

# 欧亚大陆山地垂直带数字集成系统的设计与应用

赵芳<sup>1,2</sup>, 张百平<sup>1\*</sup>, 谭靖<sup>1</sup>, 韩芳<sup>1,2</sup>, 庞宇<sup>1,2</sup>, 姚永慧<sup>1</sup>

(1. 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;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 在欧亚大陆山地垂直带 880 个带谱点数据采集的基础上, 设计和开发了山地垂直带数字集成系统。其功能: (1) 垂直带谱可视化显示功能: 实时生成垂直带地理分布图、垂直带堆积柱状图、上下限高度随经纬度变化曲线; (2) 垂直带上下限提取和绝对高度和相对高度转化功能: 提取山地垂直自然带分布上限和下限高度, 进行垂直带的宽度和垂直带上限海拔高度之间的转化; (3) 垂直带查询、分析功能: 空间选择垂直带查询、植被带和温度带等地理区域的垂直带查询与其制图分析; (4) 垂直带界线提取功能: 林线、雪线、冻土线等垂直带界线分布高度, 随地理位置、气候、地形等影响因子变化的曲线生成、垂直带界线数据输出。其为揭示欧亚大陆山地环境的垂直分布规律奠定了重要的基础, 为大陆尺度和全球尺度山地垂直带的地理分析和生态分析提供了重要的技术平台。

**关键词:** 山地垂直带系统; 数字集成; 堆积柱状图; 林线

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2011.00346

## 1 引言

植被的地带性变化, 包括水平地带性(纬度地带性和干燥地带性)和垂直地带性, 即 C. 特罗尔提出的“三向带性”现象<sup>[1-2]</sup>。山地环境的变化梯度在垂直方向上是水平方向上的数百倍至上千倍, 从山麓到山顶, 山地植被类型呈现复杂和丰富的更迭和变化, 形成不同的垂直带谱组合。山地垂直自然带谱因而蕴含了极为丰富的生态和地理内容; 每一个垂直带都是各种自然要素综合作用的结果, 能够反映一定高度上综合自然特征<sup>[3]</sup>。山地垂直带的识别和数字化集成, 可充分揭示山地环境和生物多样性, 为地理学家和生态学家认识山地生态系统的复杂性, 揭示山地环境分异规律及其机理奠定了重要基础。

山地垂直带谱是山地景观最直接、最丰富的表达模式, 是揭示山地环境结构的基本模型方法<sup>[4]</sup>。过去对山地垂直带谱的研究往往侧重于带谱特征的描述性说明, 其中包括阿尔卑斯山<sup>[5]</sup>、高加索山<sup>[6]</sup>、比利牛斯山<sup>[7]</sup>、洛基山<sup>[8]</sup>、横断山<sup>[9]</sup>、祁连山<sup>[10]</sup>

等, 单座山脉垂直带分布特征的描述, 也包括诸如青藏高原地区<sup>[11]</sup>、日本<sup>[12]</sup>、东南亚地区<sup>[13-14]</sup>等区域山地垂直带分析和总结, 同时也包括 Körner<sup>[15]</sup> 和 Leuschner<sup>[16]</sup> 等生态学家对全球范围垂直带界线的特征和成因的分析。这些宝贵的资料和数据是我们深入研究世界山地垂直带空间分布规律和形成机理的第一手材料, 它为我们深入研究山地垂直带分布规律奠定了基础。它们对区域山脉进行垂直带分布拟合时, 小尺度范围达到了较为理想的拟合效果<sup>[17-18]</sup>。但由于缺乏大尺度统一的集成环境并受限于数据量的限制, 无法外推至其他区域。在数据有限的情况下, 如果进行强行拟合, 只会歪曲和误解地理规律。过去垂直带表达多采用手工绘图或简单的计算机模拟制图, 缺乏数字化的表达方式, 表达形式固定而且表达范围有限。这些问题的存在与科学的发展阶段和学科的发展环境有着密切关系: 一方面, 传统的测量方法获取山地垂直带数据的难度较大, 数据的利用效率较低; 另一方面山地垂直带的集成工作涉及大量的地理数据, 没有地理信息系统作为集成平台, 海量的垂直带数据存

收稿日期: 2010-12-15; 修回日期: 2011-05-10.

