

基于 RFID 系统的服装生产一线员工成长曲线

胡洛燕^{1,2}, 周雁¹, 符向兵¹

(1. 中原工学院 服装学院, 河南 郑州 450007; 2. 河南省纺织服装协同创新中心, 河南 郑州 450007)

摘要:以某典型针织企业生产现场 RFID 系统数据为基础,阐述了 RFID 数据的特点和筛选方法以及员工成长曲线数据分析流程,说明 RFID 数据提取和处理的思路,并应用 MINITAB 和 EViews 软件进行成长曲线的拟合和拟合度分析,得到服装生产一线员工成长曲线的拟合分析方法。进一步论述了该成长曲线在批量系数确定、生产计划、流水线编排、员工评价及员工培训等方面的实际应用,为服装生产现场的科学化、精细化管理奠定了基础。

关键词: RFID 系统; 成长曲线; 拟合分析; 员工评价

中图分类号: TS 108.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2016)01-0039-07

Study of the Line Employee Growth Curve Application about Garment Enterprises Based on RFID System Data

HU Luoyan^{1,2}, ZHOU Yan¹, FU Xiangbing¹

(1. School of Fashion, Zhongyuan University of Technology, Zhengzhou 450007, China; 2. Henan Textile and Apparel Collaborative Innovation Center, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: Research has shown that line employee has become an important constraint during clothing manufacturing industry development, objectively evaluating the variability of employees is the problem-solving idea. The study data of this paper is based on a RFID Software which comes from a typical knitted garment enterprise. The paper describes the characteristics and the screening method of RFID data and introduces the analysis flow of employee growth curve, illustrates some ideas of RFID data extracting and processing, and uses MINITAB and EViews softwares to conduct employee growth curve fitting and fitting accuracy analysis then ultimately to obtain the method of fitting accuracy analysis of the employee growth curve. Furthermore, it introduces the practical application of the employee growth curve in batch coefficient determination, production plan, assembly line arrangement, employee evaluation, employee training and so on. This research has laid a foundation for the more scientific and meticulous management in Garment production site.

Key words: RFID software, growth curve, fitting accuracy analysis, employee evaluation

近年来中国服装行业处于深度调整期,企业只有在商业模式创新、大数据应用等方面进行不断探索与实践,才能获得可持续的竞争优势^[1]。对于形势严峻的服装生产企业,增加对一线员工的管理和研究力度才能解决生产系统的柔性影响,而员工技能、员工成长曲线则是服装生产现场柔性管理的突破点。

成长曲线是描述生产过程中员工状态变化的特征函数,在服装行业的主要研究可集中于4个方

面^[2-3]。①成长曲线与企业生命周期:通过对企业生命周期各阶段分析,为企业阶段性成长的管理提供参考依据^[4]。②成长曲线与成本:工业生产领域,成长曲线对产品成本的影响力在生产过程中逐渐减弱最终趋于平稳,这种变化趋势可辅助新产品订价和企业经营决策^[5]。③成长曲线与企业竞争战略:利用成长曲线进行项目进度、项目执行力分析,以达到调整自身发展战略,提升竞争力^[6]。④成长曲线与库存、转款:以“成长曲线”思想进行产

收稿日期:2015-09-05; 修订日期:2015-10-29。

基金项目:河南省高等学校重点科研项目(15A540008)。

作者简介:胡洛燕(1967—),女,教授,硕士生导师。主要研究方向为服装生产管理。Email:linderhu@qq.com

品经济订购量分析,建立订购量模型,降低总存货成本^[7],或利用成长曲线理论分析服装转款,以确定各种转款因素对生产率的影响,实现快速转款^[8]。

成长曲线在服装生产现场的研究主要是生产环境的成长变化规律,从大的影响要素方向着手辅助解决企业中的问题,而极少将研究细致到员工个人的成长,在劳动力问题越来越突出的背景下,这恰恰将转变为生产中的主要矛盾。文中首次以无线射频识别(Radio Frequeruy Identification Devices, RFID)系统数据为基础,利用成长曲线理论对一线员工变化规律和成长曲线应用进行研究,在实现人员成长的动态预测及规范化管理方面提出了创新

