

利用GIS与RS技术对植被 - 气候相关性研究 综述

郑亚纹

浙江师范大学生命科学学院, 浙江 金华

收稿日期: 2024年1月11日; 录用日期: 2024年3月5日; 发布日期: 2024年3月13日

摘要

植被是陆地生态系统中最主要的组成成分, 它与气候有着紧密的联系。植被 - 气候之间的相互影响是当前全球变化研究的热点, 也是当前国际上的热点问题。本文对全球气候变化、植被变化、遥感与地理信息系统在生态研究中的运用等方面的研究进展进行了总结, 并对植被与气候关系在未来的发展进行了展望。

关键词

植被 - 气候关系, RS, GIS, 全球气候变化

A Review of the Research on Vegetation-Climate Correlation Using GIS and RS Technology

Yawen Zheng

College of Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua Zhejiang

Received: Jan. 11th, 2024; accepted: Mar. 5th, 2024; published: Mar. 13th, 2024

Abstract

Vegetation is the most important component of terrestrial ecosystems, and it is closely related to climate. The interaction between vegetation and climate is a hot topic in the current global change research, and it is also a hot issue in the world. In this paper, we summarize the research progress of global climate change, vegetation change, remote sensing and the application of geographic in-

formation system in ecological research, and look forward to the future development of the relationship between vegetation and climate.

Keywords

Vegetation-Climate Relationship, RS, GIS, Global Climate Change

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 气候变化与植被相关性的研究

1.1. 研究气候变化的意义及方法

近年来, 由于人类活动的干扰, 尤其是工业发展, 大气中 CO_2 含量不断上升, 导致全球变暖。全球气候变化关系到人类生存与发展, 是当今世界各国关注的热点问题。探讨全球气候变化对生态环境的影响及其响应, 寻求有效的对策, 以最大程度地降低气候变化的负面效应, 最终达到人与自然的和谐发展, 这是全球气候变化研究的主要目标。植被是陆地生态系统中重要的组成部分, 在全球变化研究中具有重要的作用。通过植被的变化可以推测气候变化, 而且植被的变化也能影响气候的变化, 具有调节作用, 是生态环境变化的敏感指示器[1]。植被 - 气候相互作用的研究是生态学领域的热点话题之一。

研究全球变化的方法多样, 其中代表性的方法主要通过以下几个方面进行研究: 1) 根据古生物、古地质地貌特征和古气候来探讨时间尺度的全球变化; 2) 通过生态系统各组成要素在水平尺度或垂直尺度的变化规律, 来揭示空间尺度上的全球变化[2]; 3) 从机制方面, 利用生态学实验的方法, 分析气候变化对陆地生态系统的作用; 4) 利用模型方法, 对全球变化的趋势进行分析。5) 随着遥感技术的进步, 利用长时间尺度的遥感信息对全球变化进行研究也是近年来的热点。

当前, 有关全球气候变化对植被的影响的研究, 主要集中于大气 CO_2 浓度升高、气候变暖等对植被的影响[3], 可分为宏观方面和微观方面。

1.2. 气候变化对植被影响的研究进展

在微观层面上, 则是基于对植被生理生态学的研究。受环境限制, 研究的对象多为草本类, 而木本植物则局限于幼苗类。研究发现, 由于气候变暖, 大气中 CO_2 浓度升高, 这很大程度上会影响植被的生理活动。如, 水分利用效率将会有所提高, 根系和花提前发育, 产量和生物量增加[4]。

在宏观层面上, 主要从个体、种群、群落、生态系统和生物圈等不同生物层次对大气 CO_2 浓度上升和全球增温的反应进行研究。总体而言, 个体和种群层次研究想多较多, 但群落、生态系统和生物圈等这种较高层次方面的研究则比较困难。此外, 气候变化对环境的影响往往要经过一段时间才会显现, 即存在滞后现象, 且滞后的时间也会有所不同, 这对宏观上的研究造成了较大的难度。目前, 在宏观方面的研究有较多的成果, 但较多的研究集中于气候变化对植物分布和植被生产力的研究, 主要是基于单一的全球气候环流模型[5]。例如, Hulme 等将中国典型植被类型的分布情况与气象要素的实际分布情况结合起来, 预估 2050 年中国植被类型和分布格局可能会发生变化; Miller 等人研究了气候变化对植物存活率、分布特征和生产力的影响。Leverenz 和 Lev 等人在物种的层次, 研究了美国 6 个主要树种在未来气候变化背景下的空间分布格局; 张新时和周广胜对我国植被与气候的相互关系进行了大量的研究, 将

