

# 山地垂直带坡向信息提取方法

庞宇<sup>1 2</sup> 姚永慧<sup>1</sup> 赵芳<sup>1 2</sup> 韩芳<sup>3</sup> 张百平<sup>\* 1</sup> 张朔<sup>1 2</sup> 齐文文<sup>1 2</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; 3. 滁州学院 安徽 滁州 239000)

**摘 要:** 坡向对垂直带的空间分布有重要的影响作用。长期以来,垂直带坡向数据的质量较低,主要以阴坡和阳坡数据为主,4 个坡向和 8 个坡向的数据非常罕见。数据质量的问题严重阻碍了垂直带坡向效应的定量研究。为了克服这个难题,我们利用 GIS、遥感、程序设计等现代信息技术手段提出了山地垂直带坡向信息提取的方法(SAI-IMAB),实现垂直带随坡向分布情况全数字化、量化地显示和表达。本方法包括以下步骤: 1. 数据预处理 2. 垂直带坡向数据库的构建 3. 定量表达 4. 图形显示。在 Matlab 2010b 平台下开发绘图函数,根据以下形式来表达和显示垂直带的分布情况,包括: 点阵分布模式(PDP)、点阵界限模式(PLP)、曲线带谱模式(CSP)。和传统柱状图的显示方法相比,这些方法具有数据概括程度低、精度高、与现实相似度高的特点。以巴基斯坦 Kaghan 流域作为试验区,植被图和地形图作为数据源,利用该方法,我们高精度提取出 Kaghan 地区随坡向变化的山地垂直带谱数据。该方法的提出,有效地提升了山地垂直带的识别精度,提高了垂直带数据的质量,使垂直带分布规律的量化研究成为可能,有助于更加准确地揭示山地垂直带随坡向变化的规律。

**关键词:** 山地垂直带; 坡向; 信息提取; 垂直带界限; 曲线带谱; GIS; RS

**中图分类号:** P285 ,P931.2

**文献标识码:** A

在山地众多要素中,地形是对植被分布最稳定、最显著的影响因素。而作为地形要素之一,坡向对山区土地分异和垂直带的空间分布具有重要的影响<sup>[1]</sup>,在地学、生态学、植物学等研究领域具有共识<sup>[2-4]</sup>。长期以来,大部分地区只有 1~2 个坡向的垂直带分布记录<sup>[5]</sup>,往往只有东西坡、阴阳坡的简单对比<sup>[2,6-8]</sup>,4 个方向的坡向(包括:东南西北方向、阴阳半阴半阳方向)资料较少<sup>[9]</sup>,8 个坡向和 360°全坡向的垂直带数据更为罕见<sup>[10]</sup>。其根本原因是传统垂直带谱分布的记录和测量精密仪器应用较少,主要以目视观测为主,使得山地垂直带谱的数据过度离散,垂直带谱坡向数据较为粗糙。

近年来,随着垂直带分布规律的研究方法由定性的理论概括逐步转为定量分析,大量学者对连续坡向数据的提取方法进行研究。主要包括两个阶段: 1. 传统方法。1) 沿山体走向提取垂直带谱信息。Henning 绘制了乌拉尔山脉从南到北全长超过 850 km 的东坡和西坡的垂直带谱沿山体走向的分布图<sup>[11]</sup>。他还引用了 W. M. Fridland 在 1966 年绘制的高加索地区的 5 个不同经度位置,山体纵切的垂直带剖面,用图式的方法表现了 19 种垂直带类型,概括了这些垂直带在该地区 5 个不同剖面的分布模式<sup>[12]</sup>。Carl Troll 用剖面图的方法简单描绘了俄罗斯阿尔泰山山系上,从 Tschergin 山到 Kirei 山

收稿日期( Received date): 2011 - 11 - 11; 改回日期( Accepted): 2012 - 03 - 15。

基金项目( Foundation item): 国家自然科学基金( 40971064 ,41030528),资源与环境信息系统国家重点实验室自主研究项目资助。[Supported by Foundation: National Natural Science Foundation of China( No. 40971064; No. 41030528),LREIS self-determined project.]

