

基于新工科城市地下空间工程专业 “政产学研用”协同育人模式探究

王晓睿^{1,2}, 张华青^{1,2}, 王中良^{1,2}, 贾晓凤³

(1. 华北水利水电大学 地球科学与工程学院, 河南 郑州 450046;

2. 城市地下交通工程防灾减灾河南省交通运输行业技术创新中心, 河南 郑州 450046;

3. 郑州航空工业管理学院 土木与环境学院, 河南 郑州 450046)

摘要: 为健全工程教育育人模式, 针对新工科城市地下空间工程专业人才培养, 基于网络层次分析法从“政产学研用”5个维度、12个指标, 构建“政产学研用”协同育人评价体系模型, 运用该模型对“政产学研用”协同育人模式进行综合评价分析。研究表明: 一级指标中, 政府的宏观调控和引领指导是强化“政产学研用”深度结合的关键; 二级指标中, “教育资源配置”指标的权重占比将很大程度地影响“学校”维度的全局权重占比; “用户价值”作为二级指标中“异军突起”的一个指标, 反映着优化用户价值和提高用户体验是下一步该模式发展的一个重要方向。通过对工程教育模式的研究, 得到“政产学研用”育人模式各维度量化评价, 可为新工科背景下城市地下空间工程专业人才培养提供借鉴。

关键词: 新工科; 城市地下空间工程; 政产学研用; 协同育人; 网络层次分析法 (ANP)

中图分类号: G642.0; TU9

文献标识码: A

文章编号: 1672-1144(2024)05-0206-07

Collaborative Education Mode of "Government, Industry, Academia, Research and Application" in the New Engineering Urban Underground Space Engineering Major

WANG Xiaorui^{1,2}, ZHANG Huaqing^{1,2}, WANG Zhongliang^{1,2}, JIA Xiaofeng³

(1. College of Geosciences and Engineering, North China University of Water Resources and
Electric Power, Zhengzhou, Henan 450046, China;

2. Disaster Prevention and Mitigation for Urban Underground Transportation Engineering Henan Provincial
Transportation Industry Technology Innovation Center, Zhengzhou, Henan 450046, China;

3. School of Civil Engineering and Environment, Zhengzhou University of Aeronautics, Zhengzhou, Henan 450046, China)

Abstract: As the new engineering strategy continues to advance, improving the engineering education model has significant strategic and practical importance for cultivating new types of outstanding engineering talents. In order to enhance the engineering education nurturing model, this work focuses on the cultivation of professionals in the new engineering discipline of urban underground space engineering. Based on the network hierarchy analysis method, it constructs a "government-industry-university-research-application" collaborative education evaluation system model from five dimensions and twelve indicators. This model is used to conduct a comprehensive evaluation and analysis of the collaborative education model. The research shows that among the primary indicators, the government's macro-control and guiding leadership are key to strengthening the deep integration of "government-industry-university-research-application". Among the secondary indicators, the weight of the "education resource allocation" indicator will significantly affect the overall weight of the "school" dimension. "User value," as an emerging secondary indicator, reflects that

optimizing user value and improving user experience is an important direction for the next step in the development of this model. Through the study of the engineering education model, the quantified evaluation of each dimension of the "government-industry-university-research-application" education model is obtained, aiming to provide a reference for the cultivation of urban underground space engineering professionals under the new engineering background.

Keywords: new engineering; urban underground space engineering; government, industry, academia, research and application; collaborative education; analytic network process method

近年来,我国城市化快速发展,与此同时带来的土地资源紧张、交通严重堵塞等问题越来越显著。在此背景下,城市地下空间工程专业(以下简称城空专业)等新工科专业应运而生。由于我国城空专业起步较晚,开办该专业的约 50 余所高校中,绝大部分都是在 2010 年后的开办的^[1-2],尚未形成健全成熟的城空专业本科教育和培养模式,无法满足日益提高的专业人才素质要求^[3]。在中共中央印发的《关于深化人才发展体制机制改革的意见》中指出:“改进人才培养支持机制,创新人才教育培养模式,注重人才创新意识和创新能力培养,完善‘政产学研用’结合的协同育人模式”,意见指出了新型人才培养模式的重要性,对“政产学研用”协同育人模式进行探究、为新时代培养新型人才以及为深度推进我国工程教育发展提供新思路。

