

# 中国山地垂直带的数字集成与基本规律分析

张百平, 许娟, 武红智, 肖飞, 朱运海

(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:** 首次归纳出我国 63 类垂直带(包括 31 类基带);在 ArcGIS 8.3 平台上,以山地垂直带谱“数字引擎”为核心,成功研制了“中国山地垂直带谱信息系统(1.0)”,将我国约 239 个山地垂直带谱进行了数字集成,使我们对我国垂直带谱数据的掌握从残缺上升为相对完备。该研究工作不仅为我国山地垂直带谱规律的数字分析提供了强大的手段,也为世界山地垂直带谱的数字集成提供了必要的理论和技术方法。还利用该系统,对重要垂直带界线如雪线、林线、高山草甸进行了空间规律分析。结果表明,除高山草甸经向变化缺乏明显规律外,其他垂直带界线的经、纬向变化的二次曲线(抛物线)模式比其他模式具有更高的相关系数。因而,抛物线模式应是我国山地垂直带宏观尺度上的基本空间模式。今后垂直带谱研究应在界线精度、带谱结构的地理学/生态学解释等方面继续深入。

**关键词:** 中国;山地垂直带谱;数字集成;地学分析

**中图分类号:** P941.76

**文献标识码:** A

中国山地环境的多样性由三个层面的因素相互作用形成。首先是地域辽阔,南北延伸 5 500 km,跨越了从热带至寒温带几乎所有的温度带, $\geq 10^\circ$ 积温从 9 000 $^\circ$ 减至 1 700 $^\circ$ <sup>[1]</sup>;东西横跨 5 200 km,降雨量从从东南部的 2 000 mm 到西部的 20 mm,相差约 100 倍,相应发育了森林、草原、荒漠景观<sup>[2]</sup>。其次,中国大陆上山纵横,它们多作为气候地带界线,大大加强了东西向、南北向的自然条件和生物要素的差异,如秦岭(亚热带与暖温带界线)、天山(暖温带与中温带界线)对温度条件产生大分异,贺兰山(干旱与半干旱区界线)对水分条件的分异。另外中国内陆地区众多的山-盆结构体系对自然环境也产生了分异和控制;第三,青藏高原的存在及其各种效应将中国大陆环境多样性几乎推向极致。从雨量充沛的喜马拉雅南坡到极干旱的昆仑山地,从高原东南部的“湿舌”<sup>[3]</sup>到高原北部的“寒旱核心”<sup>[4]</sup>,都表现出极大的反差和高度的多样性,甚至高原本身还发育了独特的高原地带性植被模式<sup>[5]</sup>。所有这些因素共同作用,在中国大陆上形成了世界上最为丰富多

彩的山地垂直带和带谱。从南迦巴瓦地区 9 个垂直带组成的极端复杂的带谱结构<sup>[6]</sup>,到青藏高原极干旱地区以高寒荒漠为基带其上直接衔接亚冰雪带的极端简单的带谱类型<sup>[4]</sup>;从基本带谱到人类活动产生的扰动带谱和次生带谱<sup>[7]</sup>,都为我国学者研究山地垂直带提供了极为广阔的空间和丰富的内容。揭示山地垂直带规律和多样性是我国地学、生物学领域的重要特色,研究成果方面历久而常新<sup>[8]</sup>。对于当今全球变化和生物多样性研究来说,山地是气候变化的敏感区和生物多样性的集中地。因而山地垂直带谱规律的研究又可以为山地生物多样性和全球变化研究提供必要的背景和框架。

## 1 垂直带的多样性及相关研究

我国山地垂直带研究经历了区域列举、基本规律认识与拓普模型构建、带谱结构分类、数学模型及数字垂直带谱等方面或阶段,反映我国山地垂直带谱研究的不断进步和发展。

收稿日期(Received date): 2006-03-01; 改回日期(Accepted): 2006-04-01。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(批准号:40571010)[Natural Science Foundation of China, Grant No. 40571010]

