

面向海岛海岸带卫星遥感调查的 RBN/DGPS 导航与数据采集系统开发

刘善伟, 张杰, 马毅

(中国科学院烟台海岸带与可持续发展研究所, 山东烟台 264003; 中国科学院南海海洋研究所, 广州 510301; 中国科学院研究生院, 北京 100039; 国家海洋局第一海洋研究所, 山东青岛 266061; 海洋环境科学与数值模拟国家海洋局重点实验室, 山东青岛 266061)

【摘要】原始卫星遥感影像中包含严重的几何变形, 几何粗校正不能满足制图要求, 必须进行几何精校正。几何精校正依赖一定数量的地面控制点, 本文在应用 RBN/DGPS 采集地面控制点的过程中, 结合地理信息系统技术开发了 RBN/DGPS 导航与数据采集系统, 该系统一方面针对手持 GPS 导航功能的不足, 使用基于粗校正遥感影像的导航方式, 实现路线导航功能, 帮助测量人员准确、快速地找到已设计的控制点, 另一方面实现坐标数据采集功能, 提出了判断数据稳定性的采集算法并实现了数据的自动处理。

【关键词】卫星遥感调查; RBN/DGPS; 路线导航; 数据采集

【中图分类号】 TP79; P208

【文献标识码】 A

【文章编号】 1009-2307(2009) 04-0111-03

1 引言

海岛海岸带卫星遥感调查是“我国近海海洋综合调查与评价”专项中的一项重要任务, 卫星遥感影像是此次调查的主要数据源^[1]。由于成像投影方式、传感器外方位元素变化、传感介质的不均匀、地球曲率、地形起伏、地球旋转等因素的影响使得原始遥感图像存在一定的几何变形, 即像元在图像坐标系中的坐标与其在地图坐标系等参考坐标系统中的坐标之间的差异^[2], 为消除这种差异必须进行几何校正。根据产生畸变的原因, 利用计算公式和取得的辅助数据可以进行几何粗校正, 但是由于无法满足项目制图要求的精度, 还需利用地面控制点进一步做几何精校正。

在实地测量控制点经纬度的过程中, 如何快速且准确地到达所设计控制点的具体位置是难点之一。手持 GPS 基于内置的电子地图导航, 由于地图比例尺小, 肉眼实现电子地图与遥感影像地物匹配的难度较大, 此外, 地面控制点大多选择在低等级土质道路的交叉口, 电子地图上一般没有标识, 因此利用手持 GPS 难以快速、准确地找到控制点所在地。

RBN/DGPS 系统具有高精度、便于携带、价格便宜、可靠性强等特点, 能够实时处理并快速实现定位, 且满足遥感地面控制点采集的精度需求。本文基于 RBN/DGPS 与 GIS (Geographical Information System) 技术开发了导航与数据采集系统, 使用基于粗校正遥感影像作为地理底图实现路线导航功能, 提高寻找控制点的速度和准确度, 同时实现控制点经纬度数据的自动采集, 将导航与数据采集功能集成于同一软件平台。

2 RBN/DGPS 工作原理

由于任何型号的 GPS 仪器接收天空多于 4 颗 GPS 卫星

信号时, 定位误差为 10 ~ 15 m, 不能满足常规测量精度要求, 因此提出了 DGPS (实时差分测量) 的测量模式: 将基准站上测量得到的 RTCM 数据通过数据链传输到移动站, 移动站接收到 RTCM 数据后, 自动进行解算, 得到经差分改正以后的坐标, 精度可提高至亚米级到米级。

信标技术是 DGPS 技术的一种, 它是利用现有的海用无线电信标台, 在其所发射的信号中加一个副载波调制, 以发射差分改正信号, 提供米级精度定位导航。国家交通部海事局在我国沿海从南到北沿海岸线建立了 20 个信标台站 (相当于 DGPS 的基准站), 这些信标台 24 小时发送 RTCM 差分校正信息, 在比较典型的区域: 距离海岸线 300-400km (海上) 和 200-300km (陆上) 之内, 亚米级接收机实时定位精度优于 5m^[3]。

3 系统设计与实现

3.1 系统设计思路

RBN/DGPS 导航与数据采集系统选用 ESR I 的 MapObjects 2.3 地图控件作为二次开发平台, 在 Visual Basic 6.0 语言环境下, 根据实地测量工作需要将路线导航与数据采集功能集成于同一平台。

