

多维植被信息系统及其应用前景

戴小华, 余世孝

(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 3S(地理信息系统 GIS、遥感 RS、全球定位系统 GPS)及其相关技术的发展, 使得植被信息系统的构建和应用成为可能。早期的植被图没有涉及到高度维和时间维, 其应用受到很大的限制。因此有必要建立一种基于时空的多维植被信息系统, 它的组成包括地理信息系统 GIS、数据处理模块 DPM、数据存取模块 DAM、植被分析模块 VAM 和交互显示模块 IDM, 可用于植被的时空分析、三维景观显示、植被—地形—气候关系研究以及植被综合管理等方面, 特别适合于山地植被的研究。多维植被信息系统具备立体直观的用户友好界面和强大的时空数据处理能力, 并可通过数据库和网络进行资源共享, 使植被研究和管理自动化、无纸化, 其应用前景广阔。

关键词: 地理信息系统; 遥感; 全球定位系统; 多维植被信息系统

中图分类号: S79/08 P90

文献标识码: A

植被图可以看作植被信息系统(Vegetation Information System, VIS)的雏形。通过植被图不但可以了解植被的类型、分布、蕴藏量和动态等, 也可用于分析植被与环境关系, 指导人们的生产实践。但由于植被图的绘制费时费力, 精度不高, 只能定性、静态地反映植被的空间关系。而且由于植被图都是二维的, 也即不能有效地提供高度维和时间维, 三维的空间映射到了二维的平面, 使得大量的有用信息丢失。例如山地、低洼沼泽在植被图中都被表示为平地, 山地森林和农田植被也不能有效区分。尽管可以通过等高线、不同颜色、专题地图等技术来增加信息量等, 但其应用还是受到很大的限制^[1]。

20 世纪 70 年代以来, 遥感技术、测量定位技术、地理信息系统技术等技术的发展及其一体化, 大大地加快了制图速度, 提高了制图质量, 增加了植被图的信息负载量, 使植被制图趋于定量化和数字化^[2]。通过数字化植被图或者植被管理信息系统来描述生物系统的各种参数和环境变量, 已日渐广泛, 例如生态植被图^[3]、卧龙自然保护区管理信息系统^[3]、山

东植被与环境信息系统^[4]、广东黑石顶自然保护区数字植被图^[5,6]等。

植被信息系统的发展促进了植被研究的时空分析水平的提高, 成为植被生态与植被分类研究等不可缺少的手段。然而, 这种基于传统二维空间数据模型与建模方法构造的植被信息系统无法满足人们对植被进行可视化、时空分析和动态模拟的迫切需求。而计算机图像处理技术, 尤其是地理信息系统技术的发展, 使得时空四维(x, y, z, t)显示成为可能^[1]。因此, 有必要建立一种基于多维时空的植被信息系统。多维植被信息系统(Multi-Dimensional VIS, MVIS)包括 2.5D、3D 和 4D 植被信息系统。其中, 2.5D 为准三维, 其高度维是用等高线或不同颜色来表示的; 3D 为真三维; 4D 则在 3D 的基础上包括了时间维度。4D 植被信息系统可以表示为

$$4D\ VIS = \{x, y, z, t, v_i, f_j\}$$

式中 x, y, z 为空间三维坐标, t 表示时间, v_i 表示植被参数, f_j 表示影响因子。

收稿日期(Received date): 2002—05—01; 改回日期(Accepted): 2003—03—01。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金资助项目(编号 39830310)[Funded by National Natural Science Foundation of China (No. 39830310)]、教育部高等院校骨干教师基金。

作者简介(Biography): 戴小华(1973—), 男, 中山大学生命科学学院博士, 研究方向: 生态学与 3S 技术应用[Email: dxhchina@163.com.] DAI Xiao-hua(1973), male, DSc at the School of Life Sciences Sun Yat-Sen University. Major in ecology and application of 3S technique. Email: dxhchina@163.com.] 余世孝(1962—), 男, 通讯作者, 中山大学生命科学学院教授、博导, 研究方向: 植被生态学、数量生态学与 3S 技术应用 Email: lssysx@zsu.edu.cn [YU Shi-xiao(1962—), male, correspondence author. Full Professor at the School of Life Sciences Sun Yat-Sen University. Major in vegetation ecology, quantitative ecology and applications of 3S techniques. E-mail: lssysx@zsu.edu.cn]

1 MVIS 的系统组成

多维植被信息系统(MVIS)的主要组成包括五个部分:地理信息系统(GIS)、数据处理模块

(DPM)、数据存取模块(DAM)、植被分析模块(VAM)和交互显示系统(IDM)(图1)。这些模块的集成和一体化形成了一个数据实时获取、处理、分析、查询以及决策的快速、高精度、可视化的多维植被信息系统。

