



中国科学院遥感与
数字地球研究所

用户 简讯

2016/1 总第93期

Pixel-Knife Studio

高质量卫星影像处理系统

中科院遥感地球所 数据管理部 陈甫 马勇

■ 引言

随着遥感技术的迅速进步与发展以及各国对地观测战略计划的逐步推进,一个全球化的多层次、多角度、全方位的遥感对地观测网络已初步形成,遥感也被广泛而深入地应用于国土、资源、环境、测绘、农业、林业、海洋、减灾等诸多领域,产生了巨大的经济和社会效益。近年来,我国自主研发的卫星也进入了快速发展的轨道,特别是高分辨率对地观测系统重大专项的推进以及资源一号02C(ZY-02C)、资源三号(ZY-3)、高分一号(GF-1)、资源一号04星(CBERS-04)及高分二号(GF-2)等一系列卫星的成功发射与应用,使得国产遥感卫星迎来了新的发展机遇,有效地解决了遥感数据量的问题,基本实现了遥感数据的自主化。但是,由于国产卫星与国外卫星数据存在着一定的差异与不足,导致了国内众多的遥感应用研究仍然较多地采用国外的遥感卫星数据。据粗略统计,从近十年在“中国知网”可以检索的遥感应用类文献中,利用国外卫星进行应用研究的成果比利用国产卫星的高出将近5倍,此外,单一领域内单颗卫星的应用率也远低于国外卫星。其中最主要的原因就是国产卫星在数据获取、影像质量、数据存储以及数据配套的处理技术等方面还存在着许多不足,特别是数据辐射以及几何精度方面存在着巨大的差距。以Landsat系列卫星为例,使用Landsat卫星数据,用户基本不用关心辐射和几何差异的问题,因为其数据产品已经具备了很高的辐射和几何校正水平,而对于大多国产卫星数据来说,用户就需要花费大量的时间进行繁复的预处理工作,很大程度上降低了数据的可用性。中科院遥感地球所基

于国产卫星在几何配准和融合等方面的不足,设计并实现了一个像素刻刀(Pixel-Knife Studio)高质量卫星影像处理系统,在对遥感数据的几何配准和图像融合等方面获得了实质性的突破,为提高和促进国产卫星数据的应用水平提供了有效的支持和保障。

■ Pixel-Knife Studio 处理系统

Pixel-Knife Studio处理系统主要利用一系列新的方法和模型,对遥感数据特别是国产遥感卫星数据进行高精度的几何配准和融合处理,形成具有高精度、高可用性的产品数据。主要功能包括遥感图像精细配准、传感器图像复原融合以及全球快速精准正射制图等。

1. 遥感图像精细配准

图像配准是遥感图像处理中的重要环节,也是进行多源多时相数据处理的基础。当前图像配准大多采用手动或者自动寻找同名点,并通过建立一阶或者二阶多项式来拟合变形方程,由于拟合方程是线性方程,因此对于配准影像间的非线性变化效果较差。本系统采用基于仿真的局部梯度追踪方法进行图像自动配准,这对线性和非线性的差异都能进行很好的校正,可以获得精度较高的配准效果。

本节首先利用2015年4月25日尼泊尔地震前后的两幅高分一号影像作为实验数据,利用Pixel-Knife Studio配准处理方法进行高精度的配准。图1显示的是地震前后即2015年4月11日和2015年4月27日高分一号卫星采集的数据。若要



图1. 尼泊尔地震前后高分一号卫星真彩色合成图像 (A为2015年4月11日, B为2015年4月27日)

的救援恢复情况,就需要对两个时相的影像进行高精度的配准。本实验以2015年4月11日地震前的影像作为参考影像,将2015年4月27日的影像作为待配准影像,进行实验分析。图2显示的是将两个时相的原始数据或者参考影像和配准结果

图显示的是本系统配准结果与参考影像的拼接结果,显示的区域是图1中红框的区域。B1和B2显示的是图A中红框区域中原始两时相影像的拼接图,同理C1和C2是红框区域SIFT配准结果与参考影像的拼接图, D1和D2是利用ENVI软件进行手工选点后(共选择了49个同名点)进行配准的

