

教育数字化背景下职教校企合作四元系统耦合协调机制与评价模型研究

何云乾*, 罗攀, 曾卓, 汤建国

重庆电子科技职业大学人工智能与大数据学院, 重庆

收稿日期: 2026年3月26日; 录用日期: 2026年5月6日; 发布日期: 2026年5月15日

摘要

职业教育校企合作典型生产实践项目建设中存在着评价标准不统一、评价指标不全面、动态监测机制缺失等问题, 制约了项目建设质量与可持续发展能力。本研究以教育数字化为背景, 构建“校-政-企-生”四元耦合协调系统框架, 系统分析各子系统的核心职能与子系统间的耦合机制, 提出校-企耦合(核心引擎)、政-校/政-企耦合(外部驱动力)、生-校/生-企耦合(根本目的)及政-生间接耦合四种重要的关系形态。在此基础上, 构建涵盖4个子系统、16个一级维度、36个二级维度、72项具体指标的四元耦合协调评价体系, 建立基于熵值法赋权的耦合协调数理模型, 并通过5个样本的模拟数据进行模型验证。本研究所构建的四元耦合协调模型能够有效诊断校企合作系统的运行状态, 为职业教育产教融合实践项目的科学评价、动态监测与持续改进提供了可操作的理论工具和方法支撑。

关键词

职业教育, 校企合作, 教育数字化, 耦合协调模型, 评价体系

Research on the Coupling Coordination Mechanism and Evaluation Model of the Four Sub-Systems of Vocational Education School-Enterprise Cooperation under the Background of Digital Education

Yunqian He*, Pan Luo, Zhuo Zeng, Jianguo Tang

School of Artificial Intelligence and Big Data, Chongqing Polytechnic University of Electronic Technology, Chongqing

*通讯作者。

文章引用: 何云乾, 罗攀, 曾卓, 汤建国. 教育数字化背景下职教校企合作四元系统耦合协调机制与评价模型研究[J]. 职业教育发展, 2026, 15(5): 144-157. DOI: 10.12677/ve.2026.155219

Abstract

In the construction of vocational education school-enterprise cooperation projects, there exist problems such as inconsistent evaluation standards, incomplete evaluation indicators, and the absence of a dynamic monitoring mechanism, which have restricted the quality and sustainable development capabilities of the projects. This study, under the background of educational digitalization, constructs a school-government-enterprise-student four-subsystems coupled coordination system, systematically analyzes the core functions of each subsystem and the coupling mechanisms among them, and proposes four core relationship forms: school-enterprise coupling, government-school/government-enterprise coupling, student-school/student-enterprise coupling, and government-student indirect coupling. On this basis, a four-subsystem coupled coordination evaluation system covering 4 subsystems, 16 primary dimensions, 36 secondary dimensions, and 72 specific indicators is constructed. A mathematical model for coupled coordination based on entropy weighting is established, and the model is verified through simulation data from 5 samples. The coupled coordination model constructed in this study can effectively diagnose the operation status of the school-enterprise cooperation system, providing operational theoretical tools and methodological support for the scientific evaluation, dynamic monitoring, and continuous improvement of vocational education industry-academia integration practice projects.

Keywords

Vocational Education, School-Enterprise Cooperation, Education Digitalization, Coupling Coordination Model, Evaluation System

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

为加快构建职业教育高质量发展新机制，有效推进现代职业教育体系建设改革，职业教育校企合作典型生产实践项目建设被列为教育部加快推进现代职业教育体系建设改革的重点任务之一。通过分批部署、持续建设，扩大优质资源共享，力争形成以企业典型生产实践项目为载体的职业教育教学模式新突破，有效提升人才培养针对性和适应性。然而，职业教育校企合作典型生产实践项目评价尚存在评价体系不充分和评价体系不统一问题[1] [2]，未能形成有效的动态检测和持续改进机制，导致不同校企合作实践建设项目间难以公正、科学和规范的比较与评估。为此，本论文基于耦合协调模型构建了一种职校校企合作“校-政-企-生”四元耦合协调系统，充分探讨了该系统的耦合协调机制，建立了数理模型，并详细设计了一套较为系统的评价体系。

耦合协调模型是一种分析和优化复合系统中各子系统间相互关系和互动机制的理论模型[3]，通过探究各子系统之间相互的耦合关系与协调机制，能够促进系统的整体功能和各子系统协同效应的增强，并在各个子系统运行良好的情况下促进整个系统的协同发展和资源优化配置。在区域发展方面[4] [5]，耦合协调模型可以研究一个区域内各城市或地区之间的协调发展程度，以及区域内资源、环境、经济、社会等多个方面发展的综合状况。在城市化进程分析中[6]，耦合协调模型可以用来分析各个城市或城市群在

