

基于模糊模式识别的织物平整度等级评定

杨晓波

(浙江财经学院 信息学院, 浙江 杭州 310012)

摘要 简述了模糊模式识别算法的基本原理, 主要包括模糊规则和模糊推理系统, 描述了模糊模式识别的算法流程, 最后从 Mamdani 模糊模型出发, 介绍模糊模式识别在织物平整度等级评定中的实际应用, 并利用主、客观评价的相关系数验证模糊模式识别算法的可靠性。

关键词 模糊模式识别; 模糊推理; 平整度等级

中图分类号: TN 701; TS 101.923

文献标识码: A

文章编号: 0253-9721(2005)06-0015-04

Fabric smoothness grade assessment based on fuzzy pattern recognition

YANG Xiaobo

(College of Information, Zhejiang University of Finance & Economics, Hangzhou, Zhejiang 310012, China)

Abstract The basic principle of fuzzy pattern recognition was briefly introduced with focus on fuzzy rules and fuzzy inference system. The algorithm procedure of fuzzy pattern recognition and application of Mamdani fuzzy model to fabric smoothness grade assessment were discussed, and the liability of fuzzy pattern recognition was verified by the correlation coefficient between subject and object evaluation.

Key words fuzzy pattern recognition; fuzzy inference; smoothness grade

织物外观平整度等级的评定, 以往多采用标样对照法, 这种方法属于主观评定, 由于人为因素容易带来实验误差。因此, 客观评估织物的平整度等级已成为纺织技术发展的必然趋势。

近年来, 模糊技术飞速发展, 且已经渗透到纺织领域之中。文献[1]采用模糊理论与神经网络相结合评估织物平整度, 本文拟采用模糊模式识别方法客观评定织物的外观平整度等级。

1 模糊模式识别简述

模糊模式识别实际上是一种模糊推理系统, 它是建立在模糊集合理论、if-then 模糊规则和模糊推理等概念的基础之上, 其中模糊规则与模糊推理是模糊集合理论最重要的建模工具。

在模糊关系的基础上可以建立模糊规则, if-then 模糊规则的形式为

$$\text{if } x \text{ 是 } A \text{ then } y \text{ 是 } B \quad (1)$$

其中 A 和 B 分别是 2 个变量 x, y 的变化范围。通常, 称“ x 是 A ”为前件或前提, “ y 是 B ”为后件或结论。

在使用 if-then 模糊规则对系统进行建模和分析之前, 必须将表达式“if x 是 A then y 是 B ”的意义形式化。基本上, 这个表达式描述的是变量 x, y 之间的关系, 这意味着 if-then 模糊规则可以定义为乘积空间 $X \times Y$ 上的二元模糊关系 R :

$$R = A \rightarrow B = A \times B =$$

$$\int_{X \times Y} \mu_A(x) \bar{*} \mu_B(y) / (x, y) dx dy \quad (2)$$

其中, $\bar{*}$ 是 T 范式算子, $A \rightarrow B$ 用来表示模糊关系 R 。

R 可以看作具有二维隶属度函数的模糊集合:
 $A \rightarrow B$

$$\mu_R(x, y) = f(\mu_A(x), \mu_B(y)) = f(a, b) \quad (3)$$

其中 $a = \mu_A(x), b = \mu_B(y)$, 分别代表输入特征量 A 和输出特征量 B 的隶属度函数, 在本文中具体表示织物平整度特征值和平整度等级的隶属度函数, $\mu_R(x, y)$ 是输出隶属度函数, 函数 f 被称为模糊隐含函数, 它负责将 A 中 x 和 B 中 y 的隶属度转换为 $A \rightarrow B$ 中 (x, y) 的隶属度。

模糊推理系统构成了模糊模式识别的核心, 由

于其多学科性质,还有许多其它的名称,如基于模糊规则的系统、模糊专家系统^[2]、模糊模型^[3,4]、模糊联想存储^[5]等。实施模糊推理系统的基本思路是根据实际问题制定一系列模糊规则,并定义模糊规则中用到的隶属函数,借助一套推理机制,按照规则和所给事实执行推理过程求得合理的输出或结论。

模糊推理的输出可以采用去模糊化方法,它可将输出的模糊集合转换成一个精确的数值。去模糊化通常采用面积中心法,结合式(3),得到去模糊化值的表达式:

$$Z_{\text{COA}} = \int_S \mu_R(x, y) s ds / \int_S \mu_R(x, y) ds \quad (4)$$

其中, $\mu_R(x, y)$ 是输出隶属度函数; S 为输出隶属度函数与坐标轴所围成的面积; Z_{COA} 即为计算出的去模糊化值。这是一种较为普遍的去模糊化策略,所得的去模糊化值也较为准确。

