

信息科学与工程学院/人工智能学院

2023-2024 学年寒假本科生科研训练计划双向选择项目

1、基于图神经网络的知识追踪模型研究

导师：张丽英 微信：SUN15210308076

随着信息技术的发展以及互联网的普及,越来越多的人开始在各类在线教育平台线上学习,在线教育逐渐成为一种热门的研究领域,在如何让在线教学系统更加智能化和定制化的大背景之下,知识追踪作为其中一项关键性的技术,起着关键的作用。知识追踪能够根据当前学生的知识水平(以其历史轨迹为基础)预测学生在未来的成绩表现,从而对学习者的学习能力进行综合评价以及辅助教学者对学生未来的学习方向做出规划。近年来较为流行的一类知识追踪模型是以图结构化的学习特征数据为基础且运用图神经网络(GNN)的图神经网络知识追踪模型(GKT)。本课题针对基于图神经网络的知识追踪模型进行学习,在此基础上设计更优的知识追踪模型,实现在线教学系统更加智能化服务于教学者和学习者。本研究首先学习 GKT、GIKT 和 SGKT 三种图神经网络知识追踪模型,理解其模型的基本思想和优缺点;在此基础上以提高模型预测精度为目的,设计更优的知识追踪模型,使用 ASSISTments2009、ASSISTments2012 和 EdNet 数据集进行实验并和前三种模型进行结果的对比和分析。

参考文献:

[1] Nakagawa Hiromi,Iwasawa Yusuke,Matsuo Yutaka. Graph-based knowledge tracing: Modeling student proficiency using graph neural networks[J]. Web Intelligence,2021,19(1-2).

[2] Yang Y , Shen J , Qu Y ,et al.GIKT: A Graph-based Interaction Model for Knowledge Tracing[J]. 2020.DOI:10.48550/arXiv.2009.05991.

[3] Wu Zhengyang,Huang Li,Huang Qionghao,Huang Changqin,Tang Yong. SGKT: Session graph-based knowledge tracing for student performance prediction[J]. Expert Systems With Applications,2022,206.

2、PLC 控制图形化组态软件开发

导师：左信 微信：18911629716

3、计算机测控系统 HMI 组态软件开发

导师：左信 微信：18911629716

4、基于回归建模的锅炉壁温参数敏感性可视分析

导师：纪连恩 邮箱：jilianen@cup.edu.cn

火力发电厂中，锅炉壁温不仅可以反映机组燃烧特性，还能揭示锅炉管壁受热情况。因此，探究壁温影响因素对于机组的优化运行及预防管壁受热爆炸等具有重要的指导意义。然而，壁温数据空间分布广泛，测点数量众多，且影响因素（参数）多重相关，这对分析带来了极大的挑战。

回归模型用于分析或预测一个或多个自变量的定量因变量，在许多领域中发挥着关键作用。然而，在实际场景的建模过程中，模型参数的选择、变量的特征提取以及模型的选取等过程都会受到领域的限制。此外，由于模型内部结构复杂，导致研究人员在模型理解与选择上都存在很大困难。可视分析技术结合视觉编码和交互等手段，为解决上述问题提供了新的思路。

本课题意在通过回归建模结合可视分析技术的方法探究锅炉壁温影响参数的敏感性，课题要求如下：

- （1）了解学习工业火电数据特性，并对壁温测点等变量进行合理的特征提取。
 - （2）调研相关文献，学习了解各种基于回归模型进行参数敏感性分析的方法，并选择合适的评估方法对建模效果进行对比。
 - （3）将建模计算过程及评估结果进行有效的交互可视化。
-

5、基于大语言模型和提示词工程的定向文本信息提取

导师：吕仲琪 邮箱：zhongqi@cup.edu.cn

大语言模型的产生推动了自然语言处理技术发展，产生了一系列新的研究方向。其中，提示词工程是探索大语言模型的一种有效技术。本课题研究通过提示词工程和大语言模型，挖掘文本中的关键信息。

6、等时线地图算法的设计和实现

导师：张建兵 邮箱：zhangjb@cup.edu.cn

等时线地图主要展示特定区域到其他区域的时间或一定时间内可以到达的区域。通常，我们用从某一点出发，以到达该点时间相同的约束点连接而成的闭合线为等时线，相邻两条等时线之间的区域为等时区。基于上述算法可以进行可达性分析。