关于“政产学研用”协同育人模式,学者从不同视域下对该模式进行了研究和实践,王亚熙^[4]通过对粤港澳大湾区高校产学研协同育人模式的研究,认为高校产学研协同育人合作是高校顺利开展新工科人才培养工作的重要保障,归纳出产学研融合的多方协同育人体系。陈士超^[5]以民办高校和计算机类专业在开展产学研协同育人方面的特殊需求为基础,提出一种民办高校计算机类专业产学研协同育人模式。张玲^[6]从新工科背景出发,分析了当前工程教育普遍存在的问题,提出新工科建设的目标和内容,探讨了工科优势高校信息类专业政产学研用多方协同育人模式。田玉敏^[7]对于新时代构建“政产学研用”五位一体的协同育人模式需要完善和建设的内容,提出了需要突破体制机制障碍、建立协同培养衔接机制、完善“政产学研用”协同育人的考核评价体系等建议。李阳^[8]通过研究同方威视政产学研用合作的单案例,剖析了政产学研用协同创新提升企业竞争力的 4 个关键要素,深刻揭示了政产学研用协同创新是如何有效提升企业竞争力的,对实现企业竞争力有效提升有较大的理论价值和实践指导意义。

综上所述,在“政产学研用”协同育人模式中取

得了一定的研究成功和实践,但各要素之间的关联缺乏整体性分析,其指标定义模糊,缺少数据量化分析和理论模型指导。因此,本文基于网络层次分析法从“政产学研用”5 个维度、12 个指标,构建“政产学研用”协同育人评价体系模型,运用该模型对“政产学研用”协同育人模式进行综合评价分析,以期得到“政产学研用”协同育人模式各指标和要素之间的数值可视化关联关系。

1 城空专业中“政产学研用”协同育人模式的问题

从以上研究得出,该模式缺乏较为完善和可量化的模型进而系统评估育人的成效。通过研究协同育人模式的特点,查阅该模式相关的文献,并结合国内某高校实际情况,总结分析出该模式目前存在的主要问题。

1.1 协同交互深度不足

目前对于城市地下空间工程专业“政产学研用”多主体交互协同育人虽有所加强,但主体间交互深度不足,联系形式表面化。多主体间难免会出现资源分散、闲置和低效等问题^[9],例如校企合作表面化,在城市地下空间工程专业中学生缺乏认识实习。对于土力学,学生区分粘土和粉砂仅仅是通过文字描述,对于一些施工工法仅依靠课题讲授的方式过于晦涩难懂。资源分配不均匀成为了“政产学研用”协同育人的主要约束。

1.2 协同调控机制缺乏

政产学研用“五位一体”协同育人模式缺乏宏观的调控机制和管理机制,多主体之间虽有合作关系,但没有具体的责任约束和制度保障,也缺少相关的监管机制^[10]。多主体之间联系松散,需要政府或其他主体协同共进新发展格局,政府应为高等教育的发展做好规划和宏观政策的指导,特别是城空专业等新工科专业。目前,国内同济大学、清华大学、中国人民解放军理工大学、山东科技大学等几所高校成立了城市地下空间研究中心(研究院),但研究人员主要是岩土、采矿、道桥等专业为背景,在系统

研究城市地下空间规划理论方面还存在天然短板。

1.3 协同形式单一

政产学研用协同育人形式多以线下联系合作为主,例如某校企高校城空专业学生去施工场地现场实习、参加地质实习,科研机构专业人员线下授课,“质”和“量”都较为欠缺。结课方式多以写论文综述为主,形式单一没有创新性^[11]。协同育人模式对互联网的应用较少,主要形式为传输文件、在线教学。城空专业为综合性强、实践应用性高的专业,校企教学方式应增加数字化教学,加强 BIM、ABAQUS 等数值模拟软件的课程学习,推动城空专业设计和规划的智能化、信息化。

2 “政产学研用”协同育人模式指标分析

在“政产学研用”协同育人模式指标确定的过程中,结合相关文献并经三轮德尔菲专家咨询法给指标提供了建议,邀请社会企业 5 名、科研人员 6 名、政府人员 3 名共 14 名分别对协同育人模式指标的合理性进行判断,得到“政产学研用”5 个方向的 12 个子指标如表 1 所示。

