

模糊推理的针织物染色工艺参数设计方法

刘佳¹, 金福江²

(1. 华侨大学 厦门工学院, 福建 厦门 361021;
2. 华侨大学 信息科学与工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 在现有精确大样的离散染色工艺数据基础上,提出利用模糊推理得到适合大样染色的未知染色工艺值的方法.以针织物染色过程工艺中元明粉用量、浴比值及染色深度三者的相互关系为例进行模糊推理,并用实际大样实验证明工艺设计方法是可行的.
关键词: 模糊推理;染色工艺;大样染色;针织物;工艺参数
中图分类号: TS 190 **文献标志码:** A

由于受到各个方面条件限制,我国印染企业染色工艺设计均是依据染料生产厂家所提供的有关资料或小样实验而制定的.然而大样生产存在很多现场干扰,其过程远比小样要复杂,因此大样与小样之间的存在较大差距^[1].根据现有生产厂家所提供的有限离散大样染色工艺相关数据,运用模糊推理,得到适合大样染色的未知工艺值,能解决大小样差别问题,并缩短设计周期.本文以大样针织物染色过程中元明粉用量、浴比值及染色深度三者的相互关系为例进行模糊推理.这种模糊推理运用的可行性可以推广到染色过程中其他工艺参数的模型建立中去,便能实现针对染色过程大样工艺设计的新方法.

1 染整工艺参数模糊推理设计方法

在染色过程中,影响因素中浴比值、染色深度及元明粉用量三者之间存在着一定的相互关系.浴比是指染液体积与织物质量的比值,染色深度是指染色过程中染料质量与织物质量的比值;元明粉助剂的用量(w)是指元明粉质量与织物质量的比值.以希腊染机现用某面料大样染色工艺为例,其浴比、染色深度和元明粉用量三者关系的精确数据,如表 1 所示.

表 1 不同浴比和元明粉用量下的染色深度数据
Tab.1 Data of dyeing depth under different liquor ratio and consumption of sodium sulfate %

浴比	$w/\%$							
	0.001	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	12.0
6.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	80.0
8.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	90.0	100.0	100.0
10.0	40.0	50.0	60.0	70.0	100.0	110.0	120.0	120.0

对以上 3 个影响因素分别在各自的论域中进行模糊化.其中,浴比的论域 U ,染色深度的论域 V ,元明粉用量的论域 W 分别为

$$U = [5.0 \quad 6.0 \quad 7.0 \quad 8.0 \quad 9.0 \quad 10.0],$$
$$V = [0.5 \quad 1.0 \quad 1.5 \quad 2.0 \quad 2.5 \quad 3.0 \quad 3.5 \quad 4.0 \quad 4.5 \quad 5.0],$$
$$W = [30.0 \quad 40.0 \quad 50.0 \quad 60.0 \quad 70.0 \quad 80.0 \quad 90.0 \quad 100.0 \quad 110.0 \quad 120.0].$$

在对应的论域中各取 3 个语言变量:PS(大)、O(中)、NS(小).将浴比值、染色深度及元明粉用量在各自

的论域中进行模糊化,确定模糊规则,推理得到浴比值、染色深度与元明粉用量之间对应的模糊关系;然后,通过模糊关系的确定,可以得到任意浴比值、染色深度下的元明粉用量^[2].

2 染整工艺参数的模糊推理

2.1 模糊化过程

将浴比值、染色深度及元明粉用量在各自的论域中进行模糊化,其隶属函数分别为

$$y_1 = \begin{cases} 0.1x_1, & 0 \leq x_1 \leq 10.0, \\ 1, & x_1 > 10.0; \end{cases} \tag{1}$$

$$y_2 = \begin{cases} 0.2x_2, & 0 \leq x_2 \leq 5.0, \\ 1, & x_2 > 5.0; \end{cases} \tag{2}$$

$$y_3 = \begin{cases} 0.01x_3 - 0.2, & 0 \leq x_3 \leq 120.0, \\ 1, & x_3 > 120.0. \end{cases} \tag{3}$$

式(1)~(3)中: x_1 为浴比值, y_1 为浴比值对应的隶属值; x_2 为染色深度值, y_2 为染色深度对应的隶属值; x_3 为元明粉用量, y_3 为元明粉用量对应的隶属值^[3].虽然式(1)~(3)隶属函数的确定具有一定的主观性、经验性,然而在一定程度上反映了事物的客观性^[4].其隶属函数图,如图 1 所示.

