

# 目 录

## 口头报告摘要

<b>分会主题 数字减灾与可持续发展</b> .....	1
地质灾害识别和风险评价与监测预警 .....	1
空天地一体化灾害应急监测评估信息技术与应用 .....	1
气象大数据和主要农业气象灾害卫星遥感监测方法 .....	1
地震形变场与大范围构造形变监测技术 .....	1
基于深度学习的多参数冬小麦产量影响评估研究 .....	2
麦茨巴赫冰湖遥感动态监测与突发洪水特征研究 .....	3
<b>分会主题 数字遗产与可持续发展</b> .....	4
畅游丝路数字遗产可视化展示平台 .....	4
良渚遗址考古中的遥感与 GIS 应用 .....	4
隐秘知识与数字遗产——基于数字人文的中国传统色彩知识研究 .....	4
明长城全线图像与三维数据库支撑国家文化公园建设 .....	5
“图绘江苏”数字文化遗产建设——利用方志舆图重塑江苏历史文化图景 .....	6
可持续发展与世界遗产的融合：政策、路径与案例 .....	6
<b>分会主题 数字农业与粮食安全</b> .....	7
基于多时相合成孔径雷达卫星影像的江苏省直播与移栽稻田遥感制图 .....	7
江汉平原冬闲田时空变化及其驱动因素分析 .....	7
数字农业助力黑土地保护 .....	7
结合 AI 的遥感技术在保障粮食安全中的应用 .....	8
地-空-星多源感知信息融合的家庭农场精准决策应用 .....	8
蒙古旱情遥感监测方法及系统 .....	9
<b>分会主题 数字山地服务山地可持续发展</b> .....	10
中巴经济走廊生态环境遥感监测与综合评估 .....	10

全球山地绿色覆盖指数 (SDG15.4.2) 高分辨率遥感监测 .....	10
中国-中亚-西亚经济走廊过去 30 年山地土地覆盖变化监测 .....	11
数字地形分析服务山地可持续发展 .....	11
基于 SEVI 的福建省植被信息估算与自然保护区可持续发展分析 .....	11
基于 SBAS 的陇南山区福津河流域慢速滑坡强度和活动性分级 .....	12
<b>分会主题 数字极地与可持续发展：科学和应用 .....</b>	<b>13</b>
积雪模型与验证 .....	13
南极冰架表面及底部融化特征 .....	13
极地冰盖遥感和全球海平面上升研究进展 .....	13
2010-2017 年蒙古高原不同多年冻土区近地表二氧化碳和甲烷浓度的时空变化特征 .....	14
西伯利亚区域油气开发中天然气燃烧对植被环境影响 .....	14
三极植被遥感：变化与对比 .....	14
<b>分会主题 数字极地与可持续发展：方法和技术 .....</b>	<b>15</b>
极地观测与探测技术展望 .....	15
火星祝融号着陆区地层结构与冰层厚度的综合遥感解译 .....	15
多源卫星数据海冰遥感 .....	15
1960-1980 年代东南极冰盖表面流速遥感测图 .....	15
基于联合时频分析的冰下水体自动识别方法 .....	16
极地海冰参数遥感反演方法研究 .....	16
<b>分会主题 数字海洋支持海洋可持续发展-1 .....</b>	<b>17</b>
数据-模型驱动的海洋大数据分析实践 .....	17
中深海遥感及其海洋暖化研究应用 .....	17
基于深度学习的南海海表温度大数据分析预报 .....	18
人工智能在海洋学中的应用初探 .....	18
卫星 SAR 北极海冰与海洋动力与人工智能 .....	19
乳化原油微波散射特性研究 .....	19
<b>分会主题 数字海洋支持海洋可持续发展-2 .....</b>	<b>20</b>
海洋遥感在线分析及近海生态环境监测应用 .....	20

海丝路海洋环境信息平台 .....	20
中国的海洋卫星及其应用进展 .....	21
海丝一号 SAR 小卫星：经验与未来 .....	21
海上丝绸之路海岛岸线时空变化特征研究 .....	22
全球海洋波浪能的时空变异性及可持续发展利用 .....	22
<b>分会主题 成像光谱对地观测-1 .....</b>	<b>23</b>
星载日光诱导荧光高光谱成像技术 .....	23
高光谱遥感图像处理：从数据方法导向到需求问题导向 .....	23
数字地球技术与遥感数据的智能处理 .....	23
遥感图像光谱超分技术及其应用 .....	24
高光谱遥感植被地球化学反演研究--以铜元素为例 .....	24
干旱区土壤盐渍化高光谱遥感应用 .....	25
<b>分会主题 成像光谱对地观测-2 .....</b>	<b>26</b>
基于无人平台的高光谱成像技术研究及应用 .....	26
高光谱遥感图像信息提取的深度学习 .....	26
遥感时空融合研究前沿进展 .....	26
高光谱图像跨场景分类 .....	27
高光谱遥感信息质量提升：变分模型和深度学习的结合 .....	27
高光谱遥感的红树林指数构建和应用分析 .....	27
<b>分会主题 微波对地观测前沿技术 .....</b>	<b>28</b>
联合 Sentinel-1 和 AMSR2 监测高分辨率地表冻融 .....	28
东北地区积雪参数被动微波遥感反演 .....	28
积雪微波辐射计综合观测试验 .....	29
多入射角、多时相极化 SAR 观测在农作物区土壤湿度反演中的应用与分析 .....	29
多空间尺度差分改正 InSAR 大气相位延迟算法 .....	30
HY-2B 辐射计陆表交叉定标及雪水当量反演研究 .....	30
<b>分会主题 高光谱成像激光雷达技术和应用 .....</b>	<b>31</b>
高光谱对地观测激光雷达技术应用及其发展 .....	31

全天时高光谱全波形激光雷达研制及性能测试 .....	31
全波形高光谱激光雷达数据处理中若干技术问题与对策的探讨 .....	31
高光谱激光雷达的科学探索应用：立木的睡眠特征？ .....	32
高光谱激光雷达提取植被生化特征三维分布和应用 .....	32
高光谱激光雷达波段选择机理研究 .....	32
<b>分会主题 激光雷达对地观测 .....</b>	<b>33</b>
激光雷达技术在森林碳汇估算中的应用 .....	33
激光雷达在亚热带森林精准培育和可持续经营中的应用 .....	33
联合 GEDI 和 ICESat-2 数据的中国森林高度制图 .....	33
多源卫星激光测高数据极地应用探讨 .....	34
高分辨率森林垂直结构参数区域制图 .....	34
基于 ICESat-2 数据的植被参数反演 .....	34
<b>分会主题 虚拟地理场景与数字孪生 .....</b>	<b>35</b>
实景三维空间信息平台与数据孪生铁路 .....	35
泛化点云的场景认知与实景建图 .....	35
地理场景声光电磁数据采集及分类打标签 .....	36
数字孪生道路建设关键技术 .....	36
基于“过程-事件”的地理场景动态演化模型构建与空间推理 .....	37
沉浸式全景球体环境中的海洋信息可视化 .....	37
<b>分会主题 BIM/CIM 信息模型与虚拟地理环境系统 .....</b>	<b>38</b>
CIM 的定义与能力 .....	38
城市信息模型（CIM）的实践 .....	38
基于施竣工数据的建筑物三维建模方法 .....	38
城市空间数字底座数据获取方法 .....	39
基于数字孪生模型定义的机场实验平台 .....	39
建筑物多细节层次模型表达与构建 .....	40
<b>分会主题 空间地球大数据 .....</b>	<b>41</b>
全球变化背景下的海洋水文灾害与智能预测 .....	41

大数据时代下上层海洋水色卫星遥感应用初探 .....	41
深度学习在物理海洋学中的应用 .....	42
基于生成对抗网络的多时空遥感图像融合 .....	42
面向全球变化参数产品生产的遥感大数据处理技术 .....	42
一种针对遥感大数据的自适应剖分空间编码技术 .....	42
地理格网模型支持下的轨迹数据存储与索引研究 .....	43
<b>分会主题 对地观测技术在能源与环境中的应用 .....</b>	<b>44</b>
煤炭大数据与价格指数实践与应用 .....	44
面向碳中和与环境协同治理的 AF-Carbon 排放定量研究框架 .....	44
多源卫星资料在地表太阳能和发电量估算中的应用研究 .....	44
中国区域地表太阳辐估算与变化特征分析 .....	44
基于多源遥感大数据的草原露天煤矿区生态环境监测 .....	45
矿体隐式三维建模与自动更新方法研究及软件开发 .....	45
<b>分会主题 可持续发展大数据管理与云计算 .....</b>	<b>46</b>
Curating Big Data on Population and Settlements to Monitor the Sustainable Development Goals (SDGs) .....	46
SDGs 大数据云服务平台的架构与进展 .....	46
面向按需计算的遥感大数据管理技术及应用 .....	47
面向 SDGs 的交互式在线分析技术与系统 .....	47
面向 SDGs 的云服务集成技术与系统 .....	48
<b>分会主题 地球大数据服务美丽中国建设 .....</b>	<b>49</b>
地球大数据支撑植被物候研究 .....	49
SDG 清洁空气大数据应用创新研究 .....	49
“三生”空间视角下—贫困地区可持续发展路径分析 .....	50
基于个体“移动-接触”的空间交互网络理论构建与疫情风险评估 .....	50
基于 GIS-熵-TOPSIS 模型的长三角城市群可持续性评价与障碍因子识别 .....	51
内陆河流域可持续性主导因素分析 .....	51
面向可持续发展目标的中国红树林近 50 年变化分析 .....	52

<b>分会主题 生物多样性大数据挖掘与保护应用</b> .....	53
生态遥感大数据支持下的跨尺度中国植被制图及生物多样性研究 .....	53
Prioritizing the biodiversity variables that can be retrieved from satellite .....	53
International Barcode of Life – DNA tools for science, conservation and sustainability .....	54
How could Global Biodiversity Information Facility better support post 2020 global biodiversity framework .....	55
The new Catalogue of Life for a better service to biodiversity informatics.....	55
Towards the Atlas of the Russian Flora: e-data are changing our reality.....	55
<b>分会主题 海洋大数据支撑联合国可持续发展目标研究</b> .....	56
近海生态系统健康与可持续发展：机遇与挑战 .....	56
先进的海洋耦合模式是大数据的核心 .....	56
海洋 AI：数据、方法与应用.....	57
大数据支撑 SDG——全球红树林分布数据 .....	57
近海生态灾害应对：观测与数据需求 .....	57
<b>分会主题 时空三极环境大数据支持可持续发展</b> .....	58
三极冰流速场：时空重建、方法优化、发展趋势 .....	58
影响北极快速变化的动力学机制 .....	58
时空三极环境大数据支持可持续发展：进展与展望 .....	58
印度-太平洋海温联合模对青藏高原仲秋降水异常的影响 .....	58
中巴经济走廊冰川变化及其不稳定性分析 .....	59
极地冰盖微波遥感探测方法及应用研究 .....	59
<b>分会主题 数字地球技术系统与全球基础空间信息产品</b> .....	60
服务于可持续农业与土地管理的极轨 .....	60
和静止卫星地表近实时业务化监测 .....	60
瑞士数据立方体：基于数字地球的可持续发展解决方案 .....	60
新一代数字地球引擎与系统平台 .....	61
生态环境综合管理信息化平台建设与发展 .....	61
全球植被病虫害空间信息产品与应用 .....	62

2000 年以来中国森林疏密程度的时空格局变化研究 .....	62
<b>分会主题 地球大数据：支撑可持续发展目标实现的新助力.....</b>	<b>63</b>
面向 SDG 6.6.1 的中国湿地面积变化 .....	63
合成孔径雷达服务可持续发展目标 .....	63
面向支撑 SDGs 的地球大数据资源架构.....	64
基于地球大数据的南极冰盖冻融时空变化 .....	64
全球高分辨率 30m 火烧迹地监测助力 SDGs .....	65
多源数据协同的小尺度流域陆地水储量变化 .....	65
<b>分会主题 数字地球理论与模型.....</b>	<b>66</b>
一种数字地球磁层时空数据模型 .....	66
遥感大数据平台关键技术与应用 .....	66
基于区间二型模糊集的含糊空间对象模型 .....	67
数字地球的动态处理坐标基准及新一代空间信息基准体系 .....	67
基于地理特征和 XGBoost 的轨迹出行方式精细化分类.....	67
<b>分会主题 数字建模与模拟.....</b>	<b>68</b>
室内复杂光照环境中视觉定位数据集构建技术研究 .....	68
基于地学模型分布式集成工作流的洪涝应急分析方法研究 .....	68
一种基于循环神经网络的沥青路面老化状况检测方法 .....	69
用于 CASEarth 卫星热红外图像的快速云检测方法.....	69
全球遥感实时监控与定点更新云平台设计与实现 .....	70
<b>分会主题 对地观测前沿方法与技术.....</b>	<b>71</b>
星载微光载荷的绝对辐射定标评估与分析 .....	71
复杂场景下基于视觉的机器人高精度定位 .....	71
基于低空热红外对地测绘数据在森林火灾中的应用 .....	72
基于点光源靶标的 JL01 卫星微光传感器绝对辐射定标评估 .....	72
SDGSAT-1 卫星在轨几何定标研究进展 .....	73
基于自然地物的机载全极化 SAR 数据交叉定标实验方法 .....	73
<b>分会主题 数字地球与遥感建模.....</b>	<b>74</b>

近期中国海岸带 LUCC 遥感监测及至 2100 年多情景分析 .....	74
近海人工鱼礁区底栖生境的声学观测与评估 .....	74
基于 Share-nothing 的规范化 GIS Web 服务构架研究——以冷水珊瑚分布预测为例 .....	75
基于集成建模方法的主要冷水造礁珊瑚种全球潜在分布建模研究 .....	75
基于 Sentinel-2 和 GF-2 影像西玳瑁岛的底质变化研究 .....	76
<b>分会主题 数字地球与遥感反演 .....</b>	<b>77</b>
地球大数据用于中国土地退化监测评价典型案例 .....	77
内蒙古自治区长时序土壤侵蚀遥感动态与评估 .....	77
可控环境下土壤盐渍化过程微波特性全要素研究 .....	78
可控环境下土壤含水量变化过程微波特性全要素测量研究 .....	78
基于无人机高光谱的兵团棉田土壤含水量反演技术 .....	79
青藏高原积雪变化对长江、黄河流域干旱的影响分析 .....	79
<b>分会主题 数字地球与月基观测 .....</b>	<b>80</b>
月基观测——全球辐射能量收支监测的新方式 .....	80
地球短波向外辐射能量在月球轨道高度的分布 .....	80
各向异性对月基观测地球向外辐射能量影响 .....	81
面向极涡变化的月基观测探索 .....	81
<b>分会主题 数字地球与大数据-1 .....</b>	<b>82</b>
中国第一套基于卫星观测数据生成的全球气候数据集 .....	82
新疆地区生物多样性数据库 .....	82
PB 级巨量遥感数据高效检索理论模型和技术方法 .....	83
基于全球开放大数据的 RAI 指标分析 .....	83
中国县域百年土地利用变化及驱动力分析-以嘉兴市为例 .....	84
<b>分会主题 数字地球与大数据-2 .....</b>	<b>85</b>
全球 30 米地表覆盖精细分类与变化更新算法与产品 .....	85
基于 Google Earth Engine 的湿地分类制图研究 .....	85
一种提高全球土地覆盖质量的合成方法 .....	86
基于谷歌地球引擎和深度学习的土地覆盖分类精度空间分析 .....	86



基于 Sentinel-2 影像的多尺度卷积块注意力网络局部气候区分类.....	87
SDG9.1.1 农村道路两侧人口占比估算及遥感提取方法研究 .....	87
<b>分会主题 数字地球与大数据-3 .....</b>	<b>88</b>
我国当前臭氧污染防治对卫星大数据的需求 .....	88
多源地理空间大数据用于评价 SDG 11.7 城市绿地的适合度——以宁波为例 .....	88
高时空分辨率连续地表温度产品融合方法研究——以湖北省为例 .....	89
基于 DTW 算法的时序特征关联性分析方法研究 .....	89
基于地球古生物多样性数据开展地质资源可视化研究 .....	90
大规模时空热力图的分布式管理与 WEB 可视化 .....	90
<b>分会主题 数字地球前沿应用-1 .....</b>	<b>91</b>
高亚洲地区冻融灾害风险性评估 .....	91
基于遥感数据的高亚洲地区近地表冻土冻融时空变化研究 .....	91
基于空间观测手段的高亚洲地区跃动冰川数据集 .....	92
基于无人机航拍法的冰川前缘植被群落特征及多样性变化 .....	92
基于时序 SAR 数据的南极冰盖高分辨率冻融强度提取方法研究 .....	93
<b>分会主题 数字地球前沿应用-2 .....</b>	<b>94</b>
废弃矿区稳定性时序 InSAR 监测与分析 .....	94
基于时序 InSAR 技术的车邑坪滑坡季节性运动特征分析 .....	94
基于遥感的城市建筑垃圾防尘膜覆盖监测研究 .....	95
基于空间信息熵的流域生态系统景观格局与生态可持续性分析 .....	95
基于多源数据的中国典型城市健康评价对比研究 .....	96
基于激光点云数据的盾构隧道管片错台的检测方法 .....	96
<b>分会主题 数字地球前沿应用-3 .....</b>	<b>97</b>
我国能源金三角地区的大气环境遥感监测 .....	97
迁移学习支持下的机载 SAR 时序影像农作物精细分类方法 .....	97
近 30 年横断山区高山林线的时空变化及其对气候变化的响应 .....	97
基于 Google Earth Engine 的江苏省冬小麦训练样本 .....	98
自动化提取和制图 .....	98

中国东北地区县域尺度秸秆焚烧时空格局及其聚集性研究 .....	98
一种基于贝叶斯理论与人工神经网络的作物叶面积指数反演算法: .....	99
校准、改进与验证 .....	99
<b>分会主题: 数字地球前沿应用-4 .....</b>	<b>100</b>
基于多时相 Sentinel2 影像的海南橡胶林提取研究 .....	100
基于 Sentinel-2 遥感影像的变化检测城市扩张应用分析——以雄安新区为例 .....	100
全球森林覆盖产品的快速生产方法及森林覆盖现状 .....	101
基于遥感数据的小兴安岭区域高精度植被数据解译 .....	101
星载激光 ICESat2 的反演城市森林冠层高度 .....	102

## 墙报报告摘要

适宜哈密瓜大棚监测的高分影像最佳空间分辨率研究 .....	104
利用面向对象的橡胶林遥感监测方法研究 .....	104
基于多核 SVM 决策融合模型的海面原油多光谱遥感检测研究 .....	105
一种大气释放的快速源项估计及实时可视化方法 .....	105
商业航天背景下航天文化产业发展的思考 .....	106
一种基于分布式系统的高性能遥感图像转投影方法 .....	106
基于 CBF-CNN 模型的海面溢油多光谱遥感检测方法研究 .....	107
基于深度学习方法的 GF3 雷达影像养殖竹筏提取 .....	107
一个基于水平衡原理的联合陆地水储量与饱和水汽压差的全球多尺度干旱监测指数 .....	108
高亚洲地区多种下垫面类型高分辨率积雪覆盖范围数据集 .....	108
海洋生态特征时空表达研究 .....	109
基于自注意力机制的遥感图像场景分类方法 .....	109
基于海洋观测数据的 2017-2020 年中国近海典型海域水文、气象要素空间特征分析 .....	110
三亚市滨海旅游区生态环境动态监测与分析 .....	110
海南岛地质旅游资源特征 .....	111
陕西省碳汇估算及其时空格局变化分析 .....	111
海南岛综合城镇化水平时空演变及因子分析 .....	112

北极关键海域海冰监测实时数据基础设施 .....	112
基于卷积神经网络的主动轮廓建筑物分割模型 .....	113
乡镇街道的树冠空间占用对行人热环境的影响 .....	113
基于人工智能技术及遥感大数据的数字地球智能感知系统 .....	114
顾及道路网络连接性和数据分布特征的层次网络索引方法 .....	114
长时序 Sentinel-1 SAR 数据鄱阳湖水体变化监测 .....	115
自然保护区时空数据管理与应用云平台建设 .....	115
西北太平洋低空风场耦合预报效果分析和性能评估 .....	116
维多利亚湖流域土地利用变化及生态环境效应分析 .....	116
基于建筑施/竣工图的小区三维场景建模方法研究 .....	117
基于 MIE 模型和 AEONET 的亚洲吸收性气溶胶光学性质研究 .....	117
几种常用波浪爬高模型在新西兰海岸的验证与完善 .....	118
2001-2018 年河南省农业干旱遥感监测与气候变化影响评估 .....	118
结合 Kalman 滤波的 CFD 污染扩散模拟方法 .....	119
联合国城市可持续发展目标综合评价-以山西省为例 .....	119
基于 FY-3D/MWRI 的全球被动微波地表发射率反演研究 .....	120
海南博鳌地区生态环境变化及驱动力分析 .....	120
卫星 TDI CCD 相机多视立体成像仿真 .....	121
与建筑物几何三维重建效果评估 .....	121
台风快速增强过程中的对流特征演变 .....	121
基于 MODIS 的逐日河冰覆盖度遥感监测 .....	122
基于数字地球的海洋溢油灾害网络舆情治理研究与路径转向 .....	122
多波束声呐水体数据多角度影像分析 .....	122
漓江流域生态旅游承载力可持续发展监测与评估 .....	123

## 分会主题 数字减灾与可持续发展

### 地质灾害识别和风险评价与监测预警

何政伟（成都理工大学）

### 空天地一体化灾害应急监测评估信息技术与应用

武建军（北京师范大学）

### 气象大数据和主要农业气象灾害卫星遥感监测方法

房世波（中国气象科学研究院）

### 地震形变场与大范围构造形变监测技术

龚文瑜，单新建，屈春燕，张国宏，宋小刚，刘云华，张桂芳  
中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室

近年来星载 InSAR 技术广泛应用于地震构造微小形变观测。一方面是得益于卫星测控与传感器技术的快速发展，雷达卫星观测的时间尺度、空间密度和数据精度得到大幅度提高；另一方面则是由于近年来学界对于 InSAR 大数据处理中复杂相位信号的时空分布规律、机理成因认识不断深入。围绕着 InSAR 相位误差校正中的多个技术难点，大量学者开展了卓有成效的研究。在此基础上，时空密集 InSAR 数据研究地表过程形变演化、大尺度构造形变、构造与非构造耦合的 InSAR 形变建模与分离等都是近年来的研究热点和学科前沿。总体来说，时序 InSAR 技术用于高精度、地壳微小形变观测有广阔的应用前景，但数据处理过程中各类复杂干扰相位噪声增加了时序 InSAR 广泛应用的难度。本报告中，我们将对用于地震形变场重建和大范围构造形变场监测的精细化时序 InSAR 技术进行介绍，对多源误差来源、成因和校正技术进行简要讨论，对时序 InSAR 技术在地震地质灾害应用的发展进行展望。

# 基于深度学习的多参数冬小麦产量影响评估研究

王鹏新<sup>1</sup> 田惠仁<sup>1</sup> 张竞琪<sup>1</sup> 张树誉<sup>2</sup> 李红梅<sup>2</sup> Kevin Tansey<sup>3</sup>

1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083;
2. 陕西省气象局, 陕西, 西安 710014;
3. School of Geography, Geology and the Environment, University of Leicester, Leicester LE1 7RH, UK

受作物品种特性和科技进步的影响, 作物长势监测和估产模型的构建一般是应用近 5 年的数据, 涉及的能作为训练样本的数据少, 而多数深度学习模型对训练样本的要求较高, 针对样本少、提取特征困难的问题, 基于卷积神经网络 (CNN) 和数据增强 (data augmentation) 技术, 选取与冬小麦生长过程相关的条件植被温度指数 (VTCI)、叶面积指数 (LAI) 和气象数据, 构建冬小麦长势信息提取模型, 以及长势综合监测指标 I 和单产估测模型, 开展对关中平原冬小麦的长势信息提取和产量估测研究。结果表明, 使用数据增强技术进行样本集的扩充, 对于解决小规模数据集下的过拟合问题有重要作用; 基于数据增强技术和 CNN 构建的长势信息提取模型的精度优于基于 CNN 构建的长势信息提取模型的精度, 且 Mixup、合成少数类过采样技术 (SMOTE) 和生成式对抗网络 (GAN) 三种数据增强技术与 CNN 构建的 Mixup-CNN、SMOTE-CNN 和 GAN-CNN 的冬小麦长势信息提取模型的精度逐渐提升, 在不同的可调节参数组合下, GAN-CNN 获得全局最高精度, 其 R2、MRE 和 RMSE 分别为 0.50、27.12 % 和 0.14。基于 GAN-CNN 得到的长势综合监测指标 I 与冬小麦单产构建产量估测模型, I 与单产之间存在极显著的相关关系, R2、MRE 和 RMSE 分别为 0.73、7.24 % 和 471.18 kg/ha。冬小麦单产估测结果表现为西部和中部高、东部低的区域分布特征, 以及在波动中缓慢增长的年际变化特征。因此基于 GAN-CNN 构建的估产模型可以为解决小规模数据集下的作物估产提供方法参考。针对深度神经网络模型具有黑盒属性, 使得其可解释性弱的问题, 应用基于注意力机制 (attention mechanism, AM) 的长短期记忆网络 (LSTM), 以冬小麦主要生育期县域尺度的时间序列 VTCI、LAI 和气象数据作为特征变量, 以时间序列归一化后的冬小麦单产数据作为目标向量, 构建冬小麦单产估测模型, 并研究特征变量对产量的相对重要性。结果表明, 1) AM-LSTM 模型能够准确地估算关中平原的县域尺度冬小麦单产 (R2 = 0.63, MAPE = 8.20%, RMSE = 502.71 kg/ha, NRMSE = 11.15%), 其估产精度优于 LSTM (R2 = 0.55, MAPE = 13.46%, RMSE = 699.92 kg/ha, NRMSE = 15.52%); 2) 抽穗~灌浆期和乳熟期的 LAI 以及拔节期的 VTCI 对产量的贡献大于其他特征变量, 表明注意力机制在提取重要特征方面的潜力, 并为提高区域单产估测的精度和解决深度学习可解释性弱的问题提供了有效的方法。

# 麦茨巴赫冰湖遥感动态监测与突发洪水特征研究

韩丰泽、刘时银

云南大学

冰湖溃决洪水是指由于坝体失稳或外界因素如冰雪崩导致湖水的突然泄洪，因其突发性强，难预测，规模大及危害广的特征，严重影响着下游居民的生命财产安全。麦茨巴赫冰湖是阿克苏流域最大的冰川阻塞湖，记录显示截止 2010 年该湖在过去 80 年里发生溃决次数高达 64 次，频率超过 92.5%。在气候变暖影响下，麦茨巴赫冰湖也出现了不同以往的变化趋势，其溃决可能发生的更频繁。因此，进行麦茨巴赫冰湖的溃决洪水的预测和模拟对阿克苏下游的防洪迫在眉睫。本文对麦茨巴赫冰湖近 60 年来近 50 次实测水文数据进行分割,探讨了冰川湖突发洪水的变化。研究表明，洪水爆发时间逐步提前，洪峰流量，总洪水内基流量以及冰湖溃决洪水量有增长趋势。

## 分会主题 数字遗产与可持续发展

### 畅游丝路数字遗产可视化展示平台

杨兆萍（中国科学院新疆生态与地理研究所）

### 良渚遗址考古中的遥感与 GIS 应用

王宁远

浙江省文物考古研究所

良渚遗址是实证中华 5000 年文明史的圣地。在良渚大遗址考古中，空间结构是判断遗址性状的核心内容。在寻找良渚古城和水利系统过程中，GIS 和 RS 技术发挥了最直接的作用，从而成为良渚多学科考古中的一种新范式。我们利用 GIS 制作数字高程模型 DEM，发现了良渚古城的外郭城，进而证实了良渚古城具有由内而外的三重结构。通过美国早期卫片发现了低坝群，从而揭示出良渚水利系统的完整结构。并利用卫片的立体像对，研究良渚古城和水利系统的功能。又利用 GIS 发现了水坝溢洪道，从而完善了水利系统的结构要件。

### 隐秘知识与数字遗产——基于数字人文的中国传统色彩知识研究

陈静

南京大学

中国传统色彩知识主要蕴含在物质和非物质的两个层面上。其中物质层面包含文献记载和实物遗存，而非物质层面则是指传统染色工艺和色彩的感知力。物质层面是以文字和物品的形式保存了历史上的色彩观念和知识，后者则是以经验性的方式传承和发展了集体或者个人对色彩的认知。但这两者之间存在着比较大的鸿沟，比较难以进行匹配，主要原因在于，文字由于先天的原因无法捕捉和描绘色彩，色名在不同的时期也发生着一系列的变化，尤其是中国古代色彩观念在不同的时代有着不同的发展，色名体系也有变化；其次基于植物染色的织物在长期的历史过程中色彩消失，且由于文献中染色工艺说明，如温度、用量、用时都不甚详细，因此很难完全复原到那个时期的颜色；再次，物质层面的上，传统染色工艺在中国出现过断层，主要是在 19 世纪晚期的时候，西方化学染色工艺进入中国以后，植物染工艺逐渐消失，尽管近年来有些人开始致力于恢复，比如植物染色工艺实验方面，比如色彩的知识研究方面，包括色彩的语言学认识方面，但如何将经验性知识与实物知识结合，并能够将色彩转化成为标准数值系统，尚是一个进行中的议题。因为中国传统色彩知识具有很强的经验性，需要个人通过实践过程反复试验和体验，再经过个人认知转化成为色彩表达，因此我们将之视为波兰尼所说的“默会知识”，是一种个

人化的体验性的认知知识。我们利用过一系列数字化的技术和手段对这种默会知识进行了记录和分析。具体包括利用数字摄像机拍摄了植物染色工艺全流程，并建立了实验的数字档案；利用分光密度仪对工业染色色卡和植物染色色卡进行了测色，基于 CIELAB 系统建立了色彩空间，并对其进行了比较，发现在明度和饱和度上，植物染色和工业染色色卡存在差别；通过专家访谈对染色结果进行了评估，并对专家的经验性认知在色彩空间中进行了匹配对应，发现色彩认知中存在模糊性共识，对于非常用色存在认知较为统一，对常用色则认知差异较大，且越有文物和实物经验，尤其是有着染色实践经验的专家，色彩认知更加灵活，对色彩不准确的容忍度也越高。由此，我们发现中国传统色彩的默会知识，非常强调实践性，在不同环节，比如染色和纺织环节，实践者对于色彩认知具有差异性。尽管试图追求准确性和唯一对应性是无法实现的，这是由植物染色工艺的灵活性和传统文献中色名无法准确还原两个本质要素决定的，但我们还是要打通染色和纺织两个环节的色彩认知，一方面从实践方面通过具体参与染色提高染色和纺织人员对色彩的感知力，另外一方面从数字化的方式和色彩空间去训练对色彩差异性和整体性的把握力。

## 明长城全线图像与三维数据库支撑国家文化公园建设

李哲<sup>1</sup>，伍小敏<sup>2</sup>，张梦迪<sup>1</sup>，李严<sup>1</sup>，张玉坤<sup>1</sup>

1. 天津大学建筑学院、“建筑文化遗产信息技术”文化和旅游部重点实验室；
2. 武汉大学城市设计学院

在国家长城资源调查工程 2017 年结束之后，长城作为超大尺度文物建筑群体、文化线路遗产的长度、坐标、年代等基础信息采集完成并发布，但建筑构造、细节设施、病害残损等尚属缺环，文物与文化景观资源掌控仍不直观、不细腻，其内涵价值尚未挖掘完全，严重制约长城公众认知的深化及国家文化公园建设工程。单纯依靠地面踏勘或手工挖掘很难在短时间内完成长城细节信息的全线采集，因此利用无人机平台在 30 米左右的超低空多角度采集明长城 6000 公里全线人工墙体段的 300 万张厘米级高分辨率图像并按需生成三维数据、构建世界首个长城全线图像与三维数据库。在此基础上利用遥感考古学方法发现潜在的设施遗存、家族化梳理各类建筑与构件；使用智能化的数字考古手段解决长城全线/全域海量图像与数据资料的分类、检索、对象识别与目标提取难题；再以景观考古学的观察方法揭示长城防御体系各处遗存之间的规划层级、应援关系以及人工遗存与周边地形环境之间的耦合关系。综合应用上述科技考古手段使得全线覆盖的遗存现状图像与三维数据库价值充分挖掘出来，并凝结清晰的技术路线和成果体系，服务长城资源掌控、病害监测、考古发现、认知深化、价值阐释、公众传播等国家文化公园建设多个重要工作环节，并已在北京、河北、山西等地的工程建设中应用测试。已实施于明长城的这一套方法可扩展应用于汉长城等各朝代长城全线详实数据库建设，并可进一步扩展服务于各地线路遗产，突破超大尺度、交通条件等的现实瓶颈，具有普遍的借鉴意义。



# “图绘江苏”数字文化遗产建设 ——利用方志舆图重塑江苏历史文化图景

陈刚

南京大学地理与海洋科学学院

江苏是中国方志大省，现存历代方志 789 种、1674 卷，占中国现存旧方志的 10%。江苏历代方志不仅具有数量多、品类丰的特征，其中也蕴含着丰富的方志舆图资源，为重塑江苏历史文化图景、开展区域历史地理研究，提供了丰富翔实的基础文献资料，亟待系统整理与挖掘。本研究以“图绘江苏”数字文化遗产建设为主题，利用中国国家图书馆藏特色资源（方志丛书 江苏）电子方志库为基本文献来源，并参用哈佛燕京图书馆中国珍稀文献库等域外数字方志资源，运用数字人文、GIS、图像数据库等技术，开展整理研究，以期回答如下问题：（1）“图绘江苏”数字文化遗产建设的项目内涵及学术价值；（2）“图绘江苏”所揭示的江苏方志舆图的时空分布与演变，及其所重塑的江苏历史文化图景。

## 可持续发展与世界遗产的融合：政策、路径与案例

肖时珍

贵州师范大学喀斯特研究院

可持续发展是指既满足当代人的需求，又不对后代人满足其需求的能力构成危害的发展；世界遗产是全人类共同的财富，强调代际公平，重视传承性和持续性，这些概念也都是可持续发展的核心理念，可见，二者是密切相关的。联合国可持续发展目标 11.4 也专门提出保护与守卫世界文化和自然遗产。因此，如何实现世界遗产地保护管理与可持续发展是全球世界遗产地共同面临的问题。本报告梳理可持续发展理念在《实施世界遗产公约操作指南》的演进过程，剖析联合国教科文组织 2015 年发布的《将可持续发展理念融入世界遗产公约的政策文件》，从环境的可持续性、包容性社会发展、包容性经济发展和促进缔约国之间的和平与安全等四个方面提出将可持续发展理念融入世界遗产公约的路径，最后以柬埔寨吴哥古迹世界文化遗产和中国南方喀斯特荔波世界自然遗产为例，阐明可持续发展理念与世界遗产保护的融合，以期为世界遗产地保护管理与可持续发展提供借鉴。

## 分会主题 数字农业与粮食安全

### 基于多时相合成孔径雷达卫星影像的江苏省直播与移栽稻田遥感制图

程涛（南京农业大学）

### 江汉平原冬闲田时空变化及其驱动因素分析

李中元、唐锰

湖北大学

针对冬闲田在江汉平原地区的不断扩张以及冬季作物种植面积的不断减缩，本文利用多源遥感数据结合 GlobeLand30 土地利用产品提取江汉平原在 2000-2020 年期间的冬季作物分布及冬闲田分布范围，探讨江汉平原冬闲田的时空分布特征以及影响冬闲田扩张的驱动因素，为江汉平原农业生产、耕地利用状况提供科学的监测数据和理论支撑。研究结果：①江汉平原在 2000-2020 年期间，冬闲田面积整体呈现增加态势，尤其是在近十年里。②江汉平原冬闲田的空间分布特征明显且分布较广，且呈三个平行条带状分布。③虾稻田的扩张以及外出人口的增加对江汉平原冬闲田的扩张起到促进作用；同时，外出人口对冬闲田扩张的影响程度在近十年内不断加深。④经地理探测器交互探测，发现海拔、坡度及人均 GDP 三个因子与其他因子交互探测的  $q$  值明显得到提高，且大多基本呈现多因子间的非线性影响。表明地形与人均 GDP 因子对江汉平原冬闲田的扩张变化起到一定的驱动作用。

### 数字农业助力黑土地保护

刘焕军

中国科学院东北地理与农业生态研究所

黑土作为世界公认的最为珍贵的农业资源，是肥力最高、最适宜农耕的土壤。黑土区是世界粮食、饲料和纤维生产的重要基地，黑土区农业可持续发展关乎世界粮食安全。由于高强度开发利用以及不合理的经营管理，我国黑土区出现了侵蚀退化、质量下降等问题，降低了其可持续生产粮食的能力和生态功能，“黑土地保护”已经成为国家层面的“持久战”。中国科学院启动了“黑土粮仓”科技会战。利用数字农业助力黑土地保护，利用多源遥感与物联网技术从田块到黑土区尺度对土壤理化性质、作物生理参数、农业生产过程、农机作业信息与耕地利用模式等进行数字化，为智慧农业提供基础数据；基于农业基础数据与多时相遥感影像，使用机器学习算法进行地块与区域尺度的精准管理分区，结合农学模型进行诊

断决策,生成田块与区域尺度施肥施药处方图,利用变量施肥设备实现精准施肥;同时,采取等高种植、小流域黑土地保护与智慧农业融合等技术模式,从山水林田湖草生命共同体的视角进行黑土地保护。

## 结合 AI 的遥感技术在保障粮食安全中的应用

张弓

北京佳格天地科技有限公司

“数字地球”是对地球的三维时空多分辨率表示,它能够放入大量的地理数据,并借助数字化的手段来处理整个地球的自然与社会活动诸方面的问题。以时空维度的“数字地球”构建过程中,遥感技术正在成为主要的时空数据获取和分析收到。卫星遥感在大尺度的“数字地球”构建中已经对可持续发展、农业、资源、环境、全球变化、生态系统、水土循环系统等方面实现不同的应用。佳格天地拥有全球领先的遥感领域机器学习技术,并率先实现商业化、从而服务农业、环境、金融、林业等行业。佳格天地能够通过卫星遥感海量的全球观测数据、物联网数据以及气象数据等多源数据,整合土壤、作物、生产等全方位信息,利用自主知识产权的人工智能算法,将我国土地小而分散的田块转化为空间虚拟化的集约,从而实现农业的规模、集约发展,推动智慧农业发展进程。目前佳格天地所提供的农业大数据服务已覆盖全国约 4 亿亩耕地,服务客户遍布全国 100 多个县区。

## 地-空-星多源感知信息融合的家庭农场精准决策应用

徐新刚

国家农业信息化工程技术研究中心

随着我国城镇化的快速发展,人口老龄化的加剧,农业从业人口减少,农村流转土地集中趋势明显,使得中国以家庭农场为经营主体的农业生产形式发展迅速。截至 2018 年底,进入农业农村部家庭农场名录的有 60 万家,登记的家庭农场经营土地总面积为 1.6 亿亩。中国家庭农场经营形式蓬勃发展,但仍处于起步发展阶段,农场信息化、智慧化水平低,主要表现在农场监测技术单一、胁迫精准诊断与决策量化水平不高、新技术应用生态评价缺乏等方面,家庭农场要实现提质、增效、绿色、生态的目标,必须向信息化、智慧化农场发展转变。因此,我国亟需集聚创新资源,应着力研发突破智慧家庭农场发展瓶颈的关键技术,促进和引领信息感知、精准决策等新型信息化智能技术在家庭农场的推广应用。该文分析了中国家庭农场的现状,围绕现代家庭农场信息化、智能化建设研究的前沿领域,以种植农家庭农场智慧化研究为切入点,简要概述了当前开展的关键技术研究:集成移动互联网+遥感知知的作物生长指标感知和土壤养分原位监测技术设备、田间智能移动式车载平台的农场作物感知技术、基于无人机

平台的作物养分信息精准感知应用；构建面向智慧农场地-空-星高分遥感感知协同的农场作物大数据平台技术；多源时空数据融合的作物养胁迫诊断与精准决策技术；面向家庭农场的“感知-大数据-决策-评估”信息化流程技术模式；最后，展望家庭农场精准决策应用的未来发展趋势。

## 蒙古旱情遥感监测方法及系统

常胜<sup>1</sup>、吴炳方<sup>1,3</sup>、闫娜娜<sup>1</sup>、Elbegjargal Nasanbat<sup>2</sup>、Bulgan Davdai<sup>2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院；
2. 蒙古国气象水文和环境信息研究所；
3. 中国科学院大学

蒙古大陆性气候变化异常、严重缺水导致旱灾频发。针对当前旱情监测方法中旱情指数区域适应性存在差异且缺乏全面、最优指数集的问题，引入农气分区信息，采用多指数适应分析方法建立了分区多指数旱情监测流程。基于最优指数对旱情程度的贡献度来构建多指数旱情监测模型，提供一种实时、快捷的旱情监测方法。通过验证，发现新建立的模型具有更好稳定性和一致性，尤其在牧草生长中期优势明显。为蒙古定制了旱情系统 DroughtWatch-Mongolia。可实现蒙古国草地旱情近实时监测，为蒙古防灾减灾业务部门提供实时动态的旱灾灾情及变化信息，为提高蒙古国综合抗旱减灾能力提供强有力保障。也为亚洲及其他地区遥感旱灾研究提供可以借鉴的思路和方法。增强国际合作能力和国家影响力。

## 分会主题 数字山地服务山地可持续发展

### 中巴经济走廊生态环境遥感监测与综合评估

李爱农

中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所

共建“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的“一带一路”倡议，受到世界各国广泛关注。自 2013 年提出以来，“一带一路”倡议已从理念发展成为构建人类命运共同体的重要平台。中巴经济走廊作为“一带一路”的旗舰项目，具有重要的示范和推动作用。中巴经济走廊从中国喀什开始，到巴基斯坦瓜达尔港结束，全长 3000 余公里。这是一条公路、铁路、油气管道、光缆“四位一体”的贸易走廊。中巴经济走廊南北贯穿巴基斯坦，穿越巴境内山区、寒区、旱区等生态脆弱区域。监测和评估中巴经济走廊沿线的生态环境，对走廊的绿色增长和可持续发展具有重要意义。本研究在中国科学院“地球大数据科学工程(CASEarth)”先导专项支持下，发展了廊道生态环境遥感监测模型，生产了经济廊道时间序列数据集，对廊道不同区域主要生态环境脆弱性和潜在风险进行了诊断。本研究有助于积累中巴经济走廊生态环境要素数据集，评估廊道生态环境脆弱和敏感区，辨析潜在风险，为廊道的绿色可持续发展提供空间信息服务。

### 全球山地绿色覆盖指数（SDG15.4.2）高分辨率遥感监测

边金虎、李爱农

中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所

在气候变化和人类活动的共同影响下，山地生态系统正经历着显著的变化。SDG 15.4.2“山地绿色覆盖指数”指标用以监测山地区域的绿色植被覆盖（森林、灌木、草地、农田等）范围、比例及其变化，并服务于 SDG15.4 保护山地生态系统这一陆地生物的重要目标。当前，联合国粮农组织（FAO）、国际山地科学委员会等确定了 SDG15.4.2 的监测方法。然而，目前，尽管在全球尺度上的国别数据已经进行了发布，但空间位置明确的动态变化数据仍然较为缺乏。在全球尺度上建立一套处理方法标准且通用可比的 SDG15.4.2 高分辨率时间序列监测结果具有重要的参考价值。本文以联合国粮农组织 FAO 设计的山地绿色覆盖指数元数据为参考，以高分辨率山地绿色覆盖指数监测模型为依据，开展了全球尺度 SDG 15.4.2 的动态变化评估（以 2015 年为基准年），并重点分析了全球不同纬度、海拔梯度、山地类型的指标变化趋势。为争取 SDG15.4 保护山地生态系统的可持续发展目标实现提供了重要的技术和数据支持。

# 中国-中亚-西亚经济走廊过去 30 年山地土地覆盖变化监测

Amin Naboureh, Ainong Li, Jinhua Bian

Institute of Mountain Hazards and Environment

Mountainous areas are changing around the globe due to both climate change and human activities. Since accurate and up-to-date information of Land Cover (LC) changes in mountainous areas is of paramount importance for various disciplines, monitoring these changes is vital. Here, we adopt a sample migration technique and a hybrid data balancing technique to monitor three decades (1990-2020) of LC changes in mountainous areas of the China Central-Asia West-Asia economic corridor.