作者简介( Biography): 庞宇( 1981 - ),男,汉族,河南安阳人,博士研究生。研究方向: GIS 和 RS 在自然地理和山地科学中的应用。[Pang Yu ( 1981 - ),Male ,Han nationality ,born in Henan Anyang ,Doctor student ,mainly engaged in the application of GIS and RS to physical geography and mountain science. ] E-mail: pangy@lreis. ac. cn

\* 通讯作者( Corresponding author): 张百平( 1963 - ),男,汉族,研究员,博士生导师,研究领域为山地生态与 GIS 应用。[Zhang Baiping( 1963 - ),Male ,Professor ,Han nationality ,Doctor supervisor ,mainly engaged in mountain ecology and the application of GIS into mountain science. ] E-mail: zhangbp@lreis. ac. cn

的山地草原带、暗针叶林带、亚冰雪带和冰雪带的分布模式<sup>[13]</sup>。这些方法只是表现了不同山地垂直带分布的大致情况,垂直带界限的处理简单化,误差较大,没有标明图中表现的具体方位。2) 沿 360°坡向提取垂直带谱信息。Hamilton 开创了全坡向垂直带谱数据的提取方法的先河,他以 Calera 火山口为中心,绘制了乌干达埃尔贡山(M. t. Elgon)地区主要垂直带类型的 360°全坡向分布图。Sabine Miehe 按照气候的干燥序列将巴基斯坦北部山地西北喀喇昆仑山的垂直带谱划分为半湿润(sub-to semihumid)、半干旱(subarid)、次干旱(semiarid)和极干旱(subarid)4种类型,并绘制了垂直带分布的全坡向分布图<sup>[14]</sup>。该方法将垂直带之间的界线看作连续的曲线,向我们展示了精美的植被带谱随坡向的变化模式。相对于过去的柱状图和垂直剖面图,我们可以将这种带谱称之为“曲线带谱”。然而,这些方法所用的垂直带数据还是基于简单的表格记录数据,这些图式的图例表现模糊、容易混淆,图案色彩简单,垂直带的分布界线过于粗略。

## 2. 信息技术方法

从 20 世纪 90 年代以来,GIS、遥感、信息技术的快速发展使得提高垂直带精度成为可能,垂直带坡向数据信息化的研究发展迅速。利用二次线扫描方法,从西昆仑山的植被图和遥感分类图中提取出数字化的、连续的垂直带分布数据<sup>[15-16]</sup>。此方法分别显示了垂直带沿着经度和纬度的分布变化。然而,它不能显示垂直带沿坡向的分布变化。并且,将垂直带的所有数据点通过混合颜色显示在一幅图中,使垂直带分布的显示非常模糊。孙然好将 DEM、坡向图、分类的植被图初步整合成植被信息数据表,用 Matlab 和 NET 开发垂直带识别系统,沿坡向提取山地垂直带谱<sup>[17-18]</sup>,开发了山地垂直带谱数字识别系统(MABsDIS),利用潜在植被分布图、数字地形模型提取了山地垂直带的不同表达模式,以及由不同垂直带组成的多种垂直带谱类型,总结了大青山垂直带在坡向效应下的分布规律,开发出 MABS-DIAS 平台,用来显示垂直带从 0°到 360°沿坡向的连续分布,初步揭示了垂直带随坡向的连续变化情况。然而,仍然存在很多问题:预处理的规则还没有建立;没有数据字段编码的规则;垂直带分布的具体空间信息和位置信息丢失;模版筛选数据的方法,造成了信息丢失;数据源精度较低,1:10 万 DEM 需要提高;软件操作性和交互性较差;数据输入输出等很多方面需要改进;只展示了垂直带提

