

基于高景一号卫星影像底图制作方法的研究

刘明呈

辽宁省自然资源事务服务中心, 辽宁 沈阳 110034

[摘要]文中以高景一号卫星影像制作了辽宁省全域高精度的数字正射影像产品,在生产过程中,使用了严格数学模型(Toutin)和相位相关算法(FFTP)相结合的底图自动匹配算法,进行控制点、连接点的自动提取和影像区域配准,实现了我省全域范围内真正的免像控。同时采用大气校正去除大气散射获取地表真实反射率,归一化植被指数颜色分级增强、去除薄云薄雾、选取最佳匀光匀色等方法,解决了传统影像色彩增强效果差的问题,极大的提高了成果影像的清晰度和饱和度。使用中值滤波分级优化的方法,解决了因DEM底图数据陡峭区域造成的拉花变形问题,满足了精度和视觉的双重要求。最终成果已经应用到了多个部门的生产研究中,社会效益显著。

[关键词]高景一号; 数字正射影像; 研究

DOI: 10.33142/aem.v4i11.7432

中图分类号: P237

文献标识码: A

Research on the Method of Base Map Making Based on Gaojing 1 Satellite Image

LIU Mingcheng

Satellite Application Technology Center of Liaoning Natural Resources Affairs Service Center, Shenyang, Liaoning, 110034, China

Abstract: In this paper, a high-precision digital orthophoto product of Liaoning Province is produced using the Gaojing 1 satellite image. In the production process, the automatic matching algorithm of the base map, which combines the strict mathematical model (Toutin) and the phase correlation algorithm (FFTP), is used to automatically extract the control points and connection points and register the image areas, realizing the real image free control in the whole province. At the same time, the atmospheric correction is used to remove the atmospheric scattering to obtain the real surface reflectivity, the normalized vegetation index color grading enhancement, the removal of thin clouds and mists, the selection of the best uniform light and uniform color and other methods are used to solve the problem of poor color enhancement effect of traditional images, and greatly improve the clarity and saturation of the resulting images. The method of median filtering and hierarchical optimization is used to solve the problem of stretch deformation caused by the steep area of DEM base map data, meeting the dual requirements of precision and vision. The final results have been applied to the production research of many departments, with significant social benefits.

Keywords: Gaojing 1; digital orthophoto; research

引言

高景一号是我国首颗商业遥感卫星,目前已发射了 SuperView-1 01/02 星和 SuperView-1 03/04 星,两次均以一箭双星的方式成功发射。这四颗卫星以 90 度夹角在同一轨道运行,组成 SuperView-1 星座。SuperView-1 全色分辨率 0.5 米,多光谱分辨率 2 米,轨道高度 530 公里,幅宽 12 公里,具有很高的敏捷性,可设定拍摄连续条带、多条带拼接、按目标拍摄多种采集模式,此外还可以进行立体采集。高景一号影像能够彰显细腻的地物细节,适用于高精度地图制作、变化监测和影像深度分析。高景一号商业卫星的成功发射,打破了我国高分辨率光学卫星遥感市场长期被国外公司垄断的局面,实现了从无到有的突破,进一步满足国家重大发展战略对遥感技术的巨大需求。

目前高景一号卫星影像以其较高的分辨率在国内多个行业中得到应用。基于此,本文以辽宁省全域范围的高景一号 0.5 米分辨率卫星影像为数据源,突破以往测绘应用中数字正射影像生产的流程,创新性地采用 Toutin 模

型匹配算法实现控制点和连接点自动匹配与优化,从而精细化 RPC 轨道参数,利用归一化植被指数对全省域植被色彩分级增强的技术方案,实现影像色彩增强,研究全省域不同类别地物拉花变形特征,建立起全省域不同地物拉花变形滤波分类方案,总结出全省域数字高程模型局部分级滤波优化技术方案,最终制作完成了全省范围的数字正射影像产品。

1 研究方法

1.1 项目中遇到的突出问题

本文是我省首次基于高景一号 0.5 分辨率卫星影像更新全省域的数字正射影像成果,生产过程本着边采集边制作的原则进行的,由于项目具有作业面积大,遥感影像采集时间跨度大,地形起伏大(包括高山地、山地、丘陵地、平地),季节差异大(春、夏、秋),色彩差异大等多重特性,如果采用我省以往的正射影像制作方案和流程,就会耗费大量的人力、物力和财力,严重影响项目的进度和成果质量。以下是生产过程中的几个突出问题:

(1) RPC 参数校正问题。辽宁省全域范围为 14.8 万平方千米,由于作业面积大,地形起伏大,如果采用传统的遥感影像纠正“6 点法”、“9 点法”进行 RPC 参数校正,就需要采集大量的外业控制点以及进行人工刺点,不仅工作量大、效率低,也增加了项目成本。

(2) 全省范围影像色彩统一问题。遥感影像采集时间跨度大,加之辽宁省地形起伏较大,如果使用传统的在红色波段中定量加入近红外波段处理全省范围影像,效果往往比较灰暗、层次感不明显、纹理粗糙,极大影响影像色彩的饱和度、清晰度。

(3) 处理拉花变形问题。在影像纠正的过程中,DEM 对影像纠正的影响较大,由于 DEM 生产的技术要求等原因会造成 DEM 局部地区过于陡峭,从而使经过该 DEM 纠正后的影像出现拉花变形等问题,变形越多产生的工作量越大、成本越高。以往采用贴图的方式处理局部的拉花变形,工序繁琐,工作量极大,生产过程也急需突破这项技术局限。

1.2 关键技术

针对上述问题,本文采用了底图自动匹配算法,大气校正去除大气散射、归一化植被指数颜色分级增强算法,匀光匀色方法、去除薄云薄雾方法、全省域分级滤波优化算法等技术手段,形成了技术流程和技术方案,创新性地解决了上述突出问题,不仅减少了工作量和难度,而且节约了成本,极大提升了工作效率。

探索性提出底图自动匹配算法精化 RPC 轨道参数,进而提升几何校正精度

采用高景一号传感器获取的高分辨率卫星影像,运用 PCI GXL 系统中的严格数学模型(Toutin)和相位相关算法(FFTP)相结合的底图自动匹配算法进行控制点、连接点的自动提取和影像区域配准。

Toutin 模型由严格物理模型推导而来,统一使用卫星的几何参数和星历信息,简化了模型和参数,通过全局纠正,减少输入误差。Toutin 模型可纠正与平台相关的畸变、与传感器有关的畸变、与地球模型有关的畸变、与投影有关的畸变,适用于所有卫星影像。具有精度高、稳定性好、不依赖控制点分布情况等优点。

相位相关算法则是根据傅里叶变化定理对影像在互功率谱的相位变化上的漂移反应和相位相关后,峰值的位置对应偏移量进行区域配准,该方法相较于均一化互相关算法具有抗噪音强、支持不同源影像、精确高(1/1000 vs $\frac{1}{2}$ pixel)、采集控制点多、速度快等特点。

采用大气校正去除大气散射方式,获取地表真实反射率,从而有效提升影像清晰度和饱和度

(1) 辐射定标得到大气层反射率

为了校正或消除传感器本身的误差,确定传感器入口处的真实辐射值,必须对原始影像进行辐射定标。辐射定标就是将图像的数字量化值(DN: Digital Number)转

化为辐射亮度值或者反射率或者表面温度等物理量的处理过程。

(2) 大气校正得到地表真实反射率

太阳辐射通过大气以某种方式入射到物体表面然后再反射回传感器,由于大气气溶胶、地形和邻近地物等影响,使得原始影像包含物体表面、大气以及太阳的信息等信息的综合。因此,必须将地物的反射信息从大气和太阳的信息中分离出来,这就需要进行大气校正。大气校正首先需求通过辐射定标得到大气层的反射率,再通过大气校正得到地表的真实反射率。全色图像无法进行大气校正,所以仅对多光谱数据进行辐射定标、大气校正,然后将多光谱数据 FLAASH 大气校正的结果和全色影像的正射纠正结果进行影像融合及后续的处理。

大气校正过程中为了使校正结果更加准确需要找到影响卫星成像时的所有能找到的因素,其中包括:卫星成像参数、目标地物参数、气溶胶参数等,卫星成像的时间等参数可以通过影像自带的头文件而获得,但是其它的一些参数如:气溶胶参数、水汽含量、目标地物的几何参数是无法准确获得的。高景一号卫星影像数据的中心波长和波段宽度信息在原始数据中不自带,需要手动添加,增益系数和偏置系数也需要手动添加。大气校正模块中的平均高程数据使用我省现存的精度较高的 DEM 成果,同时设置好相关参数特征值,根据标准维度和获取时间等选取条件选择辐射模型,保证结果更接近真实图像的值。