性的思路和方法。

1 RFID 系统数据收集与整理

1.1 RFID 系统

RFID 系统是以无线射频技术为基础,以 RFID 中间件为媒介实现技术和管理方法的有机结合,实现整个生产环节半成品及成品的信息化,对生产全过程实时动态跟踪及监控管理,从而降低管理成本,提高企业利润^[9]。RFID 系统替代了各种信息的手工记录,通过车位读卡器及各种信息卡的相互作用和匹配进行数据的定位收集、传输。服装 RFID 系统操作流程如图 1 所示。

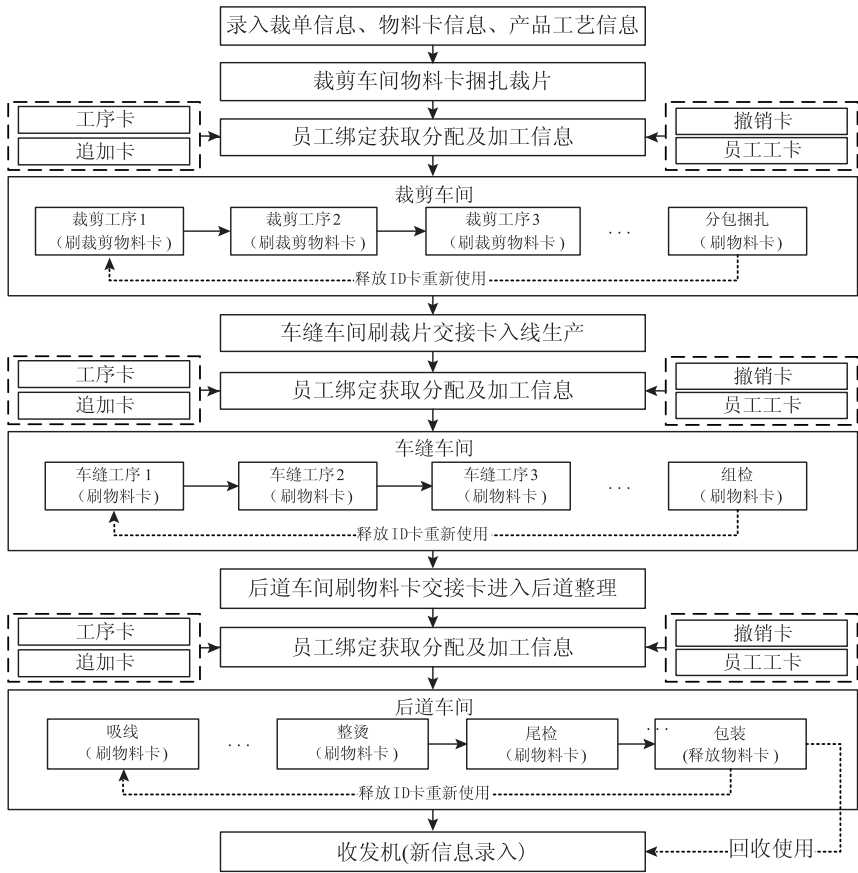


图 1 服装 RFID 系统操作流程

Fig. 1 Operating procedures of RFID systems in garment enterprise

1.2 RFID 系统数据

RFID 系统通过客户端电脑对所有的数据进行接收和处理,生成大量的生产数据报表,供生产中各部门实时了解、控制现场生产状况和进度。

1.2.1 数据特点 RFID 系统通过记录生产开始与结束时间点的方法对产品生产加工时间进行统计,统计数据的特点为:①全面性:信息覆盖每个员工、每件半成品、每个工作时间段;②相对准确性:生产产值、信息匹配及时间点的信息统计有保障;③实

