

以跨专业协同育人为导向的《智能制造技术实训》课程改革设计

黄家峰

长江师范学院机器人工程学院, 重庆

收稿日期: 2026年4月13日; 录用日期: 2026年5月19日; 发布日期: 2026年5月28日

摘要

面向制造业数字化、网络化、智能化转型需求, 当前的《智能制造技术实训》课程在教学方面存在学科专业分设、内容零散、协同不足和评价单一等问题, 难以满足智能制造对复合型工程人才培养的要求。针对机械设计制造及其自动化、机器人工程和智能制造工程三个专业在短周期集中实训中的协同育人需求, 本文以共同的工程任务为牵引, 围绕课程目标重构、课程任务设计、实训组织实施优化和评价机制改进等方面, 构建《智能制造技术实训》跨专业协同改革方案。课程方案以智能加工与装配产线集成为核心任务, 采用分阶段实施路径, 形成跨专业的任务分工矩阵、校企协同指导机制和过程与结果并重的多维评价体系, 并从师资、资源和制度等方面对方案可行性进行了分析。研究表明, 面向短周期集中实训开展跨专业协同教学设计, 能够较好地解决传统实训中专业分割明显、内容衔接不足、组织协同不强和过程评价薄弱等问题, 有助于推动《智能制造技术实训》由单专业技能训练课程向共同任务驱动、阶段递进实施、过程与结果并重评价的综合实训课程转变。本文所提出的改革思路和实施框架, 可为智能制造及相关交叉专业群开展短周期跨专业实训教学改革提供参考。

关键词

跨专业协同, 智能制造, 短周期集中实训, 课程改革

Reform Design for the *Intelligent Manufacturing Technology Practicum* Course Based on Interdisciplinary Collaborative Education

Jiafeng Huang

School of Robotics Engineering, Yangtze Normal University, Chongqing

Received: April 13, 2026; accepted: May 19, 2026; published: May 28, 2026

Abstract

To meet the demands of the manufacturing industry's digital, networked, and intelligent transformation, the current *Intelligent Manufacturing Technology Practicum* course still faces several teaching-related problems, including discipline- and major-based separation, fragmented content, insufficient collaboration, and overly narrow assessment methods. These issues make it difficult to satisfy the need for cultivating interdisciplinary and application-oriented talents in intelligent manufacturing. In response to the collaborative training needs of students majoring in Mechanical Design, Manufacturing and Automation, Robotics Engineering, and Intelligent Manufacturing Engineering during short-cycle intensive practicum teaching, this paper proposes an interdisciplinary collaborative reform scheme for the *Intelligent Manufacturing Technology Practicum* course. Driven by shared engineering tasks, the scheme focuses on the reconstruction of course objectives, the design of practicum tasks, the optimization of practicum organization and implementation, and the improvement of assessment mechanisms. Centered on intelligent machining and assembly line integration, the proposed scheme adopts a phased implementation approach, establishes an interdisciplinary task allocation matrix, a school-enterprise collaborative guidance mechanism, and a multidimensional assessment system that integrates both process- and outcome-based evaluation, and further examines its feasibility in terms of faculty, resources, and institutional support. The study shows that interdisciplinary collaborative teaching design for short-cycle intensive practicum can effectively address such problems in traditional practicum teaching as clear disciplinary segmentation, insufficient content integration, weak organizational coordination, and inadequate process-based assessment. It also promotes the transformation of the *Intelligent Manufacturing Technology Practicum* course from a single-major skills training course into a comprehensive practicum course characterized by shared task orientation, phased implementation, and the integration of process and outcome evaluation. The reform ideas and implementation framework proposed in this paper may provide a useful reference for short-cycle interdisciplinary practicum teaching reform in intelligent manufacturing and other related interdisciplinary program clusters.

Keywords

Interdisciplinary Collaborative Education, Intelligent Manufacturing, Short-Cycle Intensive Practicum, Curriculum Reform

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

与传统制造实训相比,智能产线集成调试、生产数据优化与协同运维等任务更加依赖不同岗位之间的信息交互与协作,《智能制造技术实训》是连接专业理论知识、工程实践能力与岗位素养培养的重要课程。不仅要承担设备认知和工艺操作训练功能学习,还要逐步发展为多专业共同参与、围绕同一个工程任务协同实施的实训教学平台。

