

基于网络分析法的服装车间智能制造水平评价模型

刘金凤¹, 苏军强^{*2}

(1. 江南大学纺织科学与工程学院, 江苏无锡 214122; 2. 江南大学设计学院, 江苏无锡 214122)

摘要:为促进服装车间的智能制造建设, 构建服装车间智能制造水平评价模型。使用词频分析法和词义聚类, 建立模型的评价体系; 基于网络分析法和专家群决策法, 根据各评价指标之间的相互关系, 构建评价模型; 借助 Yet Another ANP 元决策软件实现模型内评价指标的赋权; 使用新构建的模型与不同类型服装企业智能制造能力成熟度评价模型进行对比验证。结果表明, 新构建的评价模型能较好地反映服装车间的智能制造水平和单项指标建设状况, 对优化服装车间建设具有一定的参考价值。

关键词: 服装车间; 智能制造水平; 网络分析法; 超矩阵; 赋权计算

中图分类号: TP 393.02; TP 31 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2025)05-0417-07

Evaluation Model for the Intelligent Manufacturing Level of Garment Workshops Based on the Network Analysis Method

LIU Jinfeng¹, SU Junqiang^{*2}

(1. College of Textile Science and Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Design, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: This study aims to develop an evaluation model for the intelligent manufacturing level of garment workshops to facilitate its construction. First, the evaluation indicator system was established using word frequency analysis and word sense clustering. Subsequently, the model was constructed by applying the analytical network process and an expert group decision-making method, considering the interrelationships among the indicators. The weights of the indicators were determined using the yet another ANP software. Finally, the proposed model was validated by comparing its results with the intelligent manufacturing capability maturity levels of various garment enterprises. The results demonstrate that the proposed model can effectively reflect the overall intelligent manufacturing level of garment workshops and the performance of individual indicators, thereby offering valuable insights for optimizing workshop construction.

Key words: garment workshop, intelligent manufacturing level, network analysis method, supermatrix, weighting calculation

近年来中国服装行业的智能制造升级进程加快, 设计、仓储物流、终端销售和服务环节^[1]都获得了较大的提升^[2-3], 而服装车间由于生产环境复杂, 对接上下各个环节, 智能制造建设的成果难以直接量化, 对于企业评估车间的智能化水平有很大难度。针对该问题, 构建服装车间智能制造水平评价模型, 将服装车间涉及智能制造建设的指标进行量

化描述, 能够帮助企业直观管控车间智能制造建设, 并根据指标评分找出不足之处, 为服装企业优化车间智能制造建设提供参考依据。

“工业 4.0 就绪度模型”^[4]“罗兰贝格模型”“制造/技术成熟度模型”^[5]等评估模型的研究应用, 极大地促进了国际工业的发展。为适应本国制造业的发展趋势, 中国电子技术标准化研究院发布

收稿日期: 2023-10-21; 修订日期: 2025-08-19。

基金项目: 中国缝制机械协会软课题项目(ZFXR20230106)。

作者简介: 刘金凤(1998—), 女, 硕士研究生。

*通信作者: 苏军强(1976—), 男, 副教授, 硕士生导师。主要研究方向为服装工程。Email: jqsu@jiangnan.edu.cn

了智能制造能力成熟度评价模型,以推动本国企业智能制造建设^[6-7]。尽管国内外针对智能制造建设都推出了相应的评价模型,但不同行业间的智能制造建设状况具有差异性,现有的评价模型在服装行业中的针对性不够,难以直接应用于服装车间的智能制造水平评价。杜劲松等^[5]基于网络分析法(analytic network process, ANP)构建了不同类型服装企业的智能化建设能力成熟度评价模型。该模型根据 3 种服装企业类型(贴牌生产、设计制造、品牌制造)的特点,考虑服装制造过程中设计、生产、物流、销售、服务 5 个环节间的影响关系,并对其评价指标进行分析提取,给相关研究提供参考。但该模型的侧重点在于服装企业全流程的智能制造能力评估,在生产环节的指标设置上不够细致全面,难以满足具有复杂工艺流程和大量劳动力服装车间的评估需求。而 ANP 充分考虑了各元素或相邻层次之间的影响,通过构建判断矩阵,利用“超矩阵”对相互作用的各个元素进行分析,得出其混合权重。该方法在构建评价体系方面有许多成功应用,如企业精益化水平评价^[8]、品牌符号评价体系^[9]等,是进行复杂决策的有效方法之一。

