数智赋能背景下研究生课程“一图双轨”导学模式构建

施雯[1] 刘金荣[1] 习佳宁[1]

(1.广州医科大学，广东 广州 511436)

摘 要：针对分类培养在课程环节缺少载体、两类研究生共用一条路径的问题，构建“一图双轨”导学模式：同一张医学与生物信息学课程知识图谱共享，机制解释与临床决策两条路径分轨。162 名研究生数据显示，均值层面未检出分化，但图谱可用性经外在负荷影响学习投入的中介路径成立，故分类培养可落在任务形态的分化上。

关键词：知识图谱；研究生分类培养；认知负荷；医学与生物信息学；导学模式

基金项目：广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目（935）；学历继续教育教学改革创新任务（第三批）(15)；广东省高等教育学会“十五五”规划 2026 年度高等教育研究课题成果(2026GJXH484)；广东省高等教育学会教育技术专业委员会 2026 年度研究课题；广州医科大学校级教育科学规划与教改课题（2026JXGG12）；广东省学位与研究生教育改革研究项目（2025JGXM_136）；中国医药学研究生在线教育教学研究课题（A_YXC2024-02-01_10）。

DOI：doi.org/10.70693/202610311109

Construction of a “One Graph, Dual Tracks” Guided-Learning Model for Graduate Courses in the Context of Digital-Intelligence Empowerment

Shi Wen[1], Liu Jinrong[1], Xi Jianing[1]

1. Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, Guangdong, China

Abstract: To address the absence of a course-level carrier for classified graduate training and the fact that academic- and professional-degree students share a single learning path, this study constructs a “One Graph, Dual Tracks” guided-learning model, in which one knowledge graph of the Medical and Bioinformatics course is shared while two task paths, mechanism explanation and clinical decision-making, are differentiated. Data from 162 graduate students show no detectable differentiation at the mean level; however, the mediating path from graph usability through extraneous cognitive load to learning engagement is supported. Classified training can therefore be realized through differentiation of task forms rather than of knowledge content.

Keywords: knowledge graph; classified graduate training; cognitive load; Medical and Bioinformatics; guided-learning model

作者简介：施雯（1993—），女，博士，副教授，研究方向为优化计算、进化计算、人工智能；
刘金荣（1990—），女，博士，讲师，研究方向为中国传统文化与教育研究；
习佳宁（1990—），男，博士，副教授，研究方向为生物信息学、数据挖掘、人工智能。
通讯作者：习佳宁

一、引言

2023 年 12 月，教育部印发《关于深入推进学术学位与专业学位研究生教育分类发展的意见》[1]，明确两类学位“同等地位、同等重要”，分别以学术创新型人才和实践创新型人才为培养目标，并要求到 2027 年形成分类发展的格局性变化。2025 年全国硕士研究生统考招生计划 87.2 万人，其中专业学位 60.2 万人，占 68.99%，较上年提高约 1.2 个百分点：分类培养已从试点走向多数研究生实际所处的培养情境[2]。

数字技术同期进入培养核心环节：知识图谱把课程中的概念与关系显性化为节点与边[3]，学习分析把学习过程转化为可观察的数据，智能导学据此推荐学习路径[4]。2026 年 6 月国务院印发的《教育发展“十五五”规划》[5]提出“打造卓越研究生教育，健全学术学位和专业学位研究生分类选拔、分类培养、分类评价机制”，把分类要求贯通到入口、过程与出口。

但在课程教学层面，分类培养仍多停在培养方案与导师聘任：同一门课里两类研究生同堂听课、同题作业、同卷考核，内容并未随学位类型分化。此现象在医工交叉课程中尤为明显[6]：医学与生物信息学既要讲清机制又要对接临床，知识密度大、跨度宽，学生若定位不了自己在知识体系中的位置，注意力便容易被无关信息消耗。

团队前期曾就此课程的知识图谱个性化导学提出范式构想[7]，但未触及两类学位的任务分化，也未给出可检验的教学证据。本文构建“一图双轨”导学模式：以同一张课程知识图谱为共享结构，为两类研究生分别铺设机制解释与临床决策两条任务路径，并以 162 名研究生的问卷数据检验成效。

