

Application of Remote Sensing Technology in Ecological Research

Chenxi Hao

The Institute for Advanced Studies, Wuhan University, Wuhan Hubei
Email: 739375678@qq.com

Received: Apr. 26th, 2019; accepted: May 13th, 2019; published: May 20th, 2019

Abstract

Ecological research requires powerful data source support, and these data cannot be collected entirely through ground-based surveys. The rise of remote sensing technology makes up for the defects of ground investigation such as space-time limitation and subjective deviation. This paper reviews the application of remote sensing technology in three aspects, the classification of land cover, integrated ecosystem measurement and environmental change monitoring, and analyzes its limitations and future development trends.

Keywords

Remote Sensing Technology, Ecology, Review

遥感技术在生态学研究中的应用

郝晨希

武汉大学高等研究院, 湖北 武汉
Email: 739375678@qq.com

收稿日期: 2019年4月26日; 录用日期: 2019年5月13日; 发布日期: 2019年5月20日

摘要

生态学研究需要大量的数据支持, 而这些数据无法完全通过地面调查方式收集。遥感技术的兴起, 弥补了地面调查易受时空局限和主观偏差影响的缺陷。本文综述了遥感技术在土地覆被分类、综合生态系统度量、环境变化监测三个方面的应用, 分析了其局限性以及未来的发展趋势。

关键词

遥感技术, 生态学, 综述

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

人类活动已经影响到大多数的陆地生物圈, 随之而来的生境丧失和退化损害生态系统功能, 加速物种灭绝, 因此监测和预测自然环境变化越来越迫在眉睫。然而, 传统的实地生态数据并不容易转化为区域或全球范围, 纯粹从这些地方数据中得出的模型不可能预测人类活动的全球后果。因此, 生态学家和保护生物学家正在转向迅速发展的遥感学科, 以提供必要的技术和数据来源, 为应对环境变化作出科学反应[1]。虽然生态保护对遥感技术的需求最为迫切, 但卫星的对地观测也被用于基本的生态研究。遥感产生了一系列具有生态价值的测量数据, 其中包括生境(土地覆被分类)及其生物物理特性(综合生态系统度量), 以及景观内部和景观之间的变化(变化监测)。

2. 遥感技术在生态学中的应用

2.1. 土地覆被分类

卫星遥感可用于估计整个研究区域土地覆被的种类、类型和范围, 满足许多生态应用的基本需要。土地覆被数据描述了地表环境的特征, 从裸露的岩石到热带森林, 通常是通过将统计聚类方法应用于多光谱遥感数据得出的[2]。遥感还可以协助开发反映人类与自然环境相互作用的土地使用数据, 现有的遥感和实地资源、土地覆被分类可以确定非常具体的生境, 并进一步用于栖息地建模和物种分布预测。

2.1.1. 栖息地建模

美国国家植被分类系统(NVCS)是由包括美国自然保护协会和生态学会在内的几个主要科学和保护组织合作开发的标准土地覆被分类系统, 已经被广泛用于野生动物栖息地建模。不同的土地覆被分类方法在识别细节方面的潜力各不相同[3], 因此, 它们在满足特定需求方面的效用也各不相同。无论采取何种办法, 都需要验证分类结果, 以估计并在必要时提高土地覆被分类的准确性。地面数据最常用于这一目的, 包括对每个研究区域土地覆被的实地调查, 然后用于测试分类的准确性。

2.1.2. 物种分布预测

随着土地覆被数据集的可用性和准确性的提高, 各种预测模型已变得流行。差距分析方案(GAP)是最大的物种分布建模工作, 旨在绘制目标物种生境偏好的详细地图。GAP的主要产品是现成的, 还可以整合气候、生物物理和土地覆被数据, 利用遗传算法预测个别物种在其整个范围内的分布情况模型[4]。能否利用土地覆被数据成功地预测物种分布取决于物种的特点。对于没有占据适当生境的物种, 例如具有亚群结构的物种, 土地覆被图只能预测潜在物种分布, 而不是实际物种分布。例如, 黄石国家公园中特定的蝴蝶、植物或鸟类物种的存在是可以预测的, 因为它们有特定的栖息地要求[5]。但即使是非常详细和准确的土地覆被数据, 也无法预测不特定生境所特有的稀有物种的实际分布。用于野生生物生境建模的土地覆被分类数据必须具有足够的空间分辨率, 以可靠地确定目标物种可能占据的生境, 并且必须进