为了解决服装车间智能制造水平评价针对性不足的问题,文中提出基于 ANP 的服装车间智能制造水平评价模型。使用词频分析和词义聚类的方法,并结合专家讨论确定评价指标。根据 ANP 相关原理构造评价模型,为减少主观因素的影响,结合专家群决策,同时借助 Yet Another ANP 元决策软件(yaamp)实现指标权重的计算与处理,从而构建适应服装车间的智能制造水平评价模型。

1 评价指标体系

1.1 评价指标的确定

设定搜索关键词为“服装生产”+“智能制造”,检索获得 2020—2022 年间具有代表性的文献资料,包括知网、万方、维普、百度学术等数据库,部分知名企业公开的生产资料,权威行业报告(如《中国服装行业“十四五”发展指导意见和 2035 年远景目

标》《中国服装制造 2020 推进计划》和《智能制造白皮书制造业数字化转型》等)。

将上述文献资料转换为可编辑样本,使用词频分析工具对样本进行分析处理。设频数为 Z ,当 $Z \geq 20$ 时,判定为高频词汇;设 Z_i 为高频词汇组(i 代表某个高频词汇的字数, $i = 2, 3, \dots, 7$), S_{Z_i} 为该词汇组下对应的词汇数量。分析结果为 $S_{Z_2} = 89$, $S_{Z_3} = 42$, $S_{Z_4} = 110$, $S_{Z_5} = 32$, $S_{Z_6} = 8$, $S_{Z_7} = 5$ 。

对词汇组中的词语进行词义聚类,使用集合 U 将相同、相近含义或同种类别的词汇进行收录,如 $U_1 = \{ \text{机器、设备、机械、装备} \}$, $U_2 = \{ \text{人员、人工、工人、人才、员工、人数} \}$, $U_3 = \{ \text{缝纫机、模板机、自动缝制单元} \}$ 等,以该方法处理后, Z_2 共得到 19 个集合, Z_3 共得到 9 个集合, Z_4 共得到 31 个集合, Z_5 共得到 12 个集合, Z_6 共得到 10 个集合, Z_7 共得到 5 个集合。对每个集合进行语义提炼得到初步集合词汇,如 $U_1 = \text{机械}$, $U_2 = \text{工人}$, $U_3 = \text{设备}$, 将初步集合词汇重复上述集合操作,得到二次集合词汇,如 $U_1 + U_3 = T_1$ 机械设备。重复上述操作将集合词汇进行迭代,直到无法进行词义合并为止,即得到初定评价指标。

1.2 评价体系的构建

服装实现智能化生产需要 5 方面的优化建设,分别为网络化、绿色化^[10]、信息化、自动化、数字化^[11]。服装智能生产模块的影响因素包括生产计划(决策、规划、资源整合)、生产执行(生产过程和制造方式)、生产设备(智能设备应用程度)^[12-13]。在生产设备方面,需要考虑缝制前、中、后环节的设备需求特点^[14]。基于国家智能制造标准体系建设指南^[15]和服装车间生产特点,将初定评价指标划分为 3 个层级, P, Q, R 分别为第一、二、三层级, R 为 Q 的特点要素, Q 为 P 的特点要素。与专家讨论后,将层级内的初定评价指标进行归类,剔除冗余要素并简化描述,最后得到 3 个层级、5 个一级评价指标、10 个二级评价指标、22 个三级评价指标、62 个实际评估点,建立整体的评价指标体系,具体见表 1。

表 1 服装车间智能制造水平的评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system for the intelligent manufacturing level of garment workshops

一级指标	二级指标	三级指标	实际评估点
标准规范水平 P_1	规范度 Q_1	管理规范化 R_1	国家 / 地方 / 行业标准 R_{11} 计划制定与变动 R_{12} 过程组织与管理 R_{13}
		操作规范化 R_2	专门负责人 R_{21}
			操作监控与修正 R_{22} 生产异常情况 R_{23}