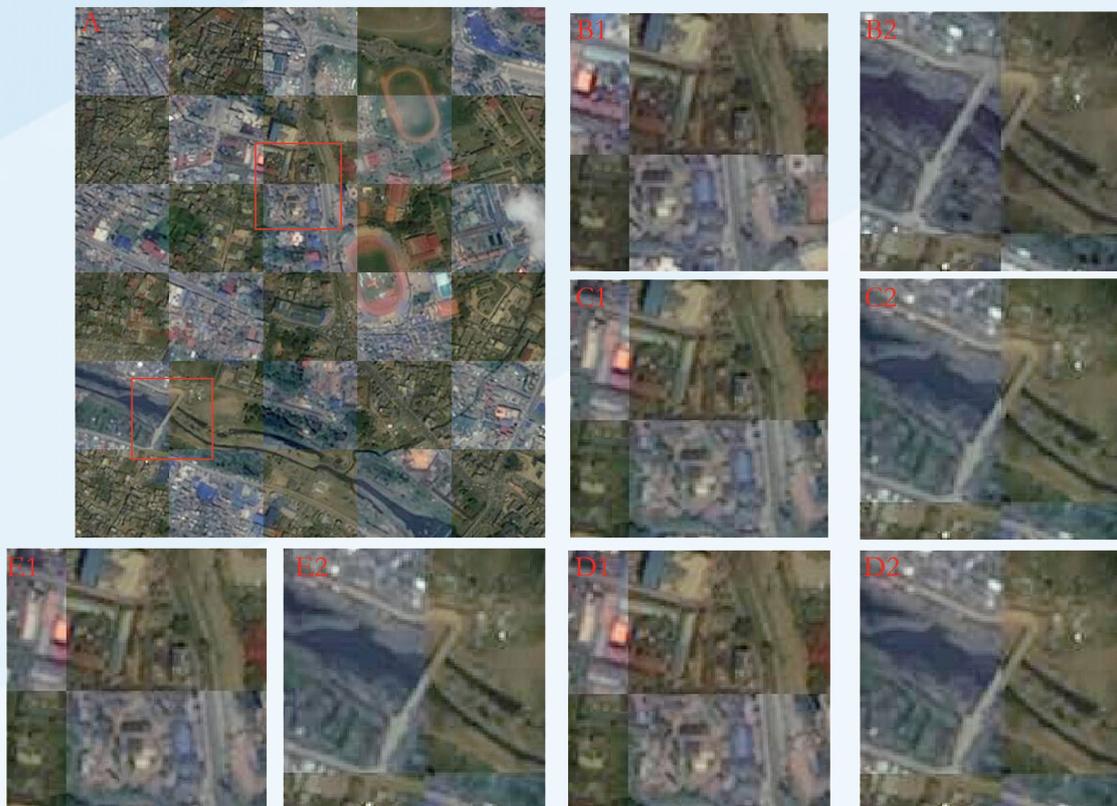


图2. 不同配准结果与参考影像拼接的局部放大图

(其中A显示的是图1红框区域本系统算法结果的拼接图, B1和B2显示的是图A中红框区域中原始两时相的拼接图, C1和C2是红框区域SIFT配准结果与参考影像的拼接图, 同理D1和D2是ENVI手工选点配准结果的拼接图, E1和E2是本系统配准结果的拼接图)

结果与参考影像的拼接图，E1和E2是本系统配准结果的拼接图。从小图对比中可以看出在没有配准前后，两幅影像具有很明显的偏差，误差至少超过12个像元。利用SIFT和手工选点的方法，虽然能获得较好的配准效果，但是通过小图C2和D2仍可以看出其桥梁仍有断裂的现象。其配准的误差仍有1个像元左右，而本系统Pixel-Knife Studio配准方法与参考影像的拼接图，可以从图E1和E2明显看出地物没有断裂的现象，配准精度较高。表1显示的不同配准方法的结果与参考影像的结构相似性指数，也能明显看出本系统的精准性。

表1. 三种方法结果与参考影像的SSIM对比

指数	SIFT	ENVI	本系统算法
SSIM	0.6266	0.6415	0.7442

通过以上实验可以看出本系统的算法能够获得高精度的配准产品，但是由于当前配准方法结果的精度评价一直没有令人信服的客观标准，本次实验提出了一个客观性较强的测试方案，即对一个影像加入随机扰动，以此来模拟不同影像间的偏差，然后将原图作为参考影像，将加入随机扰动的图像作为待配准影像，进行实验，最后利用配准后的结果与真实结果进行误差的定量分析和计算。基于以上思路，本实验利用WorldView3的数据进行实验，将原始影像的蓝色和绿色波段加入随机扰动，模拟非线性的变形，形成扰动结果，利用不同的配准方法进行波段配准，最后进行精度评价。



