

基于经验模态分解的近红外光谱预处理研究

聂凤明, 罗 峻, 杨欣卉, 姜 逊

(广州纤维产品检测研究院, 广东 广州 511447)

摘 要: 为有效滤除混纺织物近红外光谱中的干扰噪声, 提高混纺织物纤维成分含量快速定量分析的预测精度, 提出了一种基于经验模态分解的近红外光谱预处理方法。在棉/涤混纺织物上的实际应用结果表明, 该方法可以有效去除织物近红外光谱的干扰噪声, 降低交互验证的均方根误差, 提高预测的准确度。与目前广泛使用的小波变换预处理方法相比, 该方法参数优化简洁直观, 使用较为方便, 在纺织品近红外光谱定量分析中应用前景广阔。

关键词: 混纺织物; 近红外光谱; 预处理; 定量分析; 经验模态分解; 噪声

中图分类号: TS07

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)03-0045-03

Pre-treatment with near infrared spectra of textile fiber composition based on empirical mode decomposition

NIE Fengming, LUO Jun, YANG Xinhui, JIANG Xun

(Guangzhou Fibre Product Testing and Research Institute, Guangzhou 511447, China)

Abstract: In order to filter the random noise in near infrared spectra of textile and improve the prediction accuracy of fiber content, a novel method is proposed by using empirical mode decomposition. The practical application results of cotton/polyester blended fabric show that this method can effectively remove the interference noise in near infrared spectra of fabric, reduce the root mean square error of cross validation and improve the accuracy of the prediction. Compared with the widely used wavelet transform method recently, the EMD method is adaptive and does not need to select the basis function. It is more convenient to use and will be widely used in the near infrared analysis field in the future.

Key words: blended fabric; near infrared spectroscopy; pre-treatment; quantitative analysis; empirical mode decomposition; noise

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.03.015

近年来, 纺织品成分组分不合格成为纺织品质量控制的核⼼问题之一, 这一问题的解决依赖于检测技术的支撑, 其中以近红外光谱技术为代表的纺织品成分组分快速无损检测方法得到了较快的发展^[1-5]。该方法将样品近红外光谱与化学标准方法测得的成分含量利用化学计量学方法构建多元校正模型, 通过模型分析未知样品的近红外光谱来快速预测其组成。整个检测过程无需对样品进行处理, 可在数秒内确定其纤维类别和组成^[6-8]。但由于纺织品中纤维的类别繁多, 各组分含量分布范围大, 织物之间性状差异较大, 使得纺织品近红外光谱不同程度地受到各种随机噪声和干扰噪声的影响, 这些噪声降低了纺织品近红外光谱的信噪比, 影响了识别和定量分析的准确性^[9-10]。

目前, 用于近红外光谱数据的随机与干扰噪声消除的方法主要有多元散射校正、微分、平滑、小波变换等方法^[11], 但是这些方法往往需要组合使用, 较为复杂繁琐, 使其应用受到限制。经验模态分解(EMD)方

法是 20 世纪 90 年代末新发展的一种信号数据的处理变换方法, 在众多工程领域得到了较好的应用^[12-18]。本文以纺织品近红外光谱数据为对象, 提出了一种基于经验模态分解的纺织品近红外光谱处理方法。

1 试验部分

1.1 样品及纤维成分含量测定

收集具有代表性的棉涤混纺织物样品 228 个, 所有样品由广州纤维产品检测研究院按照国家法定标准进行定性鉴别和棉成分含量定量分析。

1.2 仪器及光谱采集

近红外光谱采集设备使用的是一台自主开发的便携式近红外光谱仪, 采集得到的原始光谱见图 1。

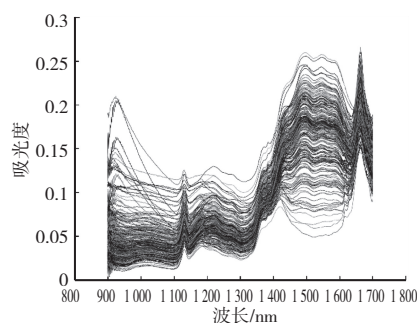


图 1 棉涤混纺织物的原始近红外光谱图

仪器使用一个钨灯光源, 检测器为钢稼砷阵列, 波长覆盖 900~1 700 nm, 分辨率为 4 nm, 每次测量时光

收稿日期: 2017-11-10

基金项⽬: 广东省科技厅协同创新与平台环境建设专项(2016A040403073); 中国纺织工业联合会科技指导性项⽬(2016062); 广东省质量技术监督局科技计划项⽬(2016PZ05)