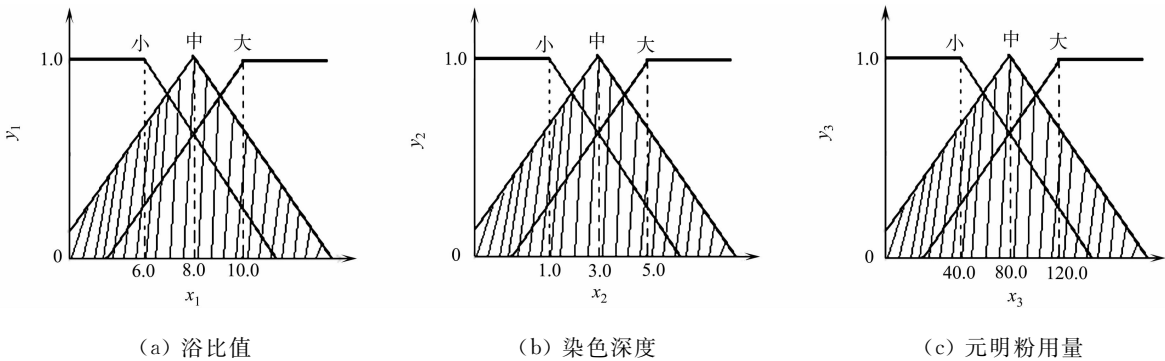


图 1 工艺参数的隶属函数图

Fig. 1 Membership function figure of craft parameter

2.2 模糊规则及推理

选用模糊推理中,多规则、多输入单输出的模糊推理,其模糊语句^[5]:

规则 1 if x_1 是 A_1 and x_2 是 B_1 , then x_3 是 C_1 ;

规则 2 if x_1 是 A_1 and x_2 是 B_2 , then x_3 是 C_2 ;

⋮

规则 9 if x_1 是 A_3 and x_2 是 B_3 , then x_3 是 C_9

其中: x_1 是浴比值; x_2 是染色深度; x_3 是元明粉用量; A_1, A_2, A_3 分别是浴比为“小”、“中”、“大”时对应的集合; B_1, B_2, B_3 分别是染色深度为“小”、“中”、“大”时对应的集合; C_1, C_2, \cdots, C_9 分别为各个规则输出(元明粉用量)对应的集合.

以规则 1 为例, A_1 对应为浴比为“小”,根据其隶属函数确定集合 $A_1 = [0.6 \ 0.5]^T$;同理,可确定 $B_1 = [0.2 \ 0.1]^T, C_1 = [0.2 \ 0.1]^T$. 根据模糊规则 $A_1, B_1 \rightarrow C_1$,可确定模糊关系为

$$\begin{cases} R_{A \times B} = A \times B = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}, \\ R_1 = [R_{A \times B}^* \times C]^T = [0.2 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.1]^T \times [0.2 \ 0.1] = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}. \end{cases}$$

同理,根据以上规则,由第 i 个模糊推理规则 $A_m, B_n \rightarrow C_i$,确定第 i 个多元模糊关系 R_i ^[6],分别为

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.1 & 0.1 \end{bmatrix}, \quad R_2 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.4 & 0.4 \\ 0.2 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \end{bmatrix},$$

