

一种基于粗糙集的纺织企业纱线质量评价模型

李霞¹ 郭浩龙¹ 张保威¹ 王永华^{1,2}

(郑州轻工业学院 郑州 450002)¹ (纺织服装产业河南省协同创新中心 郑州 451191)²

摘要 纺织企业对纱线质量进行客观评价具有重要现实意义。针对现有评价体系过度依赖于主观经验判定的缺点,将粗糙集理论引入纱线质量评价,提出了评价指标离散化算法并构建了评价度量函数,在此基础上建立了基于粗糙集的纱线质量评价模型。实验结果表明该模型实现简单,运行效率高,为企业质量管理者进行决策提供了更加客观的数据支持。

关键词 粗糙集,纱线质量,离散化,评价模型

中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

Evaluation Model of Textile Yarn Quality Based on Rough Set Theory

LI Xia¹ GUO Hao-long¹ ZHANG Bao-wei¹ WANG Yong-hua^{1,2}

(Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)¹

(Collaborative Innovation Center of Textile and Garment Industry, Zhengzhou 451191, China)²

Abstract It has important practical significance for textile enterprises to evaluate objectively the yarn quality. According to the disadvantage the existing evaluation system is overly dependent on subjective experience to determine, this paper put rough set theory into the evaluation of yarn quality, and put forward the discrete algorithm of the evaluation index and constructed the evaluation metric function. On this basis, the yarn quality evaluation model was established based on rough set. The experimental results show that the model is simple and high efficient, and provides more objective data for the quality manager to carry on the decision-making.

Keywords Rough sets, Yarn quality, Discretization, Evaluation model

1 引言

随着市场竞争的日趋激烈,客户对企业的产品质量要求也越来越高,质量问题越来越受到企业的重视,提高产品质量成为国内外企业适应激烈市场竞争的永恒主题^[1]。而随着计算机应用的不断深入,纺织企业信息管理系统中已经存储了大量与产品质量相关的数据,纺织企业迫切需要从这些海量的数据中提取出有意义的信息,以帮助管理者进行管理决策,数据挖掘技术正是为顺应这种需要而发展起来的。粗糙集理论(Rough Sets Theory)是一种重要的数据挖掘方法,其特点是不需要任何先验信息,仅从数据本身出发,通过对数据进行约减,就可以得出有价值的决策规则,其应用仅依赖客观数据,不需要人工参与^[2]。因此,本文将粗糙集理论应用于纺织企业纱线质量评价,建立了基于粗糙集的纱线质量评价模型。实验结果表明该模型易于实现,准确可靠,为更全面和准确地评定纱线质量提供了数据支持。

2 相关知识及定义

2.1 纺织企业主要质量指标

质量是企业生命线,企业只有依靠优良的产品质量才

能在竞争中立于不败之地。纺织企业要保证纱线的质量,必须在生产过程中对产品质量进行严格控制,使其满足一定的质量指标,目前纺织企业主要的质量指标包括强力、棉结、毛羽、重量、纱疵、条干、捻度等方面^[3]。

2.2 相关定义

纺织企业纱线质量评价过程是一个典型的多属性决策排序过程,而整个评价体系可以同步转化为一张标准的有序信息表,对单个指标的评价则是一种序关系。传统的粗糙集理论是以等价关系为基础的,可在现实生活中许多问题并不能用等价关系来表示,它们之间是有序的,我们将这种关系称为弱序关系^[4]。

定义1 U 为非空论域, $>$ 为 U 上的二元关系,如果满足以下两个条件:

反对称性: $x > y \Rightarrow \neg(y > x)$;

负传递性: $\neg(x > y) \wedge \neg(y > z) \Rightarrow \neg(x > z)$

则 $>$ 称为 U 上的弱序关系。

定义2 有序信息表(OIT)是一个二元组:

$OIT = (IT, \{>_a | a \in A_r\})$

其中, $>_a$ 是 V_a 上的弱序关系,对任意的 $x, y \in U, x >_a y \Leftrightarrow I_a(x) > I_a(y)$; IT 是标准信息表, $IT = (U, A_r, \{V_a | a \in A_r\})$,