续表

一级指标	二级指标	三级指标	实际评估点
自动生产水平 P_2	标准度 Q_2	技术文件标准化 R_3	技术文件明确 R_{31}
			技术文件全面 R_{32}
	作业标准化 R_4	技术文件具体 R_{33}	
		操作按照标准 R_{41}	
	人工干预度 Q_3	工人规模 R_5	具体的操作标准 R_{42}
			返工率 R_{43}
	机械使用度 Q_4	工人劳作强度 R_6	工人总数 R_{51}
			各环节工人数 R_{52}
网络建设水平 P_3	网络建设能力 Q_5	联网规模 R_9	单项作业工人数 R_{53}
			工人作业内容 R_{61}
信息获取能力 Q_6	信息获取能力 Q_6	获取方式 R_{11}	工人作业体位 R_{62}
			工人职业病率 R_{63}
数字建设水平 P_4	数据转化能力 Q_7	转化效率 R_{15}	机械装备比重 R_{71}
			设备规划与布置 R_{72}
绿色化水平 P_5	安全度 Q_9	隐患值 R_{19}	设备利用率 R_{73}
			设备间的协调互通 R_{81}
闭环应用能力 Q_8	闭环应用能力 Q_8	操作应用 R_{18}	非人工作业完成度 R_{82}
			设备运作问题率 R_{83}
交互程度 R_{10}	获取广度 R_{12}	精确度 R_{13}	网络覆盖率 R_{91}
			人、机联网率 R_{92}
转化程度 R_{16}	技术集成 R_{17}	技术集成 R_{17}	人、机信息交流 R_{101}
			跨工序信息交流 R_{102}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	跨环节信息交流 R_{103}
			无纸化记录 R_{111}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	信息自动收集 R_{112}
			信息收集覆盖面 R_{121}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	裁剪、缝制、熨烫信息收集 R_{131}
			信息库 R_{141}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	可编辑数据 R_{142}
			数据重构成 R_{143}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	实时转化与计算 R_{151}
			决策输出时间 R_{152}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	生产调度时间 R_{153}
			工艺数据库 R_{161}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	资源管理系统 R_{162}
			实时监控与计算 R_{163}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	数据采集技术 R_{171}
			接口与集成 R_{172}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	数字身份 R_{181}
			全流程追踪 R_{182}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	算法模型 R_{183}
			安全隐患值 R_{191}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	事故发生率 R_{192}
			异常情况损失值 R_{193}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	安全知识方案库 R_{201}
			异常情况警报 R_{202}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	现场安全性分析 R_{203}
			识别不安全行为 R_{204}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	设备环保性能值 R_{211}
			废弃物 / 污染产出值 R_{212}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	废弃物 / 污染处理率 R_{213}
			能源消耗率 R_{221}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	能源循环利用率 R_{222}
			节能模型 R_{223}
数据重构成 R_{143}	操作应用 R_{18}	操作应用 R_{18}	能源预测与平衡 R_{224}
			资源利用率 R_{22}

2 服装车间智能制造水平评价模型

2.1 ANP 模型结构

ANP 模型结构有两大部分:第 1 部分为控制

层,包括目标及控制准则,所有控制准则是彼此独立的,并且只受目标支配。控制层中可以没有控制准则,但至少有一个目标,控制准则的权重可由 AHP 获得。第 2 部分为网络层,内部是相互影响的

