

doi:10.3969/j.issn.1001-358X.2016.04.010

# 多项式拟合 GPS 水准高程软件设计与实现

贺永成, 王文飞

(陕西省一八五煤田地质有限公司, 陕西 榆林 719000)

**摘要:**文中主要阐述了多项式高程拟合模型中的二次多项式拟合和三次多项式拟合。通过对这两种常用多项式拟合模型原理分析、算法过程的推导,精度评定方法的研究,基于 Microsoft Visual C++ 6.0 语言平台,进行多项式拟合模型程序开发。

**关键词:** GPS 高程; 多项式拟合模型; MFC; 程序

**中图分类号:** P228.4      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1001-358X(2016)04-0035-04

## Design and realization of GPS leveling height software with the polynomial fitting model

He Yongcheng, Wang Wenfei

(Shanxi 185 coalfield geological co., Limited., Yulin 719000, China)

**Abstract:** This paper explains both quadratic and cubic polynomial fitting of polynomial fitting models. Besides, based on the analysis, the derivation of algorithm process and the research of accuracy assessment approaches of these two common polynomial fitting models, the paper mainly focuses on the development of the polynomial fitting model programs based on Microsoft Visual C++ 6.0 platform.

**Key words:** GPS height; Polynomial fitting model; MFC; Program

在传统的大地测量中,正常高是通过重力测量和天文测量的方法确定的。对大多数测量单位来说,并不具备这两种作业条件。长期以来,水准测量是提供正常高的主要技术手段,它用廉价的仪器获得厘米级以上精度的高程,具有原理简单、误差易于检验和探测等优点,但是长距离水准测量的劳动强度大,外业进展缓慢,易产生人为误差,也在一定程度上限制了水准测量的应用。当前 GPS 测量以其高效率、高精度、操作简单等优点在平面控制网得到了广泛的运用,它能够获得高精度的测站点 WGS-84 坐标,即大地经度  $L$ , 大地纬度  $B$  和大地高  $H$ 。但我国平面坐标系统采用的是高斯-克吕格投影平面坐标系统,高程系统采用的是正常高系统。对于高斯平面坐标  $(X, Y)$ , 可以通过坐标转换得到,高程则须通过高程拟合求得。

本文主要选择不同多项式函数进行高程拟合,根据实际情况选择合适的多项式拟合类型,通过间

接平差,最小二乘原理来完成高程拟合函数的算法设计。借助 VC 平台编写出根据已知 GPS 及水准测量数据拟合出高程异常函数模型的程序代码,来实现多项式拟合 GPS 水准高程的参数计算和批量转换,根据拟合出的函数模型,进行精度评定、检验是否满足既定的要求。

### 1 高程系统及转换

高程系统是指相对于大地水准面、似大地水准面、椭球面等不同性质的起算面所定义的高程体系。采用不同的基准面表示地面点的高程有正高、正常高和大地高程等系统。

#### 1.1 正高系统

正高是地面一点沿垂线方向至大地水准面的距离,是以大地水准面和铅垂线定义的高程系统,要推算这种平均重力值,必须知道地面和大地水准面之间岩层的密度分布,这是不能用简单方法来推求的。

所以只能求得正高的近似值。

### 1.2 正常高系统

正常高是地面一点沿铅垂线至似大地水准面的距离,是以似大地水准面为基准面的高程系统,由于其数值不随水准线路而异,可以精确求得,故采用正常高高程系统作为我国统一系统。

### 1.3 大地高系统

大地高是地面一点沿法线到椭球面的距离,是以椭球面为基准面、法线为基准线的高程系统,可以直接由卫星定位技术测定地面点在全球地心坐标系中的大地高程。

### 1.4 高程系统之间的转换关系

大地水准面与参考椭球面在一般情况下不重合,它们之间的距离称为大地水准面差距,用符号  $N$  表示,如图 1 所示,于是地面点的大地高  $H$  就可以认为等于该点的正高与大地水准面差距之和,即

$$H = H_{\text{正}} + N$$

似大地水准面与参考椭球面在一般情况也不重合,它们之间的高程差称为高程异常,用  $\zeta$  表示。则大地高为

$$H = H_{\text{常}} + \zeta$$

大地高  $H$  同正高  $H_{\text{正}}$  或正常高  $H_{\text{常}}$  之间通过大地水准面差距  $N$  或高程异常  $\zeta$  取得联系,可以互相换算(参见图 1)。