时性:即与生产同步生成相关数据。员工误操作或操作的不规范性是影响系统数据上述特点的主要因素,也是管理中控制重点。

1.2.2 数据内容 目前 RFID 等现场管理系统,都可自动对收集的原始数据进行初步统计分析,即初步阶段的信息研究,在员工技能、员工成长曲线、产品返修等方面可进行更深层次的研究和应用,为企业管理提供更广泛的作用。数据内容和分析思路如图 2 所示。

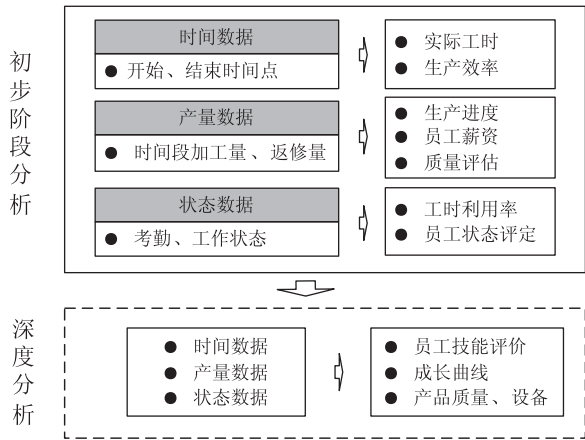


图 2 RFID 系统数据内容及分析思路

Fig. 2 Content and analyzing ideas of RFID systems data

1.3 数据筛选

经统计发现,员工正常作业时会被各种生产不定性因素(如不规范刷卡、机器故障、产品返修、怠工、间歇等)所干扰,而造成生产数据异常。异常数据会造成分析结果的大误差,文中用生产经验型处理法和数理统计学处理法剔除异常数据。

1.3.1 生产经验型处理法 根据现场生产经验(一般超过标准工时特别大和不足标准工时特别小的数据则一定是不正常数据),自定义地划定有效数据区间,直接剔除区间以外数据。该方法以工序标准工时为衡量标准。有效数据区间表示为

$$\frac{S_j \cdot n}{K_1} < t_i < K_2 \cdot S_j < n$$

(1)

式中: S_j 为工序 j 的标准工时; n 为捆包数量; K_1, K_2 为经验差值系数,人为自行确定; t_i 为在进行工序 j 时,生产第 i 包半成品的总加工时间。

1.3.2 数理统计学处理法 统计学上用区间估计进行系统数据的筛选剔除。在区间估计中,由样本统计量所构造的总体参数的估计区间称为置信区间,其中区间的最小值为置信下限,最大值为置信上限^[10]。由正态分布性质可知,置信区间为

$$\bar{X} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}},$$

其中, $\bar{X} + Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ 为置信上限; $\bar{X} - Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ 为置信下限; α 为事先确定的概率值, $1 - \alpha$ 为置信水平。文中研究中由于样本较大,可用样本的标准差 s 代替 $\sigma, X_i >$ 置信上限或者 $X_i <$ 置信下限的数据予以剔除。

2 服装企业成长曲线数据分析

成长曲线是一条随着操作者生产熟练程度提高而形成的工时递减的函数曲线,服装企业一线员

工的成长曲线是指在批量生产过程中,单件产品工时的变化和连续累计产量之间的关系曲线。只有在大量数据的基础上才能满足成长曲线数量化分析的需求,分析流程如图 3 所示。基于 RFID 系统数据进行筛选和初步处理,最终通过曲线拟合得到员工的成长曲线函数。

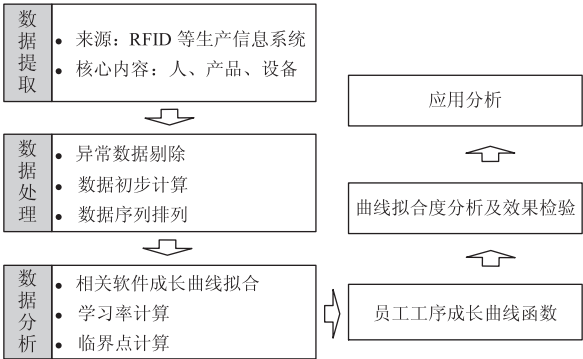


图 3 员工成长曲线数据分析流程

Fig. 3 Analysis process of employee growth curve

2.1 数据提取和处理

2.1.1 数据提取 RFID 系统存储了大量的数据,成长曲线分析需要员工生产的详细时间数据。按照以下几个原则提取用于成长曲线分析的数据:①选择订单量大的产品。小订单,员工还在学习阶段生产就已结束,无法得到完整的成长曲线。②全过程数据:从生产开始到生产结束这一完整过程的数据。③数据的时间序列性:按照员工生产时间顺序排列的数据序列。

