

地理信息系统与现代生态学

Geographic Information System and Modern Ecology

潘代远

(中国科学院植物研究所, 助理研究员)

张新时

(中国科学院植物研究所, 研究员, 中国科学院学部委员)

一、引 言

近年来人类所面临的日趋严重的生态环境问题(如全球气候变暖、沙漠化、酸雨、森林及草场资源的退化等)极大地扩展了生态学研究的空间与时间尺度,使生态学家从整个区域与全球尺度思考问题并关注长期的生态变化。目前所开展的国际性生态学项目,如人与生物圈计划(MAB)、国际地圈—生物圈计划(IGBP)等都建立了较大区域及长期性的数据库系统。与此同时,在生态学理论体系中,强调空间关系的景观生态学及以整个生物圈为研究对象的全球生态学已逐渐兴起,并成为现代生态学研究研究的“热点”。这些变化无疑需要强有力的空间分析技术作为工具,而地理信息系统(Geographic Information System, 简称 GIS)正是这样一个工具。它的引入使生态学研究不仅由定性走向定量,而且由定量向图形和图像化发展,从而将生态学研究提高到一个新的理论与应用水平。

二、背 景

GIS 是空间数据的获取、存储、检索、分析及显示的专门化数据库管理系统。它通常包括计算机硬件、软件及数据库系统。GIS 与人们熟知的信息系统有很大的不同,GIS 不仅包括了一般信息系统的属性数据库,而且还包括了空间位置数据库(即图形库);不仅具有对属性数据进行分析的功能,而更主要的则是它具有对空间数据进行分析以及对两者进行联合分析的功能。GIS 虽然对各种图形、图像进行分析,然而它又不同于其它计算机图形系统(如 CAD 及各种自动制图系统),这些系统偏重于图形产品的设计及显示,而 GIS 则强调空间分析及建模。GIS 主要以网格及矢量两种格式存储和处理

空间数据。网格形式是将空间数据以矩阵的形式表示,矩阵的每个数值代表现实空间中一定面积上的特征值或分类值。矢量形式则是将点、线、面(多边形)用一组坐标表示。两者在生态学研究各有其优势,例如,网格形式占用计算机空间相对较小,计算相对简单,并可直接与遥感系统及各种生态系统模型相联接;矢量形式则可方便地将地图数值化录入到计算机系统并精确测量各类型的边界形状等。

GIS 在 60 年代就已开始发展,然而由于早期的 GIS 对硬件的依赖性强,难于操作,以及缺乏必要的空间分析功能等,一度被某些生态学家认为是华而不实。近年来人们已大大地改变了对它的看法,GIS 已不仅在城市规划、人口、交通、土地利用规划、自然资源清查、野生生物管理等领域得到了广泛的应用,而且给现代生态学也注入了新的生机。利用 GIS 所提供的量测、插值、叠加分析、边界提取以及与生态系统模型耦合等功能已进行了景观生态空间格局分析、生态过渡带分析、区域及全球植被与气候相互关系分析,以及区域生态系统结构、功能、动态分析等方面的尝试。本文只从两个侧面来说明 GIS 在生态学研究所起的作用。

三、GIS 与中国植被—气候相互关系研究

植被在生物圈中起着非常重要的作用。光合作用产生的碳水化合物及氧气是人类及其他生命有机体赖以生存的基本物质;同时,光合作用的原料之一又是 CO_2 , 植被通过吸收 CO_2 对全球碳循环及大气中 CO_2 含量起着重要调节作用。我国具有十分独特的气候系统及其相应的下垫面上的植被类型,这是欧亚大陆与青、藏高原两大陆地系统与太平洋、印度洋两大海洋系统的结构格局与相互作用的结果。与大致同纬度的北美及西欧—北非大陆相比,无论在气候还是植被方面均既有相似的规

律,又存在着深刻的不同特点。其由东而西森林—草原—荒漠的湿度梯度与东部沿海平原由北向南的森林地带热量系列交织构成独特的东亚环境地带性(见封面图和封二图1)。合理、正确与深入地说明与模拟这一模式将不仅可解开东亚气候—植被特殊格局之谜,而且对完善整个地球系统的环境解释、预测与模拟也是不可缺少的重要部分。

大多植被气候模型及其它生态系统模型都是在某些点上得出的,并没有考虑其空间特征。我们所拥有的大量植被气候数据也基本上来自某些生态野外台站及气象站。直接应用这些数据和模型进行大中尺度的生态分析(如中国植被气候相互关系)必然会遇到困难,因此摆在我们面前的问题是如何将这些散布于空间某些点上的数据及各种模型向面上扩展,GIS的作用正在这里。