表 1 协同育人模式影响指标

一级指标	二级指标
政府(A1)	健全法规制度(A11)
	人才培养规划(A12)
企业(A2)	提供实践资源(A21)
	企业人员指导(A22)
	共建研究平台(A23)
学校(A3)	教育资源配置(A31)
	育人模式改革(A32)
	传统教材革新(A33)
科研机构(A4)	联合申报项目(A41)
	开展专题讲座(A42)
用户(A5)	用户价值(A51)
	增值服务(A52)

对国内相关高校城市地下空间工程专业的城空专业教师 12 名,大一 58 名学生,大二 56 名学生,大三 48 名学生,大四 57 名学生,某单位 23 名员工,科研机构 15 名研究员,社会群体 30 名进行问卷调查,其中部分的大一和大二的学生对校企合作模式和科研机构科研模式认识不足,对比大三与大四学生在一级指标和二级指标中的权重差异大,故对调查问卷结果进行筛选,并计算每个选项的权重结果如表

2 所示,在此基础上构建“政产学研用”协同育人评价体系(为便于表示,定义一级指标为 $A_i(i=1,2,\dots,5)$,二级指标为 $A_{ij}(i=1,2,\dots,5;j=1,2,3)$)。

表 2 调查问卷结果

协同育人模式	影响程度	非常严重	较严重	严重	较轻	轻
一级指标	A ₁	0.61	0.12	0.14	0.06	0.07
	A ₂	0.14	0.16	0.13	0.22	0.36
	A ₃	0.10	0.11	0.41	0.23	0.15
	A ₄	0.24	0.35	0.16	0.16	0.09
	A ₅	0.17	0.18	0.22	0.25	0.18
二级指标	A ₁₁	0.25	0.22	0.25	0.10	0.18
	A ₁₂	0.12	0.17	0.33	0.19	0.19
	A ₂₁	0.15	0.26	0.19	0.27	0.13
	A ₂₂	0.08	0.20	0.27	0.21	0.14
	A ₂₃	0.05	0.15	0.36	0.20	0.24
	A ₃₁	0.19	0.27	0.22	0.17	0.15
	A ₃₂	0.05	0.16	0.34	0.22	0.23
	A ₃₃	0.04	0.21	0.19	0.31	0.25
	A ₄₁	0.09	0.14	0.31	0.15	0.21
	A ₄₂	0.10	0.25	0.22	0.20	0.23
	A ₅₁	0.15	0.31	0.16	0.18	0.20
	A ₅₂	0.13	0.25	0.25	0.17	0.20

2.1 政府协同育人模式的影响

近年来,随着我国城市化发展不断加快,公路、铁路等线性工程将城市区域划分,地面空间开发愈发困难,城市地下空间工程具有较大的发展前景。政府对于培养新型城空专业人才应足够重视,然而目前针对新工科背景下协同育人模式的政策和法规制度不够完善,特别是对于新工科城空专业的扶持力度还有待加强。政府对未来打造一个“智慧立体城市”和“绿色地下空间”起举足轻重的作用^[12]。

2.2 企业协同育人模式的影响

企业在协同育人模式中不但充当育人的角色,还充当着人才接受者的角色。基于新工科城空专业人才培养背景,相关企业能够为高校学生提供实践场地、现场实测数据、试验场地等实践资源。校企间可进行城市地下空间工程科研项目合作,由企业提供工程现场实测数据,校方学生对工程进行数值模拟和数据分析。双方形成合力,才能更好的助推协同育人模式的发展。

2.3 高校协同育人模式的影响

新工科背景下城市地下空间工程专业在高校所面临着许多困境,一是传统技术人才培养理念难以

适应新工科人才培养诉求,二是教材革新速度不能满足新工科人才培养要求,三是传统工科教育方法不符合新工科一体化战略需要等问题。新工科背景下对新型城空专业人才培养提出了新要求,地下空间总体形态从“地下一个点”发展到“地下一条线”,再上升至“地下一张网”,最后打造“一座地下城”^[12],其中每一次地下空间开发都是艰巨和难以逆转的,所以城空专业人才的培养要向综合性、创新性发展。同时高校作为学生主要的学习基地,应健全教改制度、针对性提升策略、立足长远目标,设立长效投资机制^[13]。