取方法的雏形;垂直带多类型点集的混合显示,不能发现山地垂直带空间规律,这些方面需要进一步改进和完善。

为了解决前面提出的问题,利用 RS、GIS、程序设计等技术方法,我们研究了垂直带坡向数据提取的方法。点阵、点集、拟合曲线作为垂直带分布的表现形式,最大化地减少了垂直带数据的误差。集合论的引入作为垂直带分布的表达形式,为这些图形形式给出了科学定义。垂直带坡向数据库的构建,实现了对垂直带数据高效地、科学地管理。将此方法应用于 Kaghan 流域,真实地、生动地显示了该地区垂直带的分布情况。通过本方法,我们可以提取更多连续的垂直带数据,进而对垂直带的分布进行定量分析,揭示复杂山地环境中垂直自然带的空间分布规律。

## 1 研究数据和方法

### 1.1 数据资料

作为巴基斯坦最美丽的地区之一,Kaghan 流域位于亚热带的 Hazara 地区(Ahmad,1969),位于 34°30′~35°15′N,73°18′~74°5′E。它延展 155 km,从海拔 650 m 到它的最高点 Babusar Pass 4 170 m。Kaghan 流域植被图的比例尺为 1:15 万,由 Schickhoff 设计和制作<sup>[19-20]</sup>。这个信息丰富的地图不仅是彩色植被图,而且也是一个精度较高的地形图,等高线间距为 304.8 m(1 000 ft),最小等高线为 1 219.2 m(4 000 ft),最大等高线为 4 572 m(15 000 ft)。因此,我们可以从植被图中获取高程、植被类型、经度、纬度、坡向这些属性信息。根据 SAHMAB 方法的预处理模块,Kaghan 流域的植被图被数字化(图 1),将等高线的单位由英尺(ft)转化为米(m),生成植被坡向数据库,由 ArcGIS Geodatabase 管理。Kaghan 流域的垂直带类型可以划分为以下类型:1. 农场和牧场;2. 莎草丛;3. 桦林;4. 冷杉林;5. 兰松林;6. 冷杉和兰松混交林;7. 雪松林;8. 亚洲蒿草原;9. 桤柳林群落;10. 圣栎林;11. 洋槐橄榄林;12. 西藏长叶松。如图 1 中图例所示,每一种带谱被赋予一种不同的颜色。选取 Kaghan 流域中部地区坡向变化明显、植被类型丰富的一个区域作为研究区。

