

# 复杂曲线图像的数据提取方法<sup>\*</sup>

谭延峰 李舜酩 江星星

(南京航空航天大学 能源与动力学院 南京 210016)

**摘要:** 在振动噪声信号处理中,对于复杂曲线图像包含的数据,传统的提取方法效率低、难度大,影响后续的数据分析。为解决这一问题,本文融合曲线连续性、复杂曲线之间的空间特征以及 RGB 模型的特点,提出了一种针对两条曲线的识别提取算法和一种针对多条彩色曲线的识别提取算法,通过分别识别、提取、存储各曲线的坐标数据,对各曲线进行插值,仿真实现了复杂曲线图像的数据提取。本文提出的算法能够快速得到精确的曲线图像处理结果,为进一步分析、处理振动噪声信号图像中的复杂曲线数据提供了参考。

**关键词:** MATLAB; 图像处理; 曲线数据提取

**中图分类号:** TP391    **文献标识码:** A    **国家标准学科分类代码:** 520.6040

## Method of data extraction of complex curve image

Tan Yanzheng Li Shunming Jiang Xingxing

(College of Energy and Power Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

**Abstract:** In signal processing of vibration and noise, It is inefficient and difficult to extract data from the image containing complex curves in traditional method, and affects data analysis. In order to solve this problem, The paper combines the continuity of curve, the spatial characteristic between complex curves and the characteristic of RGB model, An algorithm aimed at identification and extraction of two curves and an algorithm aimed at identification and extraction of color multi-curve were proposed, through recognizing, extracting, storing the coordinate data of each curve, and interpolating each curve, the simulation achieved data extraction of complex curve image. The proposed algorithms can quickly obtain the accurate result of curve image processing, and provided a reference for analysing and processing complex curve data of the image.

**Keywords:** MATLAB; image processing; data extraction of curve

## 1 引言

在振动及噪声信号的采集、处理过程中,获取的信号大多是以曲线的形式给出,且曲线图像往往需要进行进一步的处理分析以获得相关特征信息,如二维时频谱中脊线的识别与提取。由于图像数据量大、曲线数据精度要求高等特点,人工读取数据无法满足要求,所以,应用计算机软件实现曲线图像的处理与识别,会大大提高数据处理的效率和数据提取的精度,并能够储存复杂曲线的坐标数据,为后续的数据查询调用和信号处理提供支持。常用的图像文件格式有 bmp、jpg、png、tif 等, MATLAB 均可对其进行处理。

文献[1]利用 MATLAB 软件编写了曲线数据提取的 GUI 程序,运用灰度变换和形态学运算消除了坐标轴和

坐标网格线,采用手动选点的方式对曲线进行了提取,但对于数据量大的复杂曲线,其图像识别与数据提取的效率较低,不能完善地表征复杂曲线的变化特征。文献[2]考虑了图像的滤波去噪,研究了对图像坐标框的搜索以及坐标比例因子的确定,并对曲线上同一 X 值对应多 Y 值的现象做了均值处理,所分析的对象更接近实际情况,但是没有对多条彩色曲线进行研究。文献[3]、[4]主要利用 Hough 变换,采用匹配的方法研究了圆、椭圆等参数曲线这类特殊曲线的识别,而对于曲线方程未知的一般性非参数平面曲线,其识别与提取就无法实现了。文献[5]是将曲线看作有平行边缘的对象,使用两个相关的边缘检测滤波器识别出了曲线的边缘,但是运行检测时的计算量较大,不适用于复杂曲线图像的识别。文献[6]采用分段的图像曲线化方法,提取出了图像的边界轮廓曲线,但所研究对象局限于二值图

收稿日期:2016-05

\* 基金项目:机械结构强度与振动国家重点实验室开放课题(SV2015-KF-01)项目资助

像,没有研究彩色图像的曲线提取。

本文考虑曲线的条数、颜色等因素,根据曲线具有连续性的特点,结合曲线间的空间特征以及 RGB 模型颜色表达的特点,针对工程实际中常见的两条曲线及多条不同颜色曲线的图像,提出两种曲线识别与数据提取的方法,分别建立了两条曲线交点和彩色曲线条数的判据,并对曲线的不同插值方法做了比较。