作者简介(Biography): 张百平(1963-),男,河南人,研究员、博士生导师,研究方向:山地生态与 GIS。Email: zhangbp@lreis.ac.cn。[Zhang Baiping(1963-), male, born in Henan Province, Professor and Ph.D. advisor, mountain ecology and GIS. Email: zhangbp@lreis.ac.cn]

### 1.1 垂直带谱的区域列举

包括分区列举与全国系统列举。分区列举是在区域实地考察基础上进行的,是认识垂直带谱的基本工作。全国系统列举则是在区域列举基础上进行的归纳。由于不同阶段掌握的资料详细程度不同,而出现不同的归纳体系。分区列举进行得很多,特别是在温带山地、青藏高原及周围山地、天山等。全国系统列举较少,主要包括基于植被区的列举<sup>[9]</sup>、基于土壤区的列举<sup>[10]</sup>、基于自然地带的列举<sup>[11]</sup>、基于温度带的列举<sup>[12]</sup>等。早期的列举主要问题是资料残缺。例如基于植被区的列举仅列出 21 个植被带中的 16 个带谱及高度,缺 5 个。以土壤区为单元的列举出 30 个带谱序列,但未包括垂直带的高度。

### 1.2 垂直带谱分布的基本规律认识与拓普模型

在掌握一定数量垂直带谱后,对它们的基本规律进行归纳是必然的步骤。主要是对重要垂直带界线(雪线、林线等)的经向、纬向变化进行归纳<sup>[9, 11, 13]</sup>。有些研究还进行了垂直带空间规律的拓普图形组合与归纳<sup>[4, 11]</sup>,使我们对区域垂直带的分布及空间关系有了进一步提高。

### 1.3 垂直带谱的结构分类

重要的包括欧亚大陆温带山地垂直带谱的结构分类<sup>[14]</sup>、青藏高原垂直带谱的 2 个体系、9 个结构类型组及拓普模式<sup>[4]</sup>;青藏高原垂直带谱的 2 个系统、12 个结构类型组、19 个结构类型<sup>[15]</sup>;全国山地垂直带谱的结构分类,包括 2 个体系、7 个结构类型组、18 个结构类型<sup>[6]</sup>。其共同特点是先分为大陆性和季风性两个体系,再根据湿润程度分出结构类型组,最后以基带划分结构类型。各个分类系统之间详细程度有较大差异。

### 1.4 垂直带的数学模型研究

20 世纪 70 年代计量地理学思潮在地理学中的反映之一就是山地垂直带的数学模型研究。代表性工作包括欧亚大陆暗针叶林数学模型的研究<sup>[16]</sup>、自然地带的规律模式<sup>[17-19]</sup>、青藏高原东南部自然带垂直分布的数学模式<sup>[20]</sup>、东亚地区森林植被带的三维空间分布<sup>[21]</sup>、青藏高原高寒草甸的层带模型<sup>[22]</sup>。数学模式涉及线性模型、多种曲线模型及趋势面分析。虽然这些工作受到资料残缺的困扰,却给出了有关垂直带空间变化的基本定量值。例如,暗针叶林和树线高度随纬度的下降率分别为每度 80 m 和 95 m,随经度变化率分别为每度 51 m 和 63 m<sup>[19]</sup>。

### 1.5 数字山地垂直带谱研究

山地垂直带谱数据结构表的构建,使山地垂直带谱的表达实现了可视化及与数据的动态联系<sup>[23]</sup>,进而形成数字垂直带谱的概念和方法,是数字化时代山地垂直带谱研究的体现与发展。

## 2 垂直带数字集成的科学与技术基础

### 2.1 中国山地垂直带谱集成的数据与地学框架

在前人研究工作基础上,笔者提出了垂直带的标准化定义,充分考虑水平地带与垂直地带的空间衔接问题,将自然地带作为我国山地垂直带的标准基带,并考虑特征垂直带、优势垂直带,建立了我国山地垂直带谱的三级体系;还论述了带谱的 5 种生态类型和 7 种空间变化模式<sup>[7]</sup>。这为我国山地垂直带谱的系统研究提供了较全面的等级体系;根据过去地理带性研究、自然区划成果及地区自然地带研究,总结出我国 31 个水平自然地带,即 31 个基带,以及 32 个垂直带类型。随后我们收集了大量垂直带谱资料和数据,主要包括近 300 个带谱,基本覆盖我国全部主要山地。这些工作奠定了我国山地垂直带谱数字集成的地学基础。