2.4 科研机构协同育人模式的影响

科研机构在协同育人模式中充当科学研究和技术攻关的角色,在某种程度上与高校的科研职能方面有一定的重叠。在新工科背景下,科研机构最主要的任务就是促进多学科交叉融合从而形成联动力量解决单一学科无法解决的问题。因此科研机构可以联合校方、企业方等各主体联合申报项目,如与地铁设计机构参与科研项目,一方面能提高学生的科研意识、创新能力,另一方面增强高校与科研机构合作,利于协同育人模式的发展。

2.5 用户价值协同育人模式的影响

用户创新是协同育人模式的根本动力。用户这一主体,主要指使用地下建筑的人群,比较常见的即为使用地铁、地下商场、地下停车场的群体。如何更好的满足用户需求,用户创新给出了答案。以往的创新是以科学家等特定人群为主体,而随着社会形态的深刻变革,现今的创新主要是以用户为中心,大多数产品和服务实际上是由用户发展出来的,挖掘用户价值是影响协同育人模式的关键推力。此外,用户创新中特别注重用户体验,例如地铁座椅自动加热系统、地铁车站配备免费雨伞、配备空调候车室、节假日适当延长发车班次等增值服务都能优化用户体验。而用户体验提高后,反过来提升市场需求,进而推动协同育人模式的进步。因此,用户价值和增值服务是影响协同育人模式的关键因素^[14]。

3 基于 ANP 构建“政产学研用”协同育人模式评价模型

3.1 ANP 法概述

网络层次分析法 (Analytic Network Process, ANP)^[15-16]是在层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 的基础上发展出的一种针对多目标、多准则问题的分析方法,主要用来处理一些比较复

杂的决策问题。相较于 AHP 法,ANP 法的优势在于能够将各项指标之间两两进行比对并考虑其关联度,能更好的反应指标之间的关系。由于该模式元素集之间和元素集内部均存在相互作用的关系,因此考虑采用 ANP 法对其进行定量研究。该方法的研究过程中充分考虑了指标间的反馈性和相互作用,能准确反映内部元素间的依存关系并定量化评价系统内部联系,已被应用于各领域的评价研究之中^[17]。

3.2 ANP 法建模思路

3.2.1 构建 ANP 层次网络结构

ANP 模型结构由控制层和网络层组成,控制层反映实现相关目标的评判准则,网络层反映了网络化结构的评价指标^[18]。首先构造控制层,界定控制准则。然后构造网络层,结合相关文献以及调查分析确定各网络层内部的元素组及元素与元素之间的相关关系,进而建立 ANP 层次网络结构,如图 1 所示。

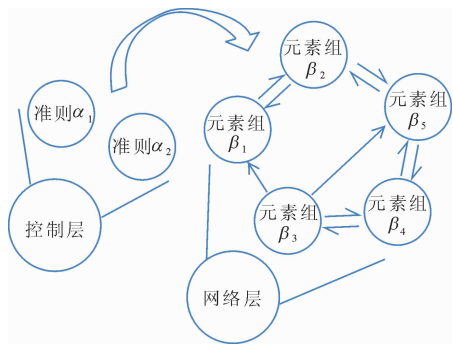


图 1 层次网络结构

3.2.2 构建超矩阵

首先确定控制层准则和网络层中的元素集。假定目标为 E , 控制层要素有 $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l$, 网络层有元素集合 $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, β_i 有元素 $\beta_{i1}, \beta_{i2}, \dots, \beta_{in}, i = 1, 2, \dots, n$ 。将控制层中的元素 β_p 作为准则, 并将 β_j 中的元素 β_{j1} 作为次准则, 各元素之间采取标度法进行两两相互比较, 由此构建判断矩阵, 从而得到归一特征向量 $(\varphi_{11}, \varphi_{12}, \dots, \varphi_{1n})^T$, 接着进行一致性检验^[19]。超矩阵 φ_{ij} 的列向量为 β_{ij} 中的元素 $\beta_{i1}, \beta_{i2}, \dots, \beta_{in}$, 若元素集 β_j 中的元素与 β_i 中的元素之间相互不影响, 则超矩阵 $W_{ij} = 0$ 。从而, 可以在准则 β_p 下得到超矩阵 φ_0 。其他控制层元素的超矩阵, 也可以用此方法计算求得:

$$\varphi = \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \cdots & \varphi_{1n} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \cdots & \varphi_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_{n1} & \varphi_{n2} & \cdots & \varphi_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3.2.3 构建加权超矩阵

