

山地垂直带谱数字识别的技术实现和图谱构建

孙然好^{1,2}, 张百平¹

(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 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100049)

摘要: 山地垂直带谱是地学信息图谱的一个重要组成部分。“带谱数字识别”就是利用现代数字方法和数据,对客观存在的山地垂直自然带谱进行提取,获取比较完备的山地垂直带连续图谱模式。这是从传统山地垂直带研究走向地学信息图谱研究的重要步骤,有助于使我们对山地垂直谱的认识上升到地学信息图谱的高度。本文探索 MATLAB 语言快速、准确地实现各种识别算法,结合 VB.NET 构建的用户操作界面,实现带谱的信息提取、分类集成和多样化表达。山地垂直自然带谱的数字识别分为 3 种不同的模式:山系单侧、山体单峰和山体多峰;依据各自不同的识别算法,可以得到山地连续的带谱模式。本文全面介绍了数字带谱、带谱数字识别的含义,以及数字识别模型的原理、算法和原型系统等实现过程。

关键词: 垂直自然带; 数字识别; NET; MATLAB

1 引言

“地学信息图谱”是陈述彭院士在 20 世纪 90 年代末提出的地学研究的一种战略构想,认为地理学研究可以融合现代信息技术,实现地理研究的图形思维模式、全数字化及动态模拟分析。地学信息图谱的理论探讨已经取得不少成果,应用范围涉及到水域信息图谱^[1]、城镇与交通信息图谱^[2]、地貌形态图谱^[3]、生态环境综合信息图谱等^[4],对于地学信息图谱的系统平台方面也有所探讨^[5,6]。山地垂直带谱(Mountain altitudinal belts, MABs),无论是单个垂直带谱还是多个带谱系列都明显具有“谱”的特性,可以理解为一种地学信息图谱^[7]。山地垂直带谱的研究和实践能够推动地学信息图谱思想的进一步完善和发展。

“数字带谱”是利用现代对地观测和信息技术对山地垂直带谱进行提取、管理、显示和分析,是带谱研究的一种新的形式,具有先进的分析平台和山地数据的强大集成和可视化能力,是传统山地垂直带谱研究的发展和突破。数字带谱是基于地学信息图谱思想提出的,它之所以不同于传统带谱的研究,是因为它可以解决下列 3 个方面

的内容:带谱体系标准化、带谱数据集成、带谱数字识别^[8-11]。传统的山地垂直带研究是根据野外少数点上的考察资料对垂直自然带进行归纳,往往用一个数据代表山系一侧或某一完整山体,忽略了山地垂直带分布随山体走向、山体效应、坡向、坡度变化的复杂性^[12-14]。现代遥感影像、DEM 等数据使得我们有可能对垂直分布的自然带进行空间上连续的提取和归纳^[15]。山地垂直带谱数字识别方法的探索以及山地垂直带谱数字识别系统(Mountain altitudinal belts identification system, MABsDIS)的研制,将使我们对复杂的山地景观(生态系统)的空间分布及山地景观格局结构分析达到到新的水平。

2 带谱数字识别的模型算法

“带谱数字识别”是利用地球信息技术对地表景观进行信息提取、分类集成和可视化表达,通过一定数学规则,在错误概率最小的情况下构建带谱格局、规律等图谱模式的一种研究方法和技术,其目的是实现带谱的定位、定量、可视化^[16]。带谱的数字识别主要是为了解决垂直带谱的数据

收稿日期: 2007-10-15; 修回日期: 2008-11-07

基金项目: 国家自然科学基金项目“山地垂直带谱变化模式及地学解释”(40571010)资助。

作者简介: 孙然好(1981-),男,山东临沂人,博士研究生,主要从事地学模型与 GIS 应用研究。

E-mail: sunrl@lreis.ac.cn

来源, 以及不同数据的融合和转换方面的问题, 能够实现不同表达方式的带谱图式, 是数字带谱的核心内容。利用带谱数字识别模型对不同尺度带谱的分布规律进行提取和集成, 有助于实现带谱数据连续性、表达方式多样性、带谱信息完整

性。而且, 能够在友好的系统平台下, 快速、方便地构建带谱图式, 查询不同高度、坡向上的带谱类型, 进行一定的统计分析等。因此, 带谱数字识别的实现, 是山地垂直带谱跨越到数字带谱的一个重要标志。

