

# 全球遥感实时监测与定点更新云平台设计与实现

钟若飞<sup>1,2</sup>, 李清扬<sup>1,2</sup>, 周春平<sup>3</sup>, 李小娟<sup>1,2</sup>, 杨灿坤<sup>1,2</sup>, 张思<sup>1,2</sup>,  
赵可<sup>1,2</sup>, 杜雨<sup>1,2</sup>

1. 首都师范大学 资源环境与旅游学院, 北京 100048;

2. 首都师范大学 三维信息获取与应用教育部重点实验室, 北京 100048;

3. 北京遥感信息研究所, 北京 100048

**摘要:** 卫星遥感是人类观测地球的主要途径, 随着遥感技术商业化, 全球商业遥感卫星数量快速增长, 涌现出许多高分辨率遥感卫星和全球遥感星座, 使用卫星对地球进行更全面、更精确、更实时的监测成为可能, 但目前卫星遥感数据获取存在重复、盲目、不及时, 与用户需求脱节、大量数据闲置等一系列问题, 缺乏一个有效的平台和应用模式, 搭建卫星数据提供商和用户之间的桥梁。本文基于只需对变化信息进行定向监测和更新即可实现对地表实时监测这一前提出发, 提出了一套卫星遥感和互联网结合的地球实时变化监测在线服务云平台, 平台通过以用户感兴趣区域的自动变化检测技术为核心, 汇聚用户对地表变化信息的需求, 形成更高清的卫星拍摄条件, 按轨道预测模型优先向最邻近拍摄点的卫星数据服务商快速推送卫星拍摄指令, 实现定点定向数据更新, 以保证用户随时可以查看感兴趣区域的地表最新影像。其核心思想主要是基于互联网在线抓取技术、云平台的自动变化检测技术与卫星在轨处理实时感知技术来分析、挖掘、提取地理实体变化情报, 通过实时推送卫星拍摄指令来实现基于变化信息的定向、定点地理实体数据的采集和更新, 保持对感兴趣区域的实时监测服务。本文阐述了云平台建设过程中的实现方法, 构建了云平台的基本原型并对其进行验证, 讨论了云平台中新的总体架构设计思想和应用领域等问题, 展示了该平台对目前商业遥感服务中存在的被动性、单一性、延迟性、重复性等问题的解决方案, 提供了一种以传统数据查询订购的云平台向基于变化信息实时监测与定点更新服务云平台跨越的设计思路。

**关键词:** 遥感, 星地协同, 变化检测, 星上处理, 云平台, 定点更新

**引用格式:** 钟若飞, 李清扬, 周春平, 李小娟, 杨灿坤, 张思, 赵可, 杜雨. 2022. 全球遥感实时监测与定点更新云平台设计与实现. 遥感学报, 26(2): 324-334

Zhong R F, Li Q Y, Zhou C P, Li X J, Yang C K, Zhang S, Zhao K and Du Y. 2022. Design and implementation of global remote sensing real-time monitoring and fixed-point update cloud platform. National Remote Sensing Bulletin, 26(2): 324-334[DOI:10.11834/jrs.20211326]

## 1 引言

卫星遥感的发展和应用由来已久。然而相比互联网的发展来说, 卫星遥感的市场却依然狭窄。互联网的出现, 改变了很多传统行业, 遥感领域的很多专家学者也在一直在探讨如何利用互联网来给卫星遥感产业赋能, 实现以互联网为主的新一代信息化技术与卫星遥感的深度融合。李德仁院士(2016, 2017)多次提出“互联网+”天基信息服务系统、“对地观测脑”, 强调要实现地球空

间全天时、全天候、全地域服务于每个人的目标, 需要构建与地面网络深度耦合的“互联网+”天基信息服务体系。任伏虎和王晋年(2012)提出基于互联网遥感平台的4种基本服务模式, 遥感数据即服务 RSDaaS、遥感基础设施即服务 RSIaaS、遥感平台即服务 RSPaaS 和遥感软件即服务 RSSaaS。Google公司利用谷歌强大的计算能力, 开发出对海量地球科学数据集提供行星尺度的地理空间分析和可视化云计算平台 GEE (Google Earth Engine) (Gorelick等, 2017)。中国四维测绘技术有限公司

收稿日期: 2021-05-18; 预印本: 2021-08-20

基金项目: 国家自然科学基金(编号:42071444);北京成像理论与技术高精尖创新中心专项

第一作者简介: 钟若飞, 1975年生, 男, 教授, 研究方向为遥感影像预处理, 无控制移动测量。E-mail: zrfsss@163.com

联手箩筐技术公司、华为云打造出新一代智能遥感云平台“四维地球”，可在线提供卫星数据与数据处理服务。航天宏图研制的PIE-Cloud遥感云平台（刘东升，2020）定位类似GEE，也可在线提供多源遥感卫星影像数据服务、遥感数据生产处理服务、遥感智能解译分析服务以及面向行业的SaaS应用服务。中国航天科工集团2019年推出了“卫星即服务”新模式的航天星云天基网络地面服务平台，可以实现云端的卫星测运控服务、卫星融合通信服务、卫星高精度位置服务以及卫星快速遥感服务。这些“互联网+”的创新模式和产品充分利用了互联网海量数据资源与交互式大数据计算服务能力，简化了传统遥感平台数据下载、分发及处理模式，极大提高了遥感数据运算效率，降低了遥感数据应用的准入门槛。但这些创新只改善了传统遥感应用的模式，提高了卫星影像应用效率，本质上并没有改变传统遥感面向的用户群体和用户需求，相比卫星通信和卫星导航，卫星遥感还远远达不到全天时、全天候、全地域服务于每个人的目标，用户需求还主要是面向国家和行业部门，遥感数据获取仍存在重复、盲目、不及时、与用户脱节、大量数据闲置等一系列问题。然而随着卫星成本的降低、星座的增多以及遥感技术的不断成熟使得商业遥感卫星数量快速增长，卫星遥感的需求由专业用户向大众用户过渡是一种必然。其内在驱动力是多方面的，首先随着卫星商业化程度的不断发展，卫星成本越来越低，标准化、轻量化、智能化元器件的出现，使得商业卫星具有研发周期短、发射准备时间短、运营成本低的优势，另外商业卫星具有快速组网、补网和灵活调度的能力，使得大众对卫星的可支配程度不断加强，卫星遥感正在从行业应用走向大众应用；其次随着全球环境变化与经济一体化进程加速，地球正在以前所未有的速度和强度变化，如城镇化问题、日益突出的环境、资源和气候问题，以及时常发生的恶性突发事件，迫切需要发展全球高时空分辨率、高精度变化监测的能力；最后，遥感数据和处理平台的开放化开启了遥感大规模的行业应用，如Sentinel数据、Landsat数据、国内高分系列卫星等数据的开放使得对全球遥感自动动态监测和更新成为可能，遥感外延性不断扩大。