## 2 曲线图像预处理

### 2.1 图像的读取与去噪

对采集到的信号图像,需要先读取图像并进行预处理<sup>[7]</sup>操作,将图像信息归一化,以便后续处理工作,如噪声去除、二值化、倾斜校正、分割剪裁等。一幅数字图像<sup>[8]</sup>可以表达成一个实数矩阵的结构, MATLAB 中的图像大多数为二维矩阵,其图像的矩阵表达式如下:

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中:  $f(x,y)$  代表图像,  $M$  为图像的宽度,  $N$  为图像的高度,  $x$  代表行数,  $y$  代表列数。矩阵中的每一个元素对应图像中的单个像素点,图像中对应像素点的坐标位置与矩阵索引之间存在一一对应的关系,元素值代表不同的亮度或灰度。在图像像素点的空间坐标系中,像素点被看做一个离散单元,由对应坐标对表示,该空间坐标系与平面直角坐标系类似,不同的是其  $y$  坐标是从上向下递增的。而尺寸为  $M \times N$  的彩色图像则在 MATLAB 中对应  $M \times N \times 3$  的 3 维矩阵,第三维的三个分量用来存储像素点的红、绿、蓝三原色的亮度值,因此,根据 T. Young 的色度学理论,图像上任意一像素点的颜色  $C$  可表示为:

$$C = aC_1 + bC_2 + cC_3 \quad (2)$$

式中:  $C_1, C_2, C_3$  为 3 原色,  $a, b, c$  为三种原色的权值。

在 MATLAB 中通过调用 imread 函数来读取图像,本文读取的图像为 'jpg' 格式,可通过 imfinfo 或 imview 函数查看图像的具体信息或图像像素点对应数字矩阵的元素值,对图像的后续操作本质都是对数字矩阵的操作。

图像噪声是指在获取或传输图像过程中由于不可抗因素影响,使图像偏离了原始图像,对后续识别处理产生干扰的离散像素点,是图像中的非本源信息,如外摄像机本身噪声和传输电路噪声<sup>[9]</sup>。噪声在视觉上往往与相邻像素有明显的不同,可看做随机变量并可用概率密度函数描述噪声分布,常见的有高斯噪声、椒盐噪声、瑞利噪声等。图像处理经常使用的基本模型如下<sup>[10]</sup>:

$$y = Hx + z \quad (3)$$

式中:  $y$  为含有噪声  $z$  的图像,  $H$  已知或未知,或只有部分

统计信息。因此,不同类型的噪声需要不同的去噪技术,主要分为两类:一类是不考虑噪声产生的原因,只对图像中有用的特征信息加以处理和突出的图像增强技术。一类是针对噪声产生的原因,补偿噪声影响的图像复原技术。

### 2.2 图像分割与二值化

图像分割<sup>[11]</sup>是根据像素间的相似性和不连续性,提取出图像中的目标特征,将目标像素从背景像素中分割出来。由于图像中的各种噪声和光照不均匀等因素,目前还没有一种通用的图像分割方法能使得各种类型的图像达到最优分割质量。针对包含两条曲线的图像,由于其具有目标曲线或背景内相邻像素灰度值相似,但目标曲线和背景间像素灰度值差异较大的特点,本文采用基于强度的图像阈值化分割算法,其本质是按照某一准则求出合适的阈值,把像素点按照灰度级聚类分割。这一类中广泛使用的方法是由 N. Otsu 提出的最大类间方差法<sup>[12]</sup>,已被实现为 IPT 函数: graythresh,通过调用此函数可以计算得到图像的最佳阈值,本文的曲线图像应用该方法能够得到较高的曲线识别率。

二值化处理就是按算法计算的阈值将图像转换为二值图像<sup>[13]</sup>,分为目标和背景两个区域,其变换函数可表达为<sup>[14]</sup>:

$$g(x,y) = \begin{cases} 1, & f(x,y) > T \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