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41030528)。

作者简介: 赵芳(1984-), 女, 河南三门峡人, 博士研究生, 主要研究方向为山地地理, GIS 应用。

E-mail: zhaof.10b@igsnr.ac.cn

\* 通讯作者: 张百平(1963-), 男, 研究员, 博士生导师, 研究领域为山地生态与 GIS 应用。E-mail: zhangbp@reis.ac.cn

储、显示、分析,以及传输等工作难以完成。

随着现代对地观测技术、GIS 技术和网络技术的发展,山地垂直带的研究进入一个新的发展阶段。2002 年张百平首次提出了数字山地垂直带谱和垂直带标准化的概念<sup>[19]</sup>;构建了中国山地垂直带谱等级体系<sup>[4]</sup>;设计了中国山地垂直带谱数据模型,并对我国的 239 处山地垂直带谱数据进行了标准化和空间数据集成;2004 年完成了中国山地垂直带信息系统的研发<sup>[20]</sup>,首次实现了中国山地垂直带的研究从传统的“模拟信号”向“数字信号”的转变;2005 年武红智对系统进行了改进,增加了山地垂直带数据的立体标识、颜色定制等功能,完善了山地垂直带空间可视化效果<sup>[21]</sup>。伴着研究范围的扩展,数据库中山地垂直带带谱点数据由 239 个增加到 880 个。收集的数据不仅包括带谱点自身的特征数据,还包括用于研究垂直带形成机理的气象数据、基础地理数据、山地背景数据等相关数据,研究范围从中国扩展到欧亚大陆。2008 年谭靖在中国山地垂直带谱数据模型的基础上,构建了第二代山地垂直带谱数据模型<sup>[22]</sup>,建立了欧亚大陆山地垂直带分类系统,详细阐述了垂直带谱数据及其他相关数据的集成流程,设计了垂直带图谱数据库和欧亚大陆山地垂直带谱数字集成的框架体系,为系统的建立奠定了良好的基础。

本文在欧亚大陆山地垂直带数字集成框架的基础上,进行了结构和功能的设计,研制了欧亚大陆山地垂直带数字集成系统。系统不仅实现了山地垂直带在欧亚大陆范围内的空间数字集成和可视化,也实现了山地垂直带基于温度带及水平自然地带类型的查询分析,林线、雪线、暗针叶林线等垂直带界线的瞬时提取,为定量刻画垂直带界线的变化提供了重要的数据输出接口,也为欧亚大陆山地垂直带谱分布规律和控制机制的研究提供了重要的工具。

## 2 系统的总体结构设计

### 2.1 系统的设计目标和原则

欧亚大陆山地垂直带数字集成系统的设计目标是:建立适用于欧亚大陆甚至世界范围内的山地垂直带分类体系,实现了山地垂直带数据的标准化,进行山地垂直谱的 GIS 制图,实现垂直带数据的空间可视化。进而为山地垂直带地学统计分析、

地理规律与知识发现,以及垂直带信息图谱的构建奠定重要的基础。

欧亚大陆山地垂直带数字集成平台的设计原则:(1)实用性:系统使用数字表达方式代替传统山地垂直带手工绘图,能够满足山地垂直带研究的需要。(2)标准化:数据从采集、输入到数据库的存储具有标准化的流程,保证系统和数据的易用性和扩展性。(3)灵活性:山地垂直带的表达方式灵活多样,支持大范围山地垂直带可视化显示,可根据需求灵活显示区域尺度地垂直带,灵活设定系统的管理和维护权限。(4)模块化:将山地垂直带的显示、分析等不同的功能设计为相互独立的模块。(5)扩展性强:系统设计了山地垂直带多元分析扩展接口,拓展了系统的功能和应用范围。

### 2.2 系统总体结构设计

欧亚大陆数字集成系统采用多层体系结构,包括应用层、接口层、功能层和数据层,层次间相互关联。总体结构设计如图 1 所示。应用层主要用于用户请求的提交和结果的回馈。接口层负责用户层和功能层之间消息的传递,包括操作接口、查询接口、分析接口以及管理接口等应用接口。功能层是连接应用接口层和数据层的桥梁,由各类功能模块构成。用户通过功能层功能函数访问数据层数

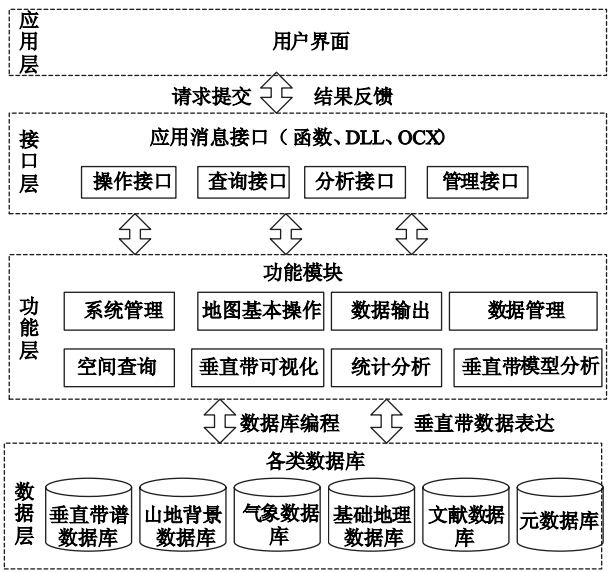


图 1 欧亚大陆山地垂直带数字集成系统总体结构图  
Fig. 1 Overall structural diagram of the digital integrated system for the Mountain Altitudinal Belt Spectra in the Eurasian Continent