互联网思维塑造下的卫星产业越来越注重用

户体验，在遥感卫星空间分辨率越来越高的情况下，用户越来越关注实时化的遥感技术服务，除了看得准，还希望看得及时，如何提高时间分辨率，实现面向实时应用的遥感服务，是目前主流趋势。时间分辨率的提高，可以通过构建遥感卫星星座来实现，但这需要耗费巨大的成本，也需要经历一定的建设周期。如何在现有有限的卫星资源情况下最大化满足用户实时化的观测需求，是目前商业化卫星服务需要解决的核心问题。在遥感卫星星座日益增加，遥感数据急剧膨胀的情况下，本文提出基于已有影像数据进行增量更新来实现对全球地表进行实时监测的研究思路。地表观测数据可分为地表变化信息和地表不变信息，通过对变化信息保持定向的监测和更新即可实现对地球的实时观测，甚至对变化的信息，只需优先考虑监测用户感兴趣的区域和信息，相当于将有限的遥感卫星拍摄资源用在最有价值的区域，在一定程度上提高了卫星数据获取的时效性。本文提出并实现了3种典型的变化信息检测技术，分别是基于互联网在线抓取技术、卫星在轨处理实时感知技术、云平台的自动变化检测技术，通过这3种手段来分析、挖掘、提取地理实体变化情报，并对变化区域进行定点采集及定向更新，从而达到对地球实时监测的目的。卫星数据在能达到一定的更新频率情况下，可以衍生出更多新需求，这些需求有助于提高卫星遥感数据的利用价值。

综上，本文瞄准全球实时监测需求，基于对地表变化信息进行定向监测和更新的前提出发，以互联网在线抓取技术、星上实时处理和地面云平台变化检测技术为手段，以星地资源协同观测为路径，构建定点定向更新的地球实时变化监测遥感应用云平台。

## 2 云平台实现方法和原理

针对目前遥感卫星平台服务中存在的“数据难下传、处理难及时、服务难持续、功能难汇聚”的问题，本文提出了“汇聚用户需求，形成卫星拍摄条件，推送拍摄指令，实现定点定向数据更新”的研究思路构建知识驱动的信息共享平台，如图1所示，根据用户需求或实时新闻中的地理位置（如自然灾害）获取感兴趣区域作为卫星重点观测区域，根据轨道预测模型和观测要求设计卫

星多星协同观测方案, 确定最优拍摄卫星并快速推送给卫星数据提供商, 通过地面云平台自动变化检测技术和星上在轨智能处理技术及时获取变化信息, 最后在云平台上进行地理实体变化数据的融合、更新和推送, 建立了“任务规划—数据获取—变化检测—数据融合—云平台推送”一体化的星地协同全链路, 完成基于变化信息的定向、

定点地理实体数据的采集和更新。具体实现方法主要包括基于单/多传感器轨道预报与规划的任务规划方法、3种变化检测方法(基于互联网的在线变化信息抓取方法、基于云平台的自动变化检测方法、基于星上智能处理的实时变化感知方法)及多源异构数据融合与底图更新方法。

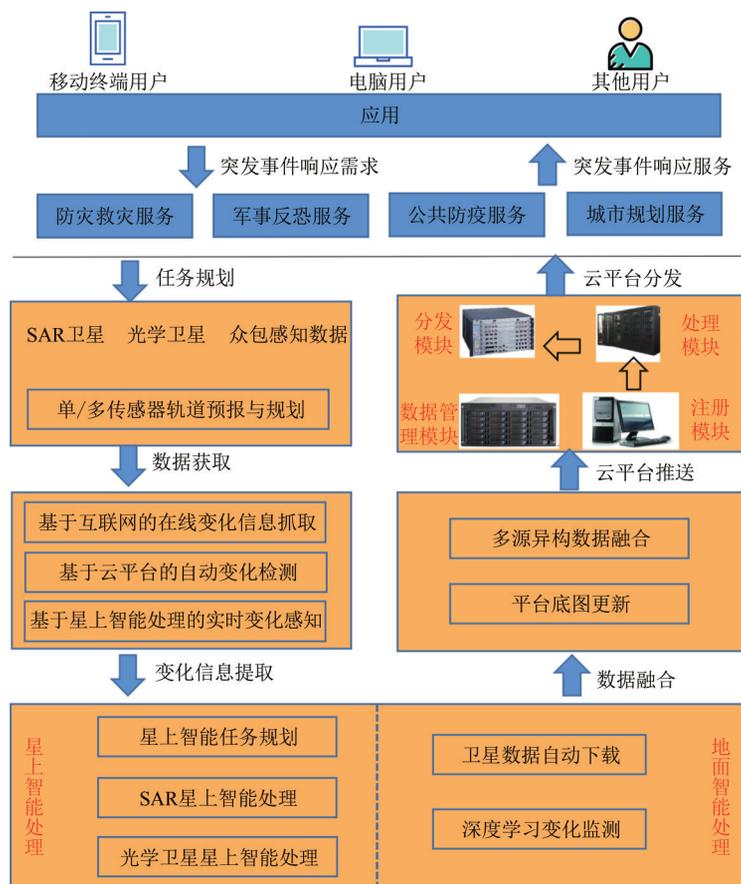


图1 云平台实现路线

Fig. 1 The technical route of the cloud platform

## 2.1 单/多传感器轨道预报与规划方法

单/多传感器轨道预报与规划方法是云平台的基础, 通过统筹云平台可利用的在轨卫星, 获取最佳拍摄卫星以满足用户需求。聚焦用户高时效性卫星拍摄需求, 根据范围、时间、分辨率等卫星拍摄条件设计卫星轨道模拟与预报方法来获取卫星优先级排序, 通过平台与卫星交互以快速向卫星服务商推送拍摄指令, 构建多时空分辨率联合、高中低轨卫星组网的卫星规划和预测体系, 减少了卫星观测的盲目性, 获取时间和空间的最优化观测。