已有研究表明,当前智能制造工程人才培养仍存在专业结构与产业岗位需求不匹配、课程内容整合不充分以及实训教学与真实产业场景衔接不紧密等问题[1][2]。从课程教学实践看,机械设计制造及其自动化、机器人工程和智能制造工程等专业学生虽然均服务于智能制造相关产业,但是在实训过程中往往只完成本专业相关的模块任务,缺少围绕同一个工程对象的任务衔接、接口协同和系统集成,容易形成专业任务相对分散、协同链条不够清晰的教学状态。本文问题的提出主要来源于课程教学实践观察、学

生实践表现反馈、相关专业人才培养目标分析以及工程教育理论反思。在教学过程中发现,学生对单项技能训练的接受度较高,但对智能制造系统整体运行逻辑、不同模块之间的接口关系以及跨岗位协作机制理解不足;同时,相关专业人才培养目标均强调工程实践能力、系统集成能力和团队协作能力,这与传统分专业、分模块实训方式之间存在一定分歧。因此,以共同工程任务为驱动,构建跨专业协同实训模式,具有较强的现实针对性和课程改革价值。

近年来,国内高校围绕智能制造人才培养开展了较为丰富的探索,主要集中于实训平台建设、课程体系优化和应用型人才培养路径改革等方面[3]-[6]。国际工程教育中的项目式学习、CDIO 工程教育理念、协同学习理论和 OBE 成果导向教育,为智能制造实训课程改革提供了有益启示[7]。CDIO Syllabus 3.0 进一步强调数字化、可持续发展、团队协作和复杂工程能力培养,为智能制造实训由设备操作训练转向系统工程实践提供了过程框架[8];工程设计协同学习研究表明,复杂工程任务中的团队协作、角色分工和互动反馈是提升工程设计学习质量的重要因素[9];OBE 理念强调以学生能力达成为导向,反向设计课程目标、教学活动和评价方式,使课程改革能够更好地服务于复杂工程问题解决能力的形成[10];此外,学习工厂作为面向工业 4.0 和智能制造的重要实践教学模式,能够通过接近真实生产过程的教学环境,将数字化制造、MES、数据采集和系统设计等内容融入学生实践训练,为制造类工程实践教学改革提供了国际经验参考[11]。但总体来看,现有研究更多聚焦于单专业内部课程优化,对于多个相关专业如何在有限学时条件下围绕同一工程任务组织协同实践,尚缺乏可直接应用于教学实施的任务设计方法、角色分工机制与过程评价体系。

因此,本文面向我院机械设计制造及其自动化、机器人工程和智能制造工程三个专业(以下简称“机智”),围绕共同工程任务驱动下的跨专业协同培养需求,构建《智能制造技术实训》课程改革方案,本文以项目式学习作为任务组织方法,以 CDIO 理念作为工程过程主线,以协同学习理论作为团队组织依据,以 OBE 理念作为目标达成与评价依据,形成“真实项目牵引、跨专业任务分解、接口协同实施、多元评价反馈”的课程设计框架,重点解决课程目标分设、任务链断裂、组织协同不足和评价难以反映协同过程等问题。本文的贡献主要体现在三个方面:一是在理论层面,将项目式学习、CDIO、协同学习和 OBE 理念融入智能制造实训课程设计,形成面向跨专业协同育人的课程改革逻辑;二是在实践层面,提出以智能制造的典型任务为牵引、以专业接口为纽带、以过程协同为核心的实训组织方案;三是在推广层面,为应用型本科高校智能制造类实践课程改革和跨专业协同育人模式构建提供可以借鉴的设计思路。

2. 《智能制造技术实训》跨专业协同教学的核心问题

从跨专业协同育人的角度出发,现有《智能制造技术实训》课程主要存在以下四方面问题。

2.1. 专业分割明显,协同机制不足

当前相关专业的实训课程大多根据各自的培养方案独立设置和实施,课程目标与任务安排主要是围绕本专业基础理论知识与技能展开,缺少面向同一个复杂工程对象的协同工作。尤其在短周期实训中还没有形成贯通机械硬件实现、底层控制执行与上层系统集成的跨专业任务链条,这就导致学生对于岗位的依赖关系、数据的交互逻辑和系统协同流程缺乏整体认识。

2.2. 实训内容较为离散,系统集成训练不足

现有的实训内容大多为验证性、单元式的任务,如单一设备的调试、局部模块的编程等,虽然能够满足对单项技能训练的目标需求,但是不同专业之间又存在着一定程度的重复设置和逻辑上的分离。学生在有限的时间内往往只能完成局部训练,不能完整地经过需求分析、接口定义、跨域开发与系统联调