网络结构,由受控制准则支配的所有元素组成。元素之间互相依存、互相支配,元素和层次间不独立,

具有影响关系^[16]。控制层和网络层组成典型的 ANP 模型结构如图 1 所示。

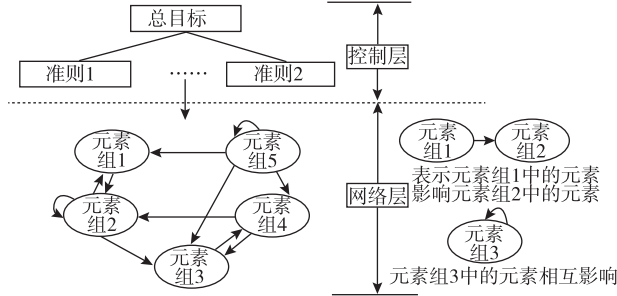


图 1 典型的 ANP 模型结构

Fig. 1 Typical ANP model structure

根据 ANP 相关原理,将服装车间智能制造水平 F 作为目标层, P 作为准则层, Q 与 R 及其相互依

存、影响的关系共同组成网络层^[16],构建评价模型,具体如图 2 所示。

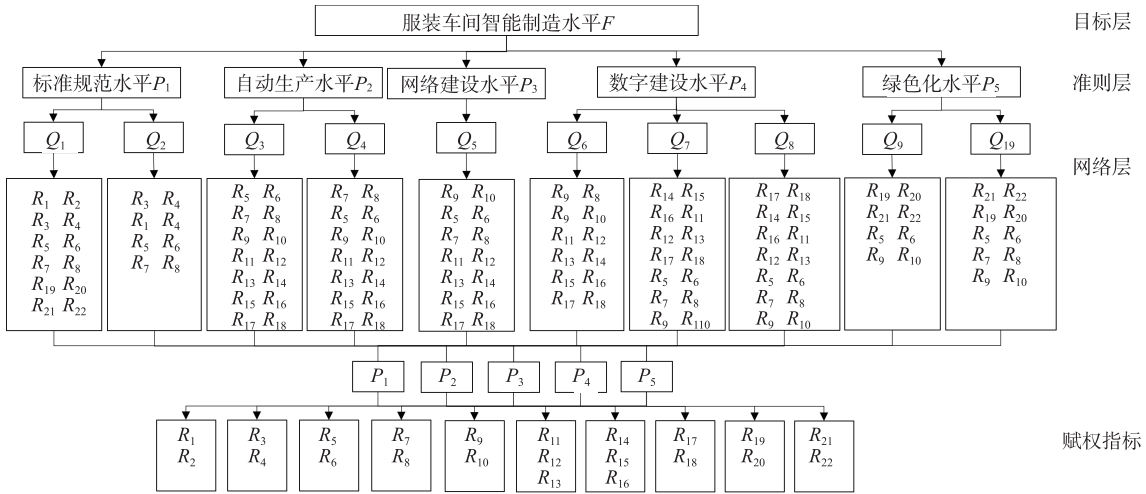


图 2 服装车间智能制造水平评价模型框架

Fig. 2 Framework for the intelligent manufacturing level evaluation model of a garment workshop

2.2 专家群决策数据获取

为提高模型的客观准确性,采用专家群决策方法收集判断矩阵的原始数据并进行处理。利用 yaanp 软件构建完全网络层次模型,根据网络层内各元素的相互影响与依存关系进行问卷设计,并通过软件中的“问卷星问卷”功能导出问卷进行发放与收集。考虑到计算的可实现性和准确性,决策群体由 5 位专家组成,选取国际常用的、具有较好一致性的 1~9 标度^[16]来表达指标间的重要程度,并使用 excel 软件记录与存储数据。

2.3 模型评价指标赋权计算过程

设服装车间智能制造水平评价模型的目标层元素为 F ;控制层有控制准则 P_1, P_2, \dots, P_N ,网络层有元素组 $Q_h, h = 1, 2, \dots, N$,元素组 Q_h 下有 n_h 个元素 $R_{h1}, R_{h2}, \dots, R_{hn}$ 。指标赋权计算过程如下:

1) 判断矩阵的构建。将各元素组内对 R_{hk} 存在影响关系的元素进行重要程度的比较,得到两两比

较判断矩阵。

2) 一致性检验。对判断矩阵内的要素进行一致性检验,通过计算一致性比例 C_R 来判断。一致性比例 C_R 计算公式^[16]为

$$C_R = C_I / R_I = (\lambda_{\max} - m) / (m - 1) \times R_I \quad (1)$$

式中: C_R 为一致性比例; C_I 为一致性指标; R_I 为随机一致性指标(下文计算具体数值的选取参照文献[16]); λ_{\max} 为判断矩阵的最大特征值; m 为判断矩阵的阶数。

通过式(1)计算得到判断矩阵的一致性比例 C_R ,当 $C_R > 0.1$ 时,一致性检验不通过,需要对不一致的要素进行修正,使 $C_R < 0.1$,使得计算结果获得更好的准确性。

