

基于决策树算法的裤子生产模块工时回归预测

林佳红¹, 方丽英^{*2}

(1. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江理工大学 国际教育学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:服装标准工时是企业生产编排、预估生产周期、考核员工绩效的依据。当前服装款式复杂多变,使用传统定额方法需耗费大量的时间成本,阻碍了企业的生产排程与调度。以裤子品类为例,提出基于决策树回归的模块工时预测方法,根据企业所生产的款式特点进行模块划分,生成模块编码与模块工时,并建立裤子模块工时数据库。同时,在机器学习库的决策树回归模型中输入服装特征编码,可预测出各模块工时,为企业模块化单元的集成应用构建工时基础。结果表明,模型各模块工时的平均预测准确率达90.00%,总工时的预测准确率达94.96%,可为服装企业工时定额提供一种高效可行的方案。

关键词: 模块工时; 模块化; 决策树; 回归预测; 裤子

中图分类号: TS 941.63; TS 941.714.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2025)02-0116-07

Regression Prediction of Man-Hour for the Trousers Production Module Based on Decision Tree Algorithm

LIN Jiahong¹, FANG Liying^{*2}

(1. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. School of International Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: Garment standard man-hour serves as the foundation for enterprise production scheduling, estimating production cycles, and evaluating employee performance. The increasing complexity and diversity of garment styles necessitate the adoption of efficient methods to avoid the high time costs associated with traditional quota-based approaches, thereby improving production planning and scheduling in enterprises. By focusing on trousers as a case study, this research introduces a module man-hour forecasting methodology leveraging decision tree regression. Based on the style characteristics of garments manufactured by enterprises, modules are defined, producing module codes and corresponding man-hours, and assembling a database for trouser module man-hours. Furthermore, inputting garment feature codes into the decision tree regression model within a machine learning library enables the prediction of individual module man-hours, providing a basis for integrating modular units within enterprises. The results demonstrate that the model achieves an average prediction accuracy of 90.00% for individual module man-hours and a total man-hour prediction accuracy of 94.96%, offering garment enterprises an efficient and practical solution for man-hour quota determination.

Key words: modular man-hour, modularization, decision tree, regression prediction, trousers

在数字经济时代下,数字化创新已成为企业提质增效和培育新动能的重要引擎^[1],服装企业数字

化转型势不可挡,但面对屡见不鲜的“短小快”订单,企业亟须打通传统壁垒,增强全链路的反应速

收稿日期:2023-08-13; 修订日期:2024-12-25。

作者简介:林佳红(1999—),女,硕士研究生。

* 通信作者:方丽英(1969—),女,副教授,硕士生导师。主要研究方向为服装生产管理和流程优化。

Email:13735819288@139.com

度^[2]。如何在数字化大变局中量化生产标准,并“量企定制”标准工时的数据资产,是服装企业在数字化浪潮中不断探索的方向。

服装标准工时定额为企业生产提供了科学的度量管理方法,同时配合生产管理系统,可以助力服装产业的转型与升级。运用统计分析、数学模型、计算机辅助等方法有助于企业沉淀工时数据。通过模糊推理技术计算工序的相似性^[3]并建立工时预测模型^[4],可预测对应工时。综合利用高斯回归、支持向量机^[5]和自适应模糊神经网络^[6]方法优化预测模型,可提高工时定额的准确率和效率。

随着产业结构的调整和标准化落地,企业利用模块化方法进行设计与生产,可实现资源的合理配置。目前,模块化的方法主要应用在服装产品定制和生产方面。周海媚等^[7]结合二元决策变量和数学模型,得到模块的连接关系及约束条件。模块化设计方法还可应用于产品族的评价体系^[8]和蒙古族服装的线上定制^[9]。此外,还有学者通过提出两个随机优化问题^[10]和一种基于交替最小二乘法选择最佳模块化装配模型的方法^[11],表明模块化所具备的优势。综上,在企业产品研发和制造阶段,运用“模块化”优势不仅能满足消费者个性化需求,还能提高生产灵活性。

