

# 地理科学发展与新技术应用

廖小罕

(中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

**摘要:**当代计算机、互联网、航天航空、自动化和传感网、环境和生态修复等技术发展很快,并渗透到许多基础与应用基础研究学科。以综合性、交叉性和区域性为特点的地理学借力于新技术应用,学科发展得到有力促进,突出表现包括:①研究时空拓展到近实时和全球,基本解决异域和极端地理环境数据难获取问题;②数据获取方式和渠道多样性促进了数据的爆发性增加,对规律和格局的分析从依赖有限时空表观信息发展到依靠新技术获取高时空动态数据开展大数据挖掘;③研究内容从静态知识获取、机理分析拓展到包括生态修复和环境治理等能动性的工作;④学科发展呈现领域拓展和新技术学科交叉趋势,地理学通过与新技术进一步融合发展获得新生命力。借助新技术和地理大数据“燃料”的注入,新时期地理科学发展将在全球和区域社会经济建设过程中通过提供“复方”解决方案而发挥重要的作用。

**关键词:**地理科学与新技术;遥感;地理信息;地理信息系统;地理信息科学

地理学是一门古老的学科。地理学一词最早可以追溯到古希腊埃拉托色尼(Eratosthenes, 276 B.C.—194 B.C.),主要是指地表自然和人文地理知识的记载,包括地貌、水文、人口、聚落、物产、基础设施等的记述<sup>[1]</sup>。地理学内涵随时代的进步和区域的变化而不断演变,但作为一门学科,一直在不断积累知识、文献、数据和记录。直到20世纪初,地理学研究方法还主要体现为野外考察勘探、现场观察量测、地图制作、简单统计分析与归纳、区划与规划等,以记述性为主,缺少模型、公式和定量化工具,其发展和完善主要在于内容的丰富、依靠时间的数据积累和调研区域范围的拓展。今天,现代地理学研究方法和手段已经发展到包括空间统计、对地观测、地理信息科学、建模、辅助决策等多种新技术手段,地理学与新技术密切关联在了一起<sup>[2]</sup>。当代地理学的进一步发展和新技术的应用密不可分,地理学也开始被称为地理科学<sup>[3]</sup>。大家熟悉的胡焕庸线,就是在现代地理学开创之初,通过统计人口数的空间栅格化和地图表达,呈现出中国人口空间布局的区域差异特点,同时也展示了现代地理学分析

的方法特点<sup>[4]</sup>。根据人口空间统计基本特点,进一步开展空间格局和人地关系研究,发现空间过程机理,开展预测和支撑决策等,成为当前地理科学的重要发展方向,在这个过程中地理学科表现出很强的综合性、系统性、定量化和应用驱动。

20世纪初开始,地理学经历了活跃的拓展,伴随工业化进程和两次世界大战的需求得到促进和发展。战后地理学基础研究在一些国家经历了消沉。过去几十年中国地理学的发展在一定程度上反映了全球地理学发展的历史起伏。新中国成立以来,百废待兴的家园在工农业发展、国土空间规划布局、资源利用与人地关系等方面通过“任务带学科”催生了新中国地理学及其应用的大发展,建立起了较为完备的学科体系,为国家发展规划了有关蓝图<sup>[5]</sup>。改革开放以后,特别是20世纪90年代,从计划经济发展逐渐转为中国特色的市场经济,市场对于实现规划蓝图的工程类技术学科和人才反映出较大的需求,地理学普遍被认为缺乏工程性实用技术,许多大学地理系和地理研究单位纷纷改名改姓,赋予环境工程、城市规划和生态环境等具

收稿日期:2020-04-12;修订日期:2020-04-20。

基金项目:国家自然科学基金项目(41771388)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 41771388.]