作者简介: 聂凤明(1975—), 女, 广东新会人, 高级工程师, 主要从事纺织品检测新方法的研究。

谱扫描 10 次取平均值,采用积分球漫反射方式测量。

1.3 经验模态分解光谱处理方法

经验模态分解(EMD)方法能够自适应地把非平稳信号分解成一系列零均值的信号总和。即把原始近红外光谱信号分解为若干个本征模态函数的加和。每一个都可以视为是近红外光谱中所包含的信息,其中高频部分可能是随机白噪声,应加以滤除。

本文中,对于纺织品近红外光谱 $x(a)$, EMD 计算流程如下:(1)找出 $x(a)$ 的所有极值点;(2)一般采用插值方法对步骤(1)中确定的极小值点拟合出下包络曲线 $envmin(a)$,对极大值点则拟合上包络曲线 $envmax(a)$;(3)计算上下包络曲线的均值 $m(a) = [envmin(a) + envmax(a)]/2$;(4)计算细节 $t(a) = x(a) - m(a)$;(5)对残余信号重复上述步骤。

计算过程中,一般采用一个挑选步骤进行重定义,步骤中第(1)~(4)步为一个迭代循环,直到 $t(a)$ 的均值变为零或收敛,则停止迭代。那么当第一个循环结束时的细节信号 $t(a)$ 就视为一个 IMF,包含有原始近红外光谱中最高频率的部分。接下来,从原始近红外光谱信号中把第一个包含最高频信号的 IMF 减去,即生成一个新数据,循环运行,即可生成一系列的 IMF 和残余项。这一系列的 IMF 中涵盖了原始近红外光谱中频率从高到低各个部分。滤除部分干扰信息后,可对数据进行重构。在纺织品近红外光谱中,因为噪声和有效信息混杂在一起,在实际应用中可设置一个阈值,本研究依据 Trad 等人^[19]的研究结果来进行。

本文所采用的光谱信号处理及回归等程序均在 Matlab R2015b 环境下运行。

2 结果与分析

2.1 微分光谱

从图 1 可以明显看出,纺织品近红外光谱的整体轮廓较为相似,但是存在较为明显的背景漂移。这是由于纺织品的近红外光谱是矢量加和光谱,除包含纤维成分含量信息外,亦包含了多种干扰信息。通常情况下,光谱的背景漂移主要是由于测试环境参数变化或是样品变化所引起的。在本文中,光谱测量过程中测试环境保持一致,因此该背景漂移主要来自于样品织物表面结构、均匀性、平整性、厚度等因素对光谱造成的干扰。这些干扰噪声是模型建立的负面因素,必需加以滤除。对织物近红外光谱进行微分处理可抵消部分漂移的影响,Savitsky-Golay 卷积求导法是光谱分

析中常用的基线校正和光谱分辨预处理方法。本文采用 Savitsky-Golay 一阶微分方法(三次多项式 9 点)进行预处理。经预处理后的光谱图见图 2。分别以原始光谱和微分光谱进行 10 折偏最小二乘交互验证,结果见图 3。

