

# 基于流程图谱的学科专业建设方法

张政, 成毅, 郑束蕾

信息工程大学, 河南 郑州 450000

DOI: 10.61369/ETR.2025330029

**摘 要 :** 学科专业动态调整是高等教育改革的重要举措, 但存在依据不足和量化分析困难等问题。本文提出基于流程图谱的学科专业建设方法, 通过构建五层语义网络模型, 实现专业要素的系统化表征与关联分析。该方法利用图计算与数据挖掘技术, 建立量化评估体系, 可识别知识重复、路径低效等问题。该模型能精准定位培养体系短板, 为课程重组和跨学科优化提供数据支持, 推动学科建设向精准治理转型。

**关 键 词 :** 学科专业建设; 学科专业分析; 知识图谱; 流程图谱

## Discipline and Professional Construction Method Based on Process Graph

Zhang Zheng, Cheng Yi, Zheng Shulei

Information Engineering University, Zhengzhou, Henan 450000

**Abstract :** Dynamic adjustment of academic disciplines and majors is a significant measure in higher education reform, but it faces issues such as insufficient basis and difficulties in quantitative analysis. This paper proposes a discipline and major construction method based on process graph, which realizes systematic representation and correlation analysis of major elements by constructing a five-layer semantic network model. This method utilizes graph computing and data mining techniques to establish a quantitative evaluation system, capable of identifying problems such as knowledge repetition and inefficient paths. The model can precisely locate the shortcomings of the training system, provide data support for course reorganization and interdisciplinary optimization, and promote the transformation of discipline construction towards precise governance.

**Keywords :** discipline and major construction; discipline and major analysis; knowledge graph; process graph

## 引言

学科专业建设内容的动态调整是全面深化高等教育供给侧结构性改革、推动高等教育结构布局优化的一项重要举措<sup>[1]</sup>。从学科专业发展的规律来看, 任何一门学科通常都会经历从初始兴起、逐步进入平稳发展, 最终走向衰落或复兴的全生命周期过程。在这一演化过程中, 学科专业的建设内容应依据市场需求、政策导向以及学术权威等外部因素的变化, 进行动态调整与优化。这一观点与伯顿·克拉克提出的“三角协调模型”相契合<sup>[2-3]</sup>。自《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》<sup>[4]</sup>发布以来, 新工科<sup>[5]</sup>、新医科<sup>[6]</sup>、新农科<sup>[7]</sup>、新文科<sup>[8]</sup>等学科专业建设相继展开, 有效推动了各类型学科专业建设的提档升级。然而, 从学科专业建设的过程与质量效益角度来看, 当前动态调整机制仍存在依据不足、难以进行系统化量化分析, 以及各建设内容之间的关联关系与作用路径尚未明确建立等关键问题。

知识图谱<sup>[9]</sup>是一种大规模的语义网络结构, 可以建立不同实体之间的关联关系, 并广泛应用于关联分析与挖掘、知识显示与绘制等方面。目前, 知识图谱已经成功应用于课程建设并取得了较好的教育教学改革成效<sup>[10]</sup>。知识图谱因在表征关联结构与支持数据分析方面的优势, 为解决学科专业建设中的问题提供了有效手段。本文提出基于流程图谱的学科专业建设方法, 构建了包括“专业能力图谱、专业知识图谱、专业课程图谱、课程内容图谱和考核评价图谱”的多层图谱模型。

## 一、基于流程图谱的学科专业建设内容设计模型

本文构建了基于流程图谱的学科专业建设内容设计模型,如图1所示。该模型是一个五层知识图谱结构,从顶层到底层依次为:能力目标层、知识体系层、课程体系层、课程内容层和考核评价层。