本文受河南省产学研合作项目(132107000003),河南省科技成果转化项目(142201210006)资助。

李霞(1962—),女,教授,硕士生导师,主要研究方向为计算机网络技术及应用, E-mail: lixia@zzuli.edu.cn; 郭浩龙(1988—),男,硕士生; 张保威(1980—),男,副教授,主要研究方向为数据挖掘智能数据处理; 王永华(1963—),男,教授,硕士生导师,主要研究方向为先进工业自动化技术集成、工业控制网络与系统的研究和应用。

$\{I_a | a \in A_i\}$, 其中 U 是非空论域, A_i 是属性集, V_a 为值域, I_a 为由论域到值域之间的映射。

对任意的 $x, y \in U$, 我们不需考虑实体本身之间的关系, 即 $x \neq y$, 故论域为: $U \times U^+ = U \times U - \{(x, x) | x \in U\} = \{(x, y) | x, y \in U; x \neq y\}$ 。

定义 3 考虑一个有序信息表(OIT), 对决策规则 r_p 有 $[x_p]_C \not\subseteq [x_p]_D$, 若对任意的 $a \in C$, 有 $[x_p]_{C-(a)} \not\subseteq [x_p]_D$, 则 a 为 r_p 的核值属性, a 为 r_p 中不可省略的; 若 $[x_p]_{C-(a)} \subseteq [x_p]_D$, 则 a 不是 r_p 的核值属性, a 为 r_p 中可省略的。

定义 4 将有序信息表 OIT 转化为二元信息表 DOIT 的方法定义为:

$$DOIT = (U \times U^+, A_i, \{V_a | a \in A_i\}, \{I_a | a \in A_i\}) \quad (1)$$

$$\text{其中, } I_a = \begin{cases} 0, & x >_a y \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases}.$$

定义 5 对任意的属性指标 $a \in A_i$, 其度量权重为:

$$S(a) = r_P(A_i) - r_{P-a}(A_i) \quad (2)$$

其中, $P, Q \subseteq A_i$, $POS_P Q$ 表示 Q 的 P 正域, $r_P(Q) = \frac{\text{card}(POS_P Q)}{\text{card}(U)}$ 。

由于每个评价指标的取值类型不同, 有数值型的, 也有非数值型的, 如果要对纺织企业订单产品质量进行整体评价, 需要对其进行离散化。

定义 6 对任意的属性 $a_i \in A_i$, 如果其属性值为数值型, 那么对属性值 $I_{a_i}(O_j)$ 的离散化公式为:

$$V_{a_i}(O_j) = \frac{I_{a_i}(O_j) - \min\{V_{a_i}\}}{\max\{V_{a_i}\} - \min\{V_{a_i}\}} \quad (3)$$

对任意的属性 $a_i \in A_i$, 如果其属性值为非数值型, 属性值 $I_{a_i}(O_j)$ 的离散化公式为:

$$V_{a_i}(O_j) = \frac{r(R_{a_i}, I_{a_i}(O_j))}{t-1} \quad (4)$$

其中, t 为该属性值域中属性值的个数, R_{a_i} 为属性 a_i 值域的排序序列 $I_1(a_i) >_{a_i} I_2(a_i) >_{a_i} \dots >_{a_i} I_t(a_i)$, $r(R_{a_i}, I_{a_i}(O_j))$ 为属性值在值域排序序列中所处的位置。

为了实现对订单产品质量评估实体进行更加客观的综合评价, 本文提出了订单产品质量评价度量函数, 其定义如下。

定义 7 实体 O_j 的评价度量函数定义为:

$$W(O_j) = \sum_{i=1}^n s(a_i) \times v_{a_i}(O_j) \quad (5)$$

其中, $v_{a_i}(O_j)$ 表示实体 O_j 在属性 a_i 上的离散化后的值, n 为属性的个数, $s(a_i)$ 为属性 a_i 的权重。

定义 8 为了评价得到的评价排序与实际评价排序的误差, 本文引用 Spearman^[5] 的排名相关性系数 ρ , 序 R_1 和 R_2 之间的系数 ρ 为:

$$\rho = 1 - \frac{6 \times \sum_{a_i \in U} (r(R_1, x) - r(R_2, x))^2}{(\text{card}U)^3 - \text{card}U} \quad (6)$$