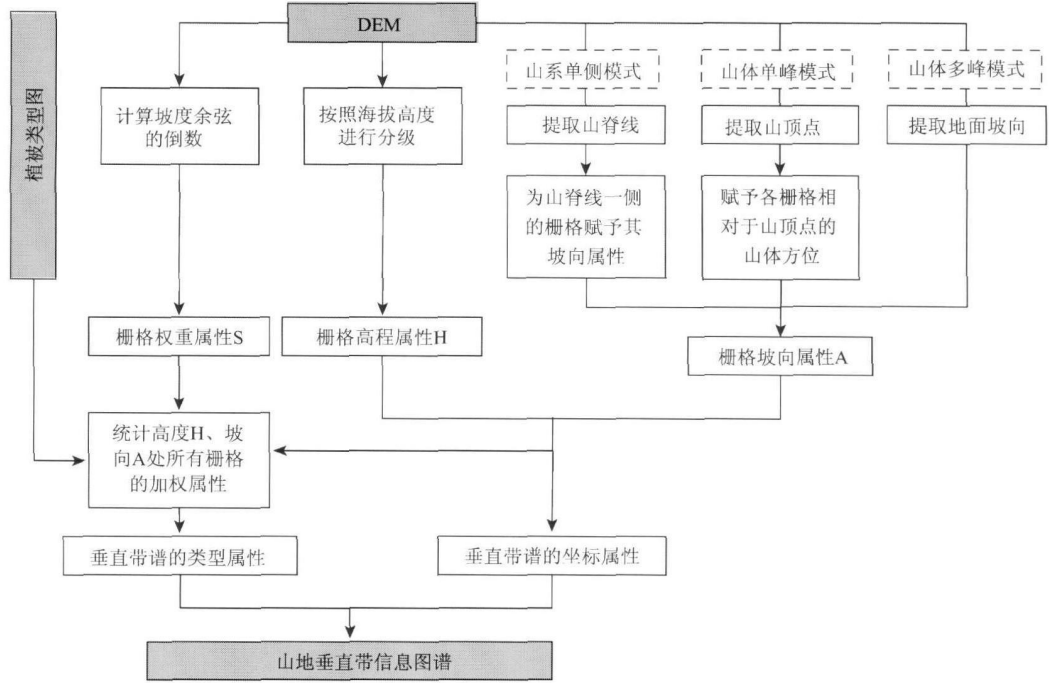


图 1 山地垂直带谱数字识别流程图

Fig 1 Flow chart of digital altitudinal belts identification

根据研究对象的分布范围和研究尺度, 将带谱识别模型分为 3 种模式: 山系单侧、山体单峰、山体多峰。它们应用的对象和目的有差异, 但是具有类似的实现算法。其中, 由数字高程模型 (DEM) 派生出的坡向模板和高度模板分别作为带谱图式的横、纵坐标; 考虑到在地形起伏的山区, 每个栅格表示的地表面积由于坡度而不同, 坡度越大, 每个水平栅格代表的实际地面面积越大。为了真实反映同样大小栅格在不同倾斜地面上的代表性, 将坡度作为模型中一个重要的权重值, 从而地表面积与水平栅格面积的关系为: $S_{地表} = S_{栅格} / \cos(\text{坡度})$ 。

2.1 山系单侧的识别模型

该模型主要应用于大尺度山体或者狭长的山体, 揭示垂直带谱在单一山体坡向上的变化规律, 概况性较强, 忽略部分细节变化。原始数据包括坡度 S 、高度 H 、水平植被分布图 V , 该模型基于

栅格每行或者每列进行操作。

$$\begin{cases} x = col \\ y = row \\ z(1, 2, 3) = H, S, V \end{cases} \xrightarrow{f = H + col + Mode(V * S)} \begin{cases} x = col \\ y = H \\ z = V_m \end{cases} \quad (1)$$