2 模糊模式识别算法流程

模糊模式识别算法原则上分3步进行:1) 特征提取。从对象 p 中提取与识别有关的特征,并测出 p 在各特征上的具体数据。2) 建立隶属度函数。模糊性概念的外延对应的是模糊集合,当确定了某一研究对象,也就是给定了论域(对象 p 的变化范围) U 上的一个模糊子集,这样的模糊子集完全由其隶数函数所描述。3) 识别判决。按某种归属原则对 p 进行判决,指出它应归属哪一类型。本文主要应用择近原则进行识别分类。

择近原则的基本原理是设论域 U 上有 n 个模糊子集: A_1, A_2, \dots, A_n , 而被识别的对象是模糊的,也是论域 U 上的模糊子集 B , 这时就要考虑 B 与每个 $A_i (i=1, 2, \dots, n)$ 的贴近程度 (B, A_i) 。 B 和哪一个 A_i 最贴近就认为它属于哪一类,这就要用到择近原则。

若 A_i 和 B 满足

$$(B, A_i) = \max\{(B, A_1), (B, A_2), \dots, (B, A_n)\} \quad (5)$$

则认为 B 与 A_i 最接近。

模糊模式识别算法的工作流程如图1所示。

3 基于模糊模型的织物平整度等级评定

Mamdani 模糊模型^[6]的模糊推理规则是以模糊推理系统为基础,并在此基础上进行改进,基本形式为

$$R: \text{If } x_1 \text{ is } A_1, \dots, x_r \text{ is } A_r \text{ then } y \text{ is } B \quad (6)$$

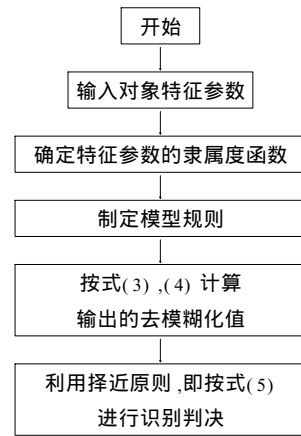


图1 模糊模式识别工作流程

其中, A 和 B 分别代表输入、输出函数的隶属度。 x 为输入变量, y 为输出变量。 $x \in U, y \in V, U, V$ 分别为输入和输出变量的变化范围,也称输入论域和输出论域。

将 Mamdani 模糊模型应用于织物平整度等级评定,其工作过程分为2部分:一是按模糊模式识别工作流程,计算出 AATCC 模板各个级别的去模糊化值;二是按同样流程计算出各织物试样的去模糊化值,再与 AATCC 的反模糊化值比较,然后按择近原则,确定试样的平整度等级。

3.1 模板各等级去模糊化值计算

参照模糊模式识别工作流程,首先利用光度立体视觉法重建织物模板的三维形状^[7],并从获取的三维轮廓数据中提取反映织物平整度的特征参数,它们分别是对比度(con)、功率谱密度(f)、表面面积(sa)、扭曲度(S)、峰度(K)、平均偏移量(Raa)、分形维数(D)、粗糙度(σ)、整体折皱密度(Wd)、尖锐度(Maxsharp)等共10种^[8-14]。

其次,确定各特征参数的隶属度函数。关于隶属度函数的合理选择目前还没有完整的理论支持,尚以经验选择为主。实践经验表明,为了消除隶属度函数自身对输出结果的影响,宜选用曲线较为平滑的隶属度函数,这样可以避免因隶属度函数自身变化剧烈而导致的运算失真,提高输出结果的准确率。

表1为10种特征参数选择的隶属度函数(mf)。

以功率谱密度为例,隶属度函数选用高斯函数。如把织物折皱情况大致分成3档,即小皱(平整度好)、中皱(平整度中等)、大皱(平整度差),则功率谱密度的隶属度函数曲线如图2所示。

由图2可知,3条高斯函数曲线分别代表小皱、中皱和大皱。功率谱密度值越小,则平整度越好,对应小皱的隶属度越大;反之,功率谱密度值越大,平

表 1 各特征参数所对应的隶属度函数

con	f	sa	S	K	Raa	D	σ	Wd	Maxsharp
钟形 mf	高斯 mf	S 形 mf	高斯 mf	钟形 mf	高斯 mf	高斯 mf	S 型 mf	钟形 mf	高斯 mf