3) 未加权超矩阵构建。将两两比较获得的排序向量作为超矩阵的一部分,组成超矩阵 W ,超矩阵由多个子矩阵 W_{ij} 构成,子矩阵 W_{ij} 表示第 i 层上所有元素对第 j 层的影响作用。

$$W = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \cdots & W_{NN} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i1}^{(j1)} & W_{i1}^{(j2)} & \cdots & W_{i1}^{(jn_j)} \\ W_{i2}^{(j1)} & W_{i2}^{(j2)} & \cdots & W_{i2}^{(jn_j)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{in_i}^{(j1)} & W_{in_i}^{(j2)} & \cdots & W_{in_i}^{(jn_j)} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

4)超矩阵加权计算。未加权的超矩阵不具有归一化特征,不能反映对其他准则的影响,需要加入层次间的反馈作用。将每一层次作为一个元素与某一层次进行两两比较,计算权重并排序,得到权重矩阵 a_{ij} ,将权重矩阵 a_{ij} 与未加权超矩阵 W 相乘使 $\bar{W} = a_{ij} \times W_{ij}$,得到加权超矩阵 \bar{W} 。

5)极限矩阵计算。由于指标间存在相互影响与依存的关系,赋权后的超矩阵并不能准确反映指标的权重,需要对加权超矩阵作极限处理,使加权超矩阵多次相乘后,收敛至固定值。加权超矩阵的极限处理公式为

$$\bar{W} = \lim_{k \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{N} \right) \sum_{k=1}^N W^k. \quad (4)$$

表 2 各评价指标权重

Tab. 2 Weights of individual evaluation indicators

R	w_i	R_j	w_{ij}	R	w_i	R_j	w_{ij}	R	w_i	R_j	w_{ij}
R_1	0.026 669	R_{11}	0.163 4	R_8	0.126 152	R_{81}	0.163 4	R_{16}	0.012 286	R_{163}	0.725 8
		R_{12}	0.297 0			R_{82}	0.539 6			R_{17}	0.172 060
		R_{13}	0.539 6			R_{83}	0.297 0	R_{172}	0.833 3		
R_2	0.016 552	R_{21}	0.209 8	R_9	0.089 387	R_{91}	0.250 0	R_{18}	0.030 791	R_{81}	0.092 5
		R_{22}	0.549 9			R_{92}	0.750 0			R_{182}	0.292 2
		R_{23}	0.240 3	R_{101}	0.195 8	R_{183}	0.615 3				
R_3	0.017 478	R_{31}	0.493 4	R_{10}	0.189 525	R_{102}	0.310 8	R_{19}	0.011 898	R_{191}	0.209 8
		R_{32}	0.310 8			R_{103}	0.493 4			R_{192}	0.240 2
		R_{33}	0.195 8			R_{11}	0.029 190			R_{111}	0.250 0
R_4	0.011 146	R_{41}	0.163 4	R_{112}	0.750 0			R_{20}	0.007 886	R_{201}	0.109 8
		R_{42}	0.297 0	R_{12}	0.022 817	R_{121}	1.000 0			R_{202}	0.243 2
		R_{43}	0.539 6			R_{13}	0.026 646			R_{131}	0.200 0
R_5	0.034 286	R_{51}	0.122 0	R_{132}	0.800 0					R_{204}	0.351 4
		R_{52}	0.229 7	R_{14}	0.010 223	R_{141}	0.111 1	R_{21}	0.011 938	R_{211}	0.195 8
		R_{53}	0.648 3			R_{142}	0.222 2			R_{212}	0.310 8
R_{61}	0.493 4	R_{143}	0.666 7			R_{213}	0.493 4				
R_6	0.042 776	R_{62}	0.310 8	R_{15}	0.011 054	R_{151}	0.106 1	R_{22}	0.015 817	R_{221}	0.191 8
		R_{63}	0.195 8			R_{152}	0.192 9			R_{222}	0.226 9
		R_7	0.083 426			R_{71}	0.268 4			R_{153}	0.701 0
R_{72}	0.117 2			R_{16}	0.012 286	R_{161}	0.102 0			R_{224}	0.302 2
R_{73}	0.614 4	R_{162}	0.172 1								

