

SWDC 结合 IMU/DGPS 航测的可行性研究

李新泉

(北京天元四维科技有限公司, 北京 100081)



摘要: 主要介绍了在现有情况下 SWDC 结合 IMU/DGPS 的研究方法和在不同分辨率的情况下进行航飞任务的情况, 探讨了在 SWDC 上结合 IMU/DGPS 进行航测任务的可行性以及采集数据结果的可靠性。通过不同地域的 3 个测区任务的开展表明: 在 SWDC 上结合 IMU/DGPS 的技术是可靠的, 进行航测工作时航测成果完全满足成图精度要求, 可以取代常规空三作业方式。

关键词: SWDC; IMU/DGPS; 航空摄影测量; 空中三角测量

中图分类号: P231

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2012) 01-0094-03

目前 SWDC 结合 IMU/DGPS (惯性测量单元/差分 GPS) 航测技术是一种非常好的工作方式。成熟于 2000 年左右的 IMU/DGPS 航空摄影技术, 可以实现在地面少控制点甚至无控制点的情况下, 快速获取影像的 6 个外方位元素^[1]。虽然 DGPS 系统可量测传感器的位置和速率, 具有高精度、误差不会随时间积累等优点, 但其动态性能差 (易失锁)、输出频率低, 不能量测瞬间快速的变化, 没有姿态量测功能。而 IMU 有姿态量测功能, 具有完全自主、无信号传播, 既能定位、测速, 又可快速量测瞬间的移动, 输出姿态信息等优点, 但主要缺点是误差随着时间迅速积累增长。可以看出 DGPS 与 IMU 正好是互补的, 因此最优化的方法是对 2 个系统获得的信息进行综合, 可得到高精度的位置、速率和姿态数据^[2]。IMU/DGPS 辅助 SWDC 数字航摄影仪, 目前在国内应用还不是很广泛。到目前为止, 已经开展了 3 项实际测绘工作。通过实验和测绘任务的开展来看, IMU/DGPS 辅助国产 SWDC 数字航摄影仪, 确实达到了减少了野外控制测量、提高作业速度的目的。本文是 IMU/DGPS 辅助国产 SWDC 数字航摄影仪的一次关键研究, 目的是将 IMU/DGPS 技术应用到 SWDC 航测相机上, 更好地服务于国家各种测绘项目之中。

1 集成研究

为了获取到高精度的地面影像数据, 必须采用高精度测量仪器。航测任务中飞机和航测仪姿态是不断变化的, 曝光的瞬间, 飞机和航测仪的姿态也是需要获取的重要信息。

飞机的瞬时位置取决于速度的大小和飞行的时间, 也就是说位置是速度对时间的积分, 可以写成:

$$r(t_k) = r(t_0) + \int_{t_0}^{t_k} v(t) dt \quad (1)$$

式中, $r(t_0)$ 为初始时刻飞机的位置向量 (这里为零)。

同样, 飞机的角速度也是如此, 角速度变化经过积分可得到旋转角度, 经微分可得到角加速度的变化^[3, 7]。

IMU 为系统中姿态测定的重要单元, 在 IMU/DGPS 辅助航摄影仪中, IMU 要求选择尺寸小、漂移小、比例因子小、噪声好的产品。在整个实验和任务中我们选择的是加拿大 Applanix 公司的 IMU/DGPS AV510, 该系统能达到坐标线元素为 5-10 cm, 角元素为 0.005° (φ 和 ω)、0.01° (κ) 的精度, 甚至更高。

SWDC 影像获取为框幅式中心投影。为了获取曝光时刻, 照片的准确位置, SWDC 数字航摄影仪利用双频 Trimble 5700GPS 接收机为相机提供曝光导航信息。通过功分器连接 Trimble 5700 GPS 接收机和 IMU/DGPS AV510, 这样在飞机上只安置一个航空型高灵敏度 GPS 天线, 就可以使 GPS 接收机和 IMU/DGPS 同步获取到相机曝光瞬间的 Maker 信号, 避免了信号在传输过程中的延迟; 此外, 为了使 GPS 和 IMU/DGPS 系统信息兼容, 提高数据获取的精度, 增大了 GPS 接收机的波特率, 提高了数据采样频率, 选择了 GGK 为 GPS 信息获取的方式。飞行过程中利用徕卡陀螺稳定座架 PAV30 获取 3 个方向上的角度补偿, 保证始终垂直获取影像, 同时对 IMU 传感器提供漂移控制, 安装完成外观图如图 1 所示。