二、现状与问题分析

（一）课程的知识体系特点

医学与生物信息学是医学、生物学与信息科学交叉形成的课程[8]，其知识体系有三方面特点。

其一，概念来源多元、层级交错。课程概念来自医学影像、生理病理、算法模型、数据分析等学科，其间既有纵向的上下位关系，也有横向的因果与对照关系[9]，按章节编排的讲义难以同时呈现。

其二，机制线索与临床线索并存。同一知识单元既可循病理机制解释成因，也可循临床表现与处置流程描述，前者回答“为什么”，后者回答“怎么办”。

其三，学生的知识准备不同。学术学位研究生习惯从机制出发，专业学位研究生习惯从病例出发，同样的内容形成的认知负荷并不相同。

（二）传统导学的主要问题

知识组织线性化。 教材按章节顺序展开，知识关联让位于顺序：学生能说清“本章讲什么”，却不易回答“此知识点与哪些知识点相连”。

两类学生同图同路。 培养方案对两类学位作了目标区分，落到每节课却只有一套内容、一份作业、一个考核标准[10]：专业学位研究生需要从病例到处置的决策能力，训练仍落在机制推导上；学术学位研究生需要机制链条的完整，作业又常止于病案描述。

负荷来源不可见。 学生学得吃力，教师只看到作业质量下降、参与减少，看不出负担来自何处。认知负荷理论区分内在、外在与相关三类负荷[11-12]，来源不明，调整只能凭经验。

导学成效难追踪。 课堂提问与作业批改的记录零散、口径不一，哪类学生在哪个环节受阻缺乏可比依据，评价只能落在期末测验上。

（三）引入“一图双轨”的必要性

四个问题指向同一处缺口：课程缺少一个既能承载知识关系、又能承载学习路径的中间结构。知识图谱以节点和边表达概念及其关联，可以充当此结构[13]：它把课程知识从顺序排列转为关系网络，使定位与迁移有了依据；在其上再设两类任务路径，学位分化便从培养方案落到学习行为。“一图双轨”由此由三部分构成：一张共享的课程知识图谱，两套分化的任务路径，一个以认知负荷为约束的反馈环节。

三、“一图双轨”导学框架的设计与建构

（一）设计原则

共图。 两类学生面对同一张知识图谱、同一套节点与层级。图谱回答“这门课有哪些知识、它们如何相连”，此问题不分学位类型。

分轨。 分化不落在知识范围上，而落在任务的提问方式与产出形态上：同一节点，学术学位轨问“为什么可行”，沿证据与原理展开；专业学位轨问“在此条件下怎么办”，沿场景与实施展开。

