

基于 Delphi 平台平滑曲线的算法实现

唐清培,程汉湘,黄树毅,荆怀成

(广东工业大学 自动化学院,广东 广州 510006)

摘要: 为了便于观测与分析电力系统的运行情况,配电测控中心需要将采集的电能数据通过软件输出显示为平滑曲线图。在 Delphi 软件开发环境下,采用三次样条插值算法程序在原数据点之间插入适当节点,通过其自带图表控件 DBChart 输出理想的平滑曲线图。结果表明,直接应用算法程序比另行安装第三方图表控件更为简便。

关键词: 平滑曲线;三次样条;插值算法;图表控件

中图分类号: TP31

文献标识码: A

Realization of smooth curve algorithm based on Delphi

TANG Qing Pei, CHENG Han Xiang, HUANG Shu Yi, JING Huai Cheng

(Faculty of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: To facilitate the observation and analysis of the operation of power system, the power distribution measurement and control center need to output and show smooth curves through software according to energy data collected. In Delphi, using cubic spline interpolation algorithm to insert appropriate nodes between the original data points, and output ideal smooth curve through its own chart control of DBChart. The results indicate that the direct application of algorithm program is simpler than installation of third party control.

Key words: smooth curve; cubic spline; interpolation algorithm; chart control

近年来,国内外学者对应用最为普遍的样条插值法进行了深入的研究,并提出了一些新的保形插值算法,例如圆弧样条插值算法^[1]、非均匀有理 B 样条插值算法^[2]等。这些算法能精确地描述曲线,平滑性、保形性好,适合于机械的精细加工,因此被广泛应用于计算机辅助设计和计算机辅助制造软件中。本文针对 Delphi 中无规律离散点的平滑连接问题,提出采用计算最为简单的分段三次样条插值算法来解决,无需使用其他控件。与前述算法相比,该算法不仅简单方便,而且在光滑性、保形性等方面都有较好的效果。本文给出了分段三次样条插值的构造过程、统一算法,然后利用 Delphi 7 软件编写三次样条插值函数的通用程序,并通过数值算例证明该程序的正确性。

1 三次样条插值函数的定义

设 $[a, b]$ 上有插值节点 $a=x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$, 对应函数值为 y_0, y_1, \dots, y_n 。若函数 $s(x)$ 满足以下 3 个条件:

- (1) $s(x), s'(x), s''(x)$ 在 $[a, b]$ 上连续
- (2) $s(x)$ 在每个子区间 $[x_{i-1}, x_i]$ ($i=1, 2, \dots, n$)上是不

高于三次的多项式

$$(3) s(x_i) = y_i \quad (i=0, 1, \dots, n)$$

则称 $s(x)$ 为三次样条插值函数。

为了求解 $s(x)$, 通常在区间 $[a, b]$ 的 2 个端点处给出所必需的 2 个边界条件, 常用的边界条件有以下两种^[3]:

- (1) 给定端点处的一阶导数, 即:

$$s'(x_0) = y'_0, s'(x_n) = y'_n$$

- (2) 给定端点处的二阶导数, 即:

$$s''(x_0) = y''_0, s''(x_n) = y''_n$$

特别地, $s''(x_0) = s''(x_n) = 0$ 称为自然边界条件, 满足此条件的样条函数叫做自然样条函数。

2 三次样条插值函数的构造

在实际计算中, 通常用节点处的二阶导数来表示三次样条插值函数 $s(x)$, 这样计算工作量小很多。

设 $s''(x_{i-1}) = M_{i-1}, s''(x_i) = M_i, i=1, 2, \dots, n$ 。由前述条件可以推导出用 M_i 来表达 $s(x)$ 的公式^[4]:

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 7


```

If (YP1 > 9.9E+29) Or (YPN > 9.9E+29) then begin
  C[1]:=0;
  C[2]:=0;
  C[3]:=0;
  C[4]:=0;
end
else
begin
  AAA:=(Y[1]-Y[0])/(X[1]-X[0]);
  C[1]:=1;
  C[2]:=1;
  C[3]:=6/(X[1] - X[0]) * (AAA - YP1);  C[4]:=6/
(X[N-1]-X[N-2])*(YPN-(Y[N-1]-Y[N-2])/(X[N-1]-X
[N-2]));
  end;
  Z[0]:=C[3]/2;
  BET[0]:=C[1]/2;
  For I:=1 To N - 2 do
  begin
    MIU:=(X[I] - X[I - 1]) / (X[I + 1] - X[I - 1]);
    BET[I]:=(1-MIU)/(2-MIU*BET[I-1]);
    AAA:=(Y[I + 1] - Y[I]) / (X[I + 1] - X[I]);
    BBB:=(Y[I] - Y[I - 1]) / (X[I] - X[I - 1]);
    CCC:=X[I + 1] - X[I - 1];
    D:=6 * (AAA - BBB) / CCC;
    Z[I]:=(D-MIU*Z[I-1])/(2-MIU*BET[I-1]);
  end;
  MIU:=C[2];
  D:=C[4];
  Z[N-1]:=(D-MIU*Z[N-2])/(2-MIU*BET[N-2]);
  Y2[N-1]:=Z[N-1];
  For K:=N - 2 Downto 1 do  Y2[K]:= Z[K] - BET[K]
* Y2[K + 1];
end;

```

将子过程 SPLINE 输出的各节点的二阶导数代入式(1),从而可求得各插值点的函数值。该子过程定义为 SPLINT,限于篇幅,其程序代码可直接参考文献[5]。

5 算例分析

设测量得到的日整点单相电压值为:

$$y = \begin{pmatrix} 231.9, 232.7, 230.5, 232.5, 230.6, \\ 231.2, 230.4, 216.3, 201.7, 206.3, \\ 211.2, 218.9, 214.3, 219.7, 197.7, \\ 201, 201.2, 223.8, 214.7, 220, 221.8, \\ 224, 234.1, 232.6 \end{pmatrix}$$

为简单起见,可将这些数据点的下标值作为本节点的横坐标值,即:

$$x = \begin{pmatrix} 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, \\ 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 \end{pmatrix}$$

为了使折线图尽量平滑,可选择插入点:

$$x1 = \begin{pmatrix} 0.33, 0.66, 1.33, 1.66, 2.33, 2.66, \\ 3.33, 3.66, 4.33, 4.66, 5.33, 5.66, \\ 6.33, 6.66, 7.33, 7.66, 8.33, 8.66, \\ 9.33, 9.66, 10.33, 10.66, 11.33 \\ 11.66, 12.33, 12.66, 13.33, 13.66, \\ 14.33, 14.66, 15.33, 15.66, 16.33, \\ 16.66, 17.33, 17.66, 18.33, 18.66, \\ 19.33, 19.66, 20.33, 20.66, 21.33, \\ 21.66, 22.3, 22.66 \end{pmatrix}$$

由此,利用前述插值算法计算出插入节点的 y 值,并存入 SQL Server 2000 数据库中。在 Delphi 7 环境下新建工程,利用图表控件 DBChart 即可将样本节点及插入点平滑地连接成曲线并显示出来。主要源代码如下:

```

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var
  I,j:Integer;
  X:array[0..23] of real;
  X1:array[0..23] of real;
  Y2:array[0..23] of real;
  F1:real;
const
  N = 24;
  Y:array[0..23] of
real=(231.9,232.7,230.5,232.5,230.6,231.2,230.4,216.3,
201.7,206.3,211.2,218.9,214.3,219.7,197.7,201,201.2,22
3.8,214.7,220,221.8,224,234.1,232.6);
begin
  For I:=0 To 23 do X[I]:=1.0*I;
  SPLINE(X,Y,N,1E+30,1E+30,Y2);
  ADOConnection1.Execute('create table #xy(x float,y float)');
  with ADOQuery1 do
  begin
    Close;
    For I:= 0 To 23 do
    begin
      SQL.text:= 'insert into #xy values(:x,:y)';
      Parameters.ParamByName('x').Value:=X[I];
      Parameters.ParamByName('y').Value:=Y[I];
      execSQL;
    end;
    For I:= 0 To 22 do
    begin
      X1[I]:= I;
      for j:=1 to 2 do
      begin