在控制层准则 β_p 下,对 β_p 下的 n 个元素相对于准则进行优势度比较,从而可以得到归一化的排序列向量 $(a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{nj})$,由此可得到一个加权矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{n1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix}, a_{ij} \in [0,1] \quad (2)$$

并且:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} = 1 \quad (3)$$

假如参与比较的两个元素相互不影响,那么 a_{ij} 为0。进而可以进行下一步加权超矩阵的构造:

$$\bar{\varphi} = \bar{\varphi}_{ij} = A \times \varphi = (a_{ij} \times \bar{\varphi}_{ij}) \quad (4)$$

$(i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n)$

3.2.4 计算极限超矩阵

为表示清楚元素之间的相互依存关系,在上述工作基础上需进行超矩阵稳定处理工作。计算每个超矩阵的极限 $\lim_{k \rightarrow +\infty} (\frac{1}{n}) \sum_{k=1}^n \varphi^k$ 的相对排序向量,若存在收敛且唯一的极限,则证明评价指标的权重求解成功,权重即为超矩阵中对应行的数值。

3.3 软件选择及协同育人模型构建

Yaarp 是一款网络层次分析法辅助软件,能够有效地帮助用户进行决策分析和评估^[20]。主要适用于利用网络分析法的决策过程,为模型构造、计算和分析提供帮助。相较于其他 SD 软件,该软件更适用于处理复杂的网络模型和大量的群决策专家问卷。本文选择了 5 个一级指标、12 个二级指标,采用 Yaarp 软件对各指标进行分析。

结合前述表 2 问卷调查的结果,以此为基础构建节点判断矩阵,进而通过该软件搭建出协同育人模式影响因素单网络结构模型,结构建模如图 2 所示。

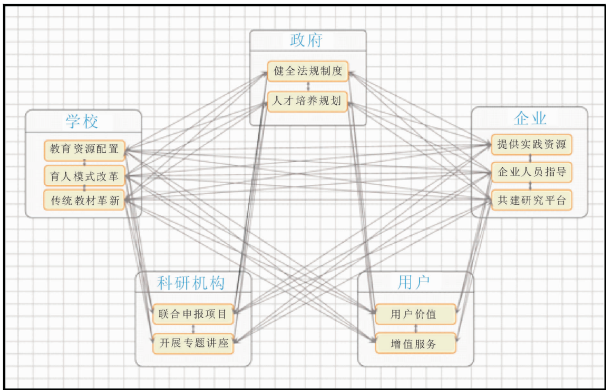


图2 Yaarp 软件下协同育人模式 ANP 模型

4 “政产学研用”协同育人模式的指标权重

4.1 判断准则

在 Yannp 软件内,基于元素之间的相关影响关系的分析,构建相应的判断矩阵,再根据相关领域专家的意见对因素间的重要程度进行标度评判。专家成员由高校老师、科研机构人员、项目高工等组成,决策准则采用常见的九分标度法,如表 3 所示。

表 3 九分标度法决策准则

倒数	j 元素与 i 元素相互比较, $a_{ji} = 1/a_{ij}$
1	i 元素与 j 元素有相同重要性
3	i 元素与 j 元素相比略重要
5	i 元素比 j 元素相比更加重要
7	i 元素与 j 元素相比非常重要
9	i 元素与 j 元素相比绝对重要
2,4,6,8	介于上述两元素标度重要程度中间状态

4.2 权重评价分析

标度值确定以后,根据软件计算得到各元素权重,如图 3 和表 4 所示。对协同育人模式的评价结果进行分析如下:

(1) 控制层指标(一级指标)的权重比例大小关系为:企业(0.06) < 用户(0.09) < 科研机构(0.10) < 学校(0.27) < 政府(0.48),五大主体对协同育人模式的影响程度逐渐增加。政府作为整个模式中统领全局、宏观调控的一环,其导向直接决定了协同育人模式的成效,对该模式的成败起着重要的作用。学校作为人才培养的主阵地,同时作为整个环节中承上启下的角色,很大程度的影响该模式培养的成效。一级指标中,政府为权重最高的影响元素,而学校为次重点。

(2) 网络层指标(二级指标)的权重比例大小关系(列举前 5 个指标)为:健全法规制度(0.255 747) > 人才培养规划(0.195 083) > 教育资源配置(0.145 220) > 用户价值(0.104 795) > 育人模式改革(0.078 265),健全法规制度和人才培养规划仍然是政府方面对该模式成效影响的主要内容,影响着政府在该模式评估中的权重。