RBN/DGPS 作为数据采集工具, 既要在行车途中提供实时坐标数据完成路线导航, 又要完成控制点坐标数据采集。在野外测量工作中, 用磁性吸盘将 RBN/DGPS 接收机的天线固定于车顶 (保证 GPS 信号的无阻碍接收), 接收机主机通过数据线与笔记本电脑连接, 在该软件地图窗口中打开粗校正遥感影像, 并设置相应通讯端口接收 GPS 信号, 实现实时路线导航; 到达地面控制点后, 将天线置于控制点上, 软件自动实现数据稳定性判断、数据格式转换等功能, 并将控制点相应属性信息与处理完毕的坐标数据存入 Access 数据库。

系统工作流程如图 1 所示。

3.2 系统功能结构

1) 地图导航功能

地图管理: 实现遥感影像、矢量数据的添加、删除。

浏览工具: 图层控制、鹰眼、放大、缩小、全图、漫游、距离量

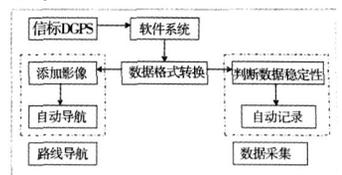


图 1 系统工作流程框图



作者简介: 刘善伟 (1982-), 男, 山东胶南人, 博士研究生, 研究方向为海洋地理信息系统及遥感应用。
E-mail: shanweiliu@163.com

收稿日期: 2008-09-23

基金项目: 国家 908 专项——我国近海海洋综合调查与评价专项 (908-01-WY02)

算等。

经过端口设置、打开数据连接后，GPS 点会以点状自定义符号的形式出现在遥感影像或矢量图层上，并且动态移动且自动居于地图屏幕中心。

2) 数据采集与管理功能

开始数据采集后，软件根据自定义的判断数据稳定性算法进行数据处理，处理完毕将结果显示在界面上，测量人员填写相应控制点属性信息后，即可将数据成果保存至 Access 数据库。

测量人员可浏览 Access 数据库中的数据，为方便日后应用还增加了将存储数据导出 Excel 文档的功能。

3.3 系统实现

该系统在 Visual Basic 6.0 环境下采用 MSCOMM 控件实时接收 RBN/DGPS 的串口数据，数据采集处理完毕存入 Access 数据库，并基于 MapObjects 2.3 地图控件二次开发地图导航功能，整个系统界面简洁，易于操作。

1) 串口数据接收与格式转换

NMEA 协议是为了在不同的 GPS 导航设备中建立统一的 BTCM (海事无线电技术委员会) 标准，由美国国家海洋电子协会制定的一套通讯协议。NMEA 协议包含多种标准数据格式，常用的有 GPGGA、GPRMC、GPGSA、GPGSV 等。在测量前，信标 GPS 接收机的输出格式设定为 GPGGA。

Visual Basic 6.0 中的 MSCOMM 控件是利用 ActiveX 技术开发的通信控件^[4]，提供了一系列标准通信命令的接口，它允许建立串口连接，可以连接到其他通信设备 (如 Modem)，还可以发送命令、进行数据交换以及监视和响应在通信过程中可能发生的各种错误和事件，从而创建全双工、事件驱动的、高效实用的通信程序。通信过程采用 9600 波特率，无奇偶校验，8 位数据位，1 位停止位，通过设置 PorOpen 属性为 True 打开端口，当接收数据时触发 OnComm 事件，使用 Input 属性动态读取缓冲区内的数据，数据串格式如下：

```
$GPGGA, 061711.0, 3539.751078, N, 11930.407672, E, 2, 7, 1.3, 38.74, M, 3.04, M, 4, 620 * 6F
```

该语句中，纬度：3539.751078，格式为 ddmm.mmmm (度度分分.分分分分)。经度：11930.407672，格式为 dddmm.mmmm。“2”是质量因子，表示接收到的卫星数目不少于 4 颗且有差分信号。“7”表示此刻接收到的卫星数目。

读取数据串后，根据路线导航和数据采集不同的功能要求进行相关判断以进一步提取经纬度数据：若为导航，则接收卫星数目必须大于 3 颗；若为数据采集，则质量因子必须为 2。因为数据串里的经纬度不是以度为单位，所以需分割字符串并做相关计算，从而使“度分”格式转换为十进制“度”格式。

2) 地图导航功能的实现

MapObjects 是全球最大的 GIS 软件供应商 ESRI 公司最早推出的一组基于 COM 技术供应用开发人员使用的制图与 GIS 功能组件。本系统使用 Map 控件实现地图显示，使用 Legend 实现图层控制。TrackingLayer (动态图层) 是 Map 控件的属性，可在其中动态显示不断改变位置的图形，每个图形是一个 GeoEvent 对象，可实现对象在图上移动，因此具有很高的更新速度，但该对象没有保存在数据文件中，程序退出后立即消失。TrackingLayer 的 GeoEvent 对象位置可以快速动态改变而不影响地图窗口中的其他图层，因此最适合接收从 GPS 接收机中接收来的动态位置数据，并在地图上动态显示^[5]。