人口、经济、基础设施等方面协调发展水平。在新型城镇化和乡村发展战略中[7][8]，耦合协调模型可以用来评价城乡间、城市和乡村之间的协调发展水平以及乡村振兴战略的实践效果。在社会经济系统中[9][10]，耦合协调模型能用来反映各种社会经济因素之间的耦合与协调程度，及其对社会经济可持续发展的促进作用。针对职教校企合作建设项目评价的现状与问题[1][2]，本文构建了一种基于耦合协调模型的“校-政-企-生”四元耦合协调模型。通过运用该模型，本文系统分析了校企合作项目中各子系统职能及其相互关系，建立了校企合作项目实施评价系统的多元评价内容，包括项目效益、合作程度、合作资源投入、合作成果与人才培养等方面评价指标，采用定性、定量相结合方法建立科学的评价指标等级与权重，并加以统计数据检验，建立项目动态监测和改进机制，确保对项目进展有完整的跟踪，随时发现问题及时解决，提高项目建设的长效性和可持续性，强化校企合作项目特别是职业教育项目中的系统性、协调性、可持续发展性以及人才培养、提升创新性等能力。

2. “校-政-企-生”四元系统框架与各元职能分析

“校-政-企-生”四元系统是一个以人才培养为核心目标、以产教融合为主要实现路径、以价值共创为内在逻辑的适应性系统，如图1所示。其中，学校子系统(U_1)、政府子系统(U_2)、企业子系统(U_3)与学生子系统(U_4)分别承担不同但相互关联的功能，能够通过资源流动、信息交换、价值传递和反馈调适形成多向互动的耦合网络。

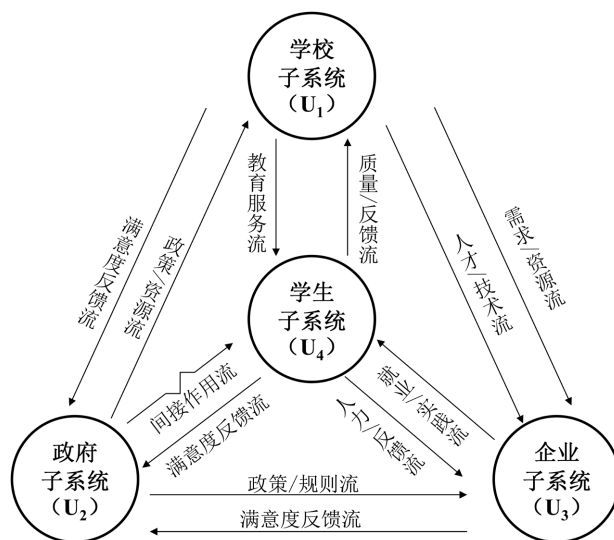


Figure 1. The framework of the school-government-enterprise-student coupling coordination system

图1. “校-政-企-生”四元系统耦合协调框架

学校子系统(U_1)是人才供给侧与创新策源地，是职业教育体系中的实施主体，其核心任务在于将潜在的人口资源转化为适应社会经济发展需求的人才资源，既承担着教育教学与技术技能培养的关键使命，也承担着知识创新、社会服务、文化传承等基本任务。政府子系统(U_2)是政策引导者与环境营造者，是职业教育体系中的调控主体，主要通过制度供给、政策引导和资源配置保障系统运行的公共价值导向和整体秩序。政府不直接参与人才培养和岗位实践的具体实施，但其在顶层设计、平台搭建、资源配置和质量监管等方面的作用，对系统耦合的发生与协调具有决定性影响。企业子系统(U_3)是人才需求侧与资源投入方，是职业教育体系中的需求主体和实践主体，其核心价值在于通过参与人才培养过程获取符合自身

发展需要的人力资本与技术支持，并通过资源投入促进教育与产业需求的有效对接。企业不仅是人才使用者，也是校企合作中重要的共建者和反哺者。学生子系统(U₄)是核心受益者与价值实现者，是职业教育体系的价值主体，是教育活动的直接参与者、教育质量的最终检验者，也是四元耦合系统价值实现的最终落点。职业教育、校企合作及相关政策设计的根本意义，最终都体现在学生能力提升、职业发展和社会价值创造之上。

“校-政-企-生”四元系统中的四个主体并非简单叠加，而是在持续互动中实现功能协同、关系重构和系统演进，从而推动职业教育与产业需求、社会发展之间的深度衔接。政府居于制度引导与环境塑造的关键位置，通过政策流和资源流对学校与企业施加影响；学校与企业则构成系统运行的核心交互界面，围绕人才培养、技术创新和资源共享形成双向耦合关系；学生处于系统价值实现的终端，同时又通过学习体验、就业结果和发展反馈反向作用于学校、企业乃至政府。由此，四元系统形成了“政府引导-校企协同-学生受益-结果反馈”的闭环运行机制。

