

卫星遥感生态变化监测业务现状及培训需求探讨 ——基于省级气象部门问卷调查的分析

■ 侯美亭 韩佳芮

结合实地调研和问卷调查获取的反馈结果,发现对农业、干旱遥感的培训需求最大,然后依次是水体、大气环境、植被、洪涝,最后是地域特色明显的积雪、荒漠化、海洋生态。这说明了农业遥感是生态遥感服务的重点对象,也是业务水平较为薄弱的领域,对干旱遥感监测需求的增长可能与气候变化导致极端气候事件频发有关。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2023.01.010

随着风云卫星、高分卫星等遥感卫星的不断发射和更新换代,我国的卫星遥感监测能力已经有了大幅提升,但是这些卫星在业务部门的应用状况如何,以及业务人员是否能及时更新技术水平以跟进最新的卫星遥感技术,尤其是现阶段气象部门的卫星遥感类课程培训体系是否能够满足业务人员的需求等一系列问题,值得深入调研。本文以省级卫星遥感生态变化监测业务为主要调研对象,于2020年下半年及2021年年初通过实地走访和网络问卷调查方式多次开展调研活

动,充分了解省级生态遥感业务的相关现状,以明确省级卫星遥感生态变化监测业务的培训需求。

1 基本情况

本项目的调研活动分三次进行,具体详见表1。三次调研围绕“卫星遥感生态变化监测新技术”培训课程设计进行,主要针对省级卫星遥感生态监测业务的现状,对有关技术的掌握程度及相关新技术的培训需求等多方面内容。

表1 三次调研活动基本情况

| 项目 | 第一次调研(实地调研) | 第二次调研(实地调研) | 第三次调研(网络问卷调查) |
|------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| 调研目标 | 了解生态遥感业务现状及培训需求,为后期设计调研问卷及课程设计打下基础 | 了解生态遥感业务现状及培训需求,为后期设计调研问卷及课程设计打下基础 | 广泛了解各省生态遥感业务现状及培训需求,为培训课程设计提供依据 |
| 调研时间 | 2020年8月12日 | 2020年9月25日 | 2021年1月下旬 |
| 调研对象 | 内蒙古生态遥感业务专家 | 四川省气象灾害防御技术中心领导、遥感科全体业务人员 | 省级所有生态遥感业务从业人员 |
| 调研内容 | 生态遥感业务现状及培训需求 | 生态遥感业务现状及培训需求 | 了解各省生态遥感业务现状及对培训的具体需要 |
| 调研方式 | 座谈 | 座谈 | 问卷调查(232份) |
| 调研范围 | 内蒙古自治区生态与农业气象中心 | 四川省气象灾害防御技术中心 | 31个省(市) |

随着对卫星遥感生态监测业务的认识不断加深,三次调研在调研方式、调研侧重点等方面略有差异。尤其是前两次的实地调研,为设计第三次调研使用的、面向所有省级遥感生态监测业务部门的调研问卷提供了充分依据。

前两次实地调研分别在内蒙古自治区生态与农业气象中心、四川省气象灾害防御技术中心进行。第三次调研,通过“气象政务邮”向气象系统所有省级遥感生态监测业务部门的所有业务人员发放了调研问卷(共计232份),共收回59份有效调查问卷。尽管返回

的调查问卷数量仅占发放数量的25%左右,但返回的问卷仍涵盖了24个省级气象部门,且部分省份的问卷返回数量达到9份,因此具有良好的代表性。这三次调研为课程设计提供了重要参考依据。

2 调研结论

2.1 生态遥感业务现状

2.1.1 主要开展业务

汇总每份调研问卷反馈的现阶段业务内容,发现目前业务主要包括植被监测、水体监测、荒漠化

收稿日期: 2021年9月1日; 修回日期: 2022年4月6日
第一作者: 侯美亭(1982—), Email: houmt@outlook.com
资助信息: 中国气象局气象干部培训学院科研项目(内2020-010)