(1) 卫星轨道预报和排序方法。平台定期下载卫星两行轨道根数TLE (Two-Line Element), 结合简化常规摄动模型(SGP4)进行未来一定时间内的轨道预报, 计算卫星的实时位置和速度(刁宁辉等, 2012), 结合卫星幅宽、侧摆角等参数确定卫星在规定时间的星下点范围, 通过与设定的感兴趣区范围进行交集计算, 获取不同卫星与感兴趣区域的重叠面积、相交时间等信息实现最优拍摄卫星排序。

(2) 事件驱动的多星任务联合规划方法。基于卫星轨道预报和排序方法确定卫星序列, 利用任务优先级排序和时空约束的协同观测方法进行

多星任务联合规划,综合考虑拍摄等级、拍摄时间和区域要求、空间分辨率、重访周期、成像模式、过境时间、星上存储容量、时间窗口、侧摆能力与气象条件等信息,确定不同卫星资源和时间窗口,按照时间序列确定多星联合规划策略,实现时空最优化观测。

## 2.2 基于互联网的在线变化信息抓取方法

基于互联网的在线抓取方法进行地物的变化检测是云平台面对应急救援等热点事件快速响应的保障。互联网新闻中所包含的众源地理大数据作为云平台信息的来源和遥感卫星影像数据的补充,能够快速获取区域变化情况。地震、火灾、洪水、火山爆发、山崩、泥石流等重大突发自然灾害一般都意味着地表的巨大变化,对该类事件的新闻报道通常都含有地理空间位置信息,采用基于互联网在线抓取方法,可以通过网页爬虫或开放数据接口获取相关新闻报道的地理位置信息,并将该区域作为云平台的感兴趣区域进行后续更高分辨率卫星的拍摄,以实现互联网突发事件卫星遥感信息的快速获取和持续监测。综合众源数据中的时间信息实现时间聚类,在此基础上进行数据预处理,通过机器学习和分词技术删除与监测信息无关的数据,实现数据降噪,对于地理位置不准确的数据,通过标签匹配等方法纠正并提取地理实体信息,并将信息实时推送至云平台,通过与云平台地图进行坐标偏差纠正和经纬度匹配,实现定向、定点变化监测地理实体数据的实时接入、动态更新、动态展示。

## 2.3 基于云平台的自动变化检测方法

地面卫星数据周期自动下载和变化检测方法是云平台的核心,通过自动下载感兴趣区域开源卫星影像数据并进行周期性变化检测,为用户提供感兴趣区域的定期检测结果。平台运用数据交互技术和网络数据传输技术构建光学和SAR卫星遥感影像全自动定期下载与处理系统,如哨兵光学和SAR数据、Landsat数据等,根据卫星数据提供的下载方式与设定的数据范围、时间要求等信息实现对遥感数据的自动下载和辐射/几何校正等处理。利用自动下载并高精度配准(Wu等,2021)的前后两幅影像进行高时效的深度学习变化检测,本文提出了基于差分增强密集注意力卷积神经网络

的光学遥感影像变化检测方法(DDCNN)(Peng等,2021)和基于超像素分割方法的深度学习SAR影像变化检测方法,并采用传统方法对光学和SAR影像分别进行变化检测,通过对不同检测结果进行决策级的融合,确定强烈变化(变化同时出现在4种检测结果上),明显变化(变化同时出现在3种检测结果上),可能变化(变化只出现在1—2种检测结果上)和不变化,最大程度降低漏检率,抑制虚检率,实现对用户感兴趣区域的持续变化监测。

在光学卫星影像变化检测中,使用本文提出的端到端的差分增强密集注意力卷积网络来检测双时相光学遥感图像的变化,为了模拟高层次和低层次特征之间的内在关联,采用一种由多个上采样注意力单元组成的密集注意力方法,上采样注意力单元同时采用上采样空间注意力和上采样通道注意力,上采样注意力单元可以利用类别信息丰富的高层特征来指导低层特征的选择,同时利用空间上下文信息来捕捉地物变化的特征。此外,DDCNN还注重双时相图像的差异特征包含的信息,通过引入差分单元,对每个像素进行加权,并对特征进行选择性的聚合。密集注意力和差分单元的结合提高了网络提取变化特征的有效性和准确性。该模型在各类实验和数据集中结果表现优于同类方法,在F1 score和IoU两个指标上中分别超过94%和90%,在OA指标中超过98%,并在建筑物的变化检测上具有较好的表现。

在SAR卫星变化检测中,由于SAR影像斑点噪声过多且影像一般较大,本文采用基于超像素分割的快速检测方法,主要包括3个部分:用于生成时间变化图像的度量方法、用于生成超像素的改进的线性迭代聚类算法(SLIC)、以及用于特征提取的堆叠压缩自编码器(sCAE)网络,以得到最终的变化检测结果。

## 2.4 基于星上智能处理的实时变化感知方法

考虑到传统卫星遥感应应用模式复杂繁长与海量数据下传导致星地传输链路压力巨大的问题,无法满足全球监测实时性、高效性的工作需求,基于此,本文设计了基于星地协同在轨实时处理与人工智能硬件加速装置,使其可在不需要地面干预的情况下,成为即时感应的智能前端,团队将该方法应用于“海丝一号”SAR卫星星上处理,