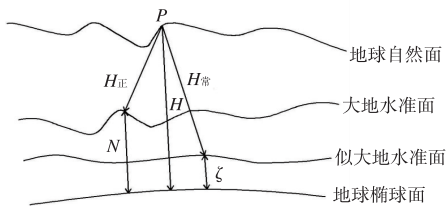


图 1 大地高与正常高

## 2 GPS 高程拟合方法

高程拟合法就是利用在范围不大的区域中,高程异常具有一定的几何相关性原理,根据测区的若干已知水准点,并且用 GPS 测定这些点的高程,利用公式求得高程异常,然后利用其平面坐标  $(x, y)$  和高程异常值  $\zeta$  构造出来的数学模型拟合最为接近于该测区的似大地水准面,然后内插出未知点的高程异常值  $\zeta$ ,进而求出正常高。

### 2.1 一次多项式拟合法

设测区内任一点  $(x, y)$  高程异常为  $\zeta(x, y)$ ,测区内 GPS 与水准联测点有  $m$  个,其平面坐标为  $x_i$ ,

$y_i$ ,用一次多项式表示:

$$\zeta(x, y) = a_0 + a_1x_i + a_2y_i + a_3x_iy_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

### 2.2 二次多项式拟合法

二次曲面法拟合似大地水准面的基本原理是将高程异常近似地看作一定区域内各点坐标的曲面函数,求得函数的拟合系数,进而确定一定区域内高程异常与点平面坐标的函数关系。利用这一函数计算其他 GPS 点的高程异常,最后求点的正常高。设测区内任一点  $(x, y)$  高程异常为  $\zeta(x, y)$ ,测区内支撑点有  $m$  个,其平面坐标为  $(x_i, y_i)$ ,用二次多项式表示:

$$\zeta(x, y) = a_0 + a_1x_i + a_2y_i + a_3x_iy_i + a_4x_i^2 + a_5y_i^2 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

按照平差原理,可列出以下方程式组:

$$\zeta_1 = a_0 + a_1x_1 + a_2y_1 + a_3x_1y_1 + a_4x_1^2 + a_5y_1^2$$

$$\zeta_2 = a_0 + a_1x_2 + a_2y_2 + a_3x_2y_2 + a_4x_2^2 + a_5y_2^2$$

$$\zeta_m = a_0 + a_1x_m + a_2y_m + a_3x_my_m + a_4x_m^2 + a_5y_m^2$$

从而组成误差方程  $V = AX - L$

其中:

$$V = [\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_m]^T$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_1 & y_1 & x_1y_1 & x_1^2 & y_1^2 \\ 1 & x_2 & y_2 & x_2y_2 & x_2^2 & y_2^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & x_m & y_m & x_my_m & x_m^2 & y_m^2 \end{pmatrix}$$

$$x = [a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5]^T$$

通过最小二乘法可以求解出多项式的系数:

$$x = (A^T PA)^{-1} (A^T PL)$$

式中:  $P$  为权阵,它可以根据水准高程和 GPS 所测得的大地高的精度来加以确定。

### 2.3 三次多项式拟合法

三次多项式拟合模型原理与二次多项式相同,其数学模型为:

$$\zeta(x, y) = a_0 + a_1x_i + a_2y_i + a_3x_iy_i + a_4x_i^2 + a_5y_i^2 + a_6x_i^2y_i + a_7x_iy_i^2 + a_8x_i^3 + a_9y_i^3 \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m)$$

## 3 GPS 水准精度评定

(1) 内符合精度

$$\mu = \pm \sqrt{V^T V / (n - t)}$$

式中:  $n$  为公共点个数;  $V$  为公共点的高程异常改正

数。

(2) 外符合精度

$$\mu = \pm \sqrt{V^T V / (n - 1)}$$

式中:  $n$  为检核点个数;  $V$  为检核点的已知高程异常与其拟合值之差。

4 类与 MFC 程序

4.1 类的定义与使用

类是面向对象程序设计语言中的一个概念。类(Class)实际上是对某种类型的对象定义变量和方法的原型。它表示对现实生活中一类具有共同特征的事物的抽象,是面向对象编程的基础。一个类定义了一组对象。类具有行为,它描述一个对象能够做什么以及做的方法,它们是可以对这个对象进行操作的程序和过程。

类名:默认前缀是“C”,类名第一个字母大写。类的定义不分配内存空间,也就是说,类没有生命,创建一个类的实例化对象是要分配内存空间的,即:对象是有生命的。关键字:Class。