## 数字地形分析服务山地可持续发展

熊礼阳

南京师范大学地理科学学院

山地占我国国土总面积的近 70%，对山地的地表形态建模、地学分析与资源评价是服务山地可持续发展的重要内容。上世纪六十年代起，山地地表形态的表达方式发生了重要的变革，实现了从地形图等高线到数字高程模型（DEM）的跨越式转变，基于 DEM 的数字地形分析（DTA）已经初步形成了自身特有的理论、方法体系与应用模式体系，成为国际 GIS 学术界，以及地学界具有相当影响力的新兴学科方向。但是，当前的数字地形分析在山地地表形态建模，山地地学知识挖掘，山地资源评价与利用等方面存在形态表达失真、尺度效应明显、分析不确定性等诸多问题，在相当程度上制约了山地的可持续发展。据此，本文从当前数字地形分析的不同侧面，系统展开其科学认知山地、建模表达山地、有效分析山地等相关研究，并服务山地可持续发展。研究提出了融合地形知识的高保真地形建模、向量几何数字地形分析方法、坡地资源认知与评价等全新理论与方法，重新审视当前的数字地形分析研究，有效地促进了山地地表形态建模、山地地学分析与山地资源评价等研究，为山地科学的深入研究奠定基础，并服务于山地可持续发展。

## 基于 SEVI 的福建省植被信息估算与自然保护区可持续发展分析

江洪

福州大学 数字中国研究院（福建）

针对亚热带山区植被信息遥感估算易受地形影响的问题，采用阴影消除植被指数（SEVI）对 2018 年秋冬季覆盖福建省的 13 景 Landsat 8 OLI 多光谱遥感影像进行植被信息反演。首先，提出一种核心块信息熵（ECB）优化算法确定每景影像的 SEVI 调节因子，再计算抗地形影响的 SEVI 植被信息。通过

13 景 SEVI 拼接、边界裁剪得到福建省的 SEVI 植被信息。然后, 随机选择验证样本, 采用玫瑰图植被信息比较分析、植被信息与太阳入射角余弦值相关分析、地形阴影区植被信息相对误差分析等方法评估福建省 SEVI 植被信息抗地形影响性能。最后, 通过对植被信息、地形参数、气候参数、人类活动等因子分析, 评估福建省国家级自然保护区的空间布局特征与科学合理性。研究结果可以为亚热带山区抗地形影响植被信息估算与自然保护区可持续发展评估等提供一种技术参考。

## 基于 SBAS 的陇南山区福津河流域慢速滑坡强度和活动性分级

白世彪<sup>12</sup> 崔鹏<sup>1</sup> 葛永刚<sup>1</sup>

1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 四川 成都 610041; 2. 南京师范大学 海洋科学与工程学院, 江苏 南京 210023

本研究选择陇南山区福津河流域(218km<sup>2</sup>)为实验样区, 旨在对慢速滑坡进行强度和活动性分级研究。福津河流域受滑坡灾害影响严重, 官方点状滑坡编目数据库共记录了 152 个历史滑坡, 面状滑坡编目数据库共记录了 34 个面状滑坡。涉雷达技术(InSAR) 由于能够大范围地监测地表毫米级的变形而在近几年越来越多地受到重视。本研究应用小基线集(Small Baseline Subset, SBAS)技术, 选择 2003-2006 以及 2008-2010 两个时间段获取的 ENVISAT ASAR 数据进行处理, 监测高山峡谷区很慢到极慢速滑坡的运动速率并对滑坡进行强度分级和活动性分析研究。根据上述方法, 分别将 2003-2006 年间 26 个滑坡和 2008-2010 年间 16 个滑坡进行了强度分级; 根据两期的滑坡平均速率对全区 34 个面状滑坡进行活动性分级, 分级结果显示全区共有休眠型滑坡 1 个, 活跃性滑坡 14 个, 活跃或者休眠型滑坡 9 个, 复活型滑坡 1 个, 复活或者稳定型滑坡 1 个, 无数据滑坡 8 个。

## 分会主题 数字极地与可持续发展：科学和应用

### 积雪模型与验证

施建成（中国科学院国家空间科学中心）

### 南极冰架表面及底部融化特征

王泽民，周春霞，张保军

武汉大学中国南极测绘研究中心

在全球变暖背景下，近年来南极冰盖的质量损失日益加剧。作为冰盖在海洋上的延伸，南极冰架成为了南极冰盖对全球气候变化最为敏感的部分。冰架的底部融化和崩解是当前南极冰盖物质损失的两条最主要的途径和驱动因素。冰架支撑着南极冰盖，冰架的稳定性对冰盖的稳定性及对气候变化的响应有着重要的作用。冰架的表面融化和底部融化是衡量冰架稳定性的重要参数，冰架表面和底部融化的加剧对冰架崩解起着驱动作用。因此，本文基于卫星、机载测高和遥感数据等多源观测数据，对南极冰架的表面和底部融化的时空变化特征进行了研究分析。主要内容包括：（1）利用微波辐射计和散射计等遥感数据以及区域气候模型构建了南极冰架的表面冻融产品，分析研究了南极冰架的表面融化的时空变化特征及其对气候变化的响应；（2）利用卫星和机载测高、遥感数据以及冰雷达数据提取了南极冰架的底部融化以及代表性冰架的底部通道变化产品，分析研究了南极冰架底部融化的时空变化特征以及细部变化特征，并探讨了影响底部融化的因素。

### 极地冰盖遥感和全球海平面上升研究进展

李荣兴<sup>1</sup>、李国君<sup>2</sup>

1. 同济大学空间信息科学及可持续发展应用中心；
2. 同济大学空间信息科学及可持续发展应用中心

极地冰层是全球变化研究中最敏感和关键的区域之一，其质量变化和全球海平面变化密切相关。目前极地物质平衡估计的主要方法有输入输出法、测高法和重力法，本文从此三种物质平衡估算方法出发，分析极地物质平衡及其不稳定性影响因素。在输入输出法方面，我们利用最新公开流速图产品结合冰厚数据重新定义通量门，估算了2013~2018逐年南极冰盖质量变化；在测高法方面，利用多源卫星测高长时间序列数据，计算不同时期冰盖表面高程变化以及经过粒雪密实等改正转换的南极冰盖质量变化；



在重力法方面，我们利用 GRACE 重力卫星数据估算 2002~2016 年南极物质平衡。此外，极地地区冰盖底部的融水作用及冰盖的不稳定性等不确定因素对极地冰盖的物质平衡都具有重要的影响，为具体分析其不稳定性因素，我们利用多源卫星数据研究了 Ronne-Filchner 冰架的断裂和不稳定性；以及利用冰雷达、光学和测高等多源卫星数据对东南极伊丽莎白公主地区的冰下湖和排水网络进行了联合观测。本文通过结合多种观测技术与数据处理方法，研究极地物质平衡及其不确定因素，从而为预测海平面的上升提供更多理论和技术支持。

## 2010-2017 年蒙古高原不同多年冻土区近地表二氧化碳和甲烷浓度的时空变化特征

吴通华<sup>1</sup>、Saruulzaya Adiya<sup>2</sup>、吴晓东<sup>1</sup>

1. 中国科学院西北生态环境资源研究院

2. Institute of Geography and Geoecology, Mongolian Academy of Sciences

We analyzed the active layer thickness and ground temperature using the borehole observations. Based on ground observation data, we then assessed the applicability of Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT) CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> datasets. Finally, we analyzed the temporal and spatial changes in CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> concentrations from 2010 to 2018. The annual CO<sub>2</sub> concentrations increased gradually between 383 ppm and 406 ppm, while the CH<sub>4</sub> concentrations increased significantly from 1772 ppb to 1832 ppb.

## 西伯利亚区域油气开发中天然气燃烧对植被环境影响

邱玉宝（中国科学院空天信息创新研究院）

## 三极植被遥感：变化与对比

吴文瑾（中国科学院空天信息创新研究院）

## 分会主题 数字极地与可持续发展：方法和技术

### 极地观测与探测技术展望

程晓（中山大学）

### 火星祝融号着陆区地层结构与冰层厚度的综合遥感解译

康志忠（中国地质大学（北京））

### 多源卫星数据海冰遥感

徐世明（清华大学）

### 1960-1980 年代东南极冰盖表面流速遥感测图

乔刚、程远、李震、王翊宇、李雁君、袁小涵、王晓峰、李国君、蔚泽然、  
葛绍仓、常甜、李荣兴  
同济大学

冰盖表面流速是估计南极冰盖物质平衡的重要参数，长时间序列冰流速观测对评估南极冰盖与全球气候变化的响应具有重要意义。现有国内外冰流速产品集中在 1990 年后，本研究基于 1963 年美国解密侦查卫星 ARGON 影像以及 1973-1989 年 Landsat 影像对东南极冰流速估算，将南极冰流速的相关研究向前推进到 1960 年代。本研究针对不同的影像组合采用不同方法计算东南极近 1000 万平方千米区域的冰流速：对于 1960 年代的 ARGON 像对，提出了基于视差分解的协同冰盖表面流速估算与地形模型重建的方法；对于 ARGON 和 Landsat 影像组合采用基于人工种子点的三角网特征点和格网点的金字塔层次匹配方法获得了冰流速；对于两期 Landsat 影像采用基于 NCC 的格网匹配方法获取冰流速。为保证冰流速产品的质量，本研究进一步对获得的东南极流速图进行了验证。在高流速区域通过与历史实测数据进行冰流速比较，基于南极裸岩分布图对低流速区域进行了对比，最后对南极流域分界处的流速进行了验证。本研究的最终产品可用于分析东南极早期冰流场空间分布机理，对分析与预测南极冰流速的变化趋势以及对全球海平面上升的影响具有重要意义。

## 基于联合时频分析的冰下水体自动识别方法

郝彤<sup>1</sup>、井立文<sup>1</sup>、刘嘉澍<sup>2</sup>、李荣兴<sup>1</sup>

1. 同济大学; 2. 北京大学

迄今为止, 南极大陆已有约 400 多个南极冰下湖泊被发现, 其中雷达回波探测(Radio Echo Sounding, RES)技术表现出了较好的识别能力。目前, 雷达目视分析和判读仍是冰下水体探测的主要手段, 但其缺点是工作量大、并且严重依赖于操作者的主观经验, 这在很大程度上阻碍了冰下水体搜索和识别的效率。国内外学者仍然在探求和发展更先进智能的、可用于高效识别冰下湖泊的自动方法。联合时频分析 (Joint Time Frequency Analysis, JTFA) 技术能够从传统的时域数据中提取其频率特征。在本研究中, 我们将经典的短时傅里叶变化(Short Time Fourier Transform, STFT) 技术应用于区分冰水界面和冰岩界面的频率响应。我们通过一系列预处理、波形重整、和联合时频分析, 发现在冰水界面上显示出了区别于冰岩界面的独特频率特征。我们在南极 AGAP 区域进行了测试, 发现上述方法能够快速、自动地识别冰下水体, 与人工判读结果对比, 其准确性可超过 90%。基于已公开可获取的南极冰雷达测线数据和本联合时频分析方法, 我们绘制了南极冰下水体分布图。

## 极地海冰参数遥感反演方法研究

梁爽 (中国科学院空天信息创新研究院)

# 分会主题 数字海洋支持海洋可持续发展-1

## 数据-模型驱动的海洋大数据分析实践

杜震洪

浙江大学地球科学学院

随着空天地海立体观测技术的飞速发展，高精度、高频度、大覆盖的超海量海洋数据呈爆炸式增长，给海洋数据分析与应用带来了前所未有的机遇和挑战。已有数值模式驱动的海洋数据分析方法基于物理、动力学知识等进行合理推断，但面临着物理过程与机制考虑不完全、参数化方案存在误差等问题；以深度学习为代表的驱动方法直接基于海洋大数据进行信息提取和知识建模，但可解释性和物理一致性较弱。海洋大数据分析的关键环节包括可查找、可访问、可互操作和可重用的数据资源以及现代计算机算法与物理模型高度集成的知识挖掘体系。因此，本文提出数据-模型双驱动的海洋科学研究范式，融合深度学习的复杂非线性拟合优势与数值模式中的先验知识，开展海洋大数据分析与应用实践。

## 中深海遥感及其海洋暖化研究应用

苏华<sup>1</sup>、秦天<sup>1</sup>、王安<sup>1</sup>、严晓海<sup>2</sup>

1. 福州大学； 2. 美国特拉华大学

海洋作为全球气候的调节器，近几十年来暖化严重且不断加剧，2020年全球海洋又经历了破纪录的暖化，严重威胁了海洋生态系统及人类可持续发展。海洋稀疏有限的浮标观测严重制约了海洋内部过程研究，亟需时空连续的海洋内部观测数据作支撑。研究面向“联合国可持续发展目标 SDG13: 气候行动”，综合多源卫星遥感与浮标观测数据，创新构建机器学习融合地学知识的中深海遥感反演方法体系，拓展卫星遥感对海观测垂向维度，重建长时序高精度海洋三维遥感观测数据集，优化海洋内部暖化过程分析，服务 SDG13 气候行动及我国碳中和目标。利用卫星遥感+人工智能自主生产了 1993-2020 年全球海洋热含量遥感新数据集 (OPEN)。发现：近 30 年，全球海洋上层 2000 米暖化显著，且不断加剧，增暖速率为  $2.25 \times 10^8 \text{ J/m}^2/\text{decade}$ 。2020 年全球海洋上层 2000 米吸热高达  $13.95 \times 10^{22} \text{ J}$  (1993-2015 基准)。海洋中深层暖化速率高于上层，热量越来越多被中深海吸收。全球增暖过程中各大洋盆都显著暖化，但存在一定的空间异质性。海洋热含量是当前衡量全球增暖的最有效指标，直接反应了全球气候变化。

# 基于深度学习的南海海表温度大数据分析预报

郝增周、叶枫

自然资源部第二海洋研究所

海表温度 (Sea Surface Temperature, SST) 是数字海洋中最基础的物理量之一, 几乎所有的海洋过程都直接或间接的与海表温度有关, 及时、准确地预报海表温度具有重要的科学意义。针对传统统计预报方法受物理机制和预报因子的影响, 而数值预报面临对物理过程进行参数化或离散化等技术难题, 本研究发展了一种基于深度学习的海表温度大数据分析预报方法。随着海表温度卫星遥感数据的不断积累, 长时间序列海表温度的空间分布和时间变化, 在某种程度上体现了物理机制的控制结果, 研究基于遥感时空大数据, 以中国南海为试验海域, 研究构建了时空注意力机制的深度学习模型, 实现对未来海表温度的预报。研究通过四类性能指标定量刻画了模型的预报能力, 实验表明, 模型能够有效地表征时间域和空间域上的海表温度特征, 模型预报表现较好, 5 日内南海海域海表温度预报误差小于  $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 模型预报性能稳定, 能实现海表温度的时空模拟能力。

## 人工智能在海洋学中的应用初探

高乐、李晓峰

中国科学院海洋研究所

深度学习在海量图像数据信息挖掘中大放异彩, 其采用“端对端”的特征学习, 通过多层处理机制揭示隐藏于数据中的非线性特征, 从大量训练集中自动学习全局特征 (这种特征被称为“学习特征”), 这是其在图像信息挖掘领域取得成功的重要原因, 也标志着特征模型从人工设计特征向机器学习特征转变。深度学习与海洋遥感大数据碰撞将诞生一系列高精度、高效率、智能的海洋遥感影像信息挖掘模型与应用技术, 我们系统总结过去几年的研究成果, 对基于深度学习的海洋遥感影像信息挖掘、特别是像素级图像分类与对象级目标检测进行深入剖析和阐述, 提出相应的深度学习模型, 在内波提取、海岸带水淹区域制图、全球中尺度涡检测等典型应用上进行性能验证, 并对未来需要重点突破的几个问题进行探讨。

# 卫星 SAR 北极海冰与海洋动力与人工智能

李晓明

中国科学院空天信息创新研究院

星载合成孔径雷达以其全天候、全天时、不受云雨影响的工作特性在空间对海观测中起到了重要作用，又以其高空间分辨率、多极化、多成像模式的特点展示了其在海洋动力要素反演和海洋多尺度动力过程研究中独特的魅力。起步于 20 世纪 70 年代末的星载合成孔径雷达技术，迎来了发展的“黄金时期”，大数据和机器学习又赋予了星载合成孔径雷达海洋遥感更强大的生命力。北极是全球气候变化最敏感的区域之一，北极海冰的持续减退是全球气候变化最显著、最直观的表现之一。传统极地海冰观测主要依赖于微波辐射计、散射计等中等分辨率遥感数据。但是几公里尺度的空间分辨率已经无法满足北极海冰观测需求，尤其是在边缘区海冰与海洋动力相互作用研究需求。本研究重点介绍利用星载合成孔径雷达，结合人工智能技术，开展北极海冰覆盖与海浪、海面风场等关键动力参数定量观测。

## 乳化原油微波散射特性研究

过杰<sup>1</sup>、许晨琪<sup>1</sup>、张晰<sup>2</sup>、任广波<sup>2</sup>、刘根旺<sup>2</sup>

1. 中国科学院烟台海岸带研究所； 2. 自然资源部第一海洋研究所

原油乳化会导致原油张力、粘度、体积等增大，为海洋溢油应急处置带来更大的困难，同时对海洋生态环境危害加深。如何遥感识别乳化原油，突破溢油量的遥感观测是遥感面临的挑战。通过内场实验观测原油乳化特征参数，发现含水率能很好描述相对稳定状态下原油的乳化进程，为外场试验提供实验参数。应用全极化散射计联合高光谱成像光谱仪、三维激光扫描仪等开展外场联合实验，观测不同乳化油膜后向散射系数（NRCS）、光谱特征（反演油膜厚度）及粗糙度等，探究发现油水 NRCS 和阻尼比对乳化原油敏感，且通过含水率搭桥发现，它们与乳化油膜厚度存在相关性。实验分两次，1.模拟海上持续溢油发生乳化条件的实验；2.人工定量制备均匀乳化原油泼入水池观测乳化原油特性及 NRCS 与油膜厚度的关系。两次实验皆发现乳化增大油膜 NRCS 且与油膜厚度存在相关性，虽然实验数据量小，但第 1 次实验拟合乳化油膜厚度与 NRCS 的关系合理解释了 SAR 图像数据反映的 19-3 石油平台溢油场景。实验条件下，通过半经验 (SEM) (Richards, 2009)公式模拟了乳化原油散射机制,乳化对 NRCS 变化起主要作用。

## 分会主题 数字海洋支持海洋可持续发展-2

### 海洋遥感在线分析及近海生态环境监测应用

白雁，何贤强，龚芳，朱伯仲，朱乾坤

自然资源部第二海洋研究所

卫星遥感由于全球覆盖、高时空分辨率、长时序观测的独特优势，已成为海洋监测和海洋科学研究不可或缺的观测数据源。随着卫星遥感数据不断累积以及在轨遥感器种类增多，海量遥感数据的可获取性和易用性成为海洋遥感应用深化及拓展的关键。遥感在线分析平台 SatCO<sub>2</sub> ([www.SatCO<sub>2</sub>.com](http://www.SatCO2.com)) 实现了特色遥感数据集获取、在线科学计算和三维球体表达的一体化。报告首先介绍 SatCO<sub>2</sub> 平台的专题数据集，以及主要的在线分析和可视化功能，包括：长时间序列多源遥感数据的快速三维球体可视化与科学计算分析；遥感、现场及模式数据交互分析；用户自定义算法及新产品制作；海-气 CO<sub>2</sub> 通量计算、赤潮识别和水质监测等应用模块。报告还通过 2 个案例，介绍 SatCO<sub>2</sub> 平台在长时序多源遥感数据分析应用的能力，如南太平洋岛国斐济 30 年的岛屿陆域及周边海域多参数的长时序变化，探讨人类活动及全球变化对岛国生态环境的影响；利用多源遥感数据分析过去 20 年全球海洋碳通量变化以及不同系统间的比较，认识海洋碳汇能力变化及影响机制。

### 海丝路海洋环境信息平台

唐世林

中国科学院南海海洋研究所

该平台由数字南海 ([data.scsio.ac.cn](http://data.scsio.ac.cn)) 和印度洋大数据 ([io.scsio.ac.cn](http://io.scsio.ac.cn)) 组成。构建了海丝路立体综合数据观测网，融合海丝路多源遥感信息源，建立海洋环境预报系统，整合“数据+算力+算法”应用，形成以海洋大数据驱动科技创新发展的数据工作新形态，为重大项目提供信息技术支撑，使数据服务贯穿科研活动全生命周期，打通“现场和遥感观测数据”与“高性能计算能力”及“自主研发的多尺度三维变分同化、选尺度变分同化等方法”各环节，支撑权威优秀数据产品的研制，发布印度洋和南海 30 年风、浪、流、海洋生态环境等多套产品，集成数据超过 200T，服务海丝路沿线国家海洋减灾和航行保障，服务 260 多家单位 5000 多人次，一系列成效得到了斯里兰卡有关部门和高校的认可，并获得一致好评。

# 中国的海洋卫星及其应用进展

邹斌、林明森、刘建强、蒋兴伟

国家卫星海洋应用中心

本文首先介绍了我国海洋卫星的观测规划及发展现状，我国规划三大海洋系列卫星包括以海洋一号 C 卫星和海洋一号 D 卫星形成组网观测海洋生态要素监测卫星星座，以海洋二号 B 卫星、C 卫星和 D 卫星以及中法海洋卫星组成的海洋动力环境遥感监测星座，以 1 米 CSAR 的 A 星和 B 星组成的海洋三号监视监测星座，其中海洋一号和海洋二号已经完成组网布局，海洋三号将于 2021-2022 年完成组网布局，新一代海洋水色卫星、海洋盐度探测卫星正在研制，高轨海洋观测卫星、新型载荷海洋观测卫星也正在预研，将进一步补充和完善海洋水色卫星和海洋动力卫星监测体系。其次介绍了海洋卫星各载荷的性能和全球监测能力，给出了海洋卫星数据产品的分级分类体系和共享服务政策。然后对于海洋卫星的应用情况进行了简要介绍，海洋卫星目前已在海洋环境预报、海洋防灾减灾、海洋生态监测、极地与大洋监测等方面开展了较好的应用，最后就海洋卫星组网观测应用前景进行了展望。

## 海丝一号 SAR 小卫星：经验与未来

耿旭朴、薛思涵、胡礼珍、严晓海

厦门大学

2020 年 12 月 22 日，“海丝一号”卫星搭载长征八号火箭发射升空，成为我国首颗具有全天时、全天候工作能力的商业 SAR 卫星，也是世界首颗面向海洋与海岸带遥感的 C 波段轻小型 SAR 卫星，并获评 2020 年度中国遥感领域十大事件和 2021 年度世界十大明星雷达。“海丝一号”基于小卫星平台和立方星思想，采用了平台与载荷高度一体化、适应批量化生产的标准化/模块化技术，以及立足工业级器件的低成本、简洁化设计等。目前已稳定在轨工作 6 个多月，获取了海洋、城市、农田、河流、山区等多种典型地物地貌的大量高清图像，基本验证了 SAR 小卫星技术设计的合理性。本文对“海丝一号”卫星的性能，特别是经验和不足进行系统性总结，并对国产 SAR 小卫星的发展进行展望。



# 海上丝绸之路海岛岸线时空变化特征研究

张玉新、侯西勇

中国科学院烟台海岸带研究所

受高强度人类活动和全球气候变化等多因素影响，海岛岸线正经历显著变化。然而，大时空尺度岛屿岸线演变特征研究较少，岸线数据不足。本研究主要基于 Landsat 系列影像，建立海上丝绸之路区域 1990-2015 年 3 时相岛屿岸线数据集，基于数理统计、地理空间分析等理论和方法，多角度、定量化研究分析岛屿及岸线时空变化特征。主要结果和结论如下：提取岛屿 1.2 万余个，基岩和珊瑚岛分布广泛，面积以小岛为主；提取岛屿岸线长度近 20 万 km，整体为增长趋势，自然岸线和人工岸线长度分别呈减少和增加趋势，岸线人工化率和开发利用程度均处于较低水平；海上丝绸之路沿线海域岛屿岸线以稳定状态为主，未发生变化的岸线占比高达 88%；岛屿岸线变化在不同的空间尺度均表现有明显的差异，海湾、海峡、河口等人口密度大，经济发达的地区为岸线变化的热点区域；岸线变化具有一定的空间相关性，即，在自然状态下，岸线侵蚀与扩张往往是相伴存在的，且在一定空间和时间尺度内处于动态平衡状态，这与自然状态下的沉积物运移模式、滨海生态系统自我调节机制有关；自然要素仍是影响海上丝绸之路沿线岛屿岸线变化的主要因素，人类活动的影响较为剧烈但空间相对有限。

## 全球海洋波浪能的时空变异性及可持续发展利用

曹川川<sup>1</sup>、钱程程<sup>2</sup>、陈戈<sup>1</sup>

1. 中国海洋大学

2. 国家海洋局北海预报中心

为响应全球可持续发展战略和倡导构建人类命运共同体，中国在第七十五届联合国大会提出“碳达峰”（2030 年前达到二氧化碳排放量的峰值并实现负增长）与“碳中和”（2060 年前实现二氧化碳的“净零排放”）的目标，与世界各国一起竭力缓解气候问题。海洋中蕴藏着巨大的能量，其中波浪能（包含动能和势能）具有储量大、分布广和易于观测等特性，这种绿色可持续能源的研究与利用将为顺利实现“碳达峰”与“碳中和”的宏伟目标提供有效途径。为了定量评估海洋中波浪能的时空变异性与可利用性，本文以欧洲中期天气预报中心发布的 1979~2020 年 ERA5 的小时级再分析海浪产品为依据，利用风浪和涌浪的有效波高计算全球波浪能的分布，分析了其日、月、季、年及年际周期的变化特征，发现了波浪能量的集中区及有效提取区，可为波浪能的合理高效开发与利用提供科学依据，为降低全球碳排放量和全球能源可持续发展做出贡献。

## 分会主题 成像光谱对地观测-1

### 星载日光诱导荧光高光谱成像技术

刘银年

中国科学院上海技术物理研究所

在光合作用中，植物叶绿素受阳光照射产生的光致发光现象被称为日光诱导叶绿素荧光，由于叶绿素荧光几乎可以反映出所有光合作用过程，因此被认为是光合作用研究的探针。随着卫星载荷光谱分辨率及时间空间分辨率的不断提高，叶绿素荧光成为植被遥感研究领域中的一个极其重要的参数，为全球作物长势监测和估产、植被“碳汇”精准评估提供有力支撑，已成为国际遥感研究领域中最热门的前沿课题之一，在植物生理学、生态学、全球碳循环研究、农业科学和林业科学等领域中发挥着重要作用。报告从叶绿素荧光的基本特点、应用优势以及应用价值出发，介绍了当前国内外日光诱导荧光遥感超光谱成像探测技术的研究现状，国内外荧光超光谱载荷基本情况和发展趋势。

### 高光谱遥感图像处理：从数据方法导向到需求问题导向

杜培军（南京大学）

### 数字地球技术与遥感数据的智能处理

何明一

西北工业大学

人类社会正在从促进以物质（能量）资源的生产、加工、服务为主的经济发展模式向以信息资源获取、处理、服务为主的经济发展模式转变，即信息化或数字化转型。以人类生存的地球为平台、以人为本、以遥感和信息等技术为手段的信息化可以概况为“数字地球”。数字地球就是信息化的世界，包含相关的数据源、信息网络、信息技术和信息服务与应用的各个方面。二十年来，通过“数字福建”、“数字陕西”等实践，“数字中国”于2021年写进国家十四五规划。“数字中国”就是中国的信息化，“信息化为中华民族带来了千载难逢的机遇”。本报告主题是数字地球与遥感大数据智能处理。包括：1、数字福建、数字陕西、数字中国和数字地球的概念与关系；2、遥感信息获取的全面大数据化；3、遥感数据传输的高速网络化；4、遥感数据处理的智能化。还将结合作者在“数字陕西”、人工智能与遥感数据处理的长期研究实践，重点介绍跨层神经网络等在遥感数据智能处理的研究进展与展望

# 遥感图像光谱超分技术及其应用

孙卫东、韩晓琳

清华大学

高空间分辨率与高光谱分辨率成像间的矛盾是对地观测中需要解决的关键问题之一。光谱超分辨率重建技术旨在将高分多光谱图像超分重建为高分高光谱图像，实现更为精细的光谱监测。本文将从两个不同角度、并结合实际应用，介绍多光谱遥感图像的光谱超分技术。

基于光谱库优化学习的光谱超分针对给定的高分多光谱图像，依据混合光谱分解理论与光谱库对全类别地物光谱的覆盖性，将多光谱到高光谱的光谱映射关系以稀疏字典的形式加以表示，并在此基础上恢复重建高分高光谱图像，实现了仅由一幅高分多光谱图像到高分高光谱图像的高质量光谱超分辨率重建。

基于神经网络学习的光谱超分则是在压缩感知理论框架下，利用通用图像数据库或同步观测所提供的多光谱与高光谱图像对，采用类子空间分割策略均化学学习空间，通过针对类的多路逆向传播神经网络，学习构建从多光谱到高光谱的光谱映射关系，从而恢复重建出高分高光谱图像。

HJ-1A 卫星搭载的多光谱与高光谱同步传感器，为光谱超分提供了一个绝佳应用场景，通过两者间局部重叠区域的光谱映射学习，可实现该星多光谱全覆盖区域的高光谱观测。两类公开数据集上的分类结果表明，光谱超分后的高分高光谱图像也有助于地物分类性能的提升。

## 高光谱遥感植被地球化学反演研究--以铜元素为例

甘甫平<sup>1</sup>、尚坤<sup>2</sup>、秦其明<sup>3</sup>、赵慧洁<sup>4</sup>、闫柏琨<sup>1</sup>、郭艺<sup>1</sup>、白娟<sup>1</sup>

1. 中国自然资源航空物探遥感中心； 2. 自然资源部国土遥感卫星中心；

3. 北京大学 4. 北京航空航天大学

针对国家矿产资源勘探和生态环境监测的重大需求，以铜元素为例，围绕植被冠层、土壤表层、土壤 B 等，探索性地开展植被覆盖区地球化学信息反演研究。针对不同的植被理化信息，优选出可以精确反演植被各理化信息的敏感光谱特征参数及最佳光谱指数，采用不同的反演方法，构建了植被冠层理化信息（叶绿素、氮素、水分）的高光谱遥感反演模型。提出了一个铜胁迫叶片光谱的反射率新模型（PROSPECT-5Cu 模型）；基于多种植被指数（REP、OSAVI、NDVI、RVI、DVI 等）和土壤 PH 值，构建了融合多元参数的矿区植被冠层铜元素含量遥感反演模型。对土壤中元素的分配、元素迁移成晕的方式、次生晕的特征及控制因素等进行了详细分析，探索性地建立了表层土壤铜元素反演指数、B 层土壤铜元素反演模型，初步实现了植被冠层、表层和 B 层土壤 Cu 含量的反演。以德兴铜矿区为试验区，基于模拟的高光谱数据，提取了植被理化信息、冠层元素信息，获得植被覆盖区地球化学信息分布情况，初步归纳形成了基于 GF-5 卫星数据进行植被覆盖区冠层元素反演的技术流程。

# 干旱区土壤盐渍化高光谱遥感应用

丁建丽

新疆大学

土壤盐渍化是土地退化的主要形式，直接造成粮食减产和生态环境恶化，严重阻碍可持续发展目标。高分-5号高光谱卫星监测具有“图谱合一”的特点，适合大尺度监测土壤盐渍化显性特征。然而，高分5号对于“隐性”土壤盐渍化定量监测仍需挖掘，因此亟需评估高分5号定量估算土壤盐渍化的潜力。为此，我们通过两景高分-5号高光谱数据，利用分数阶微分技术挖掘高光谱信息，借助最优光谱指数模型提出基于高分-5号的土壤盐分光谱指数，通过多种机器学习算法构建土壤盐分高精度反演。结果表明：高分5号高光谱数据与盐分的敏感波段超出了常见多光谱卫星，分数阶微分技术提高光谱与土壤盐分相关性7%以上；所构建的三维光谱指数比二波段和单波段光谱信息更敏感，相关性提高10%；比较不同机器学习智能算法，决策融合集成模型因采用多个机器学习模型集成，其估算精度最高。整体而言，高分-5号估算土壤盐渍化具有较高潜力，反演精度高于现有常见的光学卫星。

## 分会主题 成像光谱对地观测-2

### 基于无人平台的高光谱成像技术研究及应用

薛庆生（中国海洋大学）

### 高光谱遥感图像信息提取的深度学习方法

高连如、张兵

中国科学院空天信息创新研究院

高光谱遥感是对地观测的重要手段，如何挖掘高光谱遥感图像中蕴含的空间和光谱等特征并从中提取出地物类别和人工目标等信息一直是一个热点方向。随着大数据和人工智能技术的飞速发展，面向高光谱遥感信息提取的深度学习方法在近几年得到了快速发展，深度学习基于目标函数可以自动提取出数据集的本征特征，通过逐层组合实现复杂非线性函数的逼近，学习到的特征相比人工设计的特征往往具有更好的效果，以数据驱动为核心的深度网络为解决高光谱遥感图像高精度的智能信息提取提供了新方向和关键技术支撑。本报告围绕高光谱遥感图像信息提取的深度学习方法，介绍近年来发展的一些新技术，具体概括为四个方面，分别为高光谱遥感图像超分辨率、地物分类、光谱解混和目标探测。