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_3 &= \begin{bmatrix} 0.6 & 0.6 & 0.6 & 0.6 \\ 0.4 & 0.4 & 0.4 & 0.4 \end{bmatrix}, & \mathbf{R}_4 &= \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}, \\ \mathbf{R}_5 &= \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 & 0.6 & 0.4 \\ 0.4 & 0.4 & 0.4 & 0.4 \end{bmatrix}, & \mathbf{R}_6 &= \begin{bmatrix} 0.8 & 0.8 & 0.7 & 0.7 \\ 0.6 & 0.6 & 0.6 & 0.6 \end{bmatrix}, \\ \mathbf{R}_7 &= \begin{bmatrix} 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}, & \mathbf{R}_8 &= \begin{bmatrix} 0.6 & 0.4 & 0.6 & 0.4 \\ 0.6 & 0.4 & 0.6 & 0.4 \end{bmatrix}, \\ \mathbf{R}_9 &= \begin{bmatrix} 1.0 & 0.8 & 0.9 & 0.8 \\ 0.8 & 0.8 & 0.8 & 0.8 \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

总的模糊关系为

$$\mathbf{R} = \bigcup_{i=1}^9 \mathbf{R}_i \tag{4}$$

将各规则的模糊关系数据代入式(4),可得

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} 1.0 & 0.8 & 0.9 & 0.8 \\ 0.8 & 0.8 & 0.8 & 0.8 \end{bmatrix}.$$

对于任意的浴比值 x_1 、染色深度值 x_2 对应的模糊集合 \mathbf{A}', \mathbf{B}' ,由推理得到的模糊关系 \mathbf{R} ,应用 $\mathbf{C}' = (\mathbf{A}' \times \mathbf{B}') \circ \mathbf{R}$,便能计算得到对应的元明粉用量 x_3 对应的隶属值;然后,通过加权平均法(重心法)^[7]便能精确出元明粉用量的精确值.

以推理浴比值、染色深度 $(x_1, x_2) = (6.0, 1.0)$ 时对应的元明粉用量为例:由式(1),(2)浴比值及染色深度的隶属函数确定出 $\mathbf{A}' = 6.0/0.6 + 5.0/0.5, \mathbf{B}' = 1.0/0.2 + 5.0/0.1$;然后,代入 $\mathbf{C}' = (\mathbf{A}' \times \mathbf{B}') \circ \mathbf{R}$ 中,可得到对应的元明粉用量的模糊集合 $\mathbf{C}' = 40.0/0.2 + 36/0.16$. 最后,将结果代入加权平均法(重心法)公式 $z_0 = \sum_{i=1}^n z_i \mu_C(z_i) / \sum_{i=1}^n \mu_C(z_i)$ 中,可得到元明粉用量的精确值为 38.22. 在各个变量的论域范围内任意取 8 个点 (x_1, x_2) .

按照以上的推理方法,分别得到对应的 8 个元明粉用量值,结果如表 2 所示.

表 2 样布与标准布所产生的色差值

Tab. 2 Color-difference between the standard fabric and the samples

参数	标准布	样布							
		1	2	3	4	5	6	7	8
浴比	8.0	6.0	6.0	7.0	7.0	8.0	9.0	9.0	10.0
染色深度	2.0	1.0	4.5	2.0	4.0	1.5	2.5	3.5	5.5
元明粉用量	60.0	38.22	74.67	56.44	83.78	47.33	65.56	83.78	112.00
色差值	0	0.11	0.23	0.26	0.17	0.33	0.27	0.35	0.41

3 实验验证

3.1 材料与仪器

实验在福建晋江某纺织厂完成,工艺流程如图 2 所示. 织物规格为 32S 棉织物,经过烧毛、退浆、煮练及丝光等前处理;染料为活性兰 RR-BLUE(德国德司达染料化工有限公司),化学助剂纯碱(无水 Na_2CO_3 , 山东海化股份有限公司),元明粉(无水 Na_2SO_4 , 四川省芒硝有限公司). 实验仪器有高温高压染色小样机(福建厦门瑞比精密机械有限公司);DatacolorSF 600X 型测色仪(美国 Datacolor International 公司);X752A 型分光光度计(SDLATLAX 公司).