(石漠化)、火情监测、积雪(冰川)、大气环境(雾—霾)、沙尘、干旱、洪涝、农作物识别/估产、城市热岛、无人机遥感应用、海洋(海冰、洋面风、海面温度、海雾)等几个方面。其中,开展最多的业务为植被监测(图1),然后为水体监测、林火监测、积雪(冰川),即占据前4位的为传统遥感监测业务;紧随其后的为大气环境(雾—霾)、沙尘、城市热岛,这两项可以认为是近些年新出现的遥感业务;其他业务具有一定的地域特征,比如沿海省份开展的海洋生态遥感业务、农业大省开展较多的利用遥感进行农作物识别/估产业务、多雪省份开展的积雪(雪深、雪覆盖)反演业务。而新兴的无人机遥感也在少数省份(如宁夏)开始应用,但总体上较少,仍处于起步阶段。

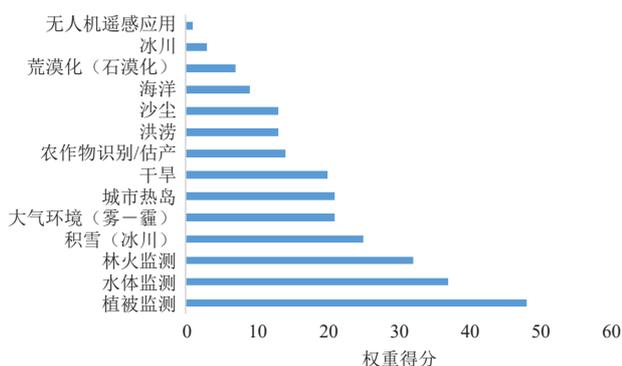


图1 省级生态遥感业务具体涵盖内容汇总。权重得分(下同)基于返回问卷对相应选项的选取,即若一份返回问卷中被调研人员勾选或给出了相应选项,则相应选项得1分

2.1.2 使用的卫星/传感器

目前, FY-3、MODIS是省级气象部门生态遥感业务使用最多(占据前2位)的卫星/传感器(图2),高分卫星紧随其后,这也说明了国产卫星在生态遥感业务中的比重逐渐提高,尤其是高分卫星能够提供较高分辨率的、准确及时的遥感信息数据,为评估和决策提供了有效的支撑。

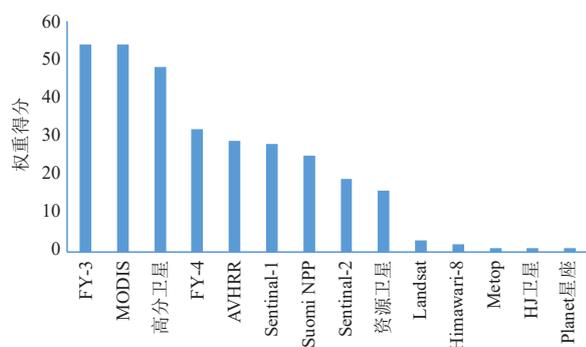


图2 省级生态遥感业务主要使用的卫星/传感器

2.1.3 主要使用的遥感数据处理软件/语言

ArcGIS、ENVI是省级气象部门生态遥感业务使

用最多(占据前2位)的遥感数据处理软件(图3),这两种软件具有图形化操作界面,也是业界公认的、应用极为广泛的地理信息和遥感图像处理主流软件。然而,这两种软件属于商业软件,虽然易于入门,但要达到熟练使用并不容易,尤其是面对遥感数据经常需要的批量操作,需要使用者具备有关的编程技巧。紧随其后的Python、Matlab具有强大的编程功能,尤其是Python作为近几年来发展尤为迅速的开源语言,具有丰富的第三方库,在遥感数据处理分析方面具有极大优势,因此也成为省级生态遥感业务的首选处理语言。

