

# 纺织品智能工艺设计与质量预测系统

项前, 吕志军, 杨建国

( 东华大学 机械工程学院, 上海 200051 )

**摘要** 分析了纺织品智能工艺设计与质量预测系统的多层架构, 阐述了系统的主要功能, 提出了基于实例的纺织工艺推理模型和基于人工神经网络的工艺-质量预测模型, 从工程应用的角度展示了信息技术和人工智能技术在纺织企业的应用与实现情况。

**关键词** 多层结构; NET; 工艺设计; 质量预测; CBR; ANN

中图分类号: TS 103.7 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)03-0118-03

## Intelligent process planning and quality prediction for textiles

XIANG Qian, LÜ Zhijun, YANG Jian-guo

( College of Mechanical Engineering, Donghua University, Shanghai 200051, China )

**Abstract** Aiming at artificial intelligence in process planning and quality prediction for textiles, the n-tiered system framework was analyzed. Using NET platform, the main functions were described in details, the modeling of CBR based process planning and ANN based quality prediction was proposed. Some methodologies were illustrated to show the application of artificial intelligence in combination with information technology in textile manufacturing.

**Key words** n-tiered; NET; process planning; quality prediction; CBR; ANN

电子信息技术在纺织生产上的广泛应用, 推动了纺织技术迅速向优质、高产、自动化、连续化方向发展, 智能化的生产方式已成为现代纺织技术的主要特征<sup>[1]</sup>。纺织品智能工艺设计和质量预测系统通过数字化和智能化手段, 在集成的 WEB 信息平台支持下, 计算机辅助纺织品工艺生成与决策优化, 并将工艺设计结果应用于质量预测模型, 实现工艺指令的虚拟加工<sup>[2]</sup>以及工艺调整或补偿, 以改进纺织品的生产工艺和提高加工质量, 并快速地适应市场的变化。

## 1 系统的框架结构和功能组成

### 1.1 基于 NET 技术的多层系统框架结构

多层设计架构的优点是透明和封装、高内聚、低耦合、易扩展和便于开发分工, .net 技术是新一代基于 Internet 的分布式计算应用开发平台, 它为多层体系结构的实现提供了良好的技术基础<sup>[3]</sup>。

基于 .net 技术的多层应用系统框架将复杂的纺织工艺设计业务功能分解为多层进行处理, 如图 1 所示。

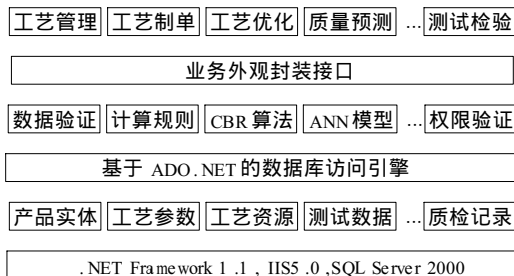


图 1 基于 .net 的多层分布式系统框架

1.1.1 开发平台层 指系统软件开发运行所需环境, 本系统采用 .net Framework 1.1 作为开发平台, International Information Server 5.0 及以上作为 WEB 服务平台, SQL SERVER 2000 作为数据库服务器。

1.1.2 业务实体层 业务实体层解决了业务数据的表现形式问题, 它包含各层间传递信息的数据集。根据需求分析结果, 每个业务实体选择适当的数据结构, 描述产品订单、工艺参数、工艺资源、相关质量测试数据、在线检验记录等各种业务对象。

1.1.3 数据访问层 数据访问层从业务规则层接受数据存取请求, 使用 ADO.NET 完成对数据库的 CRUD 操作 [ 创建 ( Create )、读取 ( Read )、更新

(Update)、删除(Delete)],执行结果以表示业务实体的数据类型返回。

1.1.4 业务规则层 主要包括数据有效性验证、工艺参数计算或配置、基于实例的工艺推理、基于人工神经网络的质量预测模型配置、数据和功能访问权限验证等规则。该层从业务外观层接受请求,经数据访问层处理,完成各种业务规则和逻辑的实现。

1.1.5 业务外观层 业务外观层为高层 WEB 应用系统提供一致的应用接口,将 WEB 应用层与各种业务功能的具体实现隔离开来。从 WEB 应用层接受用户输入传递给业务规则层,将响应从业务规则层返回到 WEB 层。

1.1.6 WEB 应用层 WEB 应用层在其它各层的基础上,建立客户端应用。具体包括以产品工艺为核心的工艺管理、工艺编辑、工艺优化、工艺质量预测和分析、产品测试、生产检验等应用。

## 1.2 主要功能模块

1.2.1 工艺单编辑 基于纺织产品结构,进行总工艺单和分工艺单交互设计。总工艺单包括毛条投料单、纺纱工艺单、织造工艺单、纹板图设计等;分工艺单设计包括确定毛条上机参数、纺纱上机参数、织造上机参数、后整理上机参数。工艺设计人员只需在浏览器端编辑和提交 WEB 表单,即可完成各种工艺数据的可视化编辑。