在进行中国植被气候相互关系研究中,我所杨莫安同志等开发研制了生态信息系统(Ecology Information System,简称EIS),我们的工作主要是在该系统上进行的。利用该系统我们从两个途径解决由点向面上扩展问题。其一是先将点上数据进行插值处理,得到空间数据,然后将空间数据作为模型的输入,即利用所谓GIS与生态系统模型耦合的方法进行。另一途径则是通过遥感数据与植被及生态系统特性进行相关分析的方法进行。在工作中首先要解决的问题是如何将全国近1 000个气候台站的气候数据转成连续的空间数据。虽然存在着许多插值方法,如趋势面分析法、傅立叶级数法等,我们采用的则比较适合生态研究的建立空间模型的方法,即先得出以气候台站的地理坐标(经纬度)、海拔高度等为自变量,各种气候指标为因变量的回归分析模型,然后通过全国三维地形数据库(见封二图2)得到全国年平均温度分布图、一月平均温度图、七月平均温度图及年平均生物温度图(见封二图3)等一系列气候图。将这些图输入到植被气候模型中,就可得到各种图件,如全国净第一性生产力图(见封二图4)、全国生命地带图(见封三图5)等。同样道理,还可以通过大气环流模型(GCM)得出CO₂加倍后的气候变化情况,预测中国植被的变化。封三图6为CO₂加倍后的中国生命地带图。封三图7为CO₂加倍后的中国净第一性生产力图。由于遥感提供了大量准确的区域及全球尺度的植被与环境背景的数据及动态变化情况,而且由于植被是受气候及其它因子(土壤、地形、干扰、农业等)共同控制,单一利用气候因子的模型有时并不能取得很满意的结果。而卫星数据则反映了现实的(非潜在的)植被状况,因此将气候与卫星数据结合起来进行模拟,或单独用卫星数据模拟则可提高其效果,并可用于监测区域及全球尺度的植被变化情况。封三图8就是从NOAA卫星上获取的全

国归一化的植被指数图。我们采用的方法是利用地面台站的植被及生态系统数据与相同地点的归一化植被指数等进行模拟得出模型,然后利用GIS即可向全国扩展,得到全国的净第一性生产力等值并监测其变化情况。此外在中国生态系统研究网络(CERN)项目中,也将在台站、分中心及总中心各个不同层次建立GIS系统。总之各种空间模型的建立、GIS与生态系统模型耦合及与遥感相联接则是由点向区域及全球尺度转换的重要方式。

四、GIS 应用于生态制图及生态区划研究

在进行区域生态学研究时,最有效的方法之一是进行生态制图及生态区划。反映一个地区植被及各个生态因子之间相互关系及内在联系的图可称作生态图。虽然生态学家从学科产生的初期就有了生态制图的思想,但由于植被与生态因子之间关系的复杂性以及空间分析手段和技术的薄弱,生态制图的发展一直比较缓慢,而GIS的应用已使生态制图成为现代生态学中非常活跃的领域。利用GIS进行生态制图可以分为以下四个步骤:1. 植被及生态因子图的编绘或收集;2. 生态制图数据库的建立,包括图形库及属性库;3. 植被及生态因子分析建模;4. 图形输出。

利用GIS编制的生态图包括两大类:生态信息图和生态类型图(或生态区划图)。利用GIS提供的特征提取、再分类、各种叠加模型以及生态系统模型耦合等功能可以从数据库提取各种生态信息,编制反映生态系统特性的具有新内容的图件。例如在草场管理中进行载畜量估算时,可以在载畜量与植物群落生物量之间建立数学模型,根据属性数据库中生物量数据,即可从植被类型图派生出载畜量图。生态类型图或生态区划图则是利用GIS的叠加功能将植被及生态因子进行叠加分析后产生的反映一个地区综合生态状况的图件。如我们可将植被、土壤、地貌、岩性四图叠加,就可产生一幅分类系统以四者共同作为指标的景观生态类型图。在各种自然区划方案中,各区的划分问题一直存在争论,利用GIS则可得出客观的,反映综合生态特征的区划方案。如我们正在进行的全国生态区划,就是在植被气候相互关系研究的基础上,试图将植被、土壤、地貌、地质以及气候等因素综合起来,以数量排序及分类的方法进行叠加,相信可以得出比较客观的反映中国各区域生态特点的区划方案。

随着生态学家对区域及全球尺度以及长期生态变化的关注,随着GIS技术水平的提高,GIS在现代生态学中将发挥越来越重要的作用。

(责任编辑 蔡德诚)