

GAMMA 合成孔径雷达干涉测量软件

GAMMA SAR and Interferometric Processing Software

白 皮 书

瑞士 GAMMA Remote Sensing AG

北京地空软件技术有限公司

目录

1、产品简介.....	2
2、功能模块.....	3
2.1、MSP（组件式 SAR 处理器）.....	3
2.2、ISP（干涉 SAR 处理器）.....	4
2.3、DIFF&GEO（差分干涉和地理编码）.....	4
2.4、IPTA（干涉点目标分析）.....	5
2.5、LAT（土地利用工具）.....	7
3、产品优势.....	9
4、相关案例.....	10
案例 1、建筑高程信息提取以及健康监测.....	10
案例 2、Murghab 地震高精度地表三维形变场.....	11
案例 3、提取地震三维形变场.....	12
案例 4、全国地面沉降 InSAR 动态监测.....	13
案例 5、西昆仑 Mw6.6 地震三维变形场.....	15
案例 6、滑坡监测.....	16
案例 7、地震形变监测及模拟.....	17
案例 8、大范围矿区沉降监测.....	18
案例 9、区域滑坡隐患早期识别与监测.....	19
案例 10、呼伦贝尔市极化 SAR 森林/非森林制图.....	20
案例 11、InSAR 精度分析与评价.....	22
案例 12、华北平原地面沉降监测.....	23
案例 13、基于 InSAR 和地表覆盖的地表沉降驱动力分析.....	24
案例 14、新疆阿克陶 6.7 级地震形变场.....	26
5、培训服务.....	27
6、部分用户名录（持续更新）.....	29
7、关于 GAMMA.....	32

1、产品简介

GAMMA合成孔径雷达干涉测量软件是由瑞士GAMMA Remote Sensing AG研发的,北京地空软件技术有限公司独家代理的用于干涉雷达数据处理的全功能软件平台。GAMMA软件包括如下功能:

- 支持星载、机载以及地基等雷达数据聚焦成像以及干涉处理
- 改正地形影响的雷达影像地理编码
- 大范围、大尺度影像镶嵌
- 多时相特征分析
- 时间序列形变分析
- 永久散射体时序序列形变分析
- 高分辨率自适应偏移量跟踪
- 干涉 SAR 技术生成 DEM (Tandem-X)
- 多时相滤波和多时相影像分析
- 软件采用 ANSI-C 语言编写,可以在 Linux、Windows 及 Mac/OSX 等操作系统下编译运行
- 采用 Open-MP 从底层对软件进行优化,支持多核多线程加速
- 能够兼容在高性能计算机集群 (HPCC),支持服务器端分发处理
- 支持的星载 SAR 卫星包括: ERS-1/2、JERS、SIR-C/X-SAR、ALOSPALSAR、ALOS-2/3、RADARSAT-1/2、ENVISAT、NISAR、SWOT、TerraSAR/Tandem-X、ASAR、CosmoSkymed、SENTINEL-1、KOMPSAT5、GF-3、LT-1 (陆探)、海丝、高景-2、巢湖、涪城-1、宏图 (HT-1) 等,各命令的功能相互独立,可采用 Perl、Python、bash 或 csh 脚本语言处理。

GAMMA软件由MSP (组件式SAR处理器)、ISP (干涉SAR处理器)、DIFF&GEO (差分干涉和地理编码)、IPTA (干涉点目标分析)、LAT (土地利用工具)、DISP (影像显示) 六大模块组成。

- MSP 模块: 从 Raw 信号到 SLC 的合成孔径雷达数据处理
- ISP 模块: 干涉图生成、影像配准、偏移量跟踪以及校准
- DIFF/GEO 模块: 地理编码、DEM 转换、SLC 与 DEM 的配准

- LAT 模块: 斑点滤波、极化处理、影像分类与显示、多时相滤波、影像镶嵌
- IPTA 模块: 时间序列分析、点目标识别、时序显示与滤波
- DISP 模块: 影像显示、栅格影像生成、GeoTIFF 转换 (免费提供)

每个模块由几十条甚至上百条处理程序集组成, 软件为每条程序及批处理脚本提供html帮助文档, 详细解释程序功能、使用方法及各参数说明, 关键步骤(例如图像配准、相位解缠等)提供多种处理方法, 不同的程序组合可以应对各种复杂情况下(不同数据源、不同数据质量、不同处理目的)的处理, 处理过程自由程度高; GAMMA软件是命令行操作方式, 参数调整方便, 中间过程质量实时控制; 同时GAMMA软件各模块均提供丰富的批处理脚本, 满足用户大数据量批处理需求, 同时对于使用熟练的用户可自行编写流程化处理脚本。

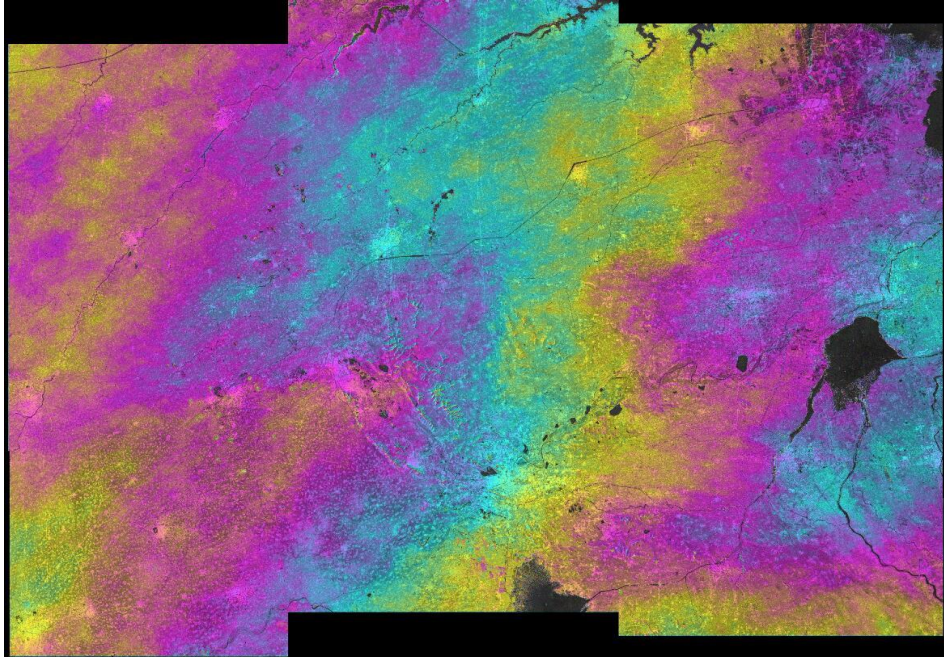
2、功能模块

2.1、MSP (组件式 SAR 处理器)

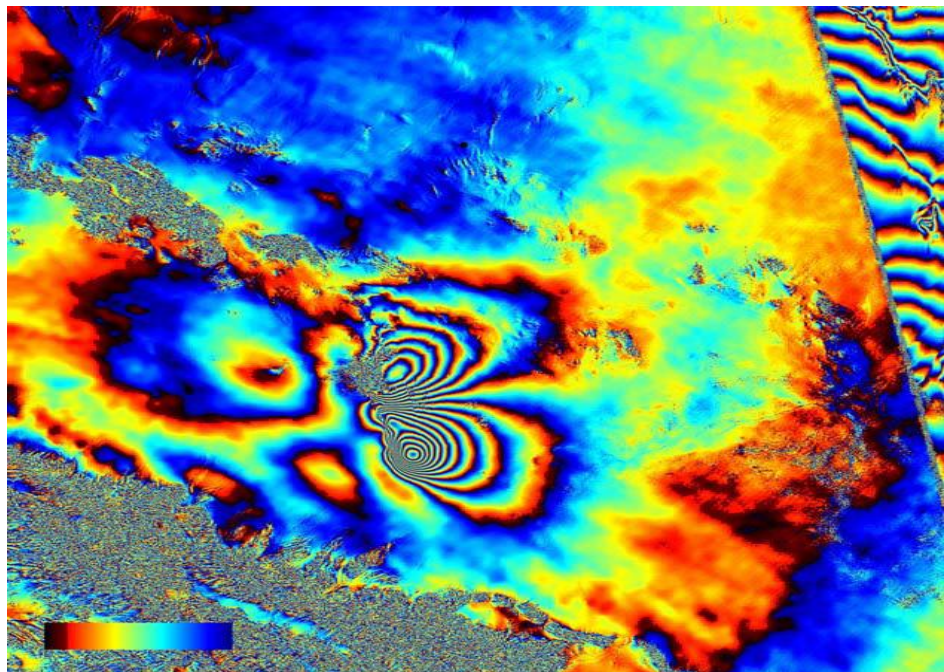
MSP是从机载或星载的原始SAR信号中得到单视复数数据和强度影像的一个程序包。主要模块包括: 数据预处理、距离向压缩、聚焦、方位向压缩和多视后处理。处理后的影像在天线模式、雷达顺轨增益变化、方位及距离参考功能长度和斜距上都进行了辐射标准化。

在预处理步骤中, 处理参数是从CEOS头文件中得到的。在距离向压缩过程中, 为了生成快视图, 数据可能在方位向上进行了采样。方位向处理使用的是距离-多普勒算法, 在处理RADARSAT数据时, 需要用到二次距离向迁移处理。用户可以选择输出图像的几何关系, 方位向上是否进行去斜处理。自动聚焦算法可以调整沿轨方向平台的估计速度。被处理的图像经过了以下的辐射校正: 天线方向图, 雷达沿轨增益变化, 距离向和方位向参考函数的长度, 斜距向。ERS-1、ERS-2和JERS的绝对定标常数是由主动雷达发射接收器, 和ESA、NASDA处理后的定标数据交叉定标后决定的。事实表明GAMMA处理器在干涉过程中保留相位。多视图像是通过单视复数图像样本时域平均得到的。处理的相关参数和数据特征都存储在一个文本文件中, 该文本文件可以用一些商业软件打开。对于ERS-1/2

效应情况下的配准及从检测图像开始的位移跟踪技术。DIFF&GEO 在分离地形和位移的影响时非常灵活。如果从其他的渠道获得了 DEM，可以使用该模块模拟一个干涉纹图，减去这个干涉纹图就可以消除地形相位的影响。模拟干涉纹图和真实干涉纹图之间的精确配准可以自动完成。



Sentinel-1 影像差分干涉相位图



巴姆地区二轨差分干涉图

2.4、IPTA (干涉点目标分析)