### 遥感时空融合研究前沿进展

李军<sup>1</sup>、李云飞<sup>1</sup>、蔡润林<sup>1</sup>、贺霖<sup>2</sup>、陈晋<sup>3</sup>、Antonio Plaza<sup>4</sup>

1. 中山大学； 2. 华南理工大学； 3. 北京师范大学； 4. University of Extremadura

时空融合旨在生成兼具高空间分辨率和高时间分辨率的遥感图像。目前最常见的研究是将 MODIS 的高时间分辨率图像与其他空间分辨率更高的遥感图像（如 Landsat 或 Sentinel-2）进行融合。当前的时空融合方法通常将上采样的 MODIS 图像与高空间分辨率图像进行融合，这导致了两个问题。首先，由病态的上采样过程引起模型不确定性误差将传播到融合结果中，导致空间和光谱失真。此外，由于传感器特性差异，上采样的 MODIS 图像的空间细节可能与高空间分辨率图像的空间细节明显不同。本研究提出了一种新的基于线性回归的时空融合策略（LiSTF），采用 MODIS-like 图像重建缺失的高空间分辨率图像，从而减少模型的不确定性误差且更好地保留空间信息。MODIS-like 图像是通过下采样的高空间分辨率图像构建而来的。实验中用了两个公开可用的 Landsat-MODIS 图像数据集和一个 Sentinel-MODIS 图像数据集，结果表明，我们新提出的 LiSTF 方法可以显著提高时空融合的定量和定性效果，特别是在保留空间信息上表现更为出色。

# 高光谱图像跨场景分类

李伟

北京理工大学

高光谱图像跨场景分类是目前遥感对地观测的主要挑战之一，即考验模型在不同场景下的迁移能力。本次报告关注在跨域分类过程中存在的域间光谱反射率偏移问题，以传统的领域自适应方法和基于图卷积网络的迁移学习方法为例，就如何有效的减小因季节天气等原因造成的光谱偏移进行探讨。针对传统领域自适应方法中域间共享子空间假设不成立的问题，提出了一种判别协同对齐（DCA）领域自适应方法，设计两个子空间投影，并进行子空间与数据分布的协同对齐，进一步改善了单一对齐方式的不足，增强算法适应性。此外，针对基于卷积神经网络（CNN）的跨域方法缺乏对地物间拓扑结构信息使用的问题，提出了一种拓扑结构与语义信息迁移网络(TSTnet)，将图卷积网络引入高光谱图像跨场景分类中，提高模型的空间感知能力，并设计了深度语义特征动态构图的方式，实现更准确的特征嵌入和图的构建。

## 高光谱遥感信息质量提升：变分模型和深度学习的结合

袁强强（武汉大学）

## 高光谱遥感的红树林指数构建和应用分析

黄可、杨刚、孙伟伟

宁波大学

红树林作为热带和亚热带海岸带上特有的森林群落，具有独特的生态功能以及重大的社会、经济价值。红树林精确制图对我国红树林生态系统保护和恢复行动有重要意义。传统分类方法依赖大量样本与复杂的分类器，计算效率低且泛化能力不好，不适用于大范围提取红树林。高光谱数据光谱分辨率高，具有数十至数百个波段，相较于多光谱数据更能充分体现出红树林与其他陆地植被的光谱差异。本研究构建了一个新的基于高光谱数据的增强型红树林植被指数（EMVI），利用短波红外波段和绿光波段突出红树林和其他植被的绿度和冠层水分含量的差异。海南、广西、福建、浙江的六个红树林典型分布区被作为研究区，根据野外调查和 Google Earth 高分辨率影像制作样本集（包括红树林、其他植被、非植被）。通过样本集的统计结果来评价 EMVI 与其他植被指数（NDVI、EVI、MSI、MVI、CMRI）对红树林和其他植被的区分能力。利用 EMVI 和 NDVI 通过阈值法提取六个研究区的红树林，然后比较提取结果与现有红树林产品的红树林提取精度。结果表明，EMVI 对红树林和其他植被的区分能力最强，在不同地区都有很好的提取效果，有较好的红树林提取精度。

## 分会主题 微波对地观测前沿技术

### 联合 Sentinel-1 和 AMSR2 监测高分辨率地表冻融

蒋玲梅、王健  
北京师范大学

高分辨率地表冻融状态对研究水文、土壤侵蚀及气候预测等至关重要。目前，大尺度的高分辨率地表冻融监测受限于被动微波遥感的低空间分辨率和雷达遥感的低时间分辨率特点。本研究以东北根河流域为例，提出了结合 AMSR2 被动微波遥感数据和 Sentinel-1 雷达遥感数据的高分辨率（0.01o）地表冻融监测算法。本研究基于 AIEM 模型模拟土壤冻结和融化状态下的主被动微波信号，论证了雷达后向散射系数的冻融监测因子（SSI）和 AMSR2 冻融监测因子(FTI)之间存在较好的相关性。考虑 C 波段雷达信号对植被的敏感性及其对地表冻融的影响，引入 LAI 数据以提高算法的适用性。通过统计回归可建立通过粗尺度被动微波遥感冻融因子 FTI（0.25o）和 LAI（0.01o）估计逐日逐像元 SSI（SSInew，0.01o）的方法，进而监测高分辨率地表冻融状态（F/Tnew）。基于实测 5 cm 土壤温度数据及 ERA5-land 2 m 气温数据评估 F/Tnew 的整体精度分别为 93.15%和 93.99%。以实测 5 cm 温度进行评价显示 F/Tnew 的整体精度较 Sentinel-1 0.01o 冻融监测结果提升了 3.74%，达到了 94.78%；较 AMSR2 0.25o 冻融监测结果提升了 0.14%，达到了 93.15%。新算法不仅提升了现有产品精度，并且提升了地表冻融产品的空间分辨率，对于小尺度应用有着巨大的潜力。

### 东北地区积雪参数被动微波遥感反演

李晓峰、王广蕊、陈秀雪、卫颜霖  
中国科学院东北地理与农业生态研究所

积雪在气候、水文和生态系统中起着重要作用。随着遥感技术的迅速发展，被动微波遥感已经具备在全球和区域尺度上准确监测地表参数的能力。被动微波遥感可以全天时、全天候的对地观测，且对多种地表要素特性十分敏感，特别是对积雪参数，它已经被广泛地应用在全球积雪监测和定量反演之中。但是，被动微波在进行积雪参数的反演中常常受到多因素的影响，例如积雪特性的变化、积雪下垫面类型、地形等都会对被动微波辐射计接收到的辐射信号产生干扰，进而引起积雪参数的反演误差。东北地区是我国三大积雪区之一，土类覆盖类型复杂，主要包括农田、草地、森林等，这对积雪参数的反演造成了严重的挑战。本文基于微波辐射传输理论，通过考虑多因素对被动微波的影响，进而克服被动微波遥感在东北地区积雪参数的反演的困难，发展一套考虑多因素影响的适合东北地区雪深反演的算法，对于东北地区的积雪特性、辐射传输过程以及本地化的雪深遥感数据产品的生成具有借鉴意义。

# 积雪微波辐射计综合观测试验

戴礼云、车涛

中国科学院西北生态环境资源研究院

2015年11月-2016年3月在阿勒泰国家气象站开展了一个冬季的微波辐射计积雪综合观测试验。此次试验的目的是理解积雪特性对微波辐射的影响，优化积雪微波辐射传输模型，改善雪深反演算法。观测内容包括L、K和Ka波段垂直极化和水平极化6个通道亮度温度，积雪分层特性（积雪分层、分层密度、粒径、形态、湿度、温度），以及风温湿压等气象要素。其中6个通道的亮度温度数据由地基微波辐射计自动获取，记录频率为每分钟。积雪分层特性人工观测，观测时间为当地时间每天早上8:00-10:00。但积雪温度数据利用温度传感器自动观测，记录频率为每分钟。其他风温湿压数据由气象站提供。本研究将对试验各参数的观测过程和获取的数据进行详细介绍，分析一个积雪季节内积雪微波辐射亮度温度随积雪特性和环境变化的变化规律；对比分析利用多层积雪微波辐射传输模型模拟的亮度温度和地基微波辐射计观测的亮度温度。所有数据通过规范化整理，最终获得一套完整的整个冬季的积雪特性和微波亮温数据集。该数据集可用于积雪特性的演变分析、积雪特性对微波辐射的影响以及下垫面特征对微波的影响研究。规范化数据集已在国家青藏高原科学数据中心发布。

## 多入射角、多时相极化 SAR 观测在农作物区土壤湿度反演中的应用与分析

时洪涛、杨杰、李平湘、赵伶俐

武汉大学

土壤湿度是地表环境的重要参数之一。大范围、准确获取其时、空分布信息对农作物生长监测等应用具有重要意义。极化合成孔径雷达具有分辨率高、穿透性强、对地表介电特性敏感等优势，其多时相、多角度、多极化观测能够为土壤湿度反演提供丰富的观测信息。在 SAR 土壤湿度反演研究中，有限的 SAR 观测信息导致的病态反演问题会给地表介电常数的解算带来不确定性；且受植被覆盖的影响，反演精度并不理想。本研究从 SAR 多维度观测融合的角度出发，通过引入多入射角、多时相极化观测数据，来解决土壤介电常数的欠定解算问题；同时，联合 X-Bragg、改进的双次 Fresnel 和自适应体散射(GVSM)模型构建多维度极化目标分解模型，实现地表、植被散射的准确解耦，进而降低植被覆盖对反演精度的影响。本文以加拿大 Winnipeg 农作物区为例，利用 SMAPVEX12 实验项目的 L 波段全极化 UAVSAR 数据，开展了小麦、大豆、油菜、玉米等作物区的土壤湿度反演研究工作，利用地面站点实测数据（地表 0-5cm 深度）验证了本文算法的有效性（ $RMSE \leq 6.0\% \text{cm}^3/\text{cm}^3$ ）；并针对农作物覆盖变化和模型参数设定等因素对算法的局限性进行分析。



# 多空间尺度差分改正 InSAR 大气相位延迟算法

于志刚<sup>1,2</sup>、黄国满<sup>1</sup>

1. 山东科技大学; 2. 中国测绘科学研究院

大气相位延迟是影响 InSAR 山区地表形变监测精度的重要因素之一,通常将大气相位延迟与高程近似为一个线性关系来估计并改正大气相位垂直分层部分。但是,由于受到大气水平变化的影响,干涉图中还存在水平空间线性变化的相位部分,影响了大气垂直分层参数的估计。针对这一问题,本文建立了一种三分层经验模型,将大气相位延迟分为垂直分层部分、水平线性变化部分和随机部分,然后提出一种多空间尺度差分算法(A Multi Spatial Scale Difference, MSSD)分离大气相位垂直分层部分和空间线性变化部分,并利用估计的参数分别对这两部分进行改正。通过选取相位与地形高程相关性不同的三幅 SAR 卫星干涉图实验,结果表明,相对于线性模型,本文提出的模型和算法具有更好的改正效果。

# HY-2B 辐射计陆表交叉定标及雪水当量反演研究

陈权<sup>1</sup>、高硕<sup>1</sup>、李震<sup>1</sup>、周武<sup>2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 国家卫星海洋应用中心

由我国自主研制的海洋动力卫星HY-2B于2018年10发射,其设计使命是用于测量海表面的风场、浪高等海洋动力学参数。该星搭载的有效载荷为工作频率在6.9GHz(H/V)、10.7GHz(H/V)、18.7GHz(H/V)、23.8GHz(V)和37GHz(H/V)的卫星辐射计,这与国际上已运行多年、用于获取大尺度雪水当量信息的AMSR-E和AMSR2波段设置相似。探索HY-2B数据的陆地应用潜力,拓展国产海洋动力卫星的陆表监测能力,在国家大力倡导海陆统筹和资源共享的背景下,具有重要的科学价值和研究意义。在轨测试期间, HY-2B数据的初步处理结果表明,海洋数据上获得的定标因子并不适用于陆地数据的标定,这源于相比于较为单一的广阔海洋,陆面目标具有数据动态范围大、空间异质性强、影响因素复杂多样的特点。本研究基于HY-2B已在轨运行两整年的监测数据,利用星载数据交叉定标的方法,利用长时序的AMSR2数据,对HY-2B各波段陆表亮温进行了校正,并在这些校正数据的基础上进行了陆表雪水当量参数的反演和交叉验证。结果表明, HY-2B数据可以有效应用于陆面雪水当量参数的提取,相关研究结论将拓展海洋遥感卫星的应用领域和效能,促进海洋卫星事业的发展。

## 分会主题 高光谱成像激光雷达技术和应用

### 高光谱对地观测激光雷达技术应用及其发展

龚威<sup>1</sup>，史硕<sup>1</sup>，宋沙磊<sup>2</sup>，牛铮<sup>3</sup>，王成<sup>3</sup>，管海燕<sup>4</sup>，李伟<sup>5</sup>，高帅<sup>3</sup>，林沂<sup>6</sup>

1.武汉大学；2.中国科学院精密测量科学与技术创新研究院；3.中国科学院空天信息创新研究院；4.南京信息工程大学；5.北京航空航天大学；6.北京大学

面向全天时空间三维-光谱信息一体化获取的应用需求，高光谱对地观测激光雷达探测技术应运而生，高光谱激光雷达结合了高光谱成像与激光雷达测距的技术优势，可实现高空间分辨、高光谱分辨的地物光谱与测距信息一体化全天时成像探测能力。通过针对性增加激光探测波段，兼具较好的三维空间及光谱同步探测能力，其可在一个激光脚点同时实现多谱段数据获取，真正实现空谱合一，还具有全天时探测能力。回顾“双波长-多光谱-高光谱”的发展过程，初期双波长激光雷达系统的研制，验证了增加探测波段对激光雷达光谱信息获取能力提升具有重要意义。多光谱激光雷达系统的发展，在更好一体化表征地物属性方面取得阶段性进展。而几十个甚至更多谱段的高光谱激光雷达系统可提供更强的光谱探测能力，有望实现对可见-近红外更宽的光谱覆盖以及更高的光谱分辨能力。与被动光学遥感“全色-多光谱-高光谱”发展历程相似，对地观测激光雷达也正在经历“单波长-多光谱-高光谱”发展过程，并且高光谱激光雷达已在测绘应用、农林业应用等领域展现了巨大潜力，将成为未来遥感技术发展的重要方向。

### 全天时高光谱全波形激光雷达研制及性能测试

吴德成（中国科学院合肥物质科学研究院），刘东，钱立勇，周晓军，钟刘军，魏巍，  
史硕，宋沙磊，龚威，王英俭

### 全波形高光谱激光雷达数据处理中若干技术问题与对策的探讨

刘正军（中国测绘科学研究院），陈一铭，龚威，李小路，邬建伟，  
林祥国，斯林，王庆栋，徐胜华

# 高光谱激光雷达的科学探索应用：立木的睡眠特征？

林沂（北京大学）

## 高光谱激光雷达提取植被生化特征三维分布和应用

高帅（中国科学院空天信息创新研究院），牛铮，孙刚，毕恺艺，张昌赛，白杰

## 高光谱激光雷达波段选择机理研究

史硕<sup>1</sup>，龚威<sup>1</sup>，孙嘉<sup>2</sup>，张洪艳<sup>1</sup>，杨健<sup>2</sup>，杜霖<sup>2</sup>，王威<sup>3</sup>

1. 武汉大学；2. 中国地质大学（武汉）；3. 中南大学

作为一种新型的遥感技术手段，主动式高光谱激光雷达成像技术在一台设备上融合了高光谱成像与激光雷达测距的技术优势，可实现对目标空间三维-光谱信息的高分辨率一体化同步获取，成为国内外研究热点问题。而面向目标真彩色三维成像以及植被定量遥感应用需求，需解决高光谱激光雷达成像技术关键理论方法研究，重点研究高光谱激光雷达波段选择最佳探测波段选择及应用方法。面向真彩色三维成像应用，联合最佳指数和光谱相关性度量方法，构建真彩色定量评价体系对真彩色成效效果进行评估，遴选出高光谱激光雷达真彩色目标成像最佳波段组合。此外，提出了一种基于 HSI 色彩空间的成像分类方法，先由 RGB 色彩空间转换为 HSI 色彩空间后再实施目标识别分类，可有效改善由于激光入射角度引起的目标误判，提高目标成像分类识别精度。针对植被定量遥感应用，发展了基于 PROSPECT 模型的波段选择理论，通过开展面向不同植被生化参数的综合敏感性分析与空间自相关分析，可选择出用于植被生化参数高精度定量反演的最优波段组合。相关理论方法研究，可为高光谱激光雷达系统设计及未来应用提供理论指导与方法参考，促进高光谱激光雷达在目标成像及植被定量遥感领域的应用。

## 分会主题 激光雷达对地观测

### 激光雷达技术在森林碳汇估算中的应用

邢艳秋（东北林业大学）

### 激光雷达在亚热带森林精准培育和可持续经营中的应用

曹林

南京林业大学 南方现代林业协同创新中心，江苏南京 210037

中国是全球人工林面积和林产品生产第一大国，但木材供需仍不平衡，对外依存度高。同时，我国也面临着木材安全、生态安全、绿色发展等重大课题，迫切需要在充分利用有限林地、环境、人力等的前提下，更为科学、高效地培育和监测森林资源。全面提升森林资源培育和科学化管理水平离不开智能、精准的森林资源培育和监测技术。激光雷达（Light Detection And Ranging, LiDAR）是一种通过激光传感器发射脉冲并获取地物返回信息的主动遥感技术。LiDAR 抗干扰及穿透能力强，可获取丰富、精细的森林空间立体结构及返回能量信息，实现多尺度的树高、冠幅、胸径、株数、蓄积量等林分结构参数的精准量测，也可以有效提取叶长、叶宽、叶倾角和叶面积等单木表型参数。本研究以我国亚热带地区的典型森林类型为研究对象，综合利用机载和近地 LiDAR（并联合高光谱等光学遥感技术），结合遥感反演模型、辐射传输模型及生理过程模型对森林结构参数、林木表型参数（叶面积、叶倾角和叶方位角等）和生理参数（叶绿素、类胡萝卜素含量）等进行单木-林分尺度的高精度估测，同时还对林分生长过程进行了预测，并探索了不同培育模式对林分生长规律的影响。通过不断深入应用 LiDAR 等新型遥感技术，将有利于构建从土地适应性评价、生理生态模拟到辅助林木育种、长势和健康状况监测等一体化、智能化、精准化的森林培育与监测新体系。

### 联合 GEDI 和 ICESat-2 数据的中国森林高度制图

苏艳军（中国科学院植物学研究所）

## 多源卫星激光测高数据极地应用探讨

李国元, 张帅台, 郭金权, 朱思奥

自然资源部国土卫星遥感应用中心, 兰州交通大学, 北京国测星绘信息技术有限公司

南极、北极和以珠穆朗玛峰为代表的青藏高原地区被称为地球的“三极”, 三极区域冰的变化是全球气候变化的重要指示器和放大器。卫星激光测高数据在冰盖测量、海冰厚度、冰川变化、极地地形等方面能提供高精度观测数据。报告将主要介绍课题组基于高分七号、ICESat/ICESat-2 卫星激光测高数据, 在第三极青藏高原冰川高程变化监测、南极冰裂隙三维形态提取与变化监测方面的应用研究进展, 为未来开展国产激光测高卫星数据极地应用提供参考。

## 高分辨率森林垂直结构参数区域制图

黄文丽、闵万坤

武汉大学

森林垂直结构是生态资源评价和生态系统建模的重要指标参数, 可通过实地调查、近地面遥感观测等方式获取, 但传统调查方法存在采集成本高、时效性低和区域空间不连续等问题。本研究结合 Landsat、Sentinel-1 和 PALSAR-2 等主被动遥感数据, 以全球生态系统动力学调查 (GEDI) 激光雷达足印植被结构指标为参考, 评估多元线性回归 (MLR)、支持向量机回归 (SVR) 和随机森林 (RF) 等统计与机器学习方法, 在武汉城市圈和湖南西部测试绘制区域植被冠层高度, 并利用实地调查和已有植被结构产品对模型预测值和区域制图结果进行精度验证。在武汉城市圈的训练和测试中, 表现最佳均为 RF 模型 ( $R^2=0.93$ ,  $RMSE=2.3m$ ;  $R^2=0.31$ ,  $RMSE=4.5m$ ), 其次为 MLR 模型 ( $R^2=0.37$ ,  $RMSE=5.0m$ ;  $R^2=0.26$ ,  $RMSE=5.5m$ ); 该区域森林冠层高度范围为 4m-22m, 平均高度 13.8m, 标准差 3.7m。研究表明以卫星足印采样高度为参考, 利用多源遥感数据可对区域森林冠层高度进行估算与制图, 具有较大应用潜力。

## 基于 ICESat-2 数据的植被参数反演

聂胜 (中国科学院空天信息创新研究院)

## 分会主题 虚拟地理场景与数字孪生

### 实景三维空间信息平台与数据孪生铁路

朱庆

西南交通大学地学院

数字孪生是铁路信息化的重要标志，也是建设智能铁路的新途径，实景三维空间信息平台是支撑数字孪生铁路的关键基础设施。报告重点介绍了铁路全域范围全要素全生命周期及其相互作用关系的统一表达、来自物理世界和信息世界的多粒度多模态时空数据高效组织管理与高性能增强现实可视化分析、多层级多专业有机协同、云边端资源优化调度等关键技术，结合川藏铁路的规划设计、施工建设和指挥调度等多层级多专业协同应用进行了案例分析，强调了基于实景三维空间信息平台有机融合 BIM 信息，实现铁路与地理地质环境、人员、机械、物料以及灾害风险等的一体化整体治理。数字孪生铁路不断汇聚的时空大数据为铁路全生命周期管理提供了变革性的技术手段。

### 泛化点云的场景认知与实景建图

刘春、吴杭彬、贾守军、艾克然木、黄炜、陈莉

同济大学 测绘与地理信息学院

智能机器人工作场景、无人驾驶场景、智慧城市等典型人机物三元融合场景，因其高度复杂、强不确定性、持续动态演化的场景特性，对空间观测智能化水平与人机交互质量提出了更高的要求。为此，首先提出了泛化点云是由多传感器、多尺度、多时相遥感观测手段获取的，具备空间位置、物理属性、时间序列和同步辅助信息的高维点集，具有时间上连续、空间上泛在和物理上可解释的特点，蕴含场景在特定空间参考系描述下的要素状态、语义关联、事件演化、场景变化等知识。在此基础上，聚焦泛化点云的场景语义认知基础问题，提出通过高维张量空间对物理环境在有效认知空间进行转换，讲述物理环境的泛化点云在新有效认知空间与要素语义知识的关联机制，给出泛化点云认知研究的逻辑思路。此外，将围绕泛化点云对物理环境新认知空间中独有的基础性技术突破，探讨泛化点云的韧性学习机制，面向泛化点云高并发计算的效率、收敛和优化技术等，以全面提升泛化点云运算效率和质量。最后，重点针对典型的室内外复杂场景，讨论如何开展基于高精度语义认知与建图，以实现基础研究和应用研究的衔接。

# 地理场景声光电磁数据采集及分类打标签

叶春、闫国年

南京师范大学

人类文明使得地球声光电磁环境发生了巨大变化。声光电磁环境是重要的人居环境，是地理场景重要组成部分。通过智能手机及外置微传感器背夹，专业传感器及车载系统的系列硬件设备，可动态获取地理场景中的声光电磁环境数据并上传服务器。后台智能化数据库计算引擎，可依据科学的分类方法，进行深度学习并自动识别地理场景要素内容，结合现场数据的高精度定位定姿属性，完成采集样本打标签工作。具体处理流程：数据信息经过前后景分离模块分离出信息和噪声，然后场景要素模块深度学习训练，按照自然地理视角、人文地理视角、信息地理视角和综合视角分别对各片段场景信息打标签。手机作为重要的地理场景要素获取设备，手机用户未来既是地理场景数据的采集者又是使用者和受益者。手机自带定位定姿传感器，但是采集精度不高。本文介绍了一套自主研发的高精度定位定姿、智能化手机背夹硬软件设备，可以完成声、光、电磁地理环境数据采集。

# 数字孪生道路建设关键技术

董震

武汉大学

目前数字孪生道路建设存在数据采集门槛高、复杂道路场景理解难、三维基底重建精细度低、交通状态精准映射难等关键技术“卡脖子”问题。针对以上技术瓶颈，本项目拟汇集车载移动测量和路侧感知设施等采集的点云、图像、视频等多模态数据，重点研究联合关键点检测和描述的多模态数据高精度融合、结合多任务深度学习的大规模道路场景细粒度理解、面向数字孪生道路的全要素三维基底构建与态势感知等关键技术；形成融合多源数据的道路场景全息感知与精准认知深度学习理论框架，在统一网络框架下实现多模态数据融合、多层次场景理解和动静态要素孪生建模，提升数字孪生道路建设的自动化、智能化水平，服务于“两新一重”建设和交通强国战略。

# 基于“过程-事件”的地理场景动态演化模型构建与空间推理

黄毅<sup>1,3</sup>、盛业华<sup>2,4,5</sup>、何育枫<sup>2,4,5,6</sup>、苗立志<sup>1,3</sup>、闵祥强<sup>2,4,5</sup>、秦佳睿<sup>2,4,5</sup>

南京邮电大学地理与生物信息学院； 2. 南京师范大学地理科学学院； 3. 江苏省智慧健康大数据分析与服务工程实验室； 4. 虚拟地理环境教育部重点实验室； 5. 江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心； 6. Department of Geoinformatics - Z\_GIS, University of Salzburg

传统 GIS 基于还原论思想认知地理环境，侧重于表达单个地理要素的几何、位置与属性特征，对地理要素关系的刻画更多局限于时空拓扑关系，难以描述地理场景的层级结构及场景中不同要素间的其它复杂关系，进而导致其在动态模拟、地理因果关系推理方面能力不强。本文通过深入剖析地理场景的内涵、组成要素与复杂关系，挖掘地理过程与地理事件在不同时间粒度下的联系，发展地理场景模型框架，提出以“过程-事件-状态”为核心的时空动态表达模型。该模型以地理过程为纽带，关注地理事件变化，认为地理事件是地理场景中不同要素因果变化的驱动力，将事件类型与触发条件置于在地理状态中，并进一步通过已构建的复杂关系，通过 Neo4j 图数据库实现地理场景的时空推理。基于此，以台风事件为例对其演化过程动态模型进行表征，并通过一系列复杂查询验证了该模型在空间推理与动态建模的可行性。

## 沉浸式全景球体环境中的海洋信息可视化

马颖、田丰林、刘文、唐蓦然、李金雨、陈戈

中国海洋大学信息科学与工程学部海洋技术学院

本文提出了一种新的沉浸式全球地理信息可视化方法—全景球体。全景球体与星空类似，其视角位于地球内部，可以通过旋转头部观察到地球全貌。本文探讨了在虚拟现实场景中渲染地理信息的三种地球可视化方法，比较了地球体、平面地图和全景球体，分别对比了距离任务、区域任务、方向估计任务、海洋标量场感知任务和海洋矢量场感知任务下的可视化效果。关于距离任务，实验结果显示全景球体比地球体表现好，准确率更高，所需时间更少。关于区域任务，实验结果显示全景球体比地球体和平面地图表现好，所需时间更少。关于方向估计任务，实验结果显示全景球体更有优势，不管是准确率还是所需时间方面。关于海洋标量场感知任务，可视化效果展示沉浸式全景球体环境中的海洋标量场可视化效果最好，与平面地图相比，可以准确映射温盐场的异常，不会发生扭曲现象。关于海洋矢量场感知任务，可视化效果展示沉浸式全景球体环境中的海洋矢量场可视化效果最好，与地球体相比，全景球体可以动态显示流线运动的全过程。在所有三种可视化中，研究参与者最喜欢全景球体这种观察方式，在任务的可读性、任务的自信度等方面都位于前列。总的来说，为在混合现实中使用全景球体进行地理可视化提供了支持。



# 分会主题 BIM/CIM 信息模型与虚拟地理环境系统

## CIM 的定义与能力

宋彬（北京飞渡科技有限公司）

## 城市信息模型（CIM）的实践

杨滔

中国城市规划设计研究院

城市信息模型（CIM）平台成为《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》议题之一，住房和城乡建设部也给出了相关定义，即以地理信息系统（GIS）、建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）等技术为基础，整合城市地上地下、室内室外、现状未来多维信息模型数据和城市感知数据，构建起三维数字空间的城市信息有机综合体，并依此规划、建造、管理城市的过程和结果的总称。本文以雄安新区的 CIM 平台为例，探索城市信息模型在规建管全生命周期的应用，并强调空间编码体系是城市信息模型进行时空化的基石，以此搭建宏观、中观、微观不同尺度的空间模型之间的互动，试图去揭示不同尺度的城市空间机制，以推动城市的空间决策；同时，本文强调了数据、模型、应用之间的互动关系，强调以应用来重新组织数据结构，创新模型建设，以此搭建开放式的城市信息模型平台。

## 基于施竣工数据的建筑物三维建模方法

周良辰、林冰仙、闫国年

南京师范大学

建筑物具备天然的立体特性，在三维空间中对其进行准确刻画是当前城市地上地下综合开发的核心问题。国内外学者已经提出多种不同的建模方法，旨在解决复杂建筑物的室内外一体化三维建模问题。这些建模方法多侧重于建筑对象的几何建模，难以描述建筑对象的语义信息、属性与关系信息，更难以表达建筑对象背后的产权管理信息，无法完整重构建筑信息与产权信息，不利于数字城市的精细化管理。针对以上问题，本文提出了以建筑施竣工数据为数据源，以知识规则与深度学习技术为驱动的建筑物三维建模方法。该方法能够正确重建各类建筑对象和产权对象的语义、位置、几何、属性、关系和过程信息，并输出为 BIM 领域常用的 IFC 格式，为数字城市建设与运维管理提供技术支持。

## 城市空间数字底座数据获取方法

郭王、冯育涛

上海华测导航技术股份有限公司

智慧城市当前已经成为推动城市经济发展和城市治理的重要手段，数字经济的发展、“科学化、精细化、智能化”的城市治理都迫切需要原有的二维空间数据向三维数据转变，形成内容更加丰富的空间数字底座去承载日益增多的城市管理的业务数据，为智慧城市服务。本文针对现有城市环境复杂、传统空间数据获取方法效率较低、数据收集不全的问题，提出了基于激光雷达与影像的天地水一体化的获取城市空间数据的方法；并针对城市特点，对该方法进行了数据采集效率和精度上的优化；并提出了一种基于激光雷达点云数据快速提取的新思路，建立了完整的针对城市空间数字底座的三维矢量数据和实景模型数据的获取流程，并在上海、天津、贵阳、长沙等城市进行了实际验证，为城市空间数字底座的搭建提供了新方法。

## 基于数字孪生模型定义的机场实验平台

齐焕然、王雪峰、韩静霆、李品

北京博能科技股份有限公司

机场在运行过程中，不但涉及到人、车、航空器的运行，还包括一些机械设备的运行，环境比较复杂，同时各个部门业务交叉，难以协调，因此非特殊情况下，一般很难进行技术方案的实验验证。随着四型化机场的发展，一些新技术、新方案（例如未来可预见的无人驾驶技术在机场的应用）即将应用到机场中，但由于没有一个真实的可供验证的机场，往往使这些新技术、新方案无法得到充足的验证，安全性难以得到评估，从而阻碍四型化机场的发展。该平台通过利用数字孪生技术，将机场的运行环境（航空器、车、人、设备等）和运行状态信息（航班流、旅客流、运行规则、资源调度等）进行参数模型化，使用户只需要进行简单的参数配置，即可获得一个真实运行场景复刻的机场环境，为设计者、开发者、学习者、运维者提供设计方案、算法、参数等的验证平台，科学评估资源容量和优化运行效率。

# 建筑物多细节层次模型表达与构建

史云飞、张玲玲、孙花生、吕春光

临沂大学

智慧城市已经构建了海量建筑物模型，然而，它们绝大多数是表面模型，没有内部结构，无法开展室内应用，怎样在表面模型中直接重构室内三维模型是亟待解决的一个难题。本文以表面模型、CAD 楼层平面图和立面图三种数据源为基础，研究了基于“表面-平面-立面”相集成的室内模型三维重构方法。通过识别 CAD 楼层平面图的轴网，获取楼层平面图的同名点，将它们变换到同一空间参考下。识别立面图的轴网和标高，为楼层平面图分配高程。集成立面图与表面模型，将立面图标高信息传递给表面模型，切割表面模型形成楼层段。投影第一层楼层段模型，并提取其边界以及第一层楼层平面图的边界，采用局部边界相似性匹配搜索二者同名点，实现平面图与表面模型的集成。在三者集成基础上，开展室内三维模型重构。识别 CAD 平面图各层建筑部件，利用平面图与立面图中建筑构件的对应关系，为平面图外围建筑构件分配拉伸间隔；通过族类表为平面图内部建筑构件分配拉伸间隔。引入广义拉伸，重构室内三维模型。解决在表面模型中直接重构室内模型的难题，为数字/智慧城市建设提供理论支持和技

术支撑。

## 分会主题 空间地球大数据

### 全球变化背景下的海洋水文灾害与智能预测

仇天宇

广东海洋大学

全球大部分海洋均显示出无可置疑的变暖趋势，中国近海海温的上升幅度和速率均超过全球平均，未来全球大部分海洋继续呈增暖趋势。20世纪以来，全球平均海平面上升了19cm，上升速率为1.7mm/a，2019年为有卫星观测记录以来的最高值，中国近海海平面上升速率高于全球平均水平，1980-2019年上升速率为3.4mm/a。近20年来，世界范围内海洋灾害频发，累计死亡人数超过35万人。以风暴潮为代表的海洋灾害在全球变化背景下呈现了一些新特点。针对海洋灾害开展海洋环境监测预警和风险评估是防范、减轻海洋水文灾害，甚至利用气候变化的有效手段，传统的综合分析预报向人工智能和深度学习技术应用转化，目前仍然以海洋数值模拟为主，不仅是预报方法，而且是大数据的来源，人工智能在海洋水文预测预警中取得了初步的成功案例，

### 大数据时代下上层海洋水色卫星遥感应用初探

陈双玲<sup>1</sup>、Chuanmin Hu<sup>2</sup>、柴扉<sup>3</sup>、余晓磊<sup>1,4</sup>

1. 自然资源部第二海洋研究所, 卫星海洋环境动力学国家重点实验室; 2. University of South Florida; 3. University of Maine; 4. 上海交通大学海洋学院

随着海洋信息化的发展和各类探测设备的不断进步，导致海洋数据体量爆炸性增长，海洋领域亦已进入大数据时代。陆基、海基、空基等海洋感知和探测技术正在向着自动、长期、实时观测和高分辨率方向发展，形成从空间、沿岸、水面、水下、海床的立体多学科观测。各类海洋大数据应用技术也成为海洋科学研究的关注焦点。路基和海基观测平台能够提供准确的海洋环境观测数据，但是其时空覆盖范围还很受限。空基的卫星遥感技术能够提供近实时的大面积、长时间序列的观测，但是其观测的海洋环境参数需要具备一定的电磁波信号特征。本文就水色卫星遥感数据的应用进行了初步探讨。针对海表盐度，海表二氧化碳分压，海表硝酸盐浓度等不具备可见光学信号的环境变量，结合陆基、海基、空基平台各自的观测优势，以实例展示水色卫星遥感在这些环境参数反演方面的拓展应用。

# 深度学习在物理海洋学中的应用

王久珂

国家海洋环境预报中心

海浪作为海洋表面最重要的海洋动力现象，对于海流、海洋上层结构以及海气相互作用等相关领域的研究具有重要价值。因此，对海浪准确的观测与预报不仅对于海上活动人员生命安全及海洋经济发展是极为重要的，对于海浪预警技术以及海洋学相关研究也具有非常重要的意义。针对目前海浪遥感中空间覆盖率低的领域痛点，提出并基于深度学习技术实现基于我国海洋卫星多载荷融合的宽刈幅海浪有效波高算法，将海浪遥感从一维“点/线”观测拓展为二维“面”观测，能够有效的提高海浪数值同化分析场精度，提升了海洋卫星海浪遥感的效能。针对目前海浪数值预报计算时间较长的局限，研发了基于深度学习技术的数据驱动的海浪预报模型，即使用深度学习内核替换传统物理模型内核的海浪预报模型，能够在保持与传统物理模型相同或相似输入输出参数的条件与特性下，以低于数量级的运算速度获得理想的预测计算精度。该深度学习使用卷积神经网络架构，基于预报风场与再分析数据开展模型训练。该海浪预报模型能够极大的缩短海浪数值预报运算时间，从而为台风等需要快速响应的我国海浪与警报业务提供支撑。

## 基于生成对抗网络的多时空遥感图像融合

刘鹏（中国科学院空天信息创新研究院）

## 面向全球变化参数产品生产的遥感大数据处理技术

马艳（中国科学院空天信息创新研究院）

## 一种针对遥感大数据的自适应剖分空间编码技术

黄晓辉<sup>1,2</sup>、李家宝<sup>1,2</sup>、阎继宁<sup>1,2</sup>、王力哲<sup>1,2</sup>

1.中国地质大学（武汉）； 2.智能地学信息处理湖北省重点实验室

空间范围查询是支持遥感数据发现的重要手段。通过降维技术将遥感影像从二维空间转换为一维的空间编码，借助空间编码实现空间索引以支持高性能地空间范围查询已经成为一种趋势。该方法的思路是，将遥感影像映射至多层级的剖分地理网格上，使得一副遥感影像能够由一个或多个网格元素组成，

接着通过空间填充曲线遍历网格，获得该幅遥感影像的一维空间编码集合。目前，该方法面临的主要问题是，不同遥感影像所覆盖空间范围的不确定性以及遥感影像的跨边界现象导致的一幅遥感影像可能存在多个空间编码，给空间索引设计带来冗余，降低索引性能。为了解决上述问题，本文首先提出了自适应空间编码方案，该方案结合了 GeoSOT 和 XZ-Ordering，首先根据每一幅遥感影像空间大小自适应将该幅遥感影像映射至某一级网格中，使得该影像只能由一个、两个或四个网格元素组成，其次通过 XZ-Ordering 技术扩展网格元素，为该幅遥感影像生成一个空间编码。另外，本文扩展 Apache Beam，实现空间编码在不同分布式计算框架上的高效生成。本文选取千万条 Landsat 卫星系列元数据作为实验数据，与现有的空间编码方案进行比较以证明本文提出的编码方案的高效性。

## 地理格网模型支持下的轨迹数据存储与索引研究

刘洪、阎继宁、王志鹏、黄晓辉

中国地质大学（武汉）

随着全球定位技术的发展与智能移动终端的普及，轨迹数据在数据体量和覆盖范围上呈现急剧增长的趋势。轨迹数据具有更新速度快、维度特征高的特点，且存在大量可以被挖掘的信息。很多科技公司都会利用这些轨迹数据提供基于位置的服务，比如车辆调度、路况估算等等。然而，海量轨迹数据的存储和查询效率日益成为这些应用的瓶颈，尤其对于大规模时空查询场景。为了解决这个问题，本文设计了基于 GeoSOT-ST 时空编码的轨迹数据存储与索引模型，并实现了基于 HBase/Spark 的时空数据查询技术。首先，形成地理全局时空剖分方案，并结合轨迹数据的分布特点与时间属性合理设置预分区的粒度和分区大小。其次，构建二级索引并设计了基于协处理器 Endpoint 的并行查询算法，实现了轨迹数据的两种常用查询，即时空范围查询和 K 近邻查询。另外，本文以 Spark 为计算引擎，并行完成查询属性条件过滤，有效缓解了因时空索引粗过滤精度不高给查询带来的压力。本文以北京的出租车轨迹数据为实验数据，对存储的预分区策略和索引构建的有效性进行评估，并与以往的查询方案作对比，证明本文所提出方法的高效性。