数据库,实现相应的功能。数据层位于系统的体系结构的最底层,由垂直带谱数据库、山地背景数据库、气象数据库、基础地理数据库、文献数据库和元数据库等 6 类数据库构成,负责垂直带数据的标准化和垂直带数据模型的建立。系统实现了面向空间实体及关系的数据组织和多源海量数据的存储和管理,为山地垂直带谱分析和地学解释提供了重要的分析平台。

2.3 系统功能模块的设计

欧亚大陆垂直带数字集成系统包含 4 个功能模块(图 2):垂直带可视化显示模块,数据组织和管理模块、垂直带查询分析模块,以及垂直带界线提

取模块:(1)垂直带可视化显示模块:实时生成垂直带地理分布图、垂直带堆积柱状图及上下限高度随经纬度变化曲线,进行垂直带谱上下限高度的提取;(2)数据组织和管理模块:包括数据库设计、垂直带谱数据组织、垂直带相对高度和绝对高度转化、垂直带数据输出等功能;(3)垂直带查询分析模块:具有多样的垂直带查询方式,包括几何选择查询功能(矩形选择、多边形选择、圆形选择等),地理区域的垂直带查询功能(空间位置的垂直带查询,植被带和温度带等),并根据查询结果进行制图分析;(4)垂直带界线提取模块:包括林线、雪线、冻土线等垂直带界线高度变化曲线生成、界线数据输出等功能。

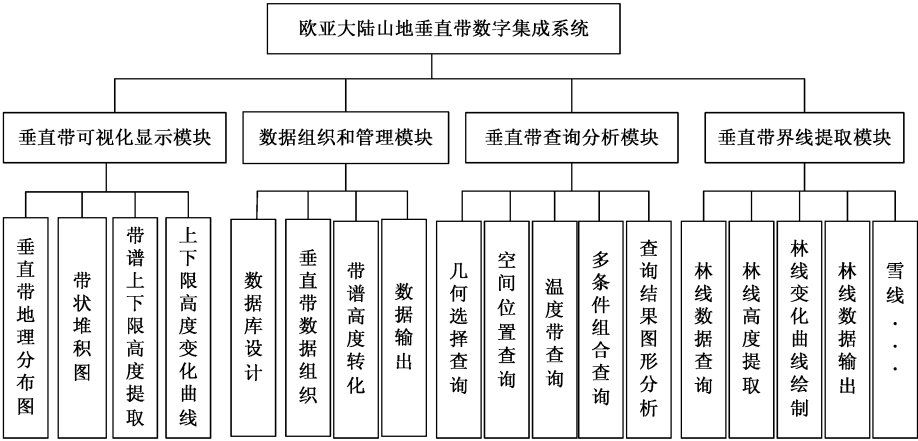


图 2 欧亚大陆山地垂直带数字集成系统功能结构图

Fig.2 Function structure chart of the digital integrated system for the mountain altitudinal belts in the Eurasian Continent

3 系统功能模块的集成与应用

欧亚大陆山地垂直带数字集成系统与中国垂直带信息系统(1.0)相比,数据量更为丰富,将垂直带谱和基带的类型由 62 个扩展到 85 个。数据库模型弥补了第一代数据模型垂直带类型层次单一、字段属性设置不够合理等缺点,进行了多层次垂直带结构设计,增加了与土壤数据、地形数据、气温、降水数据等关联字段。垂直带查询分析模块相比先前仅有的空间位置查询和几何选择查询,增加了更为多样的垂直带点选择和数据垂直带检索方式,实现了垂直带谱带状图和线状图的实时转化。同时增加了垂直带界线提取模块,为垂直带界线拟合分析奠定了基础。欧亚大陆山地垂直带信息系统界面和功能结构如图 3 所示。