标准化下的模块设计与生产为企业制造提供了简明的管理思路,学者将含有重复动作的工序视为一个模块^[12],并结合作业属性^[13],提出模块化标准工时的分析方法。但模块化工时方法现多用于汽车、物流等行业,在服装行业中鲜少使用。文中将模块编码与模块工时相结合,形成基于企业标准数据库的模块工时,满足各品类多样化生产的同时,降低成衣生产过程中的管理成本。

1 模块化设计与模块工时预测流程

1.1 模块化设计特点与划分原则

以数字化、网络化、智能化为核心的新科技革命正在推动数字技术与产业全要素、全链路的融合发展。面对复杂易变的消费市场,模块化可有效解决用户需求与企业智能制造的映射问题^[14]。

服装模块化划分依据产品的功能或性能,通过各级模块之间的自由匹配组合,形成海量的变款产品,在满足市场多样化需求的同时,为设计师提供丰富的灵感素材。结合企业实际生产情况进行个性化的模块划分,充实数据库和模块库,形成企业的数据库资产,有利于企业在应对复杂多样的需求时快速决策。在模块化设计中,设计师从模块库中自主

选取要素模块,通过搭配与快速组合,形成一款全新的产品,具体如图1所示。

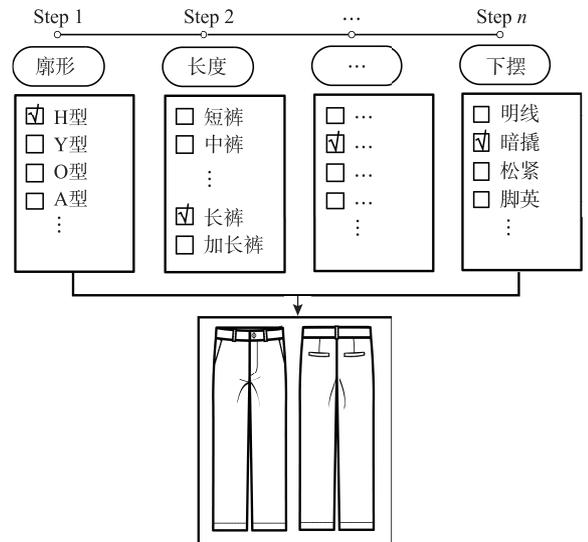


图1 模块化设计

Fig.1 Modular design

模块化设计将产品划分为功能独立又通用的模块,可提高设计的效率和灵活性,降低设计和生产成本,便于后期的模块调整与完善。模块划分应符合以下原则:① 独立性。模块各自独立,能够应用在同品类或多品类中,可被单独替换且不影响整体构成。② 均衡性。模块划分需归纳出组成该品类的大部分模块;根据实际情况,进行恰当的模块层级和数量划分,既能完整地组成一件产品,又能保证模块的快速组合,平衡复杂度与效率。③ 实用性。模块划分需结合实际工艺和成衣生产,满足设计、制版、生产等实际需求。

1.2 裤子模块化设计与编码

服装模块化设计的主要目的是实现服装模块分解和选取组合,构成标准化模块与通用化数据库。针对裤子品类,划分出基础和装饰两大类模块为一级模块。基础模块又称固定模块,其中廓形是服装造型的根本,长度是视觉区分裤子的关键,门襟和腰部造型对分辨裤子风格具有重要作用。因此,在基础模块中划分廓形、裤长、门襟和腰型4个二级模块。装饰模块又称可变模块,其中面料是服装的物质基础和骨架,前后袋是裤子的功能部件,腰祥和脚口使得服装视觉效果更加完整,剖片的变化既是设计特色,又可引起生产工序的变化。因此,在装饰模块中划分面料、前袋、后袋、腰祥和脚口和剖片6个二级模块。