Penman 模型、Holdridge 生命地带分类系统和 Kira 模型引入中国, 结合我国实际对我国植被与气候的关系进行了研究, 并建立和改进了各种植被 - 气候关系研究的模型[6]。Holdridge 生命地带分类系统在我国的应用如预测了 CO₂ 浓度增加情况下, 我国亚热带常绿阔叶林区及常见种和优势种的变化, 当 CO₂ 浓度增加, 气温升高, 物种分布范围广的分布区将越来越大, 而分布范围小的将变得更加小[7]。唐海萍通过野外调查和室内实验, 对我国东北森林草原带上生物群区的分布位置进行了探讨, 并推测了未来在全球变化条件下, 生物群区将发生什么样的变化[8]。

近年来, 在气候变化背景下, 利用 GIS 和 RS 技术对植被与气候相关性的研究有: 2008 年管玉娟等人利用遥感影像对上海崇明保护区的湿地植被进行了分类, 发现遥感技术对提高海岸带资源监测具有重要的作用; 2010 年邱剑飞利用 GIS 技术对武夷山区的植被类型进行了研究, 总结了地形和气候因素对植被类型空间分布的影响; 2014 年张衷平等人研究了遥感技术对湿地植被演替的重要性; 2018 年王雪芹论述了 3S 技术在在大尺度空间上对植被指数的提取及植被类型的分析具有重要的作用。

总的来说, 利用地理信息技术在植被方面的研究有以下几个方面: 首先, 利用 GIS 技术分析植被的空间格局与气候、土壤等环境因子的关系, 有利于了解植被生长的限制因素, 为植被恢复和管理提供理论支撑; 其次, GIS 在植被灾害监测和预警方面也发挥重要的作用, 通过实时监测植被覆盖度、叶面积指数等指标, 能够评估植被灾害的风险; 最后, GIS 和 RS 在模拟和预测植被变化中也发挥重要的作用, 在气候变化背景下, 利用 GIS 预测植被适应性分布的变化, 可以为生态环境保护与可持续发展提供重要决策。

2. RS 和 GIS 在生态学研究中的具体应用

当前, 生态学的研究主要是从宏观与微观两个方面展开的。宏观生态研究从区域、国家到世界的尺度进行。依靠人力, 难以实现大面积调查和采集高精度的数据, 而有效的途径是通过定期的航空、航天遥感影像对其进行定期的追踪与监控, 也就是采用遥感技术能很好的克服以上困难。遥感技术(RS)是通过测量电磁波辐射能量的细度实现对地物的探测[9]。根据植被吸收光谱特性的不同, 研究者们利用植被指数来分析植被的特征, 这促进了植被遥感技术的发展。目前, 已有数十种不同的植被指数用于植被信息的提取和地表土壤扰动的消除。在宏观生态研究中, 遥感技术为土地覆被、土地利用等方面的研究取得了较好的进展, 而关于植被变化与产量估算的研究也日趋完善[10]。

地理信息系统(GIS)把具有地理位置的空间数据作为研究对象, 采用空间建模的方法和空间分析方法, 通过多种空间信息和动态信息, 为管理、决策和科研服务的计算机系统。并且 GIS 软件可以针对不同的问题设计不同的操作板块, 有效处理多种信息。地理信息系统以强大的信息处理能力, 和高效的处理方式, 受到国内外大量学者的应用, 并逐渐被引入到多领域的研究中, 并成为宏观生态学领域研究的重要方法。1992 年美国国家科学基金批准了地理信息系统, 使之成为其长期生态研究项目的主要支助手段。Aspinall 在不同的空间尺度, 如全球、国家和区域尺度上, 探讨了地理信息系统在生态研究方面的应用。尺度问题是宏观生态研究的热点之一[11], 尺度转化是制约生态宏观发展的瓶颈, 地理信息系统(GIS)在点与面的联系方面表现出了强大的优势, 并开展了空间尺度变化方面的研究[12]。

