

生物多样性遥感研究方法浅议^{*}

岳天祥

(中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

摘要 概括了遥感在生物多样性研究方面的优势及在各种尺度为生物多样性评价提供信息的能力;讨论了生物多样性信息系统应具备的功能和应包含的内容;分析了生物多样性遥感研究中数学模型与地理信息系统的耦合问题。

关键词 生物多样性, 遥感数据, 地理信息系统, 数学模型

Discussion on studying biodiversity by remote sensing/ YUE Tian-Xiang

Abstract Remote sensing for biodiversity study has the advantage of the total coverage of extended area that includes the investigation regions and their peripheries, which assures easy assessment of structural parameters in a synoptic way and visualization of the studied area. Remote sensing can provide various useful data at different scales. However, a comprehensive assessment of biodiversity not only needs data from remote sensing, but from other biological, ecological and socio-economic information. Therefore, it is necessary to establish a biodiversity information system under the framework of geographical information system (GIS), which have the required special functions and contents. To extract knowledge from these data, theoretically rational mathematical models are necessary. In general, the combination of remote sensing data with GIS and mathematical models is an essential foundation for obtaining ideal results, which can be used to quantitatively assess biodiversity, ecologically preserve biodiversity and economically utilize biodiversity.

Key words biodiversity, remote sensing, geo-information system, mathematical model

Author's address State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geography, Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

遥感是调查景观元多样性和生态系统结构的一个重要工具,它为在多种空间尺度下评价生物多样性时序动态提供了一种有效的技术手段(Innes & Koch, 1998)。景观生态学中的最小单元可以根据像元大小或基于尺度的摄影影像分辨率来定义。遥感的主要优点是对研究地区及其临近区域的全范围覆盖,它使我们能够对生态系统结构从整体上进行评价、推演景观模型、可视化研究区域和建立可视化信息文档。

因为在目前技术条件下遥感可以提供的物种层次上的信息不多,所以生物多样性遥感研究的前提条件是景观结构及其单元与生物多样性(包括景观元多样性、物种生物量多样性、物种个体数量多样性和遗传多样性)之间存在着一定的关系^①(Yue et al., 1998)。因此,虽然与空间尺度密切相关的遥感方法最适合于景观尺度的景观元多样性评价,但它同时也是调查物种多样性的有用工具。

遥感景观信息是多维的,包括水平、垂直、多光谱和多时相信息。遥感可以提供有关物种多样性和生态系统结构参数以及它们随时间变化的原始信息和二手信息。原始信息是指为了得到景观的空间组织信息将影像数据直接运用于统计、纹理或光谱分析;二手信息是指运用解译或分类的数据获取景观的空间组织信息。

^{*} 本工作由中国科学院留学经费择优支持回国工作基金、中华人民共和国教育部留学回国人员科研启动基金和中国科学院知识创新工程项目(KZCX2-308-02)资助

收稿日期:1999-08-17;修改稿收到日期:2000-01-15

岳天祥 e-mail 地址:yue@lreis.ac.cn

① 岳天祥, 2000. 生物多样性研究及其问题. 生态学报(待发表)

1 遥感技术用于生物多样性研究的可行性分析

许多遥感技术对研究生物多样性是可取的。摄影影像(胶片是其数据的载体)和数字化光学影像是获得信息的两种主要技术。因为在通常情况下胶片提供的数据较数字化数据有较高的空间分辨率,所以胶片在大多数情况下被运用于对纹理信息有较高要求的情况,而数字化数据则提供了较好的光谱信息。除此之外,还有许多其他遥感技术也可以运用于生物多样性评价研究,例如,激光遥感(Hugh & Wehr, 1997)、热红外遥感(Luvall & Holbo, 1991)和雷达遥感^①等,但它们的实用性还有待于进一步全面、深入的验证。

在生态学中最常用的摄影影像和数字化光学影像遥感技术包括三种不同的平台:地面平台、空中平台和太空平台。地面摄影可用于评价景观片段或单个物种,而航空遥感和太空遥感可以以鸟瞰的形式评价物种、生境和景观。每种方法的重要性取决于所探索的信息。

