

CdualTAL: 基于双通道 Transformer 和交叉注意力网络的多域刀具磨损预测

李娜^{1,2}, 刘振栋³, 王梹^{1,2}, 蒋迦旻³, 魏彦杰⁴

¹齐鲁理工学院智能制造与控制工程学院, 中国济南市, 250200

²山东省工业大数据与智能制造重点实验室, 中国济南市, 250200

³上海第二工业大学计算机与信息工程学院, 中国上海市, 201209

⁴中国科学院深圳先进技术研究院, 中国深圳市, 518055

摘要: 精确的刀具磨损预测对于提高制造效率至关重要, 然而受限于冗余噪声的干扰, 如何有效利用多域传感器特征仍是一大难点。当前迫切需要一种策略, 能够同时利用具有高预测能力的“强特征”和包含潜在价值信息的“弱特征”。为解决这一问题, 提出一种改进的基于Transformer的编码器—注意力—解码器架构算法CdualTAL。该模型的命名源于其关键组件: 相关性自适应特征选择算法模块、双通道Transformer编码器、注意力机制以及长短记忆(LSTM)解码器。CdualTAL采用双通道编码器独立处理多域特征全集, 以及通过我们设计的相关性自适应特征选择算法筛选出的强特征子集。随后, 一种自定义的交叉注意力机制将这些特征表示进行融合, 聚焦于强特征的同时, 合理整合来自弱特征的信息。最后, 利用分层LSTM解码器捕捉深层时间依赖关系。在刀具磨损数据集上的验证结果表明, CdualTAL优于11种当前最先进的方法, 展现出卓越的预测稳定性和准确性, 其平均决定系数 R^2 达0.983, 均方根误差(RMSE)为4.373。

关键词: 多域特征; 双通道; 特征融合; 刀具磨损; 注意力机制; 特征增强
<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2025.0111>