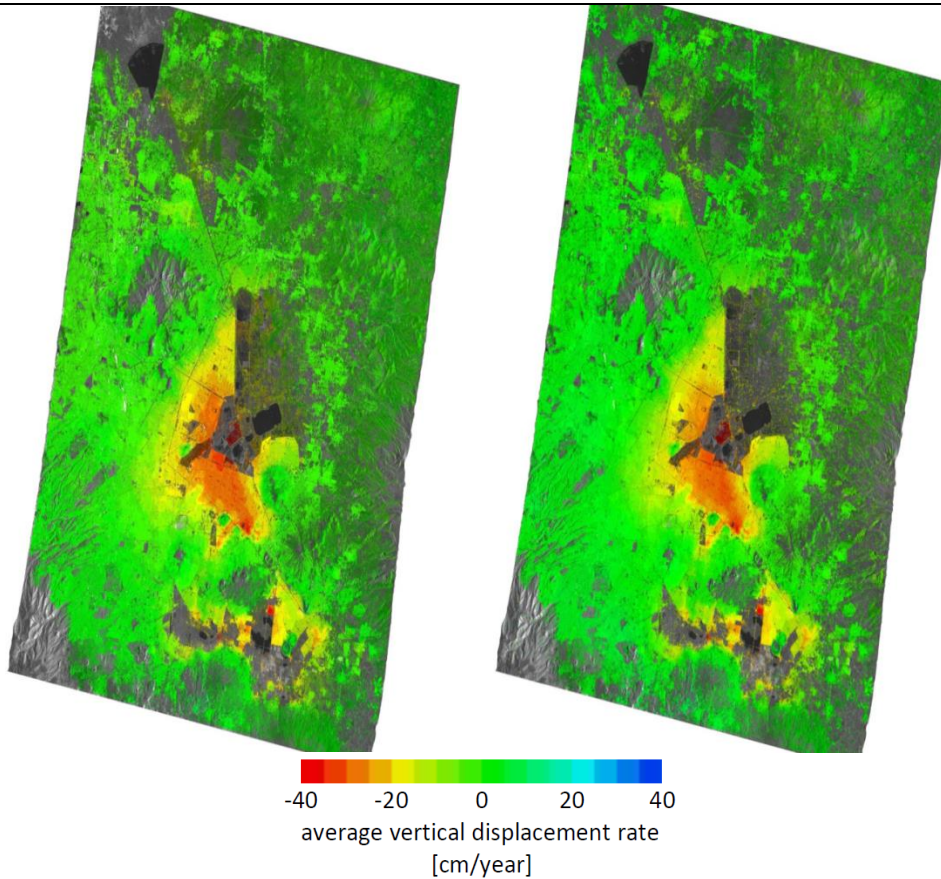
IPTA采用的相位模型和传统的干涉技术一样。解缠后的干涉相位是地形相

位，形变相位，差分路径延迟相位（也称大气相位）和相位噪声部分（失相关）。干涉点目标分析中，干涉图只对选择的点作解释。采用矢量格式的数据结构代替传统干涉技术的栅格数据结构，提高效率及节省所需磁盘空间。对于干涉图、解缠相位、地形高程、形变速率和大气相关的残差相位以及其他的也采用类似点堆积的矢量格式，采用另外的数据格式储存点坐标系。

一个典型的IPTA处理步骤是这样的：首先，配准多幅重复轨道SLC图像。其次，点目标的确认，这是一个非常重要的步骤，进一步就是分析选中的点目标的干涉相位，描述干涉相位与系统和目标参数之间的依赖关系的物理模型，与传统的干涉分析中使用的模型是一致的。为了从多时相数据集中获取最佳的信息，引入了循环的概念，并且改进一些参数，如散射体的地形高度、形变、大气路径延迟和基线等。根据不同的空间、时间和基线依赖性将不同的相位分类，譬如，大气相位延迟在空间维上相对平滑，但在时间维上是不相关的。地形相位和垂直基线间显示出了一种线性关系。很多情况下，形变在空间维和时间维上都认为是相对平滑的。从IPTA得到的主要结果有地形高度、平均形变速率、形变历史和相对大气路径延迟。IPTA和其他的GAMMA软件模块完全兼容，它包含了IPTA中使用的矢量数据和普通的2维栅格数据格式之间的转换程序。为了方便地使用IPTA，要求必须有GAMMA中的ISP模块和DIFF&GEO模块。



墨西哥城地面沉降监测

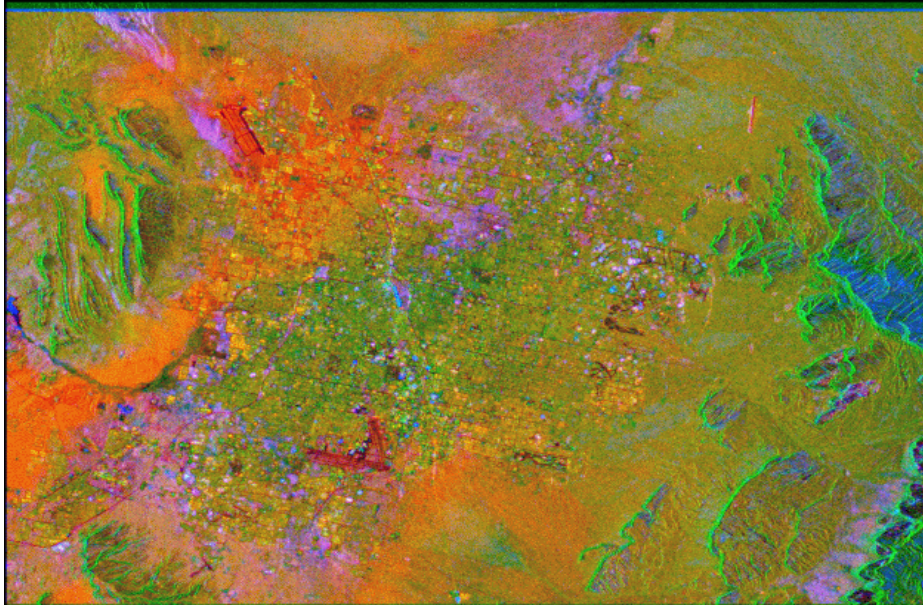


SBAS 技术处理

PSI 技术处理

2.5、LAT (土地利用工具)

土地利用工具包支持滤波、参数提取、简单分类、镶嵌和附加的数据显示工具。滤波工具包括空间滤波（均值滤波、中值滤波、Frost 滤波、Lee 滤波、增强 Lee 滤波、Gamma 映射滤波）和多时相滤波（基于 Quegan et al）。LAT 能够提取和分析特定多边形和线性数据（均值、标准方差、直方图），包含了自适应相干、纹理和有效视数估计程序以及其他一些简单的图像数据运算程序。基于一个或几个配准好的输入数据集，使用分级阈值方法可以将单个或多个类分离出来。在地图几何空间中，LAT 支持多个数据集的镶嵌。同时，LAT 包含了生成 RGB 和 IHS 组分的工具以及交换两幅图像强度图的工具。



拉斯维加斯地区 RGB 影像合成例子



双极化 ALOS PALSAR 影像大尺度、大范围镶嵌

3、产品优势

GAMMA 软件是瑞士 GAMMA Remote Sensing AG 开发的专门用于干涉雷达数据处理的全功能商业软件，GAMMA 软件能够完成将 SAR 原始数据处理成 DEM、地表形变图、土地利用分类图等数字产品的整个过程。除此之外，GEO 软件包中还提供了图像的配准和地理编码功能。对于那些在不太稳定的机载遥感平台上获取的雷达数据，运动补偿软件包（MOCOM）中专门提供了一些高级的处理方法。每一个软件包都是组件式的，因此用户可以根据自己的需求组合不同的程序。GAMMA 软件总体上具有以下独特的产品优势：

1)、GAMMA 拥有专业的开发团队，核心开发人员 Dr. Urs Wegmüller 和 Dr. Charles Werner 曾经在美国 JPL 工作，SAR 专业知识背景强，持续对软件进行更新；

2)、GAMMA 软件集成了大量主流的数据处理方法，包括 InSAR、DInSAR、MAI、Offset-tracking、PS、SBAS 等；

3)、GAMMA 可以在任意操作系统平台运行，包括 Linux、Windows、Cygwin 及 OS-X 等，可支持服务器端多用户并行分发处理；

4)、软件为每条程序及批处理脚本提供 html 帮助文档，详细解释程序功能、使用方法及各参数说明，非黑盒处理；其中关键步骤（例如图像配准、相位解缠等）提供多种处理方法；GAMMA 软件自带丰富的批处理脚本给用户参考；

5)、GAMMA 软件采用 C 语言开发，并采用 OpenMP 对代码进行并行优化，远比基于解释性语言（如 Matlab、IDL）开发的软件数据处理效率高；

6)、GAMMA 软件是命令行操作方式，相对界面封装软件而言，GAMMA 软件所有参数调整方便，中间过程质量实时控制；不同的程序组合可以应对各种复杂情况下（不同数据源、不同数据质量、不同处理目的）的处理，处理过程自由程度高，结果更可靠；

7)、GAMMA 软件由多个命令组成，方便用户进行二次开发；

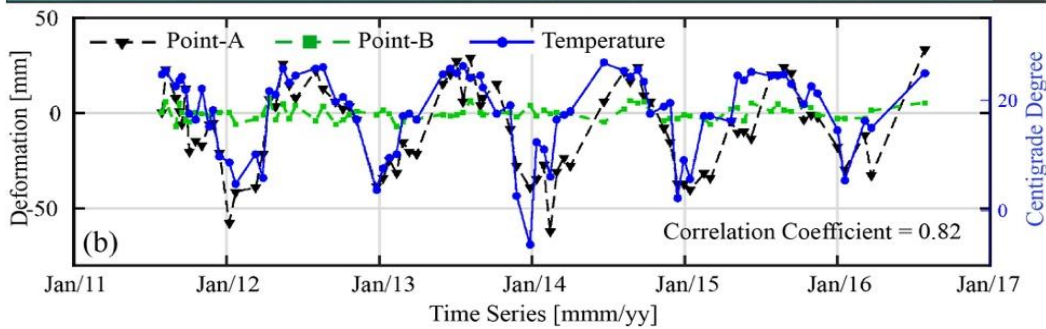
8)、GAMMA 软件无缝支持 GAMMA 公司旗下所有地基雷达设备及机载雷达设备的数据处理。

4、相关案例

GAMMA 合成孔径雷达干涉测量软件以其高效、灵活、可靠的工作流程使用户能够更好地了解地表形变特征以及动态演变过程，先进的技术和直观的中间过程展示可为用户分析地理空间数据中的关键信息。现如今， GAMMA 软件已在水利水电、国土、交通、测绘、市政、能源（矿、石油管道）、勘测、铁道、规划、减灾等行业得到了成熟应用。以下案例均为 GAMMA 软件中国区正式用户授权提供。