## 分会主题 对地观测技术在能源与环境中的应用

### 煤炭大数据与价格指数实践与应用

冯雨（中国煤炭运销协会、中国煤炭市场网）

### 面向碳中和与环境协同治理的 AF-Carbon 排放定量研究框架

Jason Blake Cohen

中国矿业大学

二氧化碳（CO<sub>2</sub>）是造成气候变暖的温室气体（GHGs）之一，而甲烷（CH<sub>4</sub>）能以二氧化碳当量的形式体现。此外，一氧化碳(CO)、黑碳(BC)、棕碳(BrC)、甲醛(HCHO)不仅是重要的空气污染物，也能直接或简介地引起气候变暖。为了从系统科学角度统筹考虑碳中和与环境治理的协议效应，本研究旨在定义 AF-Carbon（All Forms of Carbon，基于卫星遥感和地面观测，质量守恒方程）排放定量研究框架，然后基于不同形式“碳”成分（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、CO、O<sub>3</sub>、BC、BrC、HCHO 等）的协同治理路径，研究不同碳中和减排路径下污染物减排场景的差异性及其对减排路径调整的非线性反馈机制（基于排放清单、空气质量与统计模型（贝叶斯、卡尔曼滤波、EOF 等）），研究低碳能源生产消费的水-土环境效应及水-土污染生态低碳协同治理的碳中和效应，研究中国分区域生态、化学及物理协同承载力。本研究从碳中和行动和大气环境综合治理等需求出发，提出碳中和治理可行性路径及其发展的新方法，为协同碳减排和环境治理的碳中和政策路径提供定量的科学支撑。

### 多源卫星资料在地表太阳能和发电量估算中的应用研究

胡斯勒图（中国科学院空天信息创新研究院）

### 中国区域地表太阳辐估算与变化特征分析

王伦澈（中国地质大学）

# 基于多源遥感大数据的草原露天煤矿区生态环境监测

包妮沙<sup>1</sup>、于嘉欣<sup>1</sup>、杨天鸿<sup>1</sup>、刘善军<sup>1</sup>、李辑<sup>2</sup>

1. 东北大学 资源与土木工程学院; 2. 辽宁省生态气象和卫星遥感中心

大型露天矿区违规开采、资源浪费以及生态环境影响已经成为近年来我国社会高度关注的资源问题,尤其在北方干旱半干旱地区,原煤产量占全国 76.8%,其生态环境脆弱,一旦破坏后很难恢复。遥感技术可以实时宏观、动态准确的获取矿区开采及影响范围,为矿区开采优化、生态修复提供依据。深度学习可以利用海量的高分辨率卫星数据来监测露天煤矿区地形、地貌以及采矿活动的动态,本文以我国干旱半干旱新疆、内蒙、陕西等典型露天煤矿区为研究对象,以我国高分二号卫星为数据源,制作包括鄂尔多斯东胜矿区等 120 个典型露天煤矿区的目标检测的数据集及标签;分别使用主流的 VGG16, Resnet50, Resnet101 模型网络测试自制数据集;针对露天煤矿区采场及排土场的纹理、光谱及几何特征,改进基于 Faster R-CNN 目标检测网络的大型露天矿区识别模型,加入特征金字塔模型将露天煤矿的低分辨率的语义层和高分辨率的纹理信息相结合提取矿区特征,将预测标签与真实数据对比,提升识别速度与效率。结果表明:通过改进露天矿区的深度学习模型,预测结果精度达到 95% 以上,实现了露天矿区的智能、自动、快速检测。

# 矿体隐式三维建模与自动更新方法研究及软件开发

郭甲腾<sup>1,3</sup>、王江梅<sup>3</sup>、吴立新<sup>2</sup>

1.东北大学; 2.中南大学地球科学与信息物理学院; 3.东北大学资源与土木工程学院

目前国内外主流矿山三维建模软件的模型更新功能仍以人工交互的显式更新为主,由于操作繁琐造成更新间隔时间长,难以及时满足矿山生产过程中的矿体自动建模、矿量验收计算和模型快速更新需求。本文在详细分析矿体模型几何特征基础上,引入 Hermite 径向基隐函数曲面、多点地质统计学随机建模方法和各向异性椭球体,提出了矿山生产中的实体模型快速自动更新、品位模型局部更新方法。设计开发了基于隐函数和地统计学的矿体模型自动更新原型系统,主要功能包括原始数据导入、数据规则化处理、矿体更新边界自动圈定、矿体显式模型隐式转换、矿区开采局部自动更新、品位边界局部自动更新、模型验证、结果输出、各步骤计算结果的三维可视化与显示控制。面向多个矿山的实际勘探、开采数据开展了三维矿体模型更新实验,并与 SURPAC 软件的矿体实体模型构建、品位模型构建进行了对比。实验结果表明,本文提出的基于隐函数和地统计学的矿体模型自动更新方法,无需人工交互,可实现矿体实体模型自动更新、品位模型的局部更新,可为数字矿山三维地质建模工作提供重要借鉴意义。



## 分会主题 可持续发展大数据管理与云计算

### Curating Big Data on Population and Settlements to Monitor the Sustainable Development Goals (SDGs)

Robert R. Downs, Robert S. Chen, and Alexander M. de Sherbinin

Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), The Earth Institute,  
Columbia University

Spatial data describing population distribution and settlement patterns can be used, either alone or in conjunction with other data products and services such as Earth observations and *in situ* data, to assess progress on implementing the SDGs and to identify where additional efforts could benefit specific groups of people—especially those who might otherwise be left behind. Spatial population data are critical to the development and use of many SDG indicators, especially those based on per capita rates or computed separately for urban versus rural areas. However, to effectively utilize population and settlement data over time in the context of SDG monitoring and decision making, the data need to be curated, effectively managed throughout the data lifecycle, and persistently accessible in an open manner. Furthermore, in light of the interconnectedness of the SDGs, curation of population and settlement data needs to support cross-disciplinary and cross-sector use and reuse, to support consistency in monitoring, targeting, and decision making within and across countries, sectors, and time periods. Supporting long-term transdisciplinary use of population and settlement data, ensuring that these data are Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable (FAIR), clearly communicating their open access status, and describing their quality are essential capabilities that enable diverse users to effectively, efficiently, and transparently apply these data to their pressing challenges. Examples of population and settlement data for monitoring the SDGs are described along with approaches for curating, managing, and disseminating these data as open data for long-term use by diverse user communities.

### SDGs 大数据云服务平台的架构与进展

肖海力

中国科学院计算机网络信息中心

SDGs 大数据云服务平台充分融合高性能计算、云计算、大数据分析、人工智能的先进技术，将存储、计算和网络等基础设施资源集成于一体，同时聚合跨域分布式计算资源，提供统一的计算与存储服务，支撑 SDG 指标评估和监测、数据获取、产品生产和分发共享目标。报告将围绕以数据为中心的平台架构设计、SDGs 特定应用场景优化、高性能计算服务函数等根据需求不断提升用户体验的建设和运行经验。

## 面向按需计算的遥感大数据管理技术及应用

赵江华、王学志、周小华

中国科学院计算机网络信息中心

遥感影像多源异构、数据量大的特点，极大的限制了其在各个领域的应用。为支持用户按需在线读取和处理遥感影像，提高遥感影像的利用率，本文对遥感大数据管理技术进行了研究。为支持数据的并发读写，设计并开发了面向按需计算的遥感影像对象存储系统 DataBox。该系统基于 Ceph 和 librados 存储架构，采用 GeoTIFF 和 DBOX 格式对遥感影像进行存储，并提供支持用户直接对 Ceph 系统中存储的遥感影像构建影像金字塔等操作的命令行工具。同时采用 C++ 开发驱动库，提供数据访问和处理的 Python3 API。为支持数据产品按需生产任务的离线提交和管理，构建面向图像分析的分布式调度系统，兼容流行图像算法库。基于 DataBox 和分布式调度系统，开发 Javascript 版交互编程分析环境。服务器端提供 Python 模型算子集成接口，通过在 python 环境下集成实现数据处理模型和算法，支持用户对遥感数据产品按需生产任务的离线提交和管理。

## 面向 SDGs 的交互式在线分析技术与系统

刘杰、王伟、钟华

中国科学院软件研究所

联合国公开发布的各国 SDG 指标数据存在很大比例的缺失，因为很多国家不具备指标计算的数据和技术条件，需要先进技术和软件的支持。本团队在“地球大数据科学工程”支持下研发地球大数据挖掘分析云服务系统 (EarthDataMiner)，提供了交互式在线分析环境支持科学家团队进行 SDG 指标计算。具体来讲本系统：(1) 提供一个在线代码开发环境，支持 SDG 数据的访问、SDG 数据的加工处理、SDG 指标计算算法的开发调试；(2) 支持将 SDG 指标计算流程发布为一个网页版 web app，支持其他用户无需编写代码，即可选择区域、数据进行在线指标计算；(3) 代码开发及发布的 web app 均支持基于地图的遥感数据和矢量数据的可视化展示与交互式分析。该系统探索了以下关键技术：(1) 如何面向领域设计一套函数库，支持科学家按照习惯的单机版算法开发模式，开发可在大数据平台分布式执行的算法？(2) 如何基于 Serverless 架构支持科学家函数式开发大数据分析的算法，而无需考虑系统资源？(3) 如何支持领域科学家进行多语言多平台算法的共享和集成？该系统已上线运行并支持了多个科学家团队开展 SDGs 产品生产和指标在线计算。

# 面向 SDGs 的云服务集成技术与系统

罗泽

中国科学院计算机网络信息中心

SDGs 大数据平台为公众、科学家及决策支持三类典型服务群体提供场景化定制服务。与云服务基础平台和对象存储系统等基础设施集成整合，基于虚拟技术和云计算技术支持平台的伸缩性和灵活性，提供 SDGs 科研资源在线发布和共享、科研应用服务的在线部署、发布、共享、运行服务。报告介绍 SDGs 大数据平台门户和 SDGs 工作台的功能和提供的服务，以及系统的集成技术。

## 分会主题 地球大数据服务美丽中国建设

### 地球大数据支撑植被物候研究

汪箫悦、吴朝阳

中国科学院地理科学与资源研究所

植被物候是气候变化最直接、最敏感的指示器，是准确判断全球增暖影响的重要依据，也是监测区域乃至全球尺度植被生态系统变化的关键参数之一。因此，研究植被物候变化对于深入了解全球气候变化和陆地生态系统具有十分重要的意义。近年来，在地球大数据的支持下，我们针对植被物候开展了一系列研究工作，取得的重要研究成果主要包括如下两个方面：1) 利用地面 14536 条时间序列的物候观测，结合 1982-2015 年的全球卫星数据，首次发现了昼夜温对植被落叶期物候变化的相反效应，即昼夜温的增加或降低始终导致植被落叶期向着提前或者推迟的相反方向变化。在此基础上，建立了新的植被落叶期模拟模型，并预测到本世纪末北半球落叶期明显早于现有预期，即生态系统的固碳能力被高估。2) 利用多尺度数据，研究发现北半球高纬度区域过去 34 年风速减弱显著推迟了植被秋季落叶期，其机制是风速减弱降低了冠层蒸发，缓解了干旱效应，同时，植被也对风速减弱产生适应性，通过提高露点温度延长了落叶期。该成果揭示了地表风速变化对植被秋季物候的影响，开拓了气候变化与植被物候研究的新视角。

### SDG 清洁空气大数据应用创新研究

杨婷<sup>1</sup>、王自发<sup>1</sup>、陶金花<sup>2</sup>、王立志<sup>1</sup>、张美根<sup>1</sup>

1. 中国科学院大气物理研究所； 2. 中国科学院空天信息创新研究院

联合国 SDG 目标中将颗粒物浓度及其对健康影响作为重要指标，而面对我国严峻的大气污染形势，大气环境研究与污染监管防治迫切需要一批质量高、时间跨度长、信息全面的大气环境数据集。一方面，本研究基于多卫星、空气质量站网及地基立体监测的观测数据，通过误差分析、归一化重构、结合大气模式与数值同化，形成了 20 年大气环境再分析历史数据集，为相应指标的评估提供了重要依据。另一方面，通过本土化优化 WRF 气象模拟方案，并应用于 NAQPMS 空气质量预报系统，建立了大气环境关键要素高时空分辨率的未来一周预报数据集，实现了三维动态云平台展示。基于未来气候变化情景的预测，建立了我国中长期大气环境关键要素预测数据集，解析了大气环境承载力演变，为达成清洁空气目标提供了控制路径。针对健康问题，评估了我国典型人口集聚区污染暴露的健康风险并构建相应数据集，同时耦合环境健康评估模块与空气质量模式，实现未来我国典型人口集聚区环境健康风险的预估。

# “三生”空间视角下—贫困地区可持续发展路径分析

江东、王迪、林刚、付晶莹

中国科学院地理科学与资源研究所

美丽中国建设是可持续发展目标在中国的实践，勾画了“生产空间集约高效、生活空间宜居适度、生态空间山清水秀”的“三生”空间（生产空间、生活空间、生态空间的统称）发展愿景。“三生”空间统筹优化则是美丽中国建设和中国 SDGs 实现的重要途径。本文以地球系统科学理论为指导，以贵州省遵义市为例，尝试建立中国贫困地区“三生”空间功能识别与评价的指标体系，从“三生”空间的分布规模、空间特征及“三生”空间相互作用关系三个层次，揭示中国贫困地区“三生”空间演变的时空特征与驱动机制，并以区域发展的多元性、社会需求的多样性为目标导向，探索中国贫困地区“三生”空间统筹优化的技术方法和实现途径，为全面推进美丽中国建设和中国 SDGs 的实现提供科技支撑。

## 基于个体“移动-接触”的空间交互网络理论构建与疫情风险评估

杜方叶<sup>1</sup>、王姝娥<sup>1</sup>、靳海涛<sup>2</sup>

1. 中国科学院地理科学与资源研究所，中国科学院大学资源与环境学院；
2. 北京信息科技大学计算机学院

个体在空间移动过程中不可避免地产生“人与人”之间的接触，使流行疾病传播与扩散具有复杂性和空间不确定性。但现有学术研究较少在理论上综合考虑个体的空间移动及移动过程中近距离接触分析并模拟空气传播疾病的空间扩散过程。本研究综合考虑个体移动及移动过程中接触，提出基于个体“移动—接触”的空间交互网络的理论构建框架。鉴于公交刷卡数据能够有效地反映个体的移动路径及车厢内接触的群体，提出借助公交刷卡数据构建基于个体“移动—接触”的空间交互网络的方法，以北京市公交系统为例开展实证研究，采用加权度中心性和 k-shell 分解方法识别空气传播疾病感染的高风险区域。结果发现空气传播疾病的高风险区域集中分布在城际交通枢纽、商务中心、居住区级周边区域。本研究提出的理论框架对基于各类交通系统的空气传播疾病风险防控具有普适性，研究结果可为突发公共卫生事件中及时启动有效的疫情防控应急响应政策具有借鉴作用。

# 基于 GIS-熵-TOPSIS 模型的长三角城市群可持续性评价 与障碍因子识别

张中浩、高峻、徐薛艳、孙诗萌、龙涛  
上海师范大学

在实现联合国 2030 可持续发展目标的背景下，城市群的可持续评估至关重要，关乎到居民的福祉和社会的稳定。本研究基于 SDG-11 和“强、弱可持续”理论构建指标体系，评估了长三角城市群 26 个城市的可持续发展状况，采用运用 GIS-熵-TOPSIS 模型识别影响 26 个城市可持续发展水平的障碍因子。结果表明，2007~2016 年间，长三角城市群的整体可持续发展状况有所提升，其内部空间格局相对稳定，城市间可持续发展的协同效应不稳定、不平衡。此外，在 2007~2016 年间影响各城市可持续发展水平的障碍因子逐渐从强可持续因素转变为弱可持续因素。最后，本文就提升长三角城市群可持续发展水平提出了相应建议，以供参考。

## 内陆河流域可持续性主导因素分析

盖迎春  
中国科学院西北生态环境资源研究所

内陆河流域水资源效率的提高引起的资源过度消耗和由此引发的一些宏观尺度上的外部效应逐渐成为环境压力的主要原因。这里，我们利用综合集成方法，通过流域集成模型和 SDG 指标计算模型，模拟和预测了不同温度、降水、转换水流、科技进步、人口和城市化驱动下 SDG (2.4, 6.4, 8.1, 15.1 和 15.4) 5 个指标在 432 条路径下的相互作用，并计算每条路径的水资源反弹效应，量化水资源反弹效应与可持续性之间的关系。我们发现降水、生态水流和技术进步间的联合作用影响着黑河流域水资源反弹效应，这种反弹效应会反馈到流域水-粮食-生态扭结，主导着内陆河流域可持续性。过快的技术进步可能并不能促进水-粮食-生态系统的协同发展，反而会强化水资源反弹效应，适得其反，与期望背离。然而，技术进步节约的水资源如果能够被及时转移到生态系统和社会系统，则能够获得多赢：1) 抑制反弹效应；2) 恢复生态系统；3) 减缓人口增长引起的水需求的增加，从而促进内陆河流域可持续性。

# 面向可持续发展目标的中国红树林近 50 年变化分析

贾明明、王宗明

中国科学院东北地理与农业生态研究所

红树林作为独特的海陆过渡湿地，具有极高的生态系统服务价值，红树林的保护、管理和恢复与多项联合国可持续发展目标(SDGs)密切相关。本研究利用 Landsat 系列卫星数据和面向对象分析方法解译 1973-2020 年中国红树林生长区的土地覆被，得出近 50 年红树林及其与周边土地覆被类型的时空变化和相互转化。结合红树林的保护和恢复等政策，探讨 SDGs 在中国红树林方面的实施进展。结果表明：由于农田和养殖池扩张等因素，1973-2000 年中国红树林面积减少 30199 ha(约占 1973 年的 62%)；2000-2020 年，由于中国政府的大力保护和造林，全国新增红树林 9408 ha，红树林总面积基本恢复到 1980 年的水平。从 SDG 元年(2015 年)到目标完成年(2020 年)，中国沿海新增 25% 的红树林；截至到 2020 年 9 月，中国红树林保护区面积占生长区的 16%，77% 的红树林得到良好的保护，国家级经济特区中实施基于生态系统管理措施的比例达 80%。近年来，中国政府颁布了一系列的法律、法规和行动计划以达到停止毁林、恢复红树林的目的，中国红树林的保护和恢复已基本达到了相关 SDGs 的规定。

## 分会主题 生物多样性大数据挖掘与保护应用

### 生态遥感大数据支持下的跨尺度中国植被制图及生物多样性研究

郭庆华  
北京大学

随着对地观测技术的进步,长时间、跨尺度、海量异构多源遥感数据的获取能力得到了显著提升,生态资源研究进入了生态遥感大数据时代。植被图是生物多样性保护、生态研究和植被管理与恢复的重要信息来源,也是开展植被恢复、实现生态文明建设的基础。受气候变化和人类活动的影响下,我国植被地理分布发生了巨大的变化。及时、准确、高效地完成植被制图工作是科研和社会生产管理的迫切需求。由于地形等环境因素的复杂性,大尺度植被制图依然是一项艰巨的任务。生态遥感大数据的发展,以及计算能力和算法的不断提升,为跨尺度下中国植被制图及生物多样性研究提供了丰富的数据与高效的技术手段。本研究利用哨兵2号10米分辨率卫星影像数据,采用面向对象的分割方法获取了精确的全国覆盖的植被斑块边界,利用开发的基于智能手机的绿途多源植被众源图片数据分析平台,采集和整合全国各省植被样方调查数据,结合地形、气候和长时间序列的植被物候信息,利用深度学习模型,完成1:50万中国植被类型图的绘制。基于中国植被图,开展多尺度的中国植物物种组成、生态系统结构和功能等生物多样性研究。

### **Prioritizing the biodiversity variables that can be retrieved from satellite**

Andrew K. Skidmore, Nicholas C. Coops, Elnaz Neinavaz, Abebe Ali, Michael E. Schaepman, Marc Paganini, W. Daniel Kissling, Petteri Vihervaara, Roshanak Darvishzadeh, Hannes Feilhauer, Miguel Fernandez, Néstor Fernández, Noel Gorelick, Ilse Geizendorffer, Uta Heiden, Marco Heurich, Donald Hobern, Stefanie Holzwarth, Frank E. Muller-Karger, Ruben Van De Kerchove, Angela Lausch, Pedro J Leitão, Marcelle C. Lock, Caspar A. Müller, Brian O'Connor, Duccio Rocchini, Claudia Roeoesli, Woody Turner, Jan-Kees Vis, Tiejun Wang, Martin Wegmann<sup>3</sup>, Vladimir Wingate

University of Twente, Netherland

The rate of biodiversity loss is of critical concern though methods to assess the impact of anthropogenic change on biodiversity at a global scale remain incomplete. Biodiversity change has many dimensions, occurring at a range of spatial and temporal scales that make traditional in situ biodiversity monitoring inadequate for regular global monitoring. Both ecologists and remote sensing engineers agree that there is an extraordinary increase in anthropogenic pressure acting on biodiversity, causing habitat change and degradation, land use change,



pollution and invasive species, all of which are further aggravated by climate change. All recognise the necessity for a common framework for monitoring biodiversity, being a core set of complementary measurements that capture major dimensions of biodiversity change, and are produced by integrating primary observations, (from e.g., in-situ monitoring or remote sensing), in space and time. Here we present a compiled, comprehensive, prioritized list of remote sensing biodiversity products that can further improve monitoring of geospatial biodiversity patterns. Remote sensing products related to Ecosystem Structure and Ecosystem Function were shown to be the feasible, mature, accurate and relevant for monitoring biodiversity from space. Agreeing on a list of remote sensing biodiversity products will accelerate product generation as well improve the monitoring of biodiversity.

## **International Barcode of Life – DNA tools for science, conservation and sustainability**

Donald Hobern

International Barcode of Life Consortium

DNA barcoding is a research tool based on sequencing short standard sections of the genome of any species for easy comparison and identification. These sections, known as DNA barcodes, have been selected based on their suitability for species-level discrimination across major taxonomic groups. DNA barcodes are collected from reference specimens and can then be used to confirm the identification of organisms as they are encountered in the field, or for identifying remains and traces of organisms in the environment, or for surveying the composition of entire communities of organisms (a technique known as metabarcoding).

The International Barcode of Life (iBOL, <https://ibol.org/>) consortium is a partnership based on a Memorandum of Understanding between national institutions active in the use of DNA barcoding technologies to study and monitor biodiversity. Between 2010 and 2015, iBOL's \$125 million BARCODE 500K project created reference sequences for 500,000 species, accessible through the Barcode of Life Data Systems (BOLD, <https://boldsystems.org/>). BIOSCAN, iBOL's current seven-year program (2019-2025) is working to expand coverage of the barcode reference library to two million species and to operationalise metabarcoding for eukaryote communities globally. BIOSCAN will scan species assemblages from at least 2,500 ecosystems and will document species interactions for at least 2,500 sites.

DNA barcoding is a well-established approach for rapid, cost-effective species diagnosis, with many applications in support of taxonomy, biosecurity, conservation, and monitoring. Rapid and accurate identification of any species facilitates many benefits for sustainability. Historically, conservation programs have relied on data for a few well-recorded groups (mainly vertebrates and flowering plants), but barcoding and metabarcoding can reveal distributions and dynamics of whole communities. This will enable better prediction and response to changes resulting from climate change and other pressures and make it possible to plan for preserving much more of the world's genetic diversity. Similarly, improved detection of pest insects and fungal pathogens can support both improved food security and more efficient use of pesticides.

With lowering sequencing costs and continued expansion of the barcode reference library, DNA-based solutions are accessible and relevant to researchers, governments, industry and society in all regions. Greater collaboration will accelerate completion of the reference library and deliver the large volume of comparable data necessary to maintain ecosystem integrity through the coming century.

## **How could Global Biodiversity Information Facility better support post 2020 global biodiversity framework**

Joe Miller

GBIF Secretariat, Denmark

Biodiversity data is distributed by nature, with important data residing within museums and nations, but biodiversity itself crosses borders. It is necessary to bring these data together into a single access point to better understand the fullness of our knowledge. This has been the remit of GBIF, the Global Biodiversity Information Facility, for the past 20 years as an intergovernmental organization initiated from the OECD Megascience Forum. As our knowledge base has grown to over 1.9 billion species occurrence data points it has successfully met part of Aichi Biodiversity Target 19 but much more is needed especially in high biodiverse regions. GBIF mediated biodiversity data is being used for scientific research with more than three peer reviewed publications citing GBIF mediated data every day. The GBIF community is committed to identifying the most impactful pathways for biodiversity data use in policy. It does this with close coordination with the CBD, IPBES and GEO BON. At the national level GBIF nodes work closely to align biodiversity data to national priorities. Through its next Strategic Plan GBIF has recommitted its efforts to provide free and open data to meet the needs of policy makers as we all combat global change.

## **The new Catalogue of Life for a better service to biodiversity informatics**

Olaf Banki (Naturalis Biodiversity Center, Netherlands)

## **Towards the Atlas of the Russian Flora: e-data are changing our reality**

Alexey Seregin ( Irkutsk State University, Russia )

## 分会主题 海洋大数据支撑联合国可持续发展目标研究

### 近海生态系统健康与可持续发展：机遇与挑战

孙松、张芳、孙晓霞

中国科学院海洋研究所

海洋对经济社会发展的重要性和驱动作用毋庸置疑，人类的生存与发展需要一个健康、可持续发展的海洋生态系统，但是在人类活动和全球气候变化共同影响下，海洋生态系统、特别是近海生态系统发生很大变化，处于动荡之中，导致一些生物异常增多，对海洋生态系统结构与功能、海洋渔业、沿海工业和人类健康造成严重影响。了解海洋生态系统变动机理、关键驱动因子和发展趋势是维持海洋生态系统健康、实现可持续发展的重要基础和保障，但是由于海洋生态系统的复杂性，多变性和水体介质的特殊性，对海洋生态系统的观测、特别是长期观测非常困难。如何认识海洋观测的重要性、必要性、困难性并找到系统解决方案，对解决人与海、人与自然、海洋生态文明建设、海洋命运共同体构建等具有重要意义，也是海洋领域的前沿科学问题，对海洋科技工作者既是机遇也是挑战。

### 先进的海洋耦合模式是大数据的核心

乔方利

自然资源部第一海洋研究所

海洋是人类可持续发展的核心支撑之一，不仅为世界提供了大量生物与非生物资源，而且是全球气候变化的缓冲器和调节器。伴随着海洋减灾防灾、生态保护以及气候变化适应与应对的巨大科技需求，海洋大数据成为科学研究和支撑决策的关键环节。但是，海洋观测耗费巨大，海洋遥感绝大部分仅能反演海表信息，加上人类社会对未来变化预知的需求，数值模式自然成为海洋大数据的核心生产者。半个世纪以来，海洋模式的模拟与观测之间存在巨大的共性偏差，本文提出海洋动力系统的理念，原创建立了浪致混合理论，在此基础上建立了国际首个海浪-潮流-环流耦合的数值模式，将海洋模式的偏差降低了80%以上，本质性提高了海洋的模拟与预测能力，成为建设海洋精准大数据的关键。

# 海洋 AI: 数据、方法与应用

陈戈<sup>1</sup>、黄宝香<sup>2</sup>

1. 中国海洋大学; 2. 青岛大学

海洋是地球上最大的生态系统,对海洋的科学认知是其可持续发展的第一步。随着海洋观测技术的不断进步,海洋数据已进入大数据时代,催生了海洋数据与人工智能(AI, Artificial Intelligence)的衔接。换句话说, AI 将成为连接海洋数据和海洋知识的新桥梁。准确地说,这种高效甚至智能的桥梁是一种数据驱动的方法,基于训练数据集,通过可调节参数的复杂非线性映射来训练回归、分类、检测或时序预测模型。海洋 AI 在海洋时空数据特征工程、海洋现象检测、海洋环境短期时序预测等方面已初步彰显优势。本文将首先系统地阐述特征工程、检测的 AI 框架、以及海洋学的时序预测初步网络框架;然后介绍几个案例研究,包括海平面变化,无冰北极,海洋涡旋,以及深海垃圾,以证明这些新的数据-知识桥的有效性;最后,阐述典型案例中的 AI 要点。大数据科学是跨学科领域最具活力的生长点, AI 是深度跨学科领域最普遍的方法论。因此,海洋 AI 的潜力需要广泛而紧迫的探索和揭示。期望从大海洋数据的角度,利用 AI 知识发现方法解决海洋科学问题,同时推动海洋 AI 技术本身的发展。

## 大数据支撑 SDG——全球红树林分布数据

苏奋振

中国科学院地理科学与资源研究所

红树林是具有极高生态价值的潮间带生态系统。随着沿海地区人类活动增加和气候变化加剧,世界红树林正在经历急剧变化。准确、高效地监测全球红树林是红树林保护的基础。然而,目前的红树林分布数据存在斑块描述不准确、全球各地区空间精度不均等问题。本研究利用大数据和云平台优势,遵循数据最优、算法最优的原则,提出了一种基于大数据的多方法复合红树林提取策略。本研究基于中国和东南亚实地考察,建立了全球红树林分类样本库,结合多源遥感数据和其他与红树林生长条件相关的空间数据,综合了波段选择方法、基于像元和面向对象的复合分类方法、以及空-谱结合的海岸形貌深度学习方法,实现了 2018-2020 年全球 10 米红树林分类。数据显示,该阶段全球红树林面积为 1434.84 万公顷,数据产品平均总体精度为 91.62%。目前该数据已在 ScienceDB 共享,旨在利用大数据遥感智能提取方法,为实现碳中和、全球变化和可持续发展研究提供基础数据支持。

## 近海生态灾害应对: 观测与数据需求

于仁成(中国科学院海洋研究所)

## 分会主题 时空三极环境大数据支持可持续发展

### 三极冰流速场：时空重建、方法优化、发展趋势

李荣兴（同济大学）

### 影响北极快速变化的动力学机制

陈显尧

中国海洋大学

自有卫星观测以来，北极海冰持续消退，北极表面温度持续上升，北极呈现快速变暖。这次北极快速变暖是 1850 年以来的第二次。上世纪初，北极平均表面温度上升速度也远高于同期全球平均变暖速度，1940 年代之后，北极气候变冷，直至 1970 年代末重新进入变暖状态。北极的快速变化具有多年代际时间尺度。导致北极快速变暖的反馈过程包括冰雪-反照率、垂直递减率、Planck、水汽、大气与海洋热输送，但是具体哪个过程驱动了北极气候在多年代际时间尺度上的位相转换仍不清晰。本文简要分析了北极快速变化的多年代际特征以及可能对快速变暖有贡献的动力学过程，并指出海洋热输送是驱动多年代际时间尺度上北极快速变化位相转换的关键物理过程。

### 时空三极环境大数据支持可持续发展：进展与展望

李新（中国科学院青藏高原研究所）

### 印度-太平洋海温联合模对青藏高原仲秋降水异常的影响

段安民

中国科学院大气物理研究所

The precipitation over the Tibetan Plateau (TP) in mid-autumn contributes substantially to the atmospheric heating source over the TP in October, which is a triggering factor for the abrupt transition of upper-atmosphere circulation and the autumn/winter seasonal transition in East Asia. Data diagnosis and numerical simulations show that the tropical Pacific and Indian Ocean temperature anomaly mode (PIM) is a precursor signal for the variation of TP precipitation, characterized by a dipole mode with a southeast–northwest inverse pattern. The suppressed convection over the northern Maritime Continent is a pivotal medium through which PIM [i.e.,

positive sea surface temperature anomaly (SSTA) in both the tropical central-eastern Pacific and western Indian Ocean accompanied by negative SSTA around the Maritime Continent] affects the TP precipitation. It influences the upper- and lower-level atmospheric circulation and provides favorable ascending motion and moisture conditions for the precipitation anomaly over the northwestern TP, while it is out-of-phase over the southeastern TP. Therefore, it is necessary to consider the tropical Pacific and Indian Oceans as a unified whole when studying their effects on circulation and precipitation over and around the TP.

## 中巴经济走廊冰川变化及其不稳定性分析

上官冬辉、郭万钦、王欣悦

中国科学院西北生态环境资源研究院

中巴经济走廊是“一带一路”6大经济走廊之一,沿线冰雪广泛分布.气候变暖背景下,冰川消融加剧,冰冻圈相关灾害活动频繁,是影响和威胁中巴经济走廊建设的重要因子。研究该区域冰川变化及其灾害效应,是落实联合国2020年可持续发展目标“抵御和适应气候相关的灾害和自然灾害的能力”(SDG13.1)的重要举措。本文采用文献记载和遥感数据等,利用GIS空间分析模型、冰川运动模型和危险性评价方法,调查了中巴经济走廊冰川的时空分布及由于冰川变化导致的冰川跃动、崩塌诱发的灾害,探讨了冰川变化引起的相关灾害效应。结果显示,中巴经济走廊2018年冰川有13157条,面积达20828km<sup>2</sup>;与2000年冰川面积相比较,18年冰川面积萎缩约1%。在此基础上,结合冰川运动模型,解译出近700条冰川发生跃动,监测到614条冰川的末端发生前进。整体来看,中巴经济走廊冰川面积保持相对稳定,但冰川运动速度有增加趋势、冰川活动性在增强,冰川不稳定性增加。

## 极地冰盖微波遥感探测方法及应用研究

李新武、梁爽、梁雷、蒋迪、赵京京(中国科学院空天信息创新研究院)

## 分会主题 数字地球技术系统与全球基础空间信息产品

### 服务于可持续农业与土地管理的极轨 和静止卫星地表近实时业务化监测

Xiaoyang Zhang

Geospatial Sciences Center of Excellence, Department of Geography & Geospatial Sciences,  
South Dakota State University, USA

Land cover dynamics, characterizing land surface phenology, reflects the seasonal and interannual variation in terrestrial ecosystems and is very sensitive to climate change and land-cover and land-use change. For investigating climate changes, long-term data record of land cover dynamics has been generally retrieved from the polar-orbiting satellites of Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), SPOT-VEGETATION, Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), and Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) since 1980s. However, near real-time land cover dynamics is particularly important for sustainable agriculture and land management, such as assisting farmers and agricultural agencies for identifying the optimum timing of cultivation practices, monitoring crop growth, and estimating crop yield; foresters and land managers for detecting disturbances related to forest pests, disease outbreaks, and species invasion; and weather modelers for estimating surface energy balance in weather prediction models. Recently, detection of near real-time land cover dynamics has become applicable with the availability of remotely sensed big data from high spatial resolution polar-orbiting and high temporal resolution geostationary satellite observations, as well as the innovations in computational power and storage. Therefore, this presentation introduces the long-term data record and near real-time monitoring of land cover dynamics from various spatiotemporal resolution data observed from operational polar-orbiting observation [VIIRS (375m), Landsat-8/9 (30m), Sentinel 2 (10m-20m)] and geostationary satellite data (5-15 minutes).

### 瑞士数据立方体：基于数字地球的可持续发展解决方案

Gregory Giuliani

UNEP/GRID-Geneva & University of Geneva

The key to sustainable development is achieving a balance between the exploitation of natural resources for socioeconomic development and maintaining ecosystem services that are critical to human's wellbeing and livelihoods. Some of these environmental issues can be monitored using remotely sensed Earth Observations (EO) data that are increasingly available from freely and openly accessible repositories. However, the full information potential of EO data has not been yet realized. They remain still underutilized mainly because of their complexity, increasing volume, and the lack of efficient processing capabilities. The EODC a new paradigm revolutionizing the way users can interact with EO data. It lowers the barrier caused by Big Data challenges (e.g., Volume, Velocity, Variety) and provides access to large spatiotemporal data in an analysis ready format. It significantly reduces the time and scientific knowledge required to access and prepare EO data having consistent and spatially aligned calibrated surface reflectance observations. We will present how the EODC can be used to monitor environmental changes across countries and can enable more effective responses to problems of national and regional significance.