对二级模块继续细化,得到细分模块,并对每一层级模块进行编码,具体见表1。表1共划分出2

个一级模块,10 个二级模块,44 个细分模块。通过数字与字母的结合,实现对裤子的模块编码,例如基础模块中的裤长模块下的长裤,用编码 B₅ 表示。按

照表 1 的模块划分与编码,可将各级细分模块组合得到裤子模块组合编码,形成裤子品类数据库中的基础信息,也是模块工时预测模型的特征编码。

表 1 裤子模块划分与编码

Tab.1 Trousers modular division and code

一级模块	二级模块	细分模块					
		1	2	3	4	5	6
基础模块	廓形(A)	H 型	Y 型	O 型	A 型	X 型	
	裤长(B)	短	中分	七分	九分	长	
	门襟(C)	隐形拉链	拉链叠门襟	纽扣叠门襟			
	腰型(D)	松紧腰	普通腰	异型腰	组合腰	装饰腰	
装饰模块	面料(M)	梭织	针织				
	前袋(K _a)	横插袋	直插袋	斜插袋	规则贴袋	异型贴袋	立体贴袋
	后袋(K _b)	规则贴袋	异型贴袋	立体贴袋	单嵌线袋	双嵌线袋	
	腰袷(Y)	普通腰袷	异型腰袷	装饰腰袷			
	脚口(J)	明线	暗撬	松紧	脚英	开衩	脚口贴
	剖片(P)	4 片式	6 片式	8 片式	多片式		

1.3 裤子模块工时预测流程

裤子模块工时的预测流程如图 2 所示。

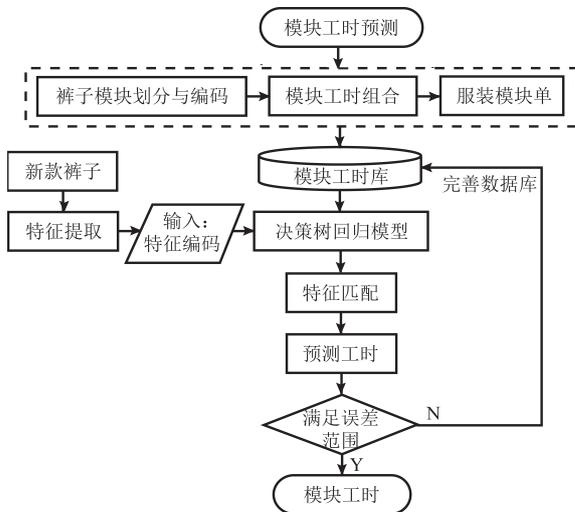


图 2 裤子模块工时预测流程

Fig.2 Trousers modular man-hour prediction process

具体步骤如下:

1) 模块划分与编码。结合裤子特征,按设计特点和原则将划分后的一级模块和二级模块进行层级编码,组合得到对应的模块编码。

2) 建立模块工时数据库。在步骤 1 的基础上得到模块工时,以此为样本建立模块工时数据库(其中模块编码即为特征编码,各模块工时即为数据库中的子集),最后汇总形成服装模块单。

3) 构建并验证决策树回归模型。以模块工时数据库为样本,建立基于决策树的回归预测模型。在

新样本中提取特征编码并输入模型,决策树根据树形结构层级匹配特征编码,得到预测工时。结合企业实际工时定额标准,设定误差范围。若在范围内,则输出预测工时;若不满足范围,则根据实际的模块工时导入数据库,进一步完善数据并修正模型,直至符合要求。

2 裤子模块工时数据库建立

以杭州某集设计、生产为一体的时尚女装产业公司的裤子为研究对象,收集该公司近三年生产的裤子作为样本集,共 312 款裤子,剔除异常款与数据缺失款,有效样本为 287 款,以此形成预测模型的基础数据库。

2.1 裤子模块工时划分

模块工时是通过将服装工艺进行模块化分解与组合,计算得到的生产工时。一条基础款裤子,其工序有 70 余道,若对每道工序制定相应的工时,是一个繁复的过程。基于上述问题,文中将对对应模块下的工序进行整合,以得到模块工时。通过对模块工时的预测,能有效减少工作时间,提高工时准确率,同时为后续生产编排提供指导意见。

通过对样本集的模块编码,统计裤子编码中出现频次最高的组合编码,分析企业实际生产情况,可知最高频编码为基础款裤子。以基础款为例,进行模块工时的划分,基础款裤子的模块组合编码