行地面调查，以保证预测的真实性。

2.2. 综合生态系统度量

基于实地的生态系统功能度量不容易转化为对整个生态系统功能的估计，而遥感可以同时估计整个生态系统的功能。植被遥感能够在各个空间尺度上对生态系统功能进行测量，这些尺度与人类造成环境变化的程度最为相似[6]。净初级生产力(NPP)是度量生态系统功能的一个指标，其中使用了归一化植被指数(NDVI)。NDVI还与吸收的光合活性辐射(APAR)密切相关，这有助于将其作为地上NPP的估计量共同使用[7]。NDVI测量，特别是与土地使用数据相结合的情况下，对于区分生态系统功能的自然变化和人类活动引起的变化越来越重要。NDVI在高度农业化区域和城市区域也相当易变，并与植被覆盖程度高度相关[8]。它可用于探测土地覆被变化，并作为景观异质性和生物多样性的指标，从而确定优先保护区和预测该生境的适宜物种。

2.3. 环境变化监测

生态研究越来越需要大量研究区域的长期生物物理和生境数据，遥感技术可以满足这项需要。从1979年美国NOAA系列卫星发射以来，其上搭载的AVHRR传感器就持续提供近全球范围的遥感数据集，以及生境范围、异质性或初级生产力等主要的生态参数[9]。Landsat系列卫星传感器收集数据的时间更长，空间分辨率更高，能够探测到低分辨率传感器可能错过的微妙的环境变化，但因其重访时间相对较长，无法提供实时的生态系统监测。总之，应用遥感技术提供的数据可以对气候变化、动物生境变化进行监测。

2.3.1. 气候变化

遥感数据表明气候一直在迅速变化，与其同时，森林植被结构、初级生产力和生长季节长度以及海水温度也发生了重大变化。根据此相关性，可为气候变化提供佐证。美国北部森林的NDVI数据显示，在过去20年里，树林的生长季节长度、年初级生产力持续增加，树线不断北移，且整个生长季节的所有NDVI测量值之和与基于实地调查的净初级生产力、生物量积累和温度测量高度相关[10]。在海洋方面，Landsat 7的ETM传感器提供的海水温度数据表明，大面积珊瑚漂白事件的发生正是由于海水温度升高[11]。此外，研究显示2000年至2017年，全球绿化面积增加5%，相当于多出一个亚马孙热带雨林的面积，对此作出主要贡献的是中国和印度，这一统计结果正是利用了MODIS传感器获得的长时间序列卫星数据[12]。

2.3.2. 生境变化

遥感卫星可对植被进行大面积观测，进一步研究物种生境丧失，检测物种分布或模型灭绝率的变化[13]。热带雨林生物多样性丰富度高，对其的大量砍伐是造成全球物种丧失的主要原因。事实证明，由于许多国家的监测基础设施薄弱以及现有监测制度之间的不一致，很难准确估计热带雨林被砍伐的程度。整合高分卫星数据估计的被伐后剩余热带雨林比率，比国际粮农组织的估计低23% [14]。

此外，森林火灾是植被变化的另一个主要来源，在以前因森林砍伐而受损的地区，火灾发生的可能性更高[15]。在印度尼西亚东加里曼丹，综合使用了AVHRR传感器、Landsat TM成像仪和雷达数据，来预测人工砍伐对森林燃烧可能性的影响。研究表明，以前没有被砍伐的森林被列入1998~1999年大规模火灾事件的可能性要低得多，受到的火灾破坏也较小，仅有5.7%受到火灾的影响，而最近遭受伐木干扰的森林中，这一比例为59%。这些森林火灾烧毁了部分潜在的泥炭底物，释放出大量的二氧化碳，占全球每年二氧化碳排放总量的13%至40% [16]。此外，基于AVHRR和MODIS等中分辨率成像光谱

仪的遥感数据，也被用于绘制全球范围内的森林火灾区域地图。

3. 局限性

由于地面反射到达卫星之前会与地球表面和大气层相互作用，因此遥感信号易受臭氧、水蒸汽、气溶胶和其他大气成分干扰，严重降低数据的准确性，且影响难以消除[17]。虽然长波遥感、主动遥感系统如合成孔径雷达受天气变化影响要小得多，但应用范围没有光学遥感数据广泛。因此细致而准确的数据校正处理非常重要。

4. 结论

遥感对于生态和保护生物应用不可或缺，今后将发挥日益重要的作用。它提供了衡量广大地区生境特点和检测人类或自然过程造成的环境变化的重要手段。已建立的遥感系统为制定和应用跨越景观、区域和大陆的生态系统功能的新测量提供了机会；预测自然和人为生态系统功能变化对物种的区域和全球分布和丰度的影响的新努力应成为高度研究的优先事项；而用于确定土地覆盖、测量生态系统生物物理特性和探测环境变化的各种遥感技术需要与现有和新的生态数据结合起来。未来应致力于深入研究人类活动导致的生态系统功能变化对物种丰度和分布的影响，制定跨景观、区域和大陆尺度的生态系统功能的统一衡量标准，并更多地采用多数据协同、多源图像并用的工作方式，促进生态学研究的不断发展。