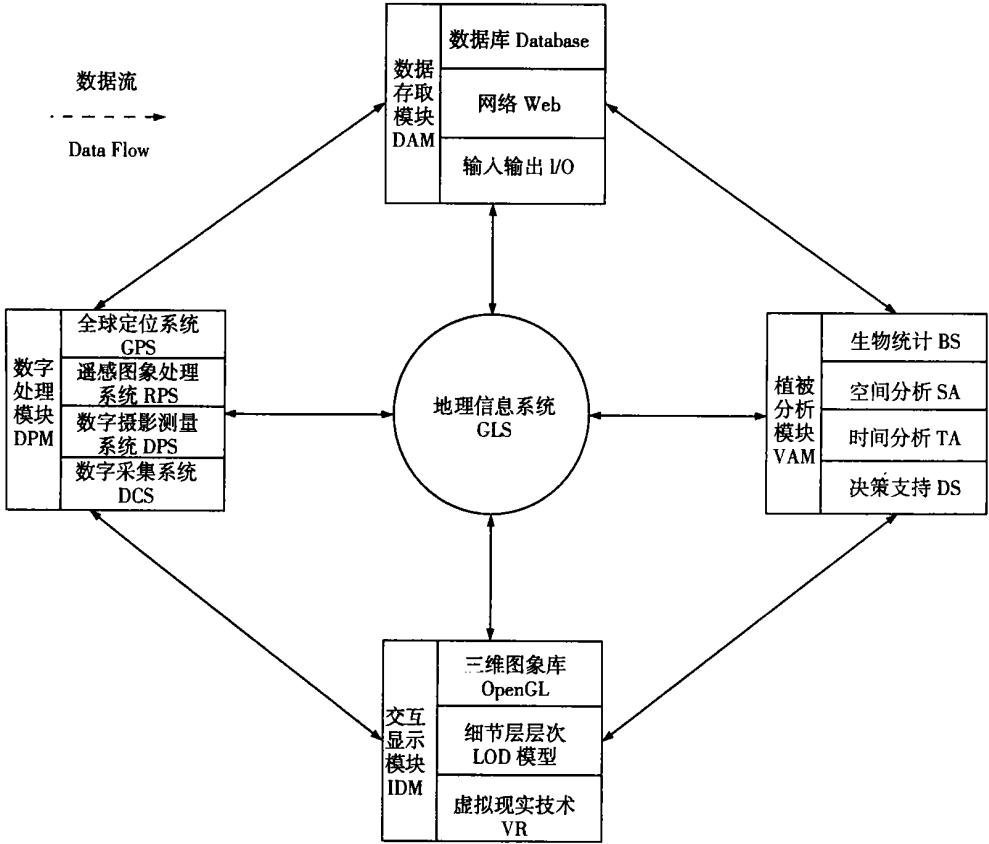


图 1 多维植被信息系统的组成
Fig. 1 Components of MVIS

1.1 MVIS 的核心模块——地理信息系统

地理信息系统(GIS)是多维植被信息系统的主要支撑和核心工具,一方面 GIS 给传统信息系统引入了空间概念,使之生动、直观和易于理解;另一方面, GIS 作为高效的空

数据以及植被与环境数据等,为其它模块提供基础数据源。本模块主要包括全球定位系统(GPS)、遥感图像处理系统(RPS)、数字摄影测量系统(DPS)和数字数据采集系统(DCS)四个子模块。
全球定位系统(GPS)可以提供全天候、连续、实时、高精度的三维位置、三维速度以及时间数据^[7],可以方便植被的定点调查和动物的跟踪定位。定位数据可以直接输入或者加工后输入计算机,用于数据和遥感影像的校正。
遥感(RS)是在与目标不直接接触的情况下,利用电磁波等判定、量测并分析目标的技术。例如,成像光谱仪具备卓越的光谱分辨率,可以进行定量遥感分析和地物化学成分分析;成像雷达具备全天候和一定的穿透能力,并能够提供三维信息;多极化多

1.2 数据处理模块 DPM

DPM 的主要功能是处理有关的定位数据、时空

角度遥感则可以获取三维结构信息^[7]。这些技术可以为多维植被信息系统提供全天候、全时域、全空间和量化的时空数据源。遥感图像处理系统 RPS 可以进行遥感影像的辐射校正、几何校正、数据变换与压缩、图像增强、图像识别与特征处理。RPS 向 GIS 和 VAM 提供专题信息, 向 IDM 提供导航用图像和显示处理的中间结果和最后成果, 向 DAM 存放处理的图像或图形。

