

智慧遥感制图(iMap)

宫鹏

清华大学 地球系统科学系, 北京 100084

摘要: 本文基于地图制图发展趋势, 提出智慧遥感制图的概念(iMap)。旨在梳理遥感制图未来的努力方向。iMap应从制图目的灵活性、制图知识可迁移性、数据多源性、多算法集成性和制图系统易用性等方面深入利用大数据和人工智能技术, 创新遥感制图理论和技术。

关键词: 人工智能与制图, 知识迁移, 可重组分类系统, 大数据

引用格式: 宫鹏. 2021. 智慧遥感制图(iMap). 遥感学报, 25(2): 527-529

Gong P. 2021. Intelligent mapping with remote sensing, iMap. National Remote Sensing Bulletin, 25(2): 527-529
[DOI:10.11834/jrs.20211010]

人类地图制作过程, 可划分为4个阶段。从示意性画图(制图1.0), 到基于现代测绘技术的传统测量制图和自动制图(制图2.0), 再到基于遥感图像和数据的遥感制图(制图3.0), 最后已经发展到大规模应用人工智能技术的智慧遥感制图阶段(制图4.0)。如果说示意地图制图代表着农业社会的文明, 测绘制图是工业社会的文明产物, 而遥感制图是智能社会的产物。遥感制图经历了手工图像解译、到传统的基于贝叶斯统计理论的自动遥感制图, 发展到了今天智慧遥感制图时代(图1)。

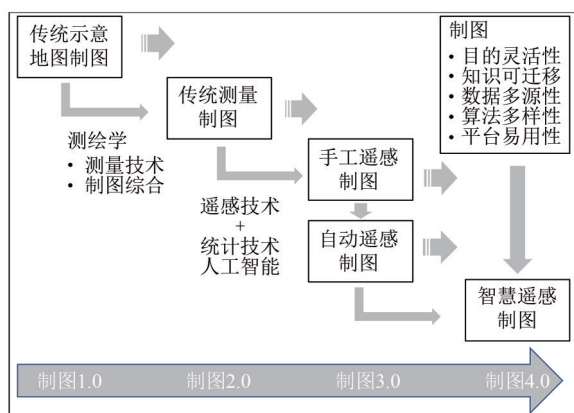


图1 人类地图制图进入制图4.0-智慧遥感制图时代

Fig. 1 The new era of remote sensing mapping-intelligent mapping (iMap)

可以说, 每一个地图制图阶段都少不了人类

智慧。所以, 地图制图自始至终是一个智慧制图过程。不过, 以前主要依赖来自人脑的天然智慧, 而从遥感制图开始, 人们开始在从事依靠眼—手—脑的人工劳动制图的同时, 探索人造的机器智能来完成制图任务。从制图3.0人们就开始研究基于人工智能的遥感制图。只不过, 制图3.0的时代, 人们使用的遥感数据源比较单一、数据量比较小、所使用的计算机算力也有限。很多早期的遥感先驱, 为后面将介绍的制图4.0-iMap时代的到来打下了基础。今天我们在算法方面使用的多数概念都在20世纪80年代之前就完成了。例如, 20世纪一些代表性的工作包括纹理特征的构建(Haralick等, 1973), 统计模式识别和上下文分类算法(Fu, 1983), 基于后向误差传递优化算法的多层神经网络算法(Rumelhart等, 1986), 以及基于知识的航空像片机器解译(Nagao等, 1979; McKeown, 1984)。这些研究对后世遥感制图研究影响深远, 例如对早期开展自动遥感制图研究的启发很大(Gong和Howarth, 1989, 1992)。

21世纪以来, 以深度学习算法为代表的新一轮人工智能技术大大推动了社会的产业变革, 也深刻影响了遥感制图的发展。特别是近年来在较高分辨率、全球地表覆盖制图任务驱动下, 遥感制图进入了新阶段。首先, 用户需求发生了重大转变, 对地表覆盖制图的类型要求更加灵活, 精

收稿日期: 2021-01-08; 预印本: 2021-01-12

第一作者简介: 宫鹏, 1965年生, 男, 教授, 研究方向为全球环境变化检测监测、环境与健康。E-mail: penggong@tsinghua.edu.cn