式中, x : 横坐标; y : 纵坐标; $z(1, 2, 3)$: 3 个不同的变量, 分别表示 H (高程)、 S (坡度)、 V (水平带谱属性); col : 原始栅格图层的列号; row : 原始栅格图层的行号; V_m : 垂直带谱图式 $X(col, H)$ 出现频率最大的带谱类型, 也就是最终的带谱属性。

f 为转换算法: 原始栅格图层中具有相同高度 H 、相同坡向 A (三种识别模型具有不同的含义) 的栅格点组成带谱栅格中的一簇点集, 其中带谱类型的数目代表了该种带谱的初始频率, 在乘以每个栅格点的坡度权重后, 统计所有带谱属性的最终发生频率, 频率最大的带谱类型作为图谱点 $X(A, H)$ 的属性 (V_m)。

f 的数学描述: 预期带谱图式中点 $X(A, H)$ 在水平带谱图中表现为 n 个点 $(\omega l, rav_i)$, 这 n 个点中有 $m (m \leq n)$ 个点的属性为类别 $k (k \in \omega, \omega$ 为类别数), 设点 X 的属性为 k 类别的可信度为 P_k , 则可计算出 X 点带谱像元为第 k 类的可信度为: $P_k = \sum_{i=1}^m S_i$. 则当前带谱点位的最后类别确定为: $V_m = m \max(P_1, P_2, \dots, P_\omega)$, ω 为类别数, S 为坡度属性。

2.2 山体单峰的识别模型

该模型主要应用于中、小尺度的孤立山体, 能够反映垂直带谱在山体 360° 坡向上的连续变化, 是以整个山体为对象, 每个栅格点的方位取决于山顶点的位置。原始数据除 $S、H、V$ 外, 还需要由山顶点确定的每个栅格点的山体方位 ASP 。

$$\begin{cases} x = \omega l \\ y = rav \\ z(1\ 2\ 3) = H、S、V \end{cases} \xrightarrow{f = H + Asp + Mode(V^* S)} \begin{cases} x = Asp \\ y = H \\ z = Vm \end{cases} \quad (2)$$

式中, Asp : 每个栅格点相对于山顶的方位 ($0 \sim 360^\circ$)。

2.3 山体多峰的识别模型

该模型主要用于反映垂直带谱在山体的局部或者细节的变化规律, 主要表现在较小尺度上, 随着地面坡向的变化, 垂直带谱的转换规律。主要依据是每个栅格点的地面坡向, 原始数据除 $S、H、V$ 外, 还需要由 DEM 派生出来的地面坡向 A 。

$$\begin{cases} x = col \\ y = rav \\ z(1\ 2\ 3\ 4) = H、A、S、V \end{cases} \xrightarrow{f = H + A + Mode(V^* S)} \begin{cases} x = A \\ y = H \\ z = Vm \end{cases} \quad (3)$$

式中, A : 每个栅格点的实际地面坡向 ($0 \sim 360^\circ$)。

2.4 垂直带谱数据处理

(1) 空白区域填充

由于原始栅格数据是离散的值, 所以得到的带谱图式中存在一些空白区域。为了更加清晰地描述垂直带谱的连续性, 我们可以将其进行 NoData 区域填充。具体规则是: 在垂直带谱横坐标上, 如果不同高度的两个点的属性相同 (V_i), 那么它

们之间的空白区域的属性与它们相同 (V_i), 否则属性不变。

(2) 孤立带谱点融合

最终得到的带谱图式中存在一些离散的点, 其代表性较低, 为了突出带谱的规律性, 可以考虑根据一定的规则将这些奇异值与周围的点进行融合。具体规则是: 首先检查每个点是否有邻接点, 如果没有, 则判定该点为奇异值; 其次, 针对每一个被判定为奇异值的带谱点, 为其建立滤波模板 (最终确定为 9×9), 统计模板内所有带谱点的属性, 该孤立点的属性重新赋为模板中众数属性 (V_i)。