式中:  $f(x,y)$  为坐标  $(x,y)$  处的原灰度值,  $T$  为求得的阈值,  $g(x,y)$  为坐标  $(x,y)$  处二值化后的灰度值。二值化图像对图像特征的描述与彩色图像基本没有区别,仍能反映整个图像的特征,并且二值化图像的复杂度和后续操作的计算量大幅降低,所以对去除噪声后的图像需要根据求得的阈值调用 im2bw 函数进行二值化。

## 3 曲线特征识别与插值

### 3.1 两条曲线的识别原理

经过预处理后,对图 1 两条曲线的情况,首先考虑曲线识别的计算量,对识别过程中的无关区域进行剪裁,缩小搜索范围,然后通过遍历矩阵,筛选出两条曲线的点坐标数据,最后对点坐标数据进行相关运算和判断,确定两条曲线各自的点坐标数据。

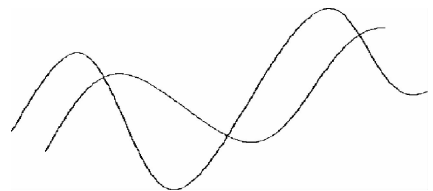


图 1 两条曲线的情况

步骤 1: 求出图像矩阵的行列数,再分别通过 4 次逐行逐列的嵌套循环语句确定曲线区域的上、下、左、右边界,并

按搜索到的边界进行图像剪裁,剪裁后的图像如图2所示。

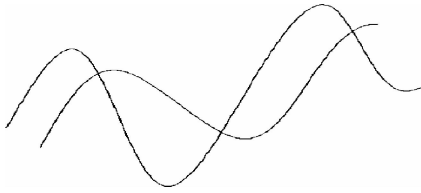


图2 剪裁后的图像

步骤2:根据对两条曲线位置关系的观察,利用曲线具有连续性这一特点,通过对曲线纵坐标由上到下和由下到上的遍历搜索,将相交的两条曲线按照交点分解成了上下两条新曲线。并将上、下两条新曲线的纵坐标分别存储在预先定义的两个一维行向量中,该一维行向量的列数即为剪裁后的图像宽度。

步骤3:一般来说,两条曲线在左、右端点处的横坐标对应不相等,所以按照遍历搜索后,存储在一维行向量中的对应横坐标值会有部分重合,这在之后的曲线插值中会产生错误的结果。本文提出了一种基于相对空间位置关系的特征识别算法,归纳出了两条曲线的相对位置关系及其对应的特征,通过特征识别,判断出两条曲线左右端点的横坐标,将原本一维行向量中重合的数据进行重新编辑,获得了正确的上、下曲线的所有横坐标值。

步骤4:由前面一维行向量中存储的横坐标值,再进一步判断出两条曲线的所有交点,就可得到两条曲线的准确横坐标值。对于交点的识别,本文提出了一种基于绝对空间位置关系的特征识别算法,通过构造两条曲线之间距离的目标函数,计算出两条曲线在相同横坐标下的纵坐标之差,目标函数如下:

$$d = \sqrt{(x_i - x_b)^2 + (y_i - y_b)^2} \quad (5)$$

式中:  $x_i$ 、 $y_i$  为上曲线的坐标值,  $x_b$ 、 $y_b$  为下曲线的坐标值。初步确定出交点的大致范围后,通过比较该范围内的纵坐标之差,取纵坐标差值的最小值,即确定出交点的坐标位置,再将两个一维行向量中的横坐标值根据交点坐标划分区间并交换对应区间的横坐标值,即完成了两条曲线的识别。

### 3.2 多条彩色曲线的识别原理

当信号采集通道较多时,不同曲线往往以颜色或线型区分,对类似图3多条彩色曲线的RGB图像模型,本文采用基于颜色的图像分割操作。RGB色彩空间模型是将R、G、B三原色分别量化为0~255共256个等级<sup>[15]</sup>,当三原色都达到最大亮度255时,表现为白色,对红、绿、蓝、黄等颜色也有对应的R、G、B取值区间。因此,可以利用RGB模型具有颜色量化表达的特点<sup>[16]</sup>,先对图像矩阵做筛选操作,去除背景点,然后通过统计三原色分量确定曲线条数,最后通过不同颜色的分量表示区间,确定曲线的点坐标数据。