3. “校-政-企-生”四元系统耦合协调机制分析

“校-政-企-生”四元系统的耦合关系主要表现为校-企耦合、政-校/政-企耦合、生-校/生-企耦合及政-生间接耦合四种形态，分别对应资源交换、制度保障、价值实现与政策传导四个维度，共同构成四元系统协同运行的基本结构。其中，校-企耦合是人才培养与产业需求对接的核心引擎，政-校/政-企耦合是合作机制有效运行的外部驱动力，生-校/生-企耦合是系统价值实现的根本指向，政-生间接耦合则是政策作用向学生发展结果传导的重要机制。

3.1. 校-企耦合：供需匹配与资源互换(核心引擎)

在四元系统耦合协调中，校-企耦合是最直接、活跃的关系形态，是校企合作建设的关键动力。校-企耦合的实质是人才供给与需求相适应，教育资源与产业资源的双向互动。其中，学校是培养企业所需人才的主体、知识创造的主体，企业是人才需求的主体、技术应用的主体，两者持续互动，共同形成校企合作中校-企耦合的中心面。

从耦合形式来看，校-企耦合主要归结为人才流与技术流两条主线。在人才流方面，表现为学校向企业输送毕业生与实习生，满足企业的人力需求，同时企业的岗位要求、能力标准与资格认证等信息反向引导学校的育人过程，推动企业在培养方案、专业与课程设置、实践教学等环节中深度参与；在技术流方面，则表现为学校依托研究平台、教师队伍与科研成果，为企业提供技术咨询、成果转化与创新支持，而企业通过投入资金、提供真实问题与实践环境，为学校的科研转化与实践教学奠定现实基础。由此，校企双方在人才培养与技术创新上形成互嵌式合作关系。

然而，校-企耦合在实际运行过程中存在一定的失调风险。一方面，出现人才错配问题，即学校培养的人才与企业需求之间存在偏差，导致“就业难”与“招工难”并存的结构矛盾。另一方面，出现成果淤积问题，即学校成果停留在专利、论文等层面，难以有效转化为现实生产力；与此同时，企业在生产实践中遇到的技术难题也难以及时获得高校科研资源的有效支撑。由此可见，校-企耦合的协调程度直接影响校企合作的运行质量与实践成效。

3.2. 政-校/政-企耦合：政策引导与资源杠杆(外部驱动力)

在四元耦合系统中，政府并不直接参与人才培养和技术生产的具体过程，但通过制度供给、政策引导和资源配置，对学校与企业的合作行为发挥着关键的外部驱动作用。因此，政-校与政-企耦合是四元系统稳定运行的重要制度保障和环境支撑。

从耦合形式看,政-校/政-企耦合主要表现在政策流和资源流两个方面。在政策流方面,政府制定产教融合政策、专项规划、考核评价指标和制度要求,向学校、企业注入校企合作的思想方向。资源流方面,政府采取财政投入、减税降费、扶持项目、搭建平台等方式,为学校、企业间发展密切深度合作提供各种政策扶持和经费支持等。政-校/政-企耦合通过政策流和资源流将降低校企合作成本,增进校企合作积极性,促使合作由自发趋向规范、常态。

但从实践看,政-校/政-企耦合也存在失调现象。首先是存在政策空转现象,即政府政策与政策相对的基层需求不匹配,政策虽然相对齐备,但具体操作缺乏政策路径和有效的激励,政策效果失落。其次是存在政府资源的错配现象,即政府投向企业及高校的资金、项目、资源等并不能完全精准贴合主体的具体需求,政府资源没有流向真正重要、紧要、有效的政校/政企合作环节和合作主体,出现了政策激励的边际递减问题。因而要提高政-校/政-企耦合质量需要重点提升政策设计“现实性”、政策运行“操作性”与政策资源“精准性”。

3.3. 生-校/生-企耦合:价值创造与价值回报(根本目的)

学生是校企合作实践建设系统的最终受益者,也是校企合作四元耦合系统的最终落脚点。无论是学校与政府的合作,还是政府与企业的合作,其最终目的都在于提升学生的人力资本、就业力与社会力。因此,生-校耦合与生-企耦合集中体现了校企合作的根本目的,即通过教育型供给与职业型供应,为学生提供相应的成长与发展条件,实现学生个体良好发展及其与社会价值创造的有机融合。

从耦合形式看,生-校/生-企耦合主要表现为教育流、发展流与反馈流层面。在教育流方面,学校通过课程教学、实践训练和素质培养等教育服务,持续提升学生的专业知识、职业技能和综合素养。在发展流方面,企业通过实习实训、岗位供给、就业支持和职业发展平台,为学生提供将知识转化为能力、将学习转化为就业的现实路径。在反馈流方面,学生通过就业质量、职业满意度、成长成效和发展预期等结果性信息,反向影响学校的培养质量评价、企业的人才吸引力以及政府的政策调整方向。由此,学生不仅是教育服务的接受者,也是系统优化的重要反馈源。

