

虚拟草地生态系统的建立方法

袁 清, 徐 柱, 王加亭

(中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特 010010)

摘要:通过分析草地生态系统的要素及其关系, 将其抽象为多维的虚拟空间, 综合应用草地生态学原理、地理信息系统技术、数据库技术、网络技术、软件技术以及 JAVA 语言, 集成基础科学数据和动态信息, 在国际互联网上构建了完全开放和共享的、具有 10 维空间的虚拟草地生态系统。系统实现了空间-属性的双向复合查询和分析、牧草信息检索等主要功能。结果表明, 该虚拟系统包含信息量大、运行稳定, 为业界提供了一个方便、快捷的信息查询和空间分析的共享平台。该系统是我国在互联网上第一个基于 WebGIS 技术的虚拟草地生态系统, 为建设我国数字草原提供技术支持。

关键词:虚拟; 草地生态系统; 多维虚拟空间

文章编号: 1000-0933(2006)03-0768-05 **中图分类号:** X171.1 **文献标识码:** A

Developing a virtual grassland ecosystem website: methodologies and implementation — for sharing research and outreach information

YUAN Qing, XU Zhu, WANG Jia-Ting (Grassland Research Institute of Chinese Academy of Agricultural Science, Hohhot 010010, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(3): 768 ~ 772.

Abstract: There is much data and information about grassland ecosystems in China but it is scattered throughout the country and only partially shared. Thus, it is difficult for scientists to adequately study relationships between communities of grassland plants and their environment and the changes that are occurring in the various grassland ecosystems. In addition, it is difficult for government decision-makers to assess the current status and important trends. This study examined the methodology of establishing a "web-based virtual grassland ecology system" for China by applying ecological concepts and new digital technologies.

Grassland ecosystems can be conceptualized as multidimensional spaces. Any point within the system may be identified by latitude, longitude, and elevation. In addition, vegetation type, extent of cover, biomass yield, soil type, climate attributes, and other characteristics are spatially variable. This research project chose 10 primary attributes to characterize the grassland ecosystem. The attribute database was applied spatially to a digital elevation model. This was then integrated with dynamic information in the form of remote-sensing images. Technologies applied included Java Applet programming and ASP software within the framework of a GIS, with the system delivered over the Internet to the global scientific community. The current URL is: <http://www.grassland.net.cn>.

For any point on the map of China, the current system provides 10 attributes (latitude, longitude, elevation, vegetation type, soil type, annual average precipitation, annual average temperature, accumulated temperature greater than 10°C, above ground biomass, and local district name). Users can also specify a single attribute (such as vegetation type) for the system to find its geographic distribution and area. In addition, if multi-attributes are specified, eg. temperate grassland, chestnut soil, precipitation < 300 mm, and elevation between 800 and 1500 m, the system will quickly display the geographic distribution and

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471226); 国家 973 重点基础研究发展规划资助项目(G2000018600)

收稿日期: 2005-06-01; **修订日期:** 2006-01-10

作者简介: 袁 清(1957~), 男, 内蒙古人, 硕士, 研究员, 从事 3S 技术在草原科学领域的应用研究. E-mail: yuan-q@yeah.net

Foundation item: The project was supported by National Natural Science Foundation of Chinese (No. 30471226) and National 973 Project of China (No. G2000018600)

Received date: 2005-06-01; **Accepted date:** 2006-01-10

Biography: YUAN Qing, Master, Professor, mainly engaged in application of 3S technology in grassland science. E-mail: yuan-q@yeah.net

area which matches the four conditions of the query.

This draft system uses a novel approach and current electronic technologies to display characteristics of Chinese grasslands on the Internet. This prototype demonstrates the feasibility and value of WebGIS and Java technologies. The system offers a virtual platform for cooperative research for scientists engaged in the field of grassland ecology, allowing for organization of large amounts of data and synthesis of new information by integration of various data types.