2.1.2 数据处理 RFID 系统用于捆包流水线,统计的时间数据以包为单位,单件半成品的单位工时需通过以下公式计算:

$$A_{ij} = \frac{t_{jn}}{n}$$

(2)

式中: A_{ij} 为员工 i 操作第 j 包半成品的单位工时; n 为每包的半成品数量; t_{jn} 为第 j 包半成品的总加工时间。

然后按照以上数据筛选方法进行数据筛选,得到成长曲线拟合数据组。

2.2 成长曲线拟合

依据上述原则整理苏州某服装企业的一组数据,数据组为企业 AA03 单叠针工序,该订单是订单量超过 3 万件的大订单,且该工序标准工时 $t_j = 21$ s。根据文中所用的生产经验型处理法对原始数据进行处理,即公式 $\frac{t_j \cdot n}{K_1} < t_i < K_2 \cdot t_j < n$ 。根据企业对员工生产效率的衡量结果取 $K_1 = 4, K_2 = 3$ 即将单位工时在区间 $[5, 63]$ 之外的数据剔除。最终筛

选出部分数据示例(见表 1)。数据的包件编号按照生产的时间顺序进行排列。由于数据企业为捆包流生产,因此得到的数据组以包为单位,计算的单位工时为每包半成品的平均时间。

表 1 苏州企业某员工的实际生产数据组

Tab.1 Actual production data of an employee in a Suzhou enterprise

序号	包件编号	累计数量/包	单位工时/s	序号	包件编号	累计数量/包	单位工时/s
1	000001	22	35	21	000021	498	19
2	000002	50	30	22	000022	522	16
3	000003	78	28	23	000023	544	16
4	000004	102	27	24	000024	572	16
5	000005	121	22	25	000025	599	21
6	000006	143	37	26	000026	627	19
7	000007	159	25	27	000027	650	18
8	000008	188	25	28	000028	678	17
9	000009	206	22	29	000029	696	16
10	000010	220	21	30	000030	726	13
11	000011	244	20	31	000031	748	24
12	000012	271	19	32	000032	775	17
13	000013	299	16	33	000033	792	18
14	000014	321	17	34	000034	814	18
15	000015	343	16	35	000035	828	18
16	000016	373	23	36	000036	856	17
17	000017	401	15	37	000037	873	19
18	000018	429	18	38	000038	900	18
19	000019	456	19	39	000039	923	16
20	000020	484	17	40	000040	952	24

2.2.1 拟合曲线 根据以上选取、处理的样本数据,用 MINITAB 软件做出数据分布的折线图或者散点图,可显示数据组分布的大致趋势。案例数据分析得到的曲线如图 4 所示。图中横坐标表示生产中包件编号的序号,是按照生产时间顺序而排列,纵坐标表示每一包半成品单件的单位工时。