从失调表现来看,生-校/生-企耦合容易出现体验缺失与发展受阻两类问题。所谓体验缺失,是指学生在校企合作中参与程度不高、主体地位不突出、获得感不足,更多处于被动接受状态。所谓发展受阻,是指学生在教育过程中所学内容与岗位实际需求脱节,实践训练不足,就业质量不高,难以实现高质量就业和可持续职业发展。这表明,若学生在系统中的主体价值无法充分体现,即便学校、政府和企业之间形成一定程度的制度协同,也难以真正实现校企合作的根本目标。

3.4. “政-生”耦合:政策作用向学生发展结果的传导路径

与校-企耦合、政-校/政-企耦合以及生-校/生-企耦合相比,“政-生”之间的直接耦合关系相对较弱。这主要是由政府系统中的功能定位所决定的。政府并非直接参与学生培养、实践指导和就业安置的具体执行主体,而更多承担顶层设计、制度供给与环境营造的职责。

从系统结构上看,“政-生”耦合路径通常体现为“政府-学校-学生”与“政府-企业-学生”两条主要链路,即政府通过影响学校和企业的行为方式、资源投入与合作质量,以此影响学生的人才培养质量、实践参与水平、就业发展机会及职业成长空间。也正因如此,“政-生”关系虽然不如其他耦合关系那样直接显性,但在四元系统整体运行中仍具有重要的基础性和支撑性作用。从实践层面看,“政-生”间接耦合的有效性,取决于政策传导链条是否顺畅以及中介主体作用是否充分发挥。如果政府政策能够精准回应学生发展需求,并通过学校和企业得到有效落实,则可显著提升学生在校企合作中的获得感与发展质量;反之,若政策传导过程中出现衰减、偏差或执行失灵,则可能导致政府支持难以真正转

化为学生可感知、可受益的发展成果。

4. “校-政-企-生”四元系统耦合协调模型构建

4.1. 四元系统耦合协调数理模型

“校-政-企-生”四元耦合协调模型的总体建模逻辑遵循“指标构建-数据处理-综合评价-耦合测度-协调诊断-结果解读”的分析路径。具体而言：首先，依据四元系统的结构特征、功能定位及校企合作实践建设的现实要求，构建评价维度与指标体系，形成原始指标矩阵 X_{ij} ；其次，对原始数据进行标准化处理，得到标准化指标值 x'_{ij} ，并采用熵值法确定各指标权重 w_j ，以增强指标赋权的客观性与科学性；在此基础上，分别计算四个子系统的综合评价值 U_i ，以表征各子系统的发展水平；进而测算多元系统耦合度 C ，反映四个子系统之间相互依赖、相互作用的强弱程度；随后计算综合协调指数 T ，衡量四元系统的整体发展水平；最后，通过耦合度 C 与综合协调指数 T 的耦合运算得到耦合协调度 D ，并结合相应分级标准对系统的协调状态进行诊断与解释。四元系统耦合协调数理模型构建过程如下：

1) 计算标准化指标值(x'_{ij})

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

2) 计算指标权重(w_j)

$$w_j = \frac{1 - \left(-1/\ln(5) \sum_{i=1}^n \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \ln \left(\frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \right) \right)}{\sum_{j=1}^n \left(-1/\ln(5) \sum_{i=1}^n \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \ln \left(\frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \right) \right)} \quad (2)$$

3) 计算综合评价值(U_i)

$$U_i = \sum_{j=1}^n (w_j \times x'_{ij}) \quad (3)$$

4) 计算多元系统耦合度(C)

$$C = 4 \times \left[\frac{U_1 \times U_2 \times U_3 \times U_4}{\left(\frac{U_1 + U_2 + U_3 + U_4}{4} \right)^4} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

5) 计算多元系统综合协调指数(T)

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3 + \delta U_4 \quad (5)$$

6) 计算多元系统耦合协调度(D)

$$D = \sqrt{\text{归一化 } C \times T} \quad (6)$$

7) 根据多元系统耦合协调度(D)区间划分子系统间的耦合协调等级如表 1 所示。

在模型参数中，综合评价值 U 是耦合协调分析的基础变量，主要用于衡量各子系统在特定时期内的整体发展水平及功能实现程度；多元系统耦合度 C 主要反映四个子系统之间相互联系、相互作用与相互依赖的紧密程度，是判断系统内部关联强度的重要指标；多元系统综合协调指数 T 则主要表征整个四元

系统的总体发展水平和综合运行状态,体现系统发展的质量与均衡性;多元系统耦合协调度 D 是在耦合度与综合协调指数基础上形成的综合性诊断指标,既反映系统之间“是否紧密耦合”,又反映系统整体“是否协调发展”,因而能够更加全面地揭示四元系统的协同运行水平。对于系统权重参数 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$,在产教融合的理想状态下,可默认四个系统同等重要,皆取 0.25。这体现了系统间的平等协作关系。但在特定分析目的下可以调整。例如,在分析某项政府新政的效果时,可以适当提高政府系统的权重(β);在评估就业质量时,可以提高学生系统(δ)的权重。