这些关键重要环节，不利于形成对完整工程流程的系统训练体验。

2.3. 教学组织单一，岗位协同场景建构不足

现行的实训内容多以同专业、同行政班为基本组织单位，即使采取小组合作的方式，也主要表现为相同知识背景下的任务分工，而没有按照真实的产业流程进行跨专业角色的协同。由于缺少跨专业团队组建、角色差异化分配和接口协作机制，学生很难经历真实工程场景中的任务衔接、信息交互与联合决策等过程。

2.4. 结果性考核偏强，过程性协同评价不足

现有的课程评价较多依赖实训报告、工件质量或程序运行结果等终结性成果来开展，对于沟通效率、角色职责、接口处理和方案优化等过程性表现关注不够，缺少能够反映个体贡献、团队协作和系统集成效果的评价指标与实施办法，不能全方位展示学生在跨专业协同中的真实表现。

3. 《智能制造技术实训》课程改革的基本原则

针对上述问题，本文确立了以一体化目标统领，三专业协同育人的总体思路，并遵循以下五项原则。

3.1. 产业牵引原则

课程改革以智能制造产业的发展需求和核心岗位的能力要求为出发点，借鉴 OBE 的反向设计理念，围绕智能产线集成、设备联调和系统运行优化等典型任务重构课程目标，提高课程目标与实际工程任务之间的契合度。

3.2. 协同育人原则

课程改革打破了单专业独立实施的传统方式，构建起三个专业共同参与、角色分工明确、接口协作清晰的实践教学方式，在保持各专业技术特点的基础上，突出共同任务牵引下的岗位协作与系统集成训练。

3.3. 场景贯穿原则

课程改革借鉴 CDIO 理念，以贴近真实的智能制造场景的综合性系统项目为载体，对原有分散的知识点和技能点进行重新整合，融入到完整的业务流程之中，使教学内容由单项技能训练转变为全过程系统训练。

3.4. 可实施性原则

课程改革充分考虑到短周期集中实训的现实约束，从平台设备、学生规模、课时安排和教学组织条件等角度出发，在现有的资源基础上优化任务配置和实施流程，确保跨专业任务链既能覆盖到三个专业的核心训练内容，又能在同一学期内稳定实施。

3.5. 过程与结果并重原则

课程评价既要关注系统集成效果和项目完成质量，也需要重视学生在协同过程中的沟通协调、角色履责、接口处理和方案优化等表现，通过综合评价促进能力提升和课程持续改进。

4. 《智能制造技术实训》跨专业协同方案的设计与实施

4.1. 共同任务驱动下的专业角色分工与接口设计

跨专业实训课程设计应该围绕同一个工程任务建立多个专业协同的实施机制。本文以智能加工与装配产线集成为核心任务，结合三个专业的知识基础与能力特点，把复杂的工程任务进行模块化分解，明

确各个专业在同一项目中的岗位角色、核心任务及协同接口，形成以共同任务为驱动的专业分工体系，三个专业的任务分工如表 1 所示。

Table 1. Task division and interface matrix for collaborative practical training among three majors

表 1. 三专业协同实训任务分工与接口矩阵

专业归属	模拟岗位角色	实训核心任务	协同接口	关键交付物
机械设计制造及其自动化	机械与工艺工程师	产线结构搭建、夹具设计、CNC 加工编程与工艺验证	提供满足机器人抓取与装配要求的结构件及工艺参数	三维装配图、加工工艺卡、实体零部件
机器人工程	机器人控制工程师	工业机器人编程、运动轨迹规划	提供机器人动作程序、I/O 互锁信号及运动参数	机器人运行程序
智能制造工程	系统集成工程师	PLC 逻辑控制、工业网络配置、MES 数据管理	建立 PLC、机器人和加工单元之间的数据通信与控制逻辑	PLC 时序图、MES 实时看板、报警日志

4.2. 分阶段递进的实训内容重构

考虑到课程实施的周期大约为两周，因此本文将实训内容划分为三个递进阶段进行逐步开展。

第一阶段为模块开发与跨域共识。机械专业完成结构件装配与加工准备，机器人专业完成路径规划与基础调试，智能制造专业完成 PLC 程序预设与数据通信准备。同时，通过跨专业对接会议明确接口尺寸、控制点位和通信地址等关键参数。

第二阶段为接口联调与系统集成。学生将前期开发出的结构件、控制程序和数据系统集成到主产线中，围绕设备握手、动作配合、信号传输和节拍衔接等问题开展调试，按照单站调试、跨站联调和全线试运行的顺序推进。