为 $A_1B_5C_3D_2M_1K_{a3}K_{b4}Y_1J_1P_1$ 。

裤子在生产过程中包含的工序,可划分为部件工序和组装工序两大模块,对应得到部件工时和组装工时。服装部件在服装整体造型设计中变化多样,部件的生产既受到整体服装的制约,又兼具自己的原则和特色。将门里襟、前袋、后袋、腰部、腰祥、脚口工时视为部件模块工时。裤片在未组装之前,有划样、收省等相关工序,因此,把组装前的裤片视为一个脱离整体的部件。部件模块的详细工时见表 2。

表 2 部件模块工时组合时间

Tab.2 Component module man-hour assembly time

部件模块	机器类型	时间 /s	模块工时 /min
门里襟 工时	电脑平车	17.99	1.130
	三线拷边车	9.60	
	小烫	19.78	
	手工	2.99	
	刀车	17.41	
前袋工时	电脑平车	262.23	6.658
	三线拷边车	29.39	
	小烫	43.81	
后袋工时	带线刀车	64.03	10.216
	电脑平车	487.59	
	小烫	38.42	
腰部工时	带线刀车	86.98	7.577
	电脑平车	195.50	
	小烫	127.77	
	带线刀车	56.40	
	刀车	35.97	
	普通平车	38.99	
腰祥工时	手工	24.60	0.850
	电脑平车	9.60	
	刀车	10.18	
	双针平车	16.80	
脚口工时	手工	14.39	1.600
	电脑平车	73.20	
裤片工时	小烫	22.81	3.809
	电脑平车	130.79	
	手工	43.17	
	手工	54.60	

服装是部件组合式结构产品,组装工时是流水线生产的最后阶段,裤子的组装工时可分为门里襟组装、裤片组装和腰部组装,详细工时见表 3。在成衣生产过程中,存在前置与后道工序,例如分料、翻衫、洗点位笔等,故用“其他工时”模块来囊括相关工序。通过各模块工时,可计算得到总工时,总工时 = 部件工时 + 组装工时 + 其他工时。

表 3 组装模块工时和其他工时组合时间

Tab.3 Module assembly man-hour and combination time of other man-hours

组装模块	机器类型	时间 /s	模块工时 /min
门里襟 组装工时	电脑平车	150.58	2.790
	小烫	16.80	
裤身组装 工时	电脑平车	167.99	9.100
	三线拷边车	138.60	
	小烫	188.42	
	单针锁链车	51.01	
腰部组装 工时	电脑平车	410.40	8.080
	刀车	28.78	
	小烫	19.21	
	手工	26.40	
其他工时	手工	107.37	2.629
	电脑平车	50.36	

2.2 裤子模块工时数据库

模块工时构成了服装产品的基础生产工艺数据库,通过模块工时可缩短服装单一工时的定额时间,积淀企业工时数据,有效简化服装产品构成系统。在裤子的模块化设计与模块工时数据库的基础上,形成裤子模块单,具体如图 3 所示。模块单可贯穿设计与生产过程,准确传递产品信息,为企业模块化单元的集成应用构建基础数据。

裤子模块单						
一级模块	二级模块	细分模块	编码			
基础模块 (I)	廓形	H形	A ₁			
	裤长	长裤	B ₅			
	门襟	纽扣叠门襟	C ₃			
	腰型	普通腰	D ₂			
装饰模块 (II)	面料	梭织	M ₁			
	前袋	斜插袋	K _{a3}			
	后袋	单嵌线袋	K _{b4}			
	腰祥	普通腰祥	Y ₁			
	脚口	明线	J ₁			
	剖片	4片式	P ₁			
模块组合编码: A ₁ B ₅ C ₃ D ₂ M ₁ K _{a3} K _{b4} Y ₁ J ₁ P ₁						
模块工时/min						
门里襟	前袋	后袋	腰部	腰祥	脚口	裤片
1.130	6.658	10.216	7.577	0.850	1.500	3.809
门里襟组装	裤身组装	腰部组装	其他			
2.790	9.100	8.080	2.629			

图 3 裤子模块单

Fig.3 Trousler modular list

3 基于决策树的模块工时回归预测与验证

针对不同服装款式,企业采用既定时间标准设定法进行工时定额需耗费较多的时间成本。而采用基于决策树回归算法,以模块工时数据库为样本,建立各模块工时预测模型,可有效解决效率与成本问题。