IMU 固定在航摄影仪上, 所以偏心角可以认为保持不变。但因为无法采用常规的几何方法来量取这个偏心角, 通常采用飞行检校场的方法来确定偏心角, 即在 1 个有足够数量精度较高控制点的试验区进行检校飞行, 采用空三方法计算出每张相片的外方位元素, 含

收稿日期: 2011-07-19

项目来源: 国家 863 计划资助项目 (2008AA121300); 科技部支撑项目 (2008BAK491302-1)。

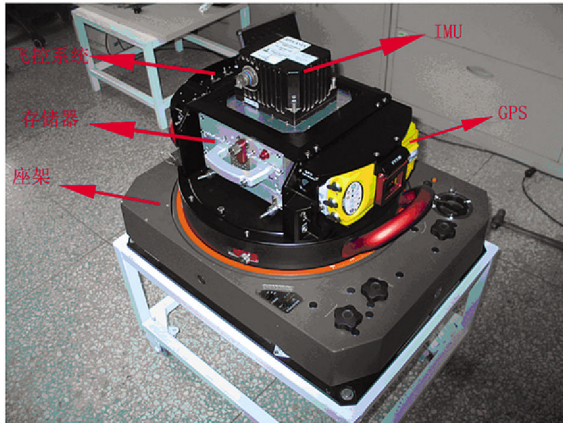


图 1 SWDC 集成 IMU/DGPS 外观图

投影中心的位置和姿态 (φ 、 ω 、 κ) 角；然后通过与 IMU/DGPS 系统测量获得的位置和姿态数据进行计算来求得偏心角的最佳估计。这个最佳估计值是通过检校场所有相片的如下输入值计算出来的^[7]：IMU 测量得到的惯性系统姿态角为 ϕ 、 θ 、 φ ，空三加密解算出的摄影测量姿态角： φ 、 ω 、 κ 。

2 项目综述

从 2010 年开始到现今 SWDC 结合 IMU/DGPS 开展的航测任务有 3 项，具体任务名称和分辨率如表 1 所示。

2.1 检校场布设方案

测区的检校场按照加拿大 Applanix 公司建议的检

表 2 SWDC 结合 IMU/DGPS 航飞的检校场偏心角和线元素计算结果

航摄日期	检校场	线元素分量偏移值/m		位置中误差/m	偏心角值 deg		角度中误差 deg
		东	北		roll	pitch	
2010.12.10	辽宁绥中	东	0.040	0.032	roll	0.0036	0.0056
		北	0.064	0.045	pitch	0.0307	0.4307
		高	0.334	0.135	raw	0.0080	0.1380
2011.3.20	江苏宝应	东	0.032	0.032	roll	0.0036	0.0056
		北	0.061	0.065	pitch	0.0307	0.4307
		高	0.134	0.095	raw	0.0080	0.1080
2011.5.17	湖南慈利	东	0.047	0.032	roll	0.0036	0.0056
		北	0.064	0.045	pitch	0.0307	0.1307
		高	0.434	0.035	raw	0.1080	0.2080

如表 2 所示，在不同飞行高度、不同位置的检校场得到的偏心角值基本一致，但线元素分量偏移值（高程分量）有差别，主要原因是 IMU 到相机中心的距离无法用常规方式测量，计算有偏差。这表明 SWDC 航测仪在不同飞行高度不同飞行架次 IMU 位置稳固，基本状态保持不变，SWDC 结合 IMU/DGPS 进行航测任务可行。

为对 3 个测区的飞行数据进行精度验证，在测区

表 1 SWDC 结合 IMU/DGPS 航飞的测区名称和分辨率

测区名称	分辨率/cm	飞行方案	控制点数	检查点数	航测单位
辽宁绥中	13	ISO	2	30	天元四维
江苏宝应	8	ISO	2	30	天元四维
湖南慈利	40	ISO	2	30	天元四维