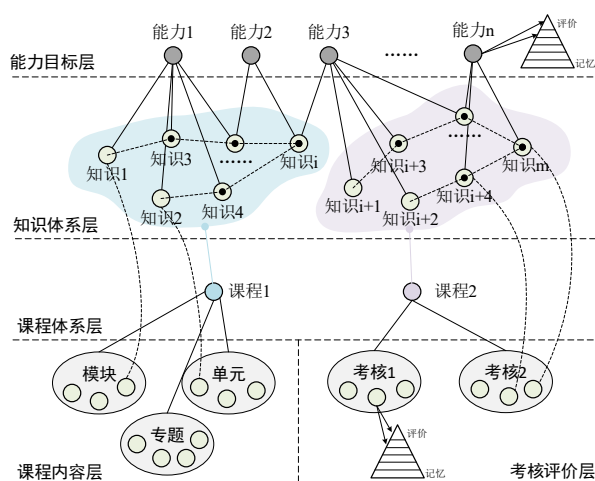


图1 基于流程图谱的学科专业建设内容设计模型

### （一）能力目标层

能力目标层主要关注学科专业在面向实际岗位需求时,所需培养学生具备的具体能力与素质。能力节点的形式化表达如下:

<能力节点>::=<能力名称,能力描述,能力类型,重要程度>

<能力类型>::=<记忆|理解|应用|分析|评价|创造>

能力节点包含能力名称、能力描述、能力类型和重要程度等属性字段。其中,能力类型用于表示该能力在培养目标中的具体要求。依据布鲁姆的教学目标分类,能力类型被划分为记忆、理解、应用、分析、评价和创造六个层次,每项能力至少归属于其中一种类型。重要程度用于表示该能力节点在特定学科专业人才培养目标中的权重。

### （二）知识体系层

知识体系层聚焦于培养学生具备某种能力所需的知识与技能储备。一种能力可能由一个或多个知识点或技能所支撑,而一个知识点或技能也可以支撑多种能力的形成。知识节点的形式化表达如下:

<知识节点>::=<知识名称,知识描述,知识类型,知识难度,学习成本>

<知识类型>::=<记忆|理解|应用|分析|评价|创造>

知识节点包含知识名称、知识描述、知识类型、知识难度和学习成本等字段。其中,知识类型与能力类型相对应。学习成本用于表示掌握该知识所需的平均时长,其与知识难度呈正相关关系,即难度越高,所需平均时长越长。

“知识体系层”与“能力目标层”之间构成“知识→能力”的支撑关系,用以表示知识对能力形成的促进作用或相关性。此外,知识节点之间还存在“知识→知识”的前置关系,即某些知

识是其他知识的预备知识或先修内容。

### （三）课程体系层

通过“知识→知识”的前置关系,利用图聚类技术可以实现知识聚合,即构成知识群。通过对知识群的合理划分则可以形成不同的课程,从而构建起面向某学科专业的课程体系。课程节点的形式化表达如下:

<课程节点>::=<课程名称,课程描述,学时数,课程类型,考核类型>

<课程类型>::=<公共基础课|专业基础课|专业核心课|专业选修课>

<考核类型>::=<考试|考查>

其中,课程类型是指依据教学目标、内容组织方式以及学习形式的不同而划分的各类课程。在现代教育体系中,常见的课程类型包括公共基础课、专业基础课、专业核心课和专业选修课等。课程的学时安排通常可根据与其关联的知识节点中所包含的“学习成本”字段进行参考与设定。考核类型是指课程结束时所采用的评估方式,主要包括考试和考查两种形式。

“课程体系层”与“知识体系层”之间构成“课程→知识”的包含关系,即一门课程所涵盖的全部知识点或技能要素。通过建立“课程→知识”之间的这种包含关系,不仅可以系统地构建课程的知识体系结构,还能够有效分析不同课程之间的知识覆盖范围与重合程度,从而为课程设置与优化提供数据支持。

### （四）课程内容层

课程内容层是对课程体系层中各个课程具体授课内容的组织,通过对课程所包含的知识点进行逻辑重组,形成授课单元、专题或模块,以便进一步指导实际的教学实践。课程内容节点的形式化表达如下:

<内容节点>::=<内容标题,内容类型,包含知识点,内容学时>

<内容类型>::=<理论|实践>

<包含知识点>::=<知识点1,知识点2,...,知识点n>

其中,内容类型是指授课的教学类型,主要分为理论或实践。包含知识点是隶属于该授课单元的相关知识点,一般而言,不同课程内容的知识点不能有重叠,且所有课程内容应当能够覆盖课程所有的知识点。