图3. 客观评价配准方法WorldView3实验数据（左图为原始数据，右图为加入干扰后的数据）

图3显示的是配准客观评价实验的原始数据和加入干扰后的数据，从图3的右图可以看出加入干扰后的图像中建筑物或者道路的边缘有明显的红色“鬼影”，这就是波段间配准不合理出现的现象。图4是利用ENVI自动配准、ERDAS自动配准以及本系统算法自动配准的结果，从目视效果上可以看出，ENVI的结果和ERDAS的结果在建筑物的边缘还是有红色或者蓝色的阴影，而本文的结果基本消除了边缘的阴影，波段之间的配准较好，与真实结果也具有较高的相似性。表2显示的是模拟干扰数据结果以及三种方法的匹配结果与真实结果的相关系数（ r^2 ）、相关误差以及均方根误差（RMSE）来评价配准的精度，可以明显看出所有指标中本文系统方法的指标要明显优于ENVI自动配准的结果和ERDAS自动配准结果，结果更加接近于真实数据。

表2. 三种方法定量分析指标对比

方法	指数	蓝波段	绿波段
模拟干扰数据	r^2	0.8036	0.7980
	RMSE	4.6036	6.006
ENVI自动配准	r^2	0.8941	0.9097
	RMSE	3.9938	3.3304
ERDAS自动配准	r^2	0.8756	0.9046
	RMSE	4.0658	4.3821
本系统方法	r^2	0.9716	0.9712
	RMSE	1.3378	2.2101



图4. 三种不同自动配准方法结果对比

2. 传感器图像复原融合

图像融合特别是高分辨率遥感影像的图像融合被广泛应用于许多领域。本文所说的图像融合主要指空间一波谱融合。由于卫星传感器的限制，当前主要的高分辨率卫星基本都会搭载一个具有较高分辨率的全色传感器和一组具有较低分辨率的多光谱传感器，需要通过后续的处理，得到具有较高分辨率的多光谱影像。当前用户对于图像融合主要分为两类需求，一类是希望光谱和纹理保真度高，即对量化要求较高，一类则是更重视视觉效果。因此本系统将图像融合的工作分为两步，第一步是图像的复原，最大限度地实现融合图像光谱和纹理的保真度。第二步是在图像复原结果的基础上融合成以用户的主观意愿为核心的影像作品（主要是图像实现白平衡，颜色更加亮丽，信息完整但不会出现过饱和等）。同样为了更加客观地评价本系统自动融合算法的精度，本文提出了一种更为严苛的实验和评级，即对WorldView3数据多光谱影像和全色影像进行重

采样，分别重采样到4.8m和1.2m，然后进行融合实验，对融合的结果与原始的1.2m多光谱影像进行比较，分析其精度。

图5显示的是实验输入数据，左图为重采样到4.8m后的多光谱影像，右图为重采样到1.2m的全色影像。图6显示的是不同融合方法的结果与原始结果对比，从中可以看出，PCA融合的结果使许多地物的颜色都发生了明显的变化；GS融合的方法同样使不同地物的颜色变化不一致，如：植被覆盖地区颜色变深，而水域颜色则变浅；PCI软件中的融合方法所得到的结果较好，但是整体颜色偏亮，改变了部分地物的真实颜色；NND融合算法效果整体较好，但是在部分

表3. 五种不同方法定量评价指标对比

指标	PCA融合	GS融合	PCI融合	NND融合	本系统方法
SAD	7.4477	7.1695	6.5937	5.5159	5.1806
r^2	0.9307	0.9334	0.9405	0.9544	0.9589
RMSE	9.8726	8.2219	7.5432	6.4207	5.4801

(转第8页)