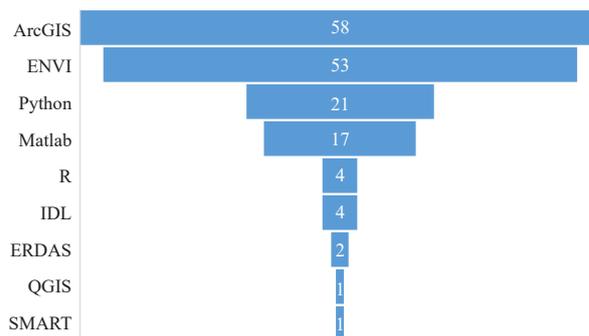


图3 省级生态遥感业务主要使用的数据处理软件/语言(色度条上的数字表示权重得分)

相比,尽管省级气象部门安装了国家卫星气象中心开发的气象服务系统平台“卫星监测分析与遥感应用系统(SMART)”,而且国家卫星气象中心曾举办过SWAP(卫星天气应用平台)和SMART两平台的培训,但图3显示,SMART并不是省级生态遥感业务的主要选择,这可能与SMART本身的定位、功能有限,以及部分业务人员对SMART不甚熟悉有关。

2.2 培训需求情况

2.2.1 实地调研反馈

在进行大范围问卷调研之前,为合理设计调查问卷,选取内蒙古自治区生态与农业气象中心、四川省气象灾害防御技术中心共两个省级生态遥感业务部门进行了实地调研。通过与有关专家及业务人员的座谈,获取了他们对生态遥感培训现状的感受与需求,总体上,参与座谈的业务人员普遍认为目前培训效果与实际业务应用还有不少距离,简要汇总如下。

1) 目前设置的培训课程针对性不强。省局生态遥感业务人员的专业背景存在比较大的差异,有相当一部分人员不具备遥感学科背景,但也有部分人员具有熟练经验,建议可以将培训课程/班型分为初、中、高不同的等级,或者分为基础培训、专题性培训,并明确相应班型需要学员具有怎么样的知识水平,使具有

不同基础的人员有各自的培训课程选择。

2) 部分授课专家的课件倾向于展示自己的研究成果, 而缺乏实际应用操作讲解, 建议授课老师多讲解可操作性的实例及分析步骤, 以便受培训人员能够直接应用。比如, 直接以某一套资料为例, 进行实例讲解, 使得学员完成培训后可以自己进行操作。

2.2.2 问卷调研反馈

根据生态遥感业务现状及生态遥感所服务的对象, 设计问卷时将生态遥感培训内容划分为植被生态、内陆水体/湿地、海洋生态、荒漠化、积雪、大气环境、干旱、洪涝、农业(估产)共九个大类, 然后加和汇总了每份调研问卷反馈的对不同大类内容的培训程度需求。反馈结果显示, 对农业、干旱的培训需求最大, 然后依次是水体、大气环境、植被、洪涝, 最后是地域特色明显的积雪、荒漠化、海洋生态。这

说明了农业遥感是生态遥感服务的重点对象, 也是业务水平较为薄弱的领域, 对干旱遥感监测的需求可能与气候变化导致极端气候事件频发有关, 而且干旱也显著影响着农业生产。

在监测技术上, 卫星遥感生态变化监测主要包括遥感时间序列数据的插值平滑技术和基于遥感数据的变化监测技术两大类。由于卫星遥感数据经常受制于天气条件(比如云覆盖)等因素, 使得遥感数据常常出现缺值, 对缺值进行合理插补、平滑, 是利用遥感数据准确提取生态变化特征的重要基础。问卷调研发现, 多数省份并未用过数据插补技术, 或仅仅使用ArcGIS自带的空间插值模块, 这也使得对遥感数据插补技术的培训需求较为迫切, 包括常规的线性插值方法及更为复杂的插值方法(如Fouier、Whitaker、SSA等)都有广泛的培训需求(图4)。