希望通过卫星在轨智能处理模块与地面云平台通讯, 实现需求的快速上注和感兴趣区域变化信息的及时获取 (Xu 等, 2021)。本文围绕星上任务规划、数据获取、数据处理等内容进行算法优化和硬件加速, 具体包括星上智能任务规划、基于星地协同的SAR辐射定标和基于全球DEM的分块几何校正、光学影像在轨相对辐射校正 (Li 等, 2019) 和几何校正、线性自适应滤波特征图像匹配 (Wu 等, 2021) 及星上目标智能检测及星上感兴趣区域实时变化检测, 实验结果表明该方法将数据处理量从GB级减少至KB级, 时间效率从小

时级提升至分钟级, 实现从“事后处理分发”向“在轨处理实时传输”的跨越。图2所示为任务驱动的智能遥感卫星星地协同智能处理概念图, 聚焦于全球实时监测任务, 平台根据用户确定的感兴趣区范围, 通过星地通讯上注给卫星, 卫星接收指令后借助星地资源协同进行全天时、全天候、近实时的星上实时智能处理, 包括高精度几何定位服务和变化检测信息提取等, 通过天地通信网络的互联互通, 将获取处理卫星变化信息及影像及时推送给平台, 实现对感兴趣区域的实时监测服务。

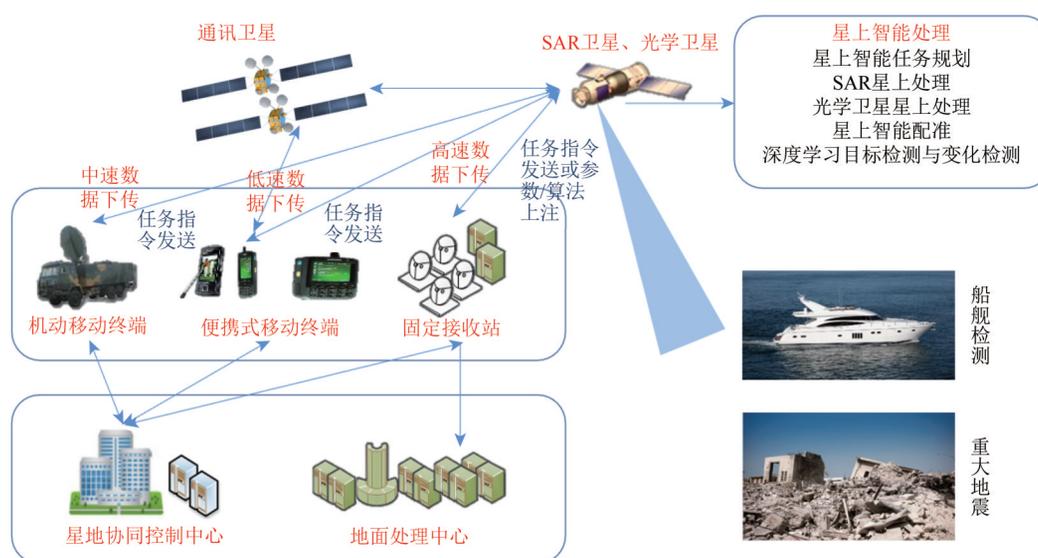


图2 任务驱动的智能遥感卫星星地协同智能处理概念图

Fig. 2 Conceptual map of satellite-ground collaborative intelligent processing for mission-driven intelligent remote sensing satellite

## 2.5 多源异构数据融合与底图更新方法

多源异构数据融合与底图更新是本文设计的云平台的特色之一, 区别于其他遥感影像云平台, 本平台为减少数据量, 降低影像海量管理的成本, 始终在用户前端只展示一幅用户感兴趣区域当前最新的影像, 其基本思路为首先利用当前的多源影像数据进行融合, 得到一幅无云的光学影像作为底图, 然后不断对该底图感兴趣区域的变化信息进行更新。考虑到目前使用的光学影像存在多云问题, 采用基于Fmask的云检测方法确定云和云阴影等无效像元位置, 检测精度在95%以上, 在此基础上采用多时相聚合的云像元重构方法, 对云像元和云阴影像元分别采取多时相迭代聚合和多时相加权聚合进行像元重构, 恢复影像无效像元, 最后采用改进直方图匹配法对影像和平台高