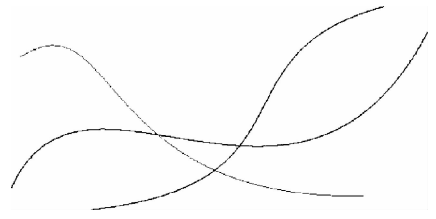


图3 多条彩色曲线的RGB图像

步骤1:调用 reshape 函数将彩色图像的三维矩阵重新排列构造为便于操作和分析的一维行向量,剔除该一维行向量中的所有白色背景像素点。

步骤2:对剩余的像素点进行三原色数值统计,通过将像素点的三原色分量值与不同颜色取值区间进行对比,确定图像中彩色曲线的条数。

步骤3:依据不同颜色的三原色混合比例及对应的数值区间,遍历彩色图像对应的三维矩阵,按照逻辑运算来搜索确定各个曲线的纵坐标值,以搜索蓝色曲线为例,其R分量的逻辑判断条件为:

$$A(i, j, 1) \in [R1, R2] \quad (6)$$

式中:  $A(i, j, 1)$  为图像中像素点  $(i, j)$  对应三维矩阵的R分量,  $R1$ 、 $R2$  为图像中蓝色对应的R分量数值区间。最后将符合逻辑判断条件的纵坐标值分别存储在预先定义的一维行向量中,即完成了彩色曲线的识别。

### 3.3 曲线的插值

已知函数  $f(x)$  的  $N$  个数据点,但  $f(x)$  的函数表达式未知,通过  $f(x)$  的  $N$  个数据点估计任意点的函数值  $f(x)$  的过程称为插值。对一维行向量中存储的各个曲线的点坐标数据进行不同方法的插值操作,包括最邻近插值、线性插值、三次样条插值和立方插值。将插值结果与原图像进行比对分析,并调用 tic, toc 语句得到了不同插值方法所占用的时间。对于最邻近插值,插值点处函数值的估计是距该插值点最近的数据点函数值,用时短,但平滑性较差,数据不连续;对于线性插值,是将相邻数据点函数值线性加权后,落在该区域内的插值点的函数值估计,用时较短,但由于目标曲线较复杂,具有较强的非线性,所以误差较大;对于三次样条插值,是根据建立相邻数据点间的三次多项式函数来确定插值点函数值,用时最慢,但精度高、误差小、平滑性好;对于立方插值,是用三次 Hermite 多项式进行分段插值,用时较慢,但精度高。因此,本文的曲线数据选择使用三次样条插值方法。

## 4 仿真试验验证

### 4.1 仿真实例1——两条曲线图像

为了验证本文方法的有效性,根据上节两条曲线的识别原理,编写 MATLAB 程序进行仿真试验,选取符合条件的曲线图像,如图4所示,运行整个程序,最终得到的曲线图像如图5所示。