大气校正后的影像反射值扩大了 10000 倍,影像得到的结果是 0-10000 的值,需要在波段中除以 10000 得到 0-1 范围内的反射率真实值。通常会有强吸收和高反射地物的出现,往往导致部分像元为负值,比如深水区域;值大于 10000 的情况也会出现,也就是溢出现象,需要后续手动修改。大气校正后影像色彩饱和度和清晰度显著提升。同时对比同一像素点的植被、房屋、大地、水体等辐射定标和大气校正后的波谱曲线,可以看出大气校正去除了大气散射部分的影响。尤其在植被曲线中,植被在蓝光和红光波段处的吸收谷得到了恢复,尤其是大气校正后,蓝光部分的散射得以消除,植被光谱曲线的特征基本符合真实情况。房屋和大地波谱曲线中蓝光部分得以有效消除,水体由于存在低反射性特性,大气校正前后反射值差距不是很大。总体说明,大气校正可有效去除大气散射影响,能够获取真实的地表反射率,大气校正可显著提高原始影像的质量。

(3) 创新性采用归一化植被指数颜色分级增强算法,极大提升影像增强效果

我省以往遥感影像生产中,一直采用普通色彩增强方式,也就是在红波段中定量加入定量的近红外波段,这种方式能够使植被显示符合真实状况,但也会造成原本没有植被的地方同样偏绿偏暗,直接影响影像的质量,因此,

生产过程中需要反复尝试,选取最佳的定量比值,极为耗时耗力,增加项目成本,这一问题一直制约着遥感影像的快速生产。针对这一突出问题,本文创新性地采用归一化植被指数颜色分级增强算法,建立了利用归一化植被指数(NDVI)值域大小进行植被颜色增强的分级方案,研究出利用该指数对全省域植被颜色分级增强的技术方法,克服了一直存在的色彩增强问题,极大提升了影像的增强效果。

植被指数是各光谱波段间线性或非线性组合,它可以反映90%以上的植被信息,并能在一定程度上消除外在因素的影响,从而较好地反映绿色植物的生长状况及空间分布,也可以宏观的反映绿色植物的生物量和盖度等生物物理特征。植被指数的定量测定可以表明植被活力,有助于增强遥感影像的解译力。

根据不同的波段组合,衍生出几十种植被指数,其中归一化植被指数NDVI对绿色植物表现最为敏感,常被用来进行区域和全球植被状态研究。本文将NDVI引入到测绘产品生产,主要是基于NDVI对绿色植被较为敏感,同时能够消除部分辐射误差,尤其应用于颜色增强领域,目前国内还没有这方面的研究,因此本文创新性地采用归一化植被指数颜色分级增强方式,根据归一化植被指数值域大小进行植被颜色分级处理,使其更直观的实现绿色植被分级显示的同时其他地物不失真。

(4)探索影像去除薄云薄雾处理方法,提升影像有效利用率

卫星遥感影像具有分辨率高、几何性质稳定、信息量丰富等优势,但是光学传感器却有一定的局限,就是气候因素极易影响影像的成像,其中云的遮挡对影像形成较大的影响。云雾的表现形式一般有薄和厚两种,当云雾较薄时,光学传感器只能接收的部分地物辐射,因此所产生的影像较为模糊,而云雾严重时传感器无法接收辐射,因此会被云雾彻底遮挡无法获得任何影像。云遮挡对于卫星影像的获取具有重大阻碍,数据显示,辽宁地区,云雾覆盖的天气占据二分之一,因此,寻找减少或去除云雾遮挡方法是本文进行影像处理的重要研究内容。

本文针对云的形式采用不同处理方法,对于较厚云层,虽然具有边界,但是由于云层彻底遮挡无法获得任何影像,也没有其他反射值,无法使用其他方法去除厚云,因此,通常采用替代法进行云层去除,即通过同一位置无云时间段的影像代替有云遮挡的影像。而对于薄云薄雾,云层下面仍旧有其他地物的反射值,对于这样的地区,本文采用设置云层掩膜方式,反复进行掩膜参数设置,确定蓝绿波段中最小大气层顶端反射值,是用来确定云层种子,去除薄云薄雾。去云不仅仅能够充分利用原始数据,也能够获得清晰准确的遥感影像,对于增强遥感数据的准确性、有效性也具有重大的影响。