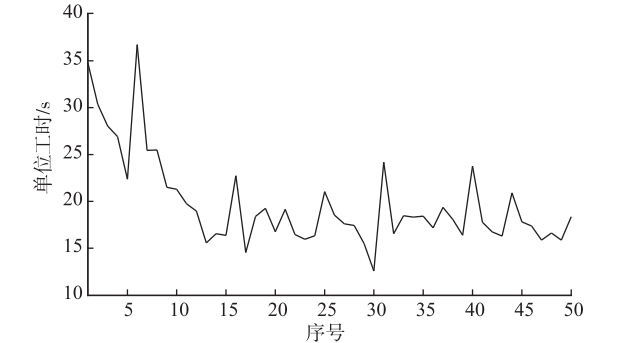


图 4 某员工样本数据散点图

Fig.4 Scatterplot of an employee sample data

用 MINITAB 软件通过指数平滑法对样本进行拟合,得到数据的拟合值。案例数据组拟合值和原始数据的时间序列如图 5 所示。

2.2.2 曲线拟合度分析及效果检验 用 EViews 软件对数据进行模型估计,进行成长曲线拟合度分析。用拟合度检验预测结果与实际曲线的吻合程度,拟合度越接近 1 曲线拟合效果越好。案例数据组拟合度分析结果如图 6 所示,样本曲线模型的拟

合度 $\bar{R}^2 = 0.812\ 474$,大于 0.5,则曲线高度拟合。

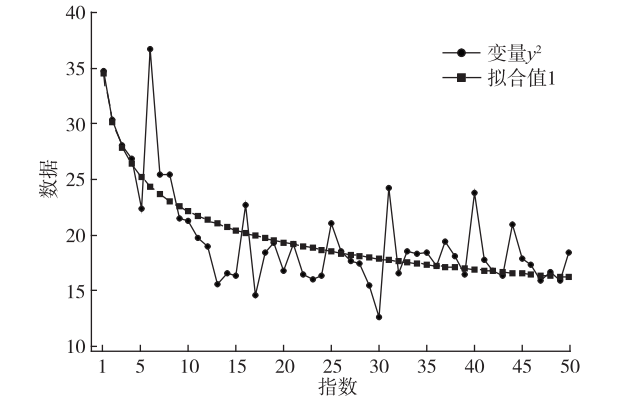


图 5 样本数据拟合曲线

Fig.5 Fitting figure of sample data

View	Proc	Object	Print	Name	Freeze	Estimate	Forecast	Stats	Resids
Dependent Variable: Y2 Method: Least Squares Date: 05/30/15 Time: 13:34 Sample: 1 50 Included observations: 50									
Variable			Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.			
35.6581*X*(-0.197199)			1.000002	0.013289	75.25214	0.0000			
R-squared			0.812474	Mean dependent var		20.17885			
Adjusted R-squared			0.812474	S.D. dependent var		4.463016			
S.E. of regression			1.932679	Akaike info criterion		4.175488			
Sum squared resid			183.0271	Schwarz criterion		4.213729			
Log likelihood			-103.3872	Hannan-Quinn criter.		4.190050			
Durbin-Watson stat			0.495937						

图 6 样本数据模型估计

Fig.6 Model estimation of sample data

对得到的成长曲线函数,通过对预测值的误差检验分析,确定预测结果的偏差程度,从而判断模型是否成立。文中用平均绝对误差百分比 MAPE 进行误差衡量。案例数据组误差分析结果见图 7。

