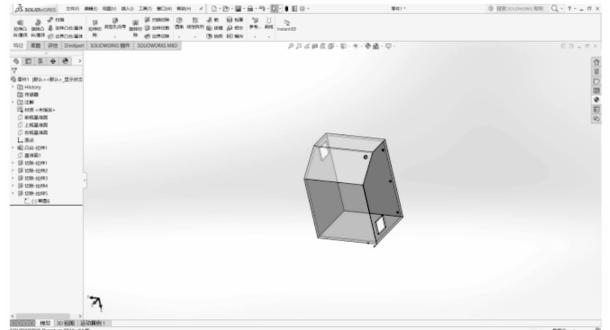


图 4 三维结构模型图

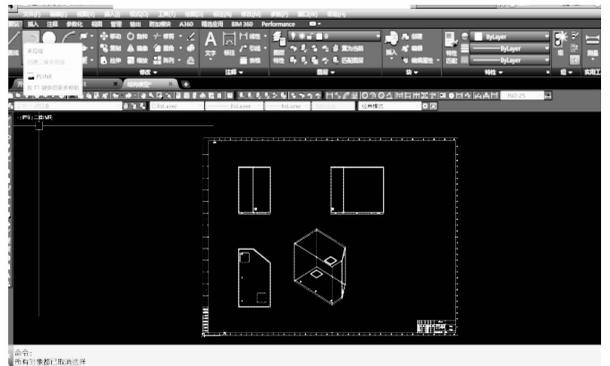


图 5 结构模型 CAD 图

3 系统硬件研发

3.1 智能卧室定义及条件

卧室是用户在居家中休息和所处时间最长的地方,卧室的舒适宜居性能直接影响用户的睡眠质量。智能卧室为智能家居系统的一个分支,智能卧室系统可采集卧室的各类信息(如家电设备参数、温湿度参数等),根据这些参数的变化特征,来改变相应的控制顺序,且通过智能物联、人机信息交互等无线互联技术,使用户可实时掌握参数量且可操作控制顺序。

3.3 硬件模块选型

使用 AD 软件设计硬件系统, 设计分为主控及基本电路设计、传感器选型及电路、按键及显示模块、无线通信模块、继电器模块、双层故障预警模块共 6 大部分进行, 每部分设计完成预期功能, 最后组合为系统整体硬件电路。部分硬件电路图见图 6~图 7。

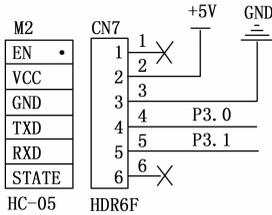


图 6 蓝牙模块电路接线图

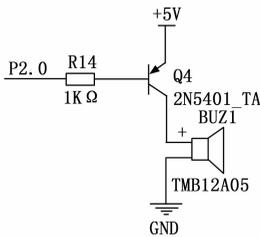


图 7 故障预警模块电路图

4 系统软件设计

软件编程使用基于 Keil uVision4 的开发平台, 采用 C 语言编写程序, 模块化编程可以更加便捷地进行功能调试, 在主程序中, 各个功能模块(如串口通信、按键扫描、温湿度读取、自动闭环调节、无线通信等)被依次调用, 从而完成系统预设目标及功能。

软件总控制流程为当系统完成初始化及参数设定后, 在系统调控中, 分布于卧室模型中不同高度的 DHT11 温湿度传感器将采集到的温湿度信息传递给中央微处理器, 处理器对温湿度参数进行求取参数平均值, 该平均值可在 LCD 显示屏及通过蓝牙通信在手机上实时显示, 且作为系统调控影响参数, 参与算法控制模型调控, 调控可分为键盘扫描控制、自动闭环控制及蓝牙无线通信控制共 3 个模块, 配以基本串口读写、温湿度采集及计算、液晶显示程序、故障预警及延时等程序设计, 主控根据系统温湿度设定值进行调控, 调控过程及控制相关执行器次序根据基于最小二乘的多元拟合算法建立调控函数, 从而完成智能卧室系统温湿度自动闭环均衡调控。温湿度闭环控制流程图 8、双级报警流程图 9。