案例 1、建筑高程信息提取以及健康监测

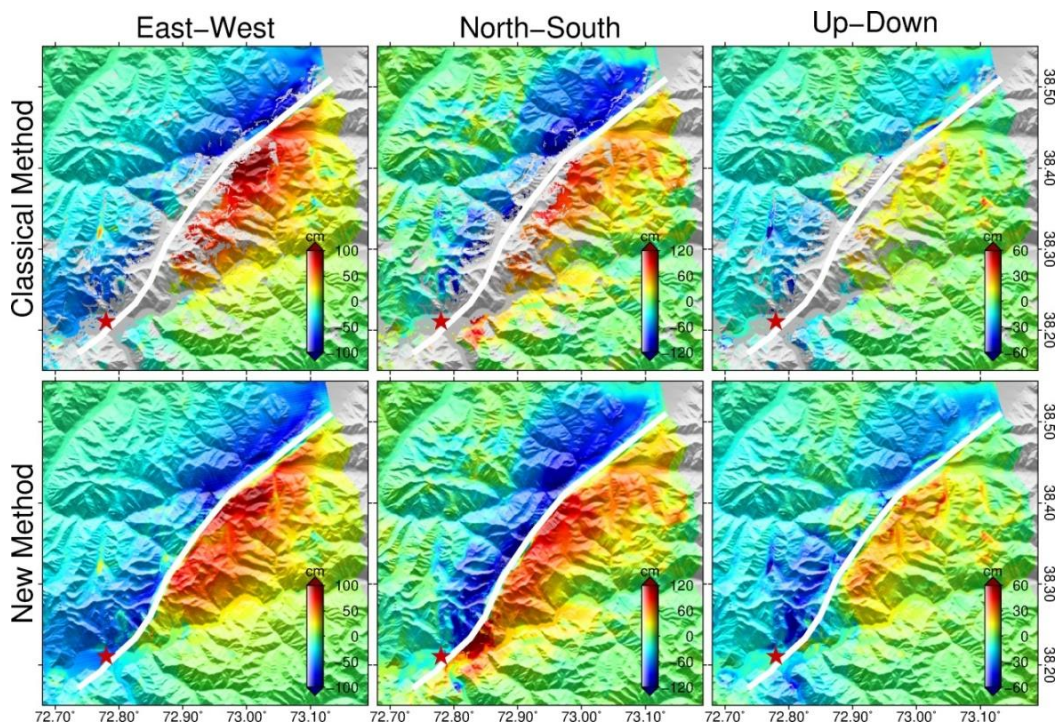
采用 80 景 COSMO-SkyMed 数据，基于 GAMMA 软件及研究所开发的 MTInSAR 技术提取了香港部分建筑的变形信息。计算结果获取了城市建筑的高度信息，经验证该高度信息与 3D 模型相吻合。与此同时提取了建筑物在卫星 LOS 向的变形信号，其中包含建筑物的热胀冷缩和持久变形。一方面，如 A 点和 B 点所示，由于建筑物地基部分相对比较稳定，热膨胀大多沿建筑物方向往上传播，因此 A 点表现出最大的周期性形变并与相应温度具有较高的相关性。另一方面，除去建筑物的热胀冷缩，一些建筑物的持久变形也被提取出来。InSAR 形变监测结果表明该技术可为城市建筑安全监测提供科学的辅助信息。



香港理工大学-丁晓利

案例 2、Murghab 地震高精度地表三维形变场

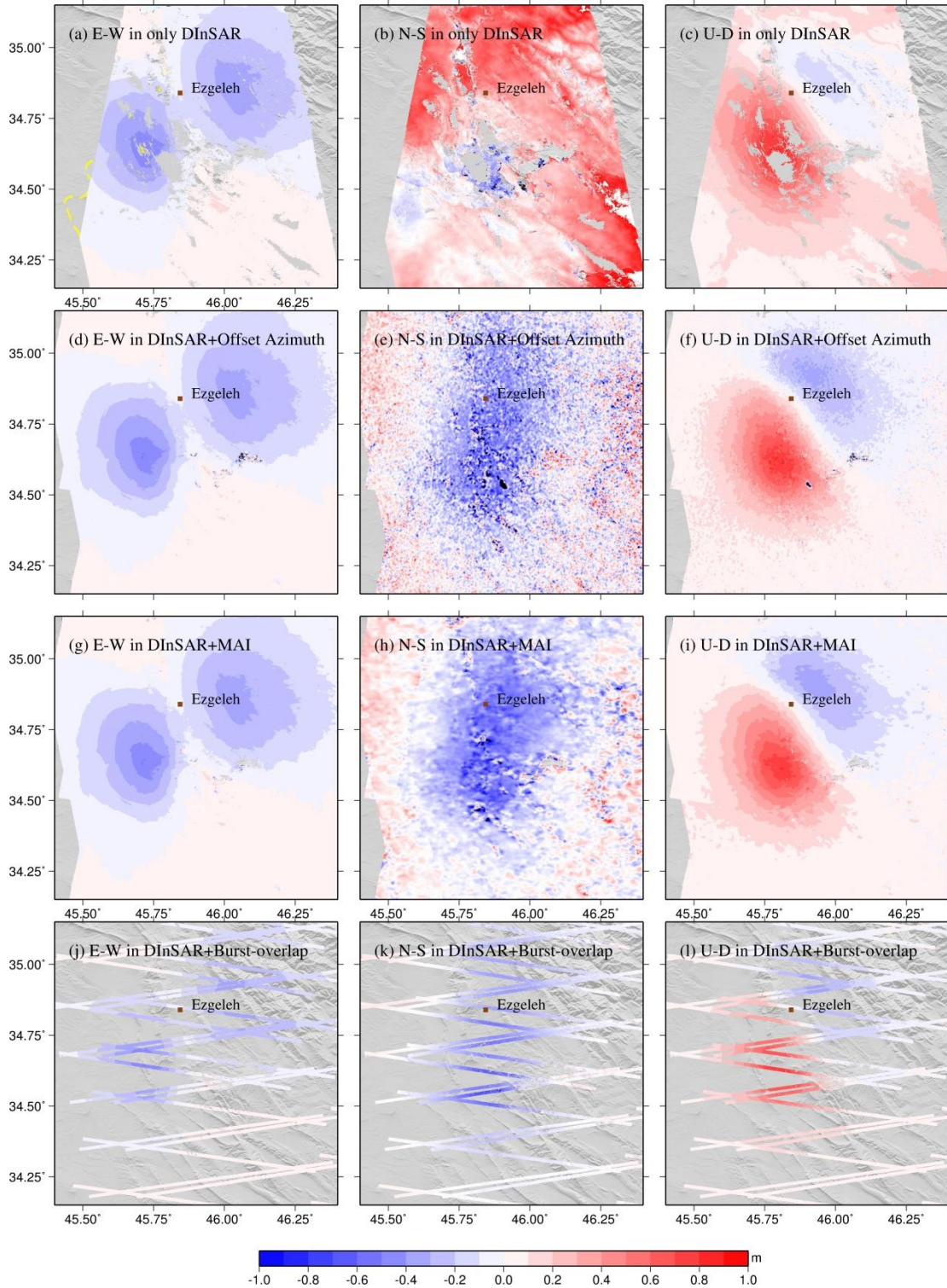
中南大学雷达遥感与影像大地测量研究室长期以来致力于攻关 InSAR 地表形变监测过程中的关键技术难题，并成功在国家的多项重大工程和重点地区得以应用，相关成果“InSAR 毫米级地表形变监测的关键技术及应用”获得了 2018 年国家科技进步二等奖。2015 年 12 月 7 日，Murghab 地区发生 Mw7.2 地震，研究室基于 GAMMA 软件和 ALOS-2/PALSAR-2 条带/宽幅数据获取了该地震升降轨视线向/方位向的同震地表形变场，进一步基于研究室自主研发的算法获取了该地震空间上连续的高精度三维地表形变场，为揭示断层运动提供了直观、可靠的数据支撑。



中南大学-胡俊

案例 3、提取地震三维形变场

利用 GAMMA 软件中 D-InSAR、POT、MAT 和 BOI 技术提取地震三维形变，E-W、N-S 和 U-D 分别代表东西方向、南北方向及垂直方向。



武汉大学-温扬茂

案例 4、全国地面沉降 InSAR 动态监测

中国自然资源航空物探遥感中心（AGRS）是 GAMMA 软件在中国的资深用户，中心于 2018 年 11 月完成了新一轮全国地面沉降 InSAR 监测任务，实现了我国中东部平原、盆地与海岸带的全面覆盖，监测区域包含京津冀、长三角、汾渭盆地、珠三角等 13 个省与直辖市。此次任务中综合应用 RADARSAT-2 宽幅精细 XF（Extra fine, 5m 分辨率, 125km 幅宽）数据与 Sentinel-1 宽幅干涉（IW, 15-20m 分辨率, 250km 幅宽）数据，揭示了近年来区域地面沉降以及重要沉降区带的分布特征和变化特点，体现了区域性地面沉降全覆盖调查与重点城市、重大工程与工矿区精细监测等多层次应用。