3.1 决策树原理与步骤

决策树是一种典型的树模型,既可用于分类也

可用于回归的监督机器学习方法,体现出特征与标签的一种函数映射关系。决策树回归算法(decision tree regressor, DTR) 是分类回归树(classification and regression tree, CART) 中的一种算法,该算法通过将数据集分成多个子集来构建一棵决策树,每个子集对应树的一个节点,最终每个叶子节点对应一个预测值,具体如图 4 所示。回归树的标签为连续性变量,其采用平均误差最小化策略选取最优特征及分割点。决策树的生成按最优特征与最优特征下的最优取值对空间进行划分,直至满足停止条件。决策树算法具有可解释性强、对缺失值不敏感、计算效率高等优点。

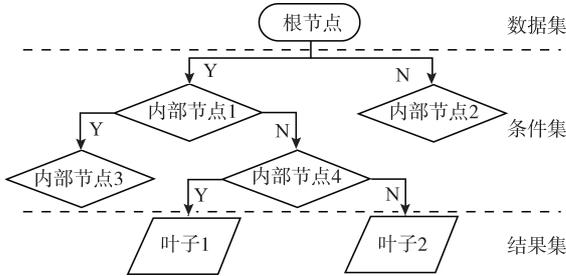


图 4 决策树结构

Fig. 4 Decision tree structure

决策树回归步骤如下:

- 1) 特征选择。设定特征集 $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$, f_m 为各特征值,构成每个样本对应的一组特征。
- 2) 设定数据集。假设数据集 $D = \{(\mathbf{x}_1, y_1), (\mathbf{x}_2, y_2), \dots, (\mathbf{x}_i, y_i)\}$, \mathbf{x}_i 为输入的第 i 个特征向量,即 $\mathbf{x}_i = (\mathbf{x}_i^{(1)}, \mathbf{x}_i^{(2)}, \dots, \mathbf{x}_i^{(n)})$ 。其中, y_i 为输入的第 i 个真实值; n 为样本数量。

3) 寻找最优切分点。运用均方误差(e_{MSE}) 选择最优切分点,树的均方误差计算过程为

$$e_{MSE} = [y_i - f(\mathbf{x}_i)]^2 \quad (1)$$

式中: y_i 和 $f(\mathbf{x}_i)$ 分别为第 i 组的真实值和预测值。

划分区域后得到固定值 \hat{c} , 式(1) 可化简为

$$e_{MSE}(y_i, \hat{c}) = (y_i - \hat{c})^2 \quad (2)$$

在遍历特征空间后,通过计算均方差找到值最小的两个集合区域, j 和 s 即为这两个区域的最优切分点,计算过程为

$$\min_{j,s} \left[\min_{c_1} \sum_{\mathbf{x}_i \in R_1(j,s)} e_{MSE}(y_i, c_1) + \min_{c_2} \sum_{\mathbf{x}_i \in R_2(j,s)} e_{MSE}(y_i, c_2) \right] \quad (3)$$

式中: c_1 和 c_2 为划分后的两个区域内的固定输出值; R_1 和 R_2 为 j 和 s 将特征空间切分的两个区域。

找到最优切分点后,用最优特征(j, s) 进行区域划分并决定相应的输出值,划分区域为

$$\begin{cases} R_1(j, s) = \{x \mid x^{(j)} \leq s\}; \\ R_2(j, s) = \{x \mid x^{(j)} > s\}. \end{cases} \quad (4)$$

重复该步骤,多次切分后可得到 M 个区域。

4) 输出预测值。将特征空间切分为 M 个区域 R_1, R_2, \dots, R_m , 可得到每个区域的输出值 \hat{c}_m 为

$$\hat{c}_m = \frac{1}{n} \sum_{\mathbf{x}_i \in R_m(j,s)} y_i \quad (5)$$

并得到最终预测值为

$$f(x) = \sum_{m=1}^M \hat{c}_m I, \quad I = \begin{cases} 1, & x \in R_m; \\ 0, & x \notin R_m. \end{cases} \quad (6)$$