数字摄影测量是基于摄影测量的基本原理, 并应用计算机技术、数字影象处理、计算机视觉、模式识别等多学科的理论与方法, 从遥感影象提取测量对象的数字化几何与物理信息的技术。如果利用模式识别代替人工观测、实现框标的自动识别、同名影象的自动配准、人工建筑物的自动识别等, 可以最终实现摄影测量与遥感制图的全自动化。利用计算机及相应软件, 则可以进行自动化空中三角测量和制图, 实现从数字影象自动重建空间物体的三维表面^[7]。数字摄影测量系统可以为多维植被信息系统自动采集地形信息(如数字高程模型 DEM)、植被高度等几何数据或属性数据。

数字采集系统通过各种仪器如温度计、湿度计、酸碱测定仪、土壤水分盐分测定仪、林业数据采集系统、冠层分析仪、气体监测装置等获得实时的植被数据与环境数据。这些数据经过适当的处理后输入计算机备用。

1.3 数据存取模块 DAM

多维植被信息系统中涉及到了海量的图形图像数据, 必须通过 DAM 进行数据的存取。DAM 中采用了元数据(Metadata)、图像数据库、多媒体数据库、超媒体数据库、面向对象数据库、数字化输入输出以及海量数据存取技术, 以便 GIS 海量图像数据的解释、分析、识别和检索。建立时空数据库则是四维 GIS 的要求。而网络是以共享数据为目的的计算机互联系统。网络技术促使互联网络地理信息系统(WebGIS)应运而生。一方面, 它适应了分布式计算模型的要求和社会应用的需求; 另一方面, 借助于网络技术, 地理信息互操作才真正具备了现实实现的可能性。组件化 GIS(ComGIS)基于标准的组件式 GIS 平台, 各组件之间不仅可能自由、灵活地重组, 而且具有可视化的界面和方便的标准接口。开放式地理数据互操作规范 OpenGIS 是目前 GIS 数据共享的最高层次。类似于关系数据库的 ODBC, OpenGIS 是通过各厂商提供的与 API 函数

集一致的驱动(DRIVER), 使得不同的 GIS 软件可以相互操作对方的数据。

1.4 植被分析模块 VAM

VAM 用于植被的时空分析, 并为政府有关部门或企事业决策提供支持和依据, 主要采用了地统计(Geostatistics)、生物地理统计(BGS, Biogeostatistics)、专家系统(ES)和决策支持系统(DSS)等技术。

传统的生物统计学在生物学研究中应用广泛, 但在时空分析方面有很大的局限性。因此生物学家引入了地统计学的方法解决空间相关的问题。它以区域化变量理论为基础, 以变异函数为主要工具, 研究那些在空间分布上既有结构性, 或空间相关和依赖性的自然现象^[8]。但是, 地统计学方法根本不涉及时间动态。时间序列方法则是生态学家常用的预测生物系统随时间变化的方法, 但仅适用于较小的空间区域。生物地理统计方法可以克服以上方法的缺陷, 它与 GIS 相结合, 可以充分考虑到生物学现象在短时间内可以发生明显变化的特点, 来分析生物学现象的发生、发展规律^[9]。

专家系统(ES)能够模拟专家做决定的过程, 来解决特定领域中复杂的实际问题^[10]。ES 对于 GIS 有两个重要作用: 一是为 GIS 提供智能型界面, 即按功能需要, 设计有效地操作程序, 以驱动 GIS 进行空间分析; 二是进行启发式推理^[11, 12]。决策支持系统则能够结合利用各种数据、信息知识, 特别是模型技术, 辅助各级决策者解决半结构化或非结构化决策问题^[10]。DSS 和 GIS 相结合可以实现空间决策支持系统(SDSS)。DSS 和 AI 结合则可以建立智能决策支持系统(IDSS)。IDSS 和 SDSS 结合则可构成智能空间决策支持系统(ISDSS)。专家系统和决策支持系统各有优缺点, 需要将两者结合起来应用于多维植被信息系统的分析和决策。

1.5 交互显示模块 IDM

三维景观虚拟现实技术以 DEM 作为几何数据, 地表影象作为纹理数据, 通过数据预处理、参数设置、纹理映射、投影变换和视口变换等就可以构造出地形表面的三维景观模拟图。三维图形库 OpenGL 提供了上述三维景观图像生成的强大功能。细节层次(LOD)模型可以通过不同细节的描述方法得到一组模型, 以供场景绘制时选择使用。虚拟现实造型语言 VRML 能在 Internet 上设计并创建三维动态虚拟世界, 为模拟真实的三维地理现象提供了一种全新的交互感应技术, 并可为用户提供

空间数据查询功能^[13]。利用 OpenGL 动画技术、VRML 技术、LOD 技术以及三维立体显示技术就可以实现立体景观的虚拟现实(Virtual Reality)。在这些可视化技术的支持下,可以构建具备良好用户交互性、直观反映植被时空动态的交互显示模块 IDM。