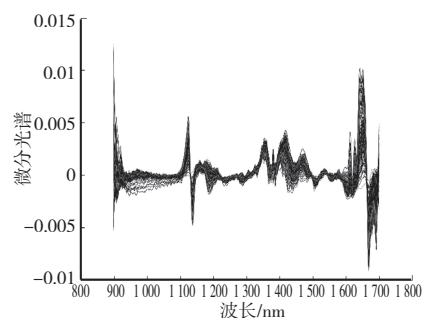


图2 SG 微分处理后的棉涤混纺织物光谱图

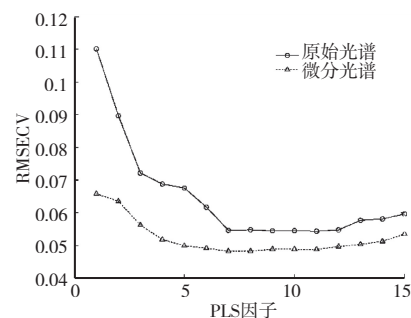


图3 微分处理前后的 10 折交互验证结果图

比较图 1 和图 2 可知,经过 Savitsky-Golay 一阶微分处理后,微分光谱的漂移较原始光谱大为减弱。从图 3 可以看出,与原始光谱预测模型相比,微分光谱预测模型的交互验证预测均方根误差(RMSECV)值显著降低,由原始光谱 7 个 PLS 因子时的 0.054 3 降低为微分光谱 7 个 PLS 因子时的 0.048 2,说明微分处理是有效的,消除了光谱漂移干扰的影响。但是从图 2 中亦可看出,微分处理后,光谱依然不够平滑,包含有较为明显的随机噪声,如果对微分光谱再进行适当的去噪处理,有望得出更加理想的结果。

2.2 经验模态分解(EMD)去噪处理

采用 EMD 方法对纺织品近红外微分光谱进行消噪处理,在本研究中,纺织品微分光谱经 EMD 处理后生成 8 个 IMF,如图 4 所示,每个 IMF 的频率和振幅均不同。按照生成的前后频率从高到低排布,在近红外光谱分析中,噪声表现为瞬时值随机变化的高频白噪声。在本次分解中,可观察到第一个和第二个模态函数频率较高,具有较高的随机性,符合白噪声的表现。之后第三个至第八个模态函数为样品近红外光谱信号的高频和低频分量。因此,将第一和第二个模态函数

滤除后,对分解系数进行修正和重构,即得到消噪后的样品近红外光谱,如图5所示。与图2比较可见,重构光谱明显较微分光谱平滑,表明重构光谱消除了样品近红外光谱中的随机噪声,信号信噪比大为增强,强化了样品的有效信息。

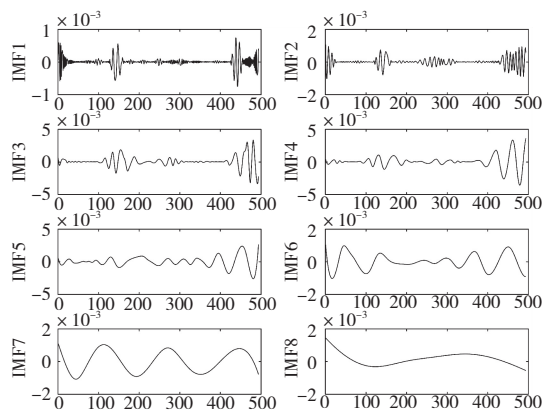


图4 棉涤混纺织物近红外光谱的 EMD 分解

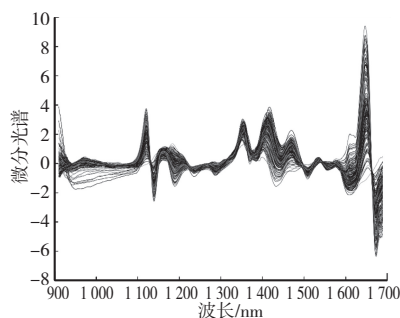


图5 棉涤混纺织物的 EMD 分解重构光谱

为了验证重构光谱的预测效果,再次分别以微分光谱和微分 EMD 分解重构光谱进行 10 折偏最小二乘交互验证,结果见图6。

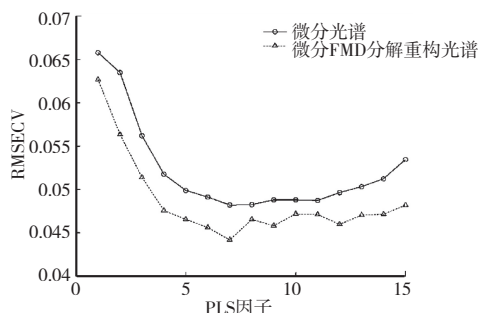


图6 重构处理前后的 10 折交互验证结果图

从图6可以看出,与微分光谱预测模型相比,微分 EMD 分解重构之后的光谱预测模型 RMSECV 值显著降低,由微分光谱 7 个 PLS 因子时的 0.048 2 降低为重构光谱 7 个 PLS 因子时的 0.044 2,证明 EMD 分解重构有效消除了噪声,提高了纺织品近红外光谱预测模型的精度。