其中, $r(R_i; x)$ 表示实体 O_x 在序 R 中的位置, R_1 与 R_2 的排序相同当且仅当 $\rho = 1$, R_1 与 R_2 的排序相反当且仅当 $\rho = -1$ 。当 R_1 和 R_2 分别为求出的序和实际排序时, ρ 就变成了排序的准确系数, ρ 与排序的准确率成正比。

3 纱线质量评价模型

由于纱线质量评价过程是一个典型的多属性决策排序过程, 而多属性决策排序的操作对象是标准的有序信息表, 因此对纱线质量评价的过程就是对有序信息表进行处理的过程。

假设待评价纱线质量数据表 OIT 有 m 个待评价实体元素, n 个属性指标, 则对 OIT 总体评价排序的模型如下。

INPUT: 学习样本集 Learn_OIT, 待评价纱线质量数据表 OIT

OUTPUT: OIT 总体评价排序

Step1 使用式(1)将学习样本集 Learn_OIT 转化为二进制信息表 Learn_OIT;

Step2 采用文献[6]中的粗糙集约简算法消除学习样本集 Learn_OIT 中的冗余属性, 得到约简 R (设 R 有 k 个属性指标), 然后使用式(2)中的权重函数求取每个属性指标的权重 $S(a_i)$;

Step3 对待评价纱线质量数据 OIT 进行数据简化, 根据 step2 中从学习样本集中得到的约简 R 消除 OIT 的冗余属性指标, 得到简化的待评价纱线质量数据表 OIT1;

Step4 使用式(3)和式(4)对 OIT1 进行数据离散化, 得到离散化后的纱线质量数据 OIT2;

Step5 使用式(5)的评价度量函数求取 OIT2 中每个待评价纱线质量实体的综合评价值 W_j ;

Step6 根据综合评价值 W_j 由大到小的顺序, 对 OIT2 中的纱线质量实体元素排序, 如果存在综合评价值相等的实体, 则考察原始 OIT 中的非约简核值属性, 找出权重最高的非约简核值属性, 根据纱线质量实体在该属性上的值进行排序。

4 实验分析

为了说明本文所提方法的有效性, 我们选取纺织企业纱线质量数据作为分析对象, 纱线质量评估体系中包含的属性指标主要有强力、棉结、毛羽、重量、纱疵、条干、捻度等。

在实验过程中, 本文选取了纺织企业近一年的纱线质量数据作为数据总体, 进行编号后采用随机数字表随机抽取 5000 条数据组成学习样本集, 用于对数据进行训练, 并抽取 5 条纱线质量数据作为待评价数据。

在 Step1 和 Step2 中, 根据模型提供的方法对学习样本集进行训练得到了纱线质量评价指标的约简: $R = \{\text{纱疵, 棉结, 条干, 强力, 重量}\}$ 。

然后使用式(2)中的权重函数得到了每个属性指标的权重: $S(\text{纱疵}) = 0.27$; $S(\text{棉结}) = 0.32$; $S(\text{条干}) = 0.22$; $S(\text{强力}) = 0.11$; $S(\text{重量}) = 0.08$ 。

Step3 根据约简 R 对待评价纱线质量数据进行简化, 得到了简化后的纱线质量数据表 OIT1, 如表 1 所列。

表 1 约简后的纱线质量数据表

序号	纱疵 (个/十万里)	条干 (CV%)	棉结	强力	重量 (CV%)
1	2	12.35	15	239.1	1.4
2	2	11.99	18	264.1	1.2
3	4	14.33	45	252.6	1.7
4	4	11.83	17	256.6	1.2
5	7	14.50	49	262.8	1.1