2 MVIS 的关键难题

2.1 遥感生物信息的提取

如何从遥感图像中识别植被、昆虫种群、大型动物等生物信息,是建立多维植被信息系统的基础。通常是用植被不同波段的反射率及其它因子的组合来获得植被指数(VI),并采用非监督分类或监督分类的方法,区分不同地物和不同植被类型,但只能用于较大的植被分类阶元;较小的植被单位如群丛必须结合实地调查和其它环境因子,能否直接利用遥感判断目前主要取决于植被的类型。引入子象元技术、专家系统或者决策支持系统、模糊数学、遗传算法、神经网络理论,可以更加有效和精确地进行识别。

2.2 林下定位精度

在热带亚热带森林的全遮蔽林冠下,普通的手持式 GPS 难以达到精度的要求,误差可能较大。可以考虑采用建立基站、差分定位(DGPS)、外置天线、激光测距仪、延长定位时间、通过软件与互联网后处理、选择最佳定位时间等方法改进,但这些工作目前尚处于探索和实验的阶段。

2.3 时空数据模型和时空分析

传统的 GIS 面向的是只含空间维度和属性维度的 SGIS(Static GIS),而能够处理时间维度的 GIS 则称为 TGIS(Temporal GIS)。时间维度具有和空间维度不一样的特点,如何将空间数据模型的概念和方法引伸到时空数据模型,是当前 GIS 研究的热点和难点之一。时空一体化的数据模型必须具有时空二维的拓扑特征,才能有效地提高数据质量和分析效率,减少数据存贮的冗余^[14]。生物学中涉及了许多时空分析问题,也发展了时序分析和生物地理统计的方法,但这些方法的理论和应用都有待完善。而且,现有的 GIS 软件均不能很好地完成这些分析。

2.4 专业组件设计

现有的许多 GIS 软件并不包含生态学专业模块;建立独立的完全面向生态学的 GIS 费时费力,而且也不必要。因此,组件 GIS 是不错的选择,也

即应用各种计算机语言或 GIS 软件附带的语言,编写出适用于生态学的控件或模块,组合到现有的 GIS 软件中。

2.5 其它

不同数据类型、不同维度数据的处理,真三维 GIS 和虚拟景观的构建等,都是急待解决的问题。

3 MVIS 的技术路线

MVIS 的技术路线包括基础数据收集(数据处理模块和数据存取模块),并绘制植被图和生态因子图,对植被进行时空分析(植被分析模块),然后将分析结果交互显示和网上发布(数据存取模块和交互显示模块)(图 2)。

4 MVIS 的主要应用

4.1 植被分类与生产力估算

结合遥感数据、实地调查数据和 GPS 数据, MVIS 可用于判别植被类型及其生长状况。不同类型、不同演替阶段、不同季相的植被,以及健康植被和受害植被的遥感光谱信息是不同的,这是利用遥感图像进行植被分类和病虫害识别等方面研究的基础。例如,有病虫害的森林在近红外波段反射率明显降低,可用于判断森林健康与否;还可以通过失叶量对植被光谱的影响来定量研究虫害程度。因此,可以根据地物的反射光谱,提取遥感植被指数,建立植被指数与动植物参量之间的模型,广泛应用于植被分类、植被参数、生物量、生产力、作物估产、病虫害识别、火情分析等方面。通过 MVIS 可以获得主要植被类型、主要经济植物、濒危动植物、重要农林昆虫和杂草的分布图和数据库,以及各种植被类型和重要植物的分布面积、森林覆盖率、虫害或草害面积、虫害率、经济损失等。例如,广东黑石顶自然保护区植被型、群系与群丛的分布图^[5,9],西双版纳勐养自然保护区各植被类型的分布面积^[15],滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用图^[16]。

4.2 植被——环境关系研究

由于许多植被参数或者环境因子在时空上是连续的,因此可以运用 GIS 模块具备的插值(Interpolation)功能,由已知的定点观测数据推导获得整个研究区域的数据,也可以由间断的历史观测资料内插得到特定时间的数据。插值技术为生态学研究带