遥感技术由于处理对象的复杂性, 会影响获取的数据质量, 存在一系列问题, 如数据变形大、分辨率比较低和存在严重的几何变形等。所以, 在对遥感数据处理的过程中, 需要解决的主要问题就是提高数据精度。随着地理信息技术的进步, 研究者将 RS 和 GIS 技术有机联系起来[13]。当前 GIS 软件得到了很大的发展, 并与遥感系统结合[14], 可以应用到更广的领域。例如, 在植被分布、植被分类和制图、群落结构和动态、生物量生产力的估测、植被资源的动态监测和管理等方面发挥了巨大的作用, 成为资源开发与环境保护的决策系统。

3. RS 和 GIS 技术对植被 - 气候关系研究的作用

植被作为陆地生态系统的主体,是研究全球环境变化、生物地球化学等重大生态问题的关键,植被变化是全球变化研究的重要组成部分,而对植被动态是的研究可以促进全球变化研究的进展,利用遥感与地理信息技术是全球生态研究的重要手段。可以利用多种植被模型或遥感数据,对现有植被进行动态监测,并对其进行预测[15]。Hobbs 等利用遥感技术对植被的动态变化进行了研究,并提出了植被动态变化的 3 种模式,即定向的植被变化、季节响应和年际变动,此外,还对植被监测中存在的问题进行了归纳总结;Frederiksen 等利用 NOAA-AVHRR 数据,对塞内加尔地区的植被多样性进行了研究。齐晔根据归一化植被指数(NDVI)分析了温度对植被功能特性的影响;孙红雨等利用 NOAA 数据,对植被覆盖变化与气象因子的相关关系进行了分析;陈育峰利用 GIS,根据 Holdridge 生命地带分类系统,分析了在 CO₂ 浓度增加的情况下, Holdridge 生命地带在空间分布、海拔和面积等方面的变化,并建立了中国植被 - 气候模型,该模式较前人的研究有显著提高[16]。邵国凡等将地理信息系统与森林动态模型相结合,完成了对森林生态系动态变化的模拟和预测。此外,利用生态学领域的其他研究手段与 GIS 相结合,对我国不同森林群落中的植被生活型进行划分,可以揭示不同植被类型中的分布规律。全球气候变化具有时间跨度大、空间范围广的特点,加之植被的地域特性,使得全球变化对植被的影响更加复杂,利用 RS 和 GIS 技术,建立合适的植被 - 气候模型,有助于预测未来气候变化对植被的影响,并制定相应的应对策略[17]。

4. 结论和讨论

通过对 GIS 和 RS 技术在植被 - 气候关系研究中的综述可知,利用遥感技术对植被 - 气候关系进行研究,取得了很多优秀的成果,通过遥感和地理信息系统的集成应用,可以实现对植被的动态监测、精准调查和生态过程研究。虽然这些研究成果较为系统和全面,但依旧存在一些不足。比如,遥感数据来源多样,精细度有待提高,并且在时间尺度上也存在一定的局限性,无法完成长时间序列的动态监测研究[18]。

随着遥感技术的发展,不同尺度和时间序列的遥感数据将不断积累,多源遥感数据的融合是植被 - 气候关系研究的关键途径[19] [20] [21]。更新、更高分辨率的遥感数据是植被 - 气候关系研究的重要数据来源。我国地域辽阔,植被类型复杂多样,由于人类干扰增大,植被覆盖发生了重大的变化,对区域和地方的气候产生了重大的影响[22] [23] [24]。因此,利用遥感数据探讨植被变化对气候要素的反馈具有重要的价值。

参考文献

- [1] 杜鑫, 赵鹏祥, 陈海波. 六盘山自然保护区 38 年来植被覆盖与气候变化关系分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(11): 6558-6561.
- [2] 方精云, 宋永昌, 刘鸿雁. 植被气候关系与我国的植被分区[J]. 植物学报(英文版), 2002, 44(9): 1105-1122.
- [3] 李菁, 王连喜, 李琪. 宁夏中南部近 25 年植被变化特征及其与气候因子的关系[J]. 中国农学通报, 2011, 27(2): 284-289.
- [4] 刘军会, 高吉喜, 王文杰. 青藏高原植被覆盖变化及其与气候变化的关系[J]. 山地学报, 2013, 31(2): 234-242.
- [5] 马明国, 王建, 王雪梅. 基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展[J]. 遥感学报, 2006, 10(4): 421-431.
- [6] 聂呈荣, 李明辉, 崔志新. 3S 技术及其在生态学上的应用[J]. 佛山科学技术学院学报, 2003, 21(6): 70-74.
- [7] 王连喜, 杨有林, 何雨红. 气候变化和植被关系研究方法探讨[J]. 生态学杂志, 2003, 23(1): 43-48.
- [8] 谢今范, 毛德华, 任春颖. 植被-气候关系遥感分析研究进展[J]. 东北师范大学报, 2011, 43(3): 145-150.
- [9] 张凯选, 范鹏鹏, 王军邦. 西南喀斯特地区植被变化及其与气候因子关系研究[J]. 生态环境学报, 2019, 28(6):

1080-1091.