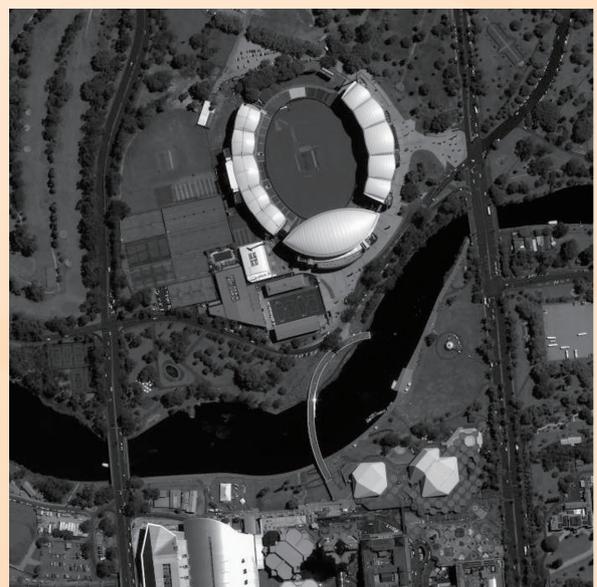
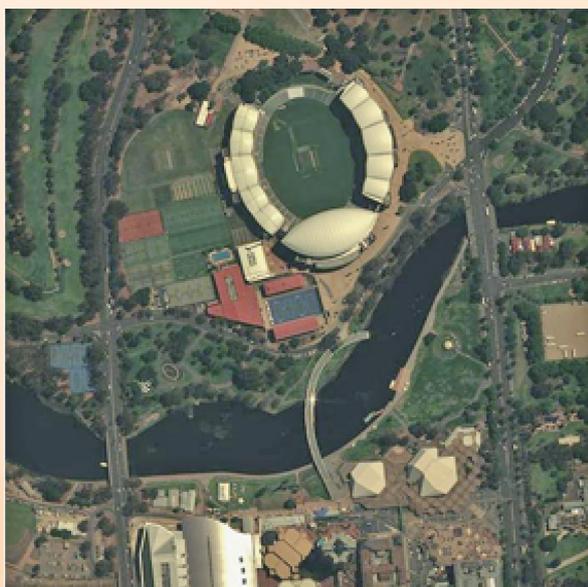
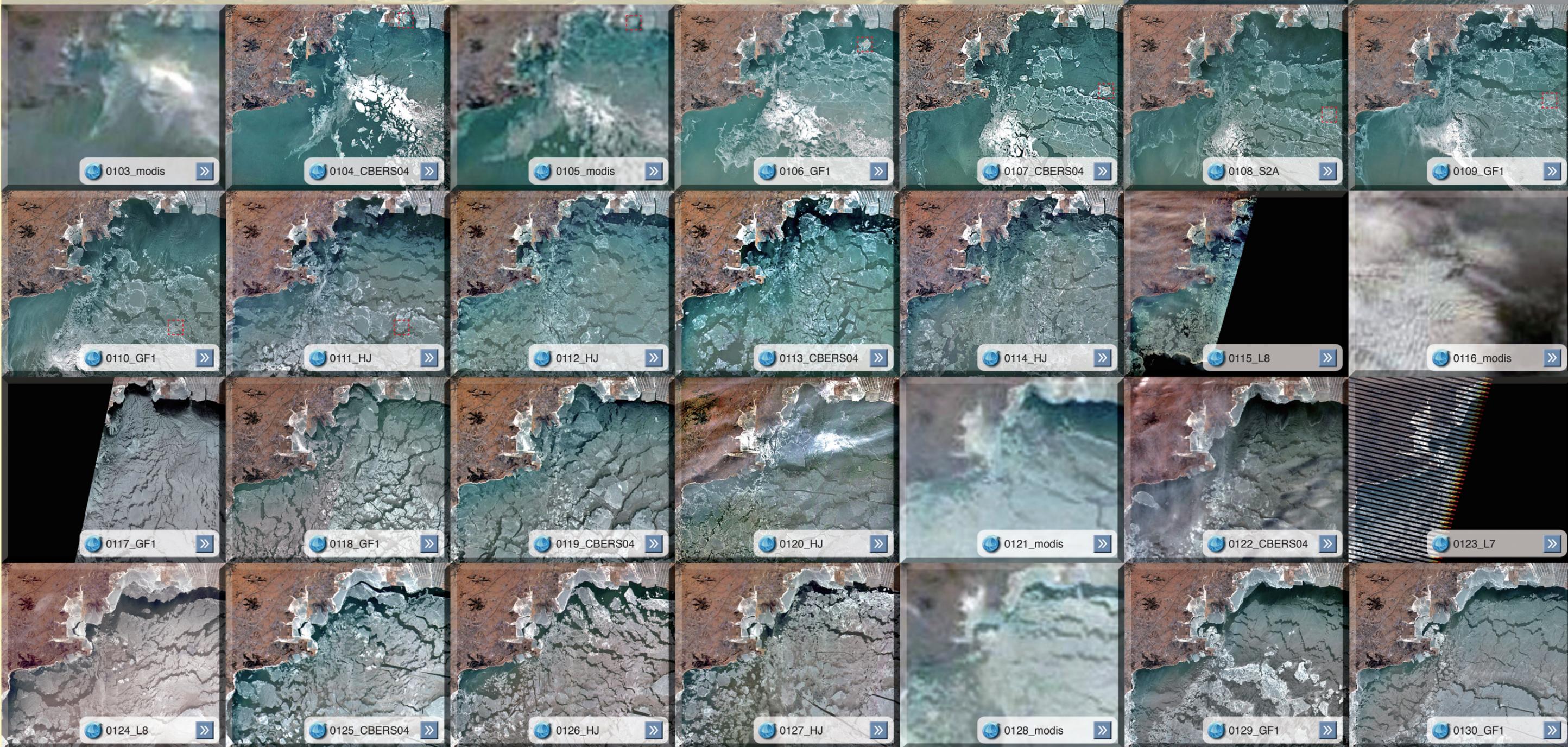
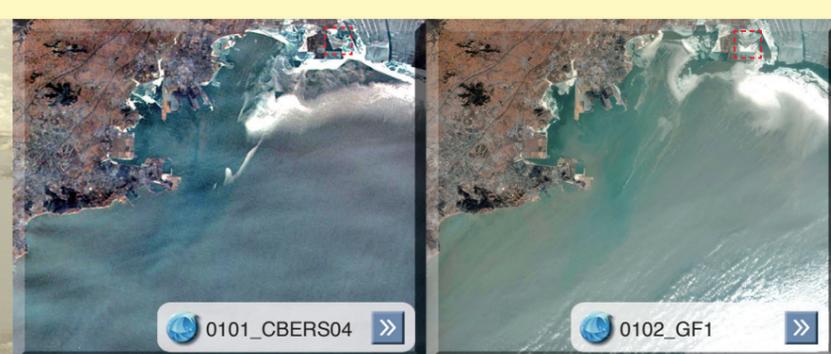