第三阶段为优化迭代与反思提升。各小组对初始运行结果进行对比分析，从运行节拍、路径精度、通信延迟和协同效率等方面识别系统瓶颈，提出改进措施，并通过项目答辩和总结报告完成反思提升。

4.3. 与短周期协同实训相匹配的教学组织机制

课程构建了跨专业混合编组、校企协同指导和资源统筹调度相结合的教学组织形式。

在组织形式上，采用跨专业混合分组，每组 6 至 8 人，原则上由三个专业学生共同组成，并保持比例相对均衡(每个专业不少于 2 人)。各组设组长 1 人，负责任务协调与进度管理，并建立每日站会与阶段复盘总结制度。

在指导方式上，由校内教师和企业导师共同参与。校内教师负责专业技能训练、过程督导和教学组织，企业导师提供工程规范、现场经验和问题诊断支持。课程前期依托 RobotStudio、Factory I/O 及智能制造实训实一体机等仿真软件和设备开展虚拟验证与方案预演。

在资源保障上，依托学院现有的智能制造实训中心、工业机器人工作站、数控加工中心以及相关理实一体化平台开展教学工作，设备调配遵循核心任务优先、分时复用和统筹安排原则，并建立统一的课程资源共享空间。

4.4. 面向产出导向的综合评价体系

课程构建了兼顾过程与结果、融合多主体参与的综合评价体系。

在评价主体上，由校内教师、企业导师和学生同伴共同参与完成。校内教师评价占 40%，企业导师

评价占 40%，同伴互评占 20%。

在评价内容上，包含专业技能、协同能力、任务执行与问题解决能力、工程职业素养四个方面，各占评价内容总分的 40%、30%、20% 和 10%。

在评价方式上，采用过程性考核与终结性考核相结合的方式。过程性考核占 60%，主要依据每日站会记录、阶段任务验收和实训过程中的表现来评定；终结性考核占 40%，主要依据最终系统运行效果、项目答辩和总结报告来评定。

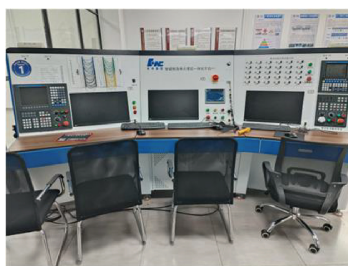
5. 课程改革方案的可行性分析

5.1. 师资条件可行性

学院现有专任教师队伍在机械设计、机器人控制、工业网络、PLC 编程和系统集成等专业领域已积累了较为丰富的教学与实践指导经验，能够为跨专业协同实训提供专业支撑。在此基础上，本文拟建立校内跨专业导师与企业工程导师相结合的师资保障机制。校内遴选三个专业的骨干教师组建跨专业教学团队；校外依托现有的产教融合基础，聘请具有现场联调和工程实施经验的企业工程师参与课程设计与指导。课程实施前组织联合教研和任务对接，实施过程中建立导师沟通协调机制，保证指导的一致性。

5.2. 资源条件可行性

学院现有智能制造实训中心、柔性生产线、数控加工平台及工业机器人工作站，能够覆盖课程实施所需的主要硬件条件，为机械结构搭建、机器人调试、PLC 控制、数据采集和系统联调等核心任务提供支撑。针对短周期集中实践中可能出现的设备使用冲突和资源紧张问题，本文拟通过统筹调度与虚实结合方式提高资源利用效率。同时，引入 Factory I/O 等仿真工具和合作企业提供的案例资源，对校内平台形成补充，并通过统一的课程资源共享空间支持学生自主学习和任务衔接。图 1 为学院现有能够实施实训的相关硬件平台。



智能制造单元理实一体机



智能制造单元（理实一体机配套）



工业4.0智能工厂



工业机器人综合应用系统

Figure 1. Current hardware equipment and systems of the college
图 1. 学院现有硬件设备及系统

5.3. 政策与制度保障可行性

本次课程改革与新工科建设、产教融合以及工程教育专业认证等政策导向存在较高的契合度。相关政策普遍强调要根据产业需求来优化课程体系、打破学科壁垒、强化复杂工程问题解决能力培养，为《智能制造技术实训》课程的跨专业协同改革提供了明确方向。与此同时，学院也在持续推进智能制造相关专业建设和实践教学改革，这也为课程改革创造了较为有利的校内环境。课程改革所需投入主要集中于企业导师指导、数字化资源补充及实训耗材等方面，资金用途明确、整体规模可控，可以依靠校级教学改革专项、产教协同育人项目以及校企合作支持等渠道统筹解决。在制度层面，可以由学院出面建立跨专业教学协调小组，对排课安排、资源配置、学分认定和实施进度等方面进行统筹。