作者简介:廖小罕(1963—),男,贵州贵阳人,研究员,主要从事无人机遥感应用和遥感大数据研究。E-mail: liaoxh@igsnrr.ac.cn

引用格式:廖小罕. 地理科学发展与新技术应用[J]. 地理科学进展, 2020, 39(5): 709-715. [Liao Xiaohan. Advance of geographic sciences and new technology applications. Progress in Geography, 2020, 39(5): 709-715.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2020.05.001

体内涵<sup>[6]</sup>。

2000年以来,包括中国在内的世界社会经济发展迅速,发展格局复杂,路径多元化,资源瓶颈和可持续发展问题突出,问题错综复杂,其中地理空间格局在全球化时代的重要性和地理学能够解决什么问题面临严峻挑战<sup>[7]</sup>,也意味着新的学科发展机遇<sup>[8]</sup>。新时期的复杂问题往往需要“复方”解决方案,而综合性强的地理科学在新时期应运得以释放其解决社会经济这个“复杂巨系统”问题的潜力<sup>[9]</sup>。可以看到的是,今天借助高新技术和大数据手段,地理科学作为综合性、交叉性、区域性强的学科呈现良好的发展趋势,在区域可持续发展与空间规划、乡村振兴战略、数字中国建设、美丽中国生态文明建设、美丽中国和精准扶贫成效第三方评估、“一带一路”发展规划、重大传染病防控等国家重大任务和现实需求中,都常见到地理学家领衔担当重要角色。

## 1 促进地理科学研究的当代新技术发展

人们在认识自然的过程中积累了很多地理学相关的理论、方法、模型等各种研究成果,这些成果在改善自然过程中不断发挥重要的作用。伴随着社会的发展进步和需求总量的增加,资源环境领域问题日益突出并错综复杂:一方面是传统简单化的模型往往不能很好地解决实际复杂问题,需要借助新技术手段去发展和完善;另一方面,许多好的理论、方法和模型需要足够准确的边界约束和初始场数据,高可靠、多因子分析结果往往与足够精细和足够多变量的输入数据正相关。地理学的理论、模型和方法是否可以发挥好相应的作用,结论是否可靠,预测是否准确,足够保障的技术手段和数据来源至关重要。截至目前,在这个方面已经呈现出对地理学研究技术手段具有基础性支撑作用的新技术主要包括计算技术、空间技术、互联网技术、自动化和传感网技术、生态修复技术、环境保护技术等。

### 1.1 计算技术

计算技术发展对地理学的影响在所有新技术里面是最基础与最具渗透性的。借助数字化,复杂地理信息和空间关系量化表达和趋势预测得以极高效处理。最广为人知的标志就是地理信息系统(Geographic Information System, GIS)和地理信息科学(Geographic Information Science, GISci,有时也

简称为GIS)的兴起。GIS依靠计算机和数字化技术获取、存储、处理、分析、管理和表达空间地理信息,是对真实世界时空过程的一种数字化、量化表达和镜像映射,其中电子地图是最常见的表现<sup>[10]</sup>。经过几十年的发展,一批GIS平台软件如ArcGIS和SuperMap等逐渐在国内外走向成熟和普及化应用。同时,还有大量GIS行业应用系统,如警用地理信息系统、灾害监测管理系统和国土空间管控系统等都是GIS的具体应用。GIS理论和应用技术通过几十年积累打下了厚实的基础<sup>[11]</sup>。GIS应用在地理学各分支学科研究中的突出特点包括:①支撑性——全面支撑各领域研究的空间信息查询、空间要素关联和复杂因子可视化表达;②渗透性——涉及时空信息的所有研究方向都可以应用地理信息系统;③扩展性——实际应用中,地理信息系统往往和行业深度应用紧密耦合,内涵和范围都得到拓展。另外,在计算技术发展基础上,结合先进的视觉呈现手段,虚拟现实(Virtual Reality, VR)和增强现实(Augmented Reality, AR)技术在地理环境重建与未来场景预测展现上面发挥越来越多的作用。以计算技术为核心,结合互联网传输技术、自动化和传感网等技术的发展促进了大数据时代到来。基于海量空间大数据的挖掘,成为表观研究、逻辑研究之后新的研究手段,诞生了许多挖掘方法和工具。