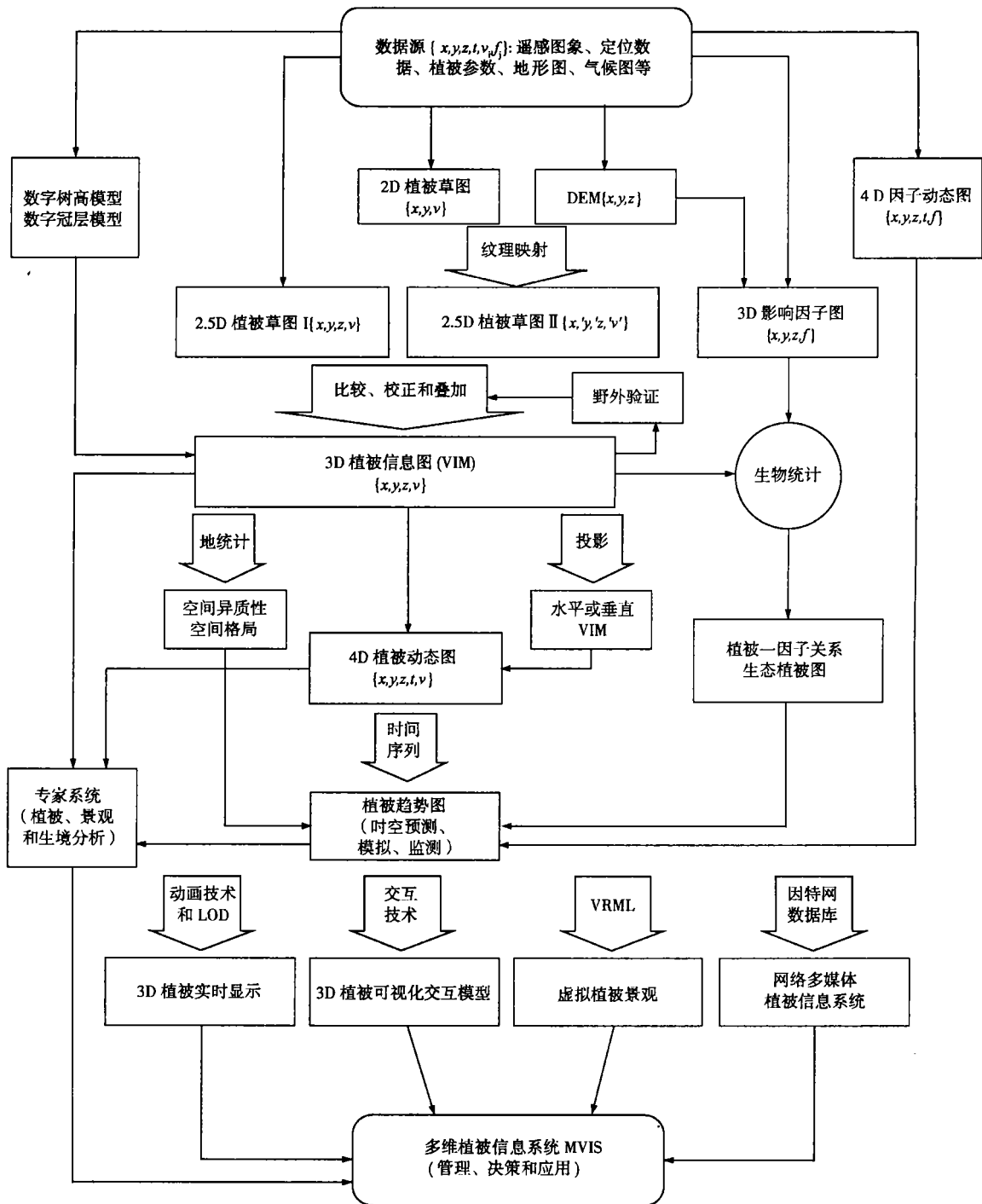


图 2 多维植被信息系统的技术路线图

Fig. 2 Technique flow of Multi-Dimensional Vegetation Information System (MVIS)

来许多便利,可以广泛用于动植物的时空分析。例如余世孝等利用插值技术进行了海南岛霸王岭垂直带热带植被物种多样性的空间分析^[17]。

利用 MVIS 的属性数据分析、空间叠加(Overlay)分析、网络分析和地形分析功能,可以分析植被

分布、虫害发生及扩散迁飞等与生物地理环境要素之间的关系。例如植被的水平分布与温度、降水、土壤以及其与海洋的距离之间的关系,植被垂直分布与地形、海拔、坡向、坡度等的关系,砍伐类型和强度对植被和景观的影响,害虫爆发与温度、降水、植被

类型之间的关系,气候对昆虫迁飞的影响,虫害对植被资源如材积、产量的影响,虫害和杂草蔓延途径,人类活动与植被和昆虫之间的关系,城市植被配置与污染治理等。例如 Hilbert & Ostendorf 运用人工神经网络建立了植被与气候的关系模型^[18]。在此基础上,可以进行大区域的生物地理区划和农林规划管理。