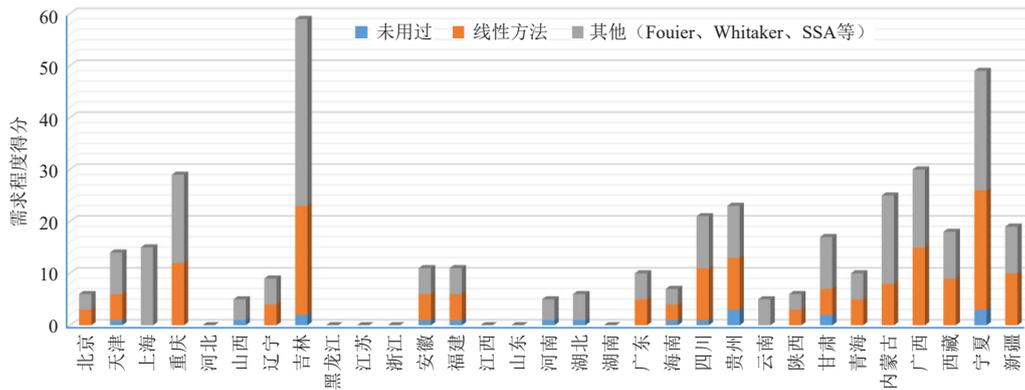


图4 对遥感数据不同插补平滑技术的培训需求。需求程度得分(下同)基于对相应技术的培训需求评分的加和汇总, 根据需求程度的强弱, 设计了5级评分制(1~5分)

目前大部分卫星遥感生态变化监测分析都需要使用完整连续的遥感时间序列数据, 因此插值平滑处理通常是遥感时间序列数据分析的第一步。第二步, 即是利用变化监测技术分析经过插值处理后的完整时间序列, 以提取生态变化特征。图5显示了省级生态遥感业务部门对生态遥感不同变化监测技术的培训需求。与图4类似, 从常规的线性变化监测、Mann-Kendall方法, 到较为复杂的时间序列分解技术都有广泛的培训需求。

除了通过对调研问卷中给出的选项进行打分获取培训需求以外, 本调研还请受访者根据自己的需要补充自己想要获得的培训。这里梳理汇总了除问卷选项以外的受访者自行补充的培训需求, 大致包括两类: 一是遥感数据处理软件/语言方面的培训需求(排在前三位的依次为Python、Matlab、R); 二是与生态遥感业务有关的更为细节、具体的培训课程。其中, 第二类又可分为以下几个方面: 1) 数据处理方面: 卫星

遥感数据读取及不同级别遥感数据处理技术(几何校正、辐射定标、大气校正)、多元数据(如地面观测、航空、卫星遥感数据)融合、大数据云计算和遥感数据云平台(如Google Earth Engine)的使用、微波遥感数据处理、高分数据下载及处理、Sentinel卫星数据及应用、卫星资料同化; 2) 农业/植被遥感方面: 作物倒伏遥感监测、作物病虫害遥感监测、干旱指数遥感反演、土壤水分遥感反演、冻害遥感评估、植被物候期遥感监测; 3) 大气环境方面: 气溶胶光学厚度反演、霾监测, 二氧化碳、臭氧、二氧化氮等遥感监测评估; 4) 机器学习: 机器学习方法在生态遥感监测方面的应用; 5) 无人机遥感应用。此外, 除了针对卫星遥感的培训以外, 有的省份也提出了希望多一些气象观测资料处理最新方法培训, 最好能结合R等统计语言讲解。

