

文章编号: 1005-8451 (2008) 01-0001-03

轨道检测噪声数据剔除方法的研究

车 帅

(北京交通大学 轨道交通控制与安全国家重点实验室, 北京 100044)

摘要: 为了消除铁路轨道检测数据中夹杂的噪声数据对轨道状态评定的影响, 利用小波算法对原始数据信息进行分解。通过对分解后得到的高频信息进行分析, 即可以找出轨道检测数据中噪声数据出现的规律。然后利用小波消噪方法对检测数据进行处理, 得到消噪之后的数据, 从而实现数据的恢复。使用 Matlab 中的小波算法对兰新线某段数据进行分析, 实践表明小波算法具有较好的消噪功能。

关键词: 轨道检测; 噪声剔除; 小波算法; 正交小波基

中图分类号: U213.2 : TP39 文献标识码: A

Study on method of elimination of noise data in railway track test data

CHE Shuai

(State Key Laboratory of Rail Traffic Control and Safety, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: In order to eliminate the noise data in the railway track test data which was adverse to assess the state of the track, it was used the wavelet algorithm to analysis the original data information. Based on the decomposition of the high frequency information, it was found the rule of the noise data in the railway track test data. By using wavelet algorithm to detect the data, it would receive the data with less noise thus achieving data recovery. The wavelet algorithm in the Matlab was used to analysis the part of railway track test data of Lanzhou-Xinjiang railway. Practice showed that wavelet algorithm had better noise cancellation function.

Key words: track test; noise eliminating; wavelet algorithm; daubechies wavelet

铁路工务部门在日常生产活动中产生大量的生产数据, 例如线路设备基础数据、轨检车、探伤车和晃车仪等产生的设备检测数据, 通过长期积累这些数据, 利用数据仓库和数据挖掘技术进行多角度和多层次的分析, 可以实现对轨道设备状态的实时把握和变化规律的预测。但是, 上述数据在采集的过程中不可避免地会受到外界的影响, 产生一些噪声数据, 这些噪声数据夹杂在有用的数据中会给后续分析工作带来很多不便, 所以需要从检测数据中找到噪声数据的规律并予以剔除, 利用 Matlab 软件提供的小波算法可以很好地解决这一问题。

1 噪声数据的产生原因与剔除方法

1.1 噪声数据的产生原因

静态检测设备在正常情况下, 测得的数据不会受到其他因素影响。因此, 不需要考虑噪声数据, 而

动态检测通常在铁路运行的时候进行检测, 由于受到外部因素的影响, 检测数据常常会受到干扰, 这部分数据本身不能反映轨道的状态, 我们称之为噪声数据, 需要在写入数据库之前予以剔除。

常用的检测数据中, 噪声数据主要有 3 个来源: (1) 当火车刚刚启动或者即将进站时, 在速度非常缓慢情况下测得的数据往往不能反映铁路的轨道状态, 因此, 这部分数据对轨道状态评定没有实际意义, 可以当作是噪声数据予以剔除; (2) 火车行驶到道岔时, 列车车轮会受到巨大冲击从而引起轨道检测设备在此时测得的数据不正确; (3) 在轨缝处测得的数据通常也不正常^[1]。

1.2 噪声数据的剔除方法

对于第 1 种情况, 可以通过检测数据中的速度描述来将其剔除。而对于后面两种情况, 很难将它们与检测数据中的超限数据进行区别, 因此, 不能通过简单的判断就将其剔除。

一般认为, 检测数据的值在空间(里程)上具有相关性, 即相邻两点的检测数据变化应该不是很大, 而噪声数据则不然, 噪声数据具有突变性, 与

收稿日期: 2007-05-18

基金项目: 北京交通大学基金项目 (2005SM029)。

作者简介: 车 帅, 在读硕士研究生。

相邻数据没有相关。根据噪声数据的特点, 将检测数据看成一个一维的信号, 采用小波算法分解检测数据, 将其分解为能够近似表示原始信息的低频部分和含有噪声信息的高频部分, 进而可以分析高频信息的规律, 并剔除其中的噪声数据。