4.3 植被及景观格局分析

地统计学结合 GIS 的空间分析功能可以研究植物或昆虫种群的分布格局、植被和景观空间异质性、景观和生境评价。例如昆虫不同虫态的分布格局可运用于防治、抽样设计及预报,景观和生境评价则可运用于森林、湿地、红树林、草坪、病虫害以及濒危动物的管理。通过分析害虫的生境特征和分布格局,可以判断害虫的适宜环境和越冬地点,及早防治,压低虫源。通过景观的缓冲区(Buffer)分析则可以研究病虫害、砍伐、造林、耕作和水利建设等对景观结构、功能及多样性的影响,从而指导景观生态建设规划。如 Jorge & Garcia 结合遥感和 GIS 研究了巴西东南部的生境碎片^[19]。张惠远和王仰麟则探讨了西南喀斯特地区的山地景观规划^[20]。

4.4 植被动态模拟、预测与管理

GIS 结合时空分析功能可用于植被季相、植被演替、昆虫动态研究。利用多年植被、昆虫及气象资料,可以建立植被季相、植被演替和昆虫动态的时空模型,结合气象中长期预报,可以推测未来植被分布和害虫发生程度^[18];还可以模拟全球变暖、气候异常、人类活动(如砍伐、防治)等对植被和昆虫动态的影响。根据预测结果,可以直接指导人们的农林生产和病虫害防治。GIS 结合专家系统 ES、决策支持系统 DSS,可以建立植被信息系统,用于植被资源和病虫害综合管理。结合数据库技术和网络技术,可以建立植被信息系统网络,作为数字地球的有机组成部分,实现资源共享。结合实时遥感数据和实地数据,这个网络可用于病虫草害的预报、发现和防治,生物多样性保护,植被资源的动态监测和可持续利用,如王晓栋等基于 3S 技术的县级土地利用动态监测技术^[21]。

4.5 虚拟三维植被景观

时空多维 GIS 和可视化技术的发展,使我们可以直观地观察和模拟动植物的时空动态,并可利用实时遥感数据和地表信息,构建虚拟植被景观,例如 Hehlhange 探讨了可视化景观的构造元素和生态功

能^[22]。运用 GIS 投影变换功能,可以获取不同视角的景观投影或透视图,如植被的水平分布图、垂直分布图等。如果采用雷达遥感或激光遥感,还可以研究植被的冠层结构,构建三维森林结构图。

4.6 山地植被与环境研究

由于 MVIS 引入了高度维,可以更准确地反映山区起伏的地形、海拔、坡向、坡度等要素。这些要素与植被的生长环境如太阳辐射、降雨量、温度、风向等密切相关。而且,GIS 能够明显提高山地植被图的绘制精度^[23]。因此多维植被信息系统特别适合于山地植被与环境的研究。例如,张洪亮等建立了基于 DEM 的山区气温空间模拟方法^[24],可用于探讨山地植被与气候的关系;余世孝等则利用 GIS 研究了山地植被的垂直分布^[17];张惠远等则探讨了有关山地的景观规划问题^[20]。

5 结语

由多维植被信息系统不但可以获取通常所需的各种低维信息,而且可以进行三维空间分析、时空分析、预测和动态模拟等,具备强大的时空数据处理能力。引入可视化技术、交互技术和虚拟现实技术,实现生物信息立体实时显示,为多维植被信息系统提供了友好的用户交互界面,特别适合于山地研究。结合专家系统、数据库、多媒体和网络技术,实现全球资源共享,多维植被信息系统使得植被研究和管理真正实现自动化、无纸化,有效地支持科研、经营管理和政府决策,从而促进生物多样性的保护、可持续发展战略、信息高速公路和数字地球的建立。但目前多维植被信息系统尚处于设想阶段,其实现需要多学科人员的协作和相关技术的进一步发展,并要克服有关空间信息获得、处理和存储的诸多困难。

参考文献(References):

- [1] Zhang Ning. What is Multi-dimensional Display[A]? In: Chen Shupeng. Questions on Digital Earth[C]. Beijing: Science Press, 1999, 85~86. [张宁. 什么是多维显示[A]. 见: 陈述彭. 数字地球百问[C]. 北京: 科学出版社, 1999, 85~86.]
- [2] Pan Daiyuan. The Use of Geographic Information System (GIS) Technology For Compiling Ecological Map[J]. *Acta Phytocologia et Geobotanica Sinica*, 1990, 14(3): 296. [潘代远. 利用地理信息系统技术进行生态图的编制[J]. 植物生态学与地植物学报, 1990, 14(3): 296.]
- [3] Li Hongju, Ouyan Zhiyun, Zhang Kewen *et al.*. The Development of Biosphere Reserve Management System and Its Application