7、面向 RNNs 隐藏层激活的降维可视分析方法设计与实现

导师：纪连恩

邮箱：jilianen@cup.edu.cn

循环神经网络 (Recurrent Neural Networks, RNNs) 及其变体已经广泛应用于各种与时间序列相关的任务中，不仅在语音识别等自然语言处理任务中被证明是有效的，也逐渐应用于工业控制领域的多维时序数据建模中。但是 RNNs 由多个隐藏层构成，其内部结构复杂，可视分析逐渐成为解释深度学习模型的一种主要手段。隐藏层激活状态作为模型内部表现的直接反馈，与输入输出数据密切联系，蕴含着模型丰富的机理特征和行为模式。分析人员可以通过探索隐藏层激活值理解和解释模型的工作原理，进而对其进行评估和优化。

然而，隐藏层激活值作为高维数据集，分析人员如何有效展示和分析其隐藏模式面临着挑战。降维技术 (Dimensionality Reduction, DR) 为可视化高维数据集提供了潜力，降维可以保留原始高维数据的关键信息并去除冗余特征，进而映射到易于展示和分析的低维空间中。不同的降维技术也会注重保留数据的不同特性；例如主成分分析 (Principal Component Analysis, PCA) 的降维结果将更多保留数据的线性与全局特征，而 t-分布式随机邻域嵌入 (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding, t-SNE) 则更多保留数据的非线性与局部特征。因此根据数据本身的特性选择降维技术并进行合适的可视化分析方法设计有利于得出符合高维数据内在规律的降维效果。隐藏层激活值可以看作是包含实例、时间步与神经元三个维度的三阶张量。考虑不同维度的特性以及在与输入、输出等条件关联分析的情况下，提出一套适用于多角度分析 RNNs 隐藏层激活值的降维可视分析方法，有助于分析人员更全面地理解 RNNs 的工作机理。

课题要求如下：

- (1) 熟悉 PCA、t-SNE、MDS 和 UMAP 等代表性降维技术的基本原理；
- (2) 调研相关文献，总结提炼 RNNs 隐藏激活的分析角度，并根据不同角度的特性设计一套降维可视分析方法；
- (3) 构建一个可视分析框架系统，将降维分析方法集成于框架中有效支持综合分析 RNNs 的隐藏激活模式。

8、基于开源硬件的聊天机器人开发与部署

导师：陈冲

邮箱：chenchong@cup.edu.cn

重点学习：(1) 开源硬件的开发；(2) 深度学习模型；(3) ChatGPT 接口；(4) 自然语言处理。

9、微震定位方法研究

导师：薛亚茹 微信：13621283604

在地震、城市工程、石油钻采压裂中，经常引起微振动，我们需要确定微震震源位置。阵列信号观测是判断震源常用的方法之一。由于地下结构速度往往位置，因此定位对地下微震信号仍是一个难题。本课题将调研微震监测目前发展现状，对微震传播机理进行建模，完成一种震源定位算法，并能够处理实际数据。

参考文献：

[1] Schmidt R ,Schmidt R O . Multiple emitter location and signal parameter estimation[J]. IEEE Transactions on Antennas & Propagation, 1986, 34(3):276-280.

[2] Rao,B. D , Hari, et al. Performance analysis of Root-Music[J]. Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Transactions on, 1989.

[3] Roy R , Paulraj A , Kailath T . Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques - ESPRIT[C]// MILCOM 1986 - IEEE Military Communications Conference: Communications-Computers: Teamed for the 90's. 0.

10、基于 Kalman 方法的 Radon 变换反演方法研究

导师：薛亚茹 微信：13621283604

卡尔曼滤波(Kalman filtering)是一种利用线性系统状态方程，通过系统输入输出观测数据，对系统状态进行最优估计的算法。Radon 变换将定义在二维平面上的一个函数 $f(x,y)$ 沿着平面上的任意路径做积分（求和），实现稀疏变换。然而由于 Radon 算子并非酉矩阵，故而无法通过直接求逆得到高分辨率 Radon 参数，本课题针对该问题将卡尔曼滤波与 Radon 变换结合实现高分辨率 Radon 参数反演。

参考文献：

[1] Song H , Mao W , Tang H , et al. Multiple attenuation based on connected-component analysis and high-resolution parabolic Radon transform[J]. Journal of Applied Geophysics, 2022, 199: 104580-.

[2] Xue Y, Ma J, Chen X. High-order sparse Radon transform for AVO-preserving data reconstruction[J]. Geophysics, 2014: 79 (2) , pp.V13-V22.