3.2 模型构建与结果分析

选择 Python^[15] 机器学习库中 Sklearn 的决策树回归算法来构建预测模型。通过对裤子的模块划分与编码,得到模块编码串,即为特征编码,包括廓形(A)、裤长(B)、门襟(C)、腰型(D)、面料(M)、前袋(K_a)、后袋(K_b)、腰袷(Y)、脚口(J)、剖片(P) 共 10 个特征。定义特征数据集空间并拆分结果集,将样本集按照 7:3 划分为训练集与测试集。

设置相关参数, criterion 指定切分质量的评价准则,选择 Friedman 改进得分 friedman_mse 来寻找潜在的分裂,作为特征选择标准。min_samples_leaf 设置为 1,该参数规定了最终划分的各节点所需的最小样本数; random_state 指定了随机数生成器的种子,设置为 30。在决策树回归算法中,选择的树深度越深,对模型算力要求越大,计算用时越久。测试不同树深度下的模型得分,如图 5 所示,综合考虑算力要求和模型得分,选择树深度为 20 的模型较优。

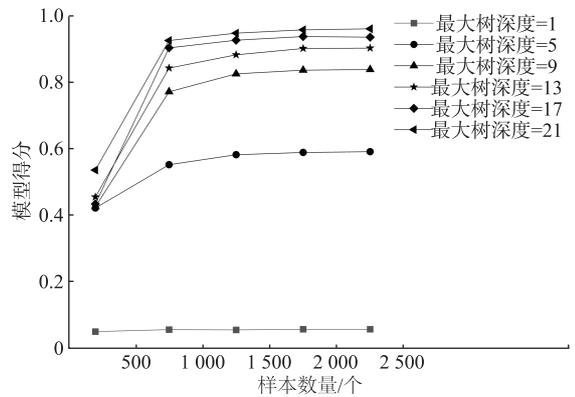


图 5 不同树深度下模型的学习得分

Fig. 5 Model's learning performance at various tree depths

最后,拟合模型并计算相关评价指标。假设样本实际值 $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$, 模型预测值为 $\hat{Y} = \{\hat{y}_1, \hat{y}_2, \dots, \hat{y}_n\}$, 用均方误差(e_{MSE})、平均绝对误差(e_{MAE})、模型拟合优度(R^2) 来评估模型的优劣,公式为

$$e_{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (7)$$

$$e_{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|; \quad (8)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - y_i)^2}。 \quad (9)$$

式中: \bar{y}_i 为真实值的平均值; e_{MSE}, e_{MAE} 数据越小,表明模型准确度越高; R^2 越大表明模型准确度越高。

通过预测模型,得到各模块工时的评估指标,具体见表4。由表4可知,部件工时中脚口工时的模型解释度最高,后袋工时次之;组装工时中裤身组装工时的模型解释度最高,门里襟组装工时次之。究其原因,裤子工艺中一般脚口多使用明线、暗撬或者开衩工艺,其相对应的工序较为稳定,且不易受其他因素影响,模型解释度较高;裤身组装为裤子的框架工序,一般而言,合侧缝、合前后浪、合下裆缝是裤子的基础通用工序,稳定性和准确性较高;而其他工时和裤片工时的模型解释度最低,主要是由于这两个模块工时中的工序变化较大,其工序通用性较低,不同款式在模块中的工序差异度较高,导致其预测工时的准确度较低。

表4 各子集评估指标

Tab.4 Subset evaluation metrics

模块工时	均方误差	平均绝对误差	模型拟合优度
门里襟	0.005 5	0.025 0	0.900 8
前袋	0.272 3	0.209 8	0.879 0
后袋	0.237 2	0.198 9	0.929 7
腰部	0.964 6	0.394 1	0.853 5
腰袷	0.184 8	0.078 0	0.911 9
裤片	0.841 8	0.413 0	0.828 7
脚口	0.112 3	0.139 6	0.985 9
门里襟组装	0.027 1	0.053 3	0.942 3
裤身组装	0.261 9	0.209 3	0.964 5
腰部组装	0.907 1	0.409 7	0.879 0
其他	0.092 0	0.097 3	0.825 0

此外,总工时的 R^2 为0.949 6,其准确率为94.96%。各模块工时的平均拟合优度为

$$\bar{R}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n R_i^2}{n}。 \quad (10)$$