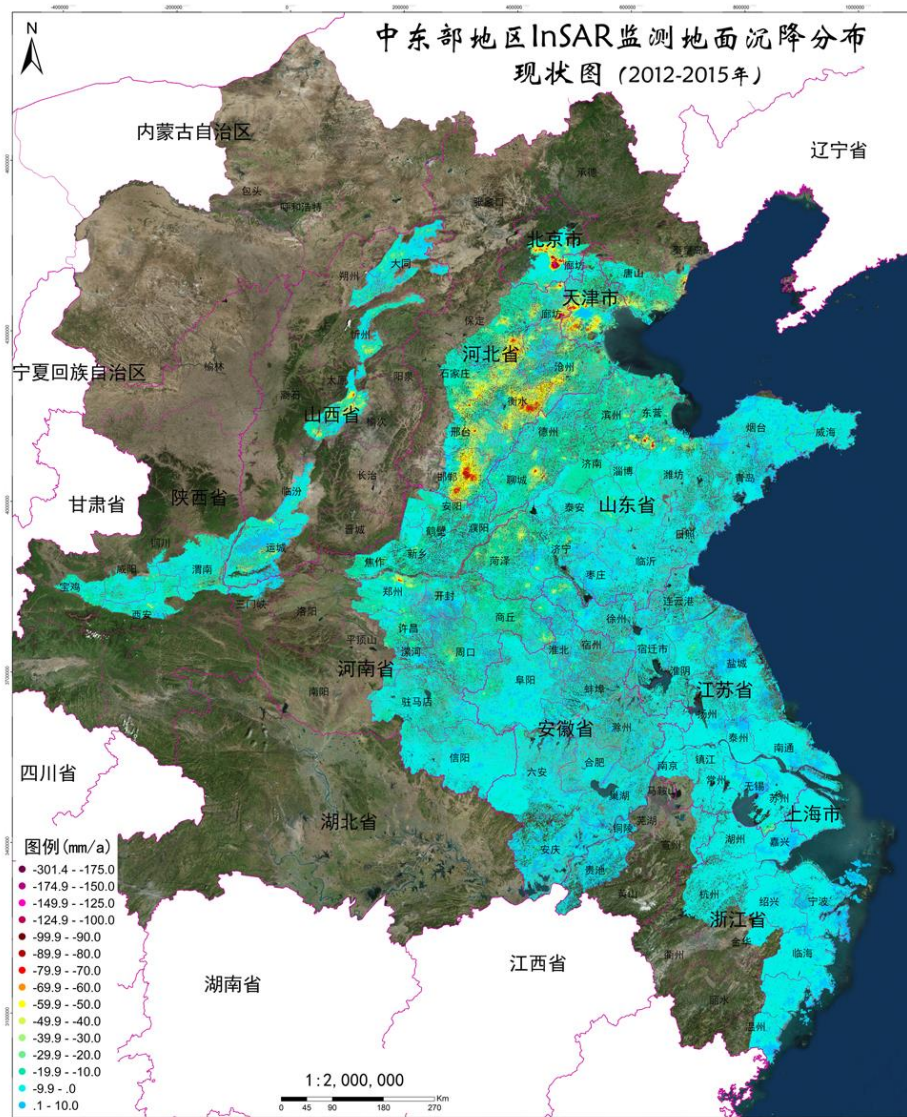


图 1：2012 年-2015 年 4 年平均地面沉降速率（RADARSAT-2 Wide, 30m 分辨率）

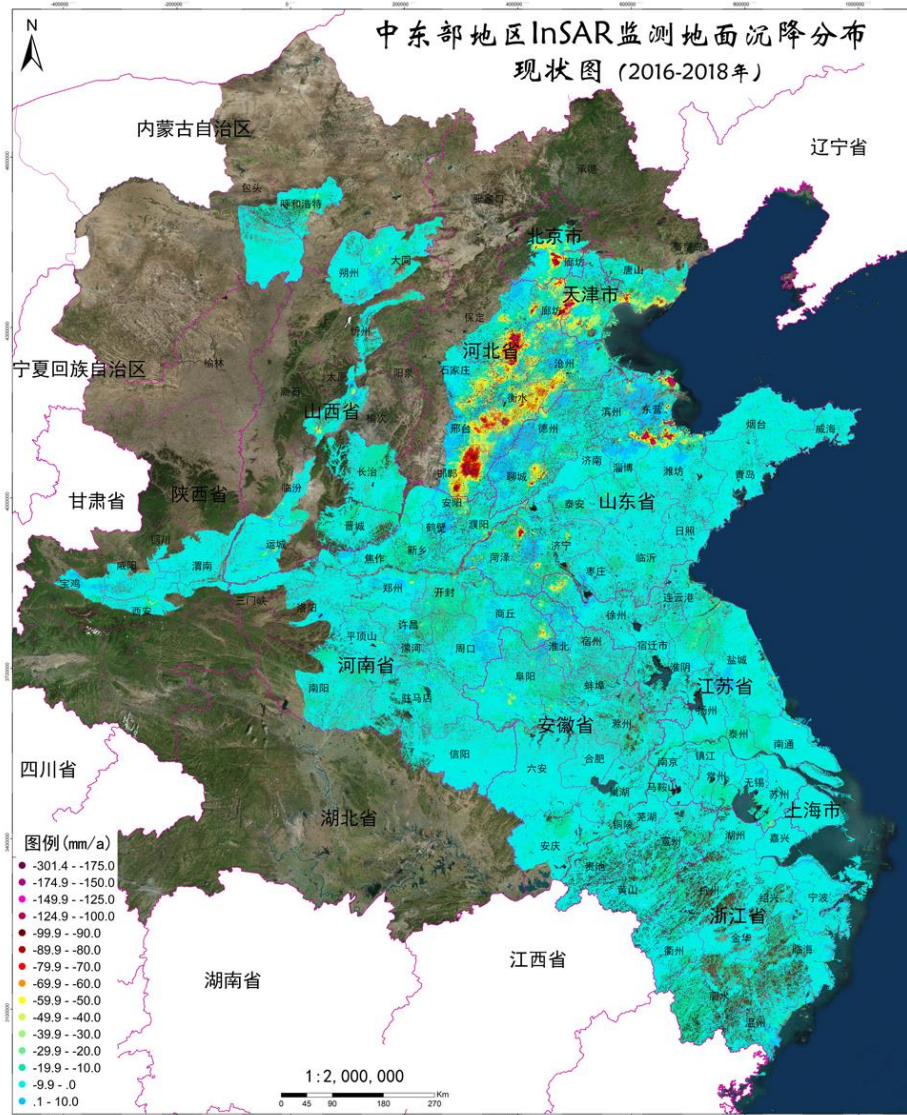
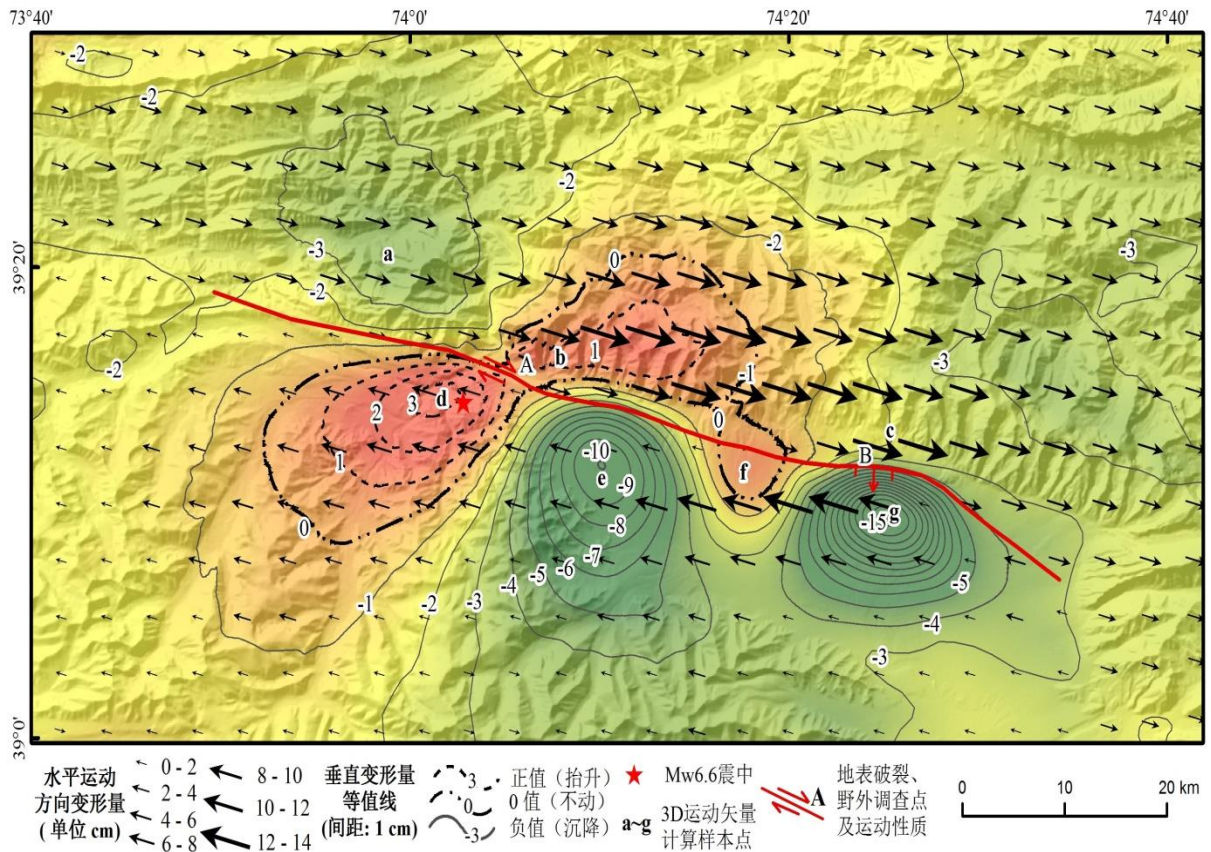


图 2: 2016 年-2018 年 3 年平均沉降速率 (RADARSAT-2 XF, Sentinel-1)

中国自然资源航空物探遥感中心-葛大庆

案例 5、西昆仑 Mw6.6 地震三维变形场

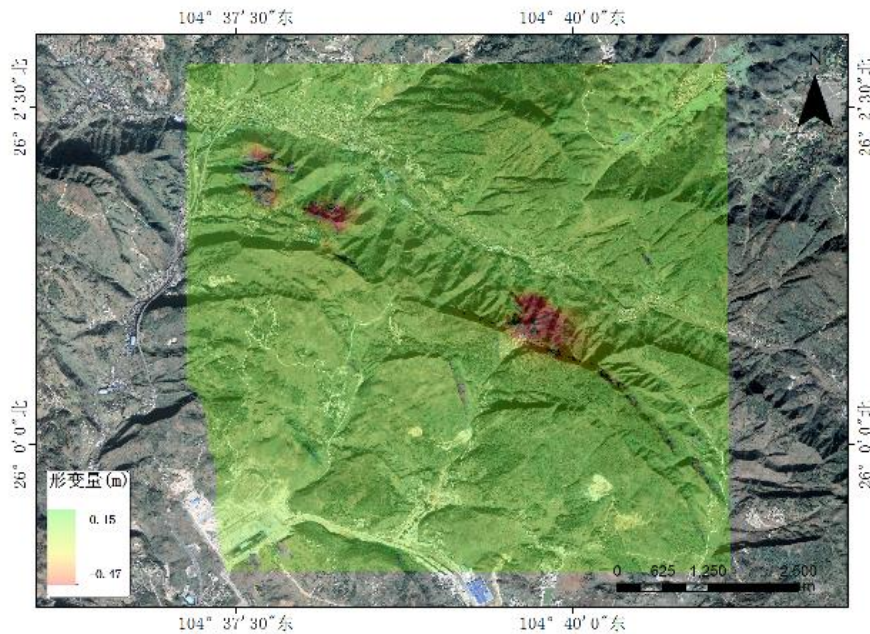
采用基于 Sentinel-1 SAR 数据的 InSAR 技术，对 2016 年 11 月 25 日西昆仑 Mw6.6 地震从两个角度进行了变形观测，结合构造背景的约束，计算得到了厘米级精度的同震三维变形场，并通过与震源机制和地表破裂的对比验证了准确性。InSAR 变形场为该区同震变形和长期构造活动提供了新的认识。



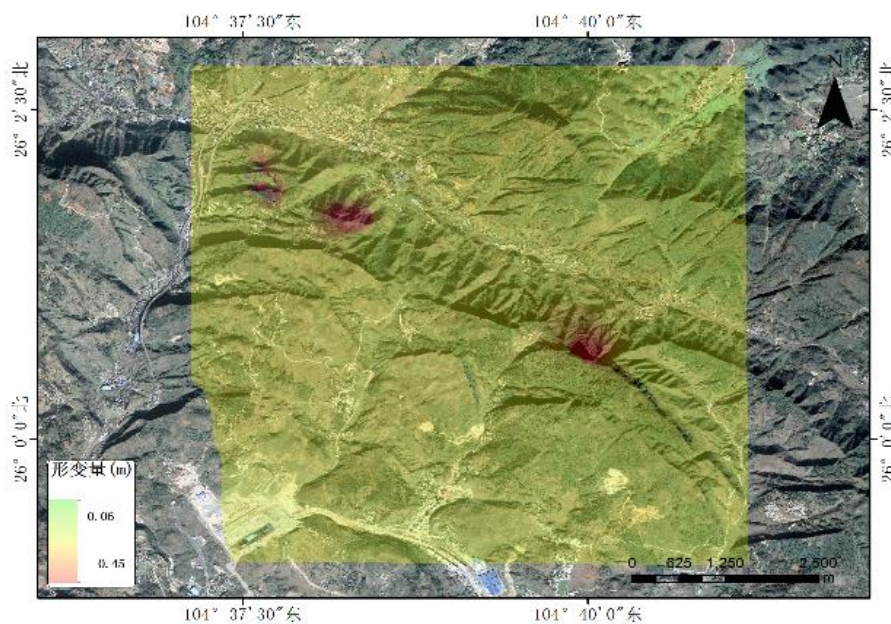
中国地质科学院地质力学研究所-姚鑫

案例 6、滑坡监测

中国测绘科学研究院利用 GAMMA 软件对贵州山区实现了长时间的滑坡监测，及时地为当地相关部门提供形变监测结果，为当地滑坡灾害预报和防治提供了可靠的依据。中国测绘科学研究院主要选用 ALOS PALSAR-2 数据进行数据处理，下图显示了贵州省盘县某地区 2019 年 1 月及 2019 年 3 月的形变结果，对照贵州省隐患点台账，该区域为隐患滑坡点，监测结果显示的是视线向沉降量，1 月最大视线向形变量约为 38cm，3 月最大视线向形变量为 23cm。