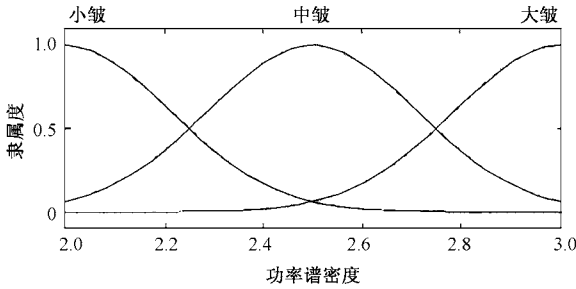


图 2 隶属度函数曲线图

平整度越差,对应大皱的隶属度越大;功率谱密度值适中时,对应中皱的隶属度最高。

为此应用 Mamdani 模糊模型并按式(6)制定以下 3 条模糊规则。

规则 1 : If (f is 小) and (sa is 小) and (S is 小) and ... then (wrinkle is 小皱)

规则 2 : If (f is 大) and (sa is 大) and (S is 大) and ... then (wrinkle is 大皱)

规则 3 : If (f is 中) and (sa is 中) and (S is 中) and ... then (wrinkle is 中皱)

整个模糊推理系统结构框图如图 3 所示。

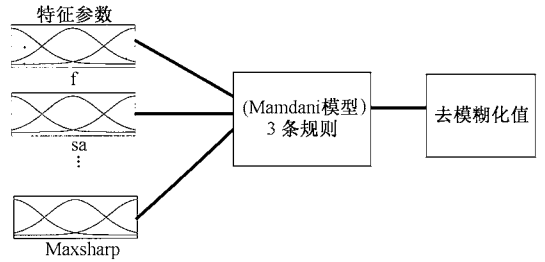


图 3 模糊推理系统图

从模糊推理系统出发,结合模糊模式识别算法流程,计算各个平整度等级的去模糊化值,结果见表 2。

表 2 基于光度立体视觉法的 AATCC 模板特征参数及去模糊化值

外观平整度等级	特征参数										去模糊化值
	con	f	sa	S	K	Raa	D	σ	Wd	Maxsharp	
1 级	0.615 4	0.739 4	0.665 0	0.505 7	0.453 8	0.128 7	0.417 0	0.598 9	0.518 5	0.632 3	2.76
2 级	0.523 5	0.638 1	0.541 8	0.451 8	0.434 3	0.138 9	0.410 6	0.566 3	0.434 9	0.546 5	2.70
3 级	0.440 6	0.171 4	0.337 4	0.407 7	0.429 4	0.257 0	0.407 9	0.424 7	0.496 1	0.439 4	2.57
3.5 级	0.221 9	0.115 0	0.271 0	0.399 7	0.394 8	0.344 7	0.405 6	0.301 7	0.335 1	0.278 6	2.50
4 级	0.224 3	0.053 3	0.225 5	0.328 7	0.365 0	0.585 6	0.404 6	0.171 4	0.323 3	0.139 3	2.45
5 级	0.231 2	0.026 9	0.161 8	0.325 7	0.363 3	0.660 5	0.403 6	0.141 1	0.281 5	0.107 2	2.39

由表 2 可见,随着平整度等级的降低,去模糊化值依次减小,各平整度等级间的去模糊化值有一定差异,从而为客观评定平整度等级奠定了基础。

3.2 织物外观平整度等级的实际评定

首先选取素色、印花等 26 块织物试样,利用三维重建算法重建织物三维形态,并从中提取对比度等 10 个特征参数,再对特征参数进行归一化处理,以此作为模糊推理系统的输入;然后确定各特征参数对应的隶属度函数及 3 条模糊规则,计算各试样的去模糊化值;最后,将各试样的去模糊化值与模板各等级的去模糊化值相比较,再根据择近原则,确定各试样的平整度等级。表 3 为基于 Mamdani 模糊模型计算出的各试样的去模糊化值和外观平整度等级的主、客观评定结果。