11、波阻抗稀疏反演方法研究

导师：薛亚茹 微信：13621283604

地震反演是获得地层物性参数的重要手段，为流体识别、储层预测提供可靠保障。叠后波阻抗反演方法经过多年发展已经相对成熟，但仍存在诸多问题，例如：求解不适定、常规反演对地层边界刻画不清晰、递归反演累计误差太大等。为了解决上述问题，学者们进行了大量研究并提出一系列解决方法，通常的做法是对波阻抗或者其变化率施加约束提高反演稳定性。目前对于“块状”波阻抗的反演，旨在找到一个合理性的稀疏模型，从而达到更加稳定和稀疏的反演效果，而基于TV正则化和L1正则化的反演方法其抗噪性仍有待进一步提升。本项目欲将信息熵引入稀疏约束，完成波阻抗稀疏反演研究。

参考文献：

[1] Yuanpeng Zhang, Hui Zhou, et al. Poststack Impedance Inversion With Geological Structure-Guided Total Variation Constraint. IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, VOL. 19, 2022.

12、针对一类非线性动态离散系统的鲁棒自适应控制设计

导师：王珠 微信：15810348680

非线性系统广泛存在于工业过程中，针对输出非线性系统、输入输出非线性系统等各种非线性系统，提出了许多非线性系统辨识方法。针对一类存在输入噪声和输出噪声的非线性离散时间系统，提出了一种新的基于非线性滤波器的自适应控制方法。该系统可以转换为具有外源性输入的非线性自回归移动平均(NARMAX)模型，引入离散Nussbaum增益克服前馈和控制增益方向未知的理论限制，并引入扩展的自适应调宽序列来加快参数更新过程。在无噪声情况下，所提出的自适应控制实现了输出跟踪的渐近性和全局稳定性。在存在输入噪声和输出噪声的情况下，提出了一种新的非线性滤波器来产生更准确的滤波输出，这提高了自适应控制的跟踪性能。最后，通过实例验证了该方法的有效性和准确性。

13、高维数据聚类、可视化分析与在线类别判断

导师：王珠 微信：15810348680

在没有先验知识的情况下，提取控制回路中操纵变量和被控变量数据的直观动态运行状态特征对于化工装置故障诊断具有重要意义。为了解决控制回路运行状态特征的无监督提取和故障诊断问题，本研究提出了一种相关分析法-聚类-可视化分析（t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding, t-SNE）-学生 T 检验（Student's t-test, Student T）方法。首先，从控制回路的操纵变量和被控变量历史数据中选择具有动态变化特性的数据，并使用相关分析法确定其有限脉冲响应函数模型。其次，将多组有限脉冲响应模型的参数构建成一个数据矩阵，并利用 k-means 算法进行聚类分析。随后，利用 t-SNE 算法将聚类后的数据降维到二维平面，并选择适当比例的聚类类别数据，以确保降维后的二维平面上类别之间的边界清晰可见。然后，对具有明显边界的类别数据进行 Student T 模型的训练。最后，在控制回路中利用在线辨识得到的有限脉冲响应模型参数和已训练的 Student T 模型进行异常诊断和类别判断。通过对某炼化厂实际生产数据的实验分析，成功诊断出了控制回路异常的原因，并验证了该方法的有效性。

14、现代 CPU 上低精度稀疏矩阵-向量乘法的矩阵单元加速优化研究

导师：刘伟峰 邮箱：weifeng.liu@cup.edu.cn

随着人工智能和深度学习应用的不断普及，对于在现代计算机体系结构中高效执行数值计算操作的需求日益增加。稀疏矩阵-向量乘法（SpMV）作为多个领域中常见的核心数学运算，其性能对整个应用的效率起着至关重要的作用。在这一背景下，本研究关注在包含矩阵乘法单元的现代 CPU 上加速实现低精度 SpMV 的性能优化问题。这些 CPU 的新矩阵部件包括 AMD 的神经处理器单元（NPU）、Intel 的先进矩阵扩展（AMX）等。在本研究中，我们将关注如何利用这些现代 CPU 的矩阵单元来实现低精度 SpMV 的性能优化。可能的优化策略将包括稀疏存储的数据结构和并行算法上的优化，实验平台将包括 AMD 和 Intel 的最新硬件。研究成果将是一套高性能 CPU 上的 SpMV 开源代码。

15、基于开源组态软件的 HIPPS 系统 HMI 开发（限大三学生填报）

导师：岳元龙 微信：18519886561

高完整性压力保护系统 HIPPS 的上位机软件具有点数少，采样速度快的特点。传统 HMI 软件都是基于大系统开发的，一般采用查询方式更新数据，导致采样速度慢，不能满足 HIPPS 系统的高速采样需求。本项目基于开源组态软件，开发 HIPPS 专用上位机，输入输出各不超过 100 个数据点，扫描周期不超过 10 毫秒。