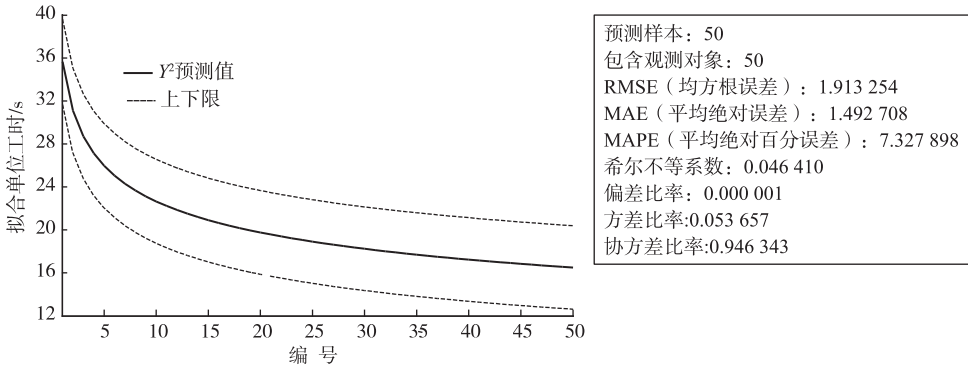


图 7 样本数据检验

Fig. 7 Verification figure of sample data

2.2.3 曲线分析 由前人研究成果和文中曲线拟合结果可知,成长曲线的变化呈指数函数关系,函数公式可表现为

$$Y = KX^{-a}$$

其中, K 为首件生产工时; a 为学习系数^[11]。成长曲线方程和各个参数是企业中应用成长曲线的关键因素,有很大研究价值,是后期研究的重点。

K 为首件产品加工的单位工时,降低 K 值则可提高员工学习效果。 K 值变化对成长曲线的影响如图 8 所示。由图 8 可以看出, K 值降低时员工完成单件产品所用工时降低,学习效果更好,标准工时定额也会降低。因此,对服装缝制方法、服装工艺的改进,不仅可以加快员工的成长,还可以降低工时定额,降低加工成本。

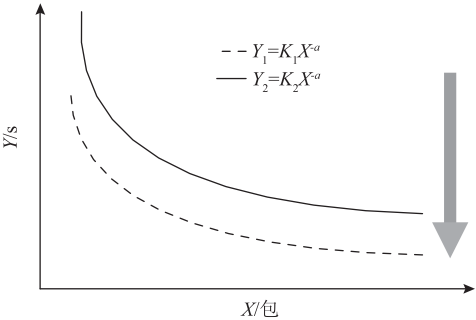


图 8 K 值变化对成长曲线的影响

Fig. 8 Affect of the growth curve for K changes

成长曲线函数 $Y = KX^{-a}$ 为指数函数,曲线函数的斜率变化越快则表明员工的学习速度越快,函数的二阶导数可反映曲线斜率变化的快慢:

$$Y^{(2)} = ka(a + 1)X^{-(a+2)} \tag{3}$$

可通过计算比较任一生产时间段内不同员工学习效率的高低。以员工 A 和 B 某一成长曲线分

析为例:

由图 7 可见,案例模型的 $MAPE = 7.327\ 898$,即数据的平均绝对误差百分比小于 10,误差较小,模型成立。最终拟合曲线模型方程为

$$Y = 35.658X^{-0.197\ 199}。$$

预测样本: 50
包含观测对象: 50
RMSE (均方根误差): 1.913 254
MAE (平均绝对误差): 1.492 708
MAPE (平均绝对百分误差): 7.327 898
希尔不等系数: 0.046 410
偏差比率: 0.000 001
方差比率: 0.053 657
协方差比率: 0.946 343

A,B 成长曲线函数为

$$Y_1 = 162.7X^{-0.076}, Y_2 = 35.7X^{-0.197}$$

A,B 成长曲线二阶导数为

$$Y_1^{(2)} = 13.3X^{-2.076}, Y_2^{(2)} = 8.4X^{-2.197}$$

通过比较: $\frac{Y_2^{(2)}}{Y_1^{(2)}} > 1$, 即在整个生产过程中员工 B 的学习速率较大。

3 成长曲线研究应用于服装企业管理

3.1 成长曲线在流水线编排中的作用

3.1.1 制定批量系数 服装订单多品种小批量的趋势使得流水线加工转款快、要求高,往往车工熟练程度还没有稳定,生产就已结束,因此直接用标准加工时间作为工时定额有失公平。通过成长曲线研究可确定效率与批量的关系,采用批量系数进行工时定额的调整,为企业制定合理公正的工时定额^[12-13]。批量系数是实际批量和标准批量的累计平均加工时间的比值,是批量熟练率根据批量大小所做的修正,批量系数 ω 计算公式为

$$\omega = \frac{Y_s}{Y_a} = \left(\frac{X_a}{X_s}\right)^{-a} = \lambda^{-a} \tag{4}$$

式中: Y_a 为一定实际批量对应的总工时; Y_s 为标准批量对应的总工时; λ 为批量比。

则修正标准工时定额为

$$Y_a = Y_s \cdot \omega \tag{5}$$

3.1.2 生产计划的制定 生产计划是服装企业对产品生产进度进行控制的指导性文件,可执行力强的生产计划是有效控制生产进度的关键。员工成长曲线清楚地显示员工生产进行状态,利用成长曲