Step4 使用式(3)和式(4)对 OIT1 进行数据离散化, 得到离散化后的纱线质量数据 OIT2, 如表 2 所列。

表 2 离散化后的纱线质量数据表

序号	纱疵 (个/十万里)	条干 (CV%)	棉结	强力	重量 (CV%)
1	0.105263	0.19	0.104167	0.1875	0.212121
2	0.105263	0.22773	0.125	0.207105	0.181818
3	0.210526	0.220462	0.3125	0.198087	0.257576
4	0.210526	0.182	0.118056	0.201223	0.181818
5	0.368421	0.223077	0.340278	0.206085	0.166667

Step5 和 Step6 使用式(5)的评价度量函数求取 OIT2 中每个待评价订单产品质量实体的综合评价值 W_j , 并根据综合

评价值的大小对纱线质量实体元素排序: $W_5 > W_3 > W_4 > W_2 > W_1$ 。

经过 Step1 到 Step6, 依照该质量评价模型对 5 条待评价的纱线质量数据做出质量评价。经对比, 该模型得出的评价数据与最初评价模式的评结果一致, 且该模型实现简单, 不依赖专家经验仅依靠自身数据即可挖掘出对纱线质量影响较大的属性指标, 更具科学性和准确性。

结束语 针对现有纺织企业纱线质量评价体系的不足, 将粗糙集理论应用到纱线质量评价中, 提出一种新的纱线质量评价模型, 借助于文中提出的离散化算法和评价度量函数, 实现对纱线质量实体的综合评价。与传统的方法相比, 该方法简单易用, 仅依靠自身所提供的信息来进行评价, 其结果更加客观准确。实验分析表明所提出的模型在误差允许范围内是有效可行的, 而且实现简单, 并有效降低了时间复杂度。

(上接第 541 页)

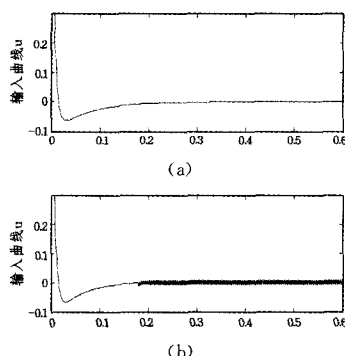


图 2 控制输入曲线对比图

从仿真图中可以看出, 采用 Delta 算子 S 变速趋近律(7)设计的滑模软切换控制系统, 闭环极点趋近于对应的连续系统的闭环极点, 系统仍然渐近稳定。该系统既能快速趋近切换面, 又最终稳定于平衡状态, 颤振幅度小于采用指数趋近律的情形。若采用 Delta 算子变速趋近律(5), 在趋近过程中, 系统有较大的颤振, 不利于控制器的长期运行。若采用 Delta 算子饱和趋近律(6), 虽然系统也能较好的运行, 但改变仿真中的不确定项参数时, 由于系统不具有鲁棒性, 会导致控制器无法实现。而基于 Delta 算子 S 变速趋近律(7)设计的滑模软切换控制系统则在趋近运动过程有一定的偏差, 在滑模运动过程内, 与上述仿真几乎一样。

结束语 本文利用具有光滑性、严格单调性和饱和性的 sigmoid 函数, 提出了一种 Delta 算子 S 变速趋近律, 设计了不确定 Delta 算子系统的滑模软切换控制器, 消除了前向移位算子在采样频率很高时易产生的病态问题, 优化了快速采样控制系统, 具有良好的动态性能。另外, 具有随机和时滞的 Delta 算子采样系统是进一步研究的工作重点。

参考文献

- [1] Suchomski P. Numerically robust delta-domain solutions to discrete-time Lyapunov equations[J]. System & Control Letters, 2002, 47(4): 319-326
- [2] 李惠光, 武波, 李国友, 等. Delta 算子控制及其鲁棒控制理论基础[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005
- [3] 林瑞全, 陈四连, 丁旭玮. 基于 Delta 算子的永磁直线同步电机非脆弱保性能速度控制器设计[J]. 控制理论与应用, 2010, 27(11): 1443-1447