(1)山地垂直带谱可视化显示模块

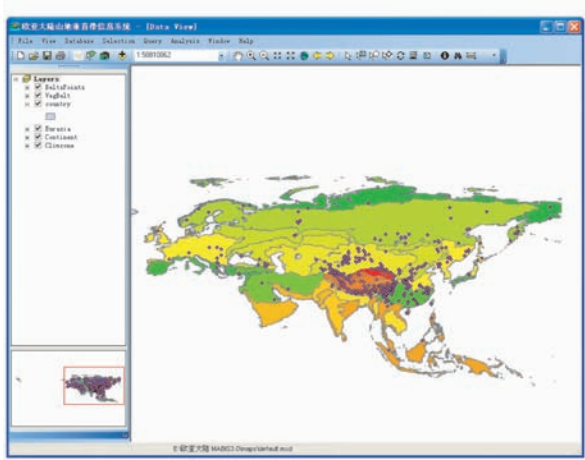


图 3 欧亚大陆山地垂直带数字集成系统主界面及数据点分布图

Fig.3 Main interface and distribution of data points for the digital integrated system of the mountain altitudinal belts in the Eurasian Continent



本模块以欧亚大陆范围内山地垂直带谱为研究对象,进行山地垂直带的空间数字集成和带谱可视化。空间数字集成相比普通的山地垂直带的数字集成,具有重要的空间位置特征。集成的结果以

各种类型山地垂直带空间分布图、垂直带带谱图、垂直带集成曲线、柱状堆积图、离散点图等多种图形显示形式展示(如图 4 是温带落叶阔叶林带的空间分布图及其对应的垂直分布图)。

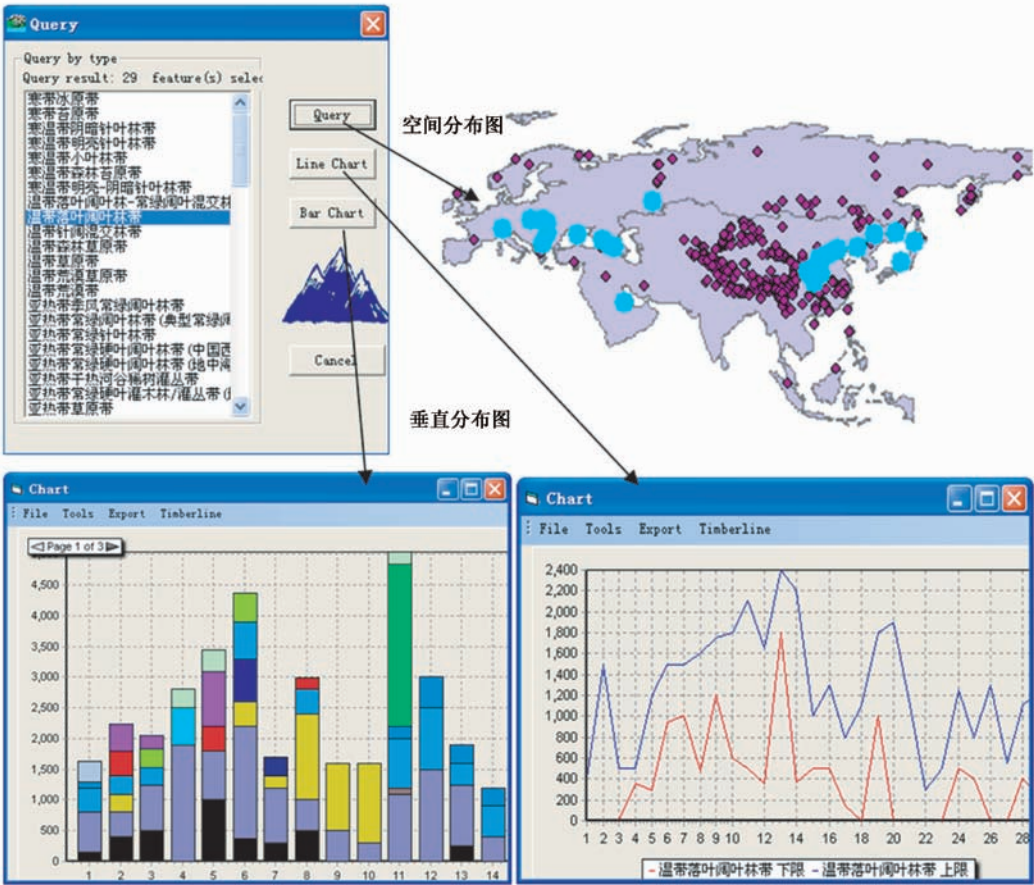


图 4 系统显示的垂直带空间分布和垂直分布  
(左下、右下图中纵坐标为海拔,横坐标为纬度的数据序列号,左下图中颜色的差异显示了植被的垂直变化,右下图上下两条线分别代表了垂直带分布的上限和下限)

Fig. 4 Geographic and vertical distribution of the Mountain Altitudinal Belt Spectra