(3) 用户价值这指标在位于网络层指标权重占比倒数第二位的情况下仍然在全球权重位于网络层指标中的第四位。现阶段下,用户更追求自身的价值体现,更加注重对地下建筑的使用体验。用户价值的体现决定了市场需求,进而反向影响该模式的

成效。如何优化用户体验,提升用户价值,扩大市场需求,将是未来深化该模式的一个方向。

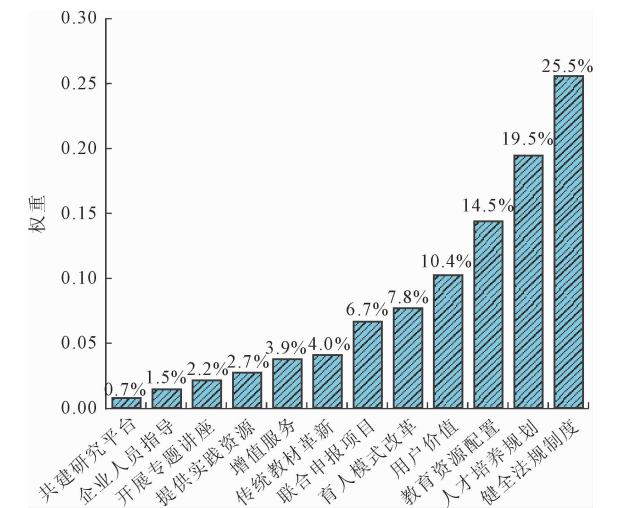


图3 网络层各元素权重排序图

表4 元素权重占比

一级指标	二级指标	部分权重	全局权重	排序	权重	总排序
政府 A ₁	健全法规制度	0.567273	0.255737	1	0.48	1
	人才培养规划	0.432727	0.195083	2		
	提供实践资源	0.549613	0.027799	9		
企业 A ₂	企业人员指导	0.306395	0.015497	11	0.06	5
	共建研究平台	0.14399	0.007283	12		
学校 A ₃	教育资源配置	0.550227	0.145220	3	0.27	2
	育人模式改革	0.296540	0.078265	5		
	传统教材革新	0.153232	0.040442	7		
科研机 构 A ₄	联合申报项目	0.750729	0.067942	6	0.10	3
	开展专题讲座	0.249271	0.022559	10		
用户 A ₅	用户价值	0.726865	0.104795	4	0.09	4
	增值服务	0.273135	0.039379	8		

5 结 论

本文以国内某区域高校、企业、科研机构、社会群众等人员为研究对象,针对城市地下空间工程专业人才培养,基于网络层次分析法从“政产学研用”5个维度、12个指标,构建“政产学研用”协同育人评价体系,在此基础上确定了各元素组的权重比例,并分析了育人模式的现状和主要存在的问题,得到以下结论:

(1) 协同育人模式 ANP 模型符合实际,通过将各影响因素定量比较,从而得出了各影响因素的权重比例,反映了各影响因素对该模式成效的影响程度。

(2) 一级指标中政府是最主要的影响因素,政府的宏观调控和引领指导是强化政产学研用深度结合的关键;二级指标中“教育资源配置”二级指标很大程度影响“学校”一级指标全局权重的占比。说明学校作为城空专业人才培养的主阵地,目前亟待解决的问题是教育资源配置的问题,如何更有效的分配教育资源是该模式下一步发展的关键着力点。

(3) 二级指标中“用户价值”在一级指标“用户”不占优的前提下,依旧位列整个影响因素的第四位,是现阶段用户更追求用户价值的体现,用户更加注重对地下建筑的使用体验。用户价值间接反映了“政产学研用”协同育人模式的成效,进一步优化用户体验和提高用户价值是推进该模式的新方向。

(4) 通过网络层次分析法分析政产学研用中各指标间的量化关系具有现实意义,一方面结合国内某高校实际数据出发,另一方面系统性的从“政产学研用”五大主体出发客观的分析了影响该模式的各元素,为深化工程教育模式响应新工科目标提高借鉴。

参考文献:

[1] 唐礼忠. 城市地下空间工程新专业的设置与建设[J]. 理工高教研究,2002(5):88-90.

[2] 赵景伟,张晓玮. 城市地下空间规划与设计人才培养的思考[J]. 高等建筑教育,2014,23(5):35-40.