贵州盘县某地区 2019 年 1 月监测结果



贵州省盘县某地区 2019 年 3 月监测结果

案例 7、地震形变监测及模拟

利用 InSAR 技术测量与地震有关的量级较大的地面运动已是成熟的技术。过去二十多年间, InSAR 技术在地球物理研究中已作为一种重要的测量手段。应用于板块形变的大地测量的 SAR 卫星不论是质量还是数量上都得到极大提升, 这有助于板块活动过程的观测。中国地震局地壳应力研究所作为 GAMMA 软件的早期用户, 从上世纪 90 年代中期至今, 一直利用 SAR 卫星对大陆地震形变进行空间对地观测, 绘制地表破裂并对断裂深部的滑动分布进行估计。这些研究可以直接将地震和发震断层联系起来, 以方便计算地壳应力如何变化以及如何影响未来地震灾害。

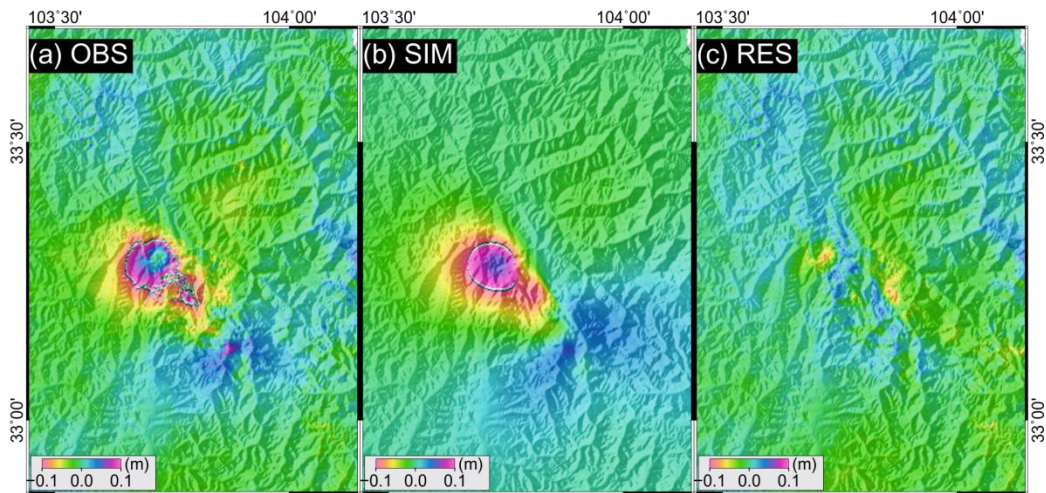


图1.2017年8月8日九寨沟地震InSAR形变监测及模拟
(a)InSAR观测值 ; (b)形变模拟值 ; (c)残差值

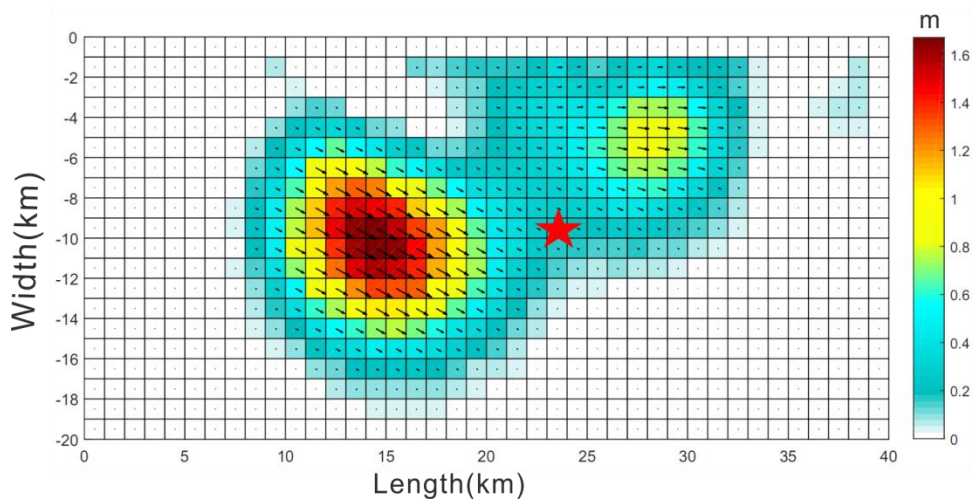
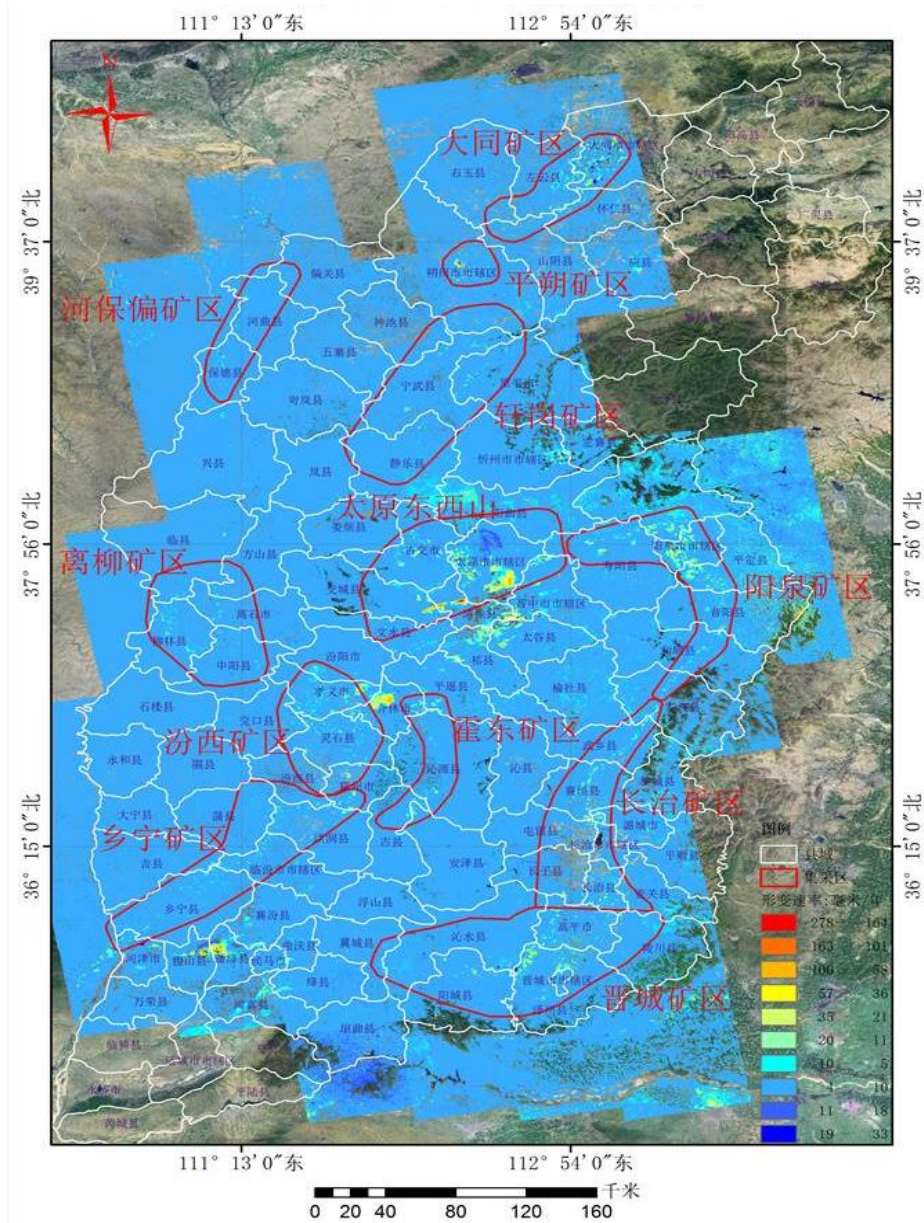


图2.断层滑动分布模拟

中国地震局地壳应力研究所-李永生

案例 8、大范围矿区沉降监测

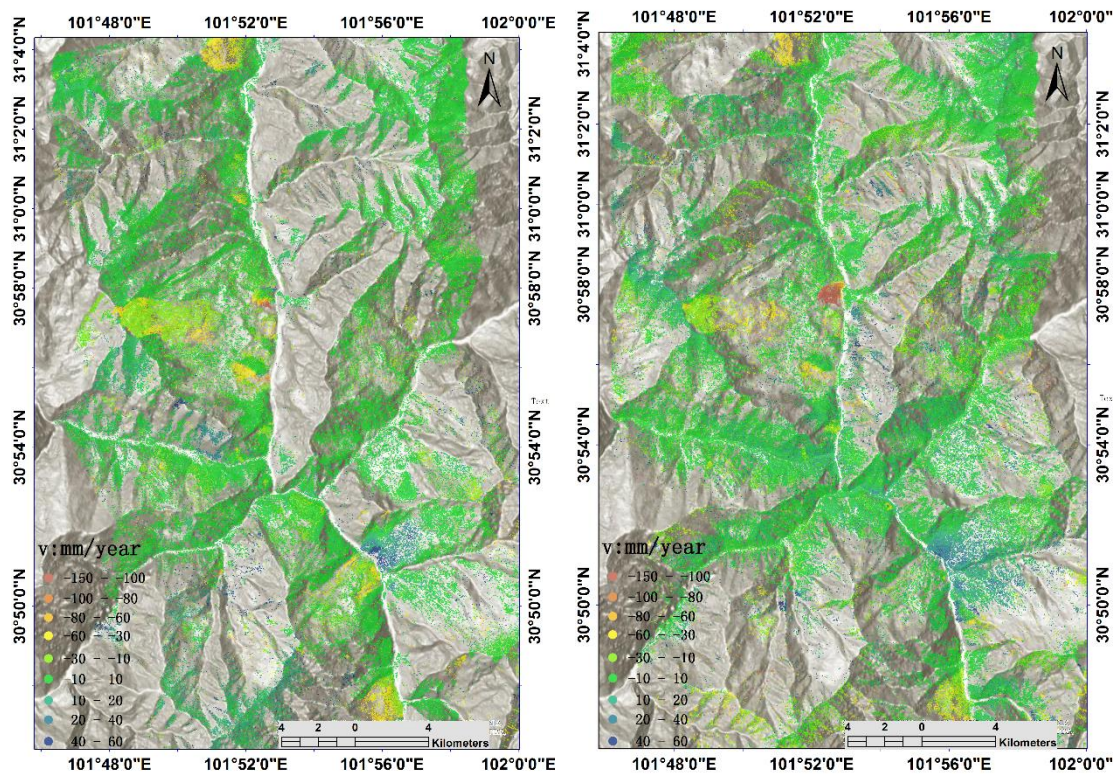
利用 GAMMA 软件 IPTA 模块处理，采用 1034 景 ALOS PALSAR 数据，编制了山西省 12 个煤炭集中开采区的形变速率图，并在其基础上编制了沉陷区分布图，为采煤沉陷区环境地质调查提供了基础数据。