分辨率底图进行匀色, 并通过影像四角点经纬度确定位置与底图数据进行融合, 实现底图的实时更新和展示 (刘慧倩, 2021)。

## 3 云平台原型架构与验证

根据本文提出的方法对全球遥感实时监测与定点更新服务云平台进行总体架构设计, 并对设计好的平台原型进行验证。

### 3.1 平台总体架构

全球遥感实时监测与定点更新服务云平台主要由基础设施层、数据层、管理层、服务层和应用层组成, 总体架构如图3所示。

(1) 应用层: 应用层包括“数据获取和处理服务、数据挖掘和分析服务、变化检测服务”3个云支撑服务, 为国家和地方防灾救灾、军事反恐、

城市规划、公共防疫、国土资源、林业农业等部门及公众提供遥感数据、信息、软件与计算的一

站式服务，为遥感全球动态监测提供技术支撑和决策依据。

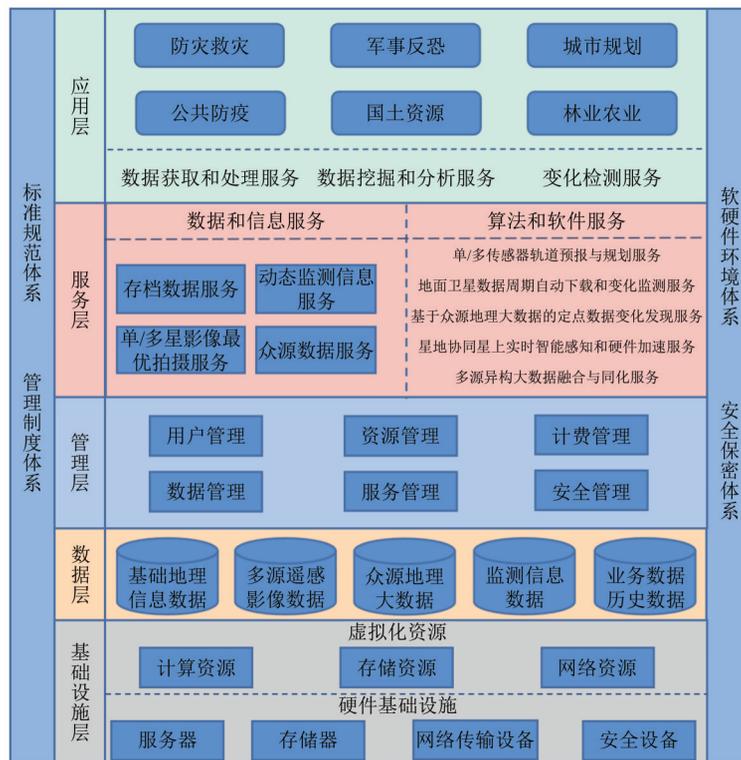


图3 云平台总体架构

Fig. 3 The architecture of the cloud platform

(2) 服务层：服务层主要包括数据信息服务及算法和软件服务两类。

1) 数据信息服务：平台为用户提供卫星影像存档数据查询订购服务、单/多星卫星影像最优拍摄服务、众源地理信息监测服务与区域动态监测信息服务。

存档数据查询订购服务支持用户设置分辨率、区域范围、采集时间、传感器类型等参数对历史数据进行查询，在线进行数据浏览、购买和下载。

单/多星影像最优拍摄服务是根据用户高时效拍摄需求提供最快的卫星响应数据，通过编程计算最优卫星覆盖并对目标区域进行拍摄，通过设置成像位置、成像时间、成像模式、云量要求、侧摆要求和处理级别等定制未来一段时间内的遥感卫星数据。

众源地理信息监测服务依靠数据爬虫、数据挖掘等技术获取社交媒体众源数据，包括自然灾害或城市违建等感知大数据，通过设置感兴趣区域范围和时间进行自动监测和更新。

区域动态监测信息服务根据用户设置的感兴

趣范围和时间提供智能高动态变化监测服务。

2) 算法和软件服务：提供单/多传感器规划与预测服务、基于众源地理大数据的定点数据更新服务、地面卫星数据周期自动下载和变化检测服务、星地协同星上实时智能感知和硬件加速服务与多源异构数据融合与底图更新服务。

(3) 管理层：主要面向平台管理人员，包括用户管理、资源管理、计费管理、数据管理、服务管理、安全管理6种。

(4) 数据层：汇聚基础地理信息数据、多源遥感影像数据、众源地理大数据、动态监测数据、历史数据、业务数据等为全球遥感实时监测与定点更新云平台提供数据支持。

(5) 基础设施层：是系统的基础和集成资源，通过虚拟化技术为云平台各类服务按需动态地提供计算、存储、网络等基础资源的需求，通过服务部署，对平台服务进行监控。平台利用阿里云等商业平台提供的基础设施服务进行搭建，便于平台专注于算法模型构建与平台的管理。

### 3.2 平台原型验证

为对本文提出的云平台架构设计和技术思路进行验证,开发了全球遥感实时监测与定点更新服务云平台,目标是为相关部门和用户提供及时

的定点定向变化地理信息服务和应急影像服务,部分界面如图4所示,展示了河北省雄安新区安新县某周期的最新变化检测结果。

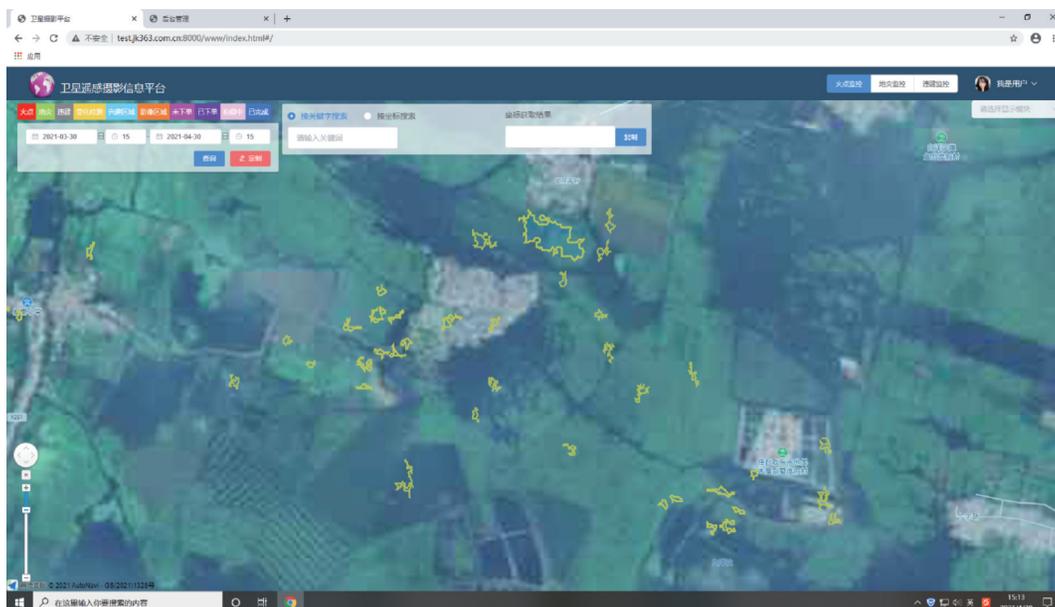


图4 全球遥感实时监测与定点更新云平台

Fig. 4 A cloud platform for global remote sensing real-time monitoring and fixed point update

平台主要分为3个模块:用户平台、卫星商家平台与管理平台。工作流程如图5所示。用户平台面向终端用户服务,包括实时更新高清图显示、监测信息查询、感兴趣区域筛选和下单等功能。用户只需要登录浏览器选择感兴趣区范围,就可以获取感兴趣区周期性自动变化检测信息,典型的如火点监测、地灾监测以及违建监测。用户可根据当前监测结果选择是否订购未来一段时间内的最新遥感影像。卫星商家平台面向卫星商服务,主要包括订单管理和卫星管理等功能。商家将在轨卫星参数加载到平台上,平台根据用户需求和编程分析最优卫星规划和拍摄信息,将订单按照最近距离发送至符合用户需求的卫星平台,卫星数据提供商在平台选择是否接单。管理平台面向平台管理人员服务,主要包括算法插件管理、用户管理、数据管理和订单管理等。