图5. 图像复原融合实验的原始数据（左图为重采样后的多光谱图像，右图为重采样后的全色图像）

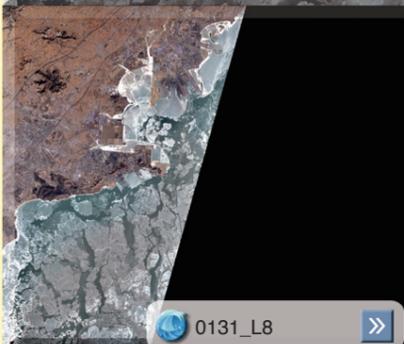
2016年1月渤海海冰卫星监测日历

这份D10数据的实例，利用了SENTINEL2A(10米)、LANDSAT7/LANDSAT8(30米)、HJ1A/HJ1B(30米)、GF1-WFV(16米)、CBERS4-WFI(73米)等卫星的数据集，在2016年1月对渤海辽东湾区域的海冰动态进行了全面的跟踪观测。在一月31天的区间，该数据集4天无数据，1天多云，26天有数据，一共得到35张有效图像，其中有9张是一天内多星访问的重复，最多的一天有3次卫星观测。无数据和多云的5天用MODIS的数据取代，可以看出其分辨率和D10数据集的差别。随着GF4(50米)的成功投入运行，D10数据集的覆盖度会得到进一步提高，实现每天一张10~100米分辨率的观测变得更加可行。



垃圾岛漂流记

在日历中我们标注了一个用红色边框标注的区域，它乍一看像是一个岛屿（特别是7日前后的样子），但是地图上根本不存在。事实上它每天都在运动，当我们逐日往回追溯到月初，终于发现它的来源——辽东湾北岸的一个三角形港湾区域。那里漂浮滞留在港湾角落中的污物在底层水结冰后随着大块冰面的整体移动被带出港湾，并且被风和海流推动着漂移，最终在11日左右在渤海中部区域消融分解。这个现象提醒我们港湾附近的浮污最好在结冰季节前及时清理，否则可能会影响更大的区域。



区域如：红色屋顶、植被等区域颜色变暗。而本文的算法无论整体地物还是局部地物的颜色都与真实地物保持了较高的相似度。表3显示的是三种不同方法定量评价指标，分别是光谱角差异（Spectral Angle Difference, SAD）、相关系