3.2 对色差的测定

将推理得到的元明粉用量数据,对 8 块样布进行染色,将得到的样布与原根据精确工艺进行染色得

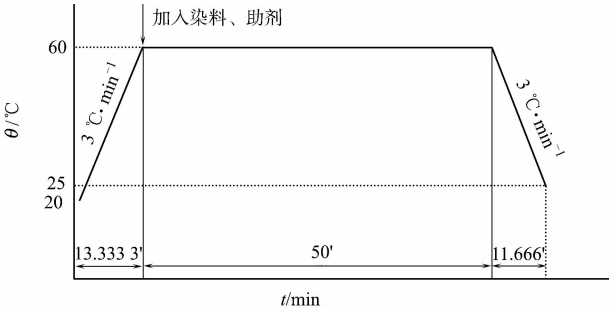


图 2 染色工艺曲线图
Fig. 2 Craft figure of dyeing

到的标准布进行色差比对,以判断色差是否合格^[8]. 根据测色仪分别测定出样布亮度 L 、色饱和度 a 、色相 b 与标准布的 L^* , a^* , b^* 差值,测色系统根据 1976CIELAB 公式计算出两者的色差 $\Delta E^{[9]}$. 记录样布与标准布之间产生的色差值 ΔE ,结果如表 2 所示.

3.3 对色差的判定

对于用 CIELAB 公式计算出的色差 ΔE ,小于 1.7 被认为是可以接受的^[10]. 由表 2 可知:用模糊推理得到的新模型用于大样染色后与原精确工艺相比,其色差 ΔE 均大于 1.7,符合要求. 这证明了模型的可行性,更进一步证明了模糊推理应用与染色工艺的可行性.

4 结束语

提出根据现有的生产厂家所提供的有限的离散的大样染色工艺相关数据,运用模糊逻辑推理,推理出适合大样染色工艺参数值,由已知的精确工艺推出未知工艺的新方法的应用,能解决工艺设计时大小样之间的差别,缩短工艺的设计周期,提高产品质量,降低生产成本. 文中提出的基于模糊推理的针织物染色过程工艺参数设计方法,同样可以应用于对其他工艺参数的设计.

参考文献:

[1] 王菊生. 染整工艺原理:第 3 册[M]. 2 版. 北京:中国纺织出版社,2000:386-483.
[2] 刘茜,王玉亮. ANN 与模糊算法在毛精纺织机效率预报中的对比[J]. 纺织学报,2009,30(1):55-59.
[3] 修大鹏,廉爱军,史学谦. 一种模糊推理方法在冷压工艺设计中的应用[J]. 锻压装备与制造技术,2008(1):12-14.
[4] 冯霜,曾文艺. 基于数值拟合的区间值模糊推理算法[J]. 北京师范大学学报:自然科学版,2008,44(5):27-28.
[5] 许力. 智能控制与智能系统[M]. 北京:机械工业出版社,2006:64-97.
[6] 杜尚丰,孙明,董乔雪. 智能控制理论与应用[M]. 北京:中国农业大学出版社,2006:16-85.
[7] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2008:44-55.
[8] 汪岚,金福江. 活性染料上染率的多远预测模型分析[J]. 纺织学报,2008,29(8):78-80.
[9] 王英. 基于色差公式的印刷图像色差评价方法的研究[D]. 北京:北京印刷学院,2011:48-55.
[10] 曹修平. 印染产品质量控制[M]. 北京:中国纺织出版社,2006:14-68.

A Study on the Model of the Craft Parameters in Batch Dyeing Processes Based on Fuzzy Inference System

LIU Jia¹, JIN Fu-jiang²

(1. Xiamen Institute of Technology, Huaqiao University, Xiamen 361021, China;
2. College of Information Science and Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Based on the existing exact bulk discrete dyeing process data, a method that using fuzzy inference for actual sample dyeing process to get unknown dyeing data is proposed. Taking the relationship of the knitted fabric dyeing process of sodium sulfate dosage, bath ratio and the dyeing depth three as an example for fuzzy reasoning, the actual sample experiments prove that the method of process design is feasible.
Keywords: fuzzy inference; dyeing process; sample dyeing; knitted fabric; process parameters

(责任编辑: 黄仲一 英文审校: 吴逢铁)