Key words: virtual; grassland ecosystem; multi-dimensional space

中国草地面积有近 400 万 km^2 ^[1], 占国土总面积的 42%, 是重要的自然资源。草地生态系统是脆弱的陆地生态系统^[1], 稳定性差。我国的草地生态系统影响着我国、甚至全球的生态环境。

随着草地生态学的发展, 草地生态系统的数字化管理和数字模拟已成为草地生态学的重要研究方向。这主要是基于如下几方面的事实: ①由于多年研究的积累, 草地生态系统的静态信息和动态变化信息量非常之大, 常规的信息管理方法很难适应学科发展的需求, 尤其不便于从宏观上深入分析研究草地植物群落与环境的关系、不便于分析系统变化规律及趋势; ②草地生态系统信息分散, 海量数据分散在不同地区、不同场所, 不利于资料数据的充分利用^[2]; ③国家政府决策部门难于及时了解草地生态系统的总体状况和动态变化, 影响着维持草地生态系统的科学决策; ④草地生态系统信息不共享, 尤其是动态信息。

针对上述问题, 本研究力图应用生态学原理和数字技术, 探索在国际互联网上构建虚拟的草地生态系统的技术和方法。

1 设计思想和基本原理

1.1 草地生态系统解析

描述一个对象的基本方法是先分析组成对象的要素, 且抓住最主要的要素, 然后找出要素之间的关系, 最后应用一定的描述方法来描述各要素及要素间关系, 以达到描述对象的目的。草地生态学主要研究草地与环境的关系, 草地生态系统中最主要的要素是草地植被和环境。植被可从群落水平、种群水平、种的水平分为更细的要素; 而环境要素也可从气候、土壤、动物、人为干扰等方面分为更细一级的要素。从草地生态学的观点, 描述草地生态系统首先要抓住植被与环境两大要素, 且植被为首要素, 然后描述植被与环境的关系。这是建立虚拟草地生态系统的基本指导思想。

1.2 草地生态系统抽象分析

为了使虚拟的草地生态系统尽可能形象化, 首先需要从数学和信息学的角度来抽象分析草原生态系统。通过分析草原生态系统的组成、结构、要素间关系, 可以将其抽象为一个数学上的多维空间结构。对于系统空间内任意一点, 除了具有人们熟知的三维空间(X : 经度; Y : 纬度; Z : 高程)的属性外, 还有时间、温度、水分、土壤等属性空间, 而更重要的, 也是人们最关心的, 同时也充当这一空间主要要素的是对应于这一点关于植被以及草种。对于这一主要素, 尚具有诸如植被的类型和结构、生长或健康状况、地上生物量的动态变化等属性。应用同样的抽象分析方法, 对于系统中一个具体的草种, 同样可以抽象为多维空间中的一个点。对应于这一点(植物), 除了具有一般几何空间以及其形态学、生理学、遗传学等属性外, 也具有时间、土壤、气象、以至于生态等多维空间的特点。虽然从理论上人脑是无法形象化想象大于三维的空间的, 但多维空间(如草原生态系统)确实客观存在。如果将其抽象化, 且各属性空间是可数字化的, 那么用现代信息技术和数字技术模拟草原生态系统, 或者说构筑数字草原在理论上便是可行的。这是我们这项研究的主要理论依据。

1.3 构建虚拟草地生态系统策略分析

如果把信息简单地堆积在一起, 是不能称其为信息系统的。系统是把各组成要素有机联系在一起的集合, 它强调各组成要素之间的关系与相互作用。同理, 如果把草原生态系统的各种属性(要素)数字化后堆积在计算机中, 显然是不能称作虚拟草地生态系统的, 更不能叫做数字草原, 甚至都不能称为信息系统。另一方面, 草原生态系统中的少量数据仅能反映系统的某个或某些属性, 但这个(些)属性不能代表整个草原生态系

统;也就是说如果用较少的属性来描述或模拟草原生态系统,显然是片面的、残缺不全的。尽管永远也不可能收集到一个草原生态系统全部的属性数据,并科学地组织和集成,但是如果抓住其主要矛盾,则可以用有限维数的空间来概括草原生态系统的基本特征,模拟一个能大体上代表实际生态系统的多维虚拟空间,供研究和分析之用。基于这一分析,首先分析草原生态系统中的主要矛盾,有限地选择关系最为密切的主要因子(要素),用数字技术构筑多维、虚拟的草原生态系统。这样,研究工作就可概括为 3 个要点:

- ① 草原生态系统分析和多维空间抽象化;
- ② 数据搜集和集成;
- ③ 信息的综合应用。

其中,第 1 个要点关键在于如何用有限(较少)的维数来抽象地描述草原生态系统;第 2 个要点的关键是基于草原生态系统的基本理论,如何组织数据,如何建立数据之间的联系,如何把大量数据集成为一个有机的整体;第 3 个要点的关键是如何综合应用现代的地理信息系统(GIS)技术、数据库技术、网络技术、软件技术、遥感技术,构建一个能概括中国草资源、能反映中国草原生态系统内在联系、真正意义上共享的信息平台。

为此,把构建中国草资源信息系统作为建设中国数字草原的第一个目标,抓住上述 3 个要点,并逐个解决其中的关键技术,为建设中国的数字草原迈出第一步^[5]。

2 研究方法和技术路线

2.1 草地生态系统抽象化

根据草地生态学原理和前人的研究结果,主要的植被类型表现出植物界对主要气候类型的响应^[3],气候因子是决定地球上植被类型及其分布的最主要因素^[4]。因此首先从实际的多维草原生态系统中选取了主要素草地类型,以及年平均降水量、年平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温这 3 个重要属性;考虑到土壤与草地生态系统中物流的密切关系,选取了土壤因子;再加上作为空间所必需的三维属性,即经度、纬度和高程;最后加上最能反映草地生态系统动态特征的地上生物量,以及与生产和管理密切相关的行政区。这样,用 10 维空间来大体上描述我国的草地生态系统。

从个体角度,选取了国际分类码、科名、属名、种名、学名、地理分布、生境、海拔、花序、根系类型、授粉方式、生态类型、生活型、种子描述、养分要求、抗逆性、适口性、株型、株高、生育天数、干鲜比、消化率、营养成分、千粒重、染色体数、植株外形等属性来描述一个具体的草种。

2.2 数据源及规范化处理

数据源为中国科学院出版的 1:400 万草地资源图、土壤类型图和气象类图件,以及中国植物志、内蒙古植物志、饲用植物营养成分等已出版发行的数据资料或内部交流的数字化资料。所有图件均处理转化为栅格(Raster)格式,数据位深度为 24 bits。其中的地上生物量取自卫星遥感影像,经一系列处理生成植被指数图。属性数据均规范化为关系型数据表格式。

2.3 虚拟草地生态系统开发平台和实现方法

系统开发和运行平台选择了国际互联网(Internet),为的是实现真正意义上的开放与共享;运行方式选用目前流行的浏览器/服务器(B/S)模式,以适应不同水平级的计算机应用人员,通过一般上网方式使用该信息系统;采用虚拟主机(Web 服务器置于北京电信中心机房,带宽 100M,直接与 CHINANET 相连)方案,异地远程管理;

系统开发语言使用 JAVA 和 Active Server Pages(ASP)及 JavaScript,基于 GIS 的基本思想,构建草原生态系统的虚拟多维空间,通过开发特殊的软件模块,实现多维空间图层的叠加、系统数据的管理、查询、运算和分析。具体方法涉及深层次的软件技术、GIS 技术以及数据库技术和网络技术,另文刊出,此处不赘述。

3 研究结果

3.1 建立了虚拟草地生态系统

应用地理信息系统图层叠加的原理,建立了草原生态系统的空间数据库和相应的属性数据库,通过软件

系统模拟了草原生态系统的 10 维空间,使系统中任意一点都与地理坐标、海拔、草地类型、土壤类型图、行政区域、年平均降水量、年平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、地上生物量 10 个属性密切相关;同时,10 维空间中任意一维的任一属性值都与系统中特定的点或区域相对应。任何人在任何地区均可上网直接进入系统网站 (www.grassland.net.cn),并进入这一多维的虚拟空间。系统逻辑结构见图 1。