```

```

X1[I]:=X1[I]+0.33;
SPLINT(X,Y,Y2,N,X1[I],F1);
SQL.text:='insert into #xy values(:x,:y)';
Parameters.ParamByName('x').Value:=X1[I];
Parameters.ParamByName('y').Value:=F1;
execSQL;
end;
end;
end;
with ADOQuery1 do
begin
close;
SQL.Text:='select * from #xy order by x';
Open;
end;
DBChart1.Series[0].DataSource:=ADOQuery1;
DBChart1.BottomAxis.Increment:=1.0;
DBChart1.Series[0].XValues.ValueSource:='x';
DBChart1.Series[0].YValues.ValueSource:='y';
end;

```

以上程序在 Delphi7 下测试通过，图 1 为插值前样本节点的折线图，运行效果如图 2 所示。比较二图可知，三次样条插值使原折线在样本节点上有了很好的光滑性，曲线平滑效果明显。

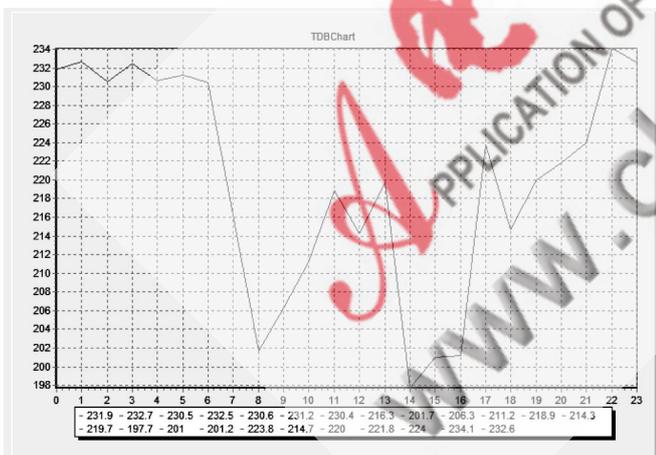


图 1 插值前的曲线图

目前，在 Delphi 环境下绘制平滑曲线一般需利用第三方控件。但由于第三方控件存在可移植性不好、升级维护麻烦等不足，因此本文采用分段三次样条插值算法对原数据点进行插值处理，无需安装其他图表控件便可输出显示平滑曲线。该算法程序简单、具有通用性，大大缩短了软件开发周期。

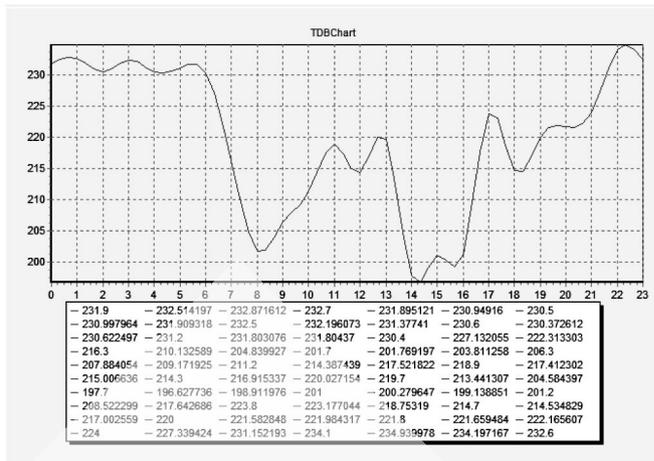


图 2 插值后的曲线图

参考文献

- [1] 舒振宇,汪国昭. 开圆弧样条的保形插值算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, (11).
- [2] 王宁,禹仁贵. 非均匀有理 B 样条曲线的快速实现[J]. 菏泽学院学报, 2009, (02).
- [3] 李红. 数值分析[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2003.
- [4] 冯天祥. 两类三次样条插值函数的统一解法[J]. 西南交通大学学报, 2003, 38(4): 450-453.
- [5] 何光渝,雷群. Delphi 常用数值算法集[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 宋坤,邹天思. Delphi 数据库系统开发完全手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.

(收稿日期: 2009-09-15)

作者简介:

唐清培,男,1982 年生,在读硕士研究生,主要研究方向: 电力系统综合自动化;
程汉湘,男,1957 年生,教授,硕导,主要研究方向: 电力系统综合自动化;
黄树毅,男,1983 年生,在读硕士研究生,主要研究方向: 电力系统综合自动化。

欢迎订阅

微型机与应用 半月刊

订阅代号: 82-417
定价: 20 元/本(全年 480 元)

www.pcachina.com