## 新一代数字地球引擎与系统平台

范湘涛，简洪登，刘健，杜小平，严珍珍，詹勤，侯广宇

中国科学院空天信息创新研究院

数字地球经过 20 余年的发展，已经成为人类认知地球的重要方式。大数据时代的数字地球正以全新的架构、引擎和系统改变着人们探索地球、科学发现和决策的方式。报告以大数据时代的数字地球系统为铺垫，着重介绍了新一代数字地球系统——数字地球科学平台（DESP/CAS）的引擎架构、平台功能、平台应用及影响。数字地球科学平台以地球大数据理论、数据与技术为驱动，突破了基于大数据云服务的数字地球引擎与平台架构、海量时空大数据存储与组织、多元异构数据处理与分析、PB 级空间信息管理与服务、多维地球大数据高性能表达与可视化分析、多尺度地学信息反演与应用、实时动态环境感知与模拟分析等系列关键技术，构建了桌面版、Web 版与基于 UE5 游戏引擎的多版本、跨平台、跨终端的数字地球引擎与平台。平台集成传统地学分析与数值模拟工具，结合大数据分析、深度学习、地球大数据可视化功能服务，实现了以对地观测数据为核心的地球大数据高效分析与多领域应用，在全球变化研究、SDGs 指标计算与应用、自然灾害应急管理、城市管理、决策支持、公众科普等方面发挥了重大作用，并取得了一定的国内外影响与社会效益。

## 生态环境综合管理信息化平台建设与展望

黄明祥

生态环境部信息中心

当前大数据、人工智能和 5G 通信等新技术飞速发展，为落实构建现代环境治理体系要求，突出“三个治污”，迫切需要建设生态环境综合管理信息化平台，整合集成现有业务系统和数据资源，形成生态环境信息化“大系统”。生态环境综合管理信息化平台以生态环境云平台提供的计算、存储、安全、网络资源为运行保障，以环境信息资源中心为数据保障，采用微服务架构，基于统一的基础底座，设计开发了环境状况、形势分析、任务调度、应急指挥和综合查询等功能板块，实现生态环境信息“一张图”集中展现，环境应急“一张图”集中指挥，环境形势“一张图”集中会商，重点任务“一张图”集中调度，支撑统揽全局、精准分析、统筹调度、科学施策，助力精准治污、科学治污、依法治污。



## 全球植被病虫害空间信息产品与应用

黄文江，董莹莹，叶回春，王昆

中国科学院空天信息创新研究院

气候变化背景下，亚非沙漠蝗虫肆虐，严重威胁粮食安全。利用中国高分系列卫星数据、美国陆地卫星(Landsat)与中分辨率成像光谱仪(MODIS)数据和欧洲空间局哨兵(Sentinel)系列卫星数据等，并结合全球气象数据、调查数据和虫害预测预报模型，基于数字地球科学平台大数据分析处理，通过具有自主知识产权的植被病虫害遥感监测与预测系统，实现大面积沙漠蝗虫繁殖、迁飞、危害的动态监测预警。成果获联合国粮食及农业组织(FAO)和全球生物多样性信息网络(GBIF)持续采用并发布，为多国联合防控虫害保障生态系统安全和生物多样性提供技术支撑，至今已生产了覆盖全球 38 个国家的小麦、水稻、玉米、大豆等主要作物主要病虫害以及东亚飞蝗、草地贪夜蛾和沙漠蝗虫等 19 种病虫害的 2669 张测报专题图与 174 期中英文科学报告产品，提高了病虫测报效率、监测与预测精度、产品连续性和服务实效性能力，相关成果得到联合国粮食及农业组织(FAO)、全球生物多样性信息网络(GBIF)、国际应用生物科学中心(CABI)等国际组织，有效支撑了病虫科学防控，切实保障粮食安全和区域稳定。

## 2000 年以来中国森林疏密程度的时空格局变化研究

刘荣高，魏雪馨，刘洋，乔林

中国科学院地理科学与资源研究所

森林碳增汇是联合国推荐基于自然和生态系统的碳中和解决方案。近年来中国正在进行积极的造林植树活动，有助于促进我国关于 2060 年完成碳中和目标的实现。为准确把握中国森林变化，制定合理的森林管理策略，本研究基于 GlobeLand30 林地覆盖数据集和 GLOBMAP Fractional Tree Cover 树木覆盖度两种森林遥感产品，重点分析了中国森林树木覆盖疏密的时空变化格局。结果表明，2000-2020 年，中国林地面积基本不变，但森林覆盖密度快速增加：(1) 林地范围增加 51.6 万公顷，相比 2000 年提高了 0.25%；(2) 森林树木覆盖面积增加 7748.3 万公顷，相比 2000 年提高了 59.0%，其中 2000-2015 年增速较快，为 468.5 万公顷/年；2016 年后增速减缓，为 99.1 万公顷/年；(3) 森林密度增加、不变和减少的区域占比分别为 69.3%、26.4%和 4.3%，增加以我国西南山区如陕西南部、四川东部、重庆、云南、贵州和广西等省份最为明显；(4) GLOBMAP Fractional Tree Cover 产品质量高、可靠性强，近 20 年森林密度增加显著地区与同时期国家森林清查资料具有较好的一致性，在全国，华北、东北、华东和中南地区各省份变化吻合性高。如果我国林地上森林覆盖密度都能增至 100%，则未来还有 3266.0 万公顷的林木增长空间，尤其西南和中南地区增加潜力较大。

## 分会主题 地球大数据：支撑可持续发展目标实现的新助力

### 面向 SDG 6.6.1 的中国湿地面积变化

王宗明

中国科学院东北地理与农业生态研究所

湿地是“山水林田湖草”生命共同体的重要组成部分，是生物物种繁衍的基因库，也是人类水源、食物和工、农业原材料的储备库，被誉为“地球之肾”和“生命摇篮”。沼泽湿地（Vegetated wetland）是水陆过渡的特殊区域，即浅水水域和土壤过湿的地段，发育有明显潜育化过程或泥炭化过程的土壤，并具有适应其环境的生物种群。沼泽湿地是最主要的湿地类型，约占全球天然湿地总面积的 83.5%，在维持生物多样性、减缓全球变暖、涵养水源等方面具有重要的作用。20 世纪 50 年代以来，受到气候变化和人类活动的双重胁迫，中国沼泽湿地面积大幅减少，空间分布范围明显萎缩。本文阐明了 2010、2015 和 2020 年中国沼泽湿地空间分布特征，分析了 2010~2020 年间中国沼泽湿地动态变化。结果表明，沼泽湿地主要分布在我国东北部和西部地区；2010~2020 年间中国新增沼泽湿地面积 21064.30 km<sup>2</sup>，退化的沼泽湿地总面积为 29331.49 km<sup>2</sup>，面积净减少 4.83%。与 2010-2015 年间相比，2015-2020 年间沼泽湿地减少的速率大幅减缓，中国湿地保护与恢复政策初见成效。

### 合成孔径雷达服务可持续发展目标

王超<sup>1,2</sup>、张红<sup>1</sup>、张波<sup>1</sup>、吴樊<sup>1</sup>、汤益先<sup>1</sup>、许璐<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院； 2. 中国科学院大学

2015 年联合国大会通过了可持续发展 2030 议程，确定了 17 个可持续发展目标(SDG)和 169 个具体目标 (targets)作为 2030 议程的框架。这 17 个 SDG 覆盖了经济、社会和环境三个方面。为了 SDG 的实现和 SDG 发展进程的监控，231 个指标 (indicator)被提出，以评估具体目标的实现程度。这些指标的核心是数据。地球观测 (EO) 数据在指标框架中发挥着重要作用。ESA 评估至少 34 个指标可以直接或间接通过地球观测数据测算，涉及 29 个具体目标、11 个目标。合成孔径雷达 (SAR) 卫星可以不依赖太阳照射穿透云层获取任何时刻、任何地点的地面散射数据，是地球观测的一种重要手段。国际上多项雷达卫星计划将在未来十年内发射，中国也将发射高分 3 号后续卫星、陆探 1 号等雷达卫星，这些卫星计划无疑将在 SDG 实现中发挥重要组偶用。但是，如何利用 SAR 卫星数据构建 SDG 指标体系，以实现全球定期有效监测各国和地区的 SDG 发展进程，仍然是需要进一步研究的课题。本文分析了 SAR 数据对 SDG 指标的贡献，提出了 SDG 指标框架对卫星 SAR 数据的要求、以及未来服务 SDG 发展和进程监测的 SAR 卫星构想。

## 面向支撑 SDGs 的地球大数据资源架构

王卷乐<sup>1</sup>、闫冬梅<sup>2</sup>、卜坤<sup>3</sup>、王敬悦<sup>1</sup>

1. 中国科学院地理科学与资源研究所;
2. 中国科学院空天信息创新研究院;
3. 中国科学院东北地理与农业生态研究所

地球大数据是地理、资源、环境、生态和生物等学科领域以及全球、“一带一路”、三极等区域的科学数据在地球空间上的多维集成和关联组织,有效的数据分类体系与计算机可读的标签管理策略是解决其数据资源长期规划和管理的重要基础。地球系统指由大气圈、水圈、陆圈(岩石圈、地幔、地核)和生物圈(包括人类)组成的有机整体。按照地球大数据整体科学思想、支持全球可持续发展的应用出口,利用面、线混合分类的具体技术方法,按照地球圈层和要素,制定地球大数据的分类原则、类目层级、编码规则并给出实例。联合国 2030 可持续发展目标(SDGs)的各项指标所需的数据支持可以与该分类对应,以便保证指标和要素遴选的综合性、全面性、系统性、针对性、精准性。制定的分类编码方案与当前主要的国际、国家标准能够衔接,兼容当前国家科技基础条件平台的相关标准规范,满足地球大数据管理与国际国内服务的需求。

## 基于地球大数据的南极冰盖冻融时空变化

梁栋、郭华东、张露

中国科学院空天信息创新研究院

地球大数据是与地球科学相关的大数据,其在地球科学研究中的作用越发凸显,可为全球气候变化、地球多圈层与人类活动作用、以及可持续发展等热点问题研究带来创新驱动力。南极冰盖的形成发育与气候相关,其变化影响大洋环流和海平面升降。冰盖冻融是冰盖表面物质流失和表面反照率准确估计的关键要素之一,是反映全球变化的重要指针。本研究依托谷歌地球引擎(GEE)以及“地球大数据科学工程”(CASEarth)的地球大数据云服务平台的处理和分析能力,以南极大陆冰盖为研究区,利用在南极获取的海量时序 Sentinel-1 合成孔径雷达(SAR)数据,开展大尺度高分辨率冰盖冻融状态探测方法研究,获取时序环南极冰盖冻融信息,并结合温度等气候信息,分析南极高分辨率冻融时空分布规律及异常,探索南极冰盖冻融与气候变化关键要素的关联性。相关成果有望为全球气候变化研究和可持续发展提供科学支撑。

## 全球高分辨率 30m 火烧迹地监测助力 SDGs

张兆明、何国金、龙腾飞、魏明月、唐朝、王桂周

中国科学院空天信息创新研究院

火烧迹地能够反映火灾的空间分布特征。火烧迹地与 SDG 13 等多个 SDGs 相关联。卫星遥感技术为大区域火烧迹地动态监测提供了有效的技术手段，中低空间分辨率火烧迹地产品往往会漏掉面积较小的火烧斑块，同时在火烧迹地位置确定和面积量算上也存在较大误差。利用地球大数据和人工智能方法研发了 2015-2020 年（2015 为 SDG 起始年）全球高空间分辨率火烧迹地产品，为全球火烧迹地高精度动态监测提供数据支撑。从全球、各大洲等不同角度分析火烧迹地的空间分布规律、影响因素及变化特征，并选择澳大利亚和南美洲亚马孙河流域等重点区域开展影响分析。结果表明，2015-2020 年，全球火烧迹地的总面积分别为 365.27, 368.56, 374.56, 345.55, 363.09 和 350.02 万平方千米，全球火烧迹地总面积相对稳定，但是不同大洲和地区之间差别显著。2019 年亚马孙大火导致亚马孙流域植被面积减少 4.67 万平方千米，火烧迹地面积比 2018 年增加 119.25%。2019 年澳大利亚东海岸森林大火造成澳大利亚火烧迹地空间分布格局发生显著变化。从全球气候变化和人类活动等角度分析了这些火烧迹地异常现象发生的原因。

## 多源数据协同的小尺度流域陆地水储量变化

王猛猛、刘修国、钟玉龙、李芹、朱双、孔冬冬

中国地质大学（武汉）

陆地水储量作为水循环系统中至关重要的部分，其变化结果是降雨、蒸发（含蒸腾）、径流和地下水等活动过程的综合反映。陆地水储量变化数据对水资源调查和管理、生态环境、气候变化等研究有重要意义。然而受到水文监测站点密度、重力卫星数量等多方面因素的限制，当前小尺度流域（面积优于 600 平方公里）的陆地水储量变化数据仍是缺失的。本研究基于水量平衡方程，结合遥感、气象和水文数据，提出了一种多源数据协同的小尺度流域陆地水储量变化估算方法。研究了面向水文应用的蒸散发估算方法和实测资料稀缺区域的径流模拟方法，从而基于水量平衡方程实现小尺度流域陆地水储量变化数据的估算。利用赣州宾馆等 4 个水文站地下水位监测数据做对比分析，4 个站点实测水位数据与估算的小尺度流域水储量变化数据具有相似的规律，表明本方法估算的水储量变化具有较好的精度。在大尺度流域上利用 GRACE 陆地水储量变化数据做交叉验证，与 GRACE 重构的陆地水储量变化结果进行比较，多年月均的 RMSE 为 20.9mm。

## 分会主题 数字地球理论与模型

### 一种数字地球磁层时空数据模型

王慈枫<sup>1,2</sup>、邹自明<sup>1</sup>、胡晓彦<sup>1</sup>

1. 中国科学院国家空间科学中心; 2. 中国科学院大学

随着探测和考察手段的快速发展与大规模应用,对数字地球的研究从局部地表逐渐扩展到全球地表、地球各个圈层、地球球体乃至外部空间。地球磁层是大多数人造航天器运行的区域,也是太阳等外源因素影响地球空间的关键区域。对地球磁层进行数字化建模以构建其在计算机世界的数字孪生——数字地球磁层,是对其进行数据高效组织、分析与复杂计算的前提。漂移壳反映了粒子在地球磁层中的运动过程,是由磁力线段构成的特殊曲面,能够用于动态重构地球磁层的空间位型。结合漂移壳的构建,本文提出了一种基于交叉的磁力线和磁纬线构建的漂移壳空间剖分模型,给出了在时间维的扩展剖分方案,并基于 Morton 编码的基本思想设计了适用于本模型的时空编码方案。该模型的剖分网格及其编码内禀磁场物理特性,为受地磁场约束的物理要素分析计算与研究提供了一种新的时空框架。最后,在 HBase 环境下设计的验证与对比实验,对该模型的有效性和效率进行了验证。

### 遥感大数据平台关键技术与应用

徐琛<sup>1</sup>、杜小平<sup>1</sup>、董颐<sup>2</sup>、范湘涛<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 陕西省地理空间信息工程技术研究中心

近年来,多种先进遥感平台和传感器不间断地生产着高空间分辨率、多光谱波段和多时相的高质量遥感数据。而随着海量遥感数据的积累,遥感已然进入“大数据”时代。然而,由于大数据计算机科学和遥感之间的技术差距等多种原因,遥感大数据中的信息和知识没有被充分的提取和应用。针对上述问题,本文充分利用大数据技术,设计并实现了一个基于分布式计算技术的遥感大数据平台。该平台依赖于 HDFS、HBase 和 Spark 等大数据技术作为支撑,并针对遥感数据和遥感计算应用进行移植和开发。平台通过微服务等技术将遥感大数据计算算法和功能封装为服务,通过任务管理和调度系统连接后端的云计算算力和存储,最终实现了遥感大数据分布式计算。实验结果表明,平台相较于常规遥感处理系统具有很好的扩展性和性能。

# 基于区间二型模糊集的含糊空间对象模型

殷悦

南京师范大学

地理现象本身具有在模糊性,在对其采集、处理和分析过程中不可避免地会引入不确定性,模糊性和不确定性同时存在的时空对象称为含糊时空对象。现有方法大多是使用经典模糊集理论建立模糊空间对象模型来表达地理现象客观存在的模糊性,而忽略了模糊空间对象在采集和处理过程中引入的不确定性,同时缺少对时间模糊性和不确定性的表达和形式化描述,不足以客观地表达复杂的动态地理现象或过程。为弥补以上缺陷,本文重新梳理了地理现象的模糊性、不确定性和含糊性的概念,以达到消除混乱的目的。在此基础上结合经典模糊集理论,提出能够表达时间模糊性的模糊时间模型。为表达含糊时空对象的含糊性,进一步使用区间二型模糊集理论建立含糊空间对象模型与含糊时间对象模型。最后为验证该方法的可行性,使用经典模糊集和区间二型模糊集理论对中国鄱阳湖平原的植被覆盖类型和双季稻 NDVI 时间序列曲线进行分类来表达它们在空间和时间上的模糊性和含糊性。本文提出的方法能够描述和表达时空对象位置特征、属性特征以及时间特征的模糊性和含糊性,符合人类的认知习惯,且容易实现,为描述地理信息系统(GIS)中具有模糊性和含糊性的动态地理现象或过程提供了新的思路。

## 数字地球的动态处理坐标基准及新一代空间信息基准体系

晏磊<sup>1,2</sup>、左正康<sup>2</sup>、张瑞华<sup>2</sup>

1. 桂林航天工业学院; 2. 北京大学

空间信息获取手段的多样性与数据处理的严密数学法则约束不变性,是航空航天新技术发展伴生的新矛盾。例如推扫式、变角摆头凝视、变焦距成像,航空平台动姿态、大角度飞行,高重叠、短基线效应,给处理收敛性、效率、精度、抗干扰性等带来挑战。为此基于仿生机器视觉原理和航空航天平台到地面成像的锥体投影本质,引入极坐标数学表达。文章探求了高分辨率影像稀疏性特征及病态奇异性和非收敛性破解方法,建立了一套视差角矢量极坐标处理数学模型,初步形成了极坐标理论;该方法在近景摄影测量与自由网光束法平差模型中,精度、效率、抗干扰性均有数量级提高,并在国际开源代码3年以上,应用良好;在航空摄影测量及绝对网平差模型试验中进行了有效性验证,初步证明性能优于直角坐标处理方法;最后,给出多种应用、航天平台动姿态高阶解算特征,可望为航空航天多尺度全姿态空间信息(获取-组织-管理-存储-处理-应用)极坐标新体系构建奠定基础。

## 基于地理特征和 XGBoost 的轨迹出行方式精细化分类

靳慧玲(同济大学)

## 分会主题 数字建模与模拟

### 室内复杂光照环境中视觉定位数据集构建技术研究

陈晨、刘春、吴杭彬、贾守军、许泽然

同济大学

随着数字地球计划的不断推进,人工智能领域取得了极大发展。视觉传感器作为智能机器人的眼睛,视觉定位技术已经成为了今年来的研究热点,这对视觉机器人在复杂环境下的定位准确性与鲁棒性提出了更高要求。在视觉机器人定位算法的提升过程中,需要满足复杂光照环境的基准数据集对其算法进行验证。目前的数据集制作成本过高,且缺少针对室内复杂光照环境下的公开、统一数据集。因此,本文聚焦在构建一个面向复杂光照室内环境,能进行数据共享、打破数据拥有者和使用者间鸿沟的机器人视觉定位数据集上。本文提出了一种在复杂光照场景中采集视觉数据并形成定位数据集的通用方法。该方法搭建了具有视觉、IMU 和激光雷达等传感器的机器人平台,实现了传感器间的高精度时间同步和空间同步。通过机器人平台在不同视角和光照等不稳定条件的环境中获取数据,进而得到室内轨迹的不同照明序列。通过高精度、对光照变化鲁棒的激光雷达获取机器人位置为序列提供真实地面位置,精度可达到厘米级。在同济校园具有复杂光照条件的室内环境中进行的实验证明,该方法可构造供视觉定位任务使用的数据集,填补了本领域公开数据的空白,并可用于验证和提升机器人视觉定位算法处理光照变化的能力。

### 基于地学模型分布式集成工作流的洪涝应急分析方法研究

谭喜成、焦晶国、胡文卓

武汉大学遥感信息工程学院

全球气候变暖、工业化快速发展、城市不断扩张及车辆尾气大量排放加剧了极端天气现象的发生频率和严重程度,导致区域性强降雨的频繁发生,洪涝灾害严重影响了人民的生产生活,甚至危及人民群众生命财产安全。为了利用地理空间信息服务理论方法应对区域洪涝灾害问题并改善传统洪涝分析系统的缺陷,本文提出了基于标准 BPEL 工作流集成地学模型的暴雨洪涝分析方法,研究了在 BPEL 工作流中进行标准 OGC WPS 服务调用方法、模型服务自动异步调用机制以及集成分布式洪涝分析服务的工作流,并且基于该方法实现了洪涝分析模型的重建。提出的方法可充分利用工作流的动态调整能力,不仅能够克服传统地学分析方法的固有缺陷,还实现了分布式地理空间数据资源、模型资源和计算资源的分布式自动集成。与传统方法相比,本文方法具有更好的构建便利性、分布式协作便利性、执行可靠性、可扩展性和智能性,对于进行地学协作、模型集成,支持解决其他自然灾害和环境挑战等问题都具有重要的参考价值。

# 一种基于循环神经网络的沥青路面老化状况检测方法

陈啸、张显峰  
北京大学遥感所

沥青道路的反射光谱会随着老化程度的加深而发生变化，这为使用遥感手段监测路面老化状况提供了可能。现有方法存在自动化程度低，泛化能力差等缺点，不能很好地为现实场景提供技术支撑。为解决这些问题，本文基于循环神经网络提出了一种可用于检测路面老化状况的方法。这是循环神经网络在路面状况检测问题上的首次应用。本方法将多光谱遥感影像处理为序列数据，使用了双向 GRU 作为基础网络单元，以交叉熵函数为损失函数，并用 Adam 算法优化。在包含了北京西南部十六条公路的 Worldview2 卫星影像上进行实验，结果表明本方法精度优于现有分类方法，可以达到 96.57% 的总体精度，93.72% 的平均精度，Kapps 系数为 95.31。

# 用于 CASEarth 卫星热红外图像的快速云检测方法

葛凯强、刘佳音、王峰、尤红建  
中国科学院空天信息创新研究院

近年来，随着科技的发展，遥感技术获得越来越多的关注，凭借其探测范围广、图像信息量大、获取图像速度快等优势，已被广泛应用于地球资源勘测、生态环境监测等各个重要领域。中国科学院于 2018 年启动 A 类战略性先导科技专项“地球大数据科学工程”，CASEarth 卫星是该专项下的先导项目，是我国研制的地球科学卫星，卫星搭载有技术先进的热红外成像仪，为地球大数据科学工程提供连续的宽范围热红外观测数据。为对热红外图像检测云量，本文依据 CASEarth 卫星热红外成像仪的特点，提出适用于 CASEarth 卫星热红外图像的动态阈值快速云检测方法。首先对热红外图像使用 OTSU 图像分割算法进行初步判断，得到潜在云像元，再对每个像元的亮度温度进行统计，计算得到每个像元的云概率并计算动态阈值，最终得到云掩模。实验结果表明，该方法准确率高，检测速度快，满足 CASEarth 卫星热红外图像快速云检测的要求。



# 全球遥感实时监控与定点更新云平台设计与实现

李清扬<sup>1</sup>、钟若飞<sup>1</sup>、周春平<sup>2</sup>、李小娟<sup>1</sup>、杨灿坤<sup>1</sup>、杜雨<sup>1</sup>

1. 首都师范大学; 2. 北京遥感信息研究所

随着商业卫星的兴起和全球遥感星座的发展,使得卫星对地实时定点监控成为可能,但目前卫星遥感数据获取和应用仍以国家和行业部门为主,没有改变传统遥感面向的用户群体和用户需求,缺乏一个有效的平台和应用模式,搭起卫星数据提供商和用户之间的桥梁。本文基于全球遥感实时监控与定点更新的需求,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,通过汇聚用户对地观测需求,基于轨道预测模型向最邻近拍摄点卫星数据服务商推送卫星拍摄指令,完成最新拍摄数据的用户感兴趣区域的自动变化检测,实现定点定向数据实时更新服务。其核心思想主要是基于互联网众源数据实时爬取技术、基于深度学习的云平台自动变化检测技术来分析、挖掘、提取地理实体变化情报,并利用光学和 SAR 卫星遥感影像变化检测结果进行交叉验证。本文阐述了云平台建设中的设计思想、总体架构、组成部分及主要关键技术,并基于此设计云平台的基本原型,实现传统数据查询订购的云平台向基于变化信息定点更新服务的知识驱动云平台的跨越。

## 分会主题 对地观测前沿方法与技术

### 星载微光载荷的绝对辐射定标评估与分析

胡永红、李晓明、窦长勇、严林、王宁

中国科学院空天信息创新研究院

星载微光成像系统已在城市化、能源消耗、人口变化、大气污染探测等领域开展了许多尝试，以夜晚微光探测的独特视角对地球变化的相关科学变量进行定量分析和评估。目前在轨运行的微光载荷的夜晚目标的空间识别能力得到了极大的提升，从早期的公里级提高到了米级，具备了夜晚目标精细刻画的能力。但是，微光载荷绝对辐射定标方面的定量能力上仍存在很大不足，绝大多数星载微光传感器不具备完善的星上定标系统，不能完成绝对辐射定标系数的星上解算，影响微光定量科学产品的生成。尽管美国 NPP/VIIRS 载荷具备了星上定标系统，但它的多级传递式定标设计影响最终精度。因此，在星上定标难以满足需求的情况下，我们研发设计了场地微光定标系统，并利用其外场绝对辐射定标实验得到的辐射定标系数，为卫星定量产品生产提供依据。我们研发了多个不同能量等级的微光靶标，在实验室测试了靶标工作的时间稳定性和方向均匀性，保证其满足外场工作需求，并在 2019-2021 年开展了多次外场定标实验，验证了靶标系统能适应外场工作环境需求，提供合理的替代定标系数。

### 复杂场景下基于视觉的机器人高精度定位

刘春，吴杭彬，贾守军，陈晨

同济大学测绘与地理信息学院

随着数字地球的不断深入与拓展，其应用场景的复杂性对空间观测智能化水平提出了更高的要求，而视觉测量已经逐渐成为智能机器人场景观测的重要手段。同时，智能机器人定位作为其场景感知、环境建模、运动控制的关键，引起了室内定位、无人驾驶、机器人导航等领域的广泛关注。然而，在实际情况下，弱纹理、动态目标、变化光照的复杂场景显著降低了视觉定位的精度和鲁棒性。本研究瞄准复杂场景下视觉高精度定位，自主研发了双/多目视觉定位机器人平台，集成了等效投影、联合标定、协同观测和偏振成像技术；通过优化图像光照和构建鲁棒特征来提升图像匹配的能力；构建场景几何结构约束和室内外一体化基准来提高机器人位姿解算的精度和鲁棒性；同时构建复杂场景的高精度视觉定位标准数据集对定位算法进行测试验证，因此形成了“定位综合平台，图像匹配增强，位姿综合解算，数据集验证”的全链条技术路线。本研究提出的方法在复杂场景下进行真实场景验证，并与现有方法进行对比，实验结果表明现有方法在室内外复杂场景下定位失败，而本研究提出方法在室内和室外复杂场景下平均定位精度分别达到 18 cm 和 30 cm。因此，本研究提出的方法能够实现复杂场景下视觉机器人高精度定位。

# 基于低空热红外对地测绘数据在森林火灾中的应用

李亚鹏

航天恒星科技有限公司

森林火灾是一种受极端天气条件和空间生态环境影响的严重自然灾害,突发性强,破坏性大。传统的森林火灾监测是以树立高耸瞭望塔,人为望远观测为主,飞机巡航和卫星对地测报为辅进行综合判读火灾发生情况。瞭望塔和飞机巡航主要靠肉眼观测火灾启着前的烟雾来识别,但一般大火前的启着烟雾很小,肉眼不易发现,卫星对地测报受限于载荷,成像清晰度不高,测定误差较大,并伴有较长的时间延时。故而火灾发现时,往往已成大火,伴随着浓重的烟雾,形成灾害,此时已很难辨别火灾发生的位置和火情走势。而通过低空数据通信链路回传实时热红外测绘情报信息,在灾前,区分温度信息,判读火灾发生概率;在灾中,确认火场位置,火式形态,温度分布,实时监控灾情动态信息变化情况,收集灭火战备情报;在灾后,估算过火面积,评估灾害损失。精度高,像质高,对于灾情决策显得无比重要。

## 基于点光源靶标的 JL01 卫星微光传感器绝对辐射定标评估

严林<sup>1,3</sup>、胡永红<sup>1</sup>、李晓明<sup>1</sup>、苏志强<sup>2</sup>、王强<sup>2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 长光卫星技术有限公司; 3. 中山大学

夜间微光遥感广泛应用于人类活动相关的空间探测,其数据可用于经济动态、城市化进程、环境污染和能源消耗等方面的研究。微光数据的精确辐射定标是生产高质量微光科学数据产品的迫切任务。本研究设计了具有多个能量等级的辐射均匀性高和光源稳定性强的微光定标靶标光源,于2020年7月在吉林省长春市开展了针对吉林一号卫星的地面定标实验。卫星过境前20分钟,将不同辐亮度等级光源按固定距离摆放,将光源依次点亮。卫星过境时,同步测量光源辐亮度、气溶胶光学厚度( $AOD@550 = 0.127$ )和气象参数。通过辐射传输模型,模拟卫星过境时刻大气透过率( $Red = 0.875$ ,  $Green = 0.928$ ,  $Blue = 0.919$ ),计算各波段辐亮度。结果表明,卫星观测结果与模拟结果拟合度较高( $R^2 > 0.7$ ),验证了定标光源实现夜间微光传感器辐射定标的可行性与科学性。这一研究结果也为后续SDG系列卫星的城镇微光传感器辐射定标提供良好基础。

## SDGSAT-1 卫星在轨几何定标研究进展

叶罕霖<sup>1,2</sup>, 窦长勇<sup>2</sup>, 刘广<sup>2</sup>, 邓玉<sup>2</sup>, 郭华东<sup>2</sup>

1.中国空间技术研究院, 北京 100094; 2.中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094

SDGSAT-1 卫星是中国科学院首颗空间地球科学卫星, 可以获得精细的“人类活动痕迹”观测数据, 将为社会经济、城市发展以及近海环境等人类活动强烈区域, 提供包括热辐射、光特征和反射特征在内的综合信息, 为开展地球系统科学研究和人类活动精细刻画研究提供科学数据支持。SDGSAT-1 卫星主要搭载了两种载荷分别是热红外成像仪和微光及多谱段成像仪, 其中热红外成像仪主要用于热辐射探测, 而微光及多谱段成像仪用于夜晚灯光观测、海岸带和近海水环境观测。在轨几何定标是光学遥感卫星几何处理的关键环节, 直接影响影像的几何质量。本文主要介绍了 SDGSAT-1 卫星载荷在轨几何定标研究进展, 采用基于探元指向角的严格几何成像模型进行补偿卫星载荷超大视场的几何畸变误差, 通过外定标和内定标联合的方法进行几何定标。结果表明, 经过定标, SDGSAT-1 卫星载荷获取的影像定位精度得到了明显的提高。

## 基于自然地物的机载全极化 SAR 数据交叉定标实验方法

杨乐<sup>1</sup>、史磊<sup>1</sup>、杨杰<sup>1</sup>、李平湘<sup>1</sup>、赵伶俐<sup>1</sup>、刘亚波<sup>2</sup>

1. 武汉大学; 2. 中国科学院空天信息创新研究院

极化定标估计并消除内定标后残余的串扰和通道不平衡, 是极化 SAR 影像高精度解译工作的基础。传统的极化定标方法常参考人工角反射器, 基于极化畸变模型对系统误差进行求解与标定。一般地, 角反射器对场地布设、尺寸设计、面向传感器的俯仰角度设置等有较高要求, 受限于人力、物力, 难以保障极化 SAR 影像中充足的、多种类型的角反射器探测, 实际的定标工作常联合分布式地物、似角反射器点目标等展开, 以产生准确、完整的定标结果。本文开展利用自然地物、角反射器辅助的机载全极化 SAR 数据交叉定标实验。基于自然地物的散射对称性、互易性实现极化 SAR 影像的串扰估计, 然后标定通道串扰、基于角反射器测算通道失衡, 建立机载 SAR 数据极化畸变估计及残差测算框架。此外针对机载系统重复观测时初相不一致问题, 提出基于自然地物的交叉定标方法, 实现机载极化 SAR 数据通道失衡的高精度定标。本文基于电子所 S 波段机载高分辨率极化 SAR 数据的定标结果和残差评价满足技术指标, 证明了基于自然地物交叉极化定标框架的准确性, 该成果提升了机载 SAR 系统的极化定标质量, 对改善极化影像解译和地球物理参数反演精度具有重要意义和应用价值。

## 分会主题 数字地球与遥感建模

### 近期中国海岸带 LUCC 遥感监测及至 2100 年多情景分析

侯西勇、宋百媛、杜培培  
中国科学院烟台海岸带研究所

监测历史时期 LUCC 特征，揭示其规律和机制，并模拟未来时期 LUCC 态势，这方面研究对于区域经济社会可持续发展具有重要意义。中国海岸带地处亚欧大陆和太平洋之间，范围广阔，土地利用复杂多样、变化显著、机制复杂。广泛的、高强度的人类活动致使海岸带生态系统变化剧烈，大大增加了应对全球变化风险的复杂性和不确定性。本研究综合应用遥感和 GIS、系统动力学和元胞自动机等方法，监测 21 世纪初期中国海岸带 LUCC 特征，将自上而下的总量预测和自下而上的空间模拟相结合进行 LUCC 多情景分析。结果表明，2000 年以来中国海岸带经历了显著的城市化进程，伴随耕地大量流失和大规模围填海，构成 LUCC 的主体特征，但其幅度和剧烈程度在不断降低。至 2100 年 LUCC 趋势方面，情景 A（可持续发展路径），地类趋向集中分布和格局优化的态势显著；情景 B（经济社会适中发展路径），建设用地及人工湿扩展、海岸带林草地萎缩的趋势比较明显；情景 C（逆全球化的区域竞争路径），建设用地、人工湿地与耕地向海扩张的趋势均较为显著，耕地减少、内陆水体萎缩严重，海岸线人工化，人地冲突加剧。本研究对于中国海岸带的健康和可持续发展具有较强的促进作用。

### 近海人工鱼礁区底栖生境的声学观测与评估

李东、唐诚、张华、侯西勇  
中国科学院烟台海岸带研究所

高精度的多波束声纳数据不仅可以反映出海底鱼礁的宏观信息（分布、规模、占地面积等），还可以提供鱼礁的微观信息（三维结构、大小、形状及沉降深度等），达到人工鱼礁精准监测的目的。研究表明：

- （1）采用多波束声纳系统能够快速获取鱼礁的形态、分布及其周围海底的微地形地貌信息，比传统方法准确度高、效率高、成本低；
- （2）借助地理信息系统地形分析模块及 BTM 工具能够提取鱼礁区地形特征变量，结果显示坡度、曲率、粗糙度、地形耐用指数以及地形起伏度的高值区均出现在礁石分布区域，能够将礁石从平坦海底区分开来；
- （3）由于自身重力及水动力作用，礁石发生沉降现象，海底礁石的大量存在改变了局部区域水动力特征（底层流速降低、流向发生改变），致使出现鱼礁区特有的冲淤地形，多波束水深数据可以定量分析投石后引起的海底地形变化特征，为人工鱼礁建设评估工作提供数据支持。

# 基于 Share-nothing 的规范化 GIS Web 服务构架研究 ——以冷水珊瑚分布预测为例

余劲松<sup>1</sup>、刘晓昱<sup>1</sup>、佟瑞菊<sup>2</sup>

1. 福州大学; 2. 福建工程学院

新兴互联网大数据技术及应用的迅速发展, 基于统一 GIS Web 服务规范的并行计算构架, 为数字地球大数据和新服务应用发展提供了重要技术支撑。规范化 GIS Web 服务的并行是一种全新的分布式计算模型, 它的主要目标是通过规范化接口 Web 服务联动现有的各种异构平台, 并建立一个通用的、与平台和语言无关的 Share-nothing 技术层, 以实现地球大数据计算资源的有效协调, 解决数据计算 Web 服务的不兼容、不统一的问题, 显著提高地球大数据信息资源共享和社会化使用效益, 推动数字地球发展。本研究通过回顾和比较业界主流的各种大数据并行构架及相关 Web 服务规范, 分析规范化 GIS Web 服务的并行计算需求, 提出了基于统一 GIS Web 服务规范的并行计算构架服务原型, 以冷水珊瑚分布预测为例探索行业应用实现方法。

## 基于集成建模方法的主要冷水造礁珊瑚种全球潜在分布建模研究

佟瑞菊<sup>1</sup>、Autun Purser<sup>2</sup>、刘甫<sup>3</sup>、刘晓昱<sup>3</sup>

1. 福建工程学院; 2. Alfred-Wegener Institute; 3. 福州大学数字中国研究院

冷水珊瑚礁为众多的鱼类及无脊椎动物提供了良好的生境条件, 是全球生物多样性热点区域和重要海洋渔场, 是深海生态系统重要组成部分, 具有极其重要的生态意义, 科研及经济价值。然而, 冷水珊瑚礁生态系统极其脆弱, 极易受到深海拖网捕捞、海水酸化等因素影响。目前已有大量冷水珊瑚礁遭到破坏, 其所构筑的复杂多层次生态系统随之消失, 包括鱼类资源。了解冷水珊瑚礁空间分布是应对海洋环境污染、生境破坏等生态威胁的前提。然而海洋生物分布数据获取成本高, 目前冷水珊瑚礁全球地理分布信息已知有限, 特别是北大西洋以外区域。本研究面向全球海洋, 充分利用现有高分辨率全球海洋环境数据, 基于集成建模方法, 预测主要冷水造礁珊瑚种 *Lophelia pertusa* 全球潜在分布。本研究旨在提升对主要冷水造礁珊瑚种 *Lophelia pertusa* 全球潜在空间分布格局的认识, 加深对环境因素影响其分布的机理的理解。预测模型可为我国南海及全球其它海域冷水珊瑚现场调查研究提供重要参考。

# 基于 Sentinel-2 和 GF-2 影像西玳瑁岛的底质变化研究

吴虹蓉

中国科学院空天信息创新研究院和长江大学

珊瑚礁对于海洋生态环境研究具有重要意义,通过分析珊瑚礁的分布以及健康状况可以对海洋生态环境进行评估。本文以海南省三亚珊瑚礁自然保护区中西玳瑁岛为研究区域,利用 2012 年的 Worldview-2 和 2017 年 4 月份的 GF-2 高分辨率影像数据,结合水下珊瑚礁照片和视频资料,利用面向对象分类方法对珊瑚礁地貌单元进行信息提取,并对比两期影像的分类精度以及对提取结果进行分析。结果表明:(1) Worldview-2 影像的分类结果具有 89% 的总体分类精度和 0.86 的 Kappa 系数,GF-2 影像的分类结果具有 91% 的总体分类精度和 0.89 的 Kappa 系数,整体来说 GF-2 具有更高的分类精度。(2) 2 年间研究区域大约有 1/3 区域发生白化,结合相关资料发现是由于当地人工岛的建设导致水中沉降物覆盖严重。本研究分析了西玳瑁岛珊瑚礁白化原因,提供了底质分类方法,为三亚珊瑚礁保护区的监测和保护提供了有效资料和手段。

## 分会主题 数字地球与遥感反演

### 地球大数据用于中国土地退化监测评价典型案例

张克斌<sup>1</sup>、孙涛<sup>2</sup>、常丹东<sup>3</sup>

1. 北京林业大学; 2. 国家林业局荒漠化监测中心; 3. 水利部水土保持监测中心

地球大数据在土地退化监测评价方面有着无可比拟的优势，它具有时效性强、范围广、经济实用等特点。地球大数据在我国用于土地退化监测评价主要包括：1) 全国水土流失监测；2) 中国荒漠化/沙化趋势) 土地以及 LDN 国家方案制定；3) 中国沙尘暴监测等方面。本文通过典型案例说明地球大数据在中国土地退化监测及评估方面应用广度和深度。1、基于 2 米分辨率遥感影像，遥感解译、野外调查验证和模型计算相结合的技术路线。通过监测，全面掌握了全国水土流失动态变化情况。结果表明，近年来我国水土流失状况持续好转，生态环境整体向好态势进一步稳固，水土流失实现面积强度“双下降”、水蚀风蚀“双减少”，生态文明建设成效显著。2、结合地球大数据专项，以植被覆盖为基础，采用土壤侵蚀控制指数为指标，对以植被措施为主的治理措施的水土保持功效进行评价，方法切实可行，结论可靠。通过计算不同时期土壤侵蚀控制指数 (SECI) 获取植被变化所产生的水土保持功效，得出近 20 年来黄土高原大规模绿化对水土保持的作用及贡献。3、结合国家荒漠化监测 (包括沙尘暴监测)，尤其是 2021 年沙尘暴监测结果及其对国民经济及人民生活方面的影响。