图 4 两条曲线的原始图像

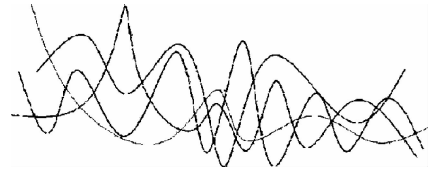


图 8 复杂彩色曲线的原始图像

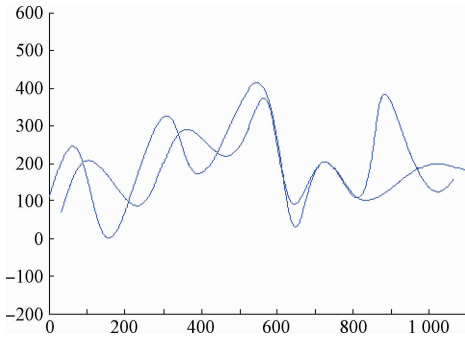


图 5 最终曲线

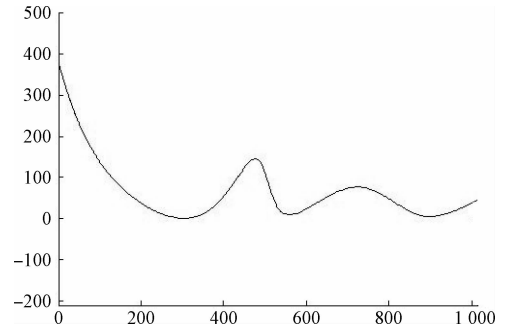


图 9 最终提取的绿色曲线

#### 4.2 仿真实例 2——多条彩色曲线图像

根据上节多条彩色曲线的识别原理,编写 MATLAB 程序进行仿真验证,选取符合条件的彩色曲线图像,如图 6 所示,以从 3 条彩色曲线中提取曲线 1 为例,运行整个程序,最终得到的曲线图像如图 7 所示。



图 6 多条彩色曲线的原始图像

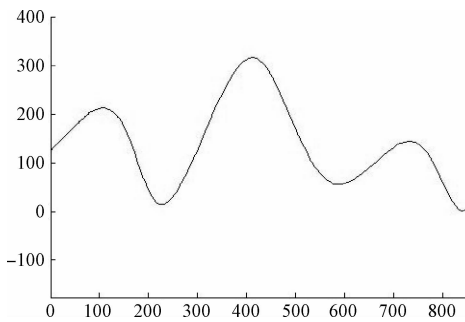


图 7 最终提取的蓝色曲线

#### 4.3 仿真实例 3——复杂彩色曲线图像

针对仿真实例 2 的 3 条彩色曲线的识别提取原理,为验证本文方法的适应性,选取波动更频繁、带有更复杂彩色背景的彩色曲线图像,如图 8 所示,以从 5 条彩色曲线中提取曲线 1 为例,运行整个程序,最终得到的曲线图像如图 9 所示。

## 5 结 论

程序运行结果表明,对于采集到的振动噪声曲线图像,应用 MATLAB 软件能够较准确地提取曲线的坐标数据。

1)对获取的含有噪声的信号图像,可以通过阈值化、滤波、二值化等方法初步去除噪声;

2)相对于单条曲线的的数据提取,对包含两条曲线的图像,提出的基于曲线间空间位置关系的特征识别算法,能够适应更普遍的曲线数据提取问题,相对于 MATLAB 自带的交互式曲线拟合工具,其数据识别效率更高;

3)对包含多条彩色曲线的图像,本文提出的基于图像矩阵三原色分量的特征识别算法,能够对复杂的多彩色曲线进行准确、快速的识别与数据提取,并能够有效地分离研究其中的某一条曲线;

4)针对不同类型的曲线形式,应选择合适的插值方法,对波动频繁的非线性曲线,可以选择三次样条插值或立方插值。

## 参 考 文 献

- [1] 董延,黄志刚.一种利用 MATLAB 提取图像中曲线的新方法[J].机电产品开发与创新,2014,27(2):52-54,44.
- [2] 付昆昆,郑百林,李鑫.基于 Matlab 的图像曲线数据提取方法[J].汕头大学学报:自然科学版,2010,25(2):51-55,63.
- [3] WALSH D, RAFTERY A E. Accurate and efficient curve detection in images: the importance sampling hough transform[J]. Pattern Recognition, 2002(35): 1421-1431.