线的进度可以更加准确地预估生产周期和小组产量,为计划员提供有价值的参考,以科学安排生产计划,准确估算生产周期。

3.1.3 流水线平衡调度 在对流水线同步性进行衡量时,需要考虑员工成长的阶段性,不同阶段员工加工效率和质量都受到不同的制约。成长阶段同步性是一个动态变化的数据,成长曲线反映员工成长变化的特点,根据成长曲线的预测能力提高流水线反应速度和同步性。

3.2 成长曲线在流水线建模中的应用

流水线模拟是流水线改善的一种新方法新思路,可辅助企业解决现场管理中的很多问题。在流水线模拟中,员工状态应呈现一种规律性的变化,员工成长曲线的研究可实现对这种变化性的表述。将成长曲线对生产工时的影响和表现,运用于流水线模型中的动态循环时间,实现模型的动态变化和准确性。员工成长曲线可分为成长阶段和稳定阶段,在服装流水线模拟过程中,成长阶段单位工时的动态变化直接引用相应成长曲线函数,即模型单位工序循环时间为 $Y = KX^{-a}$;稳定状态下员工的操作单位工时则为 $Y = kS_j$ (k 为员工技能衡量系数)。

3.3 成长曲线在员工评价中的应用

3.3.1 员工岗位适用性分析 通常情况下,学习率越低,个人适应新工作的时间就越短,员工就越适合这个工作。让有经验和专长的人从事专门工作,或让综合性能力强的人充当多面手,这是成长曲线研究的意义所在,有利于企业降低学习成本,对人员进行岗位适应性分析。学习率的公式为 $C = 2^{-a}$ 。

通过对员工成长曲线的研究,建立不同工序的平均成长曲线,从而为员工学习能力提供整体的参考依据。在职员工 A、B 的岗位适应性曲线如图 9 所示。

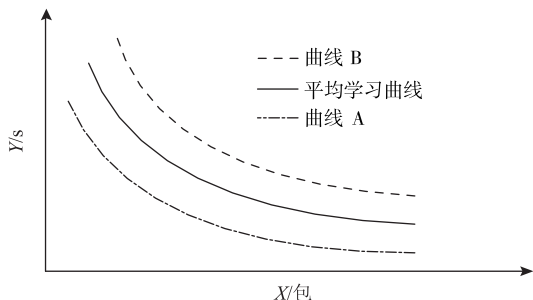


图9 在职员工 A、B 的岗位适用性分析

Fig.9 Work suitability analysing of employees A,B

由图9可以看出,在平均成长曲线下方的曲线 A 员工则更适合操作该工序。管理者可根据生产的需求和性质为核心工序选择合适的人。而对于成长曲线长期高于平均成长曲线的员工,企业管理人

员应该考虑给该员工调换工位。

3.3.2 新工招聘和员工培训 成长曲线的研究可辅助企业对工人的识别和初步判断,通过比较分析学习率和成长曲线趋势,选择最优的员工。成长曲线还可分析员工的特长、学习能力,以及整个生产过程的状态,为不同环节对员工的指导培训提供方向,为企业对员工的重点培养提供目标和依据,降低生产指导成本。员工成长曲线不是固定不变的,可采取有效措施激励员工成长,激发员工技能与潜质,改变员工成长曲线趋势,以达到更好的状态,从而更好地实现企业生产目标。

文中的研究方法,不仅仅针对于 RFID 系统数据的应用,同时适用于吊挂系统数据、手工测试数据等所有生产现场数据,只要拥有生产现场员工操作的最基础数据都可以对员工成长曲线分析,进而指导生产现场。

4 结 语

文中基于 RFID 系统数据的员工成长曲线分析的整体思路,得出员工操作不同工序的成长曲线函数。通过对员工成长曲线综合研究分析,在企业整体运营过程中,可以辅助企业进行生产现场编排、生产过程调度、生产计划编排等;在产品研究方面,可以辅助企业建立批量系数,以合理公平的安排工时定额;在人员研究方面,通过对员工适用性分析,致力于员工招聘、员工培训以及员工岗位分配。