通过以上两个处理过程, 可以将初始得到的较为离散的带谱变得更加连续、代表性更强, 趋势性和规律性自然也更加明显。

3 面向对象的原型系统构建

MATLAB 软件是由美国 Mathworks 公司 1967 年推出的用于数学建模和图形处理的科学计算环境, 在大型矩阵运算和图形绘制方面, 有其他任何程序和语言无法比拟的优势。本文将所有栅格图层转换为二进制文本文件, 以矩阵的形式进行操作。在 MATLAB 环境下, 编写实现带谱识别、数据处理、图形绘制等不同功能的众多函数 (.m 文件)。MATLAB 在程序的循环调用、用户界面方面有先天的不足, 所以将其与其他程序进行混合编程能够融合各自的优点。混合编程有几种不同的方式, 比如: 调用 MATLAB 的引擎 (Engine) 接口; 嵌入 VB 的矩阵函数库 Matrix VB; 生成独立的 .dll 或 COM 等。其中后者能够开发出完全独立、效率最高的应用程序, 只是需要对程序的函数、接口、调用等过程理解透彻。MATLAB 提供了方便的编译工具 MATLAB Builder for .NET (也称 .NET Builder), 很容易地将所有函数打包成一个通用的 COM 组件。

基于 MATLAB 和 .NET 的山地垂直带谱数字识别系统构建步骤如下:

(1) MATLAB 中定义不同功能的函数。例如, 数据输入输出函数 loadData saveData 带谱识别函数 DanCe DanFeng DuFeng 绘图函数 plot MABS ploMABSjx ploMABSfs 带谱处理函数 proc_NoData proc_Odd 图形处理函数 saveFig

ure、addLegend、figurePosition等等；

(2) 将所有函数打包在 COM 组件中，并在 VB .NET 中对其引用；

(3) 在 VB.NET 设计不同的子过程实现重复的功能，这些子过程包括文件操作 subFile、界面装饰 subDrawMark、数学计算 subCompute、图形绘

制 subPlotMABS、数据处理 subData等等；

(4) 在 VB.NET 中设计用户界面，添加菜单、工具条、按钮等，并组合和调用不同过程。整个山地垂直带谱数字识别系统 (MABS DIS) 体现了模块化的特点，使以后的维护和升级相当方便 (如图 2)。



图 2 山地垂直带谱数字识别系统主界面工具条

Fig. 2 Main interface of MABS DIS 1.0

4 系统模块及应用举例

本文在基于 .NET 和 MATLAB 环境下，开发出独立的系统平台 MABS DIS 1.0。输入参数的格式为文本文件 (.txt)，输出包括文本矩阵、各种格式的图片等。系统以模块化工具条的形式组织，能够提供对带谱数据的预处理、不同带谱模式的自动识别、垂直带界线提取及函数拟和、垂直带谱的多样化显示和输出、带谱颜色和图例的设置等功能。