### 内蒙古自治区长时序土壤侵蚀遥感动态与评估

江威、庞治国、路京选、覃湘栋、李琳、付俊娥、曲伟

中国水利水电科学研究院

内蒙古东北黑土区是我国重要生态屏障和粮食生产基地，土壤侵蚀是威胁区域生态安全和粮食安全可持续发展的重要因素。利用多源卫星遥感数据，开展区域气象、土地利用、植被覆盖等因子定量解析，构建土壤侵蚀遥感评估模型，开展 1978-2018 年内蒙古东北黑土区土壤侵蚀动态监测与评估，结果表明：(1) 1978 年水土流失面积为 183040 平方千米，2018 年水土流失面积为 90428 平方千米，水土流失面积减少了 92612 平方千米，减少区域主要位于松辽平原防沙农田防护区；(2) 区域主要以风力侵蚀为主，风力侵蚀从 1978 年 139170 平方千米减少到 68652 平方千米，水力侵蚀从 1978 年 43870 平方千米减少到 21776 平方千米，减少区域位于林草植被修复区；(3) 水土流失强度主要以轻度为主，其中轻度、中度、强烈、极强烈和剧烈水土流失下降面积比例分别为 45.28%、65.55%、76.16%、74.48%、88.74%。上述研究说明，多源遥感技术为开展水土流失动态监测提供有效途径，有助于科学认知可持续发展背景下区域土壤侵蚀时空演变规律，为土壤侵蚀治理效果评估提供重要支撑。



## 可控环境下土壤盐渍化过程微波特性全要素研究

张婷婷<sup>1,3</sup>、邵芸<sup>1,3</sup>、高强<sup>1,4</sup>、鞠正山<sup>2</sup>、刘致曲<sup>1</sup>

1. 浙江省微波目标特性测量与遥感重点实验室；
2. 自然资源部土地整治中心；
3. 中国科学院空天信息创新研究院；
4. 中国地质大学（北京）

土壤盐渍化已成为全球最严重的、最受关注的地质环境问题之一，也成为世界灌溉农业可持续发展的重要制约因素之一。土壤含盐量的变化会影响雷达影像记录的目标物后向散射系数或是微波辐射亮温值，并且不同的微波波段具有不同的响应能力。“微波特性测量与仿真成像科学实验平台”是亚洲唯一的、国际领先的、功能高度集成与自动化的大型微波遥感基础实验科学装置。本研究在该平台严格可控的条件下，开展了土壤盐碱化全过程微波特性全要素测量（0.8GHz-20GHz、全极化、全入射角、全方位向），以及地基 SAR 仿真成像，并对大量的实验数据进行了分析。分析结果表明，不同频段和入射角对于土壤盐分的变化具有不同的敏感度。在 120 度方位向条件下，入射角越小，微波电磁波对于盐分含量高的土壤越敏感。随着角度的不断增大，高盐分含量土壤的后向散射随微波波长的增大而增大。正确描述土壤盐碱化全过程中电磁波与盐碱化土壤相互作用的行为特征，对发展土壤盐碱化最佳雷达预报模式具有重要的科学意义。

## 可控环境下土壤含水量变化过程微波特性全要素测量研究

高强<sup>1,3</sup>、张婷婷<sup>1,4</sup>、邵芸<sup>1,4</sup>、鞠正山<sup>2</sup>、刘致曲<sup>1</sup>

1. 浙江省微波目标特性测量与遥感重点实验室；
2. 自然资源部土地整治中心；
3. 中国地质大学（北京）；
4. 中国科学院空天信息创新研究院

土壤盐渍化已成为全球最严重的、最受关注的地质环境问题之一，也成为世界灌溉农业可持续发展的重要制约因素之一。土壤含水量的变化会影响雷达影像记录的目标物后向散射系数或是微波辐射亮温值，并且不同的微波波段具有不同的响应能力。“微波特性测量与仿真成像科学实验平台”是亚洲唯一的、国际领先的、功能高度集成与自动化的大型微波遥感基础实验科学装置。本研究在该平台严格可控的条件下，开展了土壤含水量变化全过程微波特性全要素测量（0.8GHz-20GHz、全极化、全入射角、全方位向），以及地基 SAR 仿真成像，并对大量的实验数据进行了分析。分析结果表明，不同频段和入射角对于土壤水分的变化具有不同的敏感度。在 0 度方位向条件下，入射角越大，微波电磁波对于水分含量高的土壤越敏感。随着角度的不断增加，高含水量土壤的后向散射随微波波长的增大而减小。正确描述土壤含水量变化全过程中电磁波与土壤相互作用的行为特征，对发展土壤含水量变化最佳雷达预报模式具有重要的科学意义。

# 基于无人机高光谱的兵团棉田土壤含水量反演技术

徐凯磊<sup>1</sup>、万余庆<sup>1</sup>、谢涛<sup>2</sup>、江晓光<sup>1</sup>

1. 西安煤航遥感信息有限公司； 2. 陕西省地质调查院

随着现代农业的快速发展，传统农业耕种模式已经无法满足当代社会快速发展对生产力的要求。本文以无人机高光谱数据作为主要数据源，辅助棉田植被实测光谱及地面实测含水量数据，利用地面实测光谱曲线计算不同植被指数并分析其与土壤实测水分含量相关性，建立植被冠层光谱信息与地面实测土壤含水量之间的定量关系，通过植被冠层光谱信息间接反演土壤含水量。同时，建立两种数据源同一植被指数之间的回归关系，将实测光谱曲线植被指数构建的土壤含水量模型应用至无人机高光谱影像上，完成土壤含水量的大范围空间反演制图。

结果显示：土壤含水量与各植被指数整体呈正相关，棉花生长期棉田土壤含水量与归一化植被指数（NDVI）、绿波段植被指数（GNDVI）、土壤调节植被指数（OSAVI）及土壤比值植被指数（SR）相关性达到 0.79、0.72、0.73、0.84，选择 NDVI、SR 植被指数构建土壤含水量反演模型，模型决定系数分别为 0.63 和 0.77，最终将比值植被指数（SR）构建的土壤含水量反演模型应用与兵团棉田无人机高光谱数据上，实现兵团棉田土壤含水量空间分布制图。

# 青藏高原积雪变化对长江、黄河流域干旱的影响分析

周恒<sup>1,2</sup>、张露<sup>1,2</sup>、刘栩婷<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院 数字地球重点实验室； 2. 中国科学院大学

青藏高原作为“世界屋脊”，不仅通过水循环对下游自然生态和人民生活产生重要影响，还通过热力循环影响着北半球乃至全球的气候。为了探究青藏高原对长江、黄河两个重要流域干旱情况的影响，基于全国雪深长时间序列数据集和 SPEI 指数，利用 M-K 检验和相关性分析法，分析了 1989-2013 年青藏高原冬季积雪的时空变化特征，以及其对长江、黄河两流域夏季干旱的影响。结果表明，整体上青藏高原冬季积雪深度呈缓慢下降趋势，其中 1997 年冬季出现了一个异常峰值；年际变化上，高原西北部地区与东南部地区积雪深度变化相反，西北部地区积雪深度减少时，东南部地区积雪深度增加。在对下游的影响上，当青藏高原东南部地区积雪深度增加时，长江、黄河流域的上游地区表现为干旱程度减轻，中下游地区干旱程度加重，并且黄河流域比长江流域显著。通过探讨青藏高原积雪变化与下游流域干旱之间的关系，帮助研究青藏高原气候变化及其影响，为短期气候变化、干旱监测提供线索。

## 分会主题 数字地球与月基观测

### 月基观测——全球辐射能量收支监测的新方式

刘广<sup>1,3</sup>, 叶罕霖<sup>2</sup>, 黄靖<sup>1,3</sup>, 邓玉<sup>4</sup>, 董润波<sup>1,3</sup>, 郭华东<sup>1,3</sup>

1.中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094, 2.中国空间技术研究院, 北京 100094;  
3.中国科学院大学, 北京 100049; 4.北京大学, 北京 100871

地球辐射能量收支是否平衡是衡量全球气候变化程度最直接的指标。现有星载观测数据结果表明, 地球整体辐射能量收支的估算存在至少  $6.5 \text{ W m}^{-2}$  的误差, 尚不能为科学问题解答提供结论性支持。为进一步提升精度, 除了继续提高传统星载传感器辐射校准精度之外, 还可以开发使用新的对地观测平台。随着空间技术的发展, 星载平台稳定性、可靠性大幅提升, 对于地球向外辐射能量观测而言, “看得宽”、“看得久”、“高重访”等成为了趋势, 为尽可能地克服低轨、同步轨道观测几何对全球观测的限制, 月基平台成为了观测平台的重要选项, 可望提高地球整体辐射能量收支估算精度, 获得我国自主、独立、全球尺度观测数据集, 解答全球气候变化机制的问题。本报告基于重大基金项目研究, 拓展项目外延, 阐述了基于月基观测的地球辐射能量收支估算方法, 回答“何处采集数据”、“采集什么数据”、“采集数据如何仿真”和“采集数据如何使用”四大问题。研究成果表明: 月基平台将地球当作类点状辐射源观测地球是可行的; 此外, 月基平台可以在传统星载遥感“细致入微”的观察中补充“一览众山小”的视野, 消除低轨卫星时空采样误差, 揭示星球尺度的地球各向异性辐射特征, 从而精确估算地球辐射能量收支。

### 地球短波向外辐射能量在月球轨道高度的分布

毋杰、郭华东、丁翼星、商豪律  
中国科学院空天信息创新研究院

地球大气层顶 (Top of Atmosphere, TOA) 辐射收支的变化是定义全球气候变化状况的最基本指标。由于地球系统中反射和散射过程是复杂且各向异性, 地球短波出射辐射的测量具有很大的不确定性。因此, 对地球短波出射辐射的准确估算对于 TOA 处地球辐射收支 的估算至关重要。与人造卫星相比, 月基传感器可以为地球辐射观测提供大规模、连续和长期的数据, 为 ERB 带来新的视角。我们已探讨过月基观测视角下的地球短波辐射变化规律, 在本文中, 我们计算地球在月球轨道高度上任意一点的短波辐射出射度, 即地球上被阳光照射的部分与任意一点观测地球的可视部分的相交区域辐射出射度总和, 以探讨地球短波向外辐射能量在月球轨道高度的分布情况。地物的反射是各向异性的, 尤其是在短波段 ( $0.3\text{-}5\mu\text{m}$ ), 而目前的研究通常基于各向同性的假设。在本文中, 各向异性由各向异性因子表示, 可以从云和地球辐射能系统 (Clouds and Earth's Radiant Energy System, CERES) 角度分布模型 (Angular Distribution Models, ADM) 中得到。

## 各向异性对月基观测地球向外辐射能量影响

黄靖<sup>1,2</sup>, 郭华东<sup>1,2</sup>, 刘广<sup>1,2</sup>, 叶罕霖<sup>3</sup>, 邓玉<sup>4</sup>, 董润波<sup>1,2</sup>

- 1.中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094;
- 2.中国科学院大学, 北京 100049;
- 3.中国空间技术研究院, 北京 100094;
- 4.北京大学, 北京 100871

角度分布模型 (ADMs) 用于将测量到的辐射亮度转换为辐射通量, 其本质是为了推导各向异性的离散形式, 即各向异性因子。由于地球是非朗伯体, 因此在分析卫星测量的地球辐射时需要考虑各向异性的影响。本文重点分析了月基平台视场中各向异性因子, 以明确其随观测几何、场景类型和云量的变化, 为辐射模型的建立提供先验知识。首先, 利用模式数据模拟了从月基平台观测到的地球向外长波辐射。其次将场景类型分为海洋, 沙漠, 雪和陆地, 结合不同的云层覆盖。对于观测角度, 将观测高度角分为 10 个角箱组合, 观测方位角分为 9 个角箱, 从而得到 90 种角度组合。最后, 我们研究了不同角度组合、场景类型和云覆盖情况下地球向外长波辐射的变化, 并对各向异性和各向同性的情况进行了对比研究, 结果表明, 考虑各向异性的地球向外长波辐射与朗伯体情况的差值可达到  $0.005 \text{ W m}^{-2}$ , 不容忽视。

## 面向极涡变化的月基观测探索

邓玉<sup>1</sup>, 郭华东<sup>1,2,4</sup>, 刘广<sup>2,4</sup>, 叶罕霖<sup>2,3</sup>, 黄靖<sup>2,4</sup>

1. 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871;
2. 中国空间技术研究院, 北京 100094;
3. 中国科学院空天信息创新研究院, 北京 100094;
4. 中国科学院大学, 北京 100049

极涡是绕地球南极或北极的高空气旋性大型环流, 极涡的变化和全球气候变化密切相关。月基对地观测平台作为一个崭新的对地观测平台, 具有大尺度、连续性、多角度以及长期性观测特性。不同于传统星载卫星平台, 月基对地观测平台可实现对地球两极及附近区域长时间高分辨率的观测, 弥补了传统卫星对地球两极区域观测采样不足的缺陷。本文首先回顾和总结了极涡观测的传统遥感方法, 在此基础上提出了月基紫外、可见光和红外传感器以及亚毫米波辐射计等展开极涡变化探测的设想。面向极涡变化探测的月基对地观测平台有望提供一份独特的极涡观测几何数据, 有利于进一步探测和研究极涡的变化趋势和对全球气候变化如臭氧层空洞的影响, 有望和现有星载极涡观测数据、NCEP 以及 ECMWF 等再分析资料互为补充及验证, 为全球气候变化研究提供有力的支持。

## 分会主题 数字地球与大数据-1

### 中国第一套基于卫星观测数据生成的全球气候数据集

梁顺林<sup>1</sup>、张杰<sup>2</sup>、唐世浩<sup>3</sup>、徐冰<sup>4</sup>

1. 美国马里兰大学;
2. 自然资源部第一海洋研究所;
3. 中国气象局国家卫星气象中心;
4. 清华大学地球系统科学系

本报告将介绍从各种卫星观测数据中生成的中国第一套气候数据集 (Climate Data Records - CDR), 包括 17 种大气 CDR, 21 种海面 CDR 和 21 种陆面 CDR。这些 CDR 绝大多数都与基本气候变量 (Essential Climate Variables - ECVs) 相对应。与其它高级卫星产品相比, 我们生成的 CDR 具有一些独特的特点, 比如长时间序列 (许多 CDR 从 1981 年到 2020 年跨越 40 年)、高空间分辨率、高质量、高精度和时空一致性。陆地和大气 CDR 基本上是直接从卫星数据中反演生产的, 而大多数海洋 CDR 主要是基于对现有多种卫星产品的融合。我们将介绍这些 CDR 的特性以及与数字地球的关联, 也将讨论 CDR 生产中存在的问题和对未来的展望。

### 新疆地区生物多样性数据库

李利平<sup>1</sup>、万华伟<sup>2</sup>、李海萍<sup>3</sup>、蒋样明<sup>1</sup>、王拓<sup>1</sup>、赵辉辉<sup>1</sup>、刘庆杰<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院;
2. 生态环境部卫星环境应用中心;
3. 中国人民大学环境学院

新疆地处中国西部, 目前已有一些动植物多样性格局的研究, 但是并没有一个较为完善的生物多样性数据库。主要基于区域植物志和动物资料, 及在新疆地区的实地调查, 我们建立了一个结构化的数据库, 包括了 3760 种植物, 425 种鸟类, 及 149 种哺乳动物。基于物种, 这个数据库首先记录了物种的基本特征, 主要包括其分类信息, 生境, 受威胁信息, 及在新疆的分布; 在区域尺度上, 将新疆地区划分为  $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$  的栅格, 将这些物种进行了区域分布制图和分析, 初步总结了区域生物多样性的特征, 同时结合前期研究, 对区域种库, 区域物种分布区特征进行总结综合分析, 并对比了区域动植物生物多样性的特征。该数据库可以作为区域生物多样性研究的数据基础, 也可为区域多样性保育提供数据支撑。

# PB 级巨量遥感数据高效检索理论模型和技术方法

孙逍遥、王立君、陈奕君、吴森森、杜震洪

浙江大学

随着空天地立体观测技术的迅猛发展，全球遥感观测数据呈现爆炸式增长，数据量级增大、数据种类增多。如何在巨量的遥感数据中更快地找到所需数据、更准确地满足使用者需求、更深入地挖掘信息的内在价值，是巨量数据汇聚带来的现实挑战。本文研究 PB 级巨量遥感数据高效检索理论模型和技术方法，以遥感数据立体网状目录体系为基础，结合基于语义和时空相似度等多元相似度模型构建的统一遥感元数据组织关联模型，为巨量异构遥感数据的高效检索提供有效机制。本文实验以分布式搜索引擎 Elasticsearch 为技术基础，验证了基于目录体系的遥感数据检索速度优化策略以及基于多源相似度的遥感元数据关联检索优化策略，完成了巨量遥感数据高效检索体系实验验证，进一步挖掘了巨量异构遥感数据的科学内涵和实用价值。

## 基于全球开放大数据的 RAI 指标分析

周琪、李宛静、刘垚明、张宇恒

中国地质大学（武汉）

RAI(Rural Access Index)是指“居住在四季通行的道路两公里之内的农村人口比例”，是联合国可持续发展目标 9（产业、创新和基础设施）中的指标之一。然而，RAI 指标只是一个比值，未反映居住在四季通行的道路两公里以外的（实际）人口数量，因此该指标未能完全体现联合国“Leave no one behind”的宗旨。针对该不足，本文基于全球开放大数据计算了全球 205 个国家的 RAI 值和居住在道路两公里以外的农村人口数量(称作：Not Serviced Rural Population (NSRP))。本文使用的全球开放大数据包括：开放街道地图数据 OpenStreetMap (OSM)，全球人口数据 WorldPop、全球城市中心数据 Urban Centre Database(UCDB)和全球行政区划数据 Database of Global Administrative Areas(GRDM)。方法步骤包括：首先，利用 UCDB 和 WorldPop 数据提取农村区域，并计算农村人口；然后，对 OSM 道路数据建立两公里的缓冲区，并计算道路两公里内（外）的农村人口；最后，计算 RAI 值和 NSRP 值。主要发现如下：（1）RAI 值较高（75%以上）的国家主要有：北美洲、欧洲和大洋洲的大多数国家，以及中国、印度、智利和埃及等；RAI 值较低（25%以下）的国家主要集中在非洲，如索马里、苏丹、乍得、刚果等。（2）RAI 和 NSRP 两个指标的相关性仅为 0.28，表明两个指标的全球分布格局的差异较大。从 NSRP 指标的全球分布图可以看出，中国和印度的值较高，表明这两个国家仍有大量居住在两公里以外的农村人口。NSRP 指标可以作为 RAI 指标的补充，为改善各个国家农村地区的道路基础设施提供决策支持。

# 中国县域百年土地利用变化及驱动力分析-以嘉兴市为例

周天宇<sup>1</sup>、勾鹏<sup>1</sup>、刘海猛<sup>2</sup>、李明<sup>3</sup>、聂维<sup>1</sup>、许诺<sup>1</sup>、唐攀攀<sup>1</sup>

1. 南湖实验室; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所; 3. 国家基础地理信息中心

城镇化是世界各国实行和保障可持续发展的主旋律之一。第七次全国人口普查数据显示, 全国平均城镇化率约为 63.9%。嘉兴市城镇化率为 67.4%。本研究以嘉兴市为例, 基于老地图、遥感影像、人口以及经济发展报告等数据源, 利用传统遥感信息提取技术与人工智能技术结合, 探讨快速城镇化背景下土地利用、人口格局与经济发展等指标的长时间序列时空变化特征。1917 年民国政府测绘地图显示, 嘉兴百年前人工建筑面积 71.66 平方公里, 以城区建筑为主, 主城区占比为 32.49%; 2020 年遥感影像表明嘉兴人工建筑面积已达 1117.83 平方公里, 增长了近 15 倍, 主城区占比为 38.18%, 2000 年为主城区建筑面积占比最高的年份, 达到 48.97%。进入新世纪以来是嘉兴城市建设速度最快的阶段。夜光遥感影像与城建极化分析表明, 嘉兴“五县两区”发展受上海、杭州等城市牵引, 铁路、高速、运河等基础设施也是重要影像因素。结合人口与经济发展数据分析, 嘉兴城市内部驱动力已由人口增长带动城市发展, 逐渐转变为由城市发展带动人口增长, 相关指标在 2000 年开始逐渐向均衡协调发展方向转变, 同时产业结构转变也为城市发展和城镇化起到高质量提速的作用。

## 分会主题 数字地球与大数据-2

### 全球 30 米地表覆盖精细分类与变化更新算法与产品

刘良云

中国科学院空天信息创新研究院

地表覆盖类型是决定地表和大气之间的能量和物质交换的关键气候变量。球中分辨率时序地表覆盖制图成为研究热点。首先，我们突破全球 30 米地表覆盖精细分类产品的自动更新关键技术，研发了基于全球地物图像波谱库的全球 30 米地表覆盖精细分类算法，国际上首次研制 2020 年地表覆盖精细分类产品。其次，针对 1985-2020 年全球长时序 30 米地表覆盖精细分类产品研制需求，研究摒弃了传统的逐期分类策略，而提出了精度更高的基于变化检测的更新制图策略。即将 2020 年时序 Landsat 地表反射率作为基准与其他 7 期时序反射率分别进行变化检测，提取各期对应的变化区域，并利用基准年份的地表覆盖精细分类产品从不变区域中随机挑选训练样本，并结合逐期地表反射率数据和局部自适应分类模型实现对变化区域的更新制图。最后，顾及到更新结果在时间维度上存在的不合理转换，研究提出了一致性检验的后处理方案，进一步提升全球地表覆盖精细分类产品在时间维度上的合理性和一致性。预期该产品将是国际上首套基于变化自动更新的 30 米分辨率的长时序全球地表覆盖产品，能够为数字地球平台、全球自然资源监测、生态评估、全球变化、可持续发展等提供基础地理数据。

### 基于 Google Earth Engine 的湿地分类制图研究

樊超<sup>1,2</sup>、侯西勇<sup>1</sup>、徐鹤<sup>1,2</sup>、李东<sup>1</sup>

1. 中国科学院烟台海岸带研究所； 2. 中国科学院大学

湿地是地表重要的生态系统之一，为维持生物多样性和人类福祉提供了支持服务。快速准确的监测湿地现状是湿地资源可持续管理的重要环节，需要海量的遥感影像提供数据支撑，依赖于解译技术和工具的创新。传统的湿地数据生产过程效率较低：影像下载与筛选操作繁琐、数据读取与存储效率低下，较难推广到大尺度空间的湿地分类制图。Google earth engine (GEE) 是一个高效的遥感大数据分析和呈现云平台，能够免费调用遥感数据及谷歌服务器功能，是实现快速湿地制图的高效工具。本研究采用 GEE 云平台进行湿地分类，确定了森林/灌丛沼泽、草本沼泽、河流、洪泛湿地、河口水域、滩涂等 9 种湿地类型，调用了云平台内置的 2020 年 Sentinel-1 和 Sentinel-2 影像数据集，选取了 NDVI、NDWI、NDBI、VH、VV、Elevation 等多个光谱、指数、纹理、地形方面的特征变量辅助湿地分类。在此基础上，以非洲马达加斯加岛作为实验区，使用随机森林算法分类器进行湿地分类。结果显示：研究区湿地分类总体精度达到 82.8%，Kappa 系数为 0.773。本研究为湿地分类提供了一种新的技术范式，为湿地资源管理提供了技术保障。



# 一种提高全球土地覆盖质量的合成方法

钱昕宇、张磊、翟富祥

中国科学院空天信息创新研究院

土地覆盖对全球变化科学至关重要，它广泛用于生态和地球系统模型，以模拟能量、水和碳的大气-生物圈交换。然而，目前的全球土地覆盖产品在土地类别、空间尺度、时间范围等方面缺乏数据一致性，并且精度不高。本研究旨在合成多个全球土地覆盖产品并纠正不合理的时空误差，创建一个高精度、长时间序列全球土地覆盖数据集。首先，提出了逻辑回归指示器方法用于合成 CCI-2012、MODIS-2012 和 GLCNMO-2013。基于 10006 个样本验证的 GLC2012 产品的用户精度为 74.4%，比上述产品高出 3.4%~10.9%。接着以 GLC2012 产品为基准年数据，叠加 CCI-LC 产品的年际变化，形成 1999-2018 年的时间序列数据集。然后构建异常变化检测和重构模型，用于检测和纠正数据序列。将变化像素的变化类型分为真实变化、可能变化和伪变化三种类型。伪变化被定义为错误变化类型，可能变化需要对变化真伪进行判断。针对伪变化，本研究提出了光谱相似度来进行数据序列的纠正。最后，本研究生产出 2000-2017 年改进的全球土地覆盖时间序列数据集，其空间分辨率为 0.01°。该数据集将有助于监测全球地表变化和相關研究。

## 基于谷歌地球引擎和深度学习的土地覆盖分类精度空间分析

万月、张景雄

武汉大学测绘学院

本文使用谷歌地球引擎（GEE）加载、提取和分析土地覆盖信息中包含的景观和类别模式，基于一定分布的训练样本，完成局域化的土地覆盖分类精度的分析工作。与以往的地理加权的逻辑回归方法、非地理加权的逻辑回归方法、KNN 方法和随机森林等机器学习方法相比，本文采用了深度学习方法，对像元级别的分类精度进行预测。GEE 在本研究中的作用主要是完成大尺度的土地覆盖分类图的局域景观模式的提取，它在效率上具有一定的优势，以及对预测得到的局域精度可视化。在局域精度预测的过程中，像元分类正确对应的概率被设置为响应变量，通过将局域级别的景观指数及类别变量作为输入波段，建立深度学习模型，对局域精度建模并量化。除去对局域分类精度进行预测，通过设置不同的训练样本，还可分别实现对于局域用户精度和局域生产者精度的预测。常用于土地覆盖分类的一维、二维卷积神经网络均可用于本实验的建模。对于像元分类正确/错误二值变量的建模结果可采用 AUC、Tjur's 系数等进行评价。

# 基于 Sentinel-2 影像的多尺度卷积块注意力网络局部气候区分类

王壬丰、王猛猛

中国地质大学（武汉）地理与信息工程学院

局部气候区（LCZ）是 Stewart 与 Oke 于 2012 年提出的用于城市热岛效应研究的一种新型城市地表分区标准。局部气候区是衡量区域特别是城市生态气候状况的重要指标，对研究城市热岛效应、区域规划、碳循环等具有重要的意义。局部气候区划分标准的复杂性和地表覆盖的多样性，导致从遥感影像中直接提取局部气候区具有挑战性。针对大尺度高精度的城市局部气候区分类要求，本文提出基于深度学习技术的局部气候区分类模型。基于当前 LCZ 领域最权威的分区数据集 So2Sat LCZ42 和 Sentinel-2 影像，利用深度卷积神经网络对影像特征进行提取，并引入残差学习、注意力机制、深度可分离卷积模型对特征进行优化，实现了对武汉市及其周边地区的 LCZ 精确分类，总体精度和 Kappa 系数分别达到 69.7% 和 0.665，相比于 RF 和 SVM 等传统机器学习算法分别提升 5% 到 8% 和 0.1 到 0.15 左右，实验结果表明基于本文提出模型的局部气候区分类方法有更高的精度和更强的鲁棒性。本文研究成果可为基于深度学习的 LCZ 分类和其它城市地表分类体系建设提供基础技术支撑并为城市热环境、微气候等研究提供数据参考。

## SDG9.1.1 农村道路两侧人口占比估算及遥感提取方法研究

邬明权<sup>1</sup>、贾战海<sup>2</sup>、柏茂杨<sup>2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院； 2. 成都理工大学

发展发展优质、可靠、可持续和有抵御灾害能力的基础设施是 SDG9 的重要内容，其中 SDG9.1.1 居住道路两公里内的农村人口占比是衡量农村交通状况的重要指标。该指标目前处于有方法无数据阶段，存在数据生产成本高、时效性差和更新速度慢等问题。针对 SDG9.1.1 指标的数据缺失问题，以中巴经济走廊为研究区，采用世界银行推荐的农村可及性指数法，评估了中巴经济走廊 2014 年和 2019 年的 SDG9.1.1 实现水平，特别评估了中国公路工程项目在帮助巴基斯坦实现 SDG9.1.1 中的贡献；针对 SDG9.1.1 指标监测方法的数据生产成本高、时效性差和更新速度慢等问题，以阿尔及利亚为研究区，提出了一种全遥感化的 SDG9.1.1 估算方法，通过遥感技术提取农村道路网络及道路两侧 2km 范围内的居民点，结合人口数据，估算 SDG9.1.1，并比较了基于遥感数据、基于 WorldPop 人口数据和基于高分辨率居民点数据的 3 种 SDG9.1.1 估算方法，估算了阿尔及利亚 5 条我国建设高速公路周边的 2011 年、2015 年和 2019 年的 SDG9.1.1 实现水平。相关研究成果可为 SDG9.1.1 的数据生产和全遥感监测方法研究提供参考。

## 分会主题 数字地球与大数据-3

### 我国当前臭氧污染防治对卫星大数据的需求

陈良富<sup>1,2</sup>、陶金花<sup>1</sup>、范萌<sup>1</sup>、张莹<sup>1</sup>、余超<sup>1</sup>、顾坚斌<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 中国科学院大学

我国经过实施五年“大气污染防治行动计划”和“三年蓝天保卫战”，PM<sub>2.5</sub>浓度持续下降，重污染天气得到有效控制，空气质量优良天数逐步提升，但大多数城市臭氧浓度不降反升。但如何利用卫星大数据有效开展臭氧污染监测防治，需要了解臭氧污染的成因。臭氧形成机制包括三个方面：一是对流层顶折叠；二是区域传输；三是本地光化学反应生成。论文介绍了利用卫星大数据开展三种形成机制的监测：具体包括红外遥感探测臭氧垂直分布、对流层臭氧技术；可见光高光谱探测臭氧前体物二氧化氮和甲醛技术；利用机器学习模型实现基于卫星监测资料和气象资料等大气底层臭氧反演算法。进一步分析了利用卫星遥感在臭氧探测中的监测应用思路和方法存在的问题，提出基于卫星开展臭氧污染超标警报，并分析建立了利用卫星探测的二氧化氮、甲醛柱浓度进行臭氧污染靶区监测模型。最后，报告描述了光化学反应的太阳辐射卫星监测进展，以及基于卫星监测信息和相关大数据共同支撑的臭氧精细化监管的数据平台。

### 多源地理空间大数据用于评价 SDG 11.7 城市绿地的适合度 ——以宁波为例

金昊雯<sup>1,2</sup>、葛咏<sup>2</sup>、Hamm, Nicholas<sup>1</sup>、Faith Ka Shun, Chan<sup>1</sup>

1. 宁波诺丁汉大学; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所

地球大数据是描述地球空间或时空特征的重要工具，也是评估可持续发展进展，监测未来发展变化，规范化可持续发展指标与方法推动决策分析的必要支撑。和一般统计数据相比，地球大数据在对区域的空间或时空细节的评估中具有一定的优势。为了更好地评价以地球大数据作为输入数据产生的结论，本文以多源地球大数据（人类足迹）为例对地球大数据的数据质量进行考察，发展了一种普适的综合数据质量评价方法。采用了数据适用度（DaFFU）这一方法，利用多属性决策（MCDM）中的简单加性加权方法将不同的内部和外部数据质量，以特定的加权模型结合起来，得到综合数据质量评价指标。将该数据评价方法应用于评估多源地理数据在和城市开放绿地空间关系的定量评价中的适合度。主要考察的数据质量包括一致性以及准确性，且各数据质量在进行加权之前将预先进行标准化，使得不同的数据质量具有可比性。本文同样测试了不同分辨率下人类足迹质量评价的差异。这些工作为未来测试输出结果的不确定性奠定了基础。

# 高时空分辨率连续地表温度产品融合方法研究——以湖北省为例

李冉、王猛猛、张正加、刘修国

中国地质大学（武汉）

作为陆地表层系统的关键参数，地表温度是地表和大气能量交换的直接驱动因子，被广泛应用于生态环境监测、作物蒸散发估算和城市热环境分布等研究领域。由于遥感时空分辨率的相互制约和云污染的影响，单一卫星热红外传感器反演到的地表温度产品存在着数据缺失量大，时空分辨率低的应用缺陷。为此，提出一种“时域融合—辐射归一化—时空融合”的研究策略，并实验得到湖北省 2020 年四个季度 100 米分辨率的地表温度均值合成产品。该方法充分利用 MOD11A1 获取频率高和实用单通道算法反演到的 Landsat 8 地表温度产品空间细节度高的数据互补优势，综合采用均值时域融合，不同时相数据辐射归一化和 STARFM 时空融合等技术，得到空间完整且分辨率高的地表温度产品。升尺度的时空融合结果与 MOD11A1 合成产品的验证结果显示，整个研究区内夏秋冬三个季度的平均相关系数为 0.75，平均绝对误差为 1.01K，其中夏季的融合结果精度要远高于秋冬。借助遥感云计算平台和本地加速算法，该策略在大区域高时空分辨率地表温度产品的生产上具有显著优势，一定程度上可以满足大区域地表温度相关研究的需求。

## 基于 DTW 算法的时序特征关联性分析方法研究

刘一鸣<sup>1</sup>、郭华东<sup>2,3</sup>、张露<sup>2,3</sup>、梁栋<sup>2,3</sup>

1. 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871;
2. 中国科学院空天信息创新研究院 数字地球重点实验室, 北京 100094;
3. 中国科学院大学, 北京 100049

伴随着空天对地观测、陆地传感器网络及其他方式的观测技术的快速发展，人们已经获得了与地球相关的丰富的数据集，如何从大量的包含时空信息的数据中获得相关特征的时空关联性规律，是当前的研究热点领域之一，也是开展大数据分析的技术基础。本文基于优化的动态时间规整（DTW）算法，提出了面向时序信息的关联分析方法以及相应的关联性指标，并将其应用在南极冰盖表面温度和融化面积时序特征，分析了不同月份之间、典型区域之间、以及特征之间的关联性。研究表明：相比较传统的关联分析的方法，所提出的基于 DTW 算法的关联分析方法能够更有效区分时序信息的变化细节，适合研究极地冰盖的不同特征的异常变化，为时空数据的关联性研究提供了一种较具可行性的新方法。

# 基于地球古生物多样性数据开展地质资源可视化研究

徐洪河、陈焱森

中国科学院南京地质古生物研究所

古生物化石与地层剖面是地质资源，也是构成地质遗迹的重要内容之一。数据驱动的科学研究与知识发现是第四大科学范式，在信息时代必将拓展至科学研究的所有学科与领域之中，也将助力于可持续发展与地质资源保护。本研究基于中国科学院南京地质古生物研究所自主知识产权的 Geobiodiversity Database (GBDB) 平台，收集古生物学领域中的结构化和非结构化数据，包括：化石产出记录、化石分类记录、地层剖面记录、地质时代、化石标本图像，化石标本三维模型、描述文本等。在这些多元数据之间实现有机关联，利用信息学和计算科学中全新的算法与分析手段，利用超级计算服务器，开发“数据—分析”一体的软件系统平台，对地质遗迹中的古生物和地层方面的资源开展可视化研究与展示，对古生物学多元数据实现人机互动式分析与处理，对部分化石门类实现人工智能自动鉴定，对生命宏演化的理论与模型实现数据驱动的知识发现。

## 大规模时空热力图的分布式管理与 WEB 可视化

徐琦、向隆刚、王浩成

武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室

时空大数据具有多源、异构、高维和时空关联等特点，由于计算与网络资源有限，而待渲染时空数据庞大且动态变化，高效可视化分析一直是时空大数据研究的热点与难点。热力图作为大数据可视化的重要手段之一，在表现数据流、信息流、轨迹流等领域发挥着重要的作用。因此，地理信息服务领域迫切需要研究时间序列热力图瓦片的管理与组织方案，从而服务于时空大数据的高效可视化应用需求。针对上述问题，本文首先基于瓦片金字塔模型和时空立方体的概念，提出了热力图时序瓦片金字塔模型。通过 Flink 实现大规模的瓦片金字塔并行构建，基于 HBase 和 Geomesa 实现数据分布式存储与索引构建，利用 Geoserver 发布地图服务，提供了时空范围查询接口。最后，本文形成了一套集数据汇聚、计算、存储、服务以及可视化为一体的多尺度海量数据可视化方案并开发原型系统，系统中集成了热力图动态可视化渲染、地理围栏与原始流的可视化。实验结果表明，热力图时序瓦片金字塔模型能够有效组织大规模的、时空多维的热力图数据，热力图的查询与可视化可达到亚秒级响应。原型系统支持热力图与原始流的一体化展示，为大规模时空数据的可视化分析提供了一种可行的解决方案。

## 分会主题 数字地球前沿应用-1

### 高亚洲地区冻融灾害风险性评估

罗立辉

中国科学院西北生态环境资源研究院

气候变化和人类活动导致的地下冰融化、多年冻土退化等冻融作用诱发的各种冻融灾害严重影响了冻土及冻土工程的安全性、稳定性和服役性能。聚焦于气候变化对冻融灾害的影响，利用地球大数据在线数据和计算资源，结合 HWSD 土壤数据库，建模并分别计算了冻结和融化状态下不同土体的土壤热物理性质；进而构建冻土特征参数，如年平均地温、活动层厚度、冻结深度等冻土指数；结合地理、环境、植被覆盖度、大气强迫数据集，通过权重分析和归一化处理，进行分层分级评估。在线计算并评估了高亚洲地区冻融灾害的风险性，并进行风险性区划。总体上，高亚洲地区中高风险冻融灾害呈现出加剧的趋势。高亚洲地区的西部的喀喇昆仑山区、喜马拉雅山西麓是中高风险性冻融灾害面积增加最多的区域。季节冻土面临的中高风险冻融灾害比多年冻土的面积更大。藏东南（川藏公路周边）比青藏中部（青藏公路周边）面临的冻融灾害风险更高，川藏铁路和高速的修建和运营将可能比青藏铁路面临更为严峻的冻融作用考验。

### 基于遥感数据的高亚洲地区近地表冻土冻融时空变化研究

刘栩婷<sup>1,2</sup>、郭华东<sup>1,2</sup>、张露<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院 数字地球重点实验室，北京 100094；
2. 中国科学院大学，北京 100049

高亚洲是青藏高原为主体，喜马拉雅山等山脉及高原地区组成的高海拔区域，冻土广泛分布于高原各地。冻土作为冰冻圈的重要组成部分，其冻结状态对研究气候变化等有重要影响。以 1992-2008 年的 SSM/I 数据反演生成的冻土冻融产品数据集得到的高亚洲近地表冻土冻融数据为基础，分析了 1992-2008 年间高亚洲六个气候区和十四个流域区冻土冻融时空变化特征，并利用 Mann-Kendall 检验法获取冻土冻融异常现象和规律，表明：1) 1992—2008 年期间，大部分地区冻土冻结开始时间推迟，持续天数减少，与全球气候变暖大趋势有一定的吻合性。2) 流域分区，森格藏布-印度河等流域冻结开始时间较早，持续时间较长；澜沧江-湄公河等流域开始时间较晚，变化最大的是澜沧江-湄公河流域。气候分区，高原寒带开始时间较早，热带北缘山地开始时间较晚，变化最大的是高原寒带气候。3) 高亚洲区域南部、东南部地区冻土冻融异常突变点最多。异常突变点出现年份多为 1997、2002 年左右。异常点出现区域最多的为热带北缘山地和亚热带山地气候带，经析可能与厄尔尼诺事件相关；异常点出现区域最多的为怒江-萨尔温江和澜沧江-湄公河流域。