以负荷为约束。 一条路径若让学生把精力花在辨认“哪些内容与任务无关”上，即便覆盖完

整也应重新设计。认知负荷在此是设计阶段的取舍依据[11]，而非事后的效果指标。

（二）总体框架

框架分四层，两层共享、两层分轨。

图谱层（共享）。 课程知识按总目标、方法层、应用层、基础层四级组织：应用层对应可直接落在任务上的知识单元，基础层是对应每个应用的知识点。

路径层（分轨）。 同一应用层节点上，学术学位轨从条件出发，经原理、比较走向论证；专业学位轨从场景出发，经约束、选择走向实施，两条路径的起点与终点是同一节点。

任务层（分轨）。 两类任务书分别规定学习目标、核心任务、提交产出与评价要点，导学单以统一的“看图谱、做任务、自评”流程承载两轨的学习行为。

反馈层（共享）。 自评量表与学习问卷回到同一套指标，使两类学生的负荷与投入处于可比较的尺度。

两类学生知识结构相同、评价工具相同，只有任务形态不同：分类落在“怎么学”上，而非“学多少”上，避免滑向分层。框架见图 1。

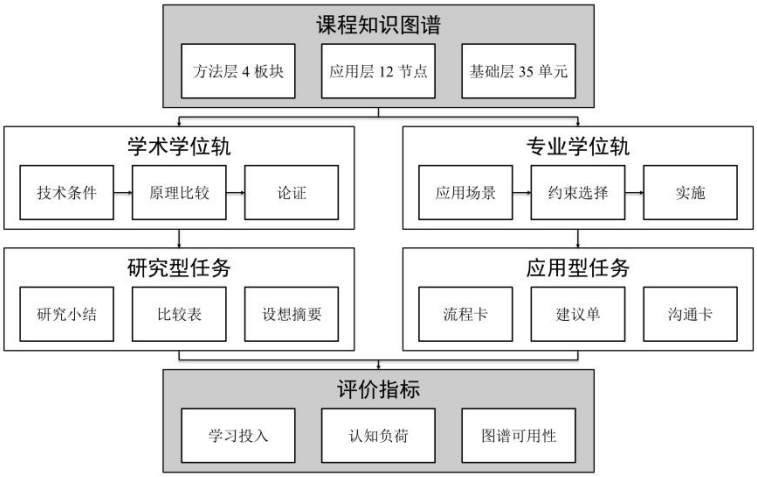


图 1 “一图双轨”导学框架

注：灰色为两轨共用，白色为两轨分化。

（三）图谱节点与双轨任务的映射

课程图谱含 4 个方法层板块、12 个应用层节点与 35 个基础层知识单元。任务书不覆盖全部节点，而在数据链的起点、中段与末端各取一个示范节点：信号采集与预处理、特征工程与模型构建、模型评估与临床转化，分别对应“数据从何而来”“模型如何建立”“结果如何被使用”。每个节点配两份任务书，格式与五个栏目相同，差别全在内容，对照见表 1。

表 1 知识节点与双轨任务的映射

知识节点	学术学位轨：核心任务	学术轨产出	专业学位轨：核心任务	专业轨产出
信号采集与预处理	梳理信号的采集链路与噪声来源；比较三种以上预处理方法的原理与适用条件；评述一篇近三年文献	研究小结（800 字）；方法比较表；1 页汇报 PPT	结合实际监测场景识别采集干扰因素；为病例数据选择预处理流程并说明依据；形成操作建议单	流程卡；案例分析单；8～10 分钟口头汇报
特征工程与模型构建	总结可用特征及其生理意义；比较特征说明表；模型逻辑回归、支持向量机与神经网络比较表；研究设想的适用差异；设计一个建模方案	摘要	按案例需求筛选可用的关键特征；为给定场景选择模型并说明理由；输出实施建议	特征筛选单；模型选择说明；案例应用记录
模型评估与临床转化	解释准确率、召回率、AUC 等指标的差异与适用情境；评述一篇临床论文的证据强弱；提出转化建议	指标解读表；文献转化建议摘要	按临床需求判断更应关注的指标；解释模型结果的使用边界；完成一页实施建议单	指标选择说明；场景沟通卡；实施建议单

两轨的分化有三处稳定差别：起点上，学术轨从可比较的技术条件出发，专业轨从具体的应用场景出发；落点上，学术轨落在判断与论证，专业轨落在选择与实施；评价重心见第四节 (二)。两轨训练的是同一种知识的不同使用方式。

四、实施路径

（一）一图：知识图谱的构建与挂载

定层级。 课程组按课程总目标、方法层、应用层、基础层四级建模。顶端写明培养的复合型人才应兼具理论、方法与临床应用三方面能力；第二级方法层设医学信号、医学影像、机器学习、临床应用四个板块。

定应用。 每个板块下设三个应用层节点，共 12 个：医学信号分采集、预处理、特征提取；医学影像分重建、分割、配准；机器学习分监督学习、深度学习、模型评估；临床应用分辅助诊断、风险预测、伦理规范。应用层是图谱与任务的接口层，任务书即挂在此层。

定单元。 应用层之下挂 35 个基础层知识单元，除采集节点下挂两项外，其余 11 个节点各挂三项，如“预处理”下挂滤波、降噪、伪迹去除。基础层是作业与考核的直接对象。

定呈现。 图谱以浏览器形式开放，可整图浏览，也可按知识点检索；界面按层着色，并预留素养层以承载数据安全、隐私保护、公平性一类内容。

学生在做任务之前须先在图谱上找到任务对应的应用层节点，看清其上下位关系与相邻节点；此步把“查找知识点”变成“定位知识位置”，补的正是第二节（二）所说的线性组织之缺。

（二）双轨：两类路径的任务分化

双轨的落实方式是“同一节点、两份任务书”：六份任务书覆盖三个节点，两轨各三份。

栏目统一。 每份任务书含五栏：学习目标、核心任务、提交产出、评价要点、自评与反思，使两种任务可在同一尺度上比较，内容分化则保证两者指向不同能力。核心任务直接分化：学术轨要求比较原理、评述文献，推向方法学判断；专业轨要求识别干扰、选定流程、形成建议，推向应用决策。