数据预处理模块 (如图 3)：可以同时或单独处理带谱数据中的空白点、奇异值等。

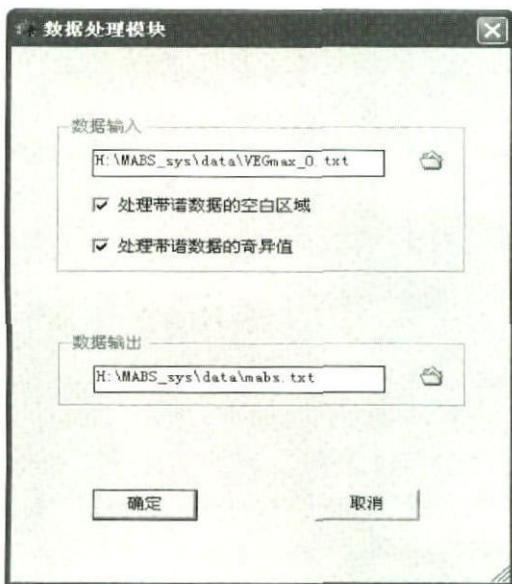


图 3 数据预处理模块

Fig. 3 Module of Data Preprocessing

山体单侧 (如图 4)：对山体分水岭一侧的垂直带谱进行提取，可以选择：北坡、南坡、东坡、西坡 4 个坡向。

山体方位 (如图 4)：以山顶为中心点，对山体的 360°方位的带谱进行提取；程序能够自动寻找山顶点，然后计算每个栅格点相对于山顶点的山体方位。

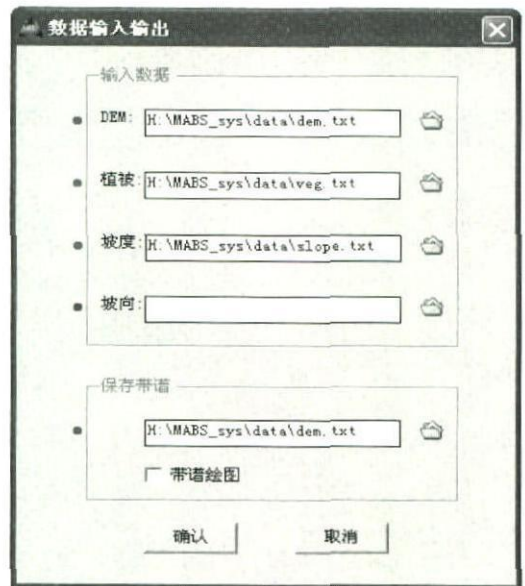


图 4 数据输入输出模块

Fig. 4 Module of Data Input and Output

地面坡向 (如图 4)：主要侧重于地面微观尺度的坡向规律，按照不同的坡向进行提取。

图谱构建 (如图 5 图 6)：能够交互式的输入带谱数据文件、DEM 文件；选择需要绘制的图谱模式，比如剖面散点图式、带谱上下限图式等；

另外，还可以选择不同幂次的多项式进行曲线拟合；能够对每个垂直带自定义颜色，也可以采用系统默认的颜色；可以将每个垂直带单独进行显示，也可以将几个垂直带显示在一个图中进行对比分析。

清楚看出垂直带谱的分布规律。

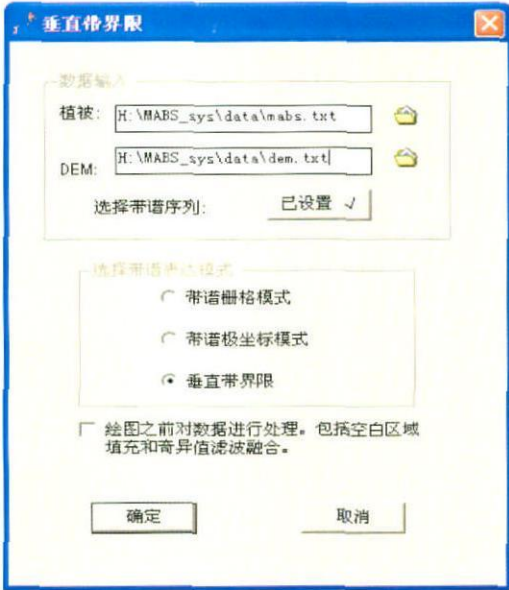


图5 图谱绘制模块

Fig. 5 Module of graphic plotting

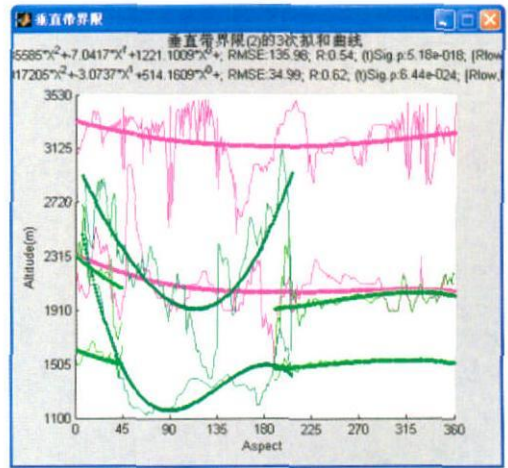
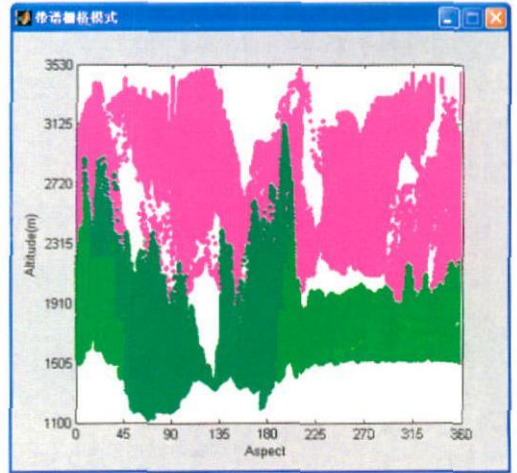


图7 系统应用案例 (剖面散点模式、带谱界线模式)