### 1.2 研究思路

利用 GIS、RS、程序设计等现代信息技术手段,我们提出了“山地垂直带坡向信息提取”方法(SAI

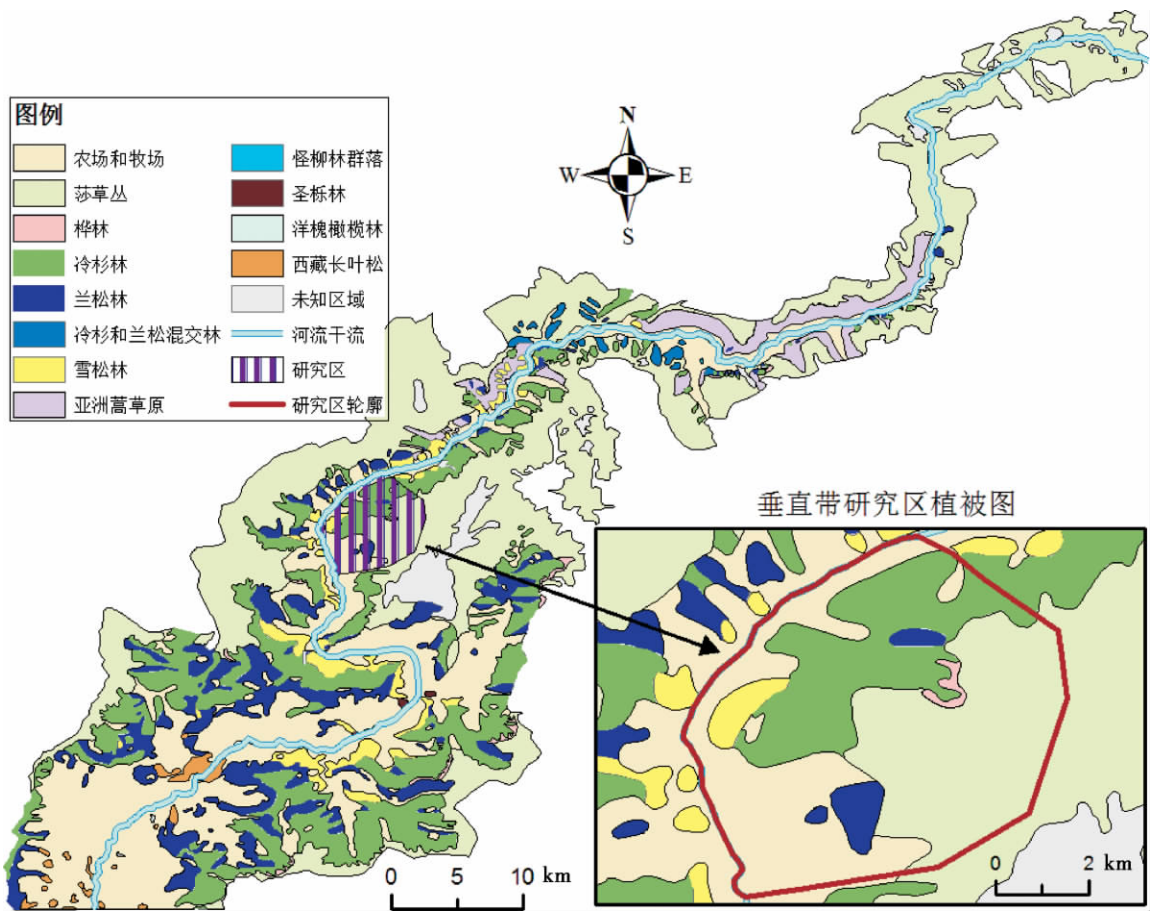


图1 数字化的 Kaghan 流域植被分布图

Fig.1 Digitalized vegetation map in Kaghan Valley

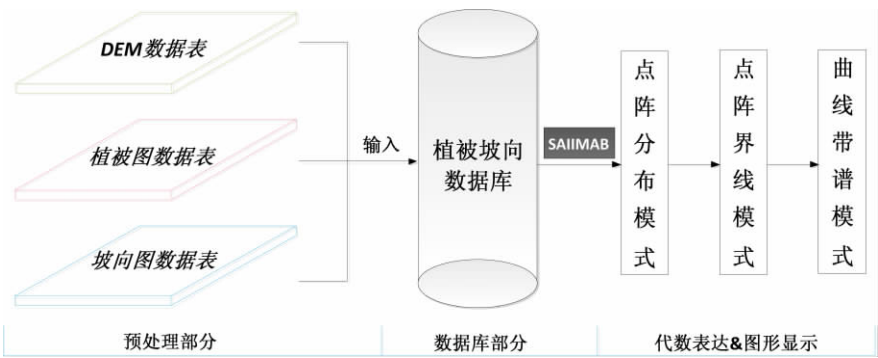


图2 研究方法的流程图

Fig.2 Flow chart of research method

IMAB) 实现垂直带随坡向分布情况全数字化、量化地显示和和表达。本方法包括以下步骤(图2): 1. 数据预处理 2. 垂直带坡向数据库的构建 3. 定量表达 4. 图形显示。在 Matlab 2010b 平台下开发绘图函数, 根据以下形式来表达和显示垂直带的分布情况, 包括: 点阵分布模式(PDP)、点阵界限模式(PLP)、曲线带谱模式(CSP)。