这种基于空间选择和地理分区的山地垂直带图形绘制方法,解决了传统的垂直带谱手绘图和简单的计算机模拟制图面临表达形式和表达范围的固定,无法灵活调整其显示效果的问题。数字化的表达方式实现了山地垂直带带谱数据、地理位置、垂直带分布曲线和带谱序列图的四者之间的集成和关联。不仅易于生态学家和地理学家选择自己感兴趣的区域进行图形绘制和对比分析,任意改变和灵活的调整其显示效果,实现垂直带谱可视化,也为大尺度上研究世界水平地带性和垂直地带性规律提供了较大的便利。

(2)垂直带数据组织和管理模块

系统根据三级分类体系<sup>[19]</sup>和欧亚大陆垂直带数字化标准化流程<sup>[22]</sup>将收集的垂直带谱数据进行标准化处理,以垂直带分布的上下限高度作为垂直带的相对高度,各级垂直带高度的叠加作为垂直带的绝对高度,并记为山地垂直带的属性值,表达山地垂直带方向上的景观变化。

系统按照 85 个垂直带分带组织数据,垂直带名称数据以数据表形式存储,垂直带的分布位置信息和高度信息存储于垂直带谱数据库。为了建立山地垂直带谱垂直分布图和空间分布图之间的联系,系统按照山地站点名称组织数据。系统为每个研究区域提供了两种高度,即相对高度和绝对高

度。相对高度指的是每个研究区域的垂直带谱的宽度,绝对高度指研究区域垂直带上限的海拔高度,即各植被带下限以下植被带相对高度之和。每个研究区域对应的山地垂直带名称及其相对高度和绝对高度在属性列表框中展示(图 5),同时系统还提供了垂直带相对高度和绝对高度的实时转化功能,用户无需进行属性表的叠加计算,直接通过 Convert 转化工具进行转化操作。为了实现图形输出和数据导出,系统提供了地图格式和属性数据格式向 JPG 格式和 EXCEL 表转化的功能。

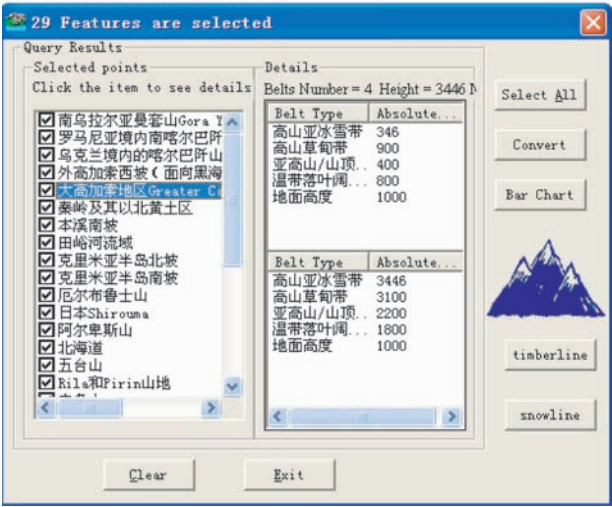


图 5 山地垂直带数据组织方式

Fig. 5 Organization of data for mountain altitudinal belts

(3)垂直带查询分析模块

传统地理学对山地垂直带地理分布特征的研究,由于缺乏大尺度的量化数据分析工具和数字化的图形表达方式,因而难以进行精确的、全面的垂直带空间规律的分析,无法对垂直带谱的分布作出准确的生态学和地学的解释。针对这一问题,系统设计了山地垂直带谱查询分析模块。

由于植被带的基本结构受到南北向温度梯度的影响和东西向干湿气候的制约,讨论植被带和其控制因子之间的关系,必须在相同或相似的干湿条件下进行<sup>[23]</sup>,因此,进行垂直带谱分析之前先要进行相同或相似干湿区域的选择。气候是决定地球上植被类型及其分布最主要的因素<sup>[24]</sup>,温度带本身是根据地域气候的差异划分的区域,为深入直观分析气候对垂直带空间分布影响,系统将温度带区划图和垂直带分布图进行集成。温度带的山地垂直带查询过程如图 6 所示,选择温带地区山地为研

究对象,得到温带范围内 158 个高亮显示带谱点。除了温度带分区外,系统还集成了土壤分区图,降雨量分区图、地形坡度分区图等多种地理分区图,为垂直带谱研究中垂直带谱范围的查询分析提供多种方法。