1.2.2 工艺计算 根据确定性的工艺计算公式,系统辅助用户完成部分工艺参数的反复试算。总工艺包括对匹长、经纬密、幅宽、总经根数、坯布用纱量、成品面密度、纱线设计捻度、各色毛条投料量等的计算;分工艺包括如各道毛条定重、牵伸倍数、经纬密齿数、车速牙等的计算。

1.2.3 基于实例的工艺推理 根据相似原理,利用产品特征的相似性,通过分类检索历史工艺实例库,从而迅速获得较匹配的工艺实例,并在此基础上通过变异设计获得满意规范的工艺设计方案。

1.2.4 工艺调整和补偿 根据阶段性产品质量状况,在前道工序出现较大质量偏差时,针对下一道工序或最终要达到的产品性能提出本工序的工艺补偿方案,该功能依赖于丰富的工艺专家经验知识库,用户根据工艺执行出现的问题现象,通过人机交互查询系统,由系统回答可选的工艺补偿方案。

1.2.5 质量分析与预测 利用历史工艺数据、测试数据、检验记录,对关键工序的重要质量指标进行预测,如断头率、细纱 CV 等,通过反馈,实现对工艺参数的优化配置。

1.2.6 综合查询 提供灵活方便的自定义查询工

具,实现对工艺数据库、工艺知识库、工艺规则库、产品检验检测数据的查询。查询结果以表格或直观的统计图形式表示。

1.2.7 工艺管理 纺织品工艺设计过程是一个反复迭代的过程,每个产品必然产生许多阶段性设计结果,因而,引入系统角色权限管理、工艺版本管理、审批流程管理等管理机制,以确保工艺数据访问的安全性及工艺设计业务流程的有序。

## 2 系统实现的关键技术

### 2.1 基于实例推理的纺织品工艺设计

基于实例的推理(Case Base Reasoning, CBR)是人工智能的一种重要而有效的推理技术, CBR 的基本原理是把以前的案例按一定的方式组织起来,存储到案例知识库中,即以案例知识库模拟人脑的记忆,按一定的组织方式存储一些过去的相关经历,在求得新解时,通过检索案例知识库,找出与新问题相似的一个或几个案例,当被检索出的案例与新问题的情况不一致时,对旧的案例做出修改,以满足新的情况或问题的解<sup>[4]</sup>。基于案例的推理过程可归纳为检索、重用、修正、校阅和系统更新<sup>[5]</sup>。基于 CBR 的纺织工艺设计需要解决工艺实例结构表示,工艺特征的提取,工艺相似性搜索算法等关键问题。其相似工艺案例搜索步骤如下。

1) 根据案例类型,从案例集合中获得案例特征集  $A = \{ CF_i \mid i \in N(\text{自然数})$ ,每个案例包含若干个特征值:  $CF_i = \{ cf_{i0}, cf_{i1}, cf_{i2}, \dots, cf_{im} \}$ ;

2) 输入工艺设计所需要的主要特征集  $F = \{ f_0, f_1, f_2, \dots, f_m \}$ ,每个特征相应的工艺影响权重  $W = \{ w_0, w_1, w_2, \dots, w_m \}$ ;

3) 令  $j = 1, K, m$ ,分别计算输入特征信息  $j$  项与第  $i$  项案例的第  $j$  项特征的相似度:  $S_{ij} = e^{-c \left| \frac{cf_{ij} - f_j}{cf_j} \right|}$  (数值型特征),  $S_{ij} = \begin{cases} 0, & (f_{ij} = f_j) \\ 1, & (f_{ij} \neq f_j) \end{cases}$  (字符型特征),  $c$  为介于  $0 \sim 1$  之间的常数,取经验值,一般情况下特征值数量级越大,  $c$  值越小;

4) 计算总体相似度  $S_i = \sum_{j=0}^m w_j \times S_{ij}$ ;

5) 扫描案例库,重复 3)、4),计算与每个案例的相似度  $S_i$ ;

6) 输入案例选取的最小相似度  $S_{\min}$ ,取  $S_i \geq S_{\min}$  的所有案例,形成符合条件的案例集  $B, B \subset A$ ;

7) 对  $B$  中的元素按相似度从大到小排序,参考具有较大相似度值的工艺案例内容,由用户决定是

否可以修改成为满意的工艺方案；

8) 如无法满足设计要求,调整最小相似度  $S_{\min}$  取值,重复 6)~7)。

## 2.2 基于 ANN 的工艺-质量预测建模

工艺设计结果的优劣,最终会影响工序加工的质量。半制品与成品的质量指标影响因素复杂,具体包括原料、工艺路线、总工艺参数、上机参数、设备以及操作水平等。基于人工神经网络(Artificial Neural Networks, ANN)的工艺-质量预测模型,利用神经网络技术,挖掘工艺设计因素与加工质量指标之间的非线性数值关系,从而达到优化产品工艺设计参数,正确预报加工质量的目的<sup>[6,7]</sup>。该预测模型运用面向对象技术,在对 Matlab 神经网络计算引擎<sup>[8]</sup>进行封装的基础上,设计了样本数据配置、网络推理参数配置、推理机以及公共的 ANN 应用接口等业务类,将工艺设计与质量预测功能集成于统一的多层分布式构架中,如图 2 所示。