## 2 研究方法

山地垂直带坡向信息提取方法的英文全称为 Slope Aspect Information Identification of Mountain Altitudinal belts SAIIMAB 是首字母的缩略词。作为垂直带的一种全新的信息提取方法, SAIIMAB 方法由

4部分组成: 数据预处理部分、垂直带坡向数据库部分、代数描述部分、图形显示部分。SAHMAB方法中包含3种表现形式, 包括: 点阵分布模式(PDP), 点阵界线模式(PLP), 曲线带谱模式(CSP), 所有这些方法和形式的目的都是为了更加精确地、真实地描述垂直带的分布。

## 2.1 垂直带坡向数据库

近些年来, 有些学者提出将DEM、坡向图、分类后的植被图整合为一个垂直带属性数据库<sup>[15, 17-18, 21]</sup>。我们采用该文献中的方法进行数据预处理, 利用Kaghan地区的植被图和地形图生成垂直带坡向数据库。将ArcGIS Geodatabase作为管理垂直带信息的数据库, 其中的每一条记录都对应地

图上的每个栅格单元。从第1列到第5列, 分别代表不同属性, 包括: 经度、纬度、高程、坡向、垂直带类型(图3)。为了保证数据的连续性, 需要整理数据库, 对表格中的记录进行排序。表格应该根据两个标准进行排序: 1. 根据纬度(第2列)进行升序排序。2. 根据经度(第1列)进行升序排序。在以后的内容中, 排序后的表由M表示。二维表和二维矩阵表达的同一个人物, 为了编程和数学计算, M还代表一个矩阵, M中的元素可以表示为以下公式

$$M = \mu_{ij} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (1)$$

式中, 下标*i*表示矩阵M的行标识; 下标*j*表示矩阵M的列标识, 对应每个栅格的属性类型数量; *m*表示矩阵M最大的行, 对应全部栅格的数量。

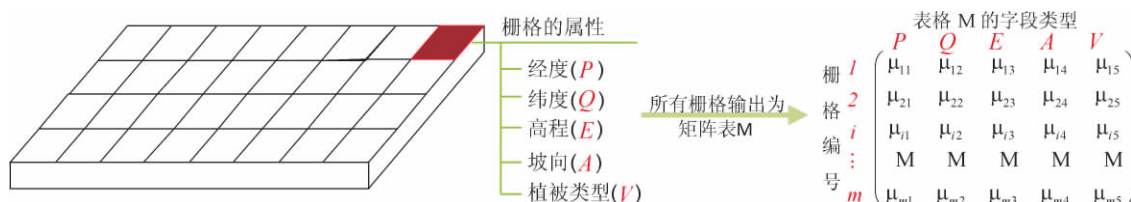
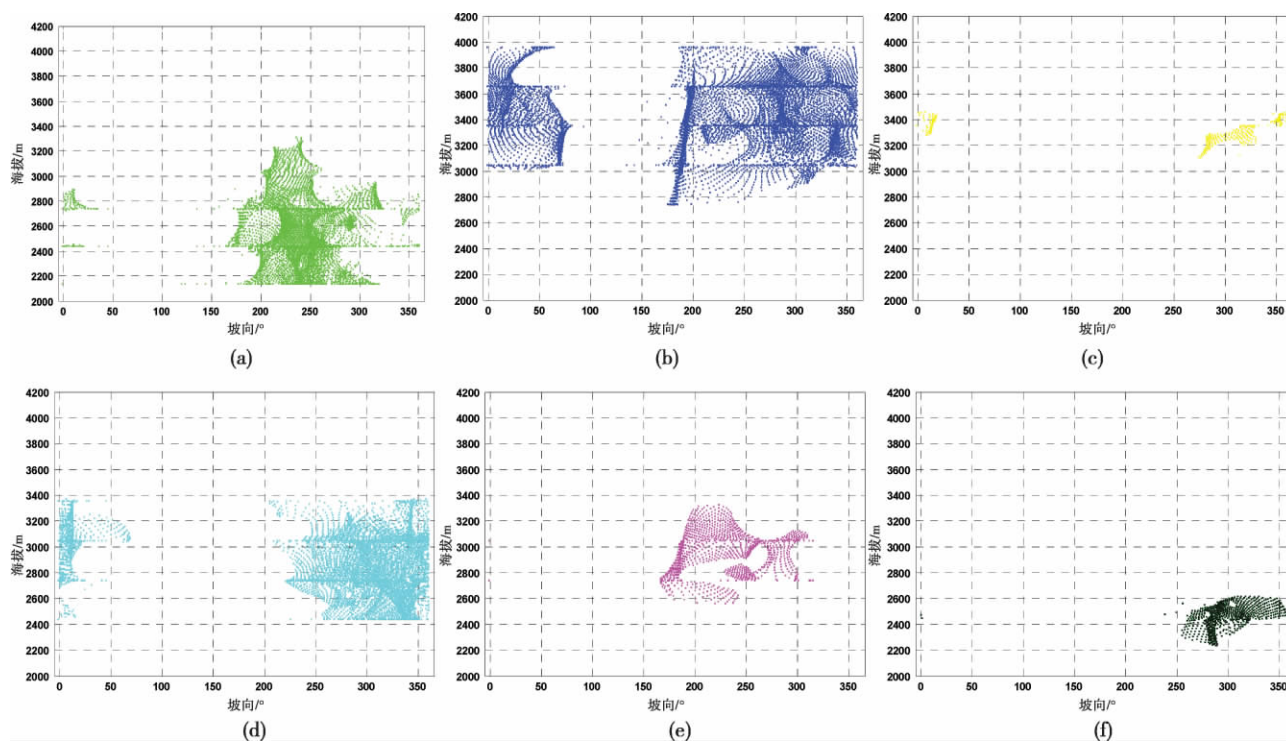