式中: R_i^2 为各模块工时的模型拟合优度。计算结果为0.900 0,其准确率为90.00%。

3.3 模型应用与准确率检验

裤子款式效果如图6所示。以图6中的裤子为例,该裤子的模块编码为A₁B₅C₃D₄M₁K₃₃K₁₄Y₁J₁P₁,输入该编码至预测模型,得到模块预测工时(见表

5),并计算得到均方误差为0.06,在企业误差范围内,预测结果有效。



图6 裤子款式效果

Fig.6 Trouser style performance

表5 实际模块工时与预测模块工时

Tab.5 Comparison of actual and predicted module man-hours

工时模块	实际模块 工时/min	预测模块 工时/min
门里襟	0.95	0.95
前袋	9.01	8.74
后袋	10.01	10.14
腰部	7.69	7.68
腰袷	0.85	0.84
裤片	5.56	5.56
脚口	1.69	1.68
其他	2.63	1.94
门里襟组装	2.79	2.78
裤片组装	8.73	8.37
腰部组装	11.82	11.89

模块工时的定额对流水线生产具有一定的指导作用。利用5G、物联网、云平台等技术把智能化缝制单元组成服装智能生产线^[16-18],结合制造执行系统(manufacturing execution system, MES)实现服装产品动态模块化柔性制造。通过模块工时可知各部件工时和组装工时,同时结合模块工时与生产节拍,能够优化前置工序,合理调整线上工序,实现线上线下的最优平衡,最大程度提高组内产能。

4 结语

以裤子为例,利用模块化设计方法对裤子进行模块编码,并结合工序组合得到模块工时,形成服装模块单,建立裤子模块工时数据库,该数据库为

企业模块化单元集成应用的工时基础。通过决策树回归预测模型,输入相应的裤子模块编码可得到各模块工时的预测值。该模型的平均和总工时的模型准确率分别达90.00%和94.96%,同时通过案例验证模型的准确度,计算均方误差为0.06,符合企业实际生产误差。

通过对模块工时的预测,不仅能缩短工时定额用时,还能在生产过程中实现资源配置最优化,对部件模块可最大限度地在线外加工,流水线内主要进行组装模块生产,结合流水线生产指标,可优化线上线下生产编排,提高流水线产能,为企业提高制造能力并向数字化转型提供了切实可行的方案。

参考文献:

- [1] 谢鹏,韦依依,乔小涛. 数字化创新准备、动态能力与企业数字化创新[J]. 华东经济管理,2023,37(7):49-58.
XIE Peng, WEI Yiyi, QIAO Xiaotao. Digital innovation readiness, dynamic capabilities, and digital innovation[J]. East China Economic Management, 2023, 37(7): 49-58. (in Chinese)
- [2] 任若安,陈涵. “十四五”规划下服装企业数字化转型升级路径研究[J]. 毛纺科技,2022,50(4):104-111.
REN Ruohan, CHEN Han. Research on digital transformation and upgrading path of garment enterprises under the "14th Five-Year Plan"[J]. Wool Textile Journal, 2022, 50(4): 104-111. (in Chinese)
- [3] 王玲,杨以雄,陈炜. 服装工序相似性标准工时预测[J]. 纺织学报,2016,37(11):114-119,125.
WANG Ling, YANG Yixiong, CHEN Wei. Prediction of garment standard time based on processes similarity[J]. Journal of Textile Research, 2016, 37(11): 114-119, 125. (in Chinese)
- [4] 汪能洋,李郝林,王家乐,等. 基于模糊推理技术的改进工时定额方法[J]. 组合机床与自动化加工技术,2022(9):155-159.
WANG Nengyang, LI Haolin, WANG Jiale, et al. Improved method for determining time-quota based on fuzzy inference technology[J]. Modular Machine Tool and Automatic Manufacturing Technique, 2022(9): 155-159. (in Chinese)
- [5] YU T T, CAI H X. The prediction of the man-hour in aircraft assembly based on support vector machine particle swarm optimization[J]. Journal of Aerospace Technology and Management, 2015, 7(1): 19-30.
- [6] ISLK K, ALPTEKIN S E. A benchmark comparison of Gaussian process regression, support vector machines, and ANFIS for man-hour prediction in power transformers manufacturing[J]. Procedia Computer Science, 2022, 207: 2567-2577.
- [7] 周海媚,徐燕妮,张旭靖,等. 服装款式模块化设计方法[J]. 纺织学报,2015,36(8):104-109.
ZHOU Haimei, XU Yanni, ZHANG Xujing, et al. Modularized design method of garment style[J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(8): 104-109. (in Chinese)
- [8] 刘艳梅,王花娥. 模块化的毛衫产品族设计及评价指标[J]. 纺织学报,2016,37(12):97-102,116.
LIU Yanmei, WANG Hua'e. Modularized product family design method of sweater and evaluation indexes[J]. Journal of Textile Research, 2016, 37(12): 97-102, 116. (in Chinese)
- [9] 闫亦农. 基于“互联网+”的蒙古族服装个性化定制模块化设计[J]. 毛纺科技,2023,51(3):66-73.
YAN Yinong. Mongolian personalized custom clothing modular design by "Internet +"[J]. Wool Textile Journal, 2023, 51(3): 66-73. (in Chinese)
- [10] MODRAK V, SOLTYSOVA Z. Exploration of the optimal modularity in assembly line design[J]. Scientific Reports, 2022, 12: 20414.
- [11] VERMA N K, CHATTERJEE A K. Process flexibility in the presence of product modularity: does modularity help? [J]. International Journal of Production Economics, 2023, 256: 108723.
- [12] 张丽珍,邵祺,杨加庆,等. 汽车装配标准工时设计中模块化设计方法的研究[J]. 现代制造工程,2017(5):120-125.
ZHANG Lizhen, SHAO Qi, YANG Jiaqing, et al. Research on modular design method of standard time design in automobile assembly[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2017(5): 120-125. (in Chinese)
- [13] 宋政. 基于模块化设计的整车内物流运作标准工时研究[J]. 物流科技,2020,43(2):45-48.
SONG Zheng. Research on modular design method of standard time design in automobile assembly[J]. Logistics Sci-Tech, 2020, 43(2): 45-48. (in Chinese)
- [14] 王海军,赵惠妍,金姝彤. 模块化如何赋能企业智能制造升级? 一个探索性案例研究[J]. 科技进步与对策,2024,41(1):149-160.
WANG Haijun, ZHAO Huiyan, JIN Shutong. How does modularization empower enterprises to upgrade their intelligent manufacturing? an exploratory case study[J]. Science and Technology Progress and Policy, 2024, 41(1): 149-160. (in Chinese)
- [15] 刘乐,任祥放,金鹏,等. 基于Python的女式衬衫版样自动化生成技术[J]. 服装学报,2023,8(3):201-210.
LIU Le, REN Xiangfang, JIN Peng, et al. Automatic generation technology of women's shirt template based on Python[J]. Journal of Clothing Research, 2023, 8(3): 201-210. (in Chinese)
- [16] 李雪霞,张志斌,褚建立. 基于智能化缝制单元的服装柔性生产线的构建[J]. 毛纺科技,2020,48(10):77-80.
LI Xuexia, ZHANG Zhibin, CHU Jianli. Research on the construction of garment flexible production line based on intelligent sewing unit[J]. Wool Textile Journal, 2020, 48(10): 77-80. (in Chinese)
- [17] 李逸轩. 社会治理视域下城市家具智能化设计研究[J]. 家具与室内装饰,2024,31(4):92-96.
LI Yixuan. Studying of intelligent design of urban furniture from the perspective of social governance[J]. Furniture and Interior Design, 2024, 31(4): 92-96. (in Chinese)
- [18] 朱冰洁,李喆,罗建勋. 基于5G+AI构建皮革制品虚拟仿真“元宇宙”中心[J]. 皮革科学与工程,2023,33(2):98-102,108.
ZHU Bingjie, LI Zhe, LUO Jianxun. Construction of leather goods virtual simulation "Metaverse" center based on "5G + AI" technology[J]. Leather Science and Engineering, 2023, 33(2): 98-102, 108. (in Chinese)

(责任编辑:张雪)