以滑坡变化监测为例,在常见的自然灾害中,滑坡是仅次于地震的发生最为频繁且会造成大量损失的重大自然灾害。通过云平台对滑坡进行监测,主要特点有两方面,一方面是“变”,一方面

是“快”。滑坡主要体现在地表形态的变化上,首先用户登录云平台,划定感兴趣区域,云平台自动下载前后两期开源卫星影像,利用深度学习进行变化检测,及时掌握发生变化的区域。“快”就是在发现可能存在或者已经发生滑坡的区域建立监测体系的快速响应机制,要调用更多的更高清的商业卫星对“变”的区域进一步详查,以确保监测结果的准确性和客观性。如图6所示为通过哨兵影像进行变化检测发现的2021-06-23湖北省黄梅县疑似山体滑坡,云平台将此滑坡区域地理位置转换为相应的卫星拍摄指令,快速将指令发按平台估算的优先顺序发送给后续可能经过滑坡区域的高分辨率卫星(目前试验阶段平台暂时调用了天仪研究院的“海丝一号”1 m分辨率商业SAR卫星),利用高分辨率卫星对识别到的滑坡地点进行精细监测,保证在普查的基础上可以第一时间进行应急的详查,为滑坡的灾前预警和灾后救援提供及时有利的科学依据和参考。

以广州违法用地的监测为例,用户关注于城市的建筑物违章建设情况,绘制广州市内某区域

作为用户感兴趣范围，利用遥感卫星定期获取监测区影像，提供相邻时间段内疑似违章建筑图斑，如图7所示为2020-10与2021-02广州某区域房屋建筑变化监测结果，用户可在此基础上进一步是

否为违法建筑，如有需要可以请求商业卫星进行更高清的卫星影像拍摄，以对违法建筑进行认定和取证。

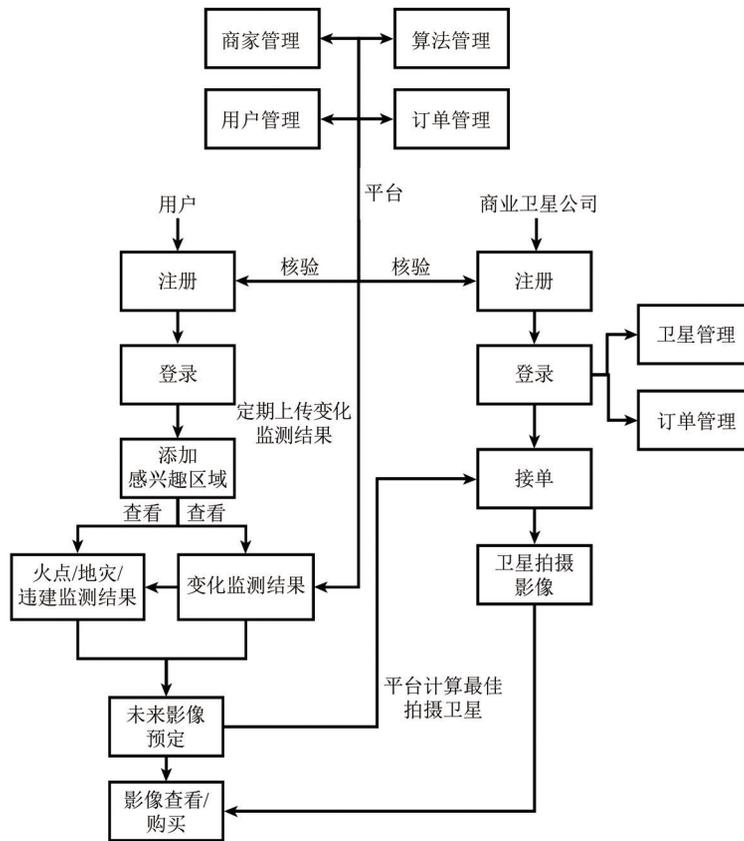


图5 云平台工作流程图

Fig. 5 The flow chart of the cloud platform



(a) 变化检测前影像 (a) The image before change detection  
 (b) 变化检测后影像 (b) The image after change detection  
 (c) “海丝一号”SAR详查结果 (c) Detailed SAR survey results of Hisea-1