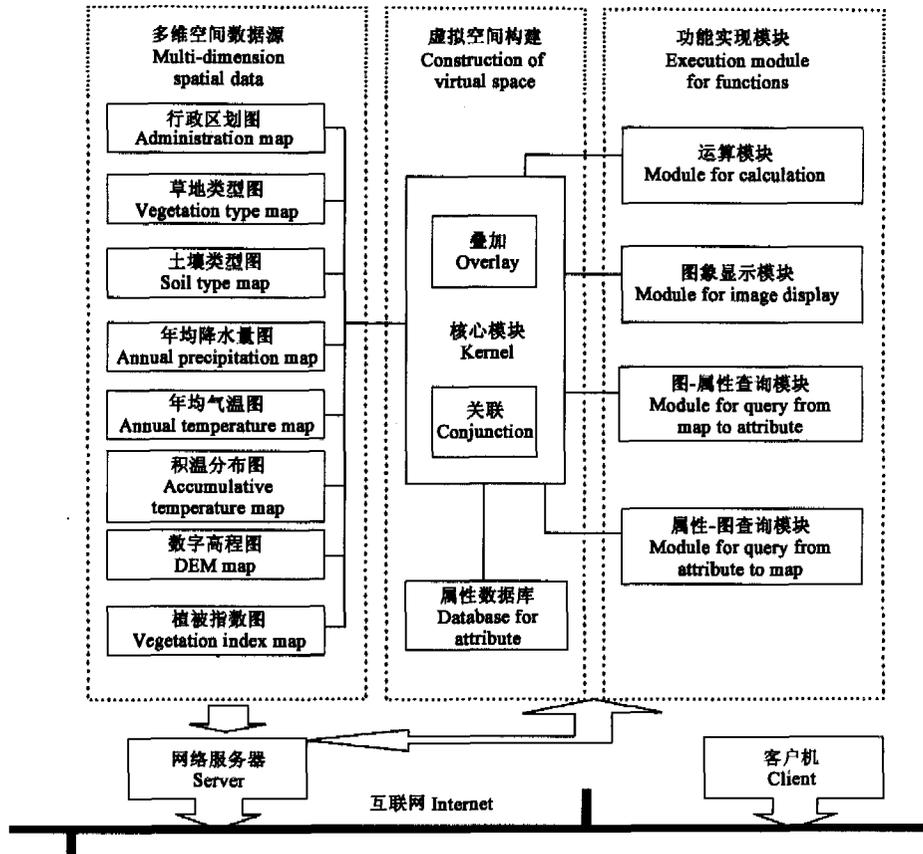


图 1 系统逻辑结构图

Fig.1 Diagram of system logic structure

3.2 提供空间信息和属性信息的双向查询

3.2.1 多维信息浏览 可以在网络上显示我国草地类型图或土壤类型图(其余图层叠于其下),用鼠标浏览图中任意一点的 10 维信息。当鼠标分布坐标置于图中任意一点时,网络系统自动显示该点的 10 项信息(地理坐标、草地类型、土壤类型、所属地区、年平均降水量、年平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、地上生物量、海拔高度)。随着鼠标的移动,可以方便、快速地浏览和查询我国境内任意点(地区)的多维信息。

3.2.2 信息分布查询 可以指定具体的属性(如某个草地类型、土壤类型等,或指定某个范围的降水量、气温等),由系统自动查找并显示符合条件的地区分布和总面积,如某一草地类型的分布或某一指定气候条件的分布;也可以同时指定多个属性,例如选择“温性草原类”,再选择“栗钙土”,又指定“年平均降水量”小于 300mm 和海拔 800 ~ 1500m,系统便可根据指定的条件自动分析出同时符合这 4 个条件的地区,也就是找到分布在栗钙土上、而且是年平均降水量小于 300mm、在海拔 800 ~ 1500m 范围的温性草原,并标成红色,同时显示出其分布总面积。

3.3 建立了牧草资源检索系统

3.3.1 按名称检索 可以按中文名称、拉丁名、或国际分类码检索,系统首先检索到指定草种,继而可获得该草种的文字和数字描述,同时还显示该草种的彩色照片以及该草种在我国的自然分布图。在分布图中,同样可以获得牧草分布点(区)的多维信息。