(5)创新性提出分级滤波优化方法,建立全省域不

同地物拉花变形滤波分类方案,满足精度和视觉双重要求

传统方式处理拉花变形一般是通过影像贴图方式进行变形修改,但是当遇到原影像上,尤其遇到较大工厂、桥梁或者像南方部分城市梯田分布较多的地方,拉花变形非常之多,修改极为复杂,同时也一定程度损失了影像的精度。针对全省范围的拉花变形修改,需要投入大量的工作人员,连续修改一个月甚至几个月时间,工作量巨大,耗时耗力,一直以来这都是测绘生产工作中的一大难题,制约着测绘产品的快速生产。因此,本文突破以往技术局限,通过大量试验,对全省不同类别地物拉花变形进行了起源分析、变形分类、滤波方法选择、精度测试等研究,建立起全省域不同地物拉花变形滤波分类方案,开发出利用中值滤波方法对全省域数字高程模型进行局部分级滤波优化的技术方法,极大提升工作效率,为我省今后的卫星遥感影像处理工作奠定了坚实的基础。

本文中的滤波方法,主要引入图像处理领域的滤波概念,目的是为了去除图像采集和传输过程中掺入的干扰噪声,也就是本文中的拉花变形部分。滤波可在空间域和频域上进行,其中中值滤波算法是空间域中应用较为广泛的滤波方式,适合既去除噪声又保护图像边缘信息,尤其适合本文对DEM拉花变形的处理,同时较好保持DEM曲面的平滑形态特征。

3 研究成果

本文突破了多项关键技术,形成了准确、可靠的成果数据,对支撑和辅助相关管理部门如何开展自然资源成果应用工作提供了有利参考。

本文紧密结合自然资源成果应用与转换需求开展,得到了辽宁省自然资源厅、沈阳农业大学、沈阳工学院和中国四维测绘技术有限公司的大力支持,研究出了多项关键技术,目前,已经完成了辽宁省全域范围的高精度数字正射影像图制作,成果已经全部通过辽宁省检验检测认证中心的成果验收,成果数据已经被省内、省外多家单位应用到日常工作中,包括自然资源调查、城市规划、生态环境监测、水文地质、交通运输、公安治安、应急保障、抗震救灾、抗洪救灾等重点领域,得到了高度认可。今后,成果还可应用到其他领域中,实现自然资源数据的高效利用,提高测绘地理信息行业在国民经济快速发展中的作用,同时有利于优化国土空间利用,推动低碳经济发展,加强生态环境保护,促进经济转型升级以及东北全面振兴。

4 结论

本文探索出了满足多种应用需求的卫星影像底图制作技术方案,实现辽宁省自然资源卫星影像底图的一图多用,丰富了高精度的基础地理信息数据成果,可为省内各行业提供基础性、保障性、高分辨率遥感影像产品,最大化地满足我省各领域对遥感影像数据的需求。也为其他省

份乃至全国卫星影像底图制作提供借鉴参考与理论依据,实现自然资源产品的融合应用,提供技术参考。能够为政府、企业、社会公众提供更多、更好、更有价值的地理信息服务,有利提高了国民经济建设水平。为我省政治、经济、文化、生态等各行业领域,从而促进辽宁省经济全面发展。

[参考文献]

- [1]林晓萍.基于国产卫星影像的自然资源动态监测[J].测绘通报,2020(11):28-32.
[2]王磊.高分二号卫星遥感影像几何精校正方法研究[D].

吉林长春:吉林大学,2018.

- [3]黄志华,汪明,王赛等.基于高景一号卫星影像的湖北当阳地区水体面积提取[J].卫星应用,2021(10):26-30.
[4]巩淑楠,丁思磊,孙畅.基于高景一号影像 DSM 自动匹配效果研究与对比[J].测绘与空间地理信息,2021,44(1):36-39.
[5]曾文,林辉,李新宇等.基于高景一号遥感影像的林地信息提取[J].中南林业科技大学学报,2020,40(7):32-40.

作者简介:刘明呈(1982.9-),男,大学本科。