内选择测区内精度较弱的区域作为验证区，验证区内选择 5 条航线，每条航线选择 10 条基线，选择 30 个检测点。

2.2 数据处理

检校场空三数据采用北京四维远见信息技术有限公司的 TG_AT 解算，IMU/DGPS 数据采用加拿大 Applanix 公司的 IMU/DGPS AV5.4 配套软件处理。处理方案如下：

首先，利用检校场地面控制点进行常规空三加密计算并剔除粗差点；其次，将空三解算的结果与 IMU/DGPS 数据处理的检校场结果进行比对并剔除粗差点；最后，将 IMU/DGPS 数据处理获得的检校场中每张照片的线元素作为观测值与地面控制点一起带入空三运算，获得检校场中每张照片的外方位元素^[4, 5]。

2.3 数据对比分析

为了确保每个架次的 IMU 数据的准确性，在不同测区航测前先进行检校场的飞行，对 3 个测区线元素和角元素的偏心分量计算结果如表 2 所示。

表 3 SWDC 结合 IMU/DGPS 航测精度验证区精度列表

测区	实验方案	控制点数	检查点数	RMS/m				Max/m	
				Mx	My	Ms	Mz	Max-s	Max-z
辽宁绥中	ISO	19	11	0.118	0.095	0.151	0.069	0.336	0.127
江苏宝应	ISO	20	11	0.091	0.067	0.113	0.078	0.236	0.124
湖南慈利	ISO	23	11	1.149	1.221	1.267	1.114	1.156	1.238

从表 3 可以看出, SWDC 结合 IMU/DGPS 航测方式与常规空三采用大量地面控制点所获得的精度基本一致,主要原因是本例中 ISO 计算时直接采用了经过检校场算出来的偏心角和偏心分量改正后的外方位元素成果,这基本上已经消除了系统差。在 ISO 航测方式中引入地面控制点消除系统差的作用不是很明显,所以检校后的偏心角和偏心分量对整个测区的测量精度有着非常重要的影像。因此,除了大面积林地、沙地等难以进行空三加密的摄区,均建议采用 ISO 配合检校场方案来提高测图精度和可靠性。

3 结 语

IMU/DGPS 技术在将来一段时间内是航摄的必然,这 3 次航摄任务是第一次运用 SWDC-4 结合 IMU/DGPS 系统进行航测任务,其中的每个环节都将会为以后的广泛应用提供有力借鉴。由于航测任务的需要这几次都是采用 ISO 方式工作的,对于 DG 工作方式没有直接用于任务,但并不是说 SWDC 结合 IMU/DGPS 不能够采用这种工作方式,这是我们在工作中的遗憾。在

今后的工作中需要再做具体的比对实验。通过我们的任务和分析,我们认为 SWDC 结合 IMU/DGPS 开展航测任务,精度完全满足成图精度要求,而且两者的结合也非常稳固,这对国产航测仪的发展也是非常重要的借鉴。

参考文献

- [1] 李学友. IMU/DGPS 辅助航空摄影测量综述 [J]. 测绘科学, 2005(5):111-114,9
- [2] 王建超,郭大海,郑雄伟. 机载 POS 直接地理定位的精度分析[J].国土资源遥感, 2007(4):33-34
- [3] 李学友,赵荣军,李英成,等. IMU/DGPS 辅助航测技术在大比例尺航测成图中的应用[J].测绘科学, 2006(1):60-61
- [4] 袁修孝. IMU/DGPS 辅助光束法区域网平差[J].测绘学报, 2008(3):342-343
- [5] 王留召,张建霞,梁洪有. GPS 辅助数字摄影测量[J].测绘与空间地理信息, 2006, 29(4):56-57
- [6] 袁修孝,付建红,左正立,等.机载 POS 系统用于航空遥感直接对地目标定位的精度分析 [J]. 武汉大学学报, 2006 (10): 848-849
- [7] 郭大海,吴立新,王建超,等.机载 POS 系统对地定位方法初探[J].国土资源遥感, 2004(2):26-28