5 实验分析及结果

5.1 调试实验分析

调试实验分析分为软件调试实验、硬件调试实验及软硬件联合调试共 3 部分。

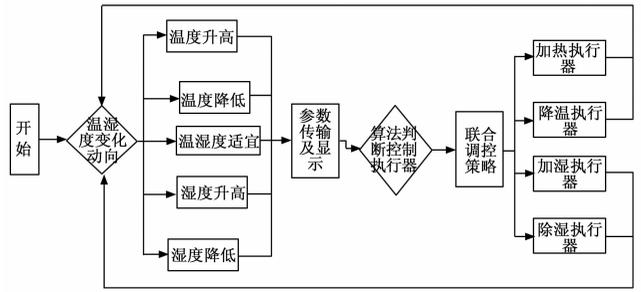


图 8 温湿度闭环控制流程图

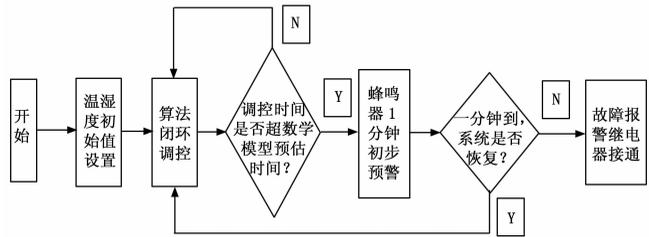


图 9 双级报警流程图

软件调试实验分为 C 语言源程序调试和蓝牙模块手机 APP 安卓程序调试两个方面, C 源程序调试可由 Keil 平台进行在线调试, 针对温湿度采集、故障预警、自动闭环调节、延时程序等各个模块进行单步运行调试, 最后由所建工程进行整体编译调试; 蓝牙模块手机 APP 安卓程序调试可由安卓程序开发平台 E4a 进行调试, E4a 平台集成了关于手机 APP 程序所需各个模组, 只需寻找蓝牙模组, 然后设置相关界面、属性参数、设置安装文档, 然后进行主窗口代码运行调试, 最后生成 APK 文件进行手机程序安装总调试即可完成手机 APP 安卓程序调试。蓝牙模组安卓界面调试见图 10。

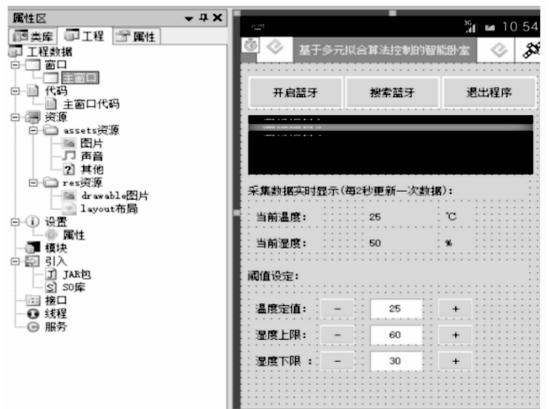


图 10 蓝牙模组安卓界面调试图

硬件调试实验中有很多需要调试的注意点, 每一个硬件调试不准确都会导致硬件电路无法完成预定功能及指标, 本系统硬件调试进行分区域分功能调试, 例如: 通过万用表逐个接口, 逐个线路进行检测焊接的万用版电路是否会

有各个引脚虚焊,如针对复位电路的复位按键引脚,如果引脚为虚焊状态,在没有按复位状态时复位引脚电压仍为高电平,这种硬件解决方案是需要重新进行引脚焊接,然后再用万用表针对焊点再检测是否还存在复位引脚错误。针对温湿度传感监测电路的调试,在调试温湿度传感监测电路的调试时,由于检测比较复杂,所以采用人工哈气的方式,先用 DHT11 温湿度传感器在控制万用板上进行插接,用万用表接一个高电平给检测电路输入端,然后检测驱动状态显示电路是否有电压,在面板上调试成功后再焊接到电路板上。

软硬件联合调试实验为将控制程序下载进主控芯片中,对系统各项功能进行初步确定及完善,配合手机 APP 程序进行软硬联调步骤。

5.2 调试实验结果

通过软件调试实验、硬件调试实验及软硬件联合调试共 3 部分分析,对系统调试实验的硬件及软件各功能模块进行单独实验调试处理,最后经软硬件实物模型功能实验,系统联控模型完整,调试实验后完成各项功能如下:

1) 系统采用多个温湿度传感器分布于卧室模型不同高度进行参数采集,将所采集参数进行平均计算,完成在温湿度均衡控制中准确传导模型温湿度功能,避免单一传感器采集误差。