Table 1. Coupling coordination degree classification

表 1. 耦合协调等级划分

耦合协调度 D 区间	耦合协调等级	诊断说明	发展阶段
0.90~1.00	优质协调	系统间高度依存,良性互动,形成自增强的协同发展生态。	成熟与引领阶段
0.80~0.89	良好协调	系统间联系紧密,关系融洽,整体协同效应明显,但有少量可优化空间。	快速发展阶段
0.70~0.79	中级协调	系统间已有较好的互动,但协同效率不高,或个别子系统存在明显短板。	转型升级阶段
0.60~0.69	初级协调	系统间刚建立起有效的联系,协同机制初步形成,但作用较弱,发展不稳固。	起步探索阶段
0.50~0.59	濒临失调	系统间关联性很弱,存在发展冲突,或整体水平极低,有滑向失调的风险。	需要预警和干预
0.00~0.49	失调	系统间相互制约,或各自为政,发展严重不均衡,整体功能受到严重抑制。	衰退或停滞阶段

4.2. 四元系统耦合协调模型模拟

通过德尔菲法筛选,构建了四元子系统的评价维度与评价指标体系,具体如表 2 所示。其中,学校子系统(U_1)的评价体系主要包括教学培养、科研条件等 4 个一级维度,专业建设、师资队伍等 9 个二级维度及 18 项具体评价指标;政府子系统(U_2)的评价体系主要包括政府支持、平台建设等 4 个一级维度,规划指导、财政激励等 8 个二级维度及 16 项具体评价指标;企业子系统(U_3)的评价体系主要包括资源投入、合作成效等 4 个一级维度,人才投入、师资投入等 9 个二级维度及 18 项具体评价指标;学生子系统(U_4)的评价体系主要包括能力发展、职业发展等 4 个一级维度,专业能力、综合素质等 10 个二级维度及 20 项具体评价指标。

Table 2. The evaluation dimensions and evaluation indicators of the four subsystems

表 2. 四元子系统的评价维度和评价指标

系统	一级维度	二级维度	编号	评价指标	单位
学校 子系统	A1 教学培养	A11 专业建设	A111	专业与产业匹配度	%
			A112	产业学院建设水平	分
		A12 师资队伍	A121	双师型教师比例	%
			A122	企业兼职教师比例	%
		A13 培养过程	A131	实践教学学时占比	%
			A132	企业真实项目融入课程数	门

续表

政府 子系统	A2 科研创新	A21 科研合作	A211	横向科研项目经费	百万元	
			A212	校企合作研发项目数	个	
		A22 成果转化	A221	专利转让收入	百万元	
			A222	技术咨询服务收入	百万元	
	A3 资源条件	A31 经费保障	A311	生均教学经费	万元	
			A312	产教融合专项经费	百万元	
		A32 平台建设	A321	校企共建实验室数量	个	
			A322	校外实践基地数量	个	
	A4 管理服务	A41 组织机制	A411	产教融合专职管理人员	人	
			A412	产教融合制度完善度	分	
		A42 信息服务	A421	校企信息共享平台建设水平	分	
			A422	毕业生跟踪反馈机制完善度	分	
	政府 子系统	B1 政策支持	B11 规划指导	B111	产教融合专项规划数量	个
				B112	政策体系完善度	分
			B12 财政激励	B121	产教融合专项财政投入	百万元
				B122	税收优惠与金融支持力度	分
B2 平台建设		B21 信息平台	B211	产教融合信息服务平台水平	分	
			B212	人才需求预测发布频次	次/年	
		B22 实体平台	B221	公共实训基地建设投入	百万元	
			B222	产业园区教育配套完善度	分	
B3 协调服务		B31 机制建设	B311	联席会议召开频次	次/年	
			B312	跨部门协调效率	分	
		B32 评价激励	B321	产教融合型企业认定数量	个	
			B322	示范项目评选与推广力度	分	
B4 监督保障		B41 监督评估	B411	政策落实督导检查次数	次/年	
			B412	合作质量第三方评估机制	分	
		B42 环境营造	B421	营造社会舆论氛围力度	分	
			B422	权益保障与纠纷调解机制	分	
企业 子系统	C1 资源投入	C11 人才投入	C111	接收实习生规模	人	
			C112	接收毕业生就业人数	人	
		C12 师资投入	C121	企业导师投入人数	人	
			C122	企业专家讲座次数	次	
	C2 合作成效	C13 资金投入	C131	设立奖学金金额	万元	
			C132	捐赠教学设备价值	万元	
		C21 技术合作	C211	合作研发项目数	个	
			C212	共建研发中心数量	个	
	C22 经济效益	C221	采纳高校科技成果效益	百万元		
		C222	新产品开发成功率	%		