- in Wolong Nature Reserve[J]. *Chinese Biosphere Reserve*, 1995, (3): 8. [李洪举, 欧阳志云, 张科文, 等. 生物圈保护区管理系统的开发及其在卧龙自然保护区中的应用[J]. 中国生物圈保护区, 1995, (3): 8.]
- [4] Wang Renqin, Zhang Zhiguo, Tang Li, *et al.*. Development of Shandong Vegetation and Environment Information System[A]. In: Zhang Xinshi, Gaoqiong. *Information Ecology Studies*[C]. Beijing: Science Press, 1997, 197~204. [王仁卿, 张治国, 汤丽, 等. 山东植被与环境信息系统的建立[A]. 见: 张新时, 高琼. 信息生态学研究(第一集)[C]. 北京: 科学出版社, 1997, 197~204.]
- [5] Yu Shixiao, Li Yong, Wang Yongfang, *et al.*. The Vegetation Classification and Its Digitized Map of Heishiding Nature Reserve, Guangdong I. The Distribution of the Vegetation Type and Formation[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2000, 39(2): 61~69. [余世孝, 李勇, 王永繁, 等. 广东黑石顶自然保护区植被分类系统与数字植被图 I. 植被型与群系的分布[J]. 中山大学学报, 2000, 39(2): 61~69.]
- [6] Li Yong, Yu Shixiao, Lian Juyi, *et al.*. The Vegetation Classification and Its Digitized Map of Heishiding Nature Reserve, Guangdong II. The Distribution of Association[J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2000, 8(2): 147~156. [李勇, 余世孝, 练琨, 等. 广东黑石顶自然保护区植被分类系统与数字植被图 II. 群丛的分布[J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(2): 147~156.]
- [7] Xu Guanhua, Tian Guoliang, Wang Chao, *et al.*. Remote Sensing Information Science: Progress and Prospect[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(5): 385~397. [徐冠华, 田国良, 王超, 等. 遥感信息科学的进展和展望[J]. 地理学报, 1996, 51(5): 385~397.]
- [8] Wang Zhengquan. Geostatistics and Its Applications in Ecology [M]. Beijing: Science Press, 1999, 1~197. [王政权. 地统计学及在生态学中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999, 1~197.]
- [9] Zhou Guofa, Xu Rumei. Biostatistics Methods and Their Applications for Spatiotemporal Analysis of Biological Populations[M]. Beijing: Science Press, 1998, 1~164. [周国法, 徐汝梅. 生物地理统计学—生物种群时空分析的方法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998, 1~164.]
- [10] Tang Huajun. Expert Systems and Decision Support Systems: Differences and Applications[J]. *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*, 1995, (3): 56~60. [唐华俊. 专家系统和决策支持系统的异同及其应用[J]. 中国农业资源与区划, 1995, (3): 56~60.]
- [11] Robinson V B, Frank A U. Expert System Applied to Problems in GISes: Introduction, Review & Prospects [J]. *Computers, Environment, and Urban Systems*, 1987, 11(9): 161~173.
- [12] Huang Bo, Wang Yingjie. Initial Research on Integration of GIS and ES and Its Applications[J]. *Remote Sensing of Environment China*, 1996, 11(3): 234~239. [黄波, 王英杰. GIS 与 ES 的结合及其应用初探[J]. 环境遥感, 1996, 11(3): 234~239.]
- [13] Zhang Yongsheng. Remote Sensing Image Information System [M]. Beijing: Science Press, 2000, 1~333. [张永生. 遥感图像信息系统[M]. 北京: 科学出版社, 2000, 1~333.]
- [14] Chen Jin, Shi Peijun, Li Jing. The Preliminary Study of Design of Temporal GIS Based on Spatiotemporal Data[J]. *Remote Sensing of Environment China*, 1995, 10(2): 143~151. [陈晋, 史培军, 李京. 时空一体化数据的 TGIS 设计的初步探讨[J]. 环境遥感, 1995, 10(2): 143~151.]
- [15] Ou Xiaokun, Jin Zhengzhou, Peng Mingchun, *et al.*. Distribution of Vegetations in Mengyang Nature Reserve of Xishuangbanna and Their Ecological Characteristics[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, 8(Supp.): 8~19. [欧晓昆, 金振洲, 彭明春, 等. 西双版纳勐养自然保护区植被的分布与生态特征[J]. 应用生态学报, 1997, 8(增): 8~19.]
- [16] Yang Zisheng, Peng Mingchun, Wang Yunpeng. The Basic Contents of Soil Erosion and Sustainable Use Map of Sloping Cultivated Land and Its Compiling Method in the Northeast Mountain Area of Yunnan Province[J]. *Journal of Mountain Science*, 1999, 17(Supp.): 93~96. [杨子生, 彭明春, 王云鹏. 滇东北山区坡耕地水土流失与可持续利用图的基本内容与编制方法[J]. 山地学报, 1999, 17(增): 93~96.]
- [17] Yu Shixiao, Zang Runguo, Jiang Youxu. Spatial Analysis of Species Diversity in the Tropical Vegetation Along the Vertical Belt at Bawangling Nature Reserve, Hainan Island[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(9): 1438~1443. [余世孝, 臧润国, 蒋有绪. 海南岛霸王岭垂直带热带植被物种多样性的空间分析[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1438~1443.]
- [18] Hilbert D W, Ostendorf B. The Utility of Artificial Neural Networks for Modeling the Distribution of Vegetation in Past, Present and Future Climates [J]. *Ecological Modelling*, 2001, 146: 311~327.
- [19] Jorge L A B, Garcia G J. A Study of Habitat Fragmentation in Southeastern Brazil Using Remote Sensing and Geographic Information System (GIS) [J]. *Forest Ecology and Management*, 1997, 98(1): 35~47.
- [20] Zhang Huiyuan, Wang Yanglin. A Practical Approach of Ecological Planning of Mountain Landscape: A Case Study of Karst Mountain Areas of Southern Western China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(1): 445~452. [张惠远, 王仰麟. 山地景观生态规划: 以西南喀斯特地区为例[J]. 山地学报, 2000, 18(1): 445~452.]
- [21] Wang Xiaodong. 3S-based Technology System of Dynamic Monitoring Land Use at County Level[J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(1): 26~30. [王晓栋. 基于 3S 技术的县级土地利用动态监测技术[J]. 山地学报, 2000, 18(1): 26~30.]
- [22] Hehl-Lange S. Structural Elements of the Visual Landscape and their Ecological Functions[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 54(1~4): 105~113. []
- [23] Wu Bingfang, Huang Xuan, Tian Zhigang. Vegetation Mapping Using Remote Sensing and Geographic Information System Technique at Pusch Ridge, Tucson, State Arizona, USA[J]. *Remote Sensing of Environment China*, 1995, 10(1): 30~37. [吴炳方, 黄绚, 田志刚. 应用遥感及地理信息系统进行植被制图