度更高。传统使用固定的全类型通用分类体系制图的方法已经不能满足众多的用户需求,这就要求能够支持更加灵活的类型提取。其次,制图所需的数据量巨大,即使是30 m分辨率,长时序全球遥感制图也已经达到PB级。而要把30 m制图再提高一个量级,数据量将达到数十到100 PB量级以上,给高效存储带来挑战。这正是智能化社会的一大特点—大数据时代的特点,已经不再依靠相对单一的遥感数据源来完成遥感制图,而是广泛运用地形、气候、实地照片加各类卫星的遥感图像,结合来自谷歌、微博、腾讯、百度等的社会化大数据,开展遥感制图(Agarwal等, 2011; Gong等, 2020)。然后,随着算法的复杂性和多样性,人们越来越多地使用集合算法(Li等, 2014)。最后,越来越多的用户不满足于使用他人制作的地图,更希望主动参与到制图过程中。这就需要显著降低制图的技术门槛,建立对制图知识不甚了解的人友好的、易用的遥感制图平台。

基于上述需求分析,我们提出新一代遥感制图4.0—智慧遥感制图(iMap)。这里的“i”可以有多重含义,例如,“I”—用户即是制图者;“in—time”—即时制图,体现实时性和高效性;“IOT”—目标(Target)兴趣或主题(Theme)兴趣;最后是“intelligent”—智能和智慧。智能是一个大家比较习惯的词,特别是随着人们对人工智能一词的使用,可被理解为机器向人脑智力靠近的知识体系。我们选择用智慧一词来表达最新阶段的遥感制图,不是标新立异,而是期望以此表达我们对机器学习对标遥感制图的另一个分支天然脑力图像解译这一智慧劳动过程所能达到的更高的境界,超越人的智慧。显然,这是一个目前还没有实现的目标,是遥感制图人可以发力的方向。

如图1所示,展望智慧遥感制图—iMap,需要在制图目的方面,打破以往单一的制图分类系统局限,使获得的地图类型具有更好的可分解性和可重组性。例如,如果能够识别城市中电厂,就能确定其工业用地的土地利用类型。在样本使用方面,需要样本能够跨越时空尺度、对于不同传感器都能使用,这就需要制图知识能够较好地实现时空迁移。跨时空和跨时空尺度有差别。一年夏天获得的样本可以用于另一年夏天获得的图像分类,这是跨时间问题(Huang等, 2020)。但是,夏季获得的样本用于冬季获得的图像就是跨时间

尺度的问题。从一个地方获得的30 m分辨率图像样本用到另一个地方,是跨空间。但是把30 m图像获得的样本用到300 m或3 m分辨率的图像就是跨空间尺度。显然实现跨尺度,需要更多的样本数量。目前,我们只做到了依据光谱特征不变性的跨时空或跨时空尺度应用。这要求样本是基于纯像元提取出来的。如果制图特征是纹理或空间结构,就需要有纹理或空间结构不变的样本集。这又增加了样本的采集难度。事实上,目前支持灵活的跨时空尺度的样本库尚不存在。检验跨时空尺度的样本质量可以从如何选择最容易获得且数量最少的样本来识别一座城市入手。能够使用少量特征和样本就能从不同分辨率的图像中识别一座城市是一个城市“指纹”识别的问题。目前还鲜有研究成果报导。解决好尺度问题是iMap的重要任务(Woodcock和Strahler, 1987)。

iMap的第2个特征是再次使用在不同文献和网络空间中的制图知识和数据的能力。例如,在“一天内建成罗马”研究中使用的海量众源旅游照片(Agarwal等, 2011),被快速从网上收集起来,用于重构罗马的影像。重构的影像可以用于城市遥感制图。此外,在全球制图中,现有的文献中的知识可以用于丰富样本,制图验证等(Yu等, 2014)。iMap的第3个特征就是能够将任何有助于分类制图的数据都用于制图过程中(Gong等, 2020)。当然,目前还受到数据的可获得性所限。iMap的第4个特征是灵活使用最合适的算法或集合多种算法以改善制图精度的可能性(Li等, 2016)。iMap第5个特征就是能够使用户很容易地自己完成所需要的遥感制图任务。这个还有更长的路要走。

上述思考得益于在龚健雅教授推动下,2019年梁顺林教授组织何涛、阎广建、贾立和本文作者联合申报国家自然科学基金委员会重大项目过程中形成的智慧遥感提法。针对未来遥感制图,本文抛砖引玉提出一个新概念—智慧遥感制图,iMap,作为一个新的努力方向。希望有助于更多同行进一步思考和实践。作为iMap理念的首个实践,我们以“21世纪逐日无缝数据立方体构建方法及逐年逐季节土地覆盖和土地利用动态制图—中国智慧遥感制图iMap(China) 1.0”为题,专门撰文详细介绍(刘涵和宫鹏, 2021)。