续表

学生 子系统	C3 合作反馈	C31 人才质量	C311	对合作毕业生满意度	分	
			C312	毕业生留任率	%	
		C32 合作意愿	C321	长期合作意愿度	分	
			C322	推荐合作意愿度	分	
	C4 社会责任	C41 社会贡献	C411	参与职业教育公益项目数	个	
			C412	开展职业技能培训人次	人	
		C42 品牌建设	C421	产教融合企业品牌美誉度	分	
			C422	获得政府相关荣誉数量	个	
	学生 子系统	D1 能力发展	D11 专业能力	D111	职业技能证书获取率	%
				D112	专业技能掌握度	分
			D12 综合素养	D121	团队协作能力评分	分
				D122	沟通表达能力评分	分
D13 创新能力		D131	创新竞赛参与率	%		
		D132	专利申请或论文发表数	项		
D2 职业发展		D21 就业质量	D211	毕业起薪	千元/月	
			D212	就业稳定性	分	
		D22 就业匹配	D221	专业对口率	%	
			D222	岗位胜任度	分	
D3 学习体验		D23 发展潜力	D231	职业发展前景信心指数	分	
			D232	职级晋升速度	分	
	D31 课程体验	D311	对校企合作课程的满意度	分		
		D312	课程实用性评价	分		
D32 实践体验	D321	对企业实习实践的满意度	分			
	D322	实践收获满意度	分			
D4 心理认同	D41 归属感	D411	对企业文化的认同度	分		
		D412	对学校的归属感	分		
	D42 满意度	D421	对产教融合整体满意度	分		
		D422	推荐他人参与意愿	分		

为检验四元耦合协调数理模型的可行性与适用性,考虑到实践数据获取和采集困难,本文基于研究框架与评价指标体系设计了5个单位样本的模拟数据,具体见附录表S1、表S2、表S3和表S4,用于模型的数值验证。根据四元系统耦合协调数理模型的公式(1)~(6),计算得到模拟样本的综合评价U、耦合度C、协调指数T、耦合协调度D如表3所示。

根据耦合协调模型计算结果与耦合协调度等级划分,五个样本的诊断分析如下:样本3为优质协调($D=0.9995$),四个子系统均接近理想水平,系统间高度依存、良性互动,已形成自增强的协同发展生态,处于成熟引领期,应总结经验发挥示范作用;样本5为良好协调($D=0.8497$),各子系统发展水平约0.72,系统间联系紧密、协同效应明显,处于快速发展期,可对标样本3在薄弱环节精准发力;样本1为中级

协调($D=0.7033$), 各子系统约 0.49~0.50, 处于中等水平临界点, 系统间已有较好互动但协同效率有待提升, 处于转型升级期, 需识别杠杆点指标优先突破; 样本 4 为失调($D=0.4108$), 各子系统约 0.17, 处于低水平均衡, 整体发展滞后, 系统功能受抑制, 处于衰退停滞期, 需全面加大资源投入、系统构建产教融合体系; 样本 2 为失调($D=0.1210$), 各子系统基本处于空白状态(约 0.01~0.02), 整体功能严重抑制, 处于衰退停滞期, 亟需紧急干预, 从零构建产教融合框架并争取外部支持。

Table 3. The comprehensive evaluation value, coupling degree, coordination index, and coupling coordination degree of the simulation samples

表 3. 模拟样本的综合评价价值、耦合度、协调指数、耦合协调度

样本	学校 子系统 U_1	政府 子系统 U_2	企业 子系统 U_3	学生 子系统 U_4	耦合度 C	协调指数 T	耦合协调度 D
样本 1	0.4923	0.4895	0.5012	0.4956	0.9999	0.4947	0.7033
样本 2	0.0167	0.0123	0.0158	0.0142	0.9902	0.0148	0.1210
样本 3	0.9996	0.9988	0.9992	0.9985	1.0000	0.9990	0.9995
样本 4	0.1715	0.1652	0.1685	0.1701	0.9999	0.1688	0.4108
样本 5	0.7211	0.7189	0.7255	0.7223	1.0000	0.7220	0.8497

5. 总结

本研究立足于职教校企合作实践项目存在的评价标准不统一、指标不全面、动态监测机制缺失等现实问题, 以教育数字化为背景, 构建了“校-政-企-生”四元耦合协调系统框架, 系统分析了四个子系统的核心职能与耦合机制, 提出了校-企耦合(核心引擎)、政-校/政-企耦合(外部驱动力)、生-校/生-企耦合(根本目的)及政-生间接耦合四种关系形态, 揭示了四元系统“政府引导-校企协同-学生受益-结果反馈”的闭环运行逻辑。在此基础上, 构建了涵盖 4 个子系统、16 个一级维度、36 个二级维度、72 项具体指标的四元耦合协调评价体系, 建立了基于熵值法赋权的耦合协调数理模型, 并通过 5 个样本的模拟数据进行了模型验证。本研究将为职教校企合作实践项目的系统评价、动态监测与持续改进提供了理论工具, 后续将进一步开展基于真实数据的应用验证, 并探索数字化平台支撑下的动态反馈与智能诊断机制, 以推动校企合作实践建设向更高水平的协同发展阶段迈进。