4.2 MFC 框架概述

MFC 是微软基础类库的简称,是微软公司实现的一个 c++ 类库,主要封装了大部分的 windows API 函数,c/c++ 的集成开发环境,利用它可以编辑,编译,调试。MFC 还是一个框架,新建一个 MFC 的工程,AppWizard 为应用程序自动创建以下四类:视图类: CView; 应用程序类: CWinApp; 框架类: CFrameWnd; 文档类: CDocument。

VC 平台提供了相应的工具来完成这个工作: AppWizard 可以用来生成初步的框架文件;资源编辑器用于帮助直观地设计用户接口;ClassWizard 用来协助添加代码到框架文件。

4.3 MFC 消息映射和函数

4.3.1 消息映射机制

MFC 使用一种消息映射机制来处理消息,在应用程序框架中的表现就是一个消息与消息处理函数一一对应的消息映射表。

```
if( FileDlg. DoModal() == IDOK)
```

{ 弹出 FileDlg 对话框,当你按下确认按钮时,执行这里的代码}。

4.3.2 成员变量

```
double x[20], y[20], h[20], hr[20]; //GPS 坐标 X, Y, 大地高 H, 水准高 Hr
```

```
int zn, nn, jn; //GPS 总点数,平差点数,检核点数
int dh[20], m; //点号数组,拟合多项式次数
double * * Nbb, W[20]; //误差方程 NBB, W
```

4.3.3 成员函数

```
bool ReadData( CString filename ); //读取平差数据文件
void pc(); //平差函数
int Jzqn( double * * a, int n ); //矩阵求逆函数
void DataOut(); //平差数据输出
```

5 程序设计与实现

5.1 软件设计过程

(1) 启动 VC6.0 应用程序—> file(文件)—> new(新建)—> projects—> MFC AppWizard( exe)(MFC 应用程序向导), Project name(项目名称): GPS 水准高程, Location(路径): 项目存放在磁盘中的位置。如图 2 所示。

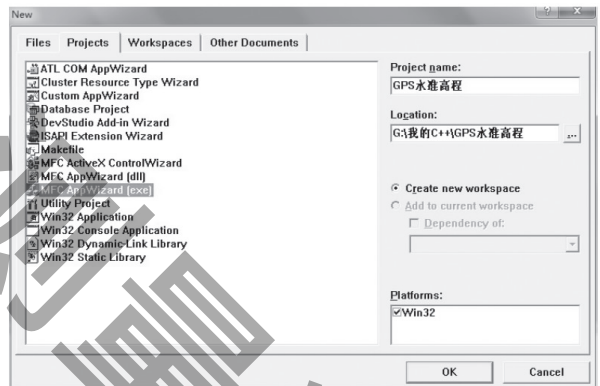


图 2 建立 MFC 框架

(2) 参见图 3 所示,选择 single document(单文档)类型,按照默认选项,从第二步至第六步,选择 finish,应用程序框架创建完毕;类库管理面板—> ResourceView(资源管理面板)—> menu(菜单项)—

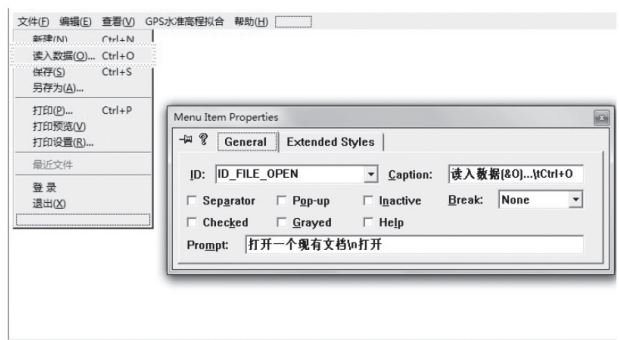


图 3 菜单编辑界面

> IDR\_MAINFRAME, 在菜单编辑的界面的文件菜单下添加“读入数据”子菜单选项, 其 ID 号为 ID\_FILE\_OPEN。

(3) 按照上述步骤 2, 在菜单编辑的界面的文件菜单下添加“GPS 水准高程拟合”菜单选项, 在下拉菜单中添加“平差对话框”子菜单, 其 ID 号为 ID\_MENU\_DIALOG。新建平差对话框资源, 标题为: GPS 水准高程拟合, ID 为: IDD\_DIALOG\_PC, 新建平差对话框类 CpcDlg, 最后为“平差对话框”子菜单项增加处理问题的函数: OnMenuDialog(), 在此函数中添加代码, 弹出模式对话框, 并在 MainFrame 类的. cpp 文件开始处, 添加新增对话框类的头文件#include”PcDlg.h”。如图 4 所示。