## 基于空间观测手段的高亚洲地区跃动冰川数据集

吕明阳<sup>1</sup>、郭华东<sup>1</sup>、刘广<sup>1</sup>、闫世勇<sup>2</sup>、李冠宇<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 中国矿业大学

高亚洲地区囊括了青藏高原与邻近的山地高原地区,是除南北两极外发育冰川最多的地区。自 20 世纪 90 年代以来,高亚洲地区的山地冰川不断退缩,持续消融。冰川的急剧变化诱发了许多冰川相关灾害,冰川跃动作为冰川相关灾害的一种,在特殊情况下还可引起二次地质灾害,进一步增加了其危险性。本论文对全高亚洲地区的多批数字高程模型进行配准及差分工作,通过 21 世纪以来两期冰川表面高程变化情况,结合历史光学遥感影像,识别和确认了冰川跃动事件以及跃动冰川。本论文研究确定了高亚洲地区首批共 492 条跃动冰川(包含 395 条跃动冰川和 97 条可能的跃动冰川),这些跃动冰川主要集中在喀喇昆仑地区和帕米尔地区,天山、昆仑山、青藏高原内部也有可观数量发育;提出了较为鲁棒的空间观测跃动冰川的“三步识别法”,(1)通过冰川表面高程差分数据的分析,提取冰库区抬升且泄冰区下降的冰川或冰库区下降且泄冰区抬升的冰川,定为潜在的跃动冰川;(2)结合历史光学影像识别冰川表面特征变化情况,进一步筛选目标冰川;(3)提取并分析冰川表面流速变化趋势,判断是否存在跃动前端或流速增速超过正常值 10 倍,对跃动事件加以确认。

## 基于无人机航拍法的冰川前缘植被群落特征及多样性变化

魏天锋<sup>1,2</sup>、上官冬辉<sup>2</sup>

1. 甘肃农业大学; 2. 中国科学院西北生态环境资源研究院

冰川前缘是指自小冰期以来因冰川退缩而形成的暴露地表,是研究植被原生演替的理想场所,也是直观了解植被适应气候变化过程的最前沿。近一个世纪以来,国外在冰川前缘植被的研究中做了大量工作,而国内由于种种原因,在这方面的调查研究较少且研究历史较短。同时,人工地面采样是植被调查的常用方法,而将无人机应用于该地区植被的调查研究较少。鉴于此,本文对泛三极地区主要组成部分的青藏高原、帕米尔高原及天山 9 条冰川前缘植被进行了无人机航拍和地面人工采样的调查研究。通过对获取数据的整理分析发现,植被类型以草本和灌丛植物为主,仅在个别冰川前缘有乔木出现,植被的这种变化与区域气候密切相关。随着冰川暴露时间的增加,植物物种多样性呈现了增加趋势。研究结果不仅补充和完善了冰川前缘植被物种信息库,更重要的是对气候变化也具有一定指示意义。

# 基于时序 SAR 数据的南极冰盖高分辨率冻融强度提取方法研究

朱琦<sup>1,2</sup>、郭华东<sup>1,2</sup>、张露<sup>1,2</sup>、梁栋<sup>1,2</sup>、耿雅琦<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 中国科学院大学

南极冰盖是全球最大的冷源，是全球变化的敏感区和指示器。作为反映全球变化的重要指针，冰盖表面冻融是准确估计冰盖表面物质流失和表面反照率的关键因素之一。因此，监测极地冰盖冻融信息是研究极地环境快速变化、认识极地对全球气候变化的影响和作用的关键，对人类社会应对全球变化具有重要的意义。但是目前针对极地冰盖信息统计的表征方式集中在冻融特征，缺乏能够反映其融化强度或空间特点的表征方式。本研究利用南极地区获取的海量时序 Sentinel-1 卫星合成孔径雷达 (SAR) 数据，设计一种可表征不同区域内融化程度的冻融强度特征，并基于同轨归一化技术和 Google Earth Engine (GEE) 平台，提出了此特征高分辨率快速大面积提取方法。结果表明该方法具有时效性以及鲁棒性，可广泛应用于极地区域，为研究极地区域内冰盖融化时空规律以及异常融化事件提供有效数据支持。



## 分会主题 数字地球前沿应用-2

### 废弃矿区稳定性时序 InSAR 监测与分析

闫世勇

中国矿业大学

煤炭开采形成的废弃矿区由于存在潜在的沉降塌陷可能，严重威胁着人们的生命财产安全。而且随着资源型城市的转型和发展，为提高土地利用效率，缓解矿区土地资源短缺的矛盾，开展废弃矿区土地资源的开发和利用工作已经迫在眉睫。本文利用融合了分布式目标的时序 InSAR 技术，以徐州周边废弃矿区为例，开展了 2018.05 至 2020.05 期间废弃矿区开展地表形变监测。监测结果表明，徐州市区内地表基本保持稳定，仅西部萧县、西北部郑黄集地区及北二环处有形变发生，且地表在沉降发生后均逐步抬升趋于稳定；部分废弃矿区内发生一定程度的抬升，部分矿区呈稳定状态，如垓城矿、柳泉矿、柳新矿等，仅有少数矿区有沉降发生，如张小楼矿、拾屯矿、新庄矿等。通过分析可知地下水的抽取和回流主导了形变的发生，政府对老采空区的治理也对采煤塌陷区的恢复起到了至关重要的作用。本文通过对地表形变的时序监测和分析，为采空塌陷区的治理、矿区转型发展和地下水资源管理提供了理论基础。

### 基于时序 InSAR 技术的车邑坪滑坡季节性运动特征分析

苟依婷<sup>1,3</sup>、闫世勇<sup>2</sup>、张露<sup>1,3</sup>

1. 空天信息创新研究院； 2. 中国矿业大学； 3. 中国科学院大学

滑坡在我国是一种高发的地质灾害，造成了严重的生命和财产损失。车邑坪滑坡位于云南省西北部，上世纪末期发生坍塌后稳定，近几年来表面产生了较大距离的新裂缝，其上住有大量居民，有开展滑坡监测预防的必要。本文利用 26 景 Sentinel-1A 卫星升轨 IW 模式 SAR 数据，采用结合 PS-InSAR 和 SBAS-InSAR 两种时序 InSAR 方法，划定了车邑坪滑坡体的范围，得到了滑坡 2018 年 12 月 7 日至 2020 年 12 月 20 日期间的运动速率，分析了滑坡表面形变的时空分布特征，并结合研究区自然环境和人类活动分析滑坡的诱变因素。通过分析，该滑坡在监测时间段内表面位移持续增大，其运动特征在空间上具有差异性，并与季节性降水存在一定关系，黄登水电站蓄水导致的水位抬升也进一步促使滑坡发生形变。研究结果有助于揭示车邑坪滑坡的运动特征及其形成机制，为滑坡灾害预警提供参考依据。

# 基于遥感的城市建筑垃圾防尘膜覆盖监测研究

李子璐<sup>1,2</sup>、郭华东<sup>1,2</sup>、张露<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院 数字地球重点实验室; 2. 中国科学院大学

伴随城镇化进程的加快,“垃圾围城”现象普遍发生,建筑垃圾引起的扬尘污染严重影响了城市环境。给建筑垃圾覆盖防尘膜可以有效减少在垃圾的产生、运输及堆放过程中产生的大量扬尘,并且随着环境治理工作的推进,覆盖防尘膜的建筑垃圾占比越来越大。覆盖防尘膜的建筑垃圾与裸露建筑垃圾的光谱特征不同,而当前关于建筑垃圾的研究忽略了这一差异,缺少对覆膜类建筑垃圾的关注。为此,本文从扬尘污染的角度出发,提出了一种基于多光谱遥感影像对城市覆盖防尘膜的建筑垃圾的识别方法,对极易产生扬尘的裸土类建筑垃圾和覆盖有防尘膜的建筑垃圾进行研究,统计了两类建筑垃圾在 2017-2020 年间的分布与面积,结合城市发展规划分析了建筑垃圾的分布规律与防尘膜覆盖率的变化趋势。实验结果表明,该方法对建筑垃圾的检测精度可达 94% 以上,每一类型建筑垃圾的识别精度在 85% 以上。相较于已有的监测方法,本方法弥补了现有在识别类型上的缺失,为城市垃圾治理和可持续发展提供了一种思路。

# 基于空间信息熵的流域生态系统景观格局与生态可持续性分析

刘欣桐、赵红蕊

清华大学

“生命赖负熵为生”,将流域生态系统视为一个开放的、具有自组织能力的生命体,从熵的视角研究流域系统可持续性近年来受到广泛关注。空间信息熵(spatial information entropy,  $H_s$ )是一种将信息熵应用于度量生态系统空间格局有序性的新方法。为进一步探讨空间信息熵在流域生态系统格局分析中的生态学含义及实际价值,选取延河流域为研究区,以小流域为研究单元,基于 2000、2010、2020 年三期土地利用数据,利用空间信息熵分析该流域景观格局变化,并结合 11 种常用的景观格局指数,分析空间信息熵在研究生态可持续性中的适用性。结果表明:空间熵值变化与景观丰富度、离散程度和形状复杂度相关,是一种可以反应景观格局空间结构特征的综合型指数。2000—2020 年延河流域整体空间信息熵值不断降低,且后十年熵值降低幅度更大,表明流域整体格局有序性不断增强。将延河流域划分为 39 个小流域,小流域空间信息熵值呈现自上游至下游逐渐增加的趋势,且 20 年间下游熵值降低幅度最大,表明下游地区虽然景观格局无序性较高,但近年来的退耕还林(草)工程使得该地区的生态环境状况得到有效改善。

# 基于多源数据的中国典型城市健康评价对比研究

吕卓然<sup>1,2</sup>、郭华东<sup>1,2</sup>、张露<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院 数字地球重点实验室; 2. 中国科学院大学

联合国的 17 个可持续发展目标提出“确保健康的生活方式，促进各年龄段人群的福祉”，而为了实现这一目标，就要求国家加强管理健康风险的能力。健康城市作为世界卫生组织倡导的城市建设概念，其建设可以有效的从宏观层面解决当下城市发展路径下存在的矛盾。健康城市是在环境、经济、人口、服务、空间方面相互作用，在各个角度实现人口福祉的可持续发展城市，建设健康城市是实现我国城镇化转型的重要组成部分。本文参考国内外政府机构及文献研究的指标体系，构建顾及环境、经济、人口、服务与空间五个方面的健康城市评价指标，并根据城市发展类型分别选取了北京市（政策导向型城市）、上海市（经济导向型城市）、南昌市（工业导向型城市）、贵阳市（旅游业导向型城市）、大同市（资源导向型城市）5个城市，利用全排列多边形图示指标法分析了 2014—2018 年这些城市在环境、经济、人口、服务、空间及整体状态的健康城市建设水平。研究发现，总体上我国的健康城市建设目前存在年份波动幅度较大，城市间差异显著的特点。健康城市建设发展与城市经济实力、社会福利、政策支持等因素也有着密切的联系。

## 基于激光点云数据的盾构隧道管片错台的检测方法

王世达、吴杭彬、敖星冉、许正文、姚连璧

同济大学测绘与地理信息学院

随着城市地铁运营和维护需求的急剧增加,地铁盾构隧道结构损伤尤其是管片错位亟需快速精准的识别和诊断。然而,现有的管片错位检测和统计方法往往需要大量的设备和人力,既费时又繁琐。为解决这一问题,实现快速可靠的检测,本文提出了一种以移动激光扫描仪为主传感器的地铁盾构隧道管片位移的检测方法。该方案在预处理阶段,首先对原始点云进行坐标变换、噪声去除等操作,之后提取了地铁隧道接缝处附近的点云,通过检测隧道每环内对应断面点云的四个衔接位置是否存在与拟合圆心之间的半径突变来判断管片环向错台的发生,通过判断相邻两环之间的接缝两侧断面数据的投影坐标是否出现突变来检测管片径向错台。该方法可以在保证精度的前提下,利用尽可能少的点云快速实现隧道径向和环向错台的检测,定位出错台的发生位置和偏移距离;并通过建立错台与断面椭圆化程度之间的关系,揭示隧道表面的变形情况。在上海地铁隧道的某 250 米区间段内,应用本方法进行的实验表明,发生损伤的管片环向错台量在 3-8mm,损伤的管片径向错台量在 2-7mm。该方法能够准确地检测出发生错台的环号以及偏移值,实现对隧道变形的毫米级量化分析,为隧道安全评估提供重要的技术支撑。

## 分会主题 数字地球前沿应用-3

### 我国能源金三角地区的大气环境遥感监测

秦凯（中国矿业大学）

### 迁移学习支持下的机载 SAR 时序影像农作物精细分类方法

覃星力<sup>1</sup>、杨杰<sup>1</sup>、李平湘<sup>1</sup>、赵伶俐<sup>2</sup>

1. 武汉大学 测绘遥感信息工程国家重点实验室； 2. 武汉大学 遥感信息工程学院

机载合成孔径雷达（synthetic aperture radar, SAR）可以高频次、灵活成像，且具有低成本、高空间分辨率等特点，在农作物生长监测中具有独特的优势，可以为精准农业的实施提供技术支持，对促进农业生产、保证粮食安全具有十分重要的意义。然而，机载 SAR 影像具有明显的入射角效应，即雷达回波在近距离（小入射角）较强，随着向远距（大入射角）移动而逐渐减弱，从而造成了近距端和远距端同类农作物的后向散射信息存在较大差异，严重影响农作物精细分类的效果。为了解决上述问题，本文提出了一种迁移学习支持下的农作物精细分类方法。该方法引入了迁移学习模型来替代常规的分类器，并结合像元的入射角信息来辅助模型训练，以克服近距端和远距端的农作物的数据分布差异过大的问题，提高分类的精度。使用加拿大温尼伯地区的 12 景 UAVSAR 时序影像进行了实验，结果表明，相比于常规的机器学习分类器，本文提出的方法可以有效地解决入射角效应引起的农作物精细分类精度降低的问题。

### 近 30 年横断山区高山林线的时空变化及其对气候变化的响应

田雷<sup>1,2</sup>、傅文学<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院； 2. 南京林业大学林学院

高山林线是森林和高山灌木或草甸之间沿海拔梯度的过渡性生态区，是气候变化研究的理想指标。全球变暖将会影响这一生态区，特别是在高海拔地区，高山林线已经呈现出向更高海拔转移的趋势。为了解高山林线对气候变化的响应，我们收集了 1985 年、1995 年、2005 年和 2015 年共四期我国横断山区 136 幅 Landsat 系列卫星影像。采用决策树算法对影像中有林地和非林地进行判别，在此基础上提取出高山林线。随后，探讨了高山林线的时空变化特征以及地形因素对高山林线分布的影响。最后，采用偏最小二乘法（PLS）回归模型来评估高山林线对气候变量的响应，并区分不同气候变量的单独影响。

结果表明：横断山区的高山林线动态分布存在空间异质性，林线的平均海拔从 1985 年的 3992.58 米上升到 2015 年的 4047.60 米，上升了约 55 米。高山林线的分布格局通常是阴坡高，阳坡低。此外，PLS 回归显示，生长季总降水量（PRE\_Grow）、生长季最高温度（TEM\_Growmax）和年总降水量（PRE\_Year）是高山林线变化的主要驱动气候因子。

## 基于 Google Earth Engine 的江苏省冬小麦训练样本 自动化提取和制图

杨高翔、张雪、余卫国、姚霞、郑恒彪、曹强、朱艳、曹卫星、程涛  
南京农业大学

及时、准确地获取作物空间分布信息是进行作物长势监测、产量预测的首要前提。目前基于遥感技术作物种植区域提取技术已经逐渐成熟，但是大尺度的作物种植区域提取仍然受到遥感数据预处理和训练数据人工采集效率的限制。本文提出了一种基于 GEE 的训练样本自动化获取和单类分类的江苏省冬小麦快速制图方法。首先，利用超像素分割算法对光谱特征相似的地物像元进行聚类，获取同质的地物空间对象。然后，基于作物与非作物的物候差异、冬小麦与其他作物关键生育期的光谱差异，提取冬小麦的空间对象。通过进一步对冬小麦空间对象进行精炼和优化，将其作为训练样本输入 OCSVM 分类器最终获取江苏省冬小麦空间分布。本研究进一步通过监测地物类型的年际变化，实现冬小麦训练样本在年际间的迁移。结果表明，基于本文提出方法的 2018 年冬小麦制图总体精度为 92.61%，在县级尺度与统计数据的 R2 达到 0.90。而且，将更新后的冬小麦训练样本应用于 2017 年和 2020 年的冬小麦分类，分类精度分别为 88.94% 和 90.17%。本文提出的方法不仅可以大幅度减少冬小麦训练样本的采集成本，而且可以实现训练样本的年际迁移，在大尺度冬小麦分类方面具有巨大的应用潜力。

## 中国东北地区县域尺度秸秆焚烧时空格局及其聚集性研究

王艺、郭笑怡  
东北师范大学 地理科学学院

东北地区是中国重要的粮食产区，秸秆资源丰富，是秸秆焚烧重灾区。利用 MODIS 热异常和土地覆盖数据构建秸秆焚烧强度指数，在县域尺度分析秸秆焚烧时空特征。结果表明，2003-2019 年间农田火数量显著增多，2014-2019 年平均数量明显高于 2003-2013 年。秸秆焚烧主要发生在春季和秋季，分别占农田火总数的 58.50% 和 28.98%。时间扫描统计结果显示每年秸秆焚烧持续约 40 天，春季比秋季严重。Terra 和 Aqua 卫星监测到的农田火数量较为均衡，分别占总数的 49.74% 和 50.26%。t 检验显示二者对县域单元的监测结果差异不显著，表明农户可能有意选择夜间焚烧秸秆。秸秆焚烧强度较高的县域主

要分布在松嫩平原、三江平原以及辽河中下游。全局空间自相关分析发现，各年份秸秆强度的莫兰指数均显著，数值在 0.05-0.45 之间，表明县域秸秆焚烧具有显著的空间聚集性。局部自相关 Getis-Ord  $G_i^*$  指数显示，呈显著的热点的县域有 87 个，显著的冷点县域有 91 个。秸秆焚烧的时空格局可能是由于政策和社会经济条件导致，因此研究结果可为在县域尺度分析秸秆焚烧的影响因素提供支撑，进而为秸秆焚烧治理提供参考。

## 一种基于贝叶斯理论与人工神经网络的作物叶面积指数反演算法： 校准、改进与验证

王靖雯、张佳华

中国科学院空天信息创新研究院

基于高分辨率遥感数据对作物叶面积指数 (LAI) 进行准确的定量反演是开展农作物长势监测和产量估算的重要基础。作为当前 LAI 反演的主流算法，基于人工神经网络 (ANN) 与辐射传输模型 (RTM) 的混合反演算法耦合了 RTM 的辐射传输机理与 ANN 的计算效率，在区域尺度具有较高的适用性。然而，现有的局地验证结果揭示该算法对于田间作物的 LAI 存在普遍的低估现象。针对这一问题，本文从 ANN 的训练数据集入手，利用在全球范围内收集的 18 个地面站点的 624 项 LAI 测量数据，通过贝叶斯-蒙特卡洛方法对作物叶片与冠层变量的先验分布进行了校准改进，提高了训练数据集的代表性；进而利用另外 13 个独立站点的 228 项 LAI 测量数据对反演结果进行了验证。验证结果表明，改进后的 ANN 算法纠正了 LAI 的低估误差，并将小麦和水稻的 LAI 的反演精度从 2.48、2.41 提升至 1.48、0.70。综上所述，本文引入的校准后的作物生理变量的先验分布可以实现对 ANN 的准确训练，从而纠正原有算法的低估偏差，改进后的算法在全球站点的验证结果显示出较强的鲁棒性，可以用于大区域尺度 LAI 的高分辨率遥感定量反演。

## 分会主题：数字地球前沿应用-4

### 基于多时相 Sentinel2 影像的海南橡胶林提取研究

李洪忠、陈劲松、韩宇

中国科学院深圳先进技术研究院

橡胶林的无序和不合理种植引发了一系列的生态问题，快速监测橡胶林空间分布及动态变化，对橡胶的合理种植、区域生态环境保护以及有关部门的规划决策有重要的指导意义。以 MODIS 归一化植被指数 NDVI 时间序列数据和多时相的 Sentinel 2 数据为基础分析橡胶林的季相和光谱特征，确定橡胶识别的关键时期和特征参数，构建面向对象的决策树分类模型，开展橡胶信息提取研究。结果表明，多时相的遥感数据可反映橡胶的季相特征，以 Sentinel2 数据为基础计算得到的陆表水分指数 LSWI 和归一化植被指数 NDVI 可作为橡胶识别的光谱特征参数，橡胶休眠期是利用遥感方法进行橡胶提取的最佳时期。相比于单时相数据，利用包含橡胶关键物候期的多时相遥感数据能得到更高的橡胶林提取精度。基于两种指数特征，结合坡度和 MNDWI 构建的决策树，可有效区分研究区的主要地物，实现橡胶的高精度提取。同单一时相的分类结果相比，多时相的组合更有利于橡胶的高精度提取。

### 基于 Sentinel-2 遥感影像的变化检测城市扩张应用分析 ——以雄安新区为例

杜雨、钟若飞、李清扬、杨灿坤

首都师范大学

城市发展情况的变化检测对于分析城市变化与城市重心迁移等城市扩张之间的关系有着不可忽视的作用。本文以 sentinel-2 多时相光学遥感影像为基础，将经过处理的波段数据与 NDVI 数据结合，采用面向对象的方法，对雄安新区进行土地利用情况分类，排除山脉等无实际变化意义的类别，然后利用相关指数对雄安新区近五年来城市扩张情况进行分析，并建立多元回归模型，探究变化检测图斑密度与城市重心迁移、城市扩张方向、城市扩张速度等多个城市扩张因素之间的有关系。然后依次采用六边形规则格网，归一化处理及双因素制图法进行变化检测图斑面积与建筑类别之间的耦合性分析，来更深入一步分析城市扩张与城市三大产业之间的内在关系，从而预测城市变化和城市经济发展之间的联系。

# 全球森林覆盖产品的快速生产方法及森林覆盖现状

张晓美、何国金、龙腾飞、阎世杰、尹然宇

中国科学院空天信息创新研究院

森林对人类发展至关重要。联合国“2030 年可持续发展目标”SDG15 聚焦了森林等陆地生态环境为实现可持续发展目标的贡献。基于长时间序列的多源卫星遥感数据，采用机器学习、大数据分析等先进技术，本文开展了全球森林覆盖的快速监测，生成了 2020 年的全球 30 米森林覆盖产品，在此基础上，经过数据统计和分析，揭示全球森林空间分布规律和特点。

通过监测 SDG15.1.1 指标发现，到 2020 年底，全球森林总面积为 36.84 亿 hm<sup>2</sup>，约占全球陆地总面积的 28.03%。在各气候带的对比发现，森林覆盖面积最大为热带，占全球森林总面积的 47.40%；森林覆盖率最大为北寒带，达到 52.89%。通过全球各大洲 SDG15.1.1 指标监测发现，全球六大洲（不包括南极洲）的森林覆盖现状差异明显，覆盖面积从大到小依次为亚洲，南美洲，北美洲，非洲，欧洲和大洋洲；森林覆盖率最大的是南美洲，达到 43.60%，最小为大洋洲，仅为 18.04%。

## 基于遥感数据的小兴安岭区域高精度植被数据解译

朱世兵<sup>1</sup>、寇特洛夫.伊万<sup>2</sup>、曲艺<sup>1</sup>、雅琪梅尼科娃.安娜<sup>2</sup>、

桑德尔斯基.罗伯特<sup>2</sup>、张士芳<sup>1</sup>

1. 黑龙江省科学院自然与生态研究所； 2. 俄罗斯科学院生态与进化研究所

为了获得准确的野生动物生境现状数据，分析具体植被类型对野生动物的影响，我们利用卫星遥感影像数据，结合地面样点调查数据，对小兴安岭区域植被类型及其他地表覆盖类型进行准确解译。通过实地调查获得地面样点调查数据，经过聚类分析，得到小兴安岭区域 14 类实际植被类型分类及 4 类其他地表覆盖类型分类；利用 6 月和 9 月 Landsat8 遥感数据及其衍生的植被指数数据，以及 SRTM 数字高程模型数据，结合植被类型分类数据和其他地表覆盖类型分类数据，进行训练随机树分类等分析，获取分类到群系级的 30m 分辨率植被类型及地表覆盖类型数据。经验证数据检验，结果的总体准确率达到 75% 以上。本数据为野生动物生境研究提供准确的环境基础数据。



# 星载激光 ICESat2 的反演城市森林冠层高度

王书凡、刘春

同济大学

为促进地球生态的可持续发展，我国提出“碳中和”的发展目标。由于森林树高可以作为森林固碳能力的直接体现，“碳中和”的实现就需要在空间大尺度上对森林树高进行准确测算。城市森林作为城市生态服务功能的主要发挥者，对于城市森林树木高度精确反演的研究就显得尤为重要。本文结合 ICESat2 星载激光测高数据、LandSat8 光学遥感数据以及空间环境辅助数据等多源遥感数据，通过 BP 神经网络、随机森林（Random forest, RF）、支持向量机（SVM）等多种机器学习方法，构建了更适宜于城市的森林树高反演模型，并选取上海市作为树高反演实验范围，进行了上海市森林高度的连续制图。利用机载激光扫描数据对反演结果精度进行验证，结果表明，本文构建的城市树高反演模型的相关系数（R）达到 0.61，均方根误差（RMSE）为 3.6589，能够作为空间大尺度上对城市森林高度进行测算的树高模型。并且本文生成的上海市森林高度分布图，与森林资源清查数据反应的实际情况相符，从而多角度证明了利用星载激光测高数据进行大尺度城市范围的森林高度反演的可靠性。

# 墙报报告

## 适宜哈密瓜大棚监测的高分影像最佳空间分辨率研究

崔贝<sup>1,2,3</sup>、黄文江<sup>1</sup>、叶回春<sup>1</sup>、陈全喜<sup>1</sup>、李志超<sup>3</sup>、江昊洋<sup>3</sup>

1. 中国科学院空天信息研究院;
2. 中国科学院空天信息研究院海南研究院;
3. 三亚中科遥感研究所

哈密瓜是深受人们喜爱的水果，已在我国海南等地广泛种植。及时掌握区域哈密瓜种植情况对政府宏观调控决策、生产者获得最大收益等至关重要。由于哈密瓜栽培多使用塑料大棚以提高其产量和品质，塑料大棚对光谱反射的影响、且海南地区农业设施种类繁多，给哈密瓜遥感监测带来难度，本研究旨在通过利用不同空间分辨率高分遥感数据开展哈密瓜大棚分布遥感监测以明确适宜监测哈密瓜大棚特有规格（跨度4米）的最佳影像空间分辨率。本研究以高分二号影像（空间分辨率1m和4m）为基础数据源，并重采样获得空间分辨率分别为2m、3m影像，提取了不同空间分辨率下塑料大棚特有的空间分布细节信息（纹理特征和形状特征）及光谱特征，构建了综合利用光谱、纹理和形状特征的面向对象随机森林算法的哈密瓜大棚遥感监测方法并对监测结果进行对比分析。本研究可为哈密瓜大棚遥感监测提供很好的理论基础，以满足实际生产精度需求。

## 利用面向对象的橡胶林遥感监测方法研究

崔贝<sup>1</sup>、黄文江<sup>1</sup>、叶回春<sup>1</sup>、陈全喜<sup>1</sup>、李志超<sup>2</sup>

1. 中国科学院空天信息研究院;
2. 三亚中科遥感研究所

天然橡胶是我国四大工业原料之一，我国对天然橡胶的需求量快速增加，但由于地理与气候环境的限制，我国天然橡胶自给率严重不足。因此，迫切需要及时、准确地掌握我国橡胶林种植分布状况，对于保障我国橡胶行业健康发展至关重要。现有研究多综合利用橡胶林特有的物候规律-旺盛生长期和落叶期的光谱特征差异开展橡胶林遥感识别，但由于多云多雨的气候特点导致难以获得最佳时期的遥感数据。本研究以高分辨率遥感影像（GF2、Planet等）为基础数据，通过提取橡胶林单一旺盛生长期典型的光谱特征和纹理特征，构建综合利用光谱、纹理特征的面向对象随机森林算法的橡胶林遥感监测方法并对监测结果进行对比分析。本研究可有效的解决因多云多雨气候条件导致的影像数据缺少问题，可为橡胶林遥感监测提供很好的理论基础，更好的服务我国橡胶产业发展。

# 基于多核 SVM 决策融合模型的海面原油多光谱遥感检测研究

戴渝心, 马毅, 姜宗辰, 杜凯  
自然资源部第一海洋研究所

全球海上运输业及海洋石油开采业发展迅速, 海上溢油事故频发, 严重危害海洋生态环境、经济发展与人类健康。基于遥感技术对海面溢油开展检测研究, 对于溢油事故现场应急响应与海面污染的快速有效处理具有重要意义。本文利用哨兵二号 (Sentinel-2A) 多光谱遥感影像, 基于最佳指数因子 (OIF) 构建光谱特征指数提取海面溢油光谱特征, 基于灰度共生矩阵 (GLCM) 提取海面溢油纹理特征, 利用巴氏距离法进行特征选择, 构建海面溢油特征数据集。本文提出了多核支持向量机 (SVM) 决策融合海面原油检测模型, 对黄海 4.27“交响乐号”油轮溢油事故开展检测研究。实验结果表明, 在复杂水色背景下, 本文提出的海面溢油检测模型具有较高的溢油检测精度和模型鲁棒性, 在训练区的整体检测精度 (OA) 可以达到 96.72%, 海面溢油的 F1 值可以达到 0.92。在模型空间迁移性研究中, 四个测试区的 OA 平均达到 85%, F1 平均达到 0.83。基于该模型对研究区开展全局溢油检测, 多核 SVM 决策融合后的 OA 可以达到 95.96%, F1 可达 0.88, 较单核提高了 0.01-0.02。实验结果表明本文提出的模型适用于海面溢油检测研究。

## 一种大气释放的快速源项估计及实时可视化方法

邓卓<sup>1</sup>、林定<sup>2</sup>、刘亚敏<sup>2</sup>、吴俊<sup>2</sup>

1. 福州大学 数字中国研究院 (福建); 2. 福州大学 数字中国研究院 (福建)

污染物大气释放事故的源项估计, 是一种利用三维空间中有限监测节点采集的监测数据去估计污染源项参数 (污染物排放强度和位置等) 的方法。针对原有的源项估计方法中存在的计算量大、估计时间长等问题, 本方法将聚类模型嵌入到基于贝叶斯推理识别污染源项参数的过程中, 使用大涡模拟方法和伴随方程计算源-受体关系, 并结合马尔可夫链蒙特卡洛算法 (MCMC) 求解贝叶斯后验概率以得到污染源项参数的统计估计值。本文以一个恒定释放强度的单个点状源项为例进行验证, 结果表明与现有的源项估计方法相比, 该方法有效降低了源项的定位误差和释放强度误差, 且显著缩减了估计时间。同时本文在 Cesium 三维可视化引擎的基础上采用时序数据结构对源项参数的估计结果进行实时可视化, 为真实突发情况下的应急措施决策提供参考。

# 商业航天背景下航天文化产业发展的思考

丁娅萍、李志鹏

航天海鹰卫星运营事业部

当前，商业航天的蓬勃发展为航天文化产业发展带来巨大的契机。新形势下，航天文化产业的转型与升级发展是落实“航天强国”国家战略的迫切需要，是军民融合及高科技成果转化服务经济主战场的必然要求，是促进商业航天产业创新发展的重大举措。然而，与美国等航天大国的航天文化产业相比，我国航天文化产业发展还存在一些问题，主要表现在我国航天文化产业发展进程与取得的一系列航天业绩不匹配；航天文化产业还没有形成规模化、体系化发展的势头；航天文化消费还停留在比较原始的手段和方式，以出售模型、纪念品等为主。因此，在国家层面，应从政策及市场两方面着手促进航天文化产业发展；在传播渠道方面，充分利用当前符合大众文化消费习惯的渠道、媒介和手段；在航天文化产品及服务的创造、输出和推广方面，要注重形式与内容的通俗性、审美吸引、文化内涵等。另外，指出在航天文化产业发展过程中应该注意的一些问题，如应采用当前先进的区块链等技术保障版权问题，落实知识付费；同时也应注意安全保密问题。

## 一种基于分布式系统的高性能遥感图像转投影方法

董颐

中煤航测遥感集团有限公司；陕西省地理空间信息工程技术研究中心

遥感影像数据是数字地球科学和应用系统的基石，而当前对地观测卫星的成品数据更新频率越发频繁，单次更新的数据质量也越发精细，对遥感数据处理的时效性和复杂性提出了更高的要求。数据处理过程中的转投影计算不同于其他影像处理流程，是一种计算密集型和存储密集型共存的计算任务。而传统的转投影方法或者商用软件对应功能更多是基于单机的实现，批量处理大规模数据时存在算力和存储的瓶颈，扩展又相对繁琐。针对上述情况，本文提出一种基于分布式系统的高性能遥感图像转投影方法。本方法首先基于 C 语言优化了 GDAL 的底层遥感数据转投影算法；其次，依赖于分布式计算和调度实现海量遥感数据的高性能快速转投影。实验结果表明，优化算法单机运行遥感图像转投影模块时综合表现明显优于当前商用软件；其次，分布式投影调度系统可以最大化利用分布式系统资源，实现高性能转投影计算。本方法支持单机部署或者多节点部署，充分考虑了不同计算环境下的可用性问题和整体系统的扩展性。

# 基于 CBF-CNN 模型的海面溢油多光谱遥感检测方法研究

杜凯, 马毅

自然资源部第一海洋研究所

海面溢油事故严重危害海洋环境, 溢油的准确检测对溢油事故的快速响应具有重要意义。多光谱卫星数据具有空间分辨率高、重访周期短、成像刈幅宽等优点, 是海面溢油监测的重要手段。但在宽刈幅多光谱影像中, 通常会面临溢油和海水样本数量失衡的问题, 同时由于复杂海况和光照的影响, 海面环境也趋于异质性, 严重影响溢油识别。针对这一问题, 本研究基于中国 HY-1C CZI 载荷在安达曼海和卡里马塔海峡获取的溢油数据, 将统计指标 F-Score 引入损失函数中, 设计了一种综合考虑准确率和召回率并根据各类别的有效样本数量重新平衡损失的 CBF 损失函数, 并基于该损失函数构建了具有类平衡能力的 CNN 海面溢油检测模型 (CBF-CNN)。本文从样本空间尺度、训练样本数量和训练数据增强等方面进行了分析, 并进行了 CBF 损失函数的参数调整实验, 然后将该损失函数与交叉熵、均方误差和焦点损失函数进行了对比分析, 使用 CBF 损失函数的 CBF-CNN 模型对乳化油和黑色浮油检测结果的 F1 值相较其他损失函数高 0.07-0.1, 实验结果表明 CBF 损失函数可以有效抑制样本数量失衡问题, 提高溢油检测精度。将本文提出的 CBF-CNN 与支持向量机、神经网络和随机森林等经典机器学习算法进行对比, 本文的 CBF-CNN 模型对乳化油和黑色浮油检测结果的 F1 值为 0.87 和 0.94, 相较其他算法高 0.05-0.22, 证明了该方法具有在复杂海况下准确识别溢油的能力。

# 基于深度学习方法的 GF3 雷达影像养殖竹筏提取

耿晓蒙、杨杰、李平湘、聂雯

武汉大学

近海养殖竹筏监测是海域使用动态监测中的一项重要内容, 合成孔径雷达 (SAR) 卫星遥感影像可以克服天气的影响, 具有全天时, 全天候优势, 特别是具有一定的穿透能力, 能够有效反映浮筏养殖区域。为了将深度学习技术应用到近海养殖竹筏的快速提取。基于我国 GF-3 高分辨率雷达影像, 构建了不同场景下的养殖竹筏的雷达数据集。利用 U-Net、FCN、SegNet 深度学习网络对构建的数据集进行网络训练和预测, 以总体精度、F1 系数、Kappa 系数对实验结果进行评价。结果表明, 深度学习 U-Net 和 SegNet 网络比 FCN 网络更适用于不同场景下的海水养殖竹筏提取, 其总体精度优于 95%, F1 系数优于 0.90, Kappa 系数优于 0.88。

# 一个基于水平衡原理的联合陆地水储量与饱和水汽压差的全球多尺度干旱监测指数

韩家琪<sup>1,2</sup>、张佳华<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 中国科学院大学地球与行星科学学院

开发全球干旱监测指数对于建设主动应对干旱风险的适应型社会至关重要。由于干旱是一种区域性供水短缺的现象,因此本文基于水平衡的原理,利用陆地储水量 TWS 和大气水汽压差 VPD,设计了一个新的干旱监测指标-缺水干旱指数 WDDI。通过 TWS 和 VPD 之间不同的权重分配,WDDI 具备和 SPEI 类似的多时间尺度干旱监测能力。通过传统干旱指数对 WDDI 进行了评估,包括 scPDSI、SPEI、VsmCI 和 VCI。此外,进一步选取了 3 个典型案例(2010 年俄罗斯干旱、2012-2016 年加利福尼亚干旱、2011 年东非干旱)证明了 WDDI 的优越性。结果表明,WDDI 与 SPEI 在全球尺度上中等相关,夏季相关性更高。WDDI 在监测地表土壤水分干旱方面比 SPEI 表现更好,尤其在站点网络稀疏的非洲和中亚。在对全球干旱发生面积百分比的历史统计方面,scPDSI、SPEI 和 WDDI 之间存在良好的一致性,特别是在对重度干旱、极端干旱与异常干旱事件发生的地区面积统计上。此外,3 个具体案例分别证明了 WDDI 在监测极端季节性干旱、中长期干旱和缺乏台站观测的区域干旱方面的优势。

## 高亚洲地区多种下垫面类型高分辨率积雪覆盖范围数据集

何思宇<sup>1,2</sup>、邱玉宝<sup>2</sup>、石利娟<sup>2</sup>

1. 辽宁工程技术大学; 2. 中国空天信息创新研究院

高亚洲是以青藏高原为中心,包括天山、喜马拉雅山、帕米尔高原等亚洲高海拔地区,是中低纬度山区积雪的重要分布区,其降雪的动态变化对区域水循环及气候变化具有重要影响,目前中分辨率成像光谱仪(MODIS)数据在积雪遥感动态监测领域得到广泛应用,但其不能反映青藏高原地区部分复杂地形的积雪分布特征。为更好的分析高亚洲不同地区的积雪覆盖情况,选用空间分辨率为 30m 的 Landsat 系列影像数据为数据源,开展积雪判识数据的制备工作。由于青藏高原地形复杂,积雪斑块化特征明显,传统的归一化雪盖指数积雪制图法对不同下垫面类型的积雪不能达到精确的判别。因此,本套数据集应用 Landsat 系列云量少于 10%的影像应用支持向量机(SVM)分类,满足高亚洲地区高空间分辨率数据的生产要求,构建了 2013~2019 年高亚洲地区多种下垫面类型的高分辨率积雪覆盖范围数据集。结果表明,采用支持向量机方法分类可以有效提高高亚洲地区地形较复杂区域的积雪识别精度。选取无云条件下的 GF-1/2 数据作为参考和验证数据,通过对 Landsat 系列和 GF-1/2 积雪覆盖面积的对比,表明该数据集产品与 GF-1/2 数据积雪判识结果有较好的一致性。