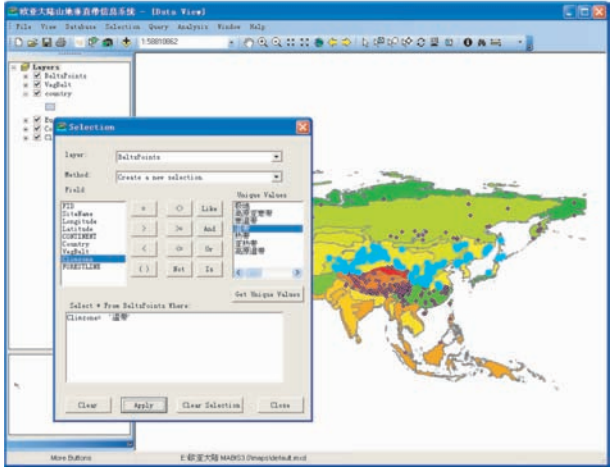


图 6 按温度带查询山地垂直带

Fig. 6 Query of mountain altitudinal belts based on temperature zone

(4)林线、雪线、暗针叶林线等垂直带界线提取模块

垂直带界线中的林线、暗针叶林线、雪线、冻土线等的形成与山地关系密切,故此找出了影响山地气候的环境因子,也就找到了控制山地垂直带分布、更替、变化的机制。然而由于影响山地气候的环境因子较为复杂,除了经纬度之外,地形、山体走向、海陆分布、山地的基面高度,以及山体的“坡向效应”等都是山地垂直带界线形成的影响因子<sup>[25]</sup>。如何实时分析选择区域内垂直带界线,随经度、纬度、温度、地形等影响因子变化情况,是垂直带研究的重要内容,为此,系统设计了垂直带界线提取功能模块。欧亚大陆温带地区,垂直带林线提取结果如图 7 所示,图中横纵坐标分别代表带谱点所处的纬度位置和林线高度,图形表现了温带地区林线随纬度的变化情况。同样的方法生成垂直带其他界线随经度、纬度、温度、地形等影响因子变化图。对比分析这些不同区域、不同尺度垂直带界线变化图,为研究垂直带谱空间分布规律及其内在控制因素提供了一定的便利。

为了定量地拟合垂直带界线变化趋势,系统还提供了数据输出功能,数据的输出类型包括:图片



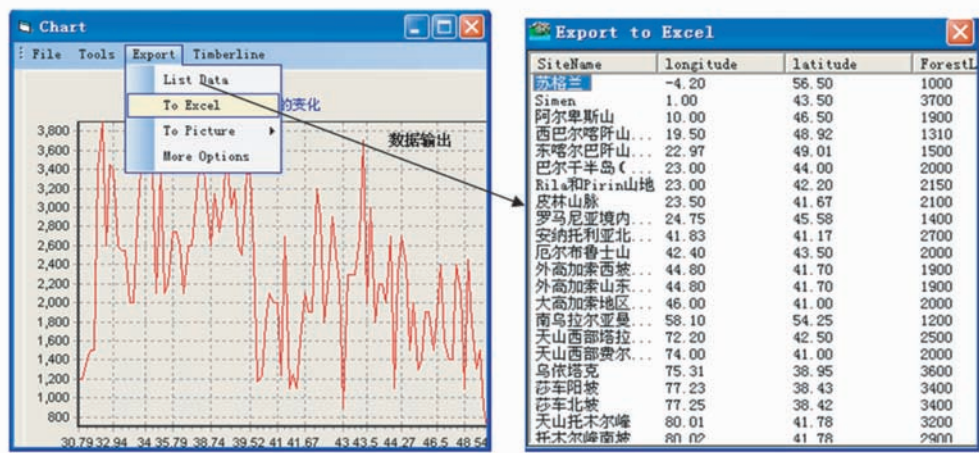


图 7 林线制图和数据输出过程(左图纵坐标为海拔高度 m,横坐标为纬度)

Fig. 7 Timberline mapping and data output process

格式、Excel 表格格式和地图文档格式等。在垂直带研究中,研究人员充分利用这些输出数据,构建拟合模型,通过 MATLAB 数值模拟软件和 SPSS 统计软件进行分析和模拟。相比传统的垂直带拟合过程,数据筛选较为灵活,可以任意选取从一座山脉、一个区域,乃至整个欧亚大陆范围的垂直带数据进行拟合,实现了山地垂直带空间分布模型的无缝集成。同时垂直带模型的表达丰富多样,除了如图 7 中曲线表达外,系统还可将这些因子数值分析的结果以垂直带数据库数据表属性字段形式存储,并按照一定的标准进行分类、筛选、叠加生成不同尺度和不同类型的影响因子量化图。这不仅可为山地垂直带谱控制机制的定量化分析提供依据,也可为山地的生物多样性研究、全球气候变化研究,以及山地环境的可持续发展等研究工作提供重要的数据支持和软件支持。