### （五）考核评价层

考核评价层是对课程考核方式和考核标准的定义,以检验课程教学效果。考核评价层将具体的考核项抽象为考核节点,一般以考核的类型作为节点的名称。考核节点需要与“知识体系层”的知识节点相关联,即它考查了哪些知识点的掌握程度。考核节点的形式化表达如下:

<考核节点>::=<考核名称,考核类型,考核内容,考核分数,考核标准>

<考核类型>::=<考试|平时作业|论文|实验结果|...>

<考核内容>::=<考核项1,考核项2,...,考核项n>

<考核项>::=<项内容,项分类,知识点,项分数>

其中,考核类型是指课程考核的方式,例如“考试”“平时作

业”“论文”等。考核内容则由若干考核项构成，考核项主要针对“考试”节点，每个考核项包含项内容、项分类、知识点、项分数等属性字段。考核标准是对考核节点的描述，尤其是对于非考试类，需要明确定义标准内容和判定规则。

## 二、基于流程图谱的学科专业建设内容分析体系

流程图谱分析以可视化图谱为基础，结合图计算、数据挖掘和复杂网络理论，对“目标-知识-课程-课堂”多层模型进行深度分析。该方法通过量化评估知识传递效率、节点关联强度、目标覆盖完备性及交叉重叠关系，将经验型决策转变为数据驱动的精准治理。

### （一）传递链路分析

传递链路分析用于追踪能力目标或知识点从教学目标到课程内容的实现路径。它可识别关键路径、瓶颈环节、冗余课程或知识，优化资源配置与教学安排。其核心指标包括路径长度、路径强度和路径多样性。该分析有助于提升课程体系的逻辑性与效率。

#### （1）路径长度

路径长度是指在实现某一培养目标过程中，需要经历的层级跳转次数，它直接反映了教学过程的效率与结构合理性。路径长度的计算公式如下：

$$L = \frac{1}{\frac{1}{2}N(N-1)} \sum_{i \geq j} d_{ij} \quad \text{式1}$$

其中， $N$ 表示节点数量， $d_{ij}$ 表示节点 $i$ 和 $j$ 之间的最短路径长度。较长的学习路径可能导致课程冗余或知识衔接不畅，使学习过程复杂化，影响学生对知识体系的掌握。合理控制路径长度有助于提升学习效率，减轻认知负担。教学设计应重视路径长度指标，避免层级过多造成的资源浪费和动力下降。同时需确保教学内容逻辑连贯，目标达成有效。

#### （2）路径强度

路径强度是指实现培养目标过程中，路径上关键节点的权重与关联强度的总和。它反映学习路径对目标达成的支持力度和结构稳定性。权重体现节点在知识体系中的重要性，如核心课程的基础作用。路径强度的计算公式如下：

$$S = \sum_{i \geq j}^n w_{E_{ij}} \cdot w_{N_j} \quad \text{式2}$$

其中， $w_{E_{ij}}$ 为边权重， $w_{N_j}$ 为节点重要性。较高的路径强度表明关键节点联系紧密，支撑有力，有助于学生构建系统化知识结构，提升学习效果。路径强度较低则可能反映节点间衔接不足或重要环节被弱化，影响教学效果。课程设计应注重提升路径强度，优化课程设置，强化知识关联。突出核心内容可增强学习路径的结构性与支撑力。提升路径强度有助于提高人才培养质量与

效率。

### （3）路径多样性

路径多样性反映培养方案中是否存在多条有效路径实现同一目标，体现灵活性与容错性。多路径可表现为不同课程组合或学习顺序，均能有效支撑目标达成。高路径多样性可满足学生个性化需求，提升学习积极性。该特性增强体系容错能力，即使某路径受阻，学生仍可通过其他路径完成任务。

## （二）关联强度分析

关联强度分析用于量化学习路径中节点间的关联紧密程度，如知识点、课程或能力目标之间的关系。它帮助教育设计者理解课程逻辑，评估知识传递的顺畅性，并为教学优化提供数据支持。该分析可发现隐性关联、识别跨课程整合点、确认核心内容、优化课程衔接。主要指标包括聚集系数和PageRank等。