3 展望

在第一颗人造卫星发射半个多世纪后, 卫星遥感

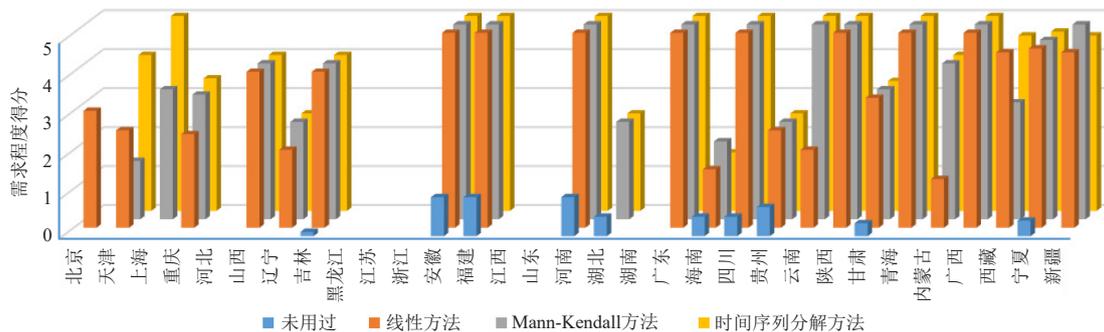


图5 对生态遥感不同变化监测技术的培训需求

已经成为在局地、区域和全球空间尺度上测量地球的最有效工具之一。而卫星遥感价值和效率的提高离不开相关研究的支持，尤其是以下几个领域取得的研究进展显著提升了遥感的业务水平：1) 空间和时间覆盖范围和分辨率的持续提升；2) 卫星遥感和地面互补观测的协同作用；3) 先进数据处理方法的开发；4) 通过确保积累气候记录所需的过去、现在和未来数据集的充分兼容性和一致性，实现一致的卫星观测和长期数据集的连续性。

在生态遥感方面，如何更好利用最新先进遥感平台获取的数据，以及与机器学习有关的先进算法是此类研究的重要方向，尤其是近些年来出现的高分辨率遥感数据（如ESA的Sentinel系列，以PLANET卫星为代表的立方卫星系列）正在应用于科研和业务中。例如，为促进Sentinel卫星等Copernicus数据的应用，并且支持扩展教育和研发活动，由欧盟委员会资助、欧空局管理的Copernicus研究和用户支持（RUS）项目持续了5年时间（2017—2021年），期间开展了针对植被、滑坡、台风、积雪、火灾、海冰、干旱等各种类型的卫星监测培训课程。尽管项目已经结束，但大量培训材料仍通过YouTube网站（<https://www.youtube.com/@ruscopernicustraining5404/videos>）在全球范围内提供。

近年来，我国高分卫星的部署使得生态遥感监测的时空分辨率大幅提升。不断更新的遥感平台以及不断发展的先进算法使得业务单位的遥感从业人员需要持续更新知识储备，以便能够及时掌握先进的分析工具、熟练处理新的遥感数据。目前海量的遥感数据需要一些主流计算机语言来进行处理，Python已经成为

处理遥感数据最为方便的语言之一。比如，美国国家大气研究中心（NCAR）于2019年已决定采用Python来替代NCL作为未来开发分析和可视化工具的首选脚本语言平台。广为流行的地学数据处理平台Google Earth Engine也是基于JavaScript和Python两种接口，而且相比JavaScript，具有丰富第三方库的Python在科学计算方面更具优势。

总体上，结合实地调研和问卷调查获取的反馈结果，发现新的卫星遥感平台和先进方法是目前业务单位最为迫切需要更新有关知识的两大方面。但以往的培训与他们的要求尚有距离，而要达到培训需求，需要更多的课程和班型策划。

深入阅读

- Belgiu M, Drăguț L, 2016. Random forest in remote sensing: a review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114: 24-31.
- Brown T B, Hultine K R, Steltzer H, et al, 2016. Using phenocams to monitor our changing earth: toward a global phenocam network. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(2): 84-93.
- Estes L, Elsen P R, Treuer T, et al, 2018. The spatial and temporal domains of modern ecology. *Nature Ecology and Evolution*, 2(5): 819-826.
- Sethi S S, Ewers R M, Jones N S, et al, 2018. Robust, real-time and autonomous monitoring of ecosystems with an open, low-cost, networked device. *Methods in Ecology and Evolution*, 9: 2383-2387.
- Sparrow B D, Edwards W, Munroe S E M, et al, 2020. Effective ecosystem monitoring requires a multi-scaled approach. *Biological Reviews*, 95: 1706-1719.
- 李伟光, 侯美亭, 2022. 植被遥感时间序列数据重建方法简述及示例分析. *自然资源遥感*, 34(1): 1-9.
- 徐涵秋, 2013. 区域生态环境变化的遥感评价指数. *中国环境科学*, 33(5): 889-897.

（作者单位：中国气象局气象干部培训学院）