### 1.2 空间技术

空间技术通过遥感(Remote Sensing, RS)应用已成为区域和全球对地观测的主要手段。20世纪60年代以来,全球先后发射了上千颗遥感卫星,其中时间序列长、应用广的包括NOAA、Landsat、TERRA和AQUA、QuickBird等系列遥感卫星。这些遥感卫星陆陆续续获取海量卫星遥感数据,记录了地球过去几十年地表的变化,具有极高的科学价值。借助近10年来发展起来的超高清、凝视和视频卫星等更是可以快速对局部地理环境开展详细诊断分析。特别值得一提的是,通过几十年的发展,中国已经成为世界上拥有先进空间遥感基础设施和技术的国家之一,其中“资源”“风云”“高分”“环境”“北京”“吉林”等系列遥感卫星在国内外发挥日益重要的作用。目前,全球覆盖的卫星组合可以获得少于小时级别响应的特定区域遥感影像。除了遥感,空间技术发展带来的另外一个革命性突破是卫星导航定位。通过获取3~4颗以上不同位置卫星信号到达的时间,反推出距离,解算位置经纬度和

高度。目前全球4大系统——GPS、GLONASS、Galileo、北斗,共约100颗导航卫星在提供位置信息服务。空间技术还通过卫星解决了无人区、远洋和极地的通信问题。

### 1.3 互联网技术

互联网技术的应用在地理科学研究上面也很突出,主要表现特征为“五化”,即在线化(在线地图、在线查询、在线识别)、云端化(云计算、云存储、云服务)、无线化(移动接入、卫星接入)、实时化(移动位置实时感知、数据高速传输)和物联化(无线射频识别(Radio Frequency Identification Devices, RFID)、传感器、定位器和二维码)。其中,互联网技术支持下的在线电子地图表现为依靠互联网和移动互联网,客户端在线定制地图、终端实时显示,通过互联网把后台变为一体,实现了云端和后台计算与存储资源的高效利用。物联网技术很大程度上丰富了地理学研究的方法体系,强化地理学综合性、系统性研究特色<sup>[12]</sup>。

### 1.4 自动化和传感网技术

自动化和传感网技术发展很快,生态、环境和物候等自动化观测传感仪器不断普及,主要应用包括智慧城市监测传感网智能感知、大范围的陆表生态观测网络化基础设施等,也包括深海、极地、冰川等复杂和极端环境自动观测和采样系统。近几年无人船、无人车和无人机等大量涌现,极大地拓展了动态数据获取的机动性、数据覆盖的时空范围、采样频次和数据可获得性。

总之,新技术应用体现在地理学研究上最突出表现就是分析研究手段多元化与数据爆发性增长等,对学科直接的影响就是地理学理论、方法和模型不断迭代完善,实际解决问题的能力得到提高,在区域地理环境改造和科学研究过程中发挥日益重要的作用(图1)。特别需要强调的是,本文提到的技术从名称上看学科可能已经存在好几十年,但這些技术始终在不断创新,不断刷新自身。

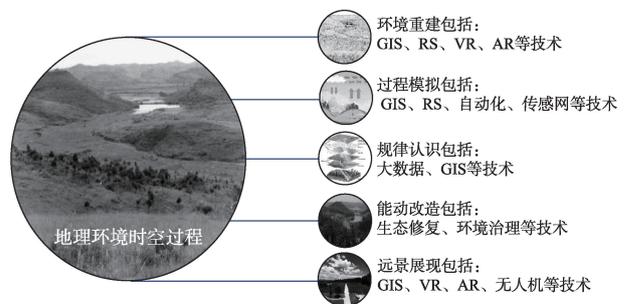
## 2 新技术应用推动下地理科学前沿进展

借助于新技术应用,地理科学解决社会经济发展实践问题的能力得到显著加强,研究范围得到纵深拓展。从对学科发展影响和对社会经济重大贡献来看,代表性的进展包括:

### 2.1 空间技术支撑地理学开展跨区域和全球问题的研究

地理科学研究的基础是数据。地理科学研究自然要素和人文要素的空间格局和时间过程,以及两者间交互作用的内部机制与外部表征。因此,对于空间格局或者空间结构,数据空间分辨率至关重要;对于时间过程,数据时间间隔至关重要;对于表面特征,数据光谱和纹理特性至关重要;对于异域和极端环境,数据获得性至关重要。遥感技术让地理科学研究如虎添翼。比如说,卫星遥感可提供跨地区、跨国、南北极地区的自然地理、生态、农业、交通、城镇化等信息。截至目前,世界各国积累了60多年的全球和区域的对地观测数据,通过遥感(侦察)飞机也积累了上百年的航拍和遥感影像。这些覆盖全球各地的遥感数据是巨大的科学财富。遥感技术一诞生就和地理研究深度结合,同时遥感技术借地理研究舞台迅猛发展。可以形象地比喻,自从20世纪下半叶以来,随着遥感技术的普及,地理科学“陆军”研究队伍有了“空军”。而在当代,无人机遥感技术呈现高技术、智能化、低成本、大众化的趋势,普通的研究室甚至课题组都可以拥有自己的无人机遥感系统、科研人员自己就可以独立开展无人遥感技术应用。可以说地理科学“陆军”研究队伍还增加了“陆军航空兵”,地理科学在生产实践战场上“军力”大增,综合能力提升。例如,过去科学考察和环境调查无论规模有多大,少有航空遥感手段相配合,而现在无人机遥感手段已经成为科考队的标配。

长期以来,由于历史和文化原因,中国对于域外研究兴趣有限,中国地理学者研究范围局限在中国。相比较来说,西方列强称霸世界的历史客观上



注:图片内容以中国科学院千烟洲试验站为例。

图1 区域地理科学研究中涉及新技术应用举例

Fig.1 Examples of new technology applications in regional geographical science research

为这些国家积累了许多自然与人文地理方面的数据。近代以来中国科学家对世界其他地区的地理、环境和生态的研究主要是用国际上已有的数据,缺乏自己的一手数据,在一些关键点还没有“站起来”。现在依靠国内外遥感卫星,依靠自己的技术和数据,中国科学家利用国内外遥感卫星基础性数据和基于自己的算法产生了自己的数据产品和分析结果,开始系统性地在世界舞台上发出中国的声音。例如,从2012年开始,针对全球植被、水体、农情、土地、城镇化等,国家遥感中心组织国内地理界编写全球生态环境遥感监测评估年度年报,已成为国际地球观测组织(Group on Earth Observation, GEO)工作计划之一<sup>[13]</sup>。

## 2.2 自动化和传感网技术支持国土大范围陆表和极端环境观测网络构建

中国的生态系统研究网络 CERN、美国的国家生态观测网 NEON、欧洲的综合碳观测系统 ICOS、澳大利亚的陆地生态研究网络 TERN 等都是非常成功的国家尺度观测网络。其中 CERN 按照景观与地带性布局构建国家大范围科学试验网,通过规模化、自动化数据采集,获取水土气生各种生态环境关键参数与碳氮等通量的高频观测数据,成为中国野外科学观测、科学实验和科技示范的重要基地,为中国生态系统长期定位观测、生态经济与全球变化科学研究以及自然资源利用与保护研究提供大尺度的野外科学平台。目前 CERN、NEON、ICOS 和 TERN 等正在共同推动全球生态系统研究设施(GERI)的组建和发展。另外,极端和危险环境的数据获得性在过去一直是研究的瓶颈,现在包括中国在内的许多国家在南北极、远洋等建设自动化的观测设施,利用机器人采样,在研究南北极冰和全球变化的影响等方面获得大量宝贵的科学数据。美国、英国等研究团队利用无人机开展爆发中火山的测量并开展动态过程建模。美国、中国等利用无人机对飓风和台风开展飞行探测取得成功,帮助构建台风精细结构体系。

## 2.3 生态修复、环境治理与综合调控新技术服务重大自然改造工程

新技术手段推动地理科学从静态的资源和环境本底调查到包括参与生态及土壤修复与环境治理等能动性的工作。例如,利用优选树种、滴灌技术、定植等生态修复技术开展干旱区荒漠与绿洲生态系统过程和生态安全研究,中国建成了世界最长