6. 预期成效与特色创新

6.1. 预期成效

本次跨专业协同改革预期将在学生能力培养、课程建设、教研协同以及产教融合等方面会取得较为明显的效果。

在学生层面，依托共同的工程任务牵引，有助于学生在较短周期内形成对智能制造系统运行逻辑、岗位关系和接口协作的整体认识，提升跨专业沟通、团队协作和复杂工程问题解决能力。

在课程层面，有利于推动《智能制造技术实训》由传统的单专业技能训练课程转向共同任务驱动、阶段递进实施、过程与结果并重评价的综合实训课程，并逐步形成任务分工矩阵、阶段实施流程和评价工具。

在教研与资源层面，预期能够逐步形成校内教师协同指导、校企导师共同参与、平台设备统筹使用的教学支撑体系，提升跨专业指导能力和资源利用效率。

在产教融合层面，通过引入企业导师、工程规范要求和真实项目任务，课程内容同产业需求之间的关联度将进一步增强，课程的工程真实性以及岗位适配性也将得到提升。

6.2. 特色与创新点

本文的特色与创新主要体现在以下三个方面。

第一，以共同工程任务为纽带，对跨专业任务链进行重构。本文围绕同一个核心工程任务为载体，对传统实训内容进行重组，并通过明确的接口设计实现三个专业之间的任务衔接，使短周期实践能够形成一条较为完整的系统训练链条。

第二，面向短周期集中实践的跨专业组织模式创新。针对传统实训按专业独立实施、协同训练不足的问题，本文构建了跨专业混合分组、校内跨专业导师协同指导、企业导师参与以及资源统筹调度相结合的组织实施模式，增强了课程组织与产业实际场景之间的契合度。

第三，过程与协同并重的多主体评价机制创新。针对传统评价中过于依赖终结性成果、难以反映跨专业协同过程的问题，本文构建了融合校内导师、企业导师和同伴互评的多主体评价体系，并将专业技能、协同能力、任务执行与工程素养纳入统一评价框架。

7. 讨论与局限性

以跨专业协同育人为导向的智能制造技术实训课程改革，是对传统的单一专业、单项技能的训练和结果导向评价模式的优化。智能制造系统涉及机械结构、工业机器人、PLC控制、传感检测、数据采集和产线集成等多个环节，具有明显的多学科交叉特征。通过组织机械设计制造及其自动化、机器人工程、智能制造工程等专业学生共同参与并完成综合性实训任务，有助于打破专业边界，引导学生从单一的任

务完成转向系统集成认知，从局部技能训练转向综合工程能力培养。

从课程设计看，以智能加工与装配产线集成为主要任务，能够增强实训内容的工程情境和任务导向性。通过跨专业混合分组、任务分解、阶段汇报和成果展示等教学环节，能够有效提升学生的问题分析、方案设计、沟通协作和工程表达能力。同时，将过程表现、团队协作、阶段成果、最终作品和个人反思纳入评价体系，也有利于改变以往重结果、轻过程的评价倾向，能够更全面地反映学生工程素养能力。

当然，本研究也存在一定的局限性。首先，课程改革方案主要侧重设计层面，改革成效还需通过后续教学实践进行验证，尤其需要结合学生成绩、问卷调查、访谈反馈和企业导师评价等数据开展持续分析。其次，跨专业协同实训对教学组织和师资协同要求较高，不同专业学生的知识基础存在差异，若任务分工不够合理，可能影响学生参与度和学习效果。再次，短周期集中实训虽然有利于项目推进，但也限制了学生对复杂系统原理、故障诊断和数据分析等内容的深入理解。后续可以通过课前预习、虚拟仿真、线上资源和课后拓展项目加以补充。

总体而言，该课程改革方案能够为智能制造技术实训课程的跨专业协同育人提供参考，但仍需在实际教学中不断优化任务体系、评价标准和协同机制，以进一步提升课程改革的可持续性和育人实效。