当前可用的地球监测卫星所提供的数据适合于评价生境、景观、区域和全球尺度的生物多样性。运用遥感数据对一系列结构要素的评价已被证明是很成功的(Innes & Koch, 1998),它们提供了空间组织的综合信息,例如有关要素的分维数、丰度、连通性、稳定性和几何形式等。由于新一代高分辨率卫星的升空,基于像元大小、立体信息和天气状况的卫星数据的局限性在未来的几年中将会减小,这将大大提高生物多样性的遥感研究潜力。高分辨率卫星数据将能够对生境、景观或区域尺度的结构要素进行更详细的评价。假定确定了一个生境中的一小部分物种,则纹理和结构多样性要素的量测对森林多样性是最有用的信息,它提供了物种、功能和过程等方面的物种多样性信息。这种遥感方法可以提供大量必要的纹理和结构要素信息,甚至在有些情况下,遥感是大范围量化树冠结构、地表植物结构和景观结构组织等现象的唯一有效技术。

1.1 景观元^②多样性研究

景观包括各种生境,这些生境的大小、形状、组成和稳定性都不同。除这些空间变异性之外,还存在着垂直变异性,也就是说生态系统具有三维的结构特征。另外,景观是随时间变化的。这些变异的结果就形成了随各种时空尺度变化的不同景观类型的复杂镶嵌(Forman, 1995)。

景观中不同单元的自然布局是很重要的,联系景观变异性与生物多样性的基本前提条件是景观元的布局影响生态系统的功能(Angelstam, 1997)。许多研究表明,景观元的大小和景观连通性对一些物种的种群动态有明显的影響。

卫星数据可以提供远远大于地面调查的区域范围的景观空间组织和结构要素信息,同时,与地面调查相比,用遥感技术评价景观的空间和结构要素,速度要快得多,地理意义上的精度也高得多(Aspinall, 1994)。因为在地理信息系统中已经有许多有关景观结构的信息,所以通过各种地图的叠加就可以分析各种景观参数,例如河流单元长度、森林边界长度和特定空间单元的面积等。这种分析的更进一步研究则是个别物种和功能组群,它是林窗分析的最重要特征。在林窗分析中,地理信息系统被用于模拟物种丰度的空间分布变异性并预测高物种多样性区域。这种模拟基于卫星图像或航空摄影的植被覆盖制图与特定植物类型物种知识的结合。鉴于目前的技术水平和研究基础,构建以摄影制图法为基础的景观数学模型并模拟生物多样性未来的空间发展是完全可能的。

1.2 物种多样性研究

世界上大多数国家及其局部地区的物种数量是非常庞大的,例如,中国高等植物就有 30 000 余种,黄河流域地区有高等植物 3500 多种(《中国生物多样性国情研究报告》编写组, 1998)。因此在目前技术条件下,要通过遥感技术手段对整个国家或其局部地区的整个物种谱进行全面观测,其难度是很大的。为了使物种多样性遥感研究切实可行,抽样研究是一个可取的途径。这种用于遥感方法的抽样可归纳为两种(Heywood, 1995):景观尺度的抽样和样点抽样(point-sampling)。景观要素类型可以为分析景观元多样性研究和物种多样性研究之间的联系提供充分的信息。也就是说,运用遥感研究物种多样性有两种方法(1)运用具有非常高

① Kremmers T, 1997. Untersuchungen Zum Anwendungspotential Multitemporaler ERS-1 und JERS-1 SAR Daten fuer die Kartierung und Beobachtung Von Waldflaechen in Mitteleuropa. Universitaet Freiburg :Dissertation(博士学位论文)

② 不管对景观生态学还是生态系统生态学,景观元作为生态系统的空间描写是最基本和关键性的空间单元。景观元的特征可概括为最小均一的、可在地图上标出的土地单元(Forman, 1995)。