2 小波消噪原理

传统的消噪方法对于脉冲信号、白噪声和非平稳信号等的处理具有一定的局限性。基于小波变换消噪方法的主要思想就是利用小波分析的多尺度特性首先对含有噪声的信号进行小波变换, 然后对得到的小波系数进行阈值化处理, 得到新的小波系数, 对其进行重构, 这样就可以得到消噪之后的信号。

运用小波分析进行一维信号消噪处理是小波分析的重要应用之一, 是主要利用对含噪信号的分解和重建来实现。一个含噪声的一维信号的模型可以表示成如下的形式:

$$s(i) = f(i) + \varepsilon \times e(i)$$

其中, $f(i)$ 为真实信号, $e(i)$ 为噪声, $s(i)$ 为含噪声的信号, ε 为噪声水平系数。因此, 可首先对信号进行小波分解, 分解过程见图 1。图中, cA 为各层的低频信息, cD 为各层的高频信息。对 1 维离散信号来说, 其高频部分所影响的是小波分解的第一层细节, 其低频部分所影响的是小波分解的最深层和低频层。

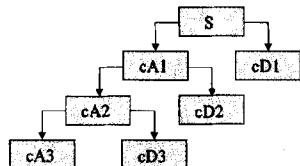


图 1 信号的 3 层小波分解

如果对一个仅由白噪声所组成的信号进行分析, 则可得出结论: 高频系数的幅值随着分解层次的增加而迅速衰减, 其方差也有同样的变化趋势。一般说来, 信号中有用信息主要集中在低频区, 而噪声信息(主要指白噪声)主要集中在高频区, 这样就能通过去除高频信息而达到去噪的目的^[3~5]。

3 应用实例

下面以兰新线上某段线路的检测数据为例, 运用上述理论, 寻找其中噪声数据的规律并将其消除。

3.1 噪声数据的规律

这段线路的检测数据包括轨距、高低(左轨、右轨)、轨向(左轨、右轨)和三角坑等内容, 这些检测数据均可看成是一维信号。由于数据间一般都具有相关性, 里程相邻之间的检测数据相关性最强, 其相关系数呈指数规律衰减, 而噪声数据则常带有突变性。因此, 利用 Matlab 提供的小波工具箱将数据信号在第 1 层进行分解(小波基选择 db10 正交小波基), 分别得到第 1 层的低频信息(即近似部分)和高频信息(即细节部分)。

低频信息中的数据保留了检测信息中可信度较高的信息, 而噪声信息则包含在高频信息中, 将高频信息绘制成曲线, 便可以通过分析其中突变点的位置关系找到噪声与里程的关系。轨距和左高低的高频信息信号图像如图 2 和图 3。

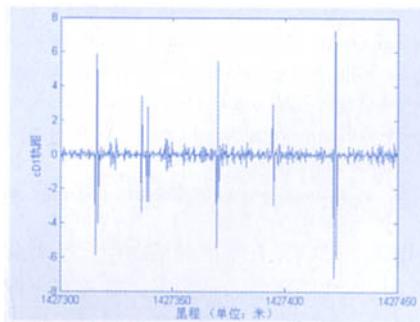


图 2 里程—轨距细节部分关系图

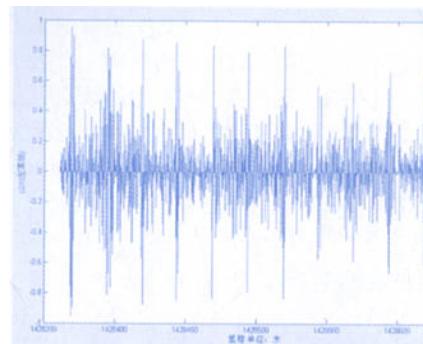


图 3 里程—左高低细节部分关系图

从图 2 和图 3 中不难看出, 在这段里程上, 每隔 25 m 左右会有一个很明显的突变信号, 而同样的规律也存在于右高低、左轨向、右轨向和三角坑等几项指标的检测数据当中。这些以 25 m 为间隔的突