的塔里木沙漠公路防护林生态工程,并推广到国外,建立了寒旱区交通干线和自然遗产保护区的风沙防治体系。还有,例如通过高光谱卫星获取植被日光诱导叶绿素荧光、大气 CO<sub>2</sub> 浓度和大气化学组分数据,为治理大气环境污染提供实时更新监测信息;通过综合调控新技术开展冻土工程实践,保障重大冻土工程稳定性和安全运营;中国在南沙群岛开展自然环境改造和修复,完成了岛礁陆域吹填工程。

## 2.4 大数据“加注”,全域、全景、全要素和时空流分析成为方向

全球数以万计的空基、陆基、海基观测网络每天获得大量数据,各种地球系统、大气、路面、海冰等模式生产的大数据,自发地理信息(VGI)大数据,专业平台的移动 GPS、标注、影像等结构化和社交网络所产生包含时空信息的非结构化数据,蕴含巨大的地理科学研究价值。地理大数据爆发性增加,地理学通过获得大数据“燃料”的注入,在全域、全景、全要素等分析预测和复杂环境解决方案、复杂因果关联等研究上极大地提高了能力(图2)。例如,遥感数据的迅猛增加推动了地理学研究范围逐渐从抽样到全域覆盖,重点体现在通过遥感开展全球植被生物量、作物产量等估算。多元结构化和非结构化数据的增加促进了时空流大数据分析,科学地计算区域内和区域间的各种物质、能量、人和信息的流量,寻找流动的驱动机理,成为大数据科学时代的前沿。2020 年全球发生新型冠状病毒疫情,基于大规模移动通信、移动支付和交通工具记录等数据开展人员流动追踪分析,成为大数据应用最新的成功例子。



注:引自文献[14]。

图2 地理大数据“注入”地理学促进学科理论、方法和模型等研究内涵进一步发展

Fig.2 With the "injection" of big data, the geography has been further developed in academic theories, methods and models

### 2.5 虚拟和增强现实技术实现环境研究虚实结合

区域地理环境重建与仿真预测通过虚拟技术和增强现实技术贴近真实的表达方式开始在行业和大众中得到应用,推动地理场景和时空过程仿真研究、科普教育和沉浸式教学全面发展。例如,一些城市管理部门在评估城市发展规划的场景展示平台、国防建设领域虚拟电子沙盘、大众足不出户网上旅游全球景区等都受益于虚拟和增强现实技术。通过增强现实技术在实际研究嵌入虚拟对象和场景重建将带来全新的考察体验和研究方法。这方面技术结合其他技术的进一步应用,在开展包含大量人文和虚拟要素的非物质地理格局和过程的研究中,发挥重要的作用。

### 2.6 互联网电子地图全面支撑社会经济发展,成为地理科技成果转化最好的标杆

基于互联网和移动互联网的电子地图与遥感影像服务已经成为当代地理科学研究和大众化应用不可或缺的支撑。通过云端高度集中资源并随时刷新基础内容,支撑客户端通过点击得以共享最新地图/遥感基础信息等开展应用。目前主流的基础遥感影像和基础市政道路与交通路况在线地图提供商包括 Google、天地图、高德、百度地图等。具有空间位置属性的动态信息都可以叠加在基础地图上满足用户需求和支撑用户拓展应用,在这个方面有广阔的前景,成为地理科技成果转化的最好标杆。

### 2.7 无人机技术促进景观尺度三维精细化研究和“遥感+”应用发展

无人机广泛应用意味着在自然和人文地理学研究中将带来新的视角和研究方法<sup>[5]</sup>。其中,无人机遥感获取厘米级分辨率的陆地表观立体结构,在景观尺度地理空间环境三维重建和城市建筑和森林植被等地表附着物三维信息精细化量测方面发挥独特的重要作用,同时也在三维地图基础影像数据服务上面显示出巨大潜力。作为当代新技术高度综合集成的代表,无人机可以实现在传统遥感数据获取基础上的拓展应用,包括实时传输、同步定位和绘图(Simultaneous Localization and Mapping, SLAM)、植保、低空航路规划、组网协同等,被称之为“遥感+”应用<sup>[6]</sup>。无人机系统将认识感知和能动改造能力从技术上高度集成在一起,其广泛应用自然地提高了地理科学工作者学科交叉能力并拓展了学科本身解决问题的能力。