的光谱和空间分辨率数据,直接将植物绘制在地图上(2)将由少数优势物种形成的相对均一的景观要素绘制在地图上。

自90年代初以来,已经有许多运用遥感技术研究物种多样性的尝试。例如,Treitz等(1992)借助 MEIS II 数据研究了加拿大混交林 155 个样点的乔木、灌木和草本植物的物种组成, Franklin 等(1994)运用 SPOT 和 Landsat TM 数据以及乔木、灌木、草本植物和苔藓层的物种数据,研究了加拿大高山森林的物种多样性; Nagendra&Gadgil(1999)运用 IRS 1B LISS 2 遥感影像研究了印度半岛山区的物种多样性。研究结果表明:(1)景观要素类型的监督分类(supervised classification)具有足够的准确度(2)景观要素类型与卫星影像的结合是监测物种多样性的有效手段(3)卫星影像的非监督分类①(unsupervised classification)不适合于物种多样性研究(4)在监督分类基础上划分的景观要素类型是联系景观元多样性研究和物种多样性研究的有效手段。

2 地理信息系统

植物、动物物种的加速灭绝和生态系统的破坏已引起了科技界对生物多样性现状和趋势进行综合评价的高度重视。这种综合评价不但需要来自遥感的信息,而且还需要其他来源的各种生物、生态和社会经济信息。然而,已存在的有关数据以不相容的格式分散在不同的机构,同时,在地理和分类方面还存在着许多空白需要填补。因此,我们有必要在地理信息系统的框架下发展一种综合的生物多样性信息系统(Davis et al., 1990)。

生物多样性信息系统应至少包括地理信息系统的五个基本功能:数据编码、数据管理、数据反演、数据处理与分析和数据显示。其中数据管理包括支持多用户的能力、数据的高效存储和更新、数据精选、数据安全和完善等。生物多样性信息系统应包括一个元数据库(Metadata base),以提供数据内容、质量、状况和其他有关特征的背景信息。内容包括每种数据的定义、属性、来源、分辨率、地理坐标、质量、精度、合法性和更新计划表等。

生物多样性现状评价和趋势预测的数据库应包括分类单元分布、表征生境的生态因素和影响生境的人类活动。这些数据都是空间属性数据,因此它们可以以地图、表格和文本格式存储在计算机中。其中对生物多样性研究十分重要的数据包括有关物种的分布区(这里被定义为给定物种所占据的区域,它与景观元基本同义)和相对丰度。因为在目前技术条件下物种相对丰度的数据较难获取,所以大多数利用地理信息系统的生物多样性评价都基于物种的分布区数据。也就是说,由于数据的局限性,大多数生物多样性评价仅限于景观层次。

因为生境要素的组合构成了对生物多样性与物种具有同等重要作用的生态系统类型,与此同时,物种的分布区和丰富性往往与生境要素密切相关,所以生境要素在生物多样性综合评价中必须给予足够的重视。一般情况下,限制物种分布区的基本生境要素包括气候、地文、植被、土壤和地质,其中气候是分类单元潜在分布区的主控因素,植被是汇集了植物物种和动物生境特征的一个很重要的综合变量。植被是动态的,动态变化中的植被覆盖类型边界可以通过解译航空摄影或数字卫星影像并辅以适当的野外核实来完成。

生物多样性信息系统可使确定物种丰度的手工叠加方法自动化。物种分布区可自动地被绘制出来,物种丰度图和植被图通过与现存土地利用图和土地适宜性图的比较,可确定生物多样性的当前和潜在的损失程度。生物多样性的另一个重要应用是在特定工程的环境影响评价过程中估价该工程对生物多样性的影响,通过该工程边界与濒危物种、物种丰富性和群落数据层的叠加,绘制出物种多样性关键要素受到潜在影响的区位图。

