

doi: 10.7690/bgzd.2018.01.014

基于 Matlab GUI 的风洞信号小波分析处理软件

张 鹏, 刘晨雨, 曹宇晴

(中国空气动力研究与发展中心高速所, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为提高试验数据的精确性, 在 Matlab GUI 编程的基础上, 利用 Matlab 丰富的小波分析工具箱设计实现基于 Matlab GUI 的风洞信号小波处理软件, 并进行实际应用。应用结果表明: 该软件能实现对风洞信号的小波阈值降噪、小波分解和小波系数分析等功能, 为进一步提升风洞信号分析处理能力提供技术支持和数据支撑。

关键词: Matlab GUI; 小波分析工具箱; 风洞信号; 小波处理;

中图分类号: TP311.521 **文献标志码:** A

Analysis and Processing Software of Wind Tunnel Signals on the Basis of the Matlab Gui Programming

Zhang Peng, Liu Chenyu, Cao Yuqing

(High Speed Institute, China Aerodynamics Research & Development Center, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to improve the precision of the test data, designed and implemented a wind tunnel signal wavelet processing software based on Matlab GUI by utilizing Matlab wavelet analysis toolbox. And use the software in practice. The application results showed that the software realized wavelet threshold de-noising, wavelet decomposition, and wavelet coefficient analysis on wind tunnel signal, and provided technical support and data support for further improvement of wind tunnel signal analysis and processing capability.

Keywords: Matlab GUI; wavelet analysis tool box; wind tunnel signal; wavelet processing

0 引言

风洞试验时, 传感器测量到作用在飞行器模型上的气动力和力矩的信号是一种弱小信号, 信号的有效成分与风洞的噪声频率有重叠部分且易受到流场脉动、模型振动等干扰因素影响。为提高试验数据的精确性, 必须对信号有效成分和干扰进行分析和处理^[1]。作为一种时频域局部化方法, 小波变换的窗口是可变的, 在低频部分具有较低的时间分辨率和较高的频率分辨率, 在高频部分具有较低的频率分辨率和较高的时间分辨率, 具有对信号的自适性, 因此通过小波分析能够有效地提示信号的间断点、趋势和自相似性等性质。同时, 与传统的信号分析技术相比, 小波分析还能在没有明显损失的情况下, 对信号进行降噪处理^[2], 为此, 笔者采用 Matlab 设计开发了风洞信号小波分析处理软件。

1 Matlab GUI

近年来, Matlab 因其强大的数字计算功能和较好的界面开发功能而被广泛应用。Matlab GUI 作为 Matlab 的图形界面开发模块, 不仅包含图形窗口、光标、按键、菜单和文字说明等多种控件对象^[3],

还附带 30 多种不同领域工具箱的支持, 在 GUIDE 平台下可以实现对用户自定义界面的菜单、按键等各类控件的位置布置及其属性编辑, 同时通过编写控件回调函数能够有效地实现数值计算结果的调用; 因此, 通过 Matlab GUI 能够设计出自定义的图形用户界面, 并将科学计算结果以人机交互的动态方式呈现。

2 软件设计

软件采用 Matlab GUI 设计了清晰简单、操作方便的界面, 并利用 Matlab 附带的小波变换工具箱实现了对风洞信号的阈值降噪、小波分解和高低频系数提取分析等一系列功能。软件主要包含主界面、数据预处理、信号小波处理、小波系数分析等模块, 如图 1。



图 1 程序主界面

收稿日期: 2017-10-31; 修回日期: 2017-11-29

作者简介: 张 鹏(1985—), 男, 四川人, 硕士, 工程师, 从事风洞信号采集与处理研究。

2.1 信号预处理模块

在预处理模块的文本框内输入待处理文件名称(如: 20160022), 再点击“确定”按钮, 即可选定需处理的数据文件。同时, 可根据需要按列编号选择待处理数据的序列号, 选中数据序号后, 待处理的数据将显示在选定序列表格中, 如图 2, 点击“显示图形”按钮, 将弹出原始信号数据图形见图 3。

2.2 信号小波处理模块

该模块主要功能在于实现信号的小波降噪处

理, 可在“小波基函数”选框中点击选择此次降噪处理需要的小波基函数, 诸如: db3、db4 等。在分解层数、重构层数中选择该次降噪处理的分解层数、重构层数, 在阈值选项中选择硬阈值或软阈值处理, 随后点击“小波降噪”按钮, 小波降噪处理则顺利完成, 如图 4。同时软件将自动弹出降噪处理的结果数据的图形, 见图 5、图 6。最后在“保存文件名”文本框中输入想要保存的文件名称, 点击“保存数据”即可完成数据的入库, 见图 7。