### 2.2 山地垂直带谱“数字引擎”的创建

传统 GIS 的特点就是对点、线、面的数字化处理。但山地垂直带谱是对山地垂直环境垂直方向上的变化所作的概括,而且往往发生在很短的空间尺度内;它既不是点,也不是线,更不是面。因而传统 GIS 无法直接表达山地垂直带谱,即它与山地垂直带谱之间存在着一条“鸿沟”;对于垂直带谱的数字化处理,传统 GIS 具有先天不足之处。因而,要实现山地垂直带谱的数字化,需要在传统 GIS 与垂直带谱之间架起“一座桥梁”,填补这个“鸿沟”。

山地垂直带谱的数字化问题,就是要实现垂直带数据与带谱图的动态数字连接。我们的研究工作揭示,垂直带谱数字化的关键是构建垂直带谱数据结构。为了实现从数据到数字图形的转换,必须进行数据变换,将垂直带的上下限高度相减,得到垂直带的宽度。其次是确定各垂直带的排序问题,要求将所有垂直带进行排列,其原则是排出的序列包含并适合每一个带谱,不允许出现垂直带倒置现象。如果某一垂直带在特定带谱中不出现,则数值为零。如此构建的垂直带谱数据表实现了垂直带数据与带谱图的动态连接,实现了垂直带谱的数字化表达与

二维可视化;更重要的是,该方法可以将全国甚至全世界的山地垂直带谱纳入一个数据系统,并可进行各种组合和规律分析<sup>[7, 23]</sup>。如此构建的山地垂直带谱数据结构由于其独特的数字化功能,可以称之为垂直带谱的“数字引擎”。它的构建使山地垂直带谱数字化成为了可能。

### 2.3 中国山地垂直带谱的数字集成

以山地垂直带谱“数字引擎”为内核,结合地理信息系统技术,我们又成功研制了中国山地垂直带谱信息系统 1.0<sup>[24]</sup>。该系统有下列特点:首次比较全面地收集了中国山地垂直带数据,并进行了标准化处理和初步集成,实现了垂直带数据与地理空间区域的联系;将整理后的中国山地垂直带数据导入到标准的山地垂直带数据结构表中,为山地研究者提供了标准的、规范的、全面的数据源;系统采用 ESRI 公司 AO 软件,充分发挥了 AO 的强大功能,提供了一系列显示、查询、分析等方法 and 手段;通过系统提供的一系列查询分析功能,可以对中国山地各个垂直带和带谱进行定量、定位和可视化分析;系统采用 ACCESS 桌面数据库管理系统,使得用户可以方便的查询到数据库中的数据并进行添加、删除和修改;良好的数据库设计减少了冗余,有利于数据库的不断扩大和更新。更重要的是该系统可以为垂直带及带谱的空间规律分析提供任意组合的空间数据集,使我们可以对山地垂直带进行全面和系统的分析。更为重要的是,山地垂直带谱“数字引擎”及垂直带谱信息系统制作方法为全球山地垂直带(谱)的数字集成提供了必要的理论和技术方法。

## 3 中国主要山地垂直带数字分析

中国山地垂直带谱信息系统的建立使全国垂直带资料从过去相对残缺发展到相对完备,即垂直带数据提高了一个数量级(从数十到数百);使我们可以对任何一个垂直带进行空间规律的数字分析,而且能够瞬间完成。特别是我们不必先验性地假设垂直带分布符合哪种规律,然后再求解系数;而是同时点击多种模式进行拟合,根据分析结果进行比较,找出最佳拟合模式。这样得出的垂直带空间分布规律更加客观和科学,与过去的研究有质的不同和提高。主要垂直带空间分析结果如下:

### 3.1 雪线分布规律

雪线是重要的山地垂直带界线之一。它的分布

及地理意义受到很多地理科学家和全球变化研究者的关注。本文收集的全国带谱中,103 个达到雪线以上(图 1)。对它们进行空间分析表明,雪线高度( $H$ )随纬度( $x$ )变化的线性模式为  $H = 8344 - 96.9x$  ( $R^2 = 0.636$ ),  $R^2$  可以达到 0.657 3, 即  $R$  达到 0.8 以上;而 2 次曲线模型 ( $H = -8.1x^2 + 487.9x - 1919.0$ ) 的  $R^2$  值可以达到 0.76, 为相关系数最高的拟合曲线,而且拟合曲线图形规律极为明显(图 2)。可以认为 2 次曲线模型最能反映雪线随纬度的变化规律。33°N 以南是最高点,地域上即喜马拉雅北坡一带。

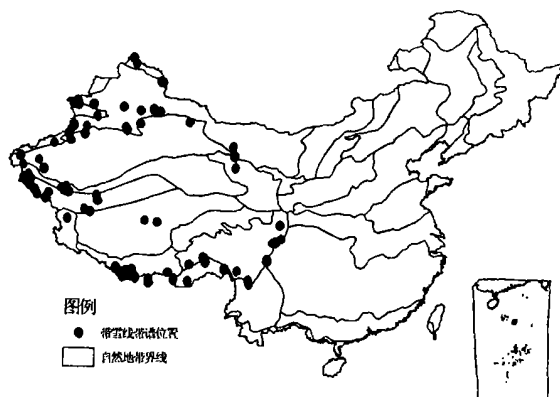


图 1 带雪线的带谱分布图

Fig. 1 Distribution of MAB spectra with snowline

雪线的经向变化可以青藏高原为例。根据数据分析,线性关系已经不能反映这种变化( $R^2$  仅为 0.1)。而二次曲线拟合情况仍然最好, $R^2$  值达 0.43, 即  $R$  值为 0.66。该曲线表明,在 80°~90°E 是雪线高峰值。由此向西和向东雪线都下降。特别是向东下降更快。证明喜马拉雅山中段北坡和羌塘高原南部(33°N 以南,80°~90°E 之间)是高原雪线最高的地方。这与《青藏高原地图集》<sup>[12]</sup> 所标明的 6 000 m 雪线区极为吻合。可见,雪线的经、纬向变化都可以用二次曲线来表达。

### 3.2 林线的分布规律

林线是山地垂直带界线研究中涉及最多的高度线,一直受生物地理学家、自然地理学家的注意。本文收集的带谱中 108 个具有林线(图 3)。分析结果如下:其高度( $H$ )随纬度( $x$ )分布的线性方程 ( $H = 6283 - 91.91x$ ) 的  $R^2$  值达 0.610;表明纬度升高 1°林线下降 92 m;二次方程的  $R^2$  更高,为 0.612(图 4);经向分布则仅符合二次方程(图 5)。同时表明在