## 3 思考与展望

现代地理学已与计算技术、互联网技术、空间技术等现代技术深度融合,并从交叉融合中受益,得到进一步发展。地理信息系统、遥感应应用、地理大数据挖掘等已经不仅仅是地理学的一个分支学科,而是有力支撑整个人文和自然地理学等其他分支学科研究必不可少的技术、方法和手段。过去20年,随着计算机软硬件技术的进步,计算机软件有了丰富的发展。如果形象地把工程技术学科比喻为应用软件的话,综合性强的地理科学就类似计算机平台软件(比如操作系统)。各相关学科的这些“应用软件”在当代的迅猛发展和大量的技术沉淀,客观上有力地促进了地理科学这一“平台软件”的全面发展和能力拓展。换句话说,历史悠久的地理学借助于新技术融合和应用,在新时期舞台上应运得到发展。从这个意义上来说,当代地理科学的发展有其历史发展必然性。实际上地理学几次飞跃都是和技术应用相结合的结果,都是应用技术沉淀把学科基础支撑垫高。当然,逆水行舟,不进则退,其他的学科也在发展、演进甚至可能有替代地理科学的势头。站在地理学的角度,地理学未来要不断密切融合和借鉴现代新技术,才能健康发展,适应时代发展需求。

展望未来,从学科面向应用需求发展的趋势来看,一个特点是时代对地理科学的需求从静态认知、分析、规划和拓展到能动性的改造与利用。例如从自然资源调查统计到生态修复,从环境认知和分析到环境治理,从大气环境观测到大气环境治理与大气动力学的利用,包括从陆表到低空空域资源开发利用。另一个特点是面对全域、全景、全要素分析应用需求,无论是数据输入输出、虚实场景时空视野与复杂因果关系的综合分析,都要求学科具有很强的大数据分析、挖掘能力、历史环境重建与未来场景量化预测评估能力,以及复杂因果环境下提供“复方”解决方案能力。

## 4 结束语

本文简要梳理了对地理科学发展有基础性、渗透性影响的新技术及新技术促进下地理科学发展的有关研究前沿,可以看到,借助新技术应用,地理学解决实际问题的能力有了重要发展和拓展。研

究时空拓展到近实时和全球,数据获取方式和渠道爆发性增加,研究内容从静态知识获取、机理分析拓展到包括生态修复和环境治理等能动性的工作,学科通过交叉融合发展获得新的生命力。尽管地理科学作为一门应用性强的学科离日益增长的实际需求还存在很大的差距,但借助新技术得到“满血复活”的地理科学,认识和改造世界的能力日益增强,将通过为全球和中国的社会经济发展中出现的资源环境问题提供“复方”解决方案而发挥重要的作用。