2) 系统由多元拟合算法进行参数模型建立联控影响函数。

3) 系统可完成与移动设备的无线信息交互功能(如蓝牙),可与移动设备(如手机)显示密闭卧室模型中实时温湿度显示及适合温湿度设定等功能。

4) 系统控制主板可完成密闭卧室模型实时温湿度显示功能(如 LCD 显示屏)。

5) 当模型中温湿度不在设置的舒适参考范围时,系统根据算法给出的控制函数,进行联控相关执行器,完成温湿度回复设置参考值功能。

6) 当联控调节时间超出计算时间时,系统可启动二级

故障报警功能。

6 结束语

将基于多元拟合算法控制的智能卧室系统分为算法控制模型、结构模型、硬件模块及软件模块共 4 大模块进行研发,传感器将采集的温湿度信号传导回中央微处理器,中央微处理器对所接收信号处理后,将温湿度参数显示于显示屏中,并将相关信息通过蓝牙模组实时无线共享,根据算法建立的联控模型,进行各类执行器的控制,完成系统温湿度闭环调节功能。

对 4 大模块完成设计,最后进行模型组装及软硬件调试,经实物模型功能测试,系统联控模型完整,圆满完成预期各项目标。

参考文献:

- [1] 杨晓菊. 智能家居应用现状及其发展分析 [J]. 智能家居, 2018 (8): 71-72.
 - [2] 王亚丽, 高雁凤. 智能家居前景分析及其发展趋势 [J]. 智城建设, 2019 (11): 40-41.
 - [3] 吴强, 陈欣, 易梦思. 浅析智能家居旅馆的现状与发展 [J]. 现代交际, 2019 (8): 52-53.
 - [4] 商继敏, 王海燕, 蒋逢春, 等. 最小二乘法对温度传感器测温数据线性拟合及其应用 [J]. 大学物理实验, 2019 (4): 32.
 - [5] 雷耀建, 王汝凉. 最小二乘法在空气质量数据优化中的应用 [J]. 南宁师范大学学报, 2020 (3): 51-55.
 - [6] 李明明, 代邵庆, 朱海锋, 等. 基于 AT89C51 单片机的温湿度测试系统设计与仿真 [J]. 软件导刊, 2017 (3): 100-103.
 - [7] 王向玲. Proteus 模拟温湿度控制系统的实践教学 [J]. 实验室研究与探索, 2020 (1): 120-124.
 - [8] 章程. 基于 51 单片机智能家居的设计 [J]. 智库时代, 2019 (3): 282-288.
 - [9] 林乃劲, 钟文聪, 郭力锋, 等. 浅谈家用全自动酿酒设备设计 [J]. 中国设备工程, 2019 (12): 196-198.
 - [10] 王振红, 侯冬. 数学模型在测温系统中的应用 [J]. 传感器技术, 2004 (11): 70-72.
- 2022 年第 75 页)
- [2] 徐一鸣, 李笑, 杨凯凯, 等. 基于深度学习的四旋翼无人机控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (5): 123-127.
 - [3] 尹豪, 唐猛, 侯凡. 四旋翼无人机 PDF 控制系统设计和抗干扰分析 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (7): 91-96.
 - [4] 徐今强, 刘付颖, 叶伟杰, 等. 基于双目立体视觉避障的四旋翼飞行器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (3): 183-186.
 - [5] Zeng Y, Jiang Q, Liu Q, et al. PID vs. MRAC control techniques applied to a quadrotor's attitude [A]. 2012 Second International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control (IMCCC) [C]. IEEE,
 - [6] 晋帅, 李焯鹏, 何嘉颖, 等. 基于强化学习的两轮模型车控制仿真分析 [J]. 测控技术, 2019, 38 (12): 115-121.
 - [7] 杨文乐. 基于强化学习的倒立摆控制算法研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2019.
 - [8] Sutton R S, Barto A G. Reinforcement learning: an introduction [M]. Cambridge, MA, MIT Press, 2000.
 - [9] Volodymyr M, Koray K, David S, et al. Human-level control through deep reinforcement learning [J]. Nature, 2015, 518-530.
 - [10] 刘哲成, 郭丽娟. 基于分层滤波算法的无人机控制系统故障检测技术 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (5): 23-26.