- [J]. 环境遥感, 1995, 10(1): 30~37.]
- [24] Zhang Hongliang, Ni Shaoxiang, Deng Ziwang, *et al.*. A Method of Spatial Simulating of Temperature Based Digital Elevating Model (DEM) in Mountain Area[J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(3): 360~364.]

张洪亮, 倪绍祥, 邓自旺, 等. 基于 DEM 的山区气温空间模拟方法[J]. 山地学报, 2002, 20(3): 360~364.]

Multi-dimensional Vegetation Information System and the Prospect of Its Applications

DAI Xiao-hua, YU Shi-xiao

(School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275 China)

Abstract: Two-dimensional vegetation mapping has been widely used in the research and management of woodlands, grasslands, croplands and wetlands. With the rapid development of 3S (GIS, GPS and RS) techniques, the quality and precision of vegetation mapping have been significantly improved, while the time and labor consuming decreased remarkably. However, both height dimension and time dimension were not considered in such maps. Although contours, colors, symbols or thematic mapping may be helpful, their applications are limited. An idea of multi-dimensional vegetation information system (MVIS) is proposed based on this background. It is composed of five components: GIS, DPM (Data Processing Module), DAM (Data Accessing Module), VAM (Vegetation Analysis Module) and IDM (Interactive Displaying Module). With a user-friendly visual interface, a powerful spatio-temporal data processing function and web-based databases, MVIS can be applied in spatiotemporal analysis of vegetation, virtual reality of 3D landscapes, vegetation-climate-terrain relationships and vegetation integrated management.

Key words: GIS, GPS, RS, multi-dimensional vegetation information systems (VIS)

欢迎订阅《灾害学》

《灾害学》杂志是全国创刊最早(1986年)、综合、系统、全面介绍灾害科学研究内容、研究动态、研究方法、研究成果的科技期刊。《灾害学》既刊登有关自然灾害的稿件,又登载有关人文灾害的内容。《灾害学》在初创之时,就受到著名科学和社会活动家钱学森、于光远等前辈的热忱关注和大力支持。《灾害学》曾获得国家、省部级的多次奖励;首批进入中国期刊方阵,为双效期刊。由于《灾害学》在灾害科学领域的知名度和影响力,其发行量始终稳居本学科、本系统之最。

《灾害学》杂志为16开季刊,国内统一刊号:CN61-1097/P,每期内页96码,每期6元,另加邮寄、包装费1.50元,全年订费30元。本刊自办发行,欢迎新老用户订阅本刊,来函即寄订单。

地址:西安市边家村水文巷4号 邮编:710068 电话:(029)8465341

电子信箱:zhx@eqsn.gov.cn 单位:灾害学杂志编辑部

账号:3700023109014486285 开户行:工行西安市支行含光路分理处