8. 结论与展望

8.1. 结论

跨专业协同育人是《智能制造技术实训》课程改革的重要方向，也是智能制造相关专业群提升人才培养与产业需求适配度的现实路径。本文以两周的短周期集中实训为背景，从三个相关专业出发，以共同工程任务为牵引，系统构建了课程改革方案。该方案从课程目标重构、任务模块设计、组织实施优化和评价机制改进四个方面展开，并从师资、资源和制度保障等层面对其可行性进行了分析。

本文研究认为，在短周期集中实践场景中开展跨专业协同教学设计，能够较好解决传统实训中存在的专业分割明显、内容衔接不足、组织协同不强和过程评价薄弱等问题。所提出的改革思路，有助于推动《智能制造技术实训》由单专业的技能训练课程向共同任务驱动、阶段递进实施、过程与结果并重评价的综合实践课程转变，也为高校智能制造及相关交叉专业群开展短周期跨专业实践教学改革提供了可以借鉴的设计思路。

8.2. 后续研究与展望

后续研究可以从两个方面来推进。一方面对课程方案的试点实施开展实证研究，获取课程实施过程中的任务推进、协同表现和评价反馈数据，并据此优化模块设置、教学节奏和组织形式，逐步提升课程方案的适配性和稳定性。另一方面就是深化校企合作与课程拓展，形成满足短周期实训需要的任务清单，吸纳更接近产业实际的技术资料、工程案例、操作难题等，加强跨专业教师之间协作引导的能力培养工作。未来还可以从跨专业实践教学与课程思政的有机融合入手，在系统工程思维、协同实践能力和复杂工程问题解决能力的培养上进一步加强，并加强责任意识、团队协作意识和工程伦理素养的培养。

基金项目

2025 年度长江师范学院现代食品产业产教融合专业群一流本科课程建设项目“智能制造技术实训”(SPQKC2516)。

参考文献

- [1] 王志丰, 杨小玉, 郭正阳. 面向工业 4.0 的智能制造工程人才培养[J]. 高教发展与评估, 2024, 40(5): 105-118.

-
- [2] 廖晓波, 余家欣, 钟良, 等. 新工科背景下智能制造工程专业教学探索与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(17): 81-85.
- [3] 袁林江, 何桂霞, 刘福庆, 等. 智能制造专业实践教学创新路径的探究[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(1): 109-113.
- [4] 于赫洋, 刘丽萍, 王超, 等. 新工科智能制造实践教学平台建设[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(9): 275-279.
- [5] 文笑雨, 李浩, 张玉彦, 等. 地方高校智能制造工程专业建设探索与实践[J]. 高教学刊, 2023, 9(23): 82-86.
- [6] 黄园园, 谢守勇, 杨玲, 等. 面向智能制造专业的人才培养模式探索与实践[J]. 农业工程, 2024, 14(6): 128-132.
- [7] Lavado-Anguera, S., Velasco-Quintana, P. and Terrón-López, M. (2024) Project-Based Learning (PBL) as an Experiential Pedagogical Methodology in Engineering Education: A Review of the Literature. *Education Sciences*, **14**, Article 617. <https://doi.org/10.3390/educsci14060617>
- [8] Malmqvist, J., Lundqvist, U., Rosén, A., Edström, K., Gupta, R., Leong, H., Cheah, S.M., Bennedsen, J., Hugo, R., Kamp, A., Leifler, O., Gunnarsson, S., Roslöf, J. and Spooner, D. (2022) The CDIO Syllabus 3.0—An Updated Statement of Goals. *18th CDIO International Conference Proceedings-Full Papers*, Reykjavik, 13-15 June 2022, 18-36. <https://pure.au.dk/portal/en/publications/the-cdio-syllabus-30-an-updated-statement-of-goals/>
- [9] Van Helden, G., Zandbergen, B.T.C., Specht, M.M. and Gill, E.K.A. (2023) Collaborative Learning in Engineering Design Education: A Systematic Literature Review. *IEEE Transactions on Education*, **66**, 509-521. <https://doi.org/10.1109/te.2023.3283609>
- [10] Mahrishi, M., Ramakrishna, S., Hosseini, S. and Abbas, A. (2025) A Systematic Literature Review of the Global Trends of Outcome-Based Education (OBE) in Higher Education with an SDG Perspective Related to Engineering Education. *Discover Sustainability*, **6**, Article No. 620. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01496-z>
- [11] Bradley, R., Salim, S.S. and Anthony, B.W. (2025) Learning through Development of a Digital Manufacturing System in a Learning Factory Using Low-Code/No-Code Platforms. *Manufacturing Letters*, **46**, 10-15. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2025.09.001>