作者简介:李新泉,硕士,工程师,现从事航空摄影测量工作。



(上接第 19 页)

2.9 基于位置的服务

基于位置的服务用来接收和管理移动设备上下文信息, getDeviceLocation () 服务在某时间段内更新用户地理位置, 服务返回的结果包括纬度/经度坐标, 这些坐标位置能被标注在地图上或者通过邻近服务查询得到最近公共设施, 这些信息通过 sendSMS () 服务返回到移动设备, getTripInfo () 服务负责旅行路径的几何对象、总距离、和别的附加信息。

3 公共服务平台服务的实现

本平台上的所有地理信息服务通过 .NET WCF 来实现,每个服务的配置需要 3 个步骤:首先是接口的定义,它包含了用户能够通过服务访问的方法,具有 serviceContract 属性的接口对用户是可见的,非 serviceContract 的接口用户不可见;然后是接口的实现,它定义了服务的逻辑;最后是服务的主机,它使用服务运行在服务器上。同时,我们能够具体指定服务的多个绑定,多个端点能够被增加到同一个服务中,以致于通过相应的端点服务能够为不同客户端需求提供同一种解决方案。

4 结 语

本文提出了一种公共服务平台,该平台能够解决

城市信息化建设中存在的问题,总体目标是建立集成的分布式的基础应用环境,该环境为信息化项目的持续发展提供了多层次的地理信息服务开发接口,使用相关部门、工业能够有效的建立专业的应用系统,加快了城市地理信息的开发过程;平台还能够满足多样分布式存取。

参考文献

- [1] 叶嘉安,朱家松. 数字城市与地理信息系统[J].地理信息世界, 2007, 5(4):4-9
- [2] 董卫华,刘纪平,郭庆胜.基于 .Net 平台和 Web Service 技术的政府 GIS 的构建 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2007,26 (5): 664-667
- [3] 金笑天,段玉山,陆忠,等. 基于 SOA 的城市 GIS 综合平台设计与实现[J].计算机应用与软件,2008,25(5):152-154
- [4] 迟文学,吴信才.基于 SOA 的地理信息数据整合技术研究[J].测绘科学,2009,34(1):203-205
- [5] Clodoveu A, Davis J, Fonseca F T. Assessing the Certainty of Locations Produced by an Address Geocoding System [J]. Geoinformatica, 2007, 11(1): 103-129
- [6] 王成耀,王宗杰.基于虚拟数据中心的气田信息整合平台研究[J]. 计算机应用研究, 2006, 28(4): 54-56
- [7] 齐勇. 基于分布构件技术的多层模式应用框架研究与实现 [J].计算机工程, 2001, 27(1): 122-124

第一作者简介:张士柱,工程师,研究方向为软件工程。

Design of Cadastral Information Management System

by ZHOU Hui

Abstract According to the problems in the conventional Cadastral Information Management System like the shortcomings of the work integrity for every business office and the business flow which is not smooth, this paper analyzed the advantages and disadvantages of the conventional three layers architecture and Service-Oriented Architecture. It designed a new Cadastral Information Management System which had better operability and extendibility. The new system used MapGIS K9 as the development platform and adopted the data center layered structure technology with SOA to develop the cadastral management process plug-in, user management plug-in, general editing plug-in and space analysis plug-in and so on. The new system also has great practicability.

Key words Cadastral Information System, SOA architecture, data centre architecture, cadastral management, GIS (Page:91)

Feasibility Study of SWDC Combine with IMU / DGPS Used in Aerial

by LI Xinquan

Abstract This paper described the research methods of SWDC combine with IMU / DGPS and GSD in different case of the flying missions, and explored the feasibility and reliable in aerial survey and data which collected by SWDC on the combination of IMU / DGPS. Through the three tasks of different regions carried out that the technology which SWDC combined IMU / DGPS was reliable, and the results of aerial work satisfied aerial mapping requirements, which can replace the conventional of aero triangulation.