大数据时代的降临,对生产数据研究的不断深化将会大大带动服装生产现场管理的提升,为中国服装行业的发展提供了新的研究思路 and 方向。

参考文献:

- [1] 中国服装协会. 2013—2014 年中国服装行业发展报告 [M]. 北京:中国纺织出版社,2014.
- [2] 陈志祥. 学习曲线及在工业生产运作研究中的应用综述[J]. 中国工程科学,2007,9(7):82-94.
CHEN Zhixiang. Learning curve and its application in production operational research [J]. China Engineering Science,2007,9(7):82-94. (in Chinese)
- [3] 邵真,冯玉强,刘洋. 基于学习曲线的 ERP 实施培训时间决策模型[J]. 管理科学,2010,23(4):77-85.
SHAO Zhen, FENG Yuqiang. Decision model of training time in ERP implementation based on learning curve [J]. Journal of Management Science,2010,23(4):77-85. (in Chinese)
- [4] 韩翼. “学习曲线”效应与企业生命周期各阶段的管理 [J]. 湖北行政学院学报,2002(6):53-56.

- HAN Yi. The management of learning curve effect in the various stages of the corporate life cycle [J]. Hubei Administration Institute, 2002(6):53-56. (in Chinese)
- [5] 陆君. 成本管理新领域:学习曲线研究[J]. 价值工程, 1998(3):47-48.
- LU Jun. The new field of cost management: learning curve [J]. Value Engineering, 1998(3):47-48. (in Chinese)
- [6] 田云刚. 论学习曲线在企业管理中的运用[J]. 山西农业大学学报(社会科学版), 2013, 2(2):142-144.
- TIAN Yungang. On the use of learning curve in enterprise management [J]. Shanxi Agricultural University (Social Science Edition), 2013, 2(2):142-144. (in Chinese)
- [7] 徐莉, 卓四清, 姬晓辉. 学习曲线在经济订购量模型中的应用[J]. 武汉水利电力大学学报, 1998, 31(3):110-112.
- XU Li, ZHUO Siqing, JI Xiaohui. On the use of learning curve in the economic order quantity model [J]. Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering, 1998, 31(3):110-112. (in Chinese)
- [8] 宋惠景. 服装批量款式转换对生产效率的影响[J]. 纺织导报, 2008(6):116-117.
- SONG Huijing. The batch shifts effect on clothing production efficiency [J]. China Textile Leader, 2008(6):116-117. (in Chinese)
- [9] 厉旗, 胡洛燕. 服装生产现场的计算机辅助管理系统研究[J]. 中外缝制设备, 2013(7):64-67.
- LI Qi, HU Luoyan. The study of computer aided management system in garment production site [J]. Chinese and Foreign Sewing Equipment, 2013(7):64-67. (in Chinese)
- [10] 刘达民, 程岩. 应用统计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004:38-44.
- [11] 冯恭祺. “学习曲线”与成本价格的关系[J]. 外国经济与管理, 1985(4):28-30.
- FENG Gongqi. The relationship between learning curve and cost price [J]. Foreign Economies and Management, 1985(4):28-30. (in Chinese)
- [12] 王安民, 朱冠华. 熟练曲线在计算机辅助工时定额系统中的应用[J]. 茂名学院学报, 2005, 15(1):23-25.
- WANG Anmin, ZHU Guanhua. On the use of learning curve in the computer aided time quota system [J]. Journal of Maoming College, 2005, 15(1):23-25. (in Chinese)
- [13] 叶宁, 阎玉秀. 服装生产中动态工时定额的制定及应用[J]. 上海纺织科技, 2009, 37(11):52-54.
- YE Ning, YAN Yuxiu. On the use of learning curve in the clothing production dynamic time quota [J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2009, 37(11):52-54. (in Chinese)

(责任编辑:邢宝妹)