数，均方根误差的四波段的平均值。通过这些定量参数可以看出，本系统方法的结果具有较高的光谱保真度，与真实影像相比具有较高的相关性，误差相对较低。

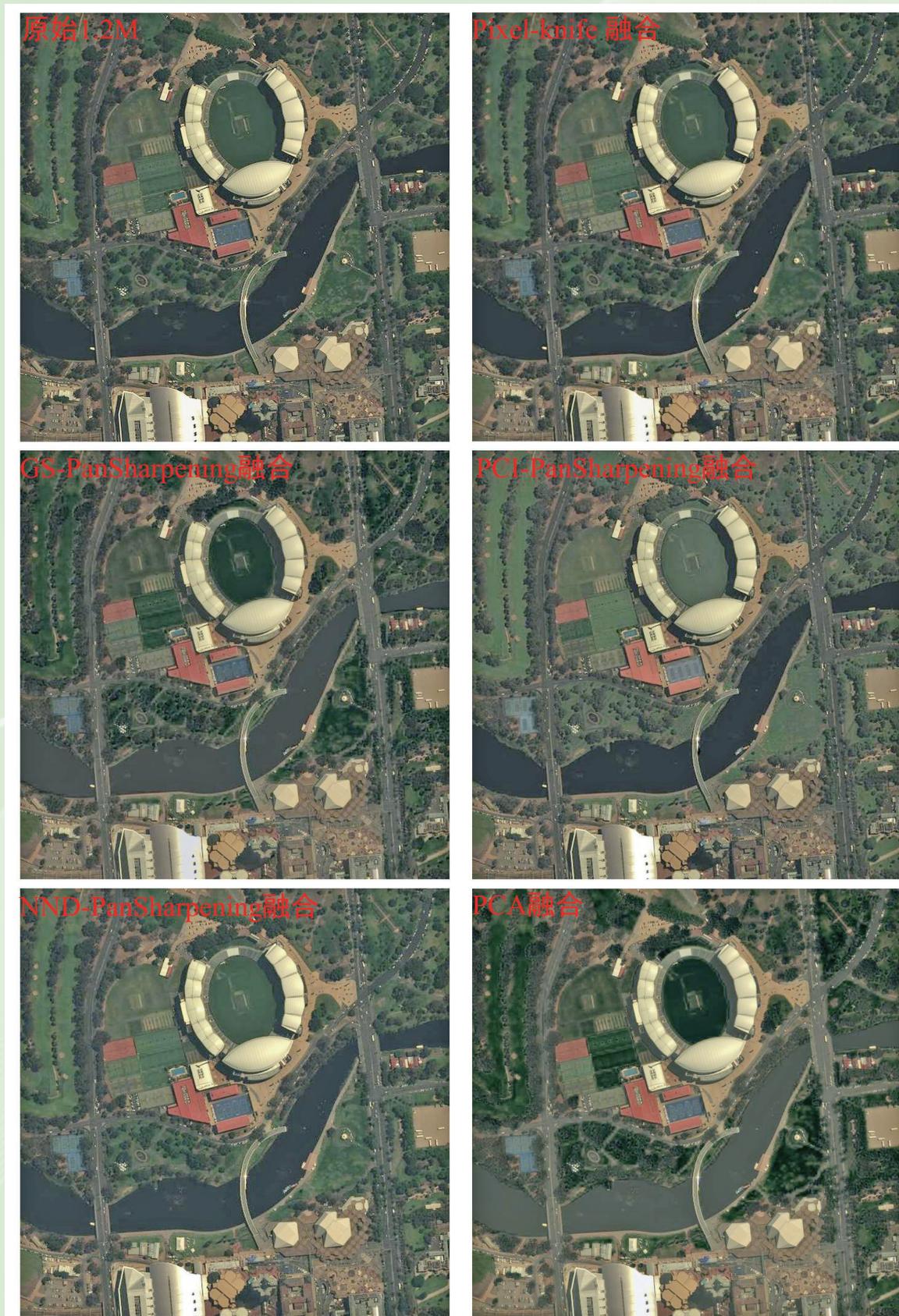


图6. 五种不同融合方法结果对比图

■ 全球快速精准正射制图

遥感正射影像图 (Digital Orthophoto Map, DOM) 以其高精度、直观真实展示地表信息特性, 成为遥感应用主要的数据源。一般遥感影像需要经过几何纠正、配准、融合、增强、色彩平衡、镶嵌裁切等一系列处理, 才能完成遥感正射制图, 为应急保障和规划建设等提供可靠的数据。传统的遥感正射制图需要大量外业采集的地面控制点形成控制点库, 并结合历史影像和控制点库进行匹配处理。而随着海量遥感数据的不断涌现, 以及全球化制图的强烈需求, 传统遥感正射制图的方法已经不能满足当前的需求, 特别是当发生自然灾害如: 地震、滑坡、泥石流等, 就需要更快更精准地进行遥感正射制图, 为应急提供支持。本系统通过一系列自动化的匹配、融合、增强等处理, 能够快速地产生产出全球化的正射产品, 满足应用的迫切需求。