产出的形态分化。 学术轨产出研究小结、方法比较表、研究设想摘要，形态接近学术写作；专业轨产出流程卡、案例分析单、实施建议单，形态接近工作交付物，限定在一页之内。

评价的权重分化。以“特征工程与模型构建”节点为例，学术轨为特征合理性 30%、模型论证 30%、创新思考 20%、学术表达 20%；专业轨为场景适配 30%、实施可行性 30%、判断准确性 25%、汇报清晰度 15%。两轨都讲“合理”，学术轨指向特征的科学性与论证的严密，专业轨指向方案与场景的匹配。

两轨的难度并未刻意拉开：同一节点上核心任务都是三项，工作量相当，差异在思维类型而非负荷大小。

（三）导学：从图谱到学习行为的落地

导学单把图谱与任务接到学生的日常学习行为上，版式统一为看图谱、做任务、自评三段。

看图谱。 左栏嵌入本节知识图谱的局部，只保留本次课相关的节点，以连线呈现关系并标出核心与相邻节点，学生不必在整张图上搜索也能看清本节与整门课的位置关系；下方另设三个思考问题。

做任务。 中栏按认知层次列出任务清单，同一节分认识数据与信号、完成信号采集、进行信号预处理、分析与展示结果四级，每个任务旁标出层次，学生看得出哪一步必须完成、哪一步属提高性要求；另附工具与参数要点。

自评。 右栏是自评量表：“信号采集与预处理”一节覆盖知识理解、实践操作、分析应用与学习态度四项，按优秀、良好、待改进三级勾选；“模型评估与临床转化”一节改为五点计分。底部设完成记录与课后反思。

导学单本身不分轨。 两份导学单面向全体学生，同一节内容只有一张，分化落在任务书的具体要求上。此做法降低了组织成本；代价是学生在流程层面感知不到双轨的存在，此点在第六节讨论。

（四）评价：过程数据与问卷的采集

评价数据分三路采集。任务书评价由教师按评价要点与分值权重评分，反映产出质量，最贴近教学目标。导学单自评在每次课结束前完成，即时、低负担，主观性强，只作过程参考。学习问卷在课程开始与结束时各施测一次，匿名填写，与任务书评分不挂钩。

五、评价与成效

本章从学生反馈一侧检验“一图双轨”导学框架的实施效果。数据来自前后两年修读医学与生物信息学课程的两届研究生共 162 人，学术学

位与专业学位各 81 人, 两批分别为 95 人与 67 人。两组在生源、本科专业、工作年限与批次上均无显著差异（χ2 检验 p 分别为 0.272、0.255、0.350，批次 p=1.000），前测学习投入亦无显著差异（t=−1.35, p=0.179），可视为同起点。统计检验用 Python 3.14（SciPy 1.18、pingouin 0.7）完成，显著性水平取 0.05。

（一）评价工具与信度

三个角度各有分工：学习投入反映行为，认知负荷反映负担，图谱可用性反映工具接受度。学习投入采用 UWES-S-9 量表[14-15]，9 题、1 至 7 分, 前后测各一次, 两时点的 Cronbach α 分别为 0.742 与 0.771，均达到 0.70 的可用线。认知负荷采用三维量表[12], 10 题、0 至 10 分，α 为 0.385；图谱可用性为自编量表，15 题、五个维度、1 至 5 分，α 为 0.458，后两者均在后测实施。

后两个量表的 α 未达可用线。逐题诊断显示，删去载荷最低的若干题后仅升至 0.481 与 0.539，问题不在个别题目，而在每个维度只有 3 题且为单次自评。自编量表的 KMO=0.529，Bartlett 检验 χ2(105)=229.17（p<0.001），五个成分累计解释 51.31% 的方差；维度内题间相关在 0.17 ~ 0.27 之间，维度外接近 0。KMO 偏低源于五个维度近乎正交，并非结构混乱。

（二）学生感知

图谱可用性五个维度的合计均分为可理解 3.08 ± 1.05、可信 2.96 ± 1.01、可控 2.93 ± 1.02、适配 2.92 ± 1.01、采纳 3.17 ± 1.08。采纳维度最高，表明学生愿意按图谱推荐的方式使用；适配维度最低，对应题目正是“推荐路径考虑了我与另一类研究生不同的学习目标”。两类学生在五个维度上的差异均未达显著（p 在 0.313 ~ 0.718 之间），最大效应量 |d|=0.16。适配维度的偏低值得注意：它说明“两类学生走两条路”在学生的感知中还不够清楚，此点在第六节展开。