图6 湖北省黄梅县山体滑坡变化监测结果

Fig. 6 Landslide monitoring results in Huangmei, Hubei province

普通用户关注国内外热点新闻，以遥感手段可以获得独特视角的遥感新闻，以热点新闻为切入点，利用地名匹配确定事件发生位置，通过卫

星调度、星地数传、数据处理、变化检测的链式云平台服务机制，为用户提供高时效、真实客观的新闻热点，如2021-03-23苏伊士运河货轮搁浅

事件, 对全球热点新闻进行爬虫抓取, 在获取热点事件位置信息后自动下载并处理事件前后两幅影像, 通过云平台对苏伊士运河前后两期遥感影

像进行自动变化检测, 如图8所示能够清晰看到热点事件前后苏伊士运河交通变化情况。

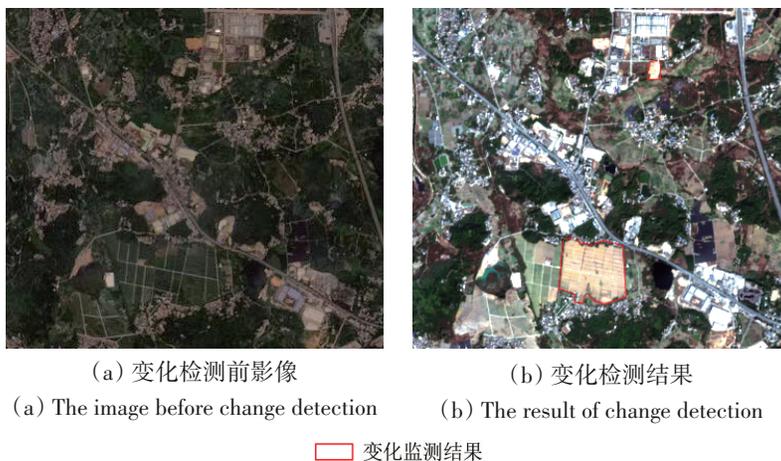


图7 广州违建变化监测结果

Fig. 7 Monitoring results of illegal construction changes in guangzhou

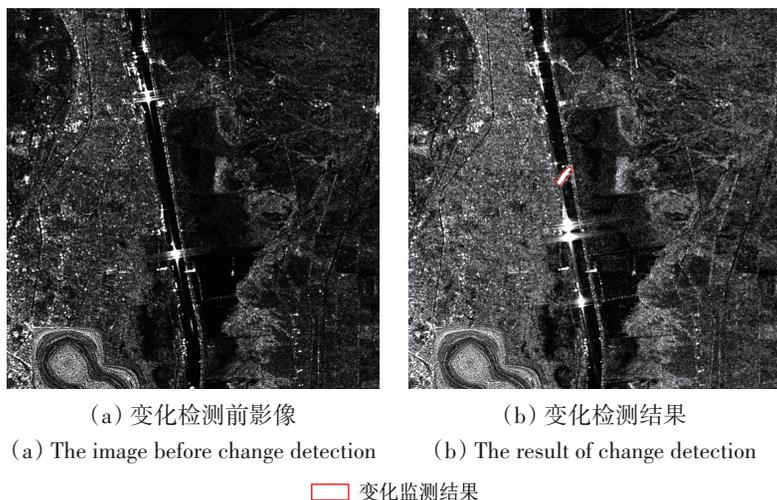


图8 苏伊士运河搁浅监测结果

Fig. 8 Monitoring results of stranded Suez Canal

## 4 讨论

全球遥感实时监测与定点更新云平台的建立, 是将传统数据查询订购云平台向基于变化信息定点更新云平台转变的一次尝试, 希望通过应用模式和技术创新以实现国内外商业遥感需求的汇聚、数据的汇聚以及快速信息服务。平台主要具有如下特点: (1) 通过将变化检测与定点更新纳入到一个统一的框架, 基于云计算、大数据和人工智能等技术进行综合处理, 汇聚用户需求和卫星资源, 利用智能算法动态规划并调度最优卫星拍摄, 完成双向匹配, 解决一方面卫星天上空转, 资源

浪费, 另一方面用户需求得不到及时响应的问题; (2) 在共享的卫星资源汇聚到一定程度时, 可形成一定的实时化服务能力, 这种对地球实时监测的能力如果能满足全天时、全天候、全地域服务于每个人的目标, 则可以看成是目前直播经济中的一部分, 从电视直播到网络直播, 内容直播已经成为目前这个时代“眼球经济”市场新的增长点, 对地球的实时监测有望能创造一个需要频繁使用遥感服务的用户市场, 如现在经常提到的卫星遥感新闻(张过等, 2021); (3) 平台构建从卫星到应用的低专业门槛、按需服务、主动推送、弹性收费、一站式的云服务模式, 对某一区域感

兴趣的用户越多,卫星拍摄成本越低,由此降低普通用户使用卫星数据的成本。

在云平台建设初期,可以调用的商业卫星资源有限,可以先以传统的政府客户、行业客户、遥感专业工作者为基础,实现在开源的遥感数据集上对感兴趣区域进行自动的变化检测,发现有变化的区域,及时提醒用户并快速调度高清商业卫星进行进一步详查确认,应用方向包括防灾减灾、军事反恐、城市规划、公共防疫、国土资源、林业农业等众多亟需高时效变化信息的领域。在云平台汇聚的用户需求和共享卫星资源到一定规模以后,可以扩展到非专业的大众用户和其他潜在用户,实现真正的“直播地球”,以实时的卫星数据来展示地球,在此基础上,承载新闻资讯、自然奇观、娱乐游戏等其他应用内容,以实现卫星遥感由专业化向大众化过渡的目的。

## 5 结 论

本文回顾了当前遥感云平台的解决思路、技术现状和局限性,指出现有商业遥感卫星星座规模越来越大、载荷种类越来越多、业务类型越来越广泛,但卫星资源利用效率低、重复、盲目、不及时,与用户需求脱节,缺乏一个有效的平台和应用模式,成为制约当前遥感产业化的一个难题。

本文基于只需要对变化信息进行定向更新即可实现对地表实时监测这一前提出发,提出全球遥感实时监测与定点更新云平台的设计思路,以“任务规划—数据获取—变化检测—数据融合—云平台推送”星地协同遥感变化监测的实现链路入手,围绕多星多任务协同观测、基于互联网的在线抓取、卫星数据在轨实时处理、地面云平台智能变化检测等一系列关键技术进行研究,并基于该平台进行了一系列初步应用实践。与现有其他云平台相比较,本文提出的遥感云平台可以为用户提供持续性变化监测,根据用户需求为卫星服务商提供各类常规和突发事件中卫星对地服务任务的排序和动态应急调整,并根据以往的任务调度数据进行自我训练从而形成智能化规划能力,在基于变化信息的定向、定点数据采集和更新基础上,保持对感兴趣区域的实时变化监测服务,方便用户只需关注数据应用而无需关注算法开发和数据处理过程。其相关技术将很大程度推动互