参考文献(References)

- Agarwal S, Furukawa Y, Snavely N, Simon I, Curless B, Seitz SM, Szeliski R. (2011) Building Rome in a Day. Communications of the ACM, Vol. 54, No. 10, Pages 105-112.
- Fu KS, (1983) A step towards unification of syntactic and statistical pattern-recognition. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 5(2):200-205.
- Gong P, Chen B, Li XC, et al. (2020) Mapping essential urban land use categories in China (EULUC-China): preliminary results for 2018. Science Bulletin, 65(3):182-187.
- Gong P, Howarth PJ, (1989) Performance analyses of probabilistic relaxation methods for land-cover classification. Remote Sensing of Environment. 30(1):33-42.
- Gong P, Howarth PJ, (1992) Frequency-based contextual classification and gray-level vector reduction for land-use identification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 58(4):423-437.
- Haralick RM, Shanmugam K, Dinstein I, (1973) Textural features for image classification. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics. 3(6):610-621.
- Huang H, Wang J, Liu C, et al. (2020). The migration of training samples towards dynamic global land cover mapping. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 161, 27-36.
- Li CC, Wang J, Wang L, et al. (2014). Comparison of Classification Algorithms and Training Sample Sizes in Urban Land Classification with Landsat Thematic Mapper Imagery. Remote Sensing. 6, 964-983
- Li WJ, Fu HH, Yu L, et al. (2016). Stacked Autoencoder-based deep learning for remote-sensing image classification: a case study of African land-cover mapping. International Journal of Remote Sensing. 37(23):5632-5646
- McKeown DM, (1984). Knowledge-based aerial photo interpretation. Photogrammetria 39(3): 91-123.
- Nagao M, Matsuyama T, Ikeda Y. (1979). Region extraction and shape analysis in aerial photographs. Computer Graphics and Image Processing. 10(3):195-223.
- Rumelhart DE, Hinton GE and Williams RJ, (1986). Learning internal representations by error propagation. In Parrall Distributed Processing - Explorations in the Microstructure of Cognition. Edited by D.E. Rumelhart and J.L. McClelland, MIT Press, Cambridge, M.A., Vol. 1, pp.318-362.
- Woodcock CE, Strahler AH, (1987). The factor of scale in remote sensing. Remote Sensing of Environment. 21, 311-332.
- Le Yu, Lu Liang, Jie Wang, Yuanyuan Zhao, et al. (2014). Meta-discoveries from a synthesis of satellite-based land-cover mapping research, International Journal of Remote Sensing, 35(13), 4573-4588.
- Gong P, Zhang W, Yu L, Li C C, Wang J, Liang L, Li X C, Ji L Y, Bai Y Q. 2016. New research paradigm for global land cover mapping. Journal of Remote Sensing, 20(5): 1002-1016 (宫鹏, 张伟, 俞乐, 等. (2016). 全球地表覆盖制图研究新范式. 遥感学报, 20(5), 1002-1016) DOI: 10.11834/jrs.20166138)
- Liu H, Gong P. 2021. 21st century daily seamless data tube reconstruction and seasonal to annual land cover and land use dynamics. National Remote Sensing Bulletin. 25(1): 126-147 (刘涵, 宫鹏, (2021). 21 世纪逐日无缝数据立方体构建方法及逐年逐季节土地覆盖和土地利用动态制图—中国智慧遥感制图 iMap (China) 1.0. 遥感学报. 25(1), 126-147) [DOI: 10.11834/jrs.20210580]

Intelligent mapping with remote sensing, iMap

GONG Peng

Department of Earth System Science, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: Mapping as a human cognition behavior has experienced four stages: illustrative mapping, surveying and mapping, mapping with remote sensing, and now entering into intelligent mapping age - iMap. In this note, I argue that the next generation iMap needs at least five elements. These include flexible and cross-walkable purpose of mapping cutting across spatio-temporal scales, powerful knowledge transfer that harness digital library and knowledge extracted from the cyberspace, a diverse sources of data including social big data, an ensembled use of multiple algorithms for pattern recognition (i.e., Earth surface type labelling and target recognition), and a mapping platform that is easy to use by laypersons.

Key words: AI and mapping, knowledge transfer, cross-walkable classification system, big data