变信号便是我们要找的噪声数据,因为25 m也恰好是此段线路上一根钢轨的长度,这也证明了前面的假设一在轨缝处测得的数据往往不正常。

3.2 噪声数据的剔除

用上面提到的小波消噪方法对轨道检测信号进行消噪处理。首先,信号用db10正交小波基进行4层小波分解,即在刚才第1层分解的基础上再将其低频部分进行分解,得到第2、第3和第4层的高、低频信号;然后,利用Matlab提供的函数计算阈值,并且对高频频数用软阈值进行处理;最后,根据第4层的低频系数和从第1层到第4层的经过修改的高频频数进行一维小波重构。轨距、左高低的原始信号图与小波消噪后信号如图4~图7。

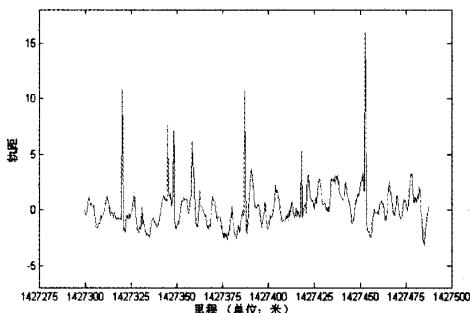


图4 轨距原始信号图

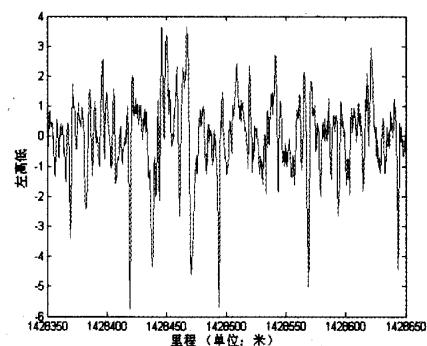


图6 左高低原始信号图

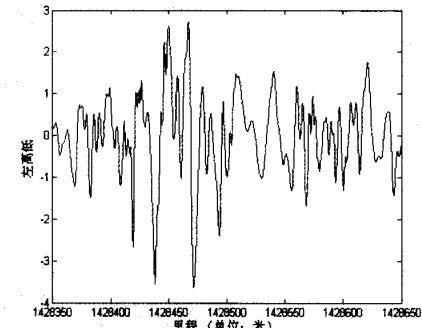


图7 左高低小波消噪后重构图

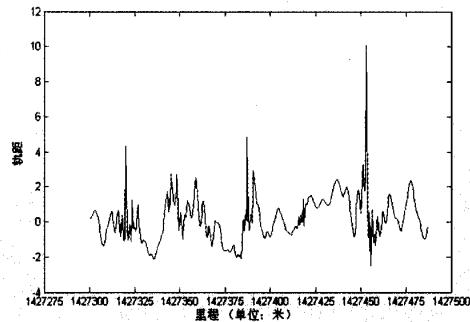


图5 轨距小波消噪后重构图

从轨距、左高低检测数据的原始信号图和小波消噪后重构图的比较可以看出,消噪后的波形光滑,而且突变点的幅值比相应的原始信号中的明显减小,消噪效果非常理想。

4 结束语

本文分析铁路轨道检测数据中噪声数据产生的

原因,然后通过小波分解找到了噪声数据的分布规律,并且利用小波消噪原理,对噪声数据进行剔除,得到了令人满意的结果。本方法可以大大提高原始轨道检测数据的可靠性,使之能够更为真实的反映轨道的状态,是评定轨道状态以及制定轨道维修养护计划的一项不可或缺的前期准备工作。

参考文献:

- [1] 廖军洪. 基于检测数据的轨道状态的评定方法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2006.
- [2] 葛哲学, 陈仲生. Matlab 时频分析技术及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [3] 凌六一, 段 红, 黄友锐. 基于小波去噪的车牌定位系统 [J]. 铁路计算机应用, 2006, 15 (9): 41-43.
- [4] 程正军, 张运陶. 基于 Matlab 的小波包分析在信号降噪中的应用[J]. 西华师范大学学报, 2004, 25 (1): 48-50.
- [5] 高雨峰, 王福田, 刘仍奎. 铁路轨道状态分析信息系统设计与实现[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16 (7): 128-132.