（三）学习投入的变化

两个时点的学习投入得分与混合设计方差分析结果见表 2。

表 2 学习投入的组别与时间比较

组别	前测	后测	差值	t	p	Cohen's *d*
学术学位（*n*=81）	3.87 ± 1.28	4.11 ± 1.40	+0.24	1.74	0.086	0.19
专业学位（*n*=81）	4.13 ± 1.19	4.00 ± 1.16	−0.13	−0.87	0.387	−0.10
混合 ANOVA						
学位类型主效应	*F*(1,160)=0.21				0.646	η^2_p=0.001
时间主效应	*F*(1,160)=0.32				0.570	η^2_p=0.002
交互效应	*F*(1,160)=3.35				0.069	η^2_p=0.020

三个效应均未达到 0.05 的显著水平。学术学位组上升 0.24 分、专业学位组下降 0.13 分，交互效应呈“学术升、专业平”的弱趋势，但 η2p 仅为 0.020，属小效应；后测两组差异亦小（4.11 对 4.00, t=0.51, p=0.608, d=0.08）。逐题比较 43 道题目无一项达到 p<0.05（最小 p=0.058，按随机预期应有 2 项），11 个维度的组间差异亦全部不显著，最大效应量 |d|=0.20。

若只看均值层面的组间差异，“一图双轨”尚未表现出可检出的能力分化。它至少说明双轨并没有把两类学生推成一强一弱。

（四）认知负荷的作用机制

均值层面的“无分化”并不意味着设计没有作用。换到“负荷如何影响投入”一看，还有另一层结果。五个变量的相关中，外在负荷与学习投入负相关（r=−0.305, p<0.001），图谱可用性与外在负荷负相关（r=−0.250, p=0.002），图谱可用性与学习投入正相关（r=0.204, p=0.009）；相关负荷与学习投入仅为 −0.062，未如理论预期那样正向预测投入；其余各对相关的绝对值不超过 0.21。

以图谱可用性为自变量、外在认知负荷为中介变量、学习投入为因变量做中介检验 (Bootstrap 5000 次)：总效应为 +0.517（p=0.009），直接效应为 +0.346（p=0.079），间接效应为 +0.171，占总效应的 33.1%，95% 置信区间为 [+0.046, +0.334]，不包含 0。标准化路径系数为：可用性对外在负荷 a=−0.250，控制可用性后外在负荷对投入 b′=−0.271，可用性对投入的总效应 c=0.204、直接效应 c′=0.137。

把这条链翻成一句话：图谱越容易被读懂，学生在辨认“哪些内容与任务无关”上耗费的精力越少，学习投入随之越高。 置信区间不含 0，

说明此路径在统计上成立。此结果与第五节（三）的“无分化”并不矛盾：分化看的是两条路径之间的差别，机制看的是图谱好不好用对全体学生的作用。

六、局限与推广边界

本研究有三点局限。

其一，没有对照组。162 名学生都处于“一图双轨”之下，区别只在学位类型，学习投入的前后变化不能被归因于框架本身；时间主效应不显著也说明变化幅度小。要判定净效应，需设置传统导学的平行班。

其二，两份量表的内部一致性不足以支撑总分。认知负荷的 α 为 0.385，图谱可用性为 0.458，故第五节（二）与（四）只报维度均分与单题结果，不作假设检验。中介分析的自变量因而以单维度代理，路径系数只宜读作“方向成立”，而非“效应量已定”。

其三，均值层面未检出两类学生的分化。这既可能说明双轨设计本就不制造水平差异，也可能说明差异在均值之外。本研究尚未从任务书评分一侧取数，此缺口最值得补。

适配维度最低（2.92）需要单独解释。该题项是“推荐路径考虑了我与另一类研究生不同的学习目标”，而第四节（三）已交代：两份导学单面向全体学生，分化落在任务书与评价要点上，不在流程层面。学生认可双轨的方向，却感知不到它的存在。此代价是有意换取的，导学单若按学位类型分裂，组织成本翻倍；改进方向不是拆单，而是增设一栏，标注“本条任务在你的轨道上对应哪一份任务书”。