中国地质大学（北京）-杨红磊

案例 9、区域滑坡隐患早期识别与监测

成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室，长期以来致力于山区地质灾害隐患早期识别与监测预警研究。目前，已在研究利用时序 SAR/InSAR 技术进行区域滑坡隐患早期识别与监测方面开展了大量工作。本案例通过结合 GAMMA 软件 IPTA 模块分别处理 ALOS-1 PALSAR (2006-2010) 卫星数据和 Sentinel-1A (2017-2018) 卫星数据进行区域滑坡隐患的排查，下图为上述两种数据源在丹巴地区滑坡的形变监测结果。目前，该结果已通过野外调查复核，并与已有历史变形监测数据吻合，证实了方法的可靠性和鲁棒性。



ALOS-1 PALSAR 数据监测结果

Sentinel-1A 数据监测结果

成都理工大学—蒋亚楠

案例 10、呼伦贝尔市极化 SAR 森林/非森林制图

中国林业科学研究院资源信息研究所研究团队基于 GAMMA 软件和课题组发展的三阶段地形辐射校正方法实现了 64 景高分 3 号极化 SAR 数据的批量化预处理, 然后采用改进的深度学习模型完成了内蒙古呼伦贝尔市区域的森林分布制图。该图是首次利用国产星载极化 SAR 数据制作的可用于森林资源宏观监测的森林资源分布图, 为森林资源调查与区划提供了可靠的依据。

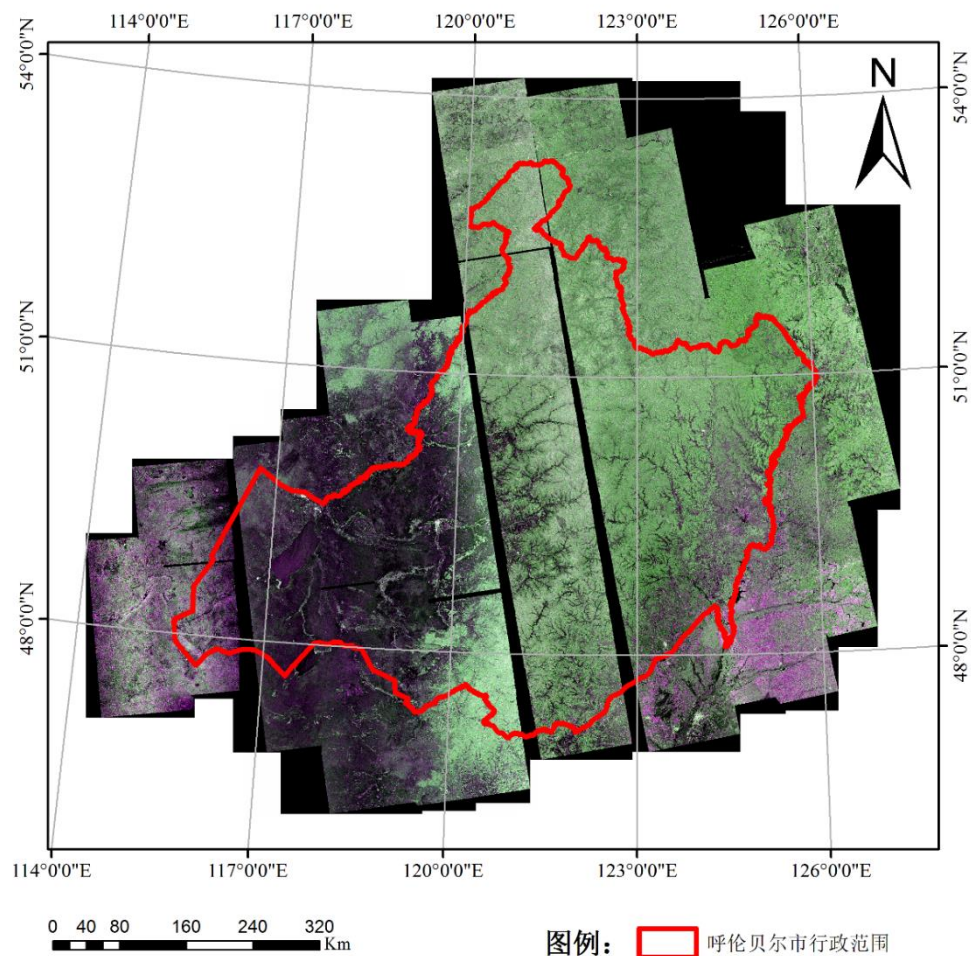


图 1: 呼伦贝尔市范围高分 3 号数据镶嵌结果

呼伦贝尔市森林分布图

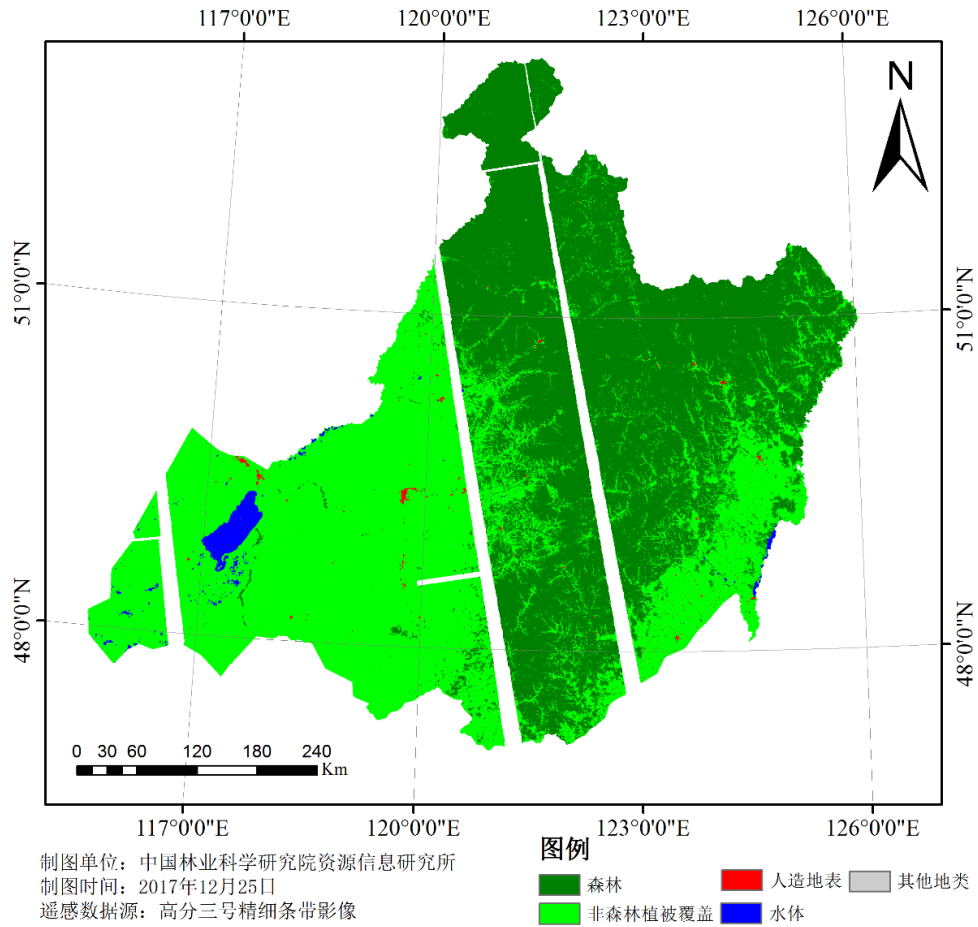


图 2：呼伦贝尔市森林分布制图结果

中国林业科学研究院资源信息研究所-陈尔学、赵磊

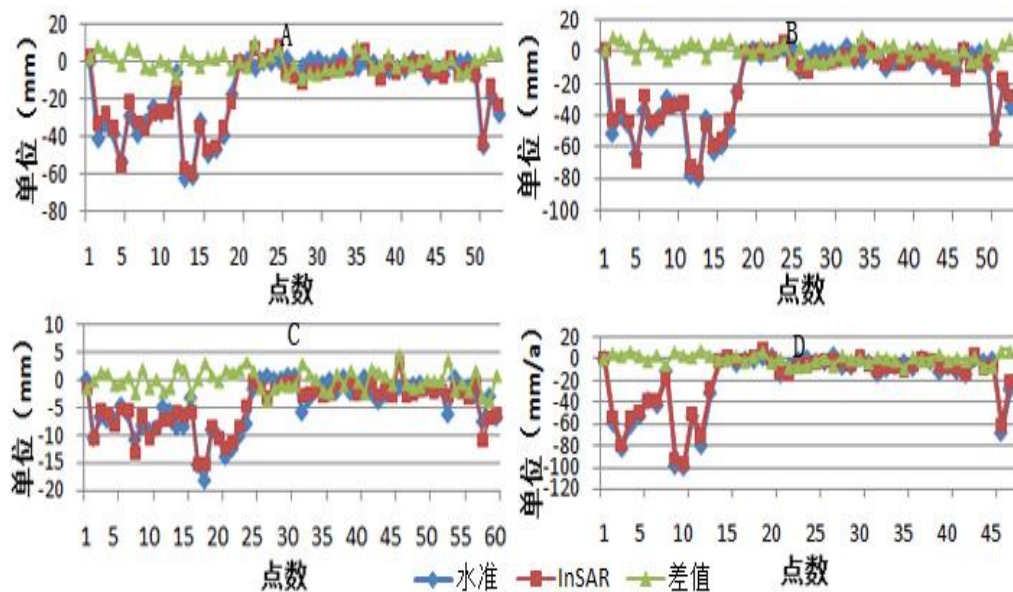
案例 11、InSAR 精度分析与评价

使用 GAMMA 软件处理郑州地区 InSAR 数据，并经过时空基准、参考基准的统一，采用克里金插值法提取了研究区地面沉降水准测量和对应的 InSAR 的监测结果，利用平均中误差和中误差对 InSAR 地面沉降监测精度进行分析与评价。主要结果如下：

(1)、采用克里金插值法的平均误差在 $\pm 1.5-3.8\text{mm}$ 之间，中误差在 $\pm 1.9-4.6\text{mm}$ 之间。评价结果表明 InSAR 地面沉降监测具有较高的测量精度；

(2)、从采样密度上分析，InSAR 监测在市区、城镇等人工建筑物密集的地区，Ps 点的密度能达到 $100-4000$ 个/ km^2 ；从监测周期/频率上分析，目前在轨道 SAR 卫星中 Radarsat-2 重访周期为 24 天，Terrasar-X 为 11 天，Cosmo-Skymed 为 4 天；