3.3.2 按性状检索 可以指定单一性状,如指定“生境”,并输入关键词“干”,便可检索到适于生长在干旱地区的草种;也可指定多个性状,如选择了“生境”,输入关键词“干”,又选择“生活型”,输入关键词“多年生”,再选择“适口性”是“好”,便可检索到生长在干旱地区的、牛羊喜食的一系列多年生牧草,进而可分别获得每个草种的详细信息。目前系统仍在建设之中,有的数据尚未收集到而空缺。

4 分析和讨论

该信息系统是我国第一个基于草地生态学原理和网络地理信息系统(WebGIS)技术的互联网共享虚拟草地生态系统^[5],是我国数字草原的一个雏形,标志着我国网络地理信息系统技术应用于草地生态学的最新进展,填补了该领域的国内空白。事实上,从草原科学领域多维数据集成应用和互联网共享的角度来看,在国际上也是首创。尤其是通过虚拟技术实现多维空间信息在互联网上的快速浏览和查询技术,是本系统的独到之处。

这一研究应用新的思想和方法,通过科学的生态系统分解、多维数据集成和现代信息技术的综合应用,突破了运用一般手段进行信息简单堆积的模式,突出数据与空间、数据与数据、空间与空间之间的关系。通过这一实践,说明以 Internet 为基本平台构建虚拟草地生态系统的可行性,也说明系统规划和设计的合理性。虽然系统中的数据和资料及图件是有限的,但由于研究人员在分析时目的不同,组合查询的方式不同,从而得到的结果信息及其内涵则远远超出了系统本身的信息量,给研究人员或学生一个超出三维空间的、多层次的思维空间,科研人员在这样的多维虚拟空间也许能发现某个问题、找到某种规律、引发出新思路。

通过这一探索性研究和所建虚拟草地生态系统的实际运行,结合收到的反馈意见,此项研究今后应该从 3 个方面深入:第 1,在系统多维空间上进一步细化,分区(省区、旗县)来详细、准确地数字化描述我国草原生态系统;第 2,增加虚拟生态系统的空间维数,比如群落的组成和结构、土壤酸碱度、极端气温等属性空间,以便更加全面地描述草原生态系统;第 3,应用三维地理信息系统(3D-GIS)技术,实现草地生态系统景观的立体显示和浏览,构建具有身临其境效果的虚拟系统。

References:

- [1] Li B. Study on developing dynamic monitoring grassland stock raising to realize the modernization of the grassland information management. Dynamic monitoring grassland stock raising in the north of China (1). Chinese Agricultural Scientific & Technological Press, 1993.3~7.
- [2] Xu G H. 800 million yuan will be cost to integrate national science resources in China this year. People Daily, 2004,2,24.
- [3] Zhang X SH. Study on the classified system of the global vegetation-climate change. Fourth Century Research, 1993,2:157~169.
- [4] Niu J M. Climate-based digital simulation on spatial distribution of vegetation: A case study in Inner Mongolia. Acta Ecologica Sinica, 2001,21(7):1064~1071.
- [5] Hong F. The information system of grassland and pasture species resources has been realized in China. Science & Technology Daily, 2004.1.9:10.

参考文献:

- [1] 李博. 开展草地畜牧业动态监测研究 实现草地信息管理现代化. 见:李博主编. 中国北方草地畜牧业动态监测(一). 北京:中国农业科技出版社,1993. 3~7.
- [2] 徐冠华. 中国今年投入 8 亿元专项经费整合国家科技资源. 见:人民日报,2004.2.24.
- [3] 张新时. 研究全球变化的植被—气候分类系统. 第四纪研究,1993,2:157~169.
- [4] 牛建明. 基于气候的植被空间分布的数字模拟——以内蒙古为例. 生态学报,2001,21(7):1064~1071.
- [5] 洪福. 我国有了草地资源、牧草种质资源信息系统. 见:科技日报,2004.1.9.