参考文献

- [1] Butt, B., Turner, M.D., Singh, A. and Brottem, L. (2011) Use of MODIS NDVI to Evaluate Changing Latitudinal Gradients of Range Land Phenology in Sudano-Sahelian West Africa. *Remote Sensing of Environment*, **115**, 3367-3376. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.08.001>
- [2] Saura, S. (2004) Effects of Remote Sensor Spatial Resolution and Data Aggregation on Selected Fragmentation Indices. *Landscape Ecology*, **19**, 197-209. <https://doi.org/10.1023/B:LAND.0000021724.60785.65>
- [3] Tucker, C.J., Vanpraet, C.L., Sharman, M.J. and Van Ittersum, G. (1985) Satellite Remote Sensing of Total Herbaceous Biomass Production in the Senegalese Sahel: 1980-1984. *Remote Sensing of Environment*, **17**, 233-249. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(85\)90097-5](https://doi.org/10.1016/0034-4257(85)90097-5)
- [4] Carlson, K.M., Asner, G.P., Hughes, R.F., Ostertag, R. and Martin, R.E. (2007) Hyperspectral Remote Sensing of Canopy Biodiversity in Hawaiian Lowland Rainforests. *Ecosystems*, **10**, 536-549. <https://doi.org/10.1007/s10021-007-9041-z>
- [5] Gillespie, T.W. (2005) Predicting Woody-Plant Species Richness in Tropical Dry Forests: A Case Study from South Florida, USA. *Ecological Applications*, **15**, 27-37. <https://doi.org/10.1890/03-5304>
- [6] Rocchini, D., Chiarucci, A. and Loiselle, S.A. (2004) Testing the Spectral Variation Hypothesis by Using Satellite Multispectral Images. *Acta Oecologica*, **26**, 117-120. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2004.03.008>
- [7] Saatchi, S., Buermann, W., ter Steege, H., Mori, S. and Smith, T.B. (2008) Modeling Distribution of Amazonian Tree Species and Diversity Using Remote Sensing Measurements. *Remote Sensing of Environment*, **112**, 2000-2017. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.01.008>
- [8] Oindo, B.O. and Skidmore, A.K. (2002) Interannual Variability of NDVI and Species Richness in Kenya. *International Journal of Remote Sensing*, **23**, 285-298. <https://doi.org/10.1080/01431160010014819>
- [9] Running, S.W. and Gower, E.R. (1991) FOREST-BGC, a General Model of Forest Ecosystem Processes for Regional Applications II. Dynamic Carbon Allocation and Nitrogen Budgets. *Tree Physiology*, **9**, 147-160. <https://doi.org/10.1093/treephys/9.1-2.147>
- [10] Lucht, W., et al. (2002) Climatic Control of the High-Latitude Vegetation Greening Trend and Pinatubo Effect. *Science*, **296**, 1687-1689. <https://doi.org/10.1126/science.1071828>
- [11] Dustan, P., Dobson, E. and Nelson, G. (2001) Landsat Thematic Mapper: Detection of Shifts in Community Composition of Coral Reefs. *Conservation Biology*, **15**, 892-902. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.015004892.x>
- [12] Chen, C., Park, T.-J., Wang, X., et al. (2019) China and India Lead in Greening of the World through Land-Use Management. *Nature Sustainability*, **2**, 122-129. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0220-7>
- [13] Parmesan, C. and Yohe, G. (2003) A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts across Natural Sys-

- tems. *Nature*, **421**, 37-42. <https://doi.org/10.1038/nature01286>
- [14] Wentz, F.J. and Schabel, M. (2000) Precise Climate Monitoring Using Complementary Satellite Data Sets. *Nature*, **403**, 414-416. <https://doi.org/10.1038/35000184>
- [15] Jaiswal, R.K., Mukherjee, S., Raju, K.D. and Saxena, R. (2002) Forest Fire Risk Zone Mapping from Satellite Imagery and GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **4**, 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0303-2434\(02\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S0303-2434(02)00006-5)
- [16] Myneni, R.B., *et al.* (2001) A Large Carbon Sink in the Woody Biomass of Northern Forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 14784-14789. <https://doi.org/10.1073/pnas.261555198>
- [17] Ferraz, S.F.D., Capao, L. and Vettorazzi, C.A. (2006) Temporal Scale and Spatial Resolution Effects on Amazon Forest Fragmentation Assessment in Rondônia. *International Journal of Remote Sensing*, **27**, 459-472. <https://doi.org/10.1080/01431160500259907>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org