(3)、与水准测量相比 InSAR 技术具有较高的垂向测量精度，远高于水准采样密度以及监测周期/频率，因此更容易识别出地面沉降的分布规律以及发展动态变化规律。

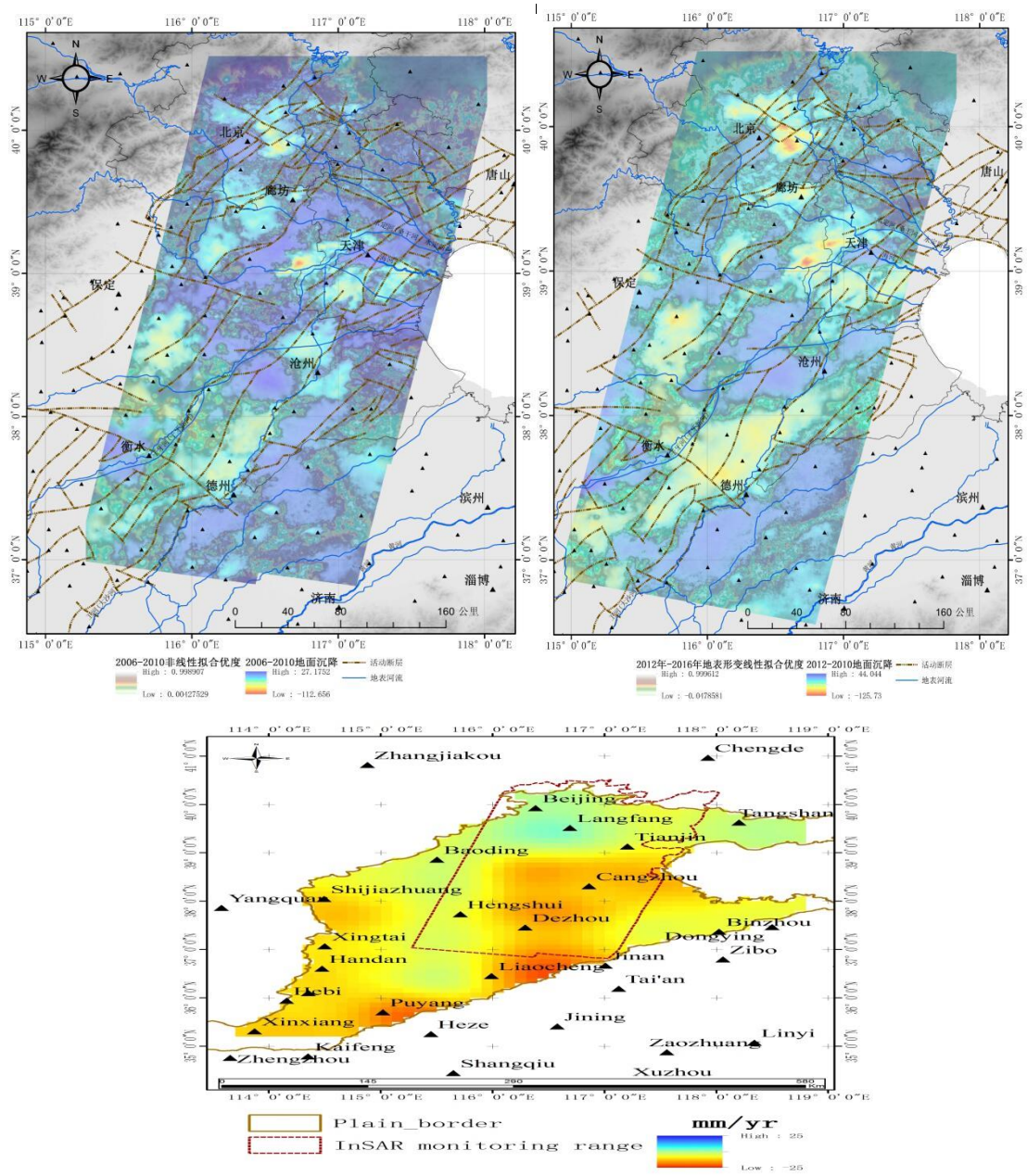


统一参考基准水准、克里金插值 InSAR 测量结果及差值折线图

河南省地矿局测绘地理信息院-汪宝存

案例 12、华北平原地面沉降监测

利用 GAMMA 软件 IPTA 模块处理，基于 357 景 Envisat-ASAR 卫星数据、123 景 RADARSAT-2 卫星数据开展南水北调背景下华北平原地面沉降与地下水储量演化模式研究，并结合 GRACE 卫星数据提取华北平原地下水储量变化场以及地质勘查数据、统计数据，分析华北平原地面沉降的空间分布格局与时空演化特征，区域地质断裂带对地面沉降空间分布格局的影响、地下水储量变化以及跨区域调水工程对地面沉降变化的影响。



首都师范大学-王旭

案例 13、基于 InSAR 和地表覆盖的地表沉降驱动力分析

天津市测绘院有限公司作为天津市地面沉降监测的核心队伍，一直致力于 InSAR 的精细化、工程化应用，并积极利用高分遥感、地理国情等专业数据来辅助分析 InSAR 地面沉降监测成果。

该院在“基于 InSAR 和地表覆盖的地面沉降驱动力分析”项目中，利用 GAMMA 软件开展时序 InSAR 数据处理，获取《天津市城市总体规划（2005-2020 年）》实施前后汉沽实验区的 2008 年、2016 年的地面沉降监测成果。结合同期不同类型的地表覆盖数据、遥感数据、城市总体规划数据进行对比分析，汉沽实验区近些年来在《天津市城市总体规划（2005-2020 年）》指导和国家相关政策的支撑下，产业布局向渔业发展，配套的构筑物 and 房屋建筑增多，对地表水和地下水的开采量不断加剧，从而引发地表沉降的加剧。

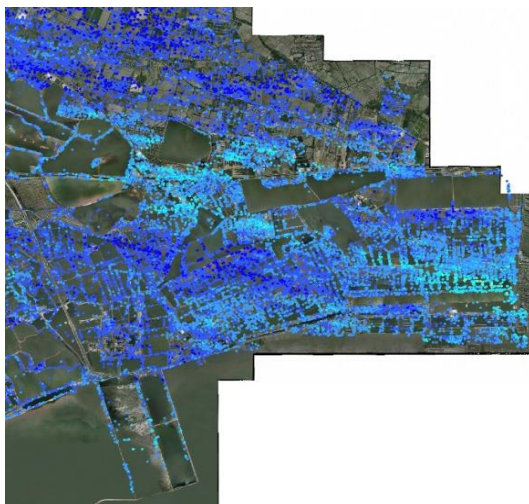


图 1. 2007-2009 研究区沉降图

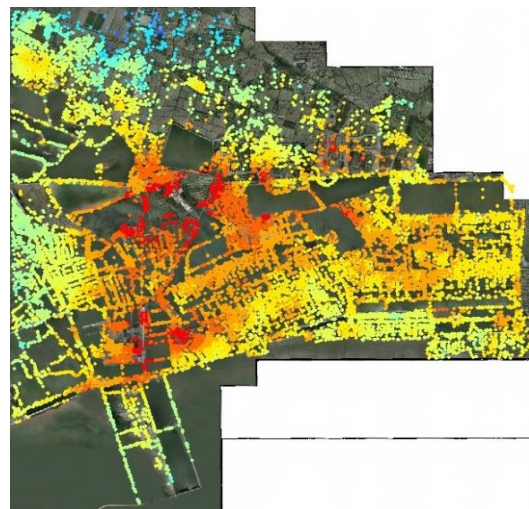


图 2. 2015-2016 汉沽研究区沉降图

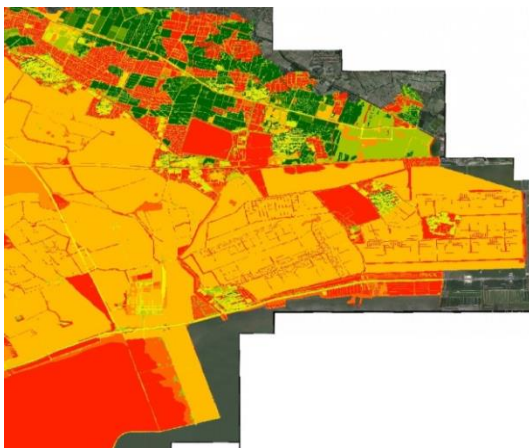


图 3. 同期地表覆盖数据

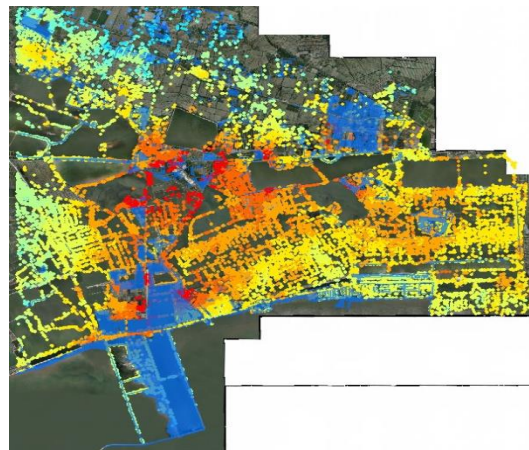


图 4. 水域缩减面积与沉降变化数据叠加

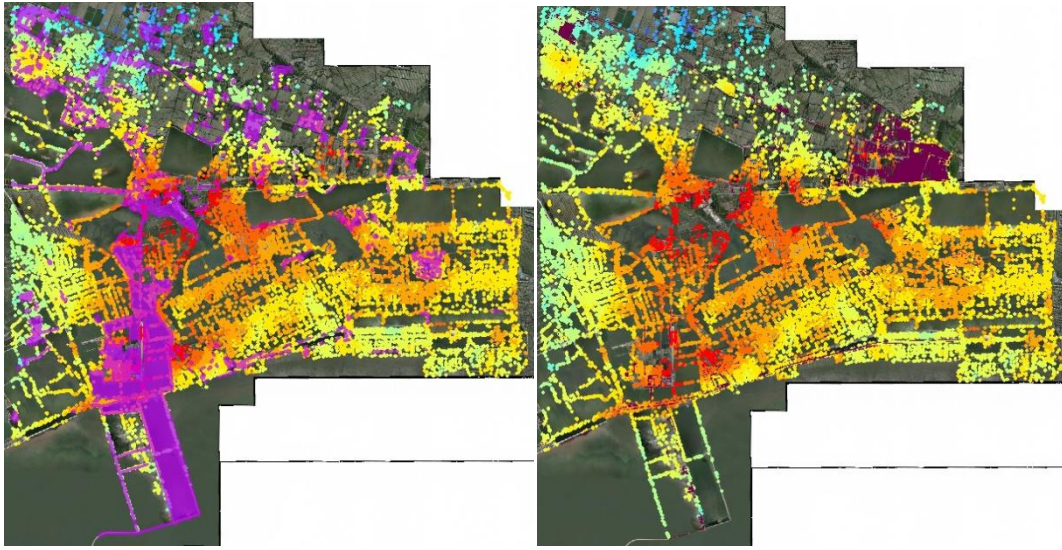
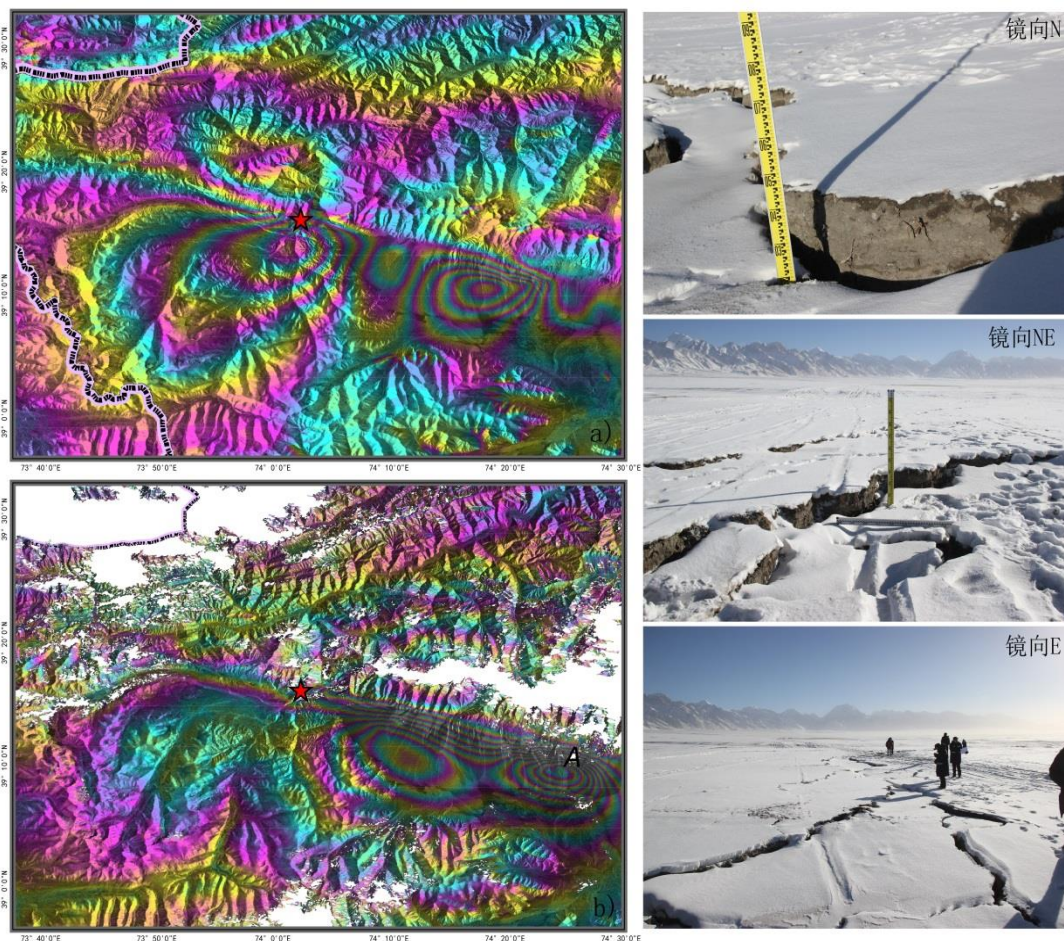