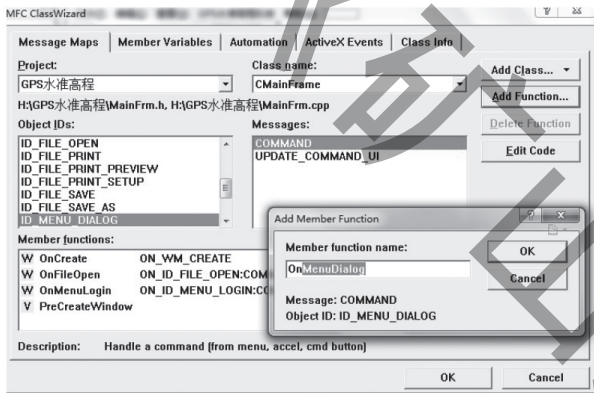


图 4 增加平差菜单驱动函数

(4) 编辑平差对话框的界面, 如图 5 所示。

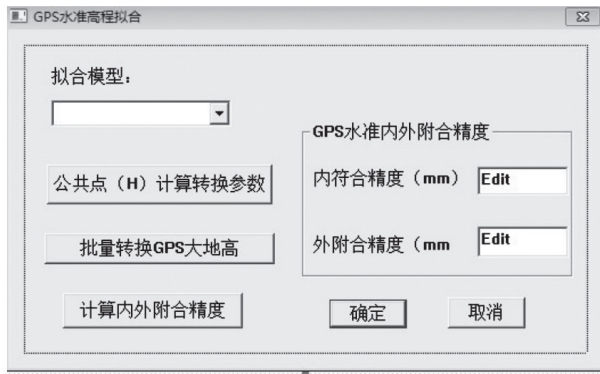


图 5 平差对话框

(5) 为对话框上添加控件, 实现数据交换。添加各编辑框或列表框的成员函数, 增加 button 按钮的消息映射宏和消息映射函数, 在 MFC 提供的接口里添加程序代码, 实现程序的设计运行。

## 5.2 软件运行

(1) 打开 GPS 水准高程程序 (. exe), 进入程序登录界面, 在文件菜单下选择“读入数据”, 在“打开平差数据文件”对话框中选择要处理的原始数据“DataIn. txt”文件。

(2) 在“GPS 水准高程拟合”菜单项下选择“平差对话框”, 弹出“GPS 水准高程拟合”对话框, 对程序进行执行具体操作。

## 6 结论

针对 GPS 水准拟合矩阵运算多的特性, 本文采用 VC 和基于对话框的 MFC 平台, 该工具功能强大、语法简单、扩充能力强、可开发性强、编程容易并且效率很高。程序采用三种高程拟合模型, 进行了参数计算、高程转换、精度评定, 满足不同区域的转换要求, 不仅提高了 GPS 水准高程转换的效率, 而且根据内外附合精度评定选出最优的公共点和拟合模型。

### 参考文献:

- [1] 李晓桓. GPS 水准拟合模型的优选[J]. 测绘通报, 2003 (7): 11 - 13.
- [2] 杨德明. GPS 水准多项式曲面拟合模型研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2006 (3): 34 - 36.
- [3] 陶本藻. GPS 水准似大地水准面拟合和正常高计算[J]. 测绘通报, 1992 (4): 14 - 18, 36.
- [4] 王佩贤. 大地测量学基础[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [5] 匡翠林. 高精度 GPS 水准算法研究及其应用[D]. 长沙: 中南大学, 2004.
- [6] 郭泰. GPS 高程转换拟合方法及其辅助程序设计[D]. 成都: 成都理工大学, 2012.
- [7] 杨学超, 吴雷. 多项式预测模型在沉降变形监测中的应用[J]. 矿山测量, 2015, 43 (2): 98 - 100.
- [8] 梁志强. 基于最小二乘配置法的 GPS 高程转换[J]. 矿山测量, 2014, 42 (6): 37 - 39.

作者简介: 贺永成(1990 -), 陕西榆林人, 毕业于辽宁工程技术大学测绘工程专业, 现就职于陕西省一八五煤田地质有限公司, 主要从事矿山测量、工程测量、变形监测等方面的工作。

(收稿日期: 2016 - 05 - 06)