图7. 正射制图的结果加载到GE系统

本节以2016年4月17日在厄瓜多尔沿岸近海附近 (北纬0.46度, 西经79.73度) 发生7.5级地震为例, 进行实验分析。系统使用4月19日获得的高分二号数据进行灾后正射影像的制作, 再利用高精度的全球底图和控制点库来提供定位参考, 通过一系列的配准和融合形成最后的正射产品。目前国内外很多业务系统都依托GoogleEarth (简称GE) 软件, 本系统所处理的结果同样可加载到GE上, 提供最新的正射数据。图7显示的是本系统处理的结果加载到GE系统的情况。通过图7可以看出经过正射处理后的结果与GE本身的底图 (采集于4月18日的Pleiades数据) 十分贴合, 而且色彩

更加明亮。图8中显示的是原始影像以及正射结果与GE底图按照100*100的块进行拼接的结果图, 可以看出原始影像与GE底图不仅位置偏差较大而且底图的色彩也差异较大, 而经过处理后的正射影像这种差异基本消除。图9显示的是震后18日GE的底图和本实验数据在震后19日变化的对比, 可以看出在空地上居民搭起了帐篷等临时住所, 并且有些受损房屋由于余震在19日进一步完全坍塌。通过快速正射制图可以很好为应急救援以及物资调配等提供决策支持和保障。



(a) 原始影像



(b) 正射处理后影像

图8. 原始影像、正射结果与GE底图的拼接图

本实验数据在震后19日变化的对比, 可以看出在空地上居民搭起了帐篷等临时住所, 并且有些受损房屋由于余震在19日进一步完全坍塌。通过快速正射制图可以很好为应急救援以及物资调配等提供决策支持和保障。



(a) 震后18日的影像 (Pleiades)



(b) 震后19日的影像 (GF2)

图9. 震后GE底图和实验数据变化区域

■ 总结

本系统通过一系列最新的方法和技术实现了卫星数据的高精度配准和融合, 相应的技术指标有了实质性的提高。而且系统的流程都是自动完成, 大大减少了人工的干预, 实现了国产卫星数据的精准化和产品化, 能够促进并推动国产遥感卫星数据在不同领域的规模化应用。

Pixel-Knife Skywalker 云服务平台与数据产品介绍

中科院遥感地球所 数据管理部 陈甫 马勇

■ 引言

计算机互联网技术的进步和发展深刻地影响和改变着人类的生活，遥感领域的发展也不例外。尽管遥感的应用已经深入到国民生产的众多领域，但是其产品服务却严重滞后，不仅难以满足专业用户对其产品的多层次服务需求，也难以满足公众对其应用产品的认知和关注需要。因此本文建立了一个像素刻刀天巡（Pixel-Knife Skywalker）遥感数据云服务平台，可以批量提供具有高质量的卫星数据产品，满足用户的综合需求。用户能够通过多种客户端（即WEB、手机APP、桌面版软件）登入平台，进行订购和访问各种高精度数据产品和服务，并且用户可以指定兴趣点范围，系统能够及时地为用户推送其兴趣点的最新数据。

■ 产品及服务

目前，Pixel-Knife Skywalker云服务平台主要提供的数据产品包括D10和M1。Pixel-Knife D10，即每日10米数据集，实际包含10~73米的数据，以15~30米为主。D10数据集针对重视时间分辨率的用户。Pixel-Knife M1，即每月1米数据集，该数据集实际包含1~5米的数据，以2米为主。M1数据集针对重视空间分辨率的用户。用户也可以根据自己的需要选择任意产品进行组合，或者选择全部数据集以便多尺度地从空间和时间上了解感兴趣区域的地物变化情况。