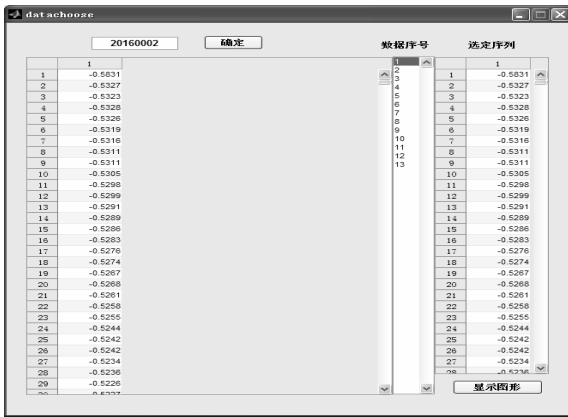


图 2 数据预处理模块

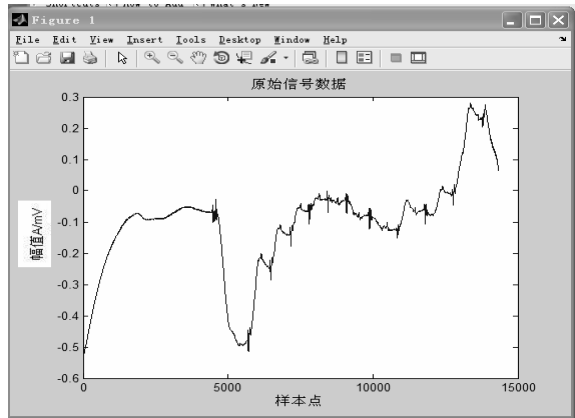


图 3 原始信号图形显示



图 4 信号小波处理模块

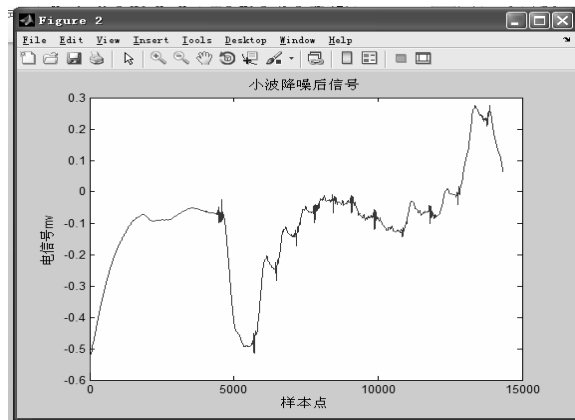


图 5 小波降噪后信号

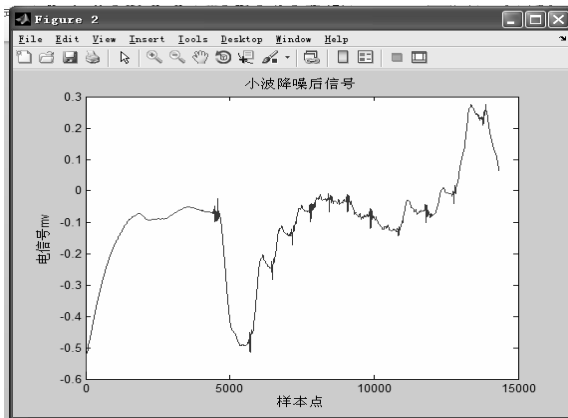


图 6 小波重构信号

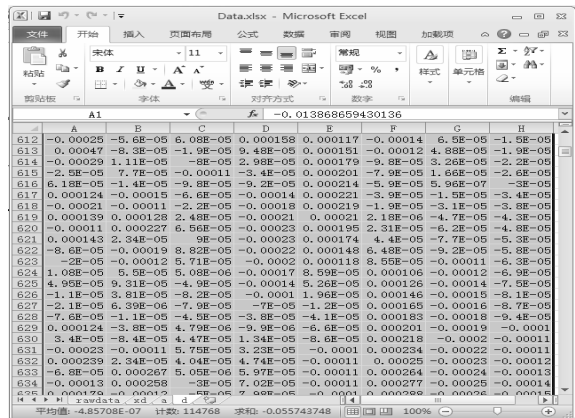


图 7 保存结果数据

2.3 小波系数分析模块

小波系数分析模块如图 8 所示，在小波基函数的方框内单击选中小波基函数，然后单击需要显示的高频或者低频系数，也可以同时勾选“高频系数”和“低频系数”，最后单击“显示分解系数”按钮即可完成对信号的系数分解，分解的系数即将自动弹出。在保存文件文本框内输入文件名，再单击“保存分解系数”按钮可将需要的分解系数以 Excel 格式保存。