4 结语

1992 年联合国发展环境与发展委员会制定的“21 世纪议程”中明确指出:全球山地数据的缺少难以让人接受,而且所给出的数据往往无法使人信服,不能为山地生态系统以及山地可持续发展提供全面的、客观的数据基础和决策支持<sup>[26]</sup>。作为山地垂直带信息图谱研究的重要组成部分,欧亚大陆山地垂直带谱信息系统包含了大量的带谱数据,提供了一个强大的数字化的分析平台和标准化的集成数据库,必将在山地的生物多样性研究、全球气候

变化研究、山地环境的可持续发展等研究工作中发挥重要的作用。

欧亚大陆山地垂直带信息系统的设计和实现在欧亚大陆范围内山地垂直带数据的标准化、山地垂直带谱的数字集成、空间可视化、山地垂直带控制机制的研究等方面发挥重要的作用,目前,系统整体的界面设计、数据库设计、功能设计已经完成,部分功能已经实现,今后有待深入研究的工作:

(1)“世界水平地带分类体系”和“世界山地垂直带分类系统”的建立

目前,已完成了欧亚大陆水平垂直带和欧亚大陆水平地带的划分工作,并完成了欧亚大陆数据的标准化,系统数据均采用这一标准进行数字集成,随着世界带谱点数据从欧亚大陆向美洲、非洲、大洋洲的扩展,世界水平地带分类体系和世界山地垂直带分类系统的构建显得非常的重要,它们是世界山地垂直带谱数字集成的基础框架。

(2)山地垂直带信息图谱集成平台功能的进一步完善

垂直带谱可视化、垂直带谱多种类型的空间查询、垂直带界限的瞬时提取、数据输出等功能在系统里已经实现,但带谱点数据空间分析和数值模拟功能、山地垂直带控制机制的分析功能及对数据库管理的接口和权限设定功能等有待进一步实现。另外,山地是一个三维的空间实体,随着虚拟现实工作的开展,为实时展示山地景观,更好地展示垂直带谱分布,将考虑加入三维可视化功能。

(3)垂直带数据的采集范围从欧亚大陆向全球

## 扩展

目前使用的林线数据 600 多个,带谱数据 509 个,多集中在欧亚大陆,对于世界山地垂直带集成来说还需要大量的数据采集工作。但是由于现有包含垂直带数据的文献分散在各地国家图书馆资料库中,数据分类标准杂乱、数据表现粗放,使用语言多样,需要克服这些困难,逐步建立世界山地垂直带谱信息系统。

### (4) 山地垂直带网络地理信息共享系统的构建

随着计算机技术和网络通讯技术的发展,山地垂直带信息系统从桌面版地理信息系统向网络版山地垂直带信息系统的发展势在必行。基于网络的山地垂直带信息系统通过 Internet 构建跨部门、跨地区的山地垂直带系统,扩展了系统的应用范围,将满足更广泛的用户对山地垂直带数据和山地垂直带信息系统功能的需求,真正地实现山地垂直带数据全球范围的共享和数据的实时更新,是山地垂直带信息系统未来发展的方向。