90°~100°E 之间与 32°N 以南, 即喜马拉雅东段一带有一高值区。反映这里山区的水热条件较好。

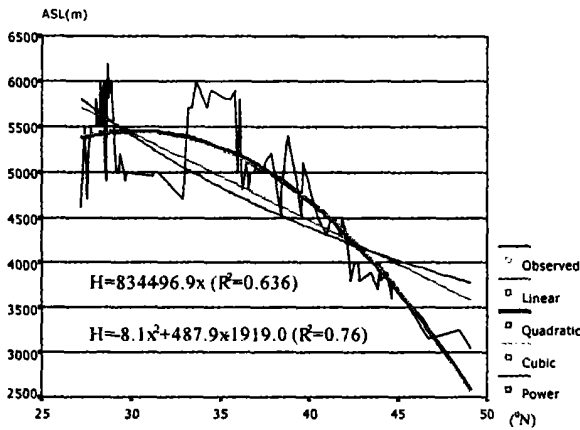


图 2 中国高山雪线纬向变化及数字拟合

Fig. 2 Latitudinal pattern and digital fit of snowline in China

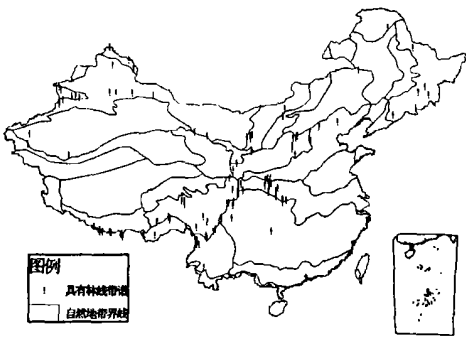


图 3 带林线的带谱分布图

Fig. 3 Distribution of MAB spectra with forest line

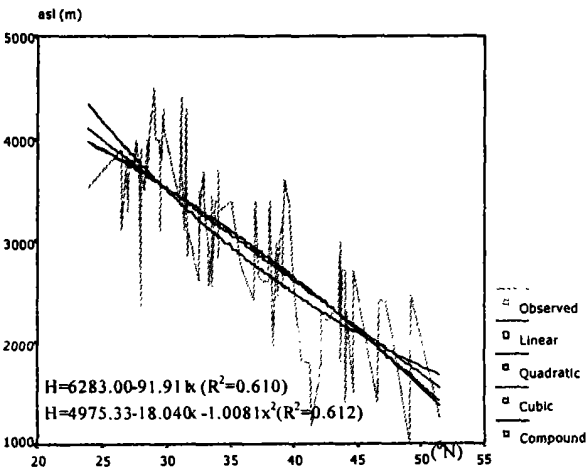


图 4 中国林线纬向分布及数字拟合

Fig. 4 Latitudinal distribution and digital fit of forest line

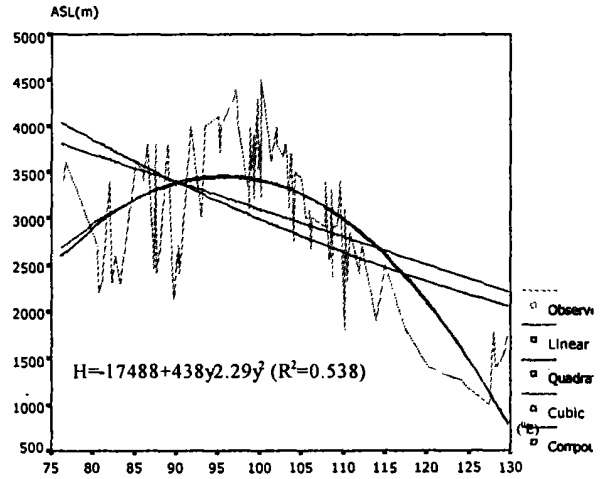


图 5 中国林线经向分布及数字拟合

Fig. 5 Longitudinal distribution and digital fit of forest

### 3.3 高山草甸的地理分布

高山草甸垂直带在我国西部分布极为广泛。本文涉及的带谱中 86 个具有该垂直带。它与纬度呈现非常好的相关关系(图 6)。因而,高山草甸的分布仅与温度呈现密切的相关。纬度增加 1°,高山草甸下降 117 m。而回归分析表明,它与经度关系不明显。