Key words SWDC, IMU/DGPS, aerial photography, aerial triangulation (Page:94)

Rough Expression for Topological Relation of GIS Entity Based on Binary Relation

by LIAO Weihua

Abstract We used some characteristic of binary relation and rough set to study the relations for GIS entities, and we discovered that the front, behind, upper and lower neighborhood relation of GIS entity had even more extensive sets than itself based on binary relation's generalized approximation space. We also discovered that the upper and lower approximation of GIS entity for binary relation was more extensive than Pawlak rough set. We discovered that the upper approximation for a single-point set of one GIS entity was equal to its front neighborhood and was equal to its behind neighborhood relation's inversion too.

Key words binary relation, GIS entity, topological relation, rough set, neighborhood operator (Page:97)

Multi-source Remote Sensing Data Fusion Based on HIS

by LIAO Wenfeng

Abstract This paper outlined the HIS application in the Remote Sensing Image Fusion, and analyzed the experimental results. It established interpretation signs of land use types by fused image, to provide reference for remote sensing image fusion.

Key words HIS, Remote Sensing Image Fusion, analyze, interpretation signs (Page:99)

Analysis of Tieshan Harbor Shoreline Change Based on Remote Sensing Method

by LIU Xin

Abstract The shoreline was extracted from Landsat remote sensing images, through data processing based on RS and GIS technique, to analyze the variation characteristics of the coast in Tieshan Harbor over the past decades (from 1987 to 2006). Result showed that the whole shorelines of the study area appear to advancing and the people activity were the main reason of it changes. The changes mostly occur-

red on the both side of the ending parts of Tieshan Harbor and Dandou Sea.

Key words coastline, remote sensing, coastline change, Tieshan Harbor (Page:102)

Application of Bernese Software in the Processing of Low Elevation Satellite Signals

by PENG Jiadi

Abstract This paper simply introduced the basic situation of Bernese 5.0 software, contains features, main contents and process. Solutions about four IGS stations in low elevation angles were analysed and compared. Results shows that position solute of low elevation angles with Bernese software can meet the actual needs and accuracy demands.

Key words Bernese software, low elevation angle, data processing (Page:107)

Research on Dispatch and Storage of Massive Model in 3D GIS

by WANG Dong

Abstract City-level 3D GIS management systems need to manage vast amounts of 3D model data, in order to achieve efficient and stable mass building model rendering, need to study an effective model for scheduling and data storage solutions. This article summarized the actual system through the process of building problems encountered, developed a scheduling model using the data grid and package method of data storage model, substantial increased in mass of 3D GIS in the efficiency of the scheduling model.

Key words 3D GIS, data scheduling, data storage, mass model data (Page:109)

Design and Implementation of Water Supply Network GIS Symbols Library Based on the ArcEngine

by WANG Zhanju

Abstract In water supply network geographic information system construction process, maps and drawing output is the most basic construction function, map symbol in these functions plays a very important role, map visualization representation and the demand of use are higher and higher. According to our country GIS technology norms and water industry standard requirements, it emphatically expounded ArcEngine environment water supply network geographic information system map symbol library of design and manufacture methods of realization. In the production process of symbols we used anti-aliasing technology and reduced the jagged graphics ArcGIS platform of the problem.

Key words water supply network geographic information system, map symbol, ArcEngine, symbols library, anti-aliasing (Page:112)

Land Cover Classification Based on ALOS Panchromatic and Multi-spectral Images Fusion

by WU Ruijuan

Abstract Fusion of images with different spatial resolution can improve visualization of the images involved. This study tried to show that the fusion of the images could improve classification accuracy of the images. Three image fusion algorithms were employed in the study of data fusion and classification of ALOS panchromatic and multi-spectral images, taking the center part of Yancheng city as the study area. These were Brovey transform, High Pass Filter (HPF) and Gram-Schmidt (GS) methods, the effectiveness of each algorithm was evaluated based on qualitative evaluation and classification accuracy. The result showed that the GS transform was the best method in retaining spectral information of original image, which did not cause spectral distortion, and achieving the highest classification accuracy. Brovey-fused image had higher classification accuracy but significantly lost spectral properties of the original image. HPF-fused image retained spectral information of original image but had the lowest classification accuracy. Simultaneously, classification accuracy varies in different surface features. In short, the GS transform is the best method compared with the