[3] 蒋 冲,唐礼忠,蒋青青,等. 城市地下空间工程专业建设的思考——以中南大学为例[J]. 高等建筑教育,2013,22(6):29-32.

[4] 王亚熙. 新工科建设背景下产学研协同育人体系的构建——以粤港澳大湾区高校为例[J]. 中国高校科技,2022(5):80-85.

[5] 陈士超,徐 军,张宗宇. 新工科背景下民办高校计算机类专业产学研协同育人模式探索[J]. 计算机教育,2023(2):144-148.

[6] 张 玲,何 伟,林英撑,等. 新工科建设和政产学研用协同育人模式的探索[J]. 大学教育,2020(3):27-30.

[7] 田玉敏. “政产学研用”五位一体协同育人模式研究[J]. 中国国情国力,2016(11):68-71.

[8] 李 阳,原长弘,王 涛,等. 政产学研用协同创新如何有效提升企业竞争力? [J]. 科学学研究,2016,34(11):1744-1757.

[9] 雷明镜,张 华,武卫东等. “政产学研用”多元协同育人机制探索——以上海理工大学制冷空调产业学院(含山)为例[J]. 高等工程教育研究,2020(6):81-85.

- [10] 曹照洁. 政校企“三位一体”协同育人模式现状与建构研究[J]. 四川理工学院学报(社会科学版), 2019,34(2):73-84.
- [11] 王欢,张景峰,丁东,等.“城市地下空间规划与设计”课程教学改革探讨[J]. 教育教学论坛,2024(3):85-88.
- [12] 王寿生. 地下空间发展历程与新思维[J]. 地下空间与工程学报,2022,18(3):733-742.
- [13] 蒋晓光,李文俊.“新工科”背景下工程人才创新能力培养评价研究——基于 CIPP 模型的 7 所地方高校实证分析[J]. 中国高校科技,2022(8):5-9.
- [14] 江华,胡皓. 新工科背景下高校工程技术人才培养研究——中国矿业大学(北京)城市地下空间工程专业实例分析[J]. 中国高校科技,2023(5):90-96.
- [15] 于明政,熊世权,廖世龙,等. 基于综合方法的区域科技进步监测指标选择与 ANP 权重确定[J]. 科技管理研究,2010,30(6):62-65.
- [16] 毕然,魏津瑜. 网络分析法在区域信息化评价指标体系中的应用[J]. 情报杂志,2008,27(10):19-21.
- [17] 杨宏伟,岳勇,杨学强. 基于区间标度的群体 ANP 决策方法[J]. 计算机科学,2012,39(6):21-24,39.
- [18] 王海滨,吴魁,陈海东. 基于灰色关联分析改进的 ANP 效能评估方法[J]. 导弹与航天运载技术,2013(5):66-69.
- [19] 魏末梅,陈义华,董玉成. ANP 法在区域企业技术创新能力评价中的应用[J]. 数学的实践与认识,2007,37(17):14-20.
- [20] 尹建海. 企业管理人员人力资本投资难货币化收益评价研究——基于网络层次分析法(ANP)的评价研究[J]. 山东社会科学,2008(3):129-135.
- *****

(上接第 176 页)

- [9] 谢添荣. 中承式蝴蝶型系杆拱桥受力性能[D]. 福州:福州大学,2015.
- [10] 唐仁伟. 蝴蝶拱桥的稳定性及动力特性分析[D]. 成都:西华大学,2013.
- [11] 弭坤,许冰. 蝴蝶拱桥稳定性分析[J]. 山西建筑,2011,37(19):159-161.
- [12] 李唐. 拱肋倾角对蝶形拱桥弯曲与自振的影响分析[J]. 公路与汽运,2018(3):127-128.
- [13] 强朝平. 拱桥稳定性研究[D]. 西安:长安大学,2001.
- [14] 谷利雄. 中山市长江大桥蝴蝶拱桥空间稳定性分析[J]. 广东公路交通,2005(2):1-3,11.
- [15] 霍学晋,蒲黔辉,施洲. 多拱肋蝶形拱桥的稳定及其影响因素研究[J]. 公路交通科技,2010,27(9):73-79.
- [16] 刘爱荣,张俊平,王定文,等. 蝴蝶拱桥的有限元分析及模型试验研究[J]. 中南公路工程,2006(5):59-62,75.