# 海洋生态特征时空表达研究

黄海燕、刘倡、左国成、康林冲

国家海洋信息中心

一个区域的具有哪些海洋生态类型、分布在哪、目前状况怎么样、变化趋势如何是海洋管理者和决策者面临的重要问题。一个区域的海洋生态特征，可分解为生物地理场景、水生场景、地形地貌、水体、底质和生物部分，海洋生物地理场景表达纬度方向上的特征，如渤海、东海和南海，水生场景表达从大陆岸边向外的带状分布特征，如河口、近岸、浅海、半深海和深海，地形地貌、底质、水体和生物是海洋的组成部分，其各自能分出许多不同的生态类型。文本研究旨在利用现有的海洋生态调查数据，对区域的海洋生态特征在不同时空尺度下进行表达，立体化的展示海洋基本的生态特征。首先基于历史研究成果收集分析，建立区域的海洋生态分类体系，理清区域生态分类型，其次，通过数据分析和空间化表达方法研究，建立地貌、水体、底质和生物四个层次生态空间分布数据，最后，基于生物与环境关系研究，研究整合方法，集成地貌、水体、底质和生物分布数据，对研究区域进行区块划分并对各区块附以生态特征。各层次空间数据和分区结果，通过叠加海洋生态保护修复数据、海洋开发利用数据等进行分析，为海洋管理提供决策支撑。

## 基于自注意力机制的遥感图像场景分类方法

李青雯<sup>1</sup>、闫冬梅<sup>2</sup>、侯博文<sup>3</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院、中国科学院大学；
2. 中国科学院空天信息创新研究院；
3. 中国科学院大学

由于遥感图像场景目标的复杂性，遥感图像场景分类研究中存在类内差异大、类间差异小的问题。近年来，随着深度学习的广泛应用，出现了许多利用卷积神经网络进行遥感场景分类的方法。然而，目前的卷积神经网络往往是通过全连接层对卷积层提取的深度特征进行整合来输出全局信息，所提取的全局信息不全面。针对这一问题，本文提出了一种基于自注意力机制的遥感图像场景分类方法。首先，利用卷积神经网络提取的深度特征作为全局信息，引入自注意力层，关注全局信息的聚合，更好地表达遥感图像的场景语义信息。此外，为了增强自注意力层对空间位置的感知能力，引入位置重要性矩阵，进而更有效的关注遥感场景图像中的重要位置。通过在不同规模的公开数据集 UC Merced、AID 和 NWPU-NESISC45 上进行不同训练比率的对比实验，验证了所提方法的有效性，模型的准确率相比于目前的遥感图像场景分类方法有明显的提升。



# 基于海洋观测数据的 2017-2020 年中国近海典型海域水文、气象要素空间特征分析

李一凡<sup>1,2,3</sup>、任焕萍<sup>1</sup>、张斌<sup>1</sup>、王旭<sup>1</sup>

1. 中国科学院海洋研究所; 2. 中国科学院大学; 3. 中国科学院海洋大科学研究中心

海洋科学研究需要连续、长时序的观测资料。为了获取长期连续的中国近海海洋环境综合信息,自 2009 年至今,中国科学院海洋研究所已初步建成以海洋水面观测浮标为主的中国科学院近海海洋观测研究网络—黄海站、东海站。本文选取北黄海海域、南黄海海域、长江口及舟山群岛海域三个区域性典型海域,首先对 2017-2020 年近海观测网络黄海站、东海站的原始观测数据进行质量控制,再对质控后的数据按月平均,最后通过反距离权重插值算法对水文(水温、盐度)、气象(气温、气压、风速、风向)等 2 类共 6 个参数进行精细化局域插值,最终获取水文、气象月平均栅格数据产品。为进一步验证插值数据的准确性,本文结合通用遥感海洋水文、气象数据产品,以及船舶走航观测数据对插值结果进行验证。

通过对研究区内水文、气象月均栅格数据产品按时间序列进行统计分析,精细化刻画了三个典型海域各月份、季节的空间变化特征。所选取三个典型海域是我国近海海洋生态环境、海洋发展规划、海洋开发利用的核心研究海域,通过对该海域近年水文、气象要素进行空间统计分析,能够为我国近海生态牧场开发、风电场选址、海域空间集约节约利用等典型海洋应用场景提供数据服务和决策支撑。

## 三亚市滨海旅游区生态环境动态监测与分析

李志超<sup>1,2</sup>、王钦军<sup>1,3,4</sup>、杨静怡<sup>3,4</sup>、刘鹏<sup>3,4</sup>、谢静静<sup>3,4</sup>、常定坤<sup>3,4</sup>

1. 三亚中科遥感研究所 海南省地球观测重点实验室, 2. 中国科学院空天信息研究院海南研究院 海南省微小卫星工程研究中心; 3. 中国科学院空天信息创新研究院 中国科学院数字地球重点实验室; 4. 中国科学院大学 北京市怀柔区中国科学院大学雁栖湖校区

以三亚湾地区为研究区,基于 2015、2017、2019 和 2020 年高分二号遥感影像数据,结合生态景观学理论,建立了“滨海旅游区生态环境动态监测与分析技术”,并利用其对研究区进行生态环境动态监测。结果表明,研究区内生态环境质量是动态变化的:2015-2017 年期间,研究区内生态环境出现一定恶化;2017-2020 年期间,研究区内生态环境质量有所回升。分析其主要原因是 2015-2017 年期间研究区内景点存在如凤凰岛二期填海造陆工程、鹿回头景区升级改造等施工建设,导致生态环境显著下滑;2017-2020 期间施工建设逐渐停止,生态环境得到一定修复。为此,我们建议在滨海旅游区科学合理的开发中,对生态环境进行及时动态的监测,在生态环境受到较大影响时,可及时告知相关部门,为其决策提供支持。

## 海南岛地质旅游资源特征

王钦军<sup>1,2,3,4</sup>、李志超<sup>1,2</sup>、陈玉<sup>1,3</sup>

1. 三亚中科遥感研究所 海南省地球观测重点实验室; 2. 中国科学院空天信息研究院海南研究院 海南省微小卫星工程研究中心; 3. 中国科学院空天信息创新研究院 数字地球重点实验室; 4. 中国科学院大学 北京市怀柔区中国科学院大学雁栖湖校区

针对海南地质旅游资源需要深度挖掘、系统整理等问题, 基于遥感、地质、地理等多源数据, 建立了海南地质旅游资源遥感评价技术。根据《旅游资源分类、调查与评价(GB/T18972—2003)》国家标准, 调查了海南岛 146 处地质旅游单体, 集中展示了优良级地质旅游资源的空间分布及其评价级别。结果表明, 海南发育有岛区、岩礁、滩地、山丘、火山与熔岩、岩石洞与岩穴、温泉、谷地、悬瀑、观光游憩湖区、地震遗迹、矿石积聚地和陨击坑 13 种地质旅游资源类型。具有地质旅游资源丰富、类型多样、品质高、空间分布错落有致、旅游时间长、交通便捷、旅游服务业发达等特征。最后, 展望了海南地质旅游经济进一步发展的方向。取得的创新点如下: (1) 建立了海南地质旅游资源遥感评价技术, 为其它类似地区开展地质旅游资源评价工作提供了参考; (2) 对海南省地质旅游资源进行了评价, 总结了海南省地质旅游资源的特征。研究结果为打造海南地质旅游品牌、发展海南省地质旅游经济提供了参考。

## 陕西省碳汇估算及其时空格局变化分析

李志鹏、丁娅萍

航天科工海鹰集团有限公司

利用全省 GlobeLand30 土地利用数据, 核算了 2000—2020 年间陕西省内市、县域碳汇总量, 旨在为优化陕西省国土空间开发格局, 加快实现“双碳”达标目标, 为实施差异化减排路径提供参考。研究表明: (1) 时空变化上, 2000—2020 年陕西省碳汇总量呈先增加后减少趋势, 由 2000 年的  $82.13 \times 10^5$  t 先升至 2010 年的  $82.43 \times 10^5$  t, 到 2020 年下降至  $82.19 \times 10^5$  t; 林地为主要碳汇类型, 其余碳汇类型比例结构基本不变。(2) 在空间分布上, 陕西省内碳汇呈现“陕南>关中>陕北”的“南高北低”格局, 与省内南部秦岭、中部平原、北部黄土高原分布呈正相关关系。(3) 在“陕北-关中-陕南”地区变化分异上, 陕南碳汇占比最多, 与全省碳汇先增加, 后减少趋势保持一致; 关中地区 20 年内碳汇减少最多, 2020 年较 2000 年碳汇减少  $16.39 \times 10^5$  t, 与近年来关中地区人口汇集, 建筑面积迅速扩张有关; 陕北地区碳汇基本保持不变。建议通过合理规划非建设用地的土地利用方式、差异性制定各区域内策略、控制建设用地规模等方式达到陕西省内各市、县的低碳发展。

# 海南岛综合城镇化水平时空演变及因子分析

梁桢宁<sup>1,2</sup>、闫冬梅<sup>1</sup>、闫军<sup>1</sup>、陆亚洋<sup>1</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院; 2. 中国科学院大学

城镇化是国家现代化建设的必由之路,也是提高人民生活水平、区域经济迈向高质量发展重要过程。本文基于统计年鉴数据以及遥感反演的不透水面数据,选取反映人口、经济、社会、空间城镇化水平的指标,利用熵值法构建综合城镇化水平评价体系。运用核密度估计、全局空间自相关指数、地理探测器对1988年至2017年海南岛18个主要市县的城镇化水平进行时空特征分析及影响因子分析,研究发现自海南建省以来,各市县的城镇化水平持续提高,区域差异明显扩大,海口市和三亚市城镇化水平处于全岛前列;在空间上各市县的空间相关性并不显著;在指标影响力方面,反映社会城镇化水平的在岗职工平均工资以及每万人拥有医生数这两项指标近年来影响力有所提高。

# 北极关键海域海冰监测实时数据基础设施

林波

国家海洋环境预报中心

文章以国家海洋预报台参与北极考察及承担北极考察预报保障的业务与科研实践(1999-2021)、作者博士研学方向“海洋环境大数据工程关键技术研究”(2017-2021)问题为基础,结合国家重点研发计划-政府间国际科技创新合作重点专项《北极环境多要素空间观测与信息服务研究》(2018-2019)的研究成果、中国计算机学会(CCF)-华为综合科研计划-高性能计算优秀青年创新基金项目《基于机器学习的北极关键海域海冰预测偏差订正方法研究》(2021-2022)的研究内容,介绍了自主的北极关键海域海冰监测实时数据基础设施建设进展,着重阐述了北极关键海域海冰实时数据采集体系,以及相应的通信与计算方面技术支撑(包括硬件设施与基础软件);依据中国的北极政策、全球变化现状、海上丝绸之路-“冰上丝路”发展态势、海洋环境安全保障的北极需求等,对北极海洋环境综合监测(观测、探测)、预报(预测、预警)、安全保障服务(后方远程保障、现场应急服务)作了大概的展望。

# 基于卷积神经网络的主动轮廓建筑物分割模型

刘梦佳、刘鹏

中国科学院空天信息创新研究院

在高分辨率遥感图像中，地表上的人工地物占据较大比重。在人工地物中，建筑物作为一种特殊的人工地物，将遥感技术带入到人类的日常生活，在人口估计、城市规划以及违章建筑检测等方面，建筑物的标注起着关键作用。但建筑物形状各异且易受光照影响，若使用传统图像分割方法进行提取耗时长且无法有效设计特征工程来刻画目标建筑物的高维特征。为此，我们提出了基于卷积神经网络的主动轮廓模型，它将主动轮廓模型的先验知识和约束(如边界的连续性、光滑的边缘和建筑物的几何特性)集成到卷积神经网络学习过程中，实现 ACM 和 CNN 这两种范式的紧密统一。本文实现了一个真正端到端可训练的图像分割框架，由卷积神经网络(CNN)和具有可学习参数的 ACM 构成。我们解决了航空图像中建筑物语义分割的问题，并在公开可用的数据集 Vaihingen 上对模型进行了评估，并对参数进行一定的解释。结果表明，在建筑物语义方面，基于卷积神经网络的主动轮廓模型在很大程度上拥有了优异的性能。

# 乡镇街道的树冠空间占用对行人热环境的影响

刘亚敏<sup>1</sup>、林定<sup>2</sup>

1. 福建省福州市福州大学数字中国研究院; 2. 福建省福州市福州大学数字中国研究院

本文使用 ENVI-met 模拟两个不同乡镇街道的行人高度热环境，并通过改变树冠高、宽以及树木的种植数量，探究树冠的空间占用对街道内行人高度热环境的影响。结果表明，在无树木种植的情形下，相较于开阔通风、建筑低矮的 A 区域街道，建筑密集的 B 区域街道的行人高度气温较低。在上午(8:00)，树木空间占用的改变对 A、B 两区域街道热环境的影响作用较小，其带来的平均温度的差异不超过 0.04℃。午间(12:00)，树冠在街道中的空间占用每增加 10%，A 区域街道温度最大降低 0.19℃，B 区域街道温度最大降低 0.11℃。相较于上午和中午，下午(14:00)街道内树冠空间占用改变带来的降温作用更加明显：每增加 10%树冠空间占用，A 区域街道气温平均降低约为 0.1℃，最大可降低 0.28℃；B 区域街道气温平均降低约为 0.14℃，最大可降低 0.37℃。对于宽阔的 A 区域街道，种植高大树冠宽阔的树木可更好的缓解行人热环境，B 区域在狭窄的 N-S 街道上，种植树冠较高冠幅较小的树木是缓解热环境的可行策略。

# 基于人工智能技术及遥感大数据的数字地球智能感知系统

马骥良、韩骁、薛博维、马宏伟、杨庆庆  
中科星图空间技术有限公司

当前，国内外数字地球系统已广泛形成对空天大数据的接收、承载、管理、可视化、分析等多方面能力，然而现有系统中基于空天大数据的语义级时空信息挖掘及知识关联等感知及认知能力尚有不足，本研究旨在将人工智能技术应用于数字地球系统建设并提升其感知层面能力。将人工智能技术应用于天地图、MapBox、高分 2 米全国影像图等广域遥感数据集上，并基于 ONNX、tensorRT 等深度学习模型及推理部署技术研发 ModerSever 高性能深度学习推理服务技术，实现 GPU、CPU 等计算资源灵活逻辑拆分及混合弹性调度，形成一套数字地球智能感知软件系统(GEOVIS iBrain 空天大数据智能解译系统)，具备在全国范围内快速完成典型地物要素的提取、变化检测和典型目标要素的检测等解译能力，目前已将该系统初步应用于智能化自然资源检测、特种情报检测等领域，该系统的研发及应用表明人工智能技术能够显著提升数字地球的感知能力。

## 顾及道路网络连接性和数据分布特征的层次网络索引方法

闵祥强<sup>1,2</sup>、盛业华<sup>1,2</sup>

1. 南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室； 2. 南京师范大学地理科学学院

在空间数据处理方面，最近邻查询和范围查询是最重要的查询类型，它们需要高效的索引支持。在许多应用环境中，例如基于位置的服务(LBS)，距离不是在欧几里德空间中计算的，而是基于道路网络的，例如查询点到兴趣点(POIs)的距离。然而，现有的索引方法大多假设 POIs 在不受限制的空间内，难以适用于道路网络空间。为了解决这一问题，本文提出了一种新的面向对象的层次网络索引(HN-tree)。其主要思想是在考虑网络连通性和数据分布的情况下，对网络进行层次划分，得到道路网络在不同层级下的划分结果。基于道路网络层次划分的结果，层次网络索引被构建。HN-tree 的结构主要包括联合边界点矩阵和边界点矩阵。基于该索引结构，设计了一种计算道路节点间最短网络距离的有效方法，提出了范围查询算法和最近邻查询算法。最后，HN-tree 的有效性被验证基于三种不同的城市道路网络。实验结果表明，HN-tree 的性能优于其 G-tree 和 VRS 方法。

# 长时序 Sentinel-1 SAR 数据鄱阳湖水体变化监测

沈国状、傅文学

中国科学院空天信息创新研究院

鄱阳湖是中国最大的淡水湖，每年都受到长江流域、鄱阳湖上游流域洪水的影响，水面的波动直接影响着鄱阳湖的生态环境。合成孔径雷达(SAR)可以全天时/全天候获取数据，在大范围开阔水体制图方面存在得天独厚的优势。Sentinel-1 SAR 星座由 2 颗 C 波段 SAR 卫星组成，其 1A 及 1B 星的发射可以为水体制图提供时间分辨率更高的稳定数据源。同时 Sentinel-1 SAR 卫星具有较高的幅宽，可以用于大范围水面监测。Sentinel-1 SAR 卫星每月覆盖鄱阳湖 2 次以上，可以用来监测鄱阳湖水体的动态变化。在获取了所有过境鄱阳湖区域的 Sentinel-1 数据后，利用本文提出的基于 python 和 SNAP 引擎的方法对所有数据进行处理，保证了数据处理的一致性。在数据预处理之后，我们提出一种基于 U-Net 深度学习卷积神经网络的水体提取方法，获取 2016 年之后的鄱阳湖水体变化信息。对变化信息进行年/月时间尺度分析，得出鄱阳湖区域水体分布概率图。同时通过与鄱阳站实测水位数据相比，两者的变化趋势高度一致，所获取的水面面积信息与水位数据之间存在着较高的相关性。

## 自然保护区时空数据管理与应用云平台建设

孙凡凯、李江、郭博阳、张鹏、李春江、张超嘉

中国煤炭地质总局航测遥感局 陕西省地理空间信息工程技术研究中心

色林错目前是西藏第一大湖，也是国家级自然保护区。为适应国家对保护区提出的更高的管理要求，通过结合保护区的生态环境特色和那曲市林草局业务管理需求建设了色林错时空数据管理与应用云平台，本文分别介绍了平台建设过程中设计和实现的 4 个子平台：（1）用于色林错时空数据管理与网络服务发布的数据服务平台。通过集成多种关系型和非关系型数据库，管理了包括色林错基础和专题矢量数据，高分辨率遥感影像和数字高程模型，巡检轨迹点，以及统计分析报表在内的多种数据。（2）为保护区管理和决策提供支持的“一张图”信息平台，包括自然资源监测管理、环境监测、生物多样性等专题。集中展示了矢量图层，影像和地形瓦片，实现了物种类别统计，居民热力图，湖泊面积变化监测，卷帘对比以及草原、湿地监测等多种功能。（3）用于满足色林错巡检业务的巡湖管理平台。对巡检员，巡检任务和巡检点进行管理，提供巡检规划、巡查内容上报、历史查询、巡查事件处理等功能。（4）基于 Apache NIFI，分布式 Geomesa-HBase 和 Apache Hive 设计和构建了色林错海量巡检轨迹数据入库，计算及分析平台。平台可为色林错保护区管理工作更好地服务。

# 西北太平洋低空风场耦合预报效果分析和性能评估

汪汇洁<sup>1</sup>、孙建华<sup>1</sup>、齐琳琳<sup>2</sup>

1. 中国科学院大气物理研究所; 2. 93213 部队

海洋上的风是海洋上层运动的主要动力来源,不仅可以驱动洋流或海浪,而且调节着海洋大气之间的热量、水汽和物质交换,同时也对人类的生活、经济和军事等活动有着重要影响。本研究针对西北太平洋海区,区分不同风速段和有无台风过程个例,分别开展了中尺度海气浪耦合模式的 72h 低空风场的预报效果分析,并重点利用船载 GPS 探空资料对 1000m 高度以下低空风进行预报性能评估。结果表明:随着高度的升高或风速的增长,耦合模式对低空风场的预报性能逐渐降低。有无台风过程的比对评估表明,当前耦合模式对无台风过程的风场预报效果相对更好,海面低空风预报的时间变化趋势与 GPS 观测基本一致,且各高度上的 u 分量预报效果均好于 v 分量。因而,持续改进海洋和大气界面通量交换及内部混合过程等参数化是中尺度区域海气浪耦合模式发展的重点,加强模式预报与观测的相互支撑、相互验证更是提升海洋气象预报准确率的必然途径。

# 维多利亚湖流域土地利用变化及生态环境效应分析

王露<sup>1,2</sup>、高群<sup>2</sup>、于欢<sup>1</sup>

1. 成都理工大学; 2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所

维多利亚湖及其流域是东非乃至全球的重要自然资源,研究维多利亚湖流域土地利用变化及其生态环境质量时空演变对沿湖各国土地资源管理和生态环境保护具有重要的实践意义和价值。本研究基于肯尼亚内罗毕资源绘图促进发展区域中心 1985-2014 年共六个年度的维多利亚湖流域土地利用类型数据,以 1\*1 公里格网为基本评价单元,采用生态环境质量指数方法测度该流域土地利用变化的生态环境效应,并且综合运用重心模型、全局 Moran's I 指数、冷热点识别等研究方法,探究 1985—2014 年该流域生态环境质量时空演变特征。结果表明:(1)该流域土地利用类型以小规模农业、水域、林地为主。近 30 年间,小规模农业面积将近增长一倍,但林地面积减少 50.1%、草地面积减少 35.2%。(2)该流域生态环境质量总体水平偏低,至 2014 年,低质量区及较低质量区域面积占比超 70%,但流域基本处于低质量区与中质量区的动态转化过程中。(3)该流域生态环境质量重心呈现由西南方向至东北方向迁移的“V”字型走向。(4)该流域的生态环境质量变化的热点区域主要分布在坦桑尼亚地区,冷点区域主要分布在流域西南方向的布隆迪和卢旺达地区。

# 基于建筑施/竣工图的小区三维场景建模方法研究

王鹏翔<sup>1</sup>、周良辰<sup>2</sup>

1. 江苏省地理信息产业研究院; 2. 南京师范大学

近些年, 国家从政府层面开始主导并引领智慧城市的发展, 谋求城市的高效管理和智能运维, 服务民生。随之而然, 围绕着智慧城市的研究话题不断地被提出, “实景中国”、“数字孪生”、“CIM”(City Information Modeling)等都在深化、畅想未来城市的发展需要。这一系列内容对于虚拟场景提出了更高的要求: 兼顾宏观和围观、满足室内外一体化、融合地上地下资源。小区(泛指城市的一定区域), 则是实体场景和虚拟场景的基础空间单元, 该类场景数据的采集效率、场景要素的内容丰富度等决定了智慧城市的发展上限。本文综合分析了现有小区三维建模方法后, 从地理场景的视角出发, 以建筑施竣工图作为数据源, 提出一种能够快速构建小区三维场景的建模方法, 建模结果兼顾室内和室外、地上和地下以及多层次细节表达, 可以满足多领域的应用需求。

# 基于 MIE 模型和 AEONET 的亚洲吸收性气溶胶光学性质研究

王硕

中山大学

研究表明吸收性气溶胶对地球辐射平衡、气溶胶传输和气象学产生了重要影响, 由燃烧排放的强吸收性黑碳气溶胶对整层大气的直接正辐射强迫超过所有温室气体的总和。本研究使用 AERONET 平台长达数十年的多个不同波长气溶胶光学厚度(AOD)、单颗粒散射反照率(SSA)和埃指数(AE)的测量数据, 结合统计方法与基于 CORE-SHELL 近似的 MIE 散射模型, 探究不同的气溶胶来源特征, 量化了黑碳核和硫酸盐壳的尺寸和质量模型。结果表明: 首先, 在东亚、东南亚和南亚的气溶胶颗粒物可以被分为四种类型: 城市、生物质燃烧、远程传输和清洁, 每种特征类型中每个站点的气溶胶光学性质和物理特性方面表现出相似性。此外, 具有明显城市特征和生物质燃烧特征以及清洁特征的站点都被很容易的被甄别。其次, 两个具有明显混合特征的站点被深入分析, 北京的城市特点和生物质燃烧特点表现的都很重要, 而位于南海的太平岛则具有重要的远程运输特点。这些结果将有助于增强对气溶胶分类的理解, 并提供有助于改进辐射强迫模型和气溶胶对气候变化影响的气溶胶的具体物理特性和质量分析。



# 几种常用波浪爬高模型在新西兰海岸的验证与完善

王小鲁<sup>1</sup>、刘亚龙<sup>2</sup>

1. 中国科学院烟台海岸带研究所; 2. 自然资源部北海局烟台中心站

波浪爬高是由波浪沿斜面爬升而增加的水平面的垂直高度。对波浪爬高的准确估计对海岸带保护、海岸带管理以及自然灾害防护具有重要意义。为了验证几种常用的波浪爬高模型在新西兰背景下的实际表现情况,我们在新西兰的 Gisborne 和 Mahia 周边的多处海岸进行了一系列基于视频数据的波浪爬高验证实验,并给出了基于本地海岸特点调整后的波浪爬高模型。该系列实验产出了一个包含 14 条波浪爬高时间序列的数据集。根据野外数据,共对 5 个常用波浪模型进行了实地验证。

在这些常用模型中, Homan 模型 (1986)提供了准确率最高的预测结果。本地化调整后的 Homan 模型,预测准确性得到了进一步的提升 ( $R^2 = 82\%$ )。我们同时发现,就 Gisborne 和 Mahia 区域而言,使用海岸坡度数据可对其周边海岸的波浪爬高情况进行最优的参数化。据此,提出一个仅使用海岸坡度进行参数化的新模型,其准确度高于 Homan 模型 (1986)和本地化调整后的 Homan 模型。该模型简单快捷,仅需要提供海岸坡度数据即可应用于 Gisborne 和 Mahia 周边的海滩,有利于该地区进行海岸带相关的管理和监测工作。

# 2001-2018 年河南省农业干旱遥感监测与气候变化影响评估

王增艳

河南大学

本研究基于 MODIS 遥感数据和气温、降水等气象观测资料,通过构建温度植被干旱指数 (TVDI) 与传统农业干旱监测指标土壤相对湿度间数学模型,建立基于 TVDI 的农业干旱分级标准,对河南省 2001-2018 年农业干旱时空分布特征及其气候变化影响规律进行分析。结果显示:① 河南省农业干旱在空间上呈现出极强的分异性,干旱类型以轻旱和中旱为主,其中,轻旱主要分布在西部山地,面积占比约 20.91%;中旱主要分布在南阳盆地,面积占比约 2.17%。② 时间上看,近 18 年河南省 TVDI 年均值介于 0.61-0.67 之间,年平均变化率约 0.15%,表明当前农业干旱程度较低,但未来农业干旱风险增加。③ 2001-2015 年河南省年均降水量呈减少趋势,年均气温呈升高趋势,年际 TVDI 呈增加趋势,表明河南省具有干旱化倾向,农业干旱风险升高。对农业干旱进行因子驱动分析发现,降水驱动型地区主要分布在河南省南部南阳盆地、信阳等地区,温度驱动型地区主要分布在河南省中部许昌、漯河、周口、商丘,以及北部济源、焦作、新乡、鹤壁、安阳等地区,降水温度共同驱动的地区主要分布在南阳盆地周边以及河南省西北部洛阳等海拔较高的山地地区。

## 结合 Kalman 滤波的 CFD 污染扩散模拟方法

吴俊、林定、刘亚敏、邓卓

福州大学

本文采用了一种基于 kalman 滤波算法的数据同化方法，用于模拟小场景中污染物扩散的过程。在污染物扩散的 CFD 模型中嵌入 kalman 滤波算法，确保在进行数据同化时，模型遵循质量守恒定律。实验中针对同一场景，使用粗、细两种网格精度进行划分，再对其进行污染物的扩散模拟。其中，对于细网格，使用传统的 PISO 算法计算网格中各个时刻的污染物浓度，并将其作为真值，对于粗网格，使用结合 kalman 滤波的 PISO 算法进行污染物扩散的计算，最后，对两者模拟的精度以及计算所耗费时间进行比较。结果表明，在粗网格的情况下，使用 kalman 滤波能够提高模拟的精度，同时相较于细网格模拟所使用的时间，能够缩短计算所消耗的时间。

## 联合国城市可持续发展目标综合评价-以山西省为例

吴艳花（中国矿业大学（北京））

作为科技创新的重要方面，大数据正在为科学研究带来新的手段和方法论。地球大数据服务 SDGs 的主要目标是实现地球大数据向 SDGs 相关应用信息的转化，为 SDGs 落实提供决策支持、构建地球大数据支持 SDGs 指标体系和集成。本研究重点围绕 SDGs 11 可持续城市和社区方面，聚焦 SDGs11.2、SDGs11.3和 SDGs11.6.共三个指标开展 SDGs11 指标监测与评估，并开展山西省 SDGs11 多指标综合评价。引入地球大数据数据，突破了以传统统计数据为主的限制，提高了 SDGs 指标评价的时空分辨率；集成地球大数据技术，提出了 SDGs 的中国本地化指标评估体系。基于土地利用数据、人口密度数据、PM2.5 产品、夜间灯光数据、公共交通数据等指标评价数据集，实现了山西省可持续发展综合评价。通过 SDGs 11 指标评估与进展监测，完善山西省可持续发展指标体系。本研究展现了地球大数据在支撑 SDGs 指标检测与评估方面的巨大应用价值与潜力，对 SDGs 决策部门和相关学术领域具有重要参考价值。

# 基于 FY-3D/MWRI 的全球被动微波地表发射率反演研究

徐榕焜、武胜利

国家卫星气象中心

被动微波地表发射率表征了地物向外发射微波辐射的能力，其在土壤水分、水汽等地表及大气参数反演、卫星资料的数值模式同化等研究中起着重要作用。本研究利用搭载在 FY-3D 卫星上的被动微波辐射计 (MWRI) 的一级亮温数据和 ERA-Interim 全球再分析资料，通过简化的微波辐射传输方程反演了非降雨条件下全球微波地表发射率。结合 IGBP 陆表覆盖分类数据，进一步分析了不同土地覆盖类型的水平和垂直极化微波地表发射率的空间分布、频谱特征。同时，针对各频率通道，计算并分析了微波地表发射率的水平垂直极化差，并分析了反演误差的来源。结果表明，本研究反演得到的微波地表发射率与地表覆盖类型分布特征有较高的一致性，呈现出沙漠、冰雪、湿地等低发射率区域。不同的地表条件下垂直极化发射率随着频率的增高而减小，水平极化反之。在戈壁地区，发射率的频率极化差较大，并随着频率的增加而降低。本研究的反演误差主要来源于降水像元判别、再分析资料的时空匹配，本研究通过被动微波地表发射率的反演研究及误差分析，以期建立长时间序列的全球被动微波地表发射率数据集。

## 海南博鳌地区生态环境变化及驱动力分析

杨静怡<sup>1,3</sup>、王钦军<sup>2,4,1,3</sup>、李志超<sup>2,4</sup>、谢静静<sup>1,3</sup>

1. 中国科学院空天信息创新研究院 中国科学院数字地球重点实验室； 2. 三亚中科遥感研究所 海南省地球观测重点实验室； 3. 中国科学院大学 北京市怀柔区中国科学院大学雁栖湖校区； 4. 中国科学院空天信息研究院海南研究院 海南省微小卫星工程研究中心

博鳌是位于海南省东部海岸带的一个沿海小镇，风景优美，因博鳌亚洲论坛而广受关注，如今旅游业发展旺盛。生态环境资源是博鳌的发展源动力，研究博鳌地区的生态环境变化及驱动因素能够为博鳌地区的可持续发展提供一定参考。本文基于 2000、2010、2020 年的三期遥感影像得到历年的博鳌镇土地利用分类数据、NDVI 数据及植被覆盖度数据，之后从景观和类型两个水平提取了历年的景观格局指数，分析了博鳌镇 20 年来的土地利用变化、植被覆盖度变化及景观格局变化情况。从自然因素和人文因素两方面对博鳌镇 20 年来生态环境的驱动力进行分析，自然因素选取了地形、气候等，人文因素包括人口、经济、技术与政策等，以找出使博鳌镇生态环境变化的主导因素。

# 卫星 TDI CCD 相机多视立体成像仿真 与建筑物几何三维重建效果评估

岳庆兴

自然资源部国土卫星遥感应用中心

本文提出一种卫星 TDI CCD 相机多视立体成像仿真方法,重点研究了目标点偏离星下点较远时 TDI CCD 相机成像的积分时间和卫星姿态计算方法。通过靶标成像仿真验证了计算方法的准确性,在此基础上实现了单相机多视角立体成像仿真。基于高精度三维建筑物模型和所述仿真方法生成多种侧视角度和立体夹角条件下的模拟影像。基于置信度传播(BP)、图割(GC)等立体匹配方法生成建筑物点云数据。基于有效点百分比、均方根、归一化平均绝对误差(NMAD)、90%线误差(LE90)等指标评估了侧视角度和立体夹角对区域总体和建筑立面三维几何重建效果的影响。结果表明,对于建筑立面,侧视角与立体夹角要综合考虑,侧视角和立体夹角都应该控制在合理区间之内,如果侧摆角度过小,建筑物立面重建的完整性和精度都难以保证,而立体夹角过大时,建筑物立面的匹配难度也会增大。本文建议侧视角度在 20-40 度之间,正视与前、后视的夹角在 10-15 度之间。对于城市建筑三维几何重建效果的评估不宜采用单一的统计指标,建筑物各个侧面的完整性应该是首要考虑因素,对于建筑立面来说,应该更加注重有效点的密度。精度方面,建议采用 LE90 作为首选评价指标。

## 台风快速增强过程中的对流特征演变

张达、张佳华

中国科学院空天信息创新研究院

台风是世界上最具有破坏力的自然灾害之一,其强度预报仍然是目前台风预报中的难题,而快速增强则是强度预报面临的主要挑战。本研究利用 2015—2017 年的葵花八号静止卫星红外亮温数据,对于西北太平洋台风在快速增强过程前后的对流特征进行了分析。结论指出:单个台风以及不同台风在快速增强不同时期之间的对流变化呈现出显著的差异,主要表现为三种主要时间序列模态;同时,台风的对流呈现出显著的日变化,即在日间强度减弱(云顶亮温变暖),夜间强度增强(变冷);所有台风在快速增强发生前 24 h 都会经历至少一次的相位变化,且初次快速增强基本都发生在云顶亮温变冷的趋势上,表明了对流增强对于快速增强的指示作用;而后续的快速增强过程则无此特征;对于 6 h 的快速增强过程,其发生与发展与对流强度的加强与减弱并无明显关联,而在不同过程中所表现出的不同形态特征,比如内核对流的增强,眼墙对流的形态以及风眼的出现等与快速增强更为密切相关。以上结论进一步指出,对流的增强对于台风的快速增强具有指示作用,但是在快速增强过程中,台风在不同发展时期的对流呈现出的形态变化对于台风的快速增强发生具有更为实质的作用

# 基于 MODIS 的逐日河冰覆盖度遥感监测

张逸箫（中国科学院空天信息创新研究院）

## 基于数字地球的海洋溢油灾害网络舆情治理研究与路径转向

赵杨<sup>1,3</sup>、陈戈<sup>2,3</sup>

1. 中国海洋大学文学与新闻传播学院； 2. 中国海洋大学信息科学与工程学部海洋技术学院； 3. 青岛海洋科学与技术（试点）国家实验室区域海洋动力学与数值模拟功能实验室

海洋溢油灾害频发对社会、经济、生活带来严重危害，由此引发的网络舆情倍受关注。海洋溢油灾害网络舆情因其特有的反复性、焦点性、难控性而导致治理困难。当前，传统的灾难舆情应对系统已无法解决不断动态演化的海洋溢油灾害舆情治理问题。因此，基于数字地球，探索海洋溢油灾害网络舆情治理新路径已成为“海洋强国战略”重要的组成部分。本文将海洋溢油灾害网络舆情置于社会化媒体语境下，探究基于 GIS 与数值模拟技术，如何展开海洋溢油灾害舆情关联性分析与全要素风险动态分析；如何进行海洋溢油灾难风险预警与精准化舆情研判；如何进行多元主体在海洋溢油灾害网络舆情演化过程中的互动与协同治理分析；如何促进风险沟通。同时，基于数字地球技术，从时间、空间两个维度剖析海洋溢油灾害网络舆情研究路径的转向。在此基础上，提出科学有效治理海洋溢油灾害网络舆情的新思路。

## 多波束声呐水体数据多角度影像分析

郑双强<sup>1</sup>、阳凡林<sup>2</sup>、张斌<sup>1</sup>

1. 中国科学院海洋研究所； 2. 山东科技大学

多波束声呐系统是探测海洋的重要设备之一，而多波束声呐水体数据采集是随着多波束声呐系统软硬件不断更新升级后出现的重要功能，可记录自发射换能器至海底整个传播过程中的全部声波反向散射强度信息，为探究海洋地形、底质等提供了丰富的数据源。多波束声呐系统将发射换能器到海底之间全部反向散射强度记录为多波束水体数据，该数据包含了瞬时位置及姿态下、波束开角内的全部水体声学信息，可将其以灰度或彩色水体影像的方式呈现，更直观表达当前状态下水体内部所有回波特征。本文深入剖析多波束水体数据成像方法，并对改进优化水体影像做了大量研究工作，提出溯源插值方法、多角度影像堆叠等新方法，阐述水体数据可生成的垂直于航迹方向、沿航迹方向以及投影图等多种视角水体影像，对主要影像特征及优缺点进行讨论分析。并使用实例数据展示多视角水体影像图，对揭示多波束声呐水体数据成像原理，探索多波束声呐系统等重要海洋装备的新应用有一定意义。

# 漓江流域生态旅游承载力可持续发展监测与评估

朱岚巍

中国科学院空天信息创新研究院

桂林拥有得天独厚的漓江山水生态景观资源，同时拥有世界上发育最典型的喀斯特地貌，以漓江山水为代表的喀斯特景观资源。然而，桂林地处西部多民族欠发达地区，经济发展方式还比较粗放，基础设施建设相对滞后，景观资源的保育能力不足，支撑社会经济发展等方面的能力均有弱化趋势。如何有效保护和利用好景观资源、同步实现经济和社会的可持续发展，既是桂林面临的重大挑战。目前，漓江流域生态景观可持续发展存在人为干扰与压力，如漓江流域上游工矿厂排污所致的水污染严重，遇枯水季漓江水量不足，需上游拦坝蓄水以保证下游通航，流域旅游资源集成度不高，大量生态旅游资源尚未得到充分开发利用，本地居民日常生产、生活方式严重破坏沿线水质、植被以及生物多样性，近年来景区旅游客流量出现严重下滑现象。本研究通过构建桂林漓江流域生态旅游评价指标体系，优化指标评价模型，定量监测漓江流域生态旅游承载力发展进程，综合评估漓江流域生态旅游资源的配置效能是否实现可持续发展最大化，最终提出实现漓江流域生态旅游可持续发展的生态补偿机制。