遥感和地理信息系统为获取、整理和处理数据提供了现代的技术手段。然而在具有比较充足和高水平数据的条件下,理论上完善的数学模型对生物多样性研究是必不可少的。为此,1998年初,我们提出了一个经过严格理论论证的生物多样性综合模型(Yue et al., 1998a, 1998b)。运用理论上合理的数学模型并借助现代的遥感和地理信息系统技术,为解决近20多年来在多样性与稳定性关系以及多样性与生产力关系方面的争论问题作出贡献是可能的。

① 具体含义见 陈述彭,1990. 遥感大词典. 北京:科学出版社,292~294

3 讨论

过去十年的研究表明,当目标被准确定义并且对有关问题选择了合适遥感技术的时候,遥感是非常有用的工具。虽然遥感不能提供生物多样性评价所需要的所有信息,但它鸟瞰整个研究区域的特点是传统评价方法无法比拟的优势。遥感能够提供面积、结构和纹理要素、物种类型等方面的信息,它在评价景观尺度的生物多样性方面是非常有用的。借助地理信息系统存储和分析数据的功能以及相应的数学模型,可以评价区域尺度物种多样性的现状和趋势。然而,遥感在生物多样性领域的潜力远没有完全实现。

正在发展中的遥感方法还有许多,其中成像雷达和激光扫描数据是两种潜力较大的方法。先进成像雷达系统和处理方法的迅速发展,使其很可能发展成为生物多样性研究的便捷方法。激光扫描数据的许多研究表明,激光扫描数据能够提供有用的林分垂直结构信息,它很可能成为生态学研究中的最有意义的遥感方法之一。

总之,遥感是生物多样性研究的有效工具。然而,为了把遥感工具成功地运用于生物多样性研究,遥感学研究领域和生物多样性研究领域需要更多的交流和合作。同时,数学模型和地理信息系统的无缝集成也是必须给予足够重视的关键技术。

参 考 文 献

- 《中国生物多样性国情研究报告》编写组,1998. 中国生物多样性国情研究报告. 北京:中国环境科学出版社,23~164
- Angelstam P, 1997. Landscape analysis as a tool for the scientific management of biodiversity. *Ecological Bulletin*, **46**:140~170
- Aspinall R, 1994. Remote Sensing in Landscape Ecological Mapping, Report EUR 16265 EN. Brussels: European Commission, 29~40
- Davis F W, Stoms D M, Estes J E, Scepán J, Scott J M, 1990. An information systems approach to the preservation of biological diversity. *International Journal of Geographical Information Systems*, **4**(1):55~78
- Forman R T T, 1995. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. New York: Cambridge University Press
- Franklin S E, Connery D R, Williams I A, 1994. Classification of Alpine vegetation using Landsat Thematic Mapper, SPOT HRV and DEM data. *Canadian Journal of Remote Sensing*, **20**:49~56
- Heywood V, 1995. Global Biodiversity Assessment. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Hugh C, Wehr A, 1997. ScarLARS offers advanced data processing possibilities. *EARSEL Newsletter*, **32**:8~12
- Innes J L, Koch B, 1998. Forest biodiversity and its assessment by remote sensing. *Global Ecology and Biogeography Letters*, **7**:397~419
- Luvall J, Holbo R, 1991. Thermal remote sensing methods in landscape ecology. In: Turner M, Gardner G (eds.), *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Berlin: Springer-Verlag, 127~152
- Nagendra H, Gadgil M, 1999. Satellite imagery as a tool for monitoring species diversity: an assessment. *Journal of Applied Ecology*, **36**:388~397
- Treitz P M, Howerth P J, Shuffling R C, Smith P, 1992. Application of detailed ground information to vegetation mapping with high spatial resolution digital imagery. *Remote Sensing of Environment*, **42**:65~82
- Yue T X, Haber W, Grossmann W D, Kasperidus H D, 1998a. Discussion on models for species diversity and suggestion on a comprehensive model. *ECOMOD: the Newsletter of the International Society for Ecological Modelling*, September:1~15
- Yue T X, Haber W, Grossmann W D, Kasperidus H D, 1998b. Towards the satisfying models for biological diversity. *Ekologia*, **17**(supplement 1):129~141

(责任编辑 孙大川)