首先在地图窗口中添加粗校正遥感影像，然后在 MSCOMM 的 OnComm 事件中将格式转换后的点坐标数据实时赋给 TrackingLayer 的 GeoEvent 对象，从而实现 GeoEvent 对象的实时刷新移动，完成路线导航功能。主要实现代码

如下：

```
Dim pt As New MapObjects2. Point 定义并实例化一个点
```

```
pt.X = DD_L 'DD_L——经度
```

```
pt.Y = DD_B 'DD_B——纬度
```

```
MainForm.Map.TrackingLayer.ClearEvents '清除 GeoEvent 对象
```

```
MainForm.MapMain.TrackingLayer.AddEvent pt, 0 '动态图层上添加动态点对象
```

```
MainForm.Map.CenterAt DD_X, DD_Y '该点对象在 Map 控件上居中显示
```

3) 判断数据稳定性算法

RBN/DGPS 进行测量时，使用 Windows 自带的超级终端与 DGPS 接收机进行数据通讯，一般的宽阔地区大约半分钟就会接收到有效数据 (质量因子为 2)，但是数值仍在不断上下浮动，当向上或向下浮动到某个数值会维持短时间 (一两分钟) 的相对稳定，能够暂时稳定在经纬度 (度分格式) 小数点后第四位，而第五位仍不断上下浮动 (换算后小于 0.2m)。经计算，该相对稳定值与初始获取的有效值距离偏差能达到 3~5m，接着又会向相反方向继续发生变化。

依据测量经验，如果观测时间过短，其测量成果稳定性较差，随观测时间的延长，其定位精度会有逐渐提高的趋势。由于数值反复上下浮动，所以一味延长观测时间，并不能提高定位精度。因此，在观测过程中，需要肉眼注视超级终端的屏幕，人工判断经纬度小数点后第四位相对稳定后，则认为数据可靠并予以记录，不仅增加了测量人员的工作量，还会因为数据在屏幕上跳动太快而发生误判。

该系统用算法实现了数据的稳定性判断，对于合乎稳定性要求的数据以十进制“度”的格式输出。系统每秒从 GPS 中读取 1 个数据串，相对稳定时间间隔设置为 t 秒 (即采集 t 次)，数值稳定阈值设置为 k 度 (0.000001 相当于 0.1m 左右)。将一组采样经纬度数据读入结构体数组 data() 中，当其中的任两个值 (经度或纬度) 相减绝对值大于 k 时，则说明该组采样数据未稳定，并自动退出当前过程重新采集；否则对该组数据加和取平均值作为该控制点的坐标数据采集结果。算法过程的主要代码如下：

```
Form = 0 To 59 该循环判断是否该组采样数据在稳定范围
```

```
b1 = data(m).B m、n 为整数，其他变量为双精度小数
```

```
l1 = data(m).L
```

```
If m < 59 Then
```

```
For n = m + 1 To 59
```

```
bb1 = Abs(b1 - data(n).B)
```

```
ll1 = Abs(l1 - data(n).L)
```

```
If bb1 > 0.000001 Or ll1 > 0.000001 Then
```

```
Exit Sub 如果数据差值超限，则退出当前过程重新采集
```

```
End If
```

```
Next n
```

```
End If
```

```
Next m
```

```
Form = 0 To 59 加和满足要求的数据值
```

```
b2 = b2 + data(m).B
```

```
l2 = l2 + data(m).L
```

```
Next m
```

```
B = Format(b2 / 60, "00.000000") 取均值并规范取舍位数
```

```
L = Format(l2 / 60, "000.000000")
```

4 应用分析

在路线导航过程中, 基于粗校正影像的导航方式大大提高了寻找控制点的效率, 导航点自动居中功能省掉了导航人员不断移动地图的麻烦。但由于粗校正影像仍有一定的误差, 故当导航 GPS 点与影像上标注的控制点重合时, 该位置并非待测控制点, 而是具有一定的位置偏差, 偏差大小与粗校正影像坐标精度相同。影像图与基础地理底图矢量图层(如村镇、主要道路等点线图层)的叠加显示, 可以帮助测量人员发现位置偏差大小, 从而实现快速准确定位。