16、训练收敛感知的混合精度调整机制研究

导师：孙庆骁 微信：15313125721

主流深度学习框架均致力于实现更高效的混合精度网络训练。框架将神经网络模型表示为数据流图，其中常见的计算函数被定义为算子。混合精度训练策略为数据流图中的每个算子做出精度分配决策。部分算子使用高精度以保证模型精度，而其他算子使用低精度以节省内存带宽并实现计算加速。然而，主流深度学习框架的列表管理方式不够灵活，高度依赖于工程经验，无法充分发挥混合精度的性能潜力。另一方面，现有混合精度调整方法没有考虑格式转换和零填充的开销，以及低精度对算子误差和整体收敛性的影响。

算子精度选择可看作是多维问题，研究目标是在保证收敛的情况下充分加速模型训练。然而，预测低精度计算的性能提升和训练收敛具有挑战性，其受到硬件特性、算子模式、输入大小等因素的影响。本研究拟分析模型输入和算子模式对低精度计算性能和收敛性的影响。在此基础上，遍历网络结构以自动决策使用低精度的算子，提高训练性能和硬件资源利用率。

首先，设计线性回归函数对包含转换成本的算子执行时间、算子在低精度下的误差进行建模。然后，基于高精度数据和关键硬件指标来预测低精度下的性能和误差。最后，根据图拓扑量化算子误差对整体收敛性的影响，确定性能最佳配置方案。

参考文献：

[1] Tian R, Zhao Z, Liu W, et al. SAMP: A Toolkit for Model Inference with Self-Adaptive Mixed-Precision[J]. arXiv preprint arXiv:2209.09130, 2022.

[2] He X, Sun J, Chen H, et al. Campo: {Cost-Aware} Performance Optimization for {Mixed-Precision} Neural Network Training[C]//2022 USENIX Annual Technical Conference (USENIX ATC 22). 2022: 505-518.

17、基于生成对抗网络的换热网络能效建模与分析

导师：孙琳 邮箱：sunlin@cup.edu.cn

换热网络是过程系统重要的能量回收单元，是系统节能降耗的关键。为实现过程系统的持续节能，针对不同的操作条件与生产要求分析系统能效的相关影响因素。在此基础上依据热力学原理可以建立能效的初始数学模型，结合实际数据与商业软件仿真结果，通过采用生成对抗网络算法，不断优化模型，以实现与实际过程系统中换热网络能效的求解与分析。

18、面向新兴异构硬件的张量典范分解优化技术研究

导师：孙庆骁 微信：15313125721

张量分解广泛应用于理解跨多个维度的数据关系，其中最为常见的是张量典范分解。张量典范分解是奇异值分解的推广形式，为张量的每个模（也称为维度）输出矩阵因子。张量典范分解的主要瓶颈是矩阵化张量乘以 Khatri-Rao 积（MTTKRP）。另一方面，美国 Intel 公司的异构硬件引起了广泛关注。在 2023 年 11 月更新的 Top500 榜单上，由 Intel Max 系列 CPU 和 GPU 组装的 Aurora 超级计算机高居第二（仅次于 E 级超级计算机 Frontier）。

现实世界的张量通常规模庞大且极度稀疏。本研究将深入探讨张量典范分解在 Intel 异构硬件上的高效实现，考虑计算模式和操作依赖，充分利用硬件特性进行性能优化；将计算内核自适应地分配到主机端和设备端，重叠通信和计算以掩盖数据传输的延迟。首先学习张量典范分解的基本概念，包括最小化二乘法、张量矩阵化和 Khatri-Rao 积等。接着，熟悉 Intel 异构硬件的编程接口，如 oneAPI、SYCL 和 OpenCL 等。最后，在 Intel 异构硬件上实现基于迭代法的张量典范分解，并逐步根据硬件特性进行性能优化。

参考文献：

[1] Kolda T G, Bader B W. Tensor decompositions and applications[J]. SIAM review, 2009, 51(3): 455-500.

[2] Smith S, Ravindran N, Sidiropoulos N D, et al. SPLATT: Efficient and parallel sparse tensor-matrix multiplication[C]//2015 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium. IEEE, 2015: 61-70.

[3] Li J, Sun J, Vuduc R. HiCOO: Hierarchical storage of sparse tensors[C]//SC18: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis. IEEE, 2018: 238-252.