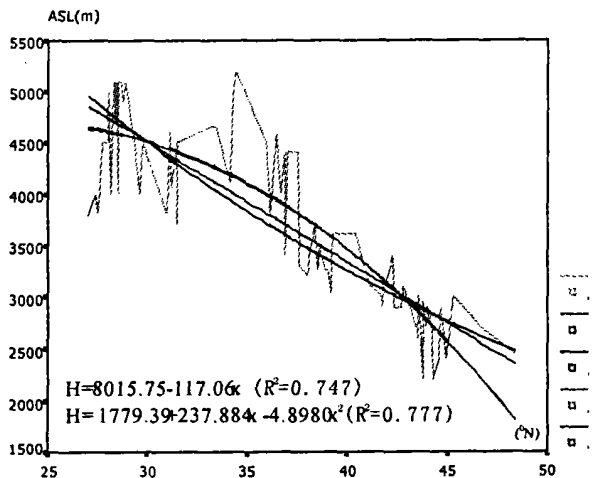


图 6 中国高山草甸的纬向分布及数字拟合

Fig. 6 Latitudinal pattern and digital fit of alpine meadow

## 4 结论与讨论

1. 以山地垂直带谱“数字引擎”为内核设计的中国山地垂直带谱信息系统,首次比较全面地集成了全国 63 种垂直带和 239 个带谱,使得我国山地垂

直带研究进入资料相对完备的阶段,实现了我国山地垂直带谱的数字集成。

2. 三种主要垂直带界线(雪线、林线、高山草甸)的分析表明,其高度随纬度的变化可以用线性和二次曲线(抛物线)表示,说明纬向规律明显,即温度的控制作用强;但随经向的变化雪线和林线只能用二次曲线表示,而高山草甸没有任何规律。说明经向规律较弱,而地形特别是青藏高原的影响明显。总之,二次曲线能够比较全面地反映我国山地垂直带的基本空间规律。

3. 山地垂直带谱结构的地理及生态学解释:通过收集和数字化集成我国山地垂直带谱,使我们掌握了前所未有的带谱数量及其空间变化规律。要深刻全面地认识地球生态系统,需要我们对山地垂直带谱结构及规律进行地学分析和生态学解释,甚至可以考虑建立“垂直带生态学”。考虑到巨大的地域差异,例如我国三大区的差异,可以首先进行分区、分带的空间规律与生态解释研究。然后通过数字手段在更高的层次上进行全国和全球的研究。完全可以预料,这将极大地推动全球生态与环境变化的研究和认识。

4. 垂直带界线的精度:目前资料显示的垂直带界线数据的精度多 100 m。这对海拔 5 000 m 以上的极高山来说没有很大问题,但对海拔只有几百米的山地来说就会存在问题,相对误差就太大了。因而提高中低山区的资料精度是我们以后工作的一个重点。

5. “中国山地垂直带信息系统(1.0)”的完善和扩展:关于中国山地垂直带谱的数字集成,目前的资料还不够充分。特别是有些地方资料奇缺。需要尽快增补。增补的方法有实地考察和数字识别两种。根据高精度遥感影像和大比例尺 DEM 数据,理论上可以完成山区垂直带谱的识别。但还未进行过试验,需要尽快在技术上取得突破。如果这样,中国山地垂直带谱的增补工作就会顺利完成。

6. 世界山地垂直带谱信息系统的建立:由于创建了山地垂直带“数字引擎”,实现了山地垂直带谱数据的融合,特别是中国山地垂直带谱信息系统创建的技术方法储备,使得世界山地垂直带谱的数字集成已经成为可能,世界山地垂直带(谱)的全面集成迫在眉睫,并且指日可待。那时世界山地垂直带(谱)规律的研究必然会上升到一个新的台阶。