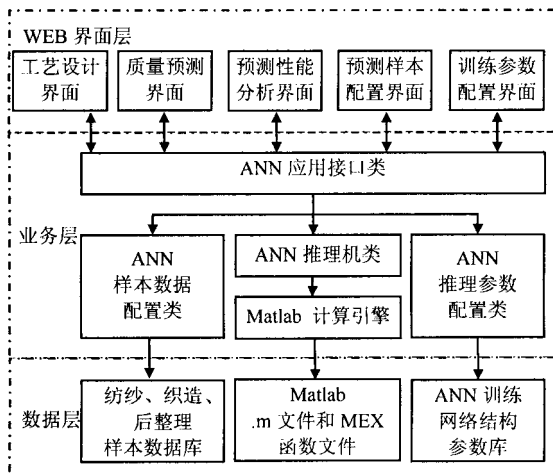


图 2 基于 ANN 的工艺-质量预测模型

模型的工作过程描述如下。

1) 样本的获取和配置 利用分布式智能工艺设计系统框架的集成优势,提取原料测试数据、总工艺参数、上机参数、成品测试数据、坯布和成品检验数据,经必要的筛选后,按工序顺序分别组织为纺纱样本、织造样本、后整理样本。并通过操作样本配置对象,进一步将样本划分为训练样本和测试样本,并存入样本数据库。

2) 网络训练参数的配置 针对纺纱、织造、后整理环节,首先,定义作为网络输出的质量指标(如断头率),以及对应于该输出的网络输入参数(如原料测试参数、细纱工艺参数等)。其次,通过操作推理参数配置对象,定义网络结构参数,如步长、目标精度、学习率、隐层节点数、学习函数、性能函数、训

练函数、传递函数等,将以上配置结果存入 ANN 训练网络参数库。

3) 网络训练性能的分析 根据样本和网络参数的配置结果,通过操作 ANN 推理机对象,用训练样本对测试样本进行模拟预测<sup>[9]</sup>,将测试值与预测值进行比较,根据偏差的大小以及稳定性来决定训练性能的好坏。网络预测精度、泛化能力一般与样本的选择数量和质量、网络结构等影响因素有关。

4) 基于质量预测的工艺参数的优化 如果网络训练性能好,则可以直接用于质量指标的预测,否则重复 1)~3)的工作,直至质量预测性能满足要求。因此,根据预测结果可以检验工艺参数的优劣,并指导工艺设计参数的修改或调整。基于 ANN 的工艺-质量预测模型,通过正向推理(输入工艺参数预测质量指标)与反向推理(输入期望的质量指标反推相应的工艺参数)等过程,为建立纺织品虚拟加工环境奠定基础。

## 3 结论

本文建立了面向纺织品加工的工艺推理和质量预测模型,通过 CBR 推理与神经网络的预测等方法,以达到智能工艺设计与质量预测的目标。基于以上技术研发的系统已在企业试运行,并取得良好的效果。本文认为将分布式网络技术、数据库技术与人工智能技术相结合,运用于纺织品工艺设计和质量预测集成体系的研究,有助于对计算机辅助纺织品工艺设计以及纺织品虚拟加工体系等方向的进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 梅自强.大力推进我国纺织技术现代化[J].上海纺织科技,2004,32(4):1-4.
- [2] Kimura F. A product and process model for virtual manufacturing systems[J]. Annals of the CIRP,1993,42(1):147-150.
- [3] Thuan T, Hoang Q L. NET framework essentials[M]. O' Reilly & Associates Inc,2002.7-18.
- [4] 江勤,葛燕,李登道.基于 CBR 专家系统案例知识的检索、匹配及其扩展[J].山东科技大学学报,2002,21(2):35-37.
- [5] 张本生,于永利.CBR 系统案例搜索中的混合相似性度量方法[J].系统工程理论与实践,2002,12(3):131-136.
- [6] 董奎勇,于伟东.基于人工神经网络的毛精纺纱线质量预报技术[J].毛纺科技,2002,15(2):3-6.
- [7] DEDAI J V, KASE C D. Neural networks: an alternative solution for statistically based parameter prediction[J]. Textile Research Journal, 2004,74(3):227-230.
- [8] 闻新,周露,李翔,等. Matlab 神经网络仿真与应用[M].北京:中国纺织出版社,2003.258-281.
- [9] Acaccia G M, Conte M, Maina D, et al. Computer simulation aids for the intelligent manufacture of quality clothing[J]. International Journal of Computers in Industry, 2003,50(1):71-84.