[4] Sun Q, Liu Y, Yang H, et al. Input-aware sparse tensor storage format selection for optimizing mttkrp[J]. IEEE Transactions on Computers, 2021, 71(8): 1968-1981.

19、基于 LTSpice 软件的工业常用放大电路仿真

导师：岳元龙 微信：18519886561

放大电路是过程过程控制领域智能模拟量变送器开发常用的核心元件。为了缩短变送器硬件开发周期，在 PCB 下单前采用 LTSpice 软件分析原理图设计的合理性，确保后续电路顺利调试。

20、Pure PTA /CEPTA /Ramping PTA

导师：金洲 邮箱：jinzhou@cup.edu.cn

随着电子技术的迅速发展和电路复杂性的不断提高,对电路瞬态行为的深入理解变得至关重要。PTA 作为一种关键的电路分析方法,专注于电路中信号随时间变化的瞬时响应,对于确保电路在启动、关闭或输入信号变化时的稳定性和可靠性具有重要意义。本研究将聚焦于 PTA 的原理、方法和应用,探讨其在电路设计中的关键作用。研究的主要目标是深入了解电路中元件的动态特性,包括电容和电感等在电路变化时的充电和放电过程。此外,将研究电路中各元件之间的相互影响,以提高对瞬态行为的整体理解。研究还将关注瞬态分析在电路设计中的实际应用,我们计划将我们的 PTA 算法实现到开源电路仿真器 ngspice 中。这项工作以最简单的 Pure PTA 为起点,随后将扩展至包括 CEPTA 等几个算法。目前,这一领域的人力投入相对较少,但我们致力于为 ngspice 这一开源仿真器增添新的分析工具,为国际开源社区做出贡献。

21、基于 FBD 图形编程语言的监控组态软件开发

导师：冯爱祥 微信：fax1102, 电话：18911629716

物联网智能终端、工业 PLC/RTU/DCS 产品、PLD 数字电路逻辑编程、机器人智能化编程等软件开发,为了提升产品的市场竞争力、适应更多的需求场景,越来越多地采用国际标准 IEC1131-3 中制定的 5 种编程语言。其中的功能块图 (FBD - Function Block Diagram) 是一种图形编程语言,源于数字电子技术,更适合于大众对逻辑的理解,逻辑结构直观,更适合于推广应用。本训练计划开发一套基于 c 或 c++ 标准语言库的 FBD 功能块图集成开发环境,这个开发环境具有更好的可以执行,适用于不同的操作系统平台,具有图形化人机交互功能,操作便捷;可以离线编程、在线修改、在线监视、在线调试、上载、下载等功能;图形化颜色显示;可以进行图形化编程实现逻辑运算、比较运算、算数运算和时序运算;编译后生成中间语言以实现共享平台下的运行和不同开放式平台的适应性。未来的工业控制、物联网、智能系统更加面向开放式平台,在开放式平台上可以根据不同技术团体的能力开发需求应用。FBD 功能块图,在开放式平台普及化和产业化的过程中有很好的适应应用前景。

参考文献:

[1]《云组态中 FBD 的形式化描述及其面向 C 代码转换算法的研究》,王涛、严义,杭州电子科技大学。

[2]《机器视觉图形化可编程技术的研究与实现》,董祥龙,大连理工大学。

[3]《ICICOS 工业云智能控制系统的研究与开发》,苏为斌,山东大学。

22、工业监控 HMI 组态软件的开发调试与改进

导师：冯爱祥 微信：fax1102，电话：18911629716

国外 HMI 组态软件着力于工业应用，如：Intouch、Wincc、Ifix、RSView 等主流软件，不仅适合于设备接口，也适合于大型场站控制、SCADA 控制等场景，点数从 1000 点到 100 万点均可，单套软件价格在 3 万~500 万元不等。国内 HMI 组态软件有组态王、力控、世纪星、资金桥等。国内组态软件更侧重于单机小设备应用，点数从 60 点到 1000 点左右，与国外性能差距较大，价格在 1000-50000 元范围内。国内外 HMI 组态软件的本质性差别在于实时数据库。国内的组态软件除了组态王，均没有实时数据库。不适合于实时性应用和大场景应用。点数超过 1000 则 cpu 持续占有率超过 30%，界面切换时间达到 10 秒。随着物联网和智能终端的蓬勃发展，HMI 组态软件从计算机开始向智能终端嵌入式发展。开发一套基于标准 C++库的，具有良好可移植性的 HMI 组态软件，具备良好的市场前景。可以应用到物联网的各个角落，包括大数据采集服务器、操作电脑终端、手机终端、触摸屏、智能设备终端等等。本训练计划拟在已有的 HMI 组态软件基础上，开发调试各功能，并针对调试过程发现的问题，修改完善原有程序。已有软件的主要功能包括显示、操作、数据记录、报警、查询、通讯接口等功能；具备性能优越的实时数据库，对接入的所有物联网智能终端设备均可以实现实时性的远程操作，开发共享平台兼容协议，对于不同厂家的设备具有良好的兼容性。具有大数据的概率统计功能，分析设备工作状况和健康状况。通过简单的图形拖拽即可实现整个工程组态，不需要文本类编程或简单编程。具有良好的可移植性，可以应用于计算机终端、手机终端、智能设备嵌入式终端等。