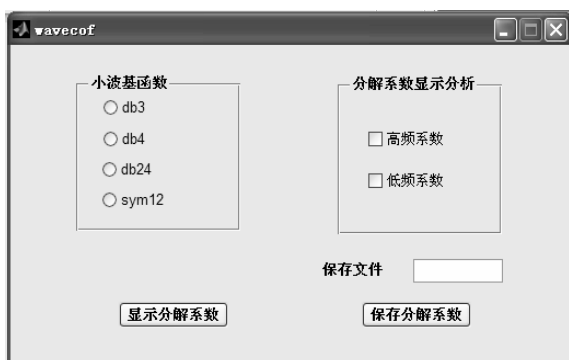


图 8 小波系数分析模块

3 软件实现原理及实施方法

Matlab 中创建 GUI 有 2 种方式：一是以编写 M 文件的方式，利用程序编写产生的对象（如 uicontrol、uimenu）来开发 GUI 界面；二是通过 Matlab 自带 GUI 编辑界面——GUIDE 来快速建立 GUI 对象，事件处理的代码可以在 M 文件中编写，需修改程序代码时可快捷地在 M 文件中修改。笔者采取第 2 种方式来设计和实现软件。使用 GUIDE 来建立 GUI 的设计过程如下：1) 在 Matlab 命令窗口中输入 guide 创建 GUI 界面文件，其后缀名为 fig。2) 在界面模板中将所需控件，如按钮 Pushbutton、坐标轴 Axes、列表框 Listbox、复选框 CheckBox、表格 Table、可编辑文本框 Edit Text 等，按照程序功能设计添加到 GUI 界面中。3) 在属性设置 PropertyInspector 中修改各个控件的名称、位置、事件响应代码等各种属性。通过使用 set、get 等函数可以设置和获取控件属性值。语句格式如：get(handles.checkbox4,'Value')。同时，可以利用小波工具箱内的 wden, wavedec, wrcoef 等函数对信号进行处理。例 [XD,CXD,LXD]=wden(X,TPTR,SORH,SCAL,N,'name')：返回对信号 X 经过 N 层分解后的小波系数进行阈值处理后的去噪信号 XD。4) 利用回调函数实现 Matlab GUI 界面与数据计算的相互交互。5) 通过 Compiler 编译为执行文件或

由 MatlabRuntime Server 封装文件。

4 实际应用

采用软件对某项试验时的风洞天平 X 元信号（如图 9）进行小波阈值降噪，并对小波系数进行提取、分析，降噪信号如图 10，高频系数如图 11。由处理结果可知：通过该软件能够有效地对风洞天平信号进行小波降噪处理，同时利用软件也能有效分解和提取信号的小波系数，为信号的特性研究和分析提供了技术支持。

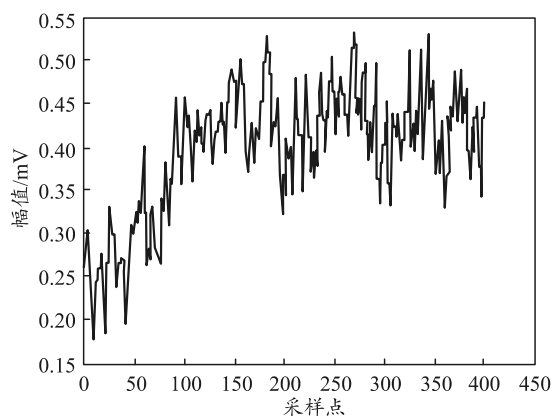


图 9 原始信号 X 元

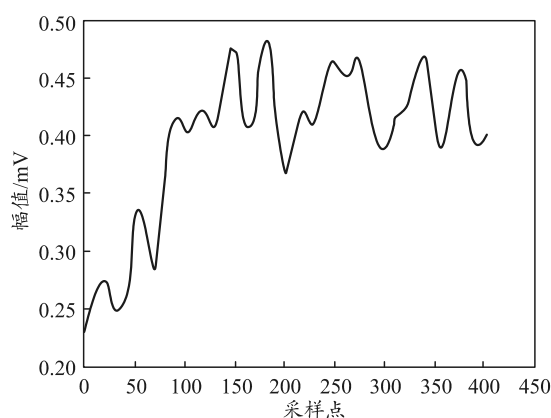
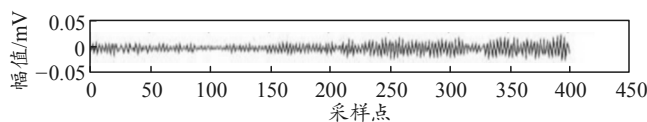
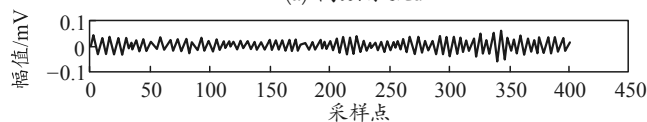


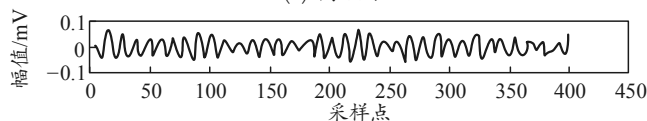
图 10 阈值降噪处理结果



(a) 高频系数d1



(b) 高频系数d2



(c) 高频系数d3