式中: \bar{W} 为加权超矩阵; N 为有 N 个变量, $N = 1, 2, 3, \dots, N - 1, N$; W^k 为 k 个未加权超矩阵。

2.4 模型评价指标赋权计算结果

由于 ANP 模型的计算复杂,为提高运算效率与精确度,使用 yaanp 软件进行运算处理。将通过问卷星得到的群决策数据以数据表格的形式导入 yaanp 软件,构建两两判断矩阵。对所有判断矩阵进行一致性检验,计算过程中发现一处判断矩阵的 C_R 值为 0.146,超过 0.1,该判断矩阵不一致。通过降低判断矩阵的阶数、增加判断矩阵数量的方法获得了低于 0.1 的 C_R 值,一致性检验通过。

为提高模型的客观性,需要对群决策数据进行处理,其处理方法为计算结果(判断矩阵的排序权重)加权算术平均。首先对每个专家的判断矩阵进行计算,得到判断矩阵的排序权重,然后再利用算术平均方法将 5 位专家的排序权重进行数据集结,得到集结后的判断矩阵和排序权重。将未加权超矩阵进行加权计算,经过多次相乘运算,最终得到极限超矩阵。

执行软件中的“计算结果”命令,得到评价指标的权重集成,包括归一化权重以及全局权重。评价模型的 62 个实际评估点记为 $R_{ij}(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 。 R_{ij} 的权重通过 AHP 层次分析法得到, R 为指标, w_i 代表指标的权重值, w_{ij} 为实际评估点比重,具体见表 2。

由表 2 可知,服装车间智能制造水平评价模型中高权重的指标有 R_8 机械设备工作强度、 R_{10} 交互程度、 R_{17} 技术集成, 权重值分别为 0. 126 252、0. 189 525、0. 172 060; 较高权重值的指标有 R_7 机械设备规模、 R_9 联网规模、 R_5 工人规模、 R_6 工人劳作强度, 权重值分别为 0. 083 426、0. 089 387、0. 034 286、0. 042 776。

3 模型实证

将表 1 制成纸质评分表, 以 10 分制为评分标准, 测评依据参考服装智能制造评分标准^[5], 最低分为 0 分, 即该车间还未开始实现某项指标所描述的建设; 最高分为 10 分, 即该车间已经达到某项指标所描述的目前能实现的最先进建设; 分越高, 表明该项建设水平越高。分别选取位于江苏无锡的 HUA 车间、张家港的 FEG 车间和常熟的 BOS 车间进行评估, 对车间所属的公司信息进行匿名, 以减少对模型评分结果的干扰。

研究团队前往 3 家车间进行实地考察与参观, 并与车间管理者进行交流讨论, 以确保充分了解各指标含义, 通过视频、图片、文字和语音等方式记录相关资料, 使用纸质评分表为其所在车间进行打分。指标得分如图 3 所示。由图 3 可知, HUA 车间的 R_{20} 防治率和 R_{22} 资源利用率指标得分低于其他指标, 说明该车间在安全模型构建和能源动态预测平衡上的智能化水平低于其他指标; BOS 车间的 R_{15} 转化效率和 R_{18} 操作应用得分低于其他指标, 说明该车间在生产数据的实时转化计算和作业算法模型自学习上存在短板; FEG 的评估指标得分普遍低于前两个车间, 其中 R_{10} 交互程度和 R_{14} 转化率指标得分最低, 可以看出该车间在作业数据的传达、共享和交互以及作业数据的处理上存在明显不足。综合来看, HUA 车间的整体智能制造水平优于 BOS 车间和 FEG 车间, 且各评价指标间得分差异显著小于 FEG 车间, 3 家车间在管理规范化和生产信息的获取广度上得分差异较小, 说明 3 家车间都较为重视