## 参考文献:

- [1] 刘华训. 我国山地植被的垂直分布规律[J]. 地理学报, 1981(3): 257 - 279.
- [2] Troll C. (ed.). The Three-dimensional Zonation of the Himalayan System[J]. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag GmbH, 1972.
- [3] 张百平. 喀喇昆仑山——阿里喀喇昆仑山的自然特点和垂直自然带[J]. 干旱区资源与环境, 1990(2): 49 - 63.
- [4] 张百平, 周成虎, 陈述彭. 中国山地垂直带信息图谱的探讨[J]. 地理学报, 2003(2): 163 - 170.
- [5] Grill D, Pfeiffer H, Tschulik A, et al. Thiol Content of Spruce Needles at Forest Limits[J]. Oecologia, 1988, 76(2): 294 - 297.
- [6] Nakhutsrishvili G S. The Vegetation of the Subnival Belt of the Caucasus Mountains[J]. Arctic and Alpine Research, 1998, 30(3): 222 - 226.
- [7] Ninot J M, Carrillo E, Font X, et al. Altitude Zonation in the Pyrenees. A geobotanic interpretation[J]. Phytocoenologia, 2007, 37(3 - 4): 371 - 398.
- [8] Daubenmire R. Vegetational Zonation in the Rocky Mountains[J]. The Botanical Review, 1943, 9(6): 325 - 393.
- [9] 李文华, 冷允法, 胡涌. 云南横断山区森林植被分布与水热因子相关的定量化研究[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1983.
- [10] 许娟, 张百平, 朱运海, 等. 阿尔金山-祁连山山地植被垂直带谱分布及地学分析[J]. 地理研究, 2006, 25(6): 977 - 985.
- [11] 郑度, 杨勤业. 青藏高原东南部山地垂直自然带的几个问题[J]. 地理学报, 1985, 40(1): 60 - 69.
- [12] Ohsawa M. Structural Comparison of tropical montane rain forests along latitudinal and altitudinal gradients in south and east Asia[J]. Vegetatio, 1991, 97(1): 1 - 10.
- [13] Ohsawa M. Latitudinal Pattern of Mountain Vegetation Zonation in Southern and Eastern Asia[J]. Journal of Vegetation Science, 1993, 4(1): 13 - 18.
- [14] Ohsawa M. An Interpretation of Latitudinal Patterns of Forest Limits in South and East Asian Mountains[J]. Journal of Ecology, 1990, 78(2): 326 - 339.
- [15] Körner C, Paulsen J. A World-wide Study of High Altitude Treeline Temperatures[J]. Journal of Biogeography, 2004, 31(5): 713 - 732.
- [16] Leuschner C. Timberline and Alpine Vegetation on the Tropical and Warm-temperate Oceanic Islands of the World: Elevation, Structure and Floristics[J]. Vegetatio, 1996, 123(2): 193 - 206.
- [17] Ozenda P. The Vertical Displacement of the Stage of Vegetation as a Function of the Latitude: A Simple Model and Its Limits[J]. Bulletin de la Societe Geologique de France, 1989, 5(3): 535 - 540.
- [18] Malyshev L. Levels of the Upper Forest Boundary in Northern Asia[J]. Vegetatio, 1993, 109(2): 175 - 186.
- [19] 张百平, 姚永慧, 莫申国, 等. 数字山地垂直带谱及其体系的探索[J]. 山地学报, 2002(6): 660 - 665.
- [20] 张百平, 谭娅, 武红智. 中国山地垂直带信息系统的设计与开发[J]. 地球信息科学, 2005, 7(1): 20 - 24.
- [21] 武红智, 张百平, 许娟, 等. 山地垂直带谱信息系统应用分析与技术改进[J]. 地球信息科学, 2006, 8(2): 46 - 48.
- [22] 谭靖, 张百平, 孙然好, 等. 欧亚大陆山地垂直带谱数字集成框架[J]. 山地学报, 2008, 26(6): 641 - 651.
- [23] 方精云. 东亚地区森林植被带的三维空间分布[J]. 地理学报, 1995, 50(2): 160 - 167.
- [24] 张新时. 研究全球变化的植被-气候分类系统[J]. 第四纪研究, 1993(2): 157 - 169.
- [25] 张百平, 谭靖, 姚永慧. 山地垂直带信息图谱研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [26] Stone P B. State of The World's Mountains[M]. New Jersey: Zed Books Ltd., 1992.

## Structure and Function of the Digital Integrated System for the Eurasian Mountain Altitudinal Belt

ZHAO Fang<sup>1,2</sup>, ZHANG Baiping<sup>1</sup>, TAN Jing<sup>1</sup>, HAN Fang<sup>1,2</sup>, PANG Yu<sup>1,2</sup>, YAO Yonghui<sup>1</sup>

(1. *Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;*

2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China*)

**Abstract:** In this paper we developed a digital integrated system for the Eurasian mountain altitudinal belts based on the digital integrated framework of mountain altitudinal belts and 880 Mountain Altitudinal Belt Spectra data of Eurasian Continent. The main functions of this system are: 1) dynamic visualization function of mountain altitudinal belts, including real time generation of geographic distribution map, stacked bar chart and curve of upper and lower height limits change with latitude and longitude; 2) extraction of upper and lower limits of mountain altitudinal belts and transformation between absolute height and relative height; 3) query and analysis of mountain altitudinal belts, including query of mountain altitudinal belts based on geographic coordinate, temperature zone and vegetation zone and analysis of the query results by mapping; and 4) extraction of altitudinal boundary, including curve plotting of single lines (such as timberline, snow line and frozen line, etc.) with changes of geography, climate and the topography, export of single line data. The open feature of this system makes it convenient to add data and to improve the functions and to upgrade, and consequently makes it a very unique geographic information system. This system provides a new platform for analyzing the geographic and ecological features of the mountain altitudinal belts on continental and global scale and lays the groundwork for revealing the vertical distribution and three-dimensional distribution of the Eurasian mountain environment.

**Key words:** Mountain Altitudinal Belt Spectra System; digital integration; stacked bar chart; timberline