在实地测量过程中, 使用 RBN/DGPS 重测沿海布设的 GPS 等级控制点, 经对比, 两者点位距离偏差皆小于 1m (如表 1 所示), 进一步验证了数据采集算法与数据处理方式的正确性。

表 1 GPS 等级控制点坐标数据与 RBN/DGPS 测量结果的距离偏差

编号	位置	大致位置坐标	距离偏差 (单位: m)
1	风山大坝	(120 93, 36 25)	0.94
2	石老人南三	(120 30, 36 05)	0.57
3	麦岛	(120 26, 36 03)	0.60
4	六家村西	(121 19, 36 95)	0.79

5 结束语

1) 经应用得知, 本文提出的判断 RBN/DGPS 数据稳

定性的算法简单可行, 其数据处理与数据格式转换功能减轻了内业工作量, 实现了地面控制点采集过程的自动化操作。

2) 在地面控制点测量过程中, 基于粗校正影像的导航方式保证了寻找控制点的速度和准确度, 通过叠加国家 1:50 000 基础地理矢量底图, 解决了粗校正影像误差大而导致 GPS 点与影像图上地物不匹配带来的偏差问题。在今后的现场验证调查中, 基于该系统使用此次精校正后的影像进行路线导航, 不会再出现上述偏差, 从而进一步提高调查效率。

参考文献

- [1] 国家海洋局 908 专项办公室. 海岛海岸带卫星遥感调查规程 [S]. 北京: 海洋出版社, 2005-12.
- [2] 赖震刚, 王继. 利用 ERDAS MAGNIE 进行影像的几何精校正 [J]. 现代测绘, 2003, 26 (1).
- [3] 桑金, 张铁军. 中国沿海 RBN-DGPS 系统的建立及性能评定 [J]. 测绘通报, 2002, (11).
- [4] 李良, 张小超, 赵化平. GPS 差分 RTCM 数据实时编解码算法及实现 [J]. 计算机工程与应用, 2006, (11).
- [5] 范建军, 等. GPS 三频非差观测数据周跳的自动探测与改正研究 [J]. 测绘科学, 2006, 31 (5).
- [6] 王倩, 陈怀民. 基于 Mapobjects 组件式 GIS 导航系统开发 [J]. 科学技术与工程, 2007, 17 (5).

Development of RBN/DGPS navigation and data collection system for island and coastal zone remote sensing investigation

Abstract There is geometric distortion in original remote sensing imagery, but geometric sketchy correction can't satisfy the demand of cartography, so geometric precise correction is needed. Geometric precise correction depends on some ground control points collected by means of field surveying using RBN/DGPS. During the course of surveying, the software is developed based on the technique of geographical information system and can realize dual-purpose application with one RBN/DGPS. On the one hand, the navigation method of using sketchily corrected remote sensing imagery is used in allusion to the shortage of the navigation function by Hand-held GPS. Therefore, the function of route navigation is realized and the surveyor can find the ground control points accurately and quickly. On the other hand, the function of coordinate data collection is implemented, the arithmetic of estimating the data stability is researched and the automatic data processing is realized.

Key words remote sensing investigation; RBN/DGPS; route navigation; data collection

LIU Shan-wei, ZHANG Jie, MA Yi (Institute of Yantai Coastal Zone and Sustainable Development, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510301, China; Graduate University of Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China; First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China; Key Laboratory of Marine Science and Numerical Modeling, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

(上接第 133 页)

- [2] 王万森. 人工智能原理及其应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 156 - 157.
- [3] 陈文伟. 智能决策技术 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
- [4] 郭军. 智能信息技术 [M]. 北京: 电子邮电大学出版社, 1999.
- [5] 袁勤省. 地图学原理 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [6] 刘建朝. 陕西省神木县农用地分等定级与估价研究 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2008.

The expert system of farmland grading based on GIS

Abstract Using "the nom of farmland grading" and "the database standard of farmland grading" as criterion, applying the expert system to the second developing environment of GIS, an expert system of farmland grading in a county was set up. The system includes creating and selecting knowledge base, classifying and mapping of the utilization coefficient and economic ones, calculating the grading indexes of nature and utilization or economy, classifying and mapping of nature grades and utilization ones or economic ones. The conclusion is that the system has generality, can improve the automation of farmland grading, and raise the standardization of the maps.

Key words farmland grading; the expert system; geographic information system; datum crops; designated crops; the index region.

LUO Guang-xiang, ZHANG Zhuan, GONG Xiaom in, LU Ming-hui, LIU Tao, SHI Fen-wei (School of Resource and Geo-science, Chang An University, Xi an 710054, China)