规章制度的建设和关键生产工序(裁剪、缝制、熨烫、后整理等)信息的收集。

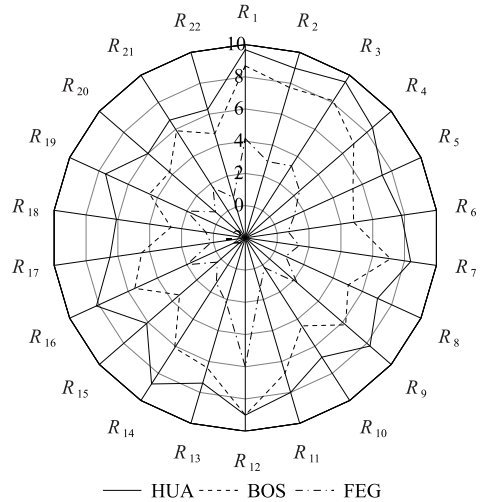


图 3 服装车间指标评分结果对比

Fig. 3 Comparison of scores for all evaluation indicators

根据得到的 R_{ij} 分数, 计算每项三级指标的评分, 之后再行加权计算, 对加权评分进行求和, 得到总的服装车间智能制造水平评分, 计算公式为

$$S = \sum_{i=1, j=1}^n W_i \sum_{i=1, j=1}^n w_{ij} b_{ij} \quad (5)$$

式中: S 为总评分; W_i 为三级指标权重; w_{ij} 为实际评估点比重; b_{ij} 为实际评估点分数。

采用杜劲松^[5] 不同类型服装企业智能制造能力成熟度评价模型和上述构建的服装车间智能制造水平评价模型分别对 3 家车间进行评价分级, 具体见表 3。结果显示新模型的评估结果在得分上均显著低于前者, 所判定的智能制造等级也有所不同, 反映了服装车间的智能制造水平低于设计、物流、销售和服务 4 个环节。尽管 FEG 与 HUA 车间所属企业都为贴牌加工型企业, 但两者的模型得分存在显著差距, 说明服装车间智能制造建设水平的细分性较强, 全流程性评估模型无法准确判定服装车间的智能制造水平。

表 3 不同模型评估结果对比

Tab. 3 Comparison of evaluation results of different models

车间	不同类型服装企业智能制造能力成熟度评价模型		服装车间智能制造水平评价模型	
	模型得分	智能制造等级	模型得分	智能制造等级
HUA	9.04	领先级(第 5 级)	7.38	优化级(第 4 级)
FEG	4.91	集成级(第 3 级)	2.67	规范级(第 2 级)
BOS	6.84	优化级(第 4 级)	5.44	集成级(第 3 级)

4 结 语

文中在分析提取服装车间生产特点和智能制造建设维度的基础上,构建了具有3个层级、多项实际评估点且适用于服装车间智能制造水平的评价模型。利用网络分析法和专家群决策法,客观反映服装车间智能制造建设中各指标间的相互关系。结合实证结果和指标权重,可以看到服装车间智能制造水平的主要评价指标为机械设备工作强度、交互程度和技术集成,重要评价指标为机械设备规模、联网规模、工人规模、工人劳作强度。因此,服装企业在智能车间建设中需要更多关注技术、网络、设备与人之间的高效高质交互以及裁剪、缝制、熨烫、后整理等工序生产数据的转化。此外,模型的评估结果可以直观反映车间建设的现状与单项评估指标建设水平,帮助企业准确高效定位车间建设存在的不足之处,并根据企业自身的发展规划,有针对性地完善服装车间智能制造建设。

参考文献:

- [1] 沈海娜,季晓芬,邵一兵. 基于文献计量的国内服装产业智能制造研究现状[J]. 服装学报, 2019, 4(6): 490-497.
SHEN Haina, JI Xiaofen, SHAO Yibing. Research actuality of intelligent manufacturing in the apparel industry based on bibliometric[J]. Journal of Clothing Research, 2019, 4(6): 490-497. (in Chinese)
- [2] 许菱,张红,李彦辰,等. 纺织服装产业高端化升级路径研究——基于TOE框架的fsQCA分析[J]. 丝绸, 2023, 60(6): 65-73.
XU Ling, ZHANG Hong, LI Yanchen, et al. Study on the high-end upgrading path of the textile and apparel industries: analysis of fsQCA based on the TOE framework[J]. Journal of Silk, 2023, 60(6): 65-73. (in Chinese)
- [3] 张志斌,毕艳军,李雪霞. 服装企业智能制造创新体系构建研究[J]. 针织工业, 2019(12): 77-80.
ZHANG Zhibin, BI Yanjun, LI Xuexia. Construction of intelligent manufacturing innovation system in garment enterprises[J]. Knitting Industries, 2019(12): 77-80. (in Chinese)
- [4] 高亮,吉敏,杨敬辉. 中小企业智能制造能力成熟度模型[J]. 科技管理研究, 2022, 42(6): 36-42.
GAO Liang, JI Min, YANG Jinghui. Intelligent manufacturing capability maturity model of small and medium-sized enterprises[J]. Science and Technology Management Research, 2022, 42(6): 36-42. (in Chinese)
- [5] 杜劲松,余雅芸,赵妮,等. 不同类型服装企业智能制造能力成熟度评价模型[J]. 纺织学报, 2021, 42(5): 162-167.
DU Jinsong, YU Yayun, ZHAO Ni, et al. Evaluation modelling for maturity in intelligent manufacturing for multi-type clothing factories[J]. Journal of Textile Research, 2021, 42(5): 162-167. (in Chinese)
- [6] 何慧霞,魏桂英,武森,等. 智能制造评价理论研究现状及未来展望[J]. 中国工程科学, 2022, 24(2): 56-63.
HE Huixia, WEI Guiying, WU Sen, et al. Research status and future prospects of intelligent manufacturing evaluation theory[J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(2): 56-63. (in Chinese)
- [7] 卢阳光,闵庆飞,刘锋. 中国智能制造研究现状的可视化分类综述——基于CNKI(2005—2018)的科学计量分析[J]. 工业工程与管理, 2019, 24(4): 14-22, 39.
LU Yangguang, MIN Qingfei, LIU Feng. Classified and visualization review of the current research about intelligent manufacturing in China: scientific measurement analysis based on the CNKI database(2005—2018)[J]. Industrial Engineering and Management, 2019, 24(4): 14-22, 39. (in Chinese)
- [8] 裴小兵,贾林林. 基于ANP-Fuzzy-TOPSIS的企业精益化水平评价研究[J]. 商业研究, 2017(1): 118-125.
PEI Xiaobing, JIA Linlin. Research on lean level evaluation of enterprise based on ANP-fuzzy-TOPSIS[J]. Commercial Research, 2017(1): 118-125. (in Chinese)
- [9] 张媛丽,陈李红. 基于网络层次分析法的服装品牌符号评价体系[J]. 丝绸, 2023, 60(1): 70-77.
ZHANG Yuanli, CHEN Lihong. Fashion brand symbol evaluation system based on analytic network process[J]. Journal of Silk, 2023, 60(1): 70-77. (in Chinese)
- [10] 陈雁. 服装设计与工程学科发展趋势与关键议题[J]. 纺织学报, 2019, 40(1): 182-188.
CHEN Yan. Trends and key subjects of apparel design and engineering[J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(1): 182-188. (in Chinese)
- [11] 舒伟. 纺织智能制造任重道远——第11期纺织科技新见解学术沙龙后记[J]. 纺织学报, 2017, 38(10): 184-186.
SHU Wei. Intelligent textile manufacturing has a long way to go—postscript of the 11th academic salon on new ideas of textile science and technology[J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(10): 184-186. (in Chinese)
- [12] 杨向宇,杜劲松,凌军. 服装智能制造能力成熟度的影响因素[J]. 纺织高校基础科学学报, 2019, 32(4): 378-384.
YANG Xiangyu, DU Jinsong, LING Jun. The influencing factors of garment intelligent manufacturing capability maturity[J]. Basic Sciences Journal of Textile Universities, 2019, 32(4): 378-384. (in Chinese)
- [13] 王若明,魏明. 基于层次分析法的服装产业智能制造影响因素[J]. 服装学报, 2019, 4(1): 28-32, 72.
WANG Ruoming, WEI Ming. Research on influential factors of intelligent manufacturing in garment industry based on AHP[J]. Journal of Clothing Research, 2019, 4(1): 28-32, 72. (in Chinese)
- [14] 闻力生. 服装企业智能制造的实践[J]. 纺织高校基础科学学报, 2017, 30(4): 468-474.
WEN Lisheng. Practice of intelligence manufacturing in apparel enterprises[J]. Basic Sciences Journal of Textile Universities, 2017, 30(4): 468-474. (in Chinese)
- [15] 辛国斌,田世宏,尤政. 国家智能制造标准体系建设指南(2021版)[EB/OL]. (2021-10-09) [2023-10-10] <https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/09/5659548/files/e0a926f4bc584e1d801f1f24ea0d624e>.
- [16] T. L. 萨迪. 网络层次分析法原理及其应用于基于利益、机会、成本及风险的决策方法[M]. 鞠彦兵,刘建昌,译. 北京:北京理工大学出版社, 2015. (责任编辑:张雪)