**致谢:** 本文撰写过程中得到北京大学的梅宏、蔡运龙,中国科学院地理科学与资源研究所的周成虎、樊杰和王绍强审阅并提出宝贵意见,以及周扬、汤安琪和谭均铭帮助整理文稿,在此深表谢意。

### 参考文献(References)

- [1] 蔡运龙. 自然地理学的创新视角 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(4): 576-582. [Cai Yunlong. Perspectives on innovation in physical geography. *Acta Scientiarum Naturalium, Universitatis Pekinensis*, 2000, 36(4): 576-582. ]
- [2] Brunn S D, Cutter S L, Harrington Jr J W. Geography and technology [M]. Dordrecht, Netherland: Springer, 2004.
- [3] 傅伯杰. 地理学: 从知识、科学到决策 [J]. 地理学报, 2017, 72(11): 1923-1932. [Fu Bojie. Geography: From knowledge, science to decision making support. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(11): 1923-1932. ]
- [4] 胡焕庸. 中国人口之分布: 附统计表与密度图 [J]. 地理学报, 1935, 2(2): 33-74. [Hu Huanyong. Population distribution in China: Statistical tables and density maps are attached. *Acta Geographica Sinica*, 1935, 2(2): 33-74. ]
- [5] 吴传钧, 张家桢. 我国20世纪地理学发展回顾及新世纪前景展望: 祝贺中国地理学会创立90周年 [J]. 地理学报, 1999, 54(5): 385-390. [Wu Chuanjun, Zhang Jiazhen. Review the development of geography in the 20th century and prospect for geography in the 21st century: Congratulation on the 90th anniversary of the founding of the Geographical Society of China. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(5): 385-390. ]
- [6] 陆大道, 蔡运龙. 我国地理学发展的回顾与展望 [J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 467-472. [Lu Dadao, Cai Yunlong. Geography in China: As sciences of changing direction. *Advance in Earth Sciences*, 2001, 16 (4): 467-472. ]
- [7] MacDonald G M. The end(s) of geography [J]. AAG Newsletter, 2016-07-01. doi: 10.14433/2016.0011.
- [8] 樊杰. 中国人文地理学70年创新发展和学术特色 [J]. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(11): 1697-1719. [Fan Jie. The progress and characteristics of Chinese human geography over the past 70 years. *Scientia Sinica Terrae*, 2019, 49(11): 1697-1719. ]
- [9] 钱学森, 等. 论地理科学 [M]. 杭州: 浙江教育出版社, 1994. [Qian Xuesen, et al. On the science of geography. Hangzhou, China: Zhejiang Education Press, 1994. ]
- [10] 陈述彭, 曾彬. 地球系统科学与地球信息科学 [J]. 地理研究, 1996, 15(2): 1-11. [Chen Shupeng, Zeng Bin. Earth system science and geo-informatics. *Geographical Research*, 1996, 15(2): 1-11. ]
- [11] Kang-tsung C. Introduction to geographic information systems [M]. New York, USA: McGraw-Hill Education, 2016.
- [12] 宋长青, 程昌秀, 史培军. 新时代地理复杂性的内涵 [J]. 地理学报, 2018, 73(7): 1204-1213. [Song Changqing, Cheng Changxiu, Shi Peijun. Geography complexity: New connotations of geography in the new era. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(7): 1204-1213. ]
- [13] Group of Earth Observations (GEO). GEO 2017-2019 Work Programme (ID 144) [EB/OL]. Geo Documents, <https://www.earthobservations.org>.
- [14] 廖小罕. 大数据时代的中国地理学 [J]. 全球变化数据学报, 2019, 3(4): 311-316. [Liao Xiaohan. Geography of China in the big data era. *Journal of Global Change Data & Discovery*, 2019, 3(4): 311-316. ]
- [15] Garrett B, Anderson K. Drone methodologies: Taking flight in human and physical geography [J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2018, 43(3): 341-350.
- [16] 廖小罕, 肖青, 张颢. 无人机遥感: 大众化与拓展应用发展趋势 [J]. 遥感学报, 2019, 23(6): 1046-1052. [Liao Xiaohan, Xiao Qing, Zhang Hao. UAV Remote Sensing: Popularization and expand application development trend. *Journal of Remote Sensing*, 2019, 23(6): 1046-1052. ]

## Advance of geographic sciences and new technology applications

LIAO Xiaohan

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Modern technologies develop rapidly in the areas of computers, Internet, aerospace and aeronautics, automation and sensor network, environmental remediation and ecological restoration, and so on, which overlap with a large number of basic and applied basic research disciplines. With the application of new technologies, the geography, which characterizes of integrity, interdisciplinary and regionality, has been strongly promoted. The highlights include: 1) The spatial and temporal coverage of research can expand to the entire globe at near real-time, and the accessibility of data on remote and extreme geographical environments has greatly improved. 2) Multi-methods and multi-channels of data acquisition promote the explosive growth of data. The analysis of rules and patterns has been developed from relying on limited spatiotemporal information to relying on new technologies to acquire high spatiotemporal dynamic data for big data mining. 3) The research scopes expand from static knowledge acquisition and mechanism analysis to dynamic works including ecological restoration and environmental management. 4) The disciplines developed at broadened scopes, and embedded with cross-cutting new technologies that in return brought about new vitality to geography. With the help of new technologies and the injection of big data "fuel", the development of geographic sciences in the new era will play an important role by providing "complex" solutions in the process of global and regional social and economic development.

**Keywords:** geography and new technology; remote sensing; geographic information system; geographic information science