参考文献：

[1]胡劲华，《工业大数据“开发测试生产“一体化数据开发系统》,上海宝信工业互联网研究院，2023 年 6 月。

[2]瞿珏等，《直感交互人机界面研究综述》，空军工程大学，2023 年 12 月。

23、基于不确定性感知的数字人单视图三维重建

导师：连远锋 电话：15101678878

从图像中重建物体一直是计算机视觉领域中一项重要工作，而从单幅图像中恢复真实物体的三维网格形状更是极具挑战性的任务。针对图像重建人体网格方法中存在无法保持人体网格尖锐特征的问题，基于深度神经网络，对输入单幅图像研究一种有效的不确定性感知的特征三维人体网格生成方法。对单幅输入图像使用优化 Resnet 提取图像特征，并特别设计不确定感知模块获取人体的尖锐特征；实验使用 ShapeNet 数据集，在 PyTorch 框架下实现，从定性和定量两方面与现有方法进行比较。

24、掺氢输送管网多相流可微 SPH 流固耦合研究

导师：连远锋 电话：15101678878

天然气管网混氢输运是综合程度更高的综合能源系统,通过将氢气掺混进入天然气管网,实现高效、经济的氢气大规模消纳和长距离运输。针对高密度比天然气与氢气多相流体模拟中存在的相间密度计算误差问题及产生的不合理对流运动模拟效果问题,首先研究基于管道刚体引导的可微分双向流固耦合模拟器。然后设计一个两相流物理感知隐空间网络,以加速流体模拟仿真。最后在不同的工况条件下,分别对天然气管网混氢输运物理过程进行分析。

25、基于模拟退火教学优化算法的自动排课系统设计

导师：董华松 电话：18410948667

SA-TLBO 算法的主要思想是在 TLBO 的学习阶段中引入模拟退火的策略,以增加算法的全局搜索能力和避免陷入局部最优解。本设计利用该算法实现在线自动排课和排考。利用 PYTHON 语言做为工具,完成前后台设计。

参考文献:

[1] Laarhoven, P.J.M.; Aarts, E.H.L. Simulated Annealing: Theory and Applications; Kluwer Academic Publishers: USA, 1987.

[2] Kirkpatrick, S.; Gelatt, C.D.; Vecchi, M.P. Optimization by Simulated Annealing. Science 1983, 220, 671–680.

[3] Teaching–Learning-Based Optimization: An optimization method for continuous non-linear large scale problems[J]. R.V. Rao,V.J. Savsani,D.P. Vakharia. Information Sciences . 2011.

[4] 智能算法在实验教学排课中的应用[J]. 刘明.实验技术与管理,2021(07).

26、基于树莓派智能小车的智能避障算法设计

导师：董华松 电话：18410948667

本项目旨在设计一种基于树莓派智能小车的自动避障算法。该算法通过搭载在智能小车上的传感器（如超声波传感器、红外传感器等）实时感知周围环境中的障碍物信息,并结合小车的运动状态,利用一定的控制逻辑和算法处理,实现小车的自动避障功能。在设计过程中,需要考虑到算法的实时性、准确性和鲁棒性,以确保小车在各种复杂环境下都能够快速、准确地避开障碍物,安全地到达目的地。

参考文献:

[1] 树莓派智能物流小车设计[J]. 李佳珂;曾清清.现代计算机,2022.

[2] 树莓派自动避障小车的消防应用[J]. 冯三槐;陶文华;张华峰;王佳明.物联网技术,2023.

[3] 基于深度强化学习的自主避障技术研究[J]. 王凌;邹昊东;杜元翰;汤铭;梅竹.微型电脑应用,2023.