基金项目

中国高等教育学会 2024 年度高等教育科学研究规划课题“教育数字化背景下基于‘耦合协调模型’的职教校企合作评价体系构建与实证研究”(课题批准号: 24ZJ0415); 2024 年度重庆市职业教育教学改革研究重点项目资助“AIGC 技术赋能职业教育启发式教学创新与实践研究”(课题批准号: Z2241062); 重庆市教育科学规划课题 2024 年度一般课题“生成式人工智能赋能职教学学生高阶思维能力机制及路径研究”(课题批准号: K24YG3090104)成果。

参考文献

- [1] 吕建强. 组织关系视角下职业教育校企合作问题研究[J]. 职业技术教育, 2023, 44(4): 47-52.
- [2] 樊明成, 陈小娟. 面向人工智能时代的高职院校专业建设: 现状、问题与应对[J]. 中国职业技术教育, 2023(5): 34-39.
- [3] 范东军, 克魁, 曹润民. 耦合协调度模型的修正与改进[J]. 统计与决策, 2024, 40(22): 41-46.
- [4] 高金岭, 海颖. 我国高等教育、人力资本、科技创新与区域经济耦合协调的时序演变及空间集聚性分析[J]. 黑龙

- 江高教研究, 2024, 42(9): 49-57.
- [5] 王海燕, 苏博谦. 高校科技创新与区域经济耦合协调及影响因素研究——基于 2013-2019 年我国 30 省份相关数据[J]. 中国高校科技, 2023(6): 37-43.
- [6] 张晓娟, 高敏华, 孜比布拉·司马义, 等. 基于耦合协调模型的新疆人口城镇化与土地城镇化关系研究[J]. 西北师范大学学报(自然科学版), 2022, 58(2): 106-113.
- [7] 朱艳娜, 何刚, 张贵生, 等. 皖江示范区新型城镇化与生态环境耦合协调及空间分异研究[J]. 安全与环境学报, 2021, 21(6): 2865-2874.
- [8] 张继伟, 白春祥. 我国职业教育与乡村振兴耦合协调发展的时空格局演化研究[J]. 兵团教育学院学报, 2024, 34(4): 45-53.
- [9] 王莹, 林孝松. 重庆市经济与环境耦合协调时空演变及影响因素[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2021, 38(5): 55-65.
- [10] 刘轶, 王倩娜, 廖奕晴. 成都都市圈生态与社会经济系统耦合协调动态演化、多情景模拟及其政策启示[J]. 自然资源学报, 2023, 38(10): 2599-2618.

附录

Table S1. Evaluation dimensions, evaluation indicators and simulated data of the school subsystem (U_1)表 S1. 学校子系统(U_1)评价维度、评价指标及其模拟数据

一级维度	二级维度	编号	评价指标	单位	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5
A1 教学培养	专业建设	A111	专业与产业匹配度	%	85	78	92	75	88
		A112	产业学院建设水平	分	88	82	95	80	90
	师资队伍	A121	双师型教师比例	%	30	25	35	28	32
		A122	企业兼职教师比例	%	20	15	25	18	22
	培养过程	A131	实践教学学时占比	%	35	30	40	32	38
		A132	企业真实项目融入课程数	门	8	5	12	6	10
A2 科研创新	科研合作	A211	横向科研项目经费	百万元	15	8	22	10	18
		A212	校企合作研发项目数	个	10	6	15	8	12
	成果转化	A221	专利转让收入	百万元	5	2	8	3	6
		A222	技术咨询服务收入	百万元	8	4	12	5	10
A3 资源条件	经费保障	A311	生均教学经费	万元	2.5	2	3	2.2	2.8
		A312	产教融合专项经费	百万元	3	1.8	4.5	2.2	3.8
	平台建设	A321	校企共建实验室数量	个	6	4	8	5	7
		A322	校外实践基地数量	个	12	8	15	10	13
A4 管理服务	组织机制	A411	产教融合专职管理人员	人	6	4	8	5	7
		A412	产教融合制度完善度	分	88	82	95	85	90
	信息服务	A421	校企信息共享平台建设水平	分	85	78	92	80	88
		A422	毕业生跟踪反馈机制完善度	分	82	75	90	78	85

Table S2. Evaluation dimensions, evaluation indicators and simulated data of the government subsystem (U_2)表 S2. 政府子系统(U_2)评价维度、评价指标及其模拟数据

