

2025年招生计划

1. 博士论文研究方向：高速视觉图像处理及其应用

选题类别：

☒基础性研究

☐应用性研究

☐工程技术攻关研究

☐新开辟的研究方向

☐已有研究方向的继续

☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

随着计算机、人工智能和数据通信技术的高速发展，图像处理近年来得到了极大的重视和长足的发展。相对于传统视觉算法，神经网络从海量的训练数据中学习到的先验知识具有更强的泛化能力和更复杂的参数化表达，具有适用范围更广、精度更高的优势，并在工业生产、医疗卫生、安防、科学研究等领域取得了广泛的应用。然而随着神经网络精度的提升，模型的复杂度和运算负载也在飞速增加，对计算平台提出了更高的要求，实时性也难以保证，严重限制了神经网络的应用领域，很难应用于工业流水线、无人驾驶等对实时性要求较高的场景。计算平台是制约神经网络实时性的重要因素，然而在现有条件下，仅能通过软件算法来进行优化。神经网络在高速视觉领域的研究方法主要可以分成两类：第一类可以归纳为设计轻量化的神经网络结构，这类结构能够降低完成相同任务的模型算力，提高模型的计算效率；另一类方法从模型压缩的角度出发，设计模型参数权重阈值算法，直接对权重过低的参数或网络层进行剪枝，或者利用一个精炼模型来学习复杂模型，从复杂模型中蒸馏出实现相应任务需要的信息。

本课题针对图像处理算法在工业领域的应用，围绕实时性的性能需求，从低算力高精度神经网络模型设计方法的研究视角，实现基于神经网络的图像处理算法在工业领域中速度和精度性能的提升，主要研究内容包括：

（1）神经网络轻量化算法研究：卷积计算是图像领域神经网络的主要计算单元，根据卷积的机理和实际任务中特征的主要形式设计高效的卷积计算方式。在降低模型算力的同时，也要考虑模型在对应计算平台上的计算效率。

（2）多任务神经网络结构设计：工业流水线和无人驾驶等领域要求同时完成多个图像处理任务，多任务神经网络通过共享浅层特征提取参数来实现多个任务同时学习，互相促进泛化效果，并提升整体任务的计算效率。多任务神经网络结构设计需要研究不同任务之间的作用关系，同时需要根据各任务的规模设计合理的损失函数权重策略，来平衡训练过程中的失衡问题。

（3）神经网络加速和嵌入式部署：工业领域的相关算法一般部署在嵌入式平台上，神经网络高内存和计算消耗的特点导致很难直接部署在嵌入式设备中。设计神经网络加速算法和嵌入式部署，需要根据硬件的架构特征，充分利用平台在算力、带宽、内存中某方面的优势，并降低平台在其他方面的缺陷，在模型的参数类型、数据吞吐、结构运算、算力分配等方面设计最优的架构；同时也需要研究针对硬件特征的神经网络结构，实现硬件资源的最大化应用。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1. 国家自然科学基金联合基金，U20A20188，表面贴装高端智能装备基于视觉的高速高精度运动控制理论与方法，262万元。

2. 哈尔滨工业大学头雁行动科研项目-智能控制与诊断及应用，XNAUEA5640200120-23。

1. 博士论文研究方向： 高端智能制造装备高速高精度运动控制

选题类别：☐基础性研究

☒应用性研究

☐工程技术攻关研究

☐新开辟的研究方向

☐已有研究方向的继续

☐其他

2. 博士论文的选题背景及意义和主要研究内容简介

电子制造业是我国的重要支柱产业，但存在众多“卡脖子”难题，高端电子制造装备严重依赖进口。在国际竞争和贸易摩擦日益激烈的背景下，甚至遭遇如高精度光刻机、全自动贴片机等高端装备全球断供的打击，产业链安全问题日渐突出，研制高端电子制造装备对提高我国电子制造业的自主可控水平意义重大。电子制造装备的典型代表是光机电一体化装备，是集成光学、软件、控制、机械为一体的高端智能装备，其典型特点是涉交叉性强，集成度高，核心性能指标是高精度、高速度和高稳定性。然而极其复杂的系统结构、诸多干扰与不确定因素、运动学和动力学等多约束条件，严重限制了光机电一体化装备“精、快、稳”性能的提升。

针对上述问题，现存主流方法在提升高端智能制造装备控制系统精度问题上大体可划分为两类：第一类可归纳为基于模型辨识的鲁棒控制方法，主要通过对运动控制系统机理模型和系统参数的实验辨识，实现对系统的先验知识获取，再结合鲁棒方法对未建模动态和外界干扰进行控制。此类精度提升方法虽取得了很好的效果，但控制精度取决于模型辨识精度，目前已接近系统平台精度瓶颈；另一类方法可称为基于不确定性估计与补偿的控制方法，此类方法主要是设计基于机理模型的扰动观测器或者设计神经网络学习算法，对系统不确定性进行估计与补偿，结合鲁棒控制技术，实现了更好的控制精度。现有方案多基于刚性动力学特性分析，在实现多轴运动系统的高精度控制及协同控制方面存在性能保守性。

本课题围绕高端智能制造装备多轴运动控制系统开展研究，针对高精度、鲁棒性、稳定性的性能需求，开展基于刚柔耦合特性建模的多轴运动系统精密协同控制研究，实现高端智能制造装备的“精、快、稳”性能提升，主要研究内容包括：

（1）基于耦合特性分析的高精度动力学建模：研究双边型直驱式龙门平台系统的柔性特性来源，研究平台执行平面任务时所受各内、外力的作用机理，分析各作用力的作用位置对工作台定位的影响建立兼顾工作台平移运动以及横梁旋转运动的高精度刚柔耦合动力学模型。

（2）基于复杂耦合特性补偿的高性能协调控制：研究轮廓任务中三台直线电机的运动学和动力学耦合机理，建立从原始笛卡尔坐标系下的系统状态到系统轮廓性能指标的映射模型，综合原始笛卡尔坐标系与全局任务坐标系的优缺点，研究降低数值计算误差累计的轮廓控制策略。

（3）多变量约束下的轮廓优化控制：分析双边型直驱式龙门平台系统的硬件性能约束来源，建立各部件的运动学和动力学约束模型，并研究约束模型在笛卡尔标架与全局任务标架内的映射关系，研究平台硬件性能约束、运动学和动力学条件下的动态前馈补偿算法，结合受限优化模型补偿理论，研究进刀速度规划策略与轮廓协调控制算法的一体化设计方法。

（4）轨迹规划与控制一体化方案：现有高端智能制造装备中所涉及的规划与控制问题是独立进行的，即规划过程中不考虑控制的影响，控制过程中将规划的轨迹作为已知信息处理，从全局角度看，这并非高速高精度控制系统的最优方案，本课题将从规划与控制一体化角度探索最优方案，提升装备整体性能。

3. 该选题所依托的科研项目或研究经费来源情况

1. 国家自然科学基金联合基金，U20A20188，表面贴装高端智能装备基于视觉的高速高精度运动控制理论与方法，262万元。

2. 哈尔滨工业大学头雁行动科研项目-智能控制与诊断及应用，XNAUEA5640200120-23。