- [10] Sun, Y.L., Yang, Y.L. and Zhang, L. (2015) The Relative Roles of Climate Variations and Human Activities in Vegetation Change in North China. *Physics and Chemistry of the Earth*, **87-88**, 67-78. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.09.017>
- [11] Wan, J.Z., Wang, C.J. and Qu, H. (2018) Vulnerability of Forest Vegetation to Anthropogenic Climate Change in China. *Science of the Total Environment*, **621**, 1633-1641. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.065>
- [12] Gao, J.B., Jiao, K.W. and Wu, S.H. (2017) Past and Future Effects of Climate Change on Spatially Heterogeneous Vegetation Activity in China. *Earths Future*, **5**, 679-692. <https://doi.org/10.1002/2017EF000573>
- [13] Jiang, H. and Ding, Z. (2009) Spatial and Temporal Characteristics of Neogene Palynoflora in China and Its Implication for the Spread of Steppe Vegetation. *Journal of Arid Environments*, **73**, 765-772. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.03.011>
- [14] Feng, D.R. and Fu, M. (2021) How Large-Scale Anthropogenic Activities Influence Vegetation Cover Change in China? A Review. *Forests*, **12**, Article No. 320. <https://doi.org/10.3390/f12030320>
- [15] Chen, X.M., Wu, D. and Chen, F.H. (2020) Vegetation Response in Subtropical Southwest China to Rapid Climate Change during the Younger Dryas. *Earth-Science Reviews*, **14**, 201-207. <https://doi.org/10.1146/annurev.ea.14.050186.001221>
- [16] Liu, G., Yin, Y., Liu, H.Y., *et al.* (2013) Quantifying Regional Vegetation Cover Variability in North China during the Holocene: Implications for Climate Feedback. *PLOS ONE*, **8**, e0071681. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071681>
- [17] Zhao, Y. (2018) Vegetation and Climate Reconstructions on Different Time Scales in China: A Review of Chinese Palynological Research. *Vegetation History and Archaeobotany*, **27**, 381-392. <https://doi.org/10.1007/s00334-017-0655-6>
- [18] Kong, D.X., Miao, C.Y. and Duan, Q.Y. (2018) Vegetation-Climate Interactions on the Loess Plateau: A Nonlinear Granger Causality Analysis. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **123**, 11068-11079. <https://doi.org/10.1029/2018JD029036>
- [19] Qiao, Y.N., Jiang, Y.J. and Zhang, C.Y. (2021) Contribution of Karst Ecological Restoration Engineering to Vegetation Greening in Southwest China during Recent Decade. *Ecological Indicators*, **23**, 120-121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107081>
- [20] Ma, W.Y., Wang, X.M., Zhou, N., *et al.* (2017) Relative Importance of Climate Factors and Human Activities in Impacting Vegetation Dynamics during 2000-2015 in the Otindag Sandy Land, Northern China. *Journal of Arid Land*, **9**, 558-567. <https://doi.org/10.1007/s40333-017-0062-y>
- [21] Mao, J.F., Wang, B. and Dai, Y.J. (2009) Sensitivity of the Carbon Storage of Potential Vegetation to Historical Climate Variability and CO₂ in Continental China. *Advances in Atmospheric Sciences*, **26**, 87-100. <https://doi.org/10.1007/s00376-009-0087-z>
- [22] Yu, L.X., Liu, Y., Liu, T.X., *et al.* (2020) Impact of Recent Vegetation Greening on Temperature and Precipitation over China. *Agricultural and Forest Meteorology*, **13**, 290-295. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108197>
- [23] Zhao, D.S. and Wu, S.H. (2014) Responses of Vegetation Distribution to Climate Change in China. *Theoretical and Applied Climatology*, **117**, 15-28. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-0971-4>
- [24] 马启民, 贾晓鹏, 王海兵. 气候和人为因素对植被变化影响的评价方法综述[J]. 中国沙漠, 2019, 39(6): 48-55.