## 参考文献(References)

- [1] Huang Bingwei. Integrated Physical Regionalization of China[M]. Beijing: Science Press, 1959. 11 [黄秉维. 中国综合自然区划(初稿)[M]. 北京:科学出版社, 1959. 11]
- [2] Zhao Songqiao. Physical Geography of China—An Outline[M]. Beijing: Science Press, 1985. 5 [赵松乔. 中国自然地理——总论[M]. 北京:科学出版社, 1985. 5]
- [3] Ye Duzheng, Gao Youxi. Meteorology of the Tibetan Plateau[M]. Beijing: Science Press, 1979. [叶笃正, 高由禧. 西藏气象[M]. 北京:科学出版社, 1979.]
- [4] Zheng Du. Physical environment and areal differentiation[A]. In: Formation and Evolution of the Tibetan Plateau[C]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1996, 262 ~ 323 [郑度. 自然环境与地域分异[A]. 见:青藏高原的形成演化[C]. 上海:上海科学技术出版社, 1996. 262 ~ 323]
- [5] Chang DHS. The Vegetation zonation of the Tibetan Plateau[J]. Mountain Research and Development, 1981, 1(1): 29 ~ 48
- [6] Peng Buzuo, Chen Fu. Progress in the study of mountain vertical zonation in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 1999, 19(4): 303 ~ 308 [彭补拙, 陈浮. 中国山地垂直自然带研究的进展[J]. 地理科学, 1999, 19(4): 303 ~ 308]
- [7] Zhang Baiping, Zhou Chenghu, Chen Supeng. The Geo-info-spectrum of Mountain Altitudinal Belts in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(2): 163 ~ 171. [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, 58(2): 163 ~ 171]
- [8] Zhang Xinshi. The principle eco-geographic types of mountain vertical vegetation belt systems in China[A]. In: Vegetation Ecology Research—A Commemoration for Famous Ecologist Prof. Hou Xueyu [C]. Beijing: Science Press, 1994. 77 ~ 92 [张新时. 中国山地垂直植被带的生态地理类型[A]. 见:植被生态学研究——纪念著名生态学家侯学煜教授[C]. 北京:科学出版社, 1994. 77 ~ 92]
- [9] Hou Xueyu. On the characteristics of altitudinal belt spectra in vegetation regions of China[A]. In: Collection of abstracts of papers for the thirtieth annual meeting of China Flora Association[C]. Beijing: Science Press, 1963. 254 ~ 258 [侯学煜. 论中国各植被区的山地垂直植被带谱的特征[A]. 见:中国植物学会三十周年年会论文摘要汇编[C]. 1963. 254 ~ 258]
- [10] Ma Rongzhi. Geographical distribution pattern of mountain soils in China[J]. Acta Pedologica Sinica, 1965, 13(1): 1 ~ 7 [马溶之. 中国山地土壤的地理分布规律[J]. 土壤学报, 1965, 13(1): 1 ~ 7]
- [11] Liu Huaxun. The vertical zonation of mountain vegetation in China [J]. Acta Geographica Sinica, 1981, 36: 267 ~ 279. [刘华训. 我国山地植被的分布规律[J]. 地理学报, 1981, 36(3): 267 ~ 279]
- [12] Liao Ke. Atlas of the Tibetan Plateau [M]. Beijing: Science Press, 1990. 66 ~ 67 [廖克. 青藏高原地图集[M]. 北京:中国地图出版社. 1990. 66 ~ 67]
- [13] Hou Xueyu, Zhang Xinshi. Vertical distribution pattern of mountain vegetation in China[A]. In: Vegetation of China[C]. Beijing: Science Press, 1980. 738 ~ 745 [侯学煜, 张新时. 中国山地植被垂直分布的规律性[A]. 中国植被[C]. 北京:科学出版社,