### （1）聚集系数

网络中一个度为 $k_i$ 的节点 $i$ 的聚集系数 $C_i$ 定义为：

$$C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i-1)} \quad \text{式3}$$

其中， $E_i$ 为节点 $i$ 的 $k_i$ 个相邻节点之间实际存在的边数。聚集系数是衡量网络中节点间连接紧密程度的重要指标，用于分析教育结构中的局部关联性。它反映某节点的相邻节点之间是否相互连接，体现局部网络的协同性与互动性。该系数越高，说明节点周围结构越紧密，关联性越强。

### （2）PageRank

PageRank算法通过模拟“知识权威性传递”过程，量化节点在培养体系中的结构性价值，为路径强度分析提供核心依据。它不仅考虑节点的连接数量，还评估这些连接节点的质量。PageRank算法计算公式如下：

$$PR(i) = (1-\gamma) + \gamma \sum_{j \in In(i)} \frac{1}{|Out(j)|} PR(j) \quad \text{式4}$$

其中， $\gamma$ 为阻尼因子，取值范围是0或1； $In(i)$ 表示指向 $i$ 的节点； $Out(j)$ 表示从 $j$ 输出的节点； $|Out(j)|$ 表示输出节点的个数。PageRank算法能揭示复杂教学结构中的层次关系与信息流动方向，帮助发现核心课程与关键知识点。它还可优化学习路径推荐系统，提升个性化教学效果。

## （三）覆盖范围分析

覆盖范围分析用于评估课程体系对预设能力目标和知识体系的覆盖程度，是衡量教育方案完整性与有效性的的重要手段。它可诊断培养方案缺陷，如能力支撑不足或知识遗漏，同时避免内容重复，确保知识体系的完整与均衡。该分析依赖“目标覆盖度”和“知识覆盖度”两个指标。目标覆盖度衡量课程对学生应达成能力的支持程度，知识覆盖度则关注课程是否涵盖学科基础理论、核心概念与前沿发展。

（四）交叉重叠分析

交叉重叠分析用于识别不同能力目标、知识领域或课程间的交叉、重叠或潜在冲突区域。知识图谱协同构建系统可动态管理课程内的知识点、内容、关系及能力体系等内容。知识图谱可视

化系统则以“知识地图”形式展示学科结构，呈现知识点的重要程度、课程关联、自动聚类等信息。该系统有助于分析思政点、实践点分布，统计资源建设情况，识别孤立知识点，评估课程关联度与知识点重合度。

参考文献

[1] 田贤鹏. 高校学科专业动态调整: 模式、困境与整合改进 [J]. 高校教育管理, 2018, 12(06): 44-50.

[2] 董泉, 平思情. 美国大学跨学科研究组织的发展——基于“三角协调”理论的视角 [J]. 中国高校科技, 2019, (08): 37-41.

[3] 傅才武, 黄梦航. “三角协调模型”与“力量均衡”——深化文化体制改革过程中的方法论问题 [J]. 同济大学学报 (社会科学版), 2016, 27(01): 43-49+58.

[4] 教育部等五部门关于印发《普通高等教育学科专业设置调整优化改革方案》的通知 [J]. 中华人民共和国教育部公报, 2023, (04): 18-22.

[5] 宋思利, 孙媛媛, 宋济平, 等. 面向新工科领域的创新型人才思政教学路径探索与实践 [J]. 高教学刊, 2025, 11(20): 72-76.

[6] 洪全兴, 俞允, 魏国强, 等. 新医科背景下的“医学图像处理”教学改革研究 [J]. 教育教学论坛, 2025, (26): 57-60.

[7] 金帷. 新农科背景下跨学科专业建设的机制探索与创新 [J]. 黑龙江高教研究, 2025, 43(04): 99-105.

[8] 王雅囡. 应用型本科高校新文科建设内涵及路径研究. 科教导刊, 2025, (10): 68-70.

[9] 马志远, 高颖, 张强, 等. 融合语义与结构信息知识图谱补全模型研究 [J]. 数据分析与知识发现, 2024, 8(04): 39-49.

[10] 杨文霞, 王卫华, 何朗, 等. 知识图谱赋能智慧教育的研究与实践——以武汉理工大学“线性代数”课程为例 [J]. 高等工程教育研究, 2023, (06): 111-117.