推广要看三个条件。一是课程类型：模式依托“同一批知识、两种用法”的前提，医工交叉这类机制与场景双线索并存的课程最贴合；若两类学生的知识内容本就不同，共图无从谈起。二是建设成本：一张四级图谱、六份任务书、两份导学单需课程组一次性投入。三是规模：班级更大、学位类型更多时，按轨评分的负担会显著上升。

同一套层级建模还可上移至培养方案层：培养层图谱以“医工交叉能力培养”为中心，分理论基础、数据处理、科研训练、场景实践四支；把课程图谱挂在其下，“一图双轨”便从一门课扩展到培养链条。

七、结语

本文以医学与生物信息学课程为载体，构建“一图双轨”导学模式：一张共享的课程知识图谱回答“有哪些知识、它们如何相连”，两套分化的任务路径分别回答“为什么可行”与“在此条件下怎么办”。

162 名研究生的问卷数据给出两面结果：均值层面未检出两类学生的分化，三个效应均不显著；机制层面成立，图谱可用性经外在认知负荷影响学习投入，间接效应占总效应的 33.1%。

此结果有两层意义：其一，分类不必以分层为代价，同一批知识、同一套评价工具，只改变任务的提问方式与产出形态，两类学生便可在同一课堂里各得其所；其二，课程层面的分类需要中间结构，培养方案的分化若没有课堂里的载体，目标便停在纸面。

参考文献：

[1] 教育部. 关于深入推进学术学位与专业学位研究生教育分类发展的意见: 教研〔2023〕2号[Z]. 2023-11-24.

[2] 廖湘阳, 赵莹莹, 王潇, 等. 研究生分类培养链条构建及其融通创新的逻辑与策略[J]. 学位与研究生教育, 2025(2): 1-9. DOI: 10.16750/j.adge.2025.02.001.

[3] 唐晓晟, 程琳雅, 张春红, 等. 大语言模型在学科知识图谱自动化构建上的应用[J]. 北京邮电大学学报(社会科学版), 2024, 26(1): 125-136.

[4] 李晓理, 刘春芳, 耿劭坤. 知识图谱与大语言模型协同共生模式及其教育应用综述[J/OL]. 计算机工程与应用, 2025: 1-15.

[5] 国务院. 教育发展“十五五”规划[Z]. 2026.

[6] Gordon M, Daniel M, Ajiboye A, et al. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84[J]. Medical Teacher, 2024, 46(4): 446-470. DOI: 10.1080/0142159X.2024.2314198.

[7] 施雯, 习佳宁. 知识图谱个性化导学范式与实施路径: 面向医、工交叉跨学科思维的冲突[J]. 办公自动化, 2024, 29(18): 4-6.

[8] 任和, 杨晖, 胡声丹, 等. 医工融合导向的健康数据挖掘课程知识图谱构建研究[J]. 中国医学教育技术, 2026, 40(2): 247-253. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202602017.

[9] 杨晶, 麻少辉, 郭彦, 等. 新医科视域下

知识图谱在医学教育中的构建与应用[J]. 医学教育研究与实践, 2025, 33(6): 797-802. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2025.06.007.

[10] HUANG Fei, LIU Xinbao, WU Hongbin, et al. Exploration and Practice of the Training Model for Innovative Practical Ability of Professional Degree Graduates[J]. 学位与研究生教育, 2024(4): 23-29.

[11] Paas F, Tuovinen J E, Tabbers H, et al. Cognitive Load Measurement as a Means to Advance Cognitive Load Theory[J]. Educational Psychologist, 2003, 38(1): 63-71. DOI: 10.1207/s15326985ep3801_8.

[12] Leppink J, Paas F, Van der Vleuten C P M, et al. Development of an Instrument for Measuring Different Types of Cognitive Load[J]. Behavior Research Methods, 2013, 45(4): 1058-1072. DOI: 10.3758/s13428-013-0334-1.

[13] 闫景瑞, 邓为民, 张士杰, 等. 知识图谱赋能临床思维训练的研究[J]. 中华医学教育杂志, 2025, 45(12): 900-905.

[14] Schaufeli W B, Bakker A B, Salanova M. The Measurement of Work Engagement With a Short Questionnaire: A Cross-National Study[J]. Educational and Psychological Measurement, 2006, 66(4): 701-716. DOI: 10.1177/0013164405282471.

[15] 方来坛, 时勘, 张风华. 中文版学习投入量表的信效度研究[J]. 中国临床心理学杂志, 2008, 16(6): 618-620.