参考文献

- [1] 罗书强, 何玉林, 贾彦民, 等. 基于数据仓库的集成质量决策支持系统的研究[J]. 计算机工程与应用, 2001, 37(6): 1-3
- [2] 周丹晨. 融合粗糙集和商空间的企业级信息系统日志挖掘方法[J]. 计算机科学, 2014(S1): 421-422
- [3] 詹俊, 费树岷. 基于数据挖掘的纺织企业质量管理系统[J]. 江苏纺织, 2013(1): 42-46
- [4] Sai Y, Yao Y Y, Zhong N. Data analysis and mining in ordered information tables[C]//Proc. IEEE Int'l Conf. on Data Mining. 2001: 497-504
- [5] 庞南生, 张洪青. 一种基于 Spearman 秩相关系数与熵的多属性决策方法[J]. 运筹与管理, 2003, 12(5): 52-56
- [6] 刘振华, 刘三阳, 王珏. 基于信息量的一种属性约简算法[J]. 西安电子科技大学学报, 2003, 30(6): 835-838
- [4] Won W, Lee K. Identification of a multivariable Delta operator stochastic state-space model with distributed time delays; application to a rapid thermal processor[J]. Computers & Chemical Engineering, 2012, 40(11): 223-230
- [5] 刘云龙. 变结构控制策略及在广义系统和 δ 算子系统中设计研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012
- [6] 代小红. 一种非线性离散动态投入产出系统的最优控制[J]. 计算机科学, 2012, 39(8): 256-272
- [7] 肖会敏, 赵林, 王春花. 不确定时滞切换系统的鲁棒滑模控制[J]. 控制理论与应用, 2011, 28(11): 1621-1626
- [8] 李炜, 曹慧超. 不确定 NCS 动态输出反馈鲁棒 H_∞ 保性能容错控制[J]. 计算机科学, 2012, 39(7): 305-312
- [9] 刘云龙, 高存臣, 任启峰, 等. 水下机器人基于 sigmoid 函数的软变结构控制[J]. 电机与控制学报, 2012, 16(2): 90-95
- [10] Liu Y, Gu S, Kao Y, et al. Soft variable structure controller design for constrained systems based on S-class functions[J]. Neural Computing & Applications, 2015, 26(3): 705-711
- [11] Liu Y, Zhang C, Gao C. Dynamic soft variable structure control of singular systems[J]. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 2012, 17(8): 3345-3352
- [12] Liu Y, Kao Y, Gu S, et al. Soft variable structure controller design for singular systems[J]. Journal of the Franklin Institute, 2015, 352(4): 1613-1626
- [13] 高存臣, 刘云龙, 李云艳. 不确定离散变结构控制系统的趋近律方法[J]. 控制理论与应用, 2009, 26(7): 781-785
- [14] 姚郁, 张瑞. Delta 算子不确定系统扩展参数依赖 H_∞ 控制[J]. 控制与决策, 2009, 24(2): 293-296
- [15] 王武, 郭祥贵, 冉华军, 等. Delta 算子描述系统的非脆弱 H_∞ 滤波器设计[J]. 控制理论与应用, 2008, 25(6): 1072-1076
- [16] 肖民卿, 苏宏业, 徐巍华. Delta 算子时滞系统的可靠 D-镇定[J]. 控制理论与应用, 2013, 30(1): 77-83
- [17] 张彩虹, 刘云龙, 高存臣, 等. Delta 算子不确定系统的滑模变结构控制[J]. 控制与决策, 2012, 27(2): 237-242
- [18] 刘云龙, 韩星海, 唐述宏. 基于趋近律方法的 Delta 算子滑模变结构控制系统[J]. 计算机应用, 2013, 33(8): 2397-2400
- [19] Xia Y, Fu M, Yang H, et al. Robustness sliding mode control for uncertain time-delay systems based on delta operator[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2009, 56(9): 3646-3655
- [20] Yang H, Xia Y, Shi P. Observer-based sliding mode control for a class of discrete systems via Delta operator[J]. Journal of the Franklin Institute, 2010, 347(7): 1199-1213