Fig. 7 Illustration of three Tupu patterns of MABs in Helan Mountains

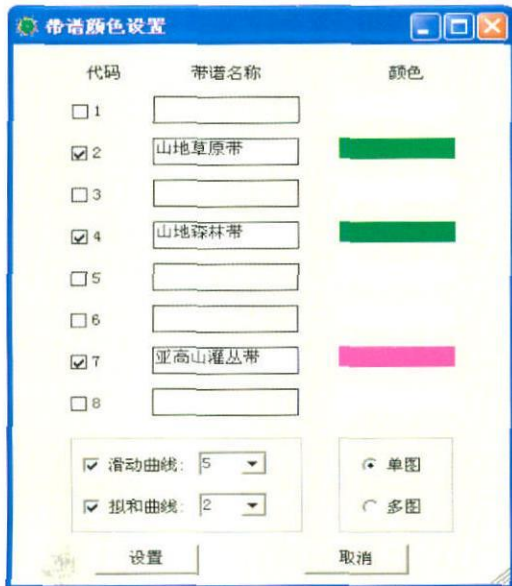


图6 带谱图形颜色设置

Fig. 6 Module of color setting

图7是根据贺兰山三个山地垂直带谱的水平分布图转换过来的垂直带谱图式，分别为山地草原带、山地森林带、亚高山灌丛带，从图中可以

5 结语

“带谱数字识别”作为“数字带谱”的核心内容之一，能够在资料获取、表达方法、分析技术方面帮助实现山地垂直带谱完备信息的获取，从而成为走向山地垂直带信息图谱的重要一环。本文首次提出的利用 VB .NET 和 MATLAB 的混合编程技术构建带谱数字识别系统，能够解决程序效率、操作界面、系统升级等方面的问题，对于以后的海量地学信息提取及其软件平台的设计具有重要的参考意义。从带谱数字识别的算法中可以看出，最终集成的垂直带谱图式最大限度地保留了原始植被数据的信息，其精度与原始数据关系

密切。本文主要侧重于分析从水平植被分布图向垂直带谱分布图式的转换算法, 探讨这种技术对于带谱信息提取的意义和可行性。但本文未能对原始植被分布图的精度、准确度进行分析, 包括原始数据的精度控制、提取的带谱信息的验证等。对此, 有待今后深化研究。

参考文献

- [1] 何月, 王明常, 邢立新等. 松嫩平原西南部水域信息图谱分析. 地球信息科学, 2007, 9(4): 29~33.
- [2] 卢斌莹, 陈正江, 袁勘省等. 陕西省城镇与交通信息图谱的建立与分析. 地球信息科学, 2007, 9(2): 96~100.
- [3] 纪翠玲, 齐清文, 张科利. 黄土高原地貌形态图谱三维符号指标体系与应用. 地球信息科学, 2005, 7(1): 47~52.
- [4] 陈菁, 廖克. 区域生态环境综合信息图谱的分类与案例分析——以福建省为例. 地球信息科学, 2007, 9(2): 85~90.
- [5] 余明, 廖克, 李春华. 福建生态环境信息图谱数据库系统设计与实现. 地球信息科学, 2005, 7(4): 117~121.
- [6] 梁雅娟, 齐清文, 陈燕等. 地学信息图谱的基础平台设计与开发. 地球信息科学, 2005, 7(2): 30~35.
- [7] 陈述彭. 地球信息科学. 北京: 高等教育出版社, 2007, 379~408.
- [8] 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. 山地学报, 2002, 20(6): 660~665.
- [9] 张百平, 周成虎, 陈述彭. 中国山地垂直带信息图谱的探讨. 地理学报, 2003, 58(2): 163~171.
- [10] Zhang Baiping, Wu Hongzhi, Xiao Fei, et al. Integration of data on Chinese mountains into a digital altitudinal belt system. Mountain Research and Development 2005, 26(2): 163~171.
- [11] 张百平, 许娟, 武红智等. 中国山地垂直带的数字集成与基本规律分析. 山地学报, 2006, 24(2): 144~149.
- [12] Hamilton A C, Perrott R A. A study of altitudinal zonation in the montane forest belt of Mt Elgon, Kenya/Uganda. Vegetatio 1981, 45: 107~125.
- [13] Körner C. A re-assessment of high elevation tree line positions and their explanation. Oecologia 1998, 115: 445~459.
- [14] Miehe S. Humidity-dependent sequences of altitudinal vegetation belts in the northwestern Karakoram. Proceedings of International Symposium on the Karakoram and Kunlun Mountains, 1992, 347~363.
- [15] Körner C. The use of 'altitude' in ecological research. TRENDS in Ecology and Evolution, 2007, 22(11): 569~574.
- [16] 孙然好, 张百平, 肖飞等. 山地垂直带谱的数字识别方法探讨. 遥感学报, 2008, 12(2): 135~141.