联网+遥感服务市场的形成和扩展,有望突破目前遥感应应用产业化难以持续和发展的困境。

**志 谢** 感谢首都师范大学交叉科学研究院卫星遥感成像理论与在轨处理硬件加速研究重点专题资助!感谢天仪研究院在遥感卫星拍摄调度方面的大力支持!

## 参考文献(References)

- Diao N H, Liu J Q, Sun C R and Meng P. 2012. Satellite orbit calculation based on SGP4 model. *Remote Sensing Information*, 27(4): 64-70 (刁宁辉, 刘建强, 孙从容, 孟鹏. 2012. 基于SGP4模型的卫星轨道计算. *遥感信息*, 27(4): 64-70) [DOI: 10.3969/j.issn.1000-3177.2012.04.011]
- Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D and Moore R. 2017. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202: 18-27 [DOI: 10.1016/j.rse.2017.06.031]
- Li D R. 2016. The “Internet Plus” space-based information services. *Journal of Remote Sensing*, 20(5): 708-715 (李德仁. 2016. 论“互联网+”天基信息服务. *遥感学报*, 20(5): 708-715)
- Li D R, Wang M, Shen X and Dong Z P. 2017. From earth observation satellite to earth observation brain. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 42(2): 143-149 (李德仁, 王密, 沈欣, 董志鹏. 2017. 从对地观测卫星到对地观测脑. *武汉大学学报(信息科学版)*, 42(2): 143-149) [DOI: 10.13203/j.whugis20160526]
- Li Q Y, Zhong R F and Wang Y. 2019. A method for the destriping of an orbita hyperspectral image with adaptive moment matching and unidirectional total variation. *Remote Sensing*, 11(18): 2098 [DOI: 10.3390/rs11182098]
- Liu D H. 2020. PIE 6.0 remote sensing product system and application services. *Satellite Application*, (5): 15-21 (刘东升. 2020. PIE 6.0 遥感产品体系及应用服务. *卫星应用*, (5): 15-21) [DOI: 10.3969/j.issn.1674-9030.2020.05.007]
- Liu H Q. 2021. Remote Sensing Image “One Map” Production Method based on Multi-Temporal Cloud Reconstruction. Beijing: Capital Normal University (刘慧倩. 2021. 基于多时相云重构的遥感影像“一张图”制作方法. 北京: 首都师范大学)
- Peng X L, Zhong R F, Li Z and Li Q Y. 2021. Optical remote sensing image change detection based on attention mechanism and image difference. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59(9): 7296-7307 [DOI: 10.1109/TGRS.2020.3033009]
- Ren F H and Wang J N. 2012. Turning remote sensing to cloud services: technical research and experiment. *Journal of Remote Sensing*, 16(6): 1331-1346 (任伏虎, 王晋年. 2012. 遥感云服务平台技术研究与实验. *遥感学报*, 16(6): 1331-1346) [DOI: 10.11834/jrs.20121180]
- Wu S Y, Zhong R F, Li Q Y, Qiao K and Zhu Q. 2021. An interband registration method for hyperspectral images based on adaptive it-

- erative clustering. *Remote Sensing*, 13(8): 1491 [DOI: 10.3390/rs13081491]
- Xu P, Li Q Y, Zhang B, Wu F, Zhao K, Du X, Yang C K and Zhong R F. 2021. On-board real-time ship detection in HISEA-1 SAR images based on CFAR and lightweight deep learning. *Remote Sensing*, 13(10): 1995 [DOI: 10.3390/rs13101995]
- Zhang G, He D W, Guan Q, Li M T, Ding X K, Xiao J, Zhong X, Yu L H, Zheng Y Z, Wang T Y, Li X, Li N, Wang M F and Chen Z W. 2021. Remote sensing journalism in the omnimedia era. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 46(4): 469-478 (张过, 贺大为, 关晴, 李梦婷, 丁新珂, 肖珺, 钟兴, 于林海, 郑玉芝, 汪韬阳, 李雪, 李娜, 王梦飞, 陈振炜. 2021. 全媒体时代遥感新闻学. *武汉大学学报·信息科学版*, 46(4): 469-478) [DOI: 10.13203/j.whugis20200697]

## Design and implementation of global remote sensing real-time monitoring and fixed-point update cloud platform

ZHONG Ruofei<sup>1,2</sup>, LI Qingyang<sup>1,2</sup>, ZHOU Chunping<sup>3</sup>, LI Xiaojuan<sup>1,2</sup>, YANG Cankun<sup>1,2</sup>, ZHANG Si<sup>1,2</sup>, ZHAO Ke<sup>1,2</sup>, DU Yu<sup>1,2</sup>

1. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China;
2. Key Laboratory of 3D Information Acquisition and Application Ministry of Education, Capital Normal University, Beijing 100048, China;
3. Beijing Institute of Remote Sensing Information, Beijing 100048, China

**Abstract:** Satellite remote sensing is the main way for humans to observe the Earth. The commercialization of remote sensing technology has facilitated the rapid growth of the number of global commercial remote sensing satellites. Real-time monitoring is possible. However, the current satellite remote sensing data acquisition has various problems, such as duplication, blindness, untimely, disconnection from user needs, and a large amount of data idle. An effective platform and application model is also lacking to build a bridge between satellite data providers and users. Real-time monitoring of the Earth's surface can be realized by only directional monitoring and updating of change information. Thus, this study proposes a set of online service cloud platforms for real-time earth change monitoring by combining satellite remote sensing and the Internet. The automatic change detection is the core, which gathers user needs for surface change information to form more high-definition satellite shooting conditions. According to the orbit prediction model, it will quickly push satellite shooting instructions to the nearest satellite data service provider to achieve fixed-point directional data update and ensure that users can view the latest images of the surface of the area of interest at any time. Its core ideas are mainly based on Internet online capture technology, cloud platform automatic change detection technology, and satellite on-orbit real-time processing technology. It aims to analyze, mine, and extract geographic entity change information, realize the collection and update of directional and fixed-point geographic entity data based on change information by pushing satellite shooting instructions in real time, and maintain real-time monitoring services for areas of interest. This study describes the implementation methods in the process of cloud platform construction, builds and validates the basic prototype of the cloud platform, and discusses the new overall architecture design ideas and application areas in the cloud platform. Results show that the platform is useful for the current business. The solution to the problems of passivity, singularity, delay, and repetition in remote sensing services provides a design idea from the current cloud platform based on traditional data query and ordering to the fixed-point update service cloud platform based on changing information.

**Key words:** remote sensing, satellite-earth integration, change detection, on-board processing, cloud platform, fixed-point update

**Supported by** National Natural Science Foundation of China (No. 42071444)