1980. 738 ~ 745]
- [14] Huang Xichou. Structural types of altitudinal belts in temperate zones of the Eurasian continent[A]. In: Proceedings of the 1960 geographical symposium of China[C]. Beijing: Science Press, 1960. 67 ~ 74[欧黄锡畴. 亚大陆温带山地垂直自然带结构类型[A]. 1960 年全国地理学术会议论文集[C]. 北京: 科学出版社, 1962. 67 ~ 74]
- [15] Zheng Yuanchang. Study on the structural types of altitudinal belts in the Tibetan Plateau[J]. *Yunnan Geography and Environment Research*, 1997, 9(2): 43 ~ 52 [郑远长. 青藏高原垂直自然带结构类型研究[J]. 云南地理环境研究, 1997, 9(2): 43 ~ 52]
- [16] Li Wenhua, Zhou Peicun. Basic patterns and mathematical models of dark coniferous forest in the Eurasian Continent[J]. *Natural Resource*, 1979, 1(1): 21 ~ 34 [李文华, 周沛村. 暗针叶林在欧亚大陆分布的基本规律及其数学模型[J]. 自然资源, 1979, 1(1): 21 ~ 34]
- [17] Niu Wenyuan. Theoretical analysis of physico-geographic zonation [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1980, 35(4): 288 ~ 298 [牛文元. 自然地带性的理论分析[J]. 地理学报, 1980, 35(4): 288 ~ 298]
- [18] Jiang Zhongxin. Discussion on the mathematical models of physical zonality[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1982, 37(1): 98 ~ 103 [蒋忠信. 关于自然地带性数学模型之商讨[J]. 地理学报, 1982, 37(1): 98 ~ 103]
- [19] Jiang Zhongxin. Zonality of distribution of physico-geographical zones in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 1990, 10(2): 114 ~ 124 [蒋忠信. 中国自然带分布的地带性规律[J]. 地理科学, 1990, 10(2): 114 ~ 124]
- [20] Zheng Yuanchang, Wang Meijuan, Wu Zheng Fang. Mathematical models and ecological study of the vertical distribution of altitudinal belts in the Southeastern Tibetan Plateau[J]. *Journal of Natural Resources*, 1996, 11(3): 249 ~ 254 [郑远长, 王美娟, 吴正方. 青藏高原东南部自然带垂直分布的数学模型及生态学研究[J]. 自然资源学报, 1996, 11(3): 249 ~ 254]
- [21] Fang Jingyun. Three-dimensional distribution of forest zones in East Asia[J]. *Acta Geographica Sinica*, 50(2): 160 ~ 167 [方精云. 东亚地区森林植被的三维空间分布[J]. 地理学报, 1995, 50(2): 160 ~ 167]
- [22] Wang Xiuhong. Spatial structure of alpine meadow in Tibetan Plateau [J]. *Mountain Research*, 1997, 15(2): 67 ~ 72 [王秀红. 青藏高原高寒草甸层带[J]. 山地研究(现山地学报), 1997, 15(2): 67 ~ 72]
- [23] Zhang Baiping. Digital spectra of altitudinal belts and Their hierarchical system[J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(6): 660 ~ 665 [张百平. 数字山地垂直带谱及其体系的探索[J]. 山地学报, 2002, 20(6): 660 ~ 665]
- [24] Zhang Baiping. Design and development of mountain altitudinal belt information system of China [J]. *Geo-Information Science*, 2005, 7(1): 20 ~ 24 [张百平. 中国山地垂直带谱信息系统的设计与开发[J]. 地球信息科学, 2005, 7(1): 20 ~ 24]

## Digital Integration and Pattern Analysis of Mountain Altitudinal Belts in China

ZHANG Baiping, XU Juan, WU Hongzhi, XIAO Fei, ZHU Yunhai

(State Key Lab for Resources and Environment Information System, IGSNRR, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** China boasts many fold mountain altitudinal belts (MABs) thanks to its vastness, numerous high mountains, and the dynamic and the real effects of the immense Tibetan Plateau. About 63 MABs and hundreds of MAB spectra have been identified, and a systematic classification hierarchy for the spectra is outlined. Spatial patterns of altitudinal belts are generalized into six models, including mono-structure, flattening structure, exposure-depend, stepwise-rising, undermining, and Tibetan compound. However, traditional GIS techniques have difficulties in digitally dealing with MABs and their vertical spectra. The authors devised a special data model or digital engine for MAB spectra. With this model as the nucleus and on the platform of ArcGIS 8.3 software, the authors developed a GIS that realizes the digital integration and visualization of MABs and their spectra. A total of 239 MAB spectra have been collected and digitally integrated into this geographical information system. This GIS establishes the digital connection between MAB spectra and their geographical location, and realizes positioning, quantification and visualization of MABs and their spectra. With this GIS, it is quite easy to look into the MAB spectra of any region, to digitally query both geographical and vertical distribution of a given MAB. Therefore, it provides a solid base for further analysis of MABs and their relationship with environmental factors, and it also lays a key technical base for the development of a world MAB-GIS. Spatial analysis of snowline, timber line and alpine meadow shows that quadratic model can digitally establish the relation between the height and latitude or longitude of any MAB (the only exception we have found so far is the longitudinal distribution of alpine meadow). This very likely suggests an identical model of MABs for China. It is necessary to raise the accuracy of the spatial position of MABs and to ecologically explain the spatial model of MABs.

**Key words:** China; mountain altitudinal belt spectrum; digital integration; geographical analysis