Development of Digital Altitudinal Belts Identification System on NET Platform

SUN Ranhao^{1, 2}, ZHANG Baiping¹

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

2 Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS, Beijing 100085, China)

Abstract Geo-infoTupu methodology is a new direction for geographic researches and it's not only a way for presentation but also a method of analysis in geo-information science. Based on the idea of Geo-infoTupu and digital mountain altitudinal belts (digital MABs), the objective of this paper is to construct the models of multi-scales spatial patterns in altitudinal belts and develop the digital framework that identifies the horizontal and vertical differentiation from multi-source data. According to three patterns of digital identification, i.e., single flank, single peak and multiple peaks, this paper develops different algorithms using the Matlab programme. Contrasting the identification patterns, we indicate the relative merits among them in digital identification and Tupu visualization, and show clearly their special scale for the study regions. Based on the VB.NET platform, we build a programming system, named "Mountain Altitudinal Belts Digital Identification System" (MABDIS), which provides sev-

eral modules with useful tool sets such as data in-out module, data processing module and graphic plotting module. Using the MAB/DIS software, the mountain altitudinal belts are identified from digital terrain models and digital vegetation data in the Helan Mountains, China. The study reveals that the digital identification of MABs could enrich the source materials of mountain researches and enhance the digital comparison and analysis method of MABs. And it also could reveal more geographical information than ever before and is an effective attempt for Geoinf Tupu practices.

Key words mountain altitudinal belts; digital identification; NET; MATLAB

“全国新型遥感技术应用交流会暨中国遥感应用协会专家委员会会议”在广西南宁成功召开

由中国遥感应用协会专家委员会和核工业北京地质研究院国家级遥感重点实验室主办的“全国新型遥感技术应用交流会暨中国遥感应用协会专家委员会会议”于2008年10月13日至14日在广西南宁市成功召开。来自全国18个省、市、自治区的100多位遥感技术应用专家和代表参加了新型遥感技术应用交流会，50多位委员参加了中国遥感应用协会专家委员会会议。

全国新型遥感技术应用交流会由中国遥感应用协会专家委员会秘书长刘德长研究员主持。会议首先由专家委员会常务副主任胡如忠研究员致开幕词，刘侠副主任宣读了专家委员会主任庄逢甘院士给大会的信，核工业北京地质研究院国家级遥感重点实验室赵英俊主任宣读了专家委员会主任陈述彭院士为大会的题词。中国遥感应用协会荣志启秘书长代表中国遥感应用协会，广西壮族自治区气象减灾研究所钟仕全副所长代表东道主到会，并致词祝贺。

应邀国土资源航空物探遥感中心王润生教授作了“高光谱遥感地物的物质组分和物质成分探测”的专题报告、核工业北京地质研究院国家级遥感重点实验室赵英俊主任作了“CASI/SASI航空成像光谱测量系统数据获取及处理分析”的专题报告、中国科学院遥感所邵芸研究员作了“新型成像雷达遥感应用的优势与挑战”的专题报告。

随后，与会代表就高空间分辨率信息源应用、新型多光谱-高光谱遥感信息源应用、合成孔径雷达信息源的应用、多源遥感与地学信息集成应用等议题进行了学术交流和深入探讨，涉及的应用领域包括农业、林业、土地利用、矿产资源勘查、海洋调查、环境评价、地震灾害监测、城市规划以及方法技术研究等诸多方面，其中新型遥感数据在我国四川地区抗震救灾工作中发挥的重要作用尤其引人注目，更加充分地证明了遥感技术在我国国民经济建设中的重要地位和广阔的应用前景。

在新型遥感技术应用交流会后，召开了中国遥感应用协会专家委员会会议。



大会开幕式会场

(杨旭报导)