1. Pixel-Knife D10

对于遥感的许多应用，如：海冰监测、黄河凌汛监测、海上溢油监测、秸秆燃烧监测、湖泊水质监测、洪水趋势监测、旱情监测、雾霾监测等等都需要及时更新的高清晰度影像，但是由于卫星硬件的限制，通常来说时间分辨率和空间分辨率是一对矛盾体，很难通过同一卫星同时获得具有高时空分辨率的数据，而通过多星合作观测就可以一定程度上调和这个矛盾，让用户得到的卫星数据在时间分辨率和空间分辨率上都能得到大幅提升，但是多源多时相卫星间的辐射及几何校正是困扰这一途径的重要障碍。本系统利用

前文所述的Pixel-Knife Studio图像处理系统，能够很好的解决多源、多时相数据之间的问题，提供高精度的数据产品。目前D10数据主要使用HJ1A/HJ1B（30米）、LANDSAT7/LANDSAT8（15~30米）、GF1-WFV（16米）、CBERS4-WFI（10~73米）、SENTINEL2（10米）等卫星数据。

本文以海冰监测为例，展示了基于**2016年1月渤海海冰的卫星监测日历**（见中页）。之前利用光学卫星观测海冰多采用MODIS卫星这样低空间分辨率高时间分辨率的数据，对于海冰只能从宏观上进行分析，不能用来指导具体的工作，而D10实际上是通过集成多颗卫星的数据，将其融合成一个虚拟的每天都能访问的分辨率10米左右的卫星，比MODIS卫星的分辨率提高了一两个数量级。通过海冰日历，能够清楚地看到1月份渤海这一区域海冰由没有到逐渐增多的趋势，并对海冰的细节有着良好的体现。

2. Pixel-Knife M1

高空间分辨率的数据在诸如土地利用与变化、自然保护区管理、矿山资源管理等方面有着重要的作用，其空间分辨率必须达到一定的尺度才能达到较好的效果，但是对时间分辨率的要求并不高。Pixel-Knife M1的数据就是在考虑到时间分辨率的基础上，集中提供具有较高分辨率的数据，以1~5米的数据为主。目前M1主要提供：高分一号（2米）、高分二号（0.8米）、CBERS4（5米）、ZY1-02C（2.36米）、ZY3（2.1米）等卫星数据。

本文以北京新机场的变化为例，展示了2015年到2016年3月间该区域的变化（如下页图示）。通常来说国土部门进行土地利用变化监测使用的是一年一次的数据，这种数据往往具有周期较长、实用性不高的缺点。很多违法用地不能很快地监测到，后期难以纠正复原。因此通过M1产品可以提供最及时的高空间分辨率影像，解决以上问题，以提高执法的效率和社会效益。通过图示，可以明显看出机场在动工前后土地利用变化以及机场建设的进展情况，能够有效地进行土地利用变化的分析和处理。

20150325-GF1



20151012-GF1



20151015-CBERS04



20151206-CBERS04



20160127-CBERS04



20160216-GF1



本期 目录

- Pixel-Knife Studio 高质量卫星影像处理系统
- 中页：2016年1月渤海海冰卫星监测日历
- Pixel-Knife Skywalker 云服务平台与数据产品介绍
- 封面：建设中的北京大兴新机场（2016年4月11日GF2）

消息

Pixel-Knife Studio 高质量卫星影像处理系统及 Pixel-Knife Skywalker 云服务平台与数据产品由中国科学院遥感与数字地球研究所自主研发设计，其中专门针对GF1/GF2开发的像素刻刀高分卫星版 (Pixel-Knife Studio GF) 已经开始销售，该软件提供全自动高质量的高分卫星数据的配准和融合产品，多项关键指标优于现有常用商业遥感软件，欢迎咨询订购。

联系电话：010-62553662、010-62554865 传真：010-82631979 邮箱：imgserv@radi.ac.cn

技术咨询：陈甫 电话：010-82178158 邮箱：chenfu@radi.ac.cn



开户行：中国工商银行北京永丰支行
户名：中国科学院遥感与数字地球研究所
账户：0200151809100041862

服务热线：(010) 62553662 62554865

传真：(010) 82631979

主页：<http://www.radi.ac.cn/>

数据查询网址：<http://eds.ceode.ac.cn/>

数据服务电子信箱：imgserv@radi.ac.cn

数据服务部地址：北京市朝阳区大屯路科学园南里风林绿洲
18号楼201室 邮编：100101

出版日期：2016年7月

本期责任编辑

靳丽伟