为了确定评定结果的准确性,将客观评价结果与专家目测的主观评价结果进行对照,并计算两者的相关系数(R^2),结果见图 4。

从图 4 可以看出,主观评价与客观评价的相关

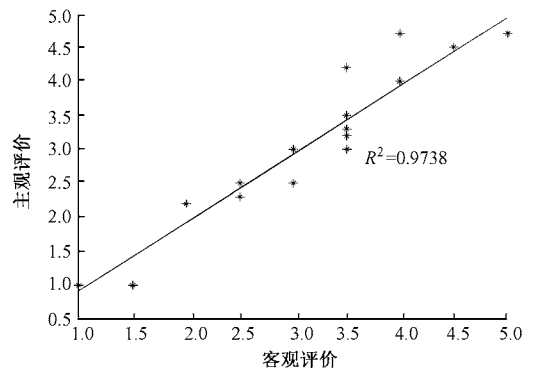


图 4 主观与客观评价的相关图

系数很高,达到 97.38%,这说明模糊模式识别方法是客观评定织物外观平整度等级的有效途径,基本与主观评价的结果相一致。

4 结 论

1) 基于 Mamdani 模糊模型的模式识别方法,在隶属度函数和模糊规则选取合适的前提下,可以得到较为准确的去模糊化值。结果显示,织物表面变

表3 织物试样外观平整度等级的主、客观评定结果

样本序号	模糊评判值 (Fuzzy)	客观评价 等级/级	主观评价 等级/级
1	2.56	3	3
2	2.78	1	1
3	2.57	3	2.5
4	2.38	5	4.7
5	2.46	4	4.7
6	2.42	4.5	4.5
7	2.64	2.5	2.5
8	2.65	2.5	2.3
9	2.71	2	2.2
10	2.64	2.5	2.5
11	2.51	3.5	3
12	2.73	1.5	1
13	2.77	1	1
14	2.51	3.5	3.3
15	2.65	2.5	2.5
16	2.58	3	3
17	2.50	3.5	3
18	2.51	3.5	4.2
19	2.58	3	3
20	2.57	3	3
21	2.51	3.5	3.2
22	2.58	3	3
23	2.51	3.5	3.2
24	2.52	3.5	3.3
25	2.51	3.5	3.5
26	2.45	4	4

化幅度越大,去模糊化值越大,反之,则越小。利用“择近原则”即可进行织物外观平整度等级的客观评定。

2) 基于光度立体视觉法提取的平整度特征量,结合模糊模式识别技术,可以对26种织物样本的外观平整度等级进行评价,评价结果与主观评价的相关系数达到97.38%,这说明,只要输入特征量合适,模糊模式识别技术可较好地应用于织物外观平整度等级的客观评定。

3) 模糊集理论是为了表达人的自然语言和推

理中不明确的方面而提出的,因此其应用中往往不可避免地带有主观因素,比如隶属度函数的选取,模糊推理规则等。也正因为如此,它能够比较好地把人们的先验知识和常识加到一个智能系统中。从工程应用的角度看,模糊技术有其明显的优势。

参考文献:

- [1] Chang K P, Tae J K. Objective evaluation of seam pucker using artificial intelligence, part II: method of evaluating seam pucker [J]. Textile Res J, 1999, 69(11): 835 - 845.
- [2] Kandel A. Fuzzy Expert Systems [M]. Boca Raton, FL CRC Press, Inc, 1992. 316.
- [3] Sugeno M, Kang G T. Structure identification of fuzzy model [J]. Fuzzy Sets and Systems, 1988, 28(2): 15 - 33.
- [4] Takagi T, Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control [J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1985, 15(3): 116 - 132.
- [5] Kosko B. Neural Networks and Fuzzy Systems: a Dynamical Systems Approach [M]. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1991. 449.
- [6] Mamdani E H, Assilian S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller [J]. International Journal of Man Machine Studies, 1975, 7(1): 1 - 13.
- [7] Nayar S K, Ikeuchi K, Kunade T. Extracting shape from reflectance of hybrid surfaces by photometric sampling [J]. Image Understanding Workshop, 1989, 10(3): 563 - 583.
- [8] Pourdeyhimi B, Xu B. Evaluation carpet appearance loss: periodicity and placement [J]. Textile Res J, 1994, 64(1): 21 - 32.
- [9] Kang T J, Whang H S. A new objective method of measuring fabric wrinkles using a 3-D projecting grid technique [J]. Textile Res J, 1999, 69(4): 261 - 268.
- [10] Young J N, Behnam F. Assessing wrinkling using image analysis and replicate standards [J]. Textile Res J, 1995, 65(3): 149 - 157.
- [11] Kawabata S, Niwa M. An experiment on human sensory measurement and its objective measurement, case of the measurement of a seam pucker level [A]. In: Proc 25th Textile Research Symposium [C]. Mt Fuji, Japan. 1996. 85 - 88.
- [12] 陈健敏. 分形理论在织物折皱评定中的应用[J]. 中国纺织大学学报, 1999, 25(2): 34 - 37.
- [13] Fan J, Hui P L. Objective evaluation of pucker in three-dimensional garment seams [J]. Textile Res J, 1999, 69(7): 467 - 472.
- [14] Xu B, Cuminato D F. Evaluating fabric smoothness appearance with a laser profilometer [J]. Textile Res J, 1998, 68(12): 900 - 906.