2.3 与小波变换方法的比较

为比较本方法结果的正确性,本文亦采用了近红外光谱处理中使用较为广泛的 Daubechies 小波基函数家族中的“db2”小波,对纺织品近红外光谱进行去噪和重构处理。小波分解尺度设为 8,分别以 EMD 分解重构光谱和小波分解重构光谱进行 10 折偏最小二乘交互验证,结果见图7。

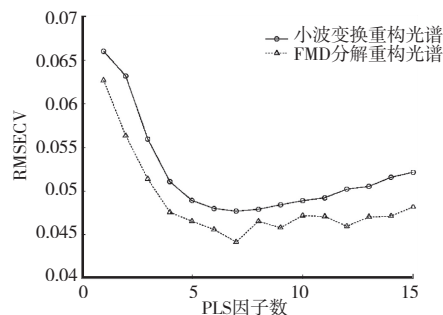


图7 小波变换与 EMD 分解的 10 折交互验证结果图

由图7可见,两种分解方法都具有纺织品近红外光谱的去噪能力,EMD 分解重构光谱预测模型结果优于小波变换重构光谱预测模型的结果,证明 EMD 预处理方法对于纺织品近红外光谱的处理是有效的。而且与小波变换方法相比,EMD 分解是完全自适应的,避免了小波基函数的选择及分解尺度等问题,增加了分析结果的稳定性和可靠性,具有更好的应用前景。

3 结 语

本文提出了一种基于 EMD 分解的纺织近红外光谱处理方法。实际应用结果表明,该方法可以有效去除织物近红外光谱的干扰噪声,为纤维成分含量预测的精度提高奠定了良好的基础。与小波处理相比,该方法参数优化简洁直观,使用较为方便,在纺织品近红外光谱定量分析中应用前景广阔。



参考文献:

- [1] 桂家祥,耿响,要磊,等.基于近红外光谱法的棉/涤混纺织物中棉含量快速检测[J].纺织学报,2012,33(4):55-59.
- [2] 王京力,耿响,桂家祥,等.基于近红外光谱法快速检测涤氨织物的纤维含量[J].上海纺织科技,2013,41(5):45-48.
- [3] 王京力,耿响,桂家祥,等.近红外光谱分析技术快速检测锦纶/氨纶混纺织物纤维含量的研究[J].化纤与纺织技术,2013,42(2):42-47.
- [4] 耿响,桂家祥,要磊,等.近红外光谱快速检测技术在纺织领域的应用[J].上海纺织科技,2013,41(4):25-27.
- [5] 罗峻,吴淑煊,聂凤明,等.近红外光谱与模型集群分析测定毛涤混纺织物成分含量[J].中国测试,2016,42(8):44-47.

☞(下转第 61 页)

数据,可计算洗水成衣大货头扎纸样尺寸=客户尺寸+大货头扎纸样效应,其中大货头扎纸样效应=样衣纸样效应+修正值2。修正值2即大货头扎纸样,是根据实际经验修改的数值。

工业化洗水成衣样板头一批产品简称大货头扎,它的纸样尺寸是在样衣的尺寸上进行相应的修改。通常企业根据工业工程部人员或打版师的实际经验进行主观修改,而在本系统中设置了修正值1,即根据样衣计算出大货纸样应修改的理论值=客户尺寸-洗水后平均值,再结合打版师的实际经验进行小范围调整,这样既有科学运算,又有经验积累,达到了科学理论与实践经验的契合。大货头扎纸样效应=样衣纸样效应+修正值2,大货车缝效应=样衣车缝效应+(修正值1-修正值2)。最后,系统可计算出洗水服装大货头扎的纸样尺寸=客户尺寸+大货头扎纸样效应=客户尺寸+样衣纸样效应+修正值2。

3 结 语

成衣缩水率智能计算交流系统建立了以互联网为依托,基于JSP技术的洗水成衣缩水率智能计算交流系统,根据样衣缝制、洗水熨烫后测试的相关数据,运用MySQL语言和Excel软件构建了系统数据库。根据研究出的洗水成衣缩水率变化规律,对数据进行了