- [4] CASASENT D, KRISHNAPURAM R. Curved object location by Hough transformations and inversions[J]. Pattern Recognition, 1987, 20(2):181-188.
- [5] BUSCH A. A Common framework for the extraction of lines and edges [J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1996, 31(B3): 88-93.
- [6] 余学军, 彭立中. 二值图象曲线轮廓提取的新算法[J]. 中国图象图形学报, 2002, 7(3):272-275.
- [7] 郭全民, 刘才臻. 路面病害巡检评估系统中的裂缝检测技术[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(7):47-50.
- [8] 刘辉, 李俊霖, 郭永飞. 空间 TDICCD 相机的便携式图像检测设备[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(2): 233-239.
- [9] 贺瑞芳. 面向视觉假体的复杂图像处理技术[J]. 电子测量技术, 2015, 38(11):55-59.
- [10] 刘勃, 温志贤, 杨筱平, 等. 现代数字图像噪声滤除技术及其评价[J]. 自动化与仪器仪表, 2012(2): 146-148.
- [11] 刘琼, 史诺. 基于 Lab 和 YUV 颜色空间的农田图像分割方法[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(4):39-41.
- [12] OTSU N. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics, 1979, 9(1):62-66.
- [13] 刘复玉, 吕新荣. 指针式压力表自动读数系统设计[J]. 电子测量技术, 2015, 38(12):96-99.
- [14] 李智勇, 余小萍, 姜真, 等. 基于蛙眼检测模型的双阈值判定目标跟踪方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(2):187-195.
- [15] 李俊峰, 方建良, 戴文战. 基于色彩感知的无参考图像质量评价[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(2):339-350.
- [16] 韩磊, 曲中水. 一种 RGB 模型彩色图像增强方法[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2014, 19(6):59-64.

## 作者简介

**谭延峥**, 在读硕士研究生, 主要研究方向为车辆振动与噪声控制。

E-mail: cheliangtan@163.com

**李舜韶**, 教授, 主要研究方向为机械振动与噪声控制、信号处理的理论方法与应用等。

E-mail: smli@nuaa.edu.cn

**江星星**, 在读博士研究生, 主要研究方向为机械故障诊断。

E-mail: jiangxinlong1989@126.com

(上接第 158 页)

- [3] Cisco VNI survey. The zettabyte era—trends and analysis Pressrelease[Z]. 29th May 2013.
- [4] NAIR N. LTE 共存挑战[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(5):1-5.
- [5] HA V N, LONG B L. distributed base station association and power control for heterogeneous cellular networks[J]. IEEE, 2014, 63(1):282-285.
- [6] SHYLLON H, MOHAN S. A game theory-based distributed power control algorithm for femtocells [J]. IEEE ANTS 2014 1570022737. 1-3.
- [7] HOSSAIN E, RASTI M, TABASSUM H. Evolution toward 5G multi-tier cellular wireless network an interference mangement perspective[J]. IEEE Wireless Communication, 2014: 121-123.
- [8] RASTI M, SHARAFAT A R. Distributed uplink power control with soft removal for wireless networks[J]. IEEE, 2011, 59(3):833-836.
- [9] LEUNG K K, CHI W S. Opportunistic power control algorithm for cellular network [J]. IEEE/ACM Transactions on Net, 2006, 14(3): 470-478.
- [10] 王辰. 异构网络中基于博弈论的干扰协调算法研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2012:10-13.
- [11] 余岳, 粟梅. V2M 系统分时电价博弈研究[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(1):200-207.
- [12] 邓媛. 基于博弈论的异构网络功率控制技术研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2011: 32-35.
- [13] LESHEM A, ZEHAVI E. Game theory and the frequency selective interference channel [J]. IEEE 2009, 26(5): 28-40.
- [14] ALPCAN T, FAN X, BASAR T, et al. Power control for multicell CDMA wireless networks: A team optimization approach [J]. Wireless Net, 2008, 14 (5): 647-657.
- [15] D' AMICO A A, MENGALI U, MORELLI M. Multipath channel estimation for the uplink of a DS-CDMA system [C]. IEEE International Conference on Communications, 2002:16-20.
- [16] SUNG C W, LEUNG K K. A generalized framework for distributed power control in wireless networks [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2005, 51(7):2625-2635.
- [17] 李鑫. 基于博弈论的宽带无线网络中功率控制技术的研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2014: 30-40.
- [18] 李鹏. 异构网络中基于博弈论的功率控制研究[D]. 上海: 复旦大学, 2013: 42-45.

## 作者简介

**刘微**, 硕士研究生, 研究方向为无线通信技术。

E-mail: lw8064@163.com