一级维度	二级维度	编号	评价指标	单位	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5
B1 政策支持	规划指导	B111	产教融合专项规划数量	个	5	3	7	4	6
		B112	政策体系完善度	分	88	80	95	84	92
	财政激励	B121	产教融合专项财政投入	百万元	8	4	12	6	10
		B122	税收优惠与金融支持力度	分	85	78	92	82	90
B2 平台建设	信息平台	B211	产教融合信息服务平台水平	分	86	78	94	82	90
		B212	人才需求预测发布频次	次/年	6	3	8	4	7
	实体平台	B221	公共实训基地建设投入	百万元	12	6	18	8	15
		B222	产业园区教育配套完善度	分	84	75	92	80	88
B3 协调服务	机制建设	B311	联席会议召开频次	次/年	5	2	7	3	6
		B312	跨部门协调效率	分	85	76	93	80	89
	评价激励	B321	产教融合型企业认定数量	个	8	4	12	6	10
		B322	示范项目评选与推广力度	分	86	78	94	82	90

续表

B4 监督保障	B41 监督评估	B411	政策落实督导检查次数	次/年	6	3	8	4	7
		B412	合作质量第三方评估机制	分	84	75	92	78	88
	B42 环境营造	B421	营造社会舆论氛围力度	分	85	77	93	80	89
		B422	权益保障与纠纷调解机制	分	86	78	94	82	90

Table S3. Evaluation dimensions, evaluation indicators and simulated data of the enterprise subsystem (U₃)**表 S3.** 企业子系统(U₃)评价维度、评价指标及其模拟数据

一级维度	二级维度	编号	评价指标	单位	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5
C1 资源投入	C11 人才投入	C111	接收实习生规模	人	150	100	200	120	180
		C112	接收毕业生就业人数	人	25	18	35	20	30
	C12 师资投入	C121	企业导师投入人数	人	25	18	30	20	28
		C122	企业专家讲座次数	次	15	10	20	12	18
	C13 资金投入	C131	设立奖学金金额	万元	50	30	80	40	60
		C132	捐赠教学设备价值	万元	80	50	120	60	100
C2 合作成效	C21 技术合作	C211	合作研发项目数	个	8	5	10	6	9
		C212	共建研发中心数量	个	3	2	5	3	4
	C22 经济效益	C221	采纳高校科技成果效益	百万元	12	8	18	10	15
		C222	新产品开发成功率	%	75	70	85	72	80
C3 合作反馈	C31 人才质量	C311	对合作毕业生满意度	分	88	85	92	83	90
		C312	毕业生留存率	%	80	75	88	78	85
	C32 合作意愿	C321	长期合作意愿度	分	90	82	95	85	92
		C322	推荐合作意愿度	分	85	78	92	80	88
C4 社会责任	C41 社会贡献	C411	参与职业教育公益项目数	个	3	2	5	3	4
		C412	开展职业技能培训人次	人	200	150	300	180	250
	C42 品牌建设	C421	产教融合企业品牌美誉度	分	85	80	90	82	88
		C422	获得政府相关荣誉数量	个	4	2	6	3	5

Table S4. Evaluation dimensions, evaluation indicators and simulated data of the student subsystem (U₄)**表 S4.** 学生子系统(U₄)评价维度、评价指标及其模拟数据

一级维度	二级维度	编号	评价指标	单位	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5
D1 能力发展	D11 专业能力	D111	职业技能证书获取率	%	80	75	85	78	82
		D112	专业技能掌握度	分	85	80	92	82	88
	D12 综合素养	D121	团队协作能力评分	分	88	85	92	83	90
		D122	沟通表达能力评分	分	86	82	90	84	88
	D13 创新能力	D131	创新竞赛参与率	%	30	25	40	28	35
		D132	专利申请或论文发表数	项	2	1	4	2	3

续表

D2 职业发展	D21 就业质量	D211	毕业起薪	千元/月	7.5	6.8	8.2	7.7	7.8
		D212	就业稳定性	分	84	80	90	82	87
	D22 就业匹配	D221	专业对口率	%	85	80	90	82	88
		D222	岗位胜任度	分	86	82	92	84	89
	D23 发展潜力	D231	职业发展前景信心指数	分	86	82	90	84	88
		D232	职级晋升速度	分	82	78	88	80	85
D3 学习体验	D31 课程体验	D311	对校企合作课程的满意度	分	90	85	92	87	89
		D312	课程实用性评价	分	88	83	92	85	90
	D32 实践体验	D321	对企业实习实践的满意度	分	86	81	90	83	88
		D322	实践收获满意度	分	86	81	90	83	88
D4 心理认同	D41 归属感	D411	对企业文化的认同度	分	82	78	88	80	85
		D412	对学校的归属感	分	85	80	90	82	88
	D42 满意度	D421	对产教融合整体满意度	分	85	79	90	82	88
		D422	推荐他人参与意愿	分	85	79	90	82	88