海量存储、解析,实现了对录入数据的智能计算和共享,得出了修正后的工业化洗水成衣纸样。系统不但有效提升了生产效率,降低了实际生产中的损耗和资源浪费,而且通过账号密码登录系统可以不同身份在系统交流平台中进行主题交流,便于同一公司异地办公的员工实现对数据信息的共享和交流。



参考文献:

- [1] 仲怡.重视缩水率,避免退单[J].中国制衣,2011(6):50-51.
- [2] 钱娟,戴鸿,吴穗生.仿麻面料在成衣染色过程中的尺寸研究[J].化纤与纺织技术,2013(6):12-15.
- [3] 姚静,史海萍,高婧,等.Excel软件在纺织品缩水率检测中的应用[J].纺织标准与质量,2013(3):43-45.
- [4] 丛洪莲,钟君.经编三维结构贾卡鞋面材料的尺寸预测系统[J].纺织学报,2017(3):61-66.
- [5] 朱江晖,阎玉秀.女套装上衣尺寸自动生成系统的建立与实现[J].纺织学报,2011(9):142-146.
- [6] 杨青.基于JSP的网络购物系统分析设计与实现[D].成都:电子科技大学,2013.
- [7] 倪虹.服装工业样板构成[J].丝绸,2006(4):31-33.
- [8] 朱江晖.基于纸样特征的女套装上衣样板尺寸自动生成研究[D].杭州:浙江理工大学,2007.
- [9] 钱娟.成衣染色中服装尺寸控制的研究[D].西安:西安工程大学,2014.
- [10] 袁赛南,张雯琪.影响牛仔服装尺寸变化的因素研究[J].惠州学院学报,2016(6):75-79.

(上接第47页)

- [6] 桂家群,耿响,周丽萍,等.纺织品原料组份定性、定量快速检测方法研究——近红外光谱法[J].检验检疫学刊,2013(1):1-6.
- [7] 聂凤明,吴淑焕,罗峻,等.纺织品纤维成分含量快速分析软件的开发与应用[J].中国纤检,2015(23):70-73.
- [8] 罗峻,聂凤明,吴淑焕,等.纺织品快速无损检测校正模型的转移与共享研究[J].中国纤检,2016(1):79-81.
- [9] 近红外光谱分析技术实用手册[M].北京:机械工业出版社,2016.
- [10] 严衍禄.近红外光谱分析基础与应用[M].北京:中国轻工业出版社,2005.
- [11] 褚小立.化学计量学方法与分子光谱分析技术[M].北京:化学工业出版社,2011.
- [12] 罗亮,胡佳成,尹健龙,等.基于小波去噪和EMD算法在齿轮故障检测中的应用[J].湖北农业科学,2017,56(12):2339-2343.
- [13] 唐良勇,赵恒,张亚菊.基于WA-EMD算法的脉冲式超宽带雷达多目标生命体征检测[J].南京理工大学学报(自然科学版),

2017,41(2):198-206.

- [14] 王晨钢.基于Shannon熵和EMD算法的MEMS陀螺仪信号降噪处理[J].电子设计工程,2017,25(10):174-177.
- [15] 杨毅,王丰华,段若晨,等.基于自适应筛选EMD和CFDC的变压器绕组状态检测[J].振动与冲击,2017,36(19):106-111.
- [16] 马宏陆,葛琳琳,牛强,等.一种基于改进EMD的风机振动信号异常检测方法[J].南京师大学报(自然科学版),2017,40(1):55-64.
- [17] 刘天宇,吴金斌,周世健.附加斜率绝对值法的模态相关EMD-ICA滤波降噪算法及GPS应用研究[J].江西科学,2017,35(4):509-515.
- [18] 邵景峰,崔尊民,王进富,等.基于经验模态分解的织造过程数据拟合方法的应用[J].纺织学报,2013,34(10):152-157,164.
- [19] TRAD D O, TRAVASSOS J M. Wavelet filtering of magnetotelluric data[J]. Geophysics, 2012, 65(2):482.

欢迎征订《纺织检测与标准》

E-mail:fzjcybz@163.com

联系电话:021-55210011-376