图 5.构筑物扩展数据与沉降变化数据叠加 图 6.草地扩展数据与沉降变化数据叠加

天津市测绘院有限公司

案例 14、新疆阿克陶 6.7 级地震形变场

2016 年 11 月 25 日 22 时 24 分，新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州阿克陶县发生 6.7 级地震（39.27°N，74.04°E），震源深度约 10km。利用欧洲空间局的 Sentinel-1A、Sentinel-1B 卫星获取阿克陶 6.7 级地震同震 SAR 影像，利用 GAMMA 软件采用自适应滤波的方法减少相位噪声，残余轨道信息的趋势条纹采用二项式拟合的方法进行去除。差分干涉相位采用最小费用流法进行相位解缠。InSAR 数据结果表明，阿克陶 6.7 级地震发震断层为北西西走向的木吉断裂。最大视线向（LOS）观测形变量 10.3cm（Sentinel-1A T027）、19.1cm（Sentinel-1B T107）；同时，在断裂南侧有东西两个形变较大的区域，其中东部的条纹密集度相对较高，形变量相对较大。野外考察点 A 表明此处有明显的地表破裂现象。



阿克陶 6.7 级地震 InSAR 形变场及野外考察地表破裂

a) Sentinel-1A 升轨 b) Sentinel-1B 降轨

中国地震局地震预测研究所-冯蔚

5、培训服务

北京地空软件技术有限公司作为瑞士 GAMMA Remote Sensing AG 在中国的唯一代理机构，负责向用户提供完善的技术支持服务。用户可以从 GAMMA 或者北京地空软件技术有限公司得到安装调试、操作培训等技术支持服务。北京地空软件技术有限公司每年均会不定期举办 GAMMA 软件培训班（5-10 次），用户可以根据自己时间跟地点选择参加。





6、部分用户名录 (持续更新)

01	中国科学院地理科学与资源研究所	02	中国测绘科学研究院
03	中国科学院空天信息创新研究院	04	国家测绘地理信息局卫星测绘应用中心
05	中科院寒区旱区环境与工程研究所	06	国家基础地理信息中心
07	中国科学院精密测量科学与技术创 新研究院	08	中国地质调查水文地质环境地质调查中 心
09	北京大学	10	自然资源部第一大地测量队
11	武汉大学	12	中国自然资源航空物探遥感中心
13	同济大学	14	中国地质环境监测院
15	香港理工大学	16	中国地质科学院矿产资源研究所
17	中南大学	18	中国地质科学院地质力学研究所
19	南京大学	20	中国电子科技集团第 14 研究所
21	长安大学	22	中国电子科技集团第 54 研究所
23	中山大学	24	中国林业科学研究院
25	中国地质大学 (北京)	26	中国安全生产科学研究院
27	中国地质大学 (武汉)	28	中国民航科学技术研究院
29	兰州大学	30	中国地震应急搜救中心
31	首都师范大学	32	中国地震局地震预测研究所
33	北京航空航天大学	34	中国地震局地质研究所
35	兰州交通大学	36	中国地震局第二监测中心
37	杭州电子科技大学	38	中国城市规划设计研究院
39	中国矿业大学 (徐州)	40	中国石油勘探开发研究院
41	河海大学	42	中国电力科学研究院有限公司
43	河南理工大学	44	中国煤炭地质总局航测遥感局
45	青海大学	46	中石化石油工程设计有限公司
47	西安科技大学	48	中国地质调查局西安地质调查中心
49	成都理工大学	50	中国地质调查局沈阳地质调查中心
51	西南交通大学	52	中国地质调查局成都地质调查中心

53	苏州科技大学	54	中煤科工生态环境科技有限公司
55	山东科技大学	56	国家自然灾害防治研究院
57	杭州师范大学	58	总参测绘局西安测绘研究所
59	华北水利水电大学	60	核工业航测遥感中心
61	战略支援部队信息工程大学	62	核工业北京地质研究院
63	东北林业大学	64	自然资源陕西省卫星应用技术中心
65	深圳大学	66	北京市地质研究所
67	华东师范大学	68	浙江省第二测绘院
69	北京建筑大学	70	山西省煤炭地质物探测绘院
71	吉林大学	72	辽宁省基础测绘院
73	山东交通学院	74	广西壮族自治区自然资源遥感院
75	东华理工大学	76	四川省地质调查院
77	西北大学	78	湖南省国土规划院
79	长沙理工大学	80	湖北省地质环境总站
81	湖南科技大学	82	广东省电力设计研究院
83	上海海洋大学	84	河南省地矿局测绘地理信息院
85	云南大学	86	甘肃省地质环境监测院
87	贵州大学	88	江苏省测绘工程院
89	太原理工大学	90	成都市地质环境监测站
91	重庆交通大学	92	天津市地质事务中心
93	山东建筑大学	94	武汉市测绘研究院
95	中国石油大学（华东）	96	北京市地震局
97	内蒙古工业大学	98	武汉市地震局
99	应急管理大学	100	北京市测绘设计研究院
101	滇西应用技术学院	102	云南省地质环境监测院
103	华北地质勘查局职工大学	104	西安市勘察测绘院
105	齐鲁空天信息研究院	106	中铁二院工程集团有限责任公司
107	广州海洋地质调查局	108	长江三峡技术经济发展有限公司

109	重庆市地理信息中心	110	天津市测绘院有限公司
111	西安市地质环境监测站	112	广东省国土资源测绘院
113	浙江省交通运输科学研究院	114	浙江省测绘科学研究院
115	香港机场管理局	116	宁波市测绘设计研究院
117	四川省地质矿产勘查开发局区域地质调查队		
118	二十一世纪空间技术应用股份有限公司		
119	南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）		
120	四川省国土空间生态修复与地质灾害防治研究院		

此名单持续更新，序号并非购买时间先后顺序。

7、关于 GAMMA

瑞士 GAMMA 公司（GAMMA Remote Sensing AG）是由 Dr. Urs Wegmuller 和 Dr. Charles Werner 于 1995 年联合成立的专门从事微波遥感领域前沿研究并提供专业服务的国际知名公司。GAMMA 的专长涵盖微波遥感领域多方面，包括信号处理、微波特征解释、算法开发和建模，此外也设计和开发先进的微波遥感仪器，为科学和工业领域的创新提供支持。



Dr. Urs Wegmüller

瑞士苏黎世大学客座教授、美国 NASA 喷气推进实验室（JPL）科学家、中欧“龙计划”科技合作欧方主要技术专家之一、GAMMA 公司创始人兼负责人

1995 年-至今：与 Charles 博士一起于 1995 年 1 月创办了 GAMMA 公司，主要对主动和被动微波遥感数据处理进行研究；

1992 年-1995 年：苏黎世大学遥感实验室教授，负责与 JRC 和 ESA-ESTEC 联系，提出关于干涉 SAR 的应用和算法；

1991 年-1992 年：加利福尼亚州美国国家航空航天局喷气推进实验室（JPL）工作；

1984 年-1991 年：瑞士伯尔尼大学应用物理学院，从事微波遥感研究。



Dr. Charles Werner

瑞士苏黎世大学客座教授、美国 NASA 喷气推进实验室（JPL）科学家、GAMMA 公司联合创始人兼技术负责人。

Charles Werner 博士于宾夕法尼亚大学攻读学位期间，研发了一个全极化三维微波全息成像仪（频率范围 2-18GHz）。后来进入美国喷气推进实验室（JPL）从事机载和星载 SAR 数据处理和应用方面研究工作近 17 年，包括 SAR 影像聚焦算法、斑点噪声滤波、散射分类、极化特征提取、运动目标检测以及极化 SAR 数据的绝对定标和相对定标。

他曾主持 NASA 卡西尼号（cassini）雷达卫星的系统设计和系统分析，该卫星是一颗包含 SAR 传感器、测高仪、散射仪以及辐射仪的多模雷达卫星，其用于测量土星的最大绕行卫星—泰坦。目前，该雷达卫星拍摄的影像显示，泰坦卫星上极大可能存在湖泊、河流、山脉以及冰床。

在苏黎世大学工作期间（1992-1995），他开发了一个端对端干涉 SAR 处理系统，可以处理包括 Dornier DOSAR 机载系统和 ERS 卫星等机载和星载 SAR 数据。他一直对干涉 SAR 相位解缠算法开展研究，并且他曾负责 SRTM 地形测量系统（TPS）和 P 波段以及 X 波段 GeoSAR 机载 SAR 数据处理系统的解缠算法研发工作。



Dr. Othmar Frey

Othmar 博士的主要经验在于创新型二维和三维合成孔径雷达（层析 SAR）成像技术以及干涉测量技术的研究、开发和应用，这些技术应用于三维森林测绘、地面形变监测（永久散射体干涉测量/差分层析成像）以及积雪结构剖面分析等，并使用各种雷达传感器和平台（星载、机载和地面 SAR 传感器）。在 GAMMA 公司，Othmar 博士积极参与了多个国家和国际研究项目，担任项目负责人和合作研究员，并提供与 SAR 成像、干涉测量和层析 SAR 应用相关的咨询服务。他还积极参与 GAMMA 软件的开发。除了在 GAMMA 公司任职外，他还是苏黎世联邦理工学院地球观测与遥感专业的高级研究员。