图3 栅格转化为表的示意图

Fig. 3 Conversions from properties of raster grids to tables



(a) 农场和牧场; (b) 莎草丛; (c) 桦林; (d) 冷杉林; (e) 兰松林; (f) 雪松林

(a) Farm and rangelands; (b) Cyperaceae mats; (c) Birch forests; (d) Fir forests; (e) Blue pine forests; (f) Cedar forests

图4 研究区垂直带沿坡向的分布情况

Fig. 4 Distribution of altitudinal belts along slope aspect in the study area displayed in Point-lattice Distribution Pattern (PDP)



## 2.2 点阵分布形式

假设研究区存在  $u$  种垂直带类型, 每种带谱的分布可以被投影到平面图中, 将经度、纬度或者坡向作为水平坐标轴, 高程作为垂直坐标轴。作为坡向-高程分布模式, 它显示为随机点阵。不同颜色代表不同的垂直带类型。表中的每一个记录在图上显示为一个点。根据不同的垂直带谱类型, 在图上分别绘制这些离散点。研究区域有 6 种垂直带谱类型 ( $u=6$ ), 该区域垂直带沿坡向的分布情况被清晰地显示出来(图 4)。

## 2.3 点阵界线形式

在垂直带点阵分布形式的基础上, 可以生成垂直带点阵界线形式, 具体的步骤如下:

1. 垂直带上限和下限点集的数量相等, 由  $v$  表示。坡度值的取值范围为  $0^\circ \sim 360^\circ$ , 因此, 根据坡度值的大小, 将数据点集划分为  $v$  个部分。

2. 取第  $i$  部分的极值点。比较第  $i$  部分点集中所有点的高程属性 ( $i=1, 2, \dots, v$ ), 如果高程属性最大值的点的数量  $n=1$ , 则此点作为选择点; 如果高程属性最大值的点的数量  $n>1$ , 则判断这些点的坡

向属性, 取坡向值最小的点作为选择点。将高程属性最大值的选择点赋予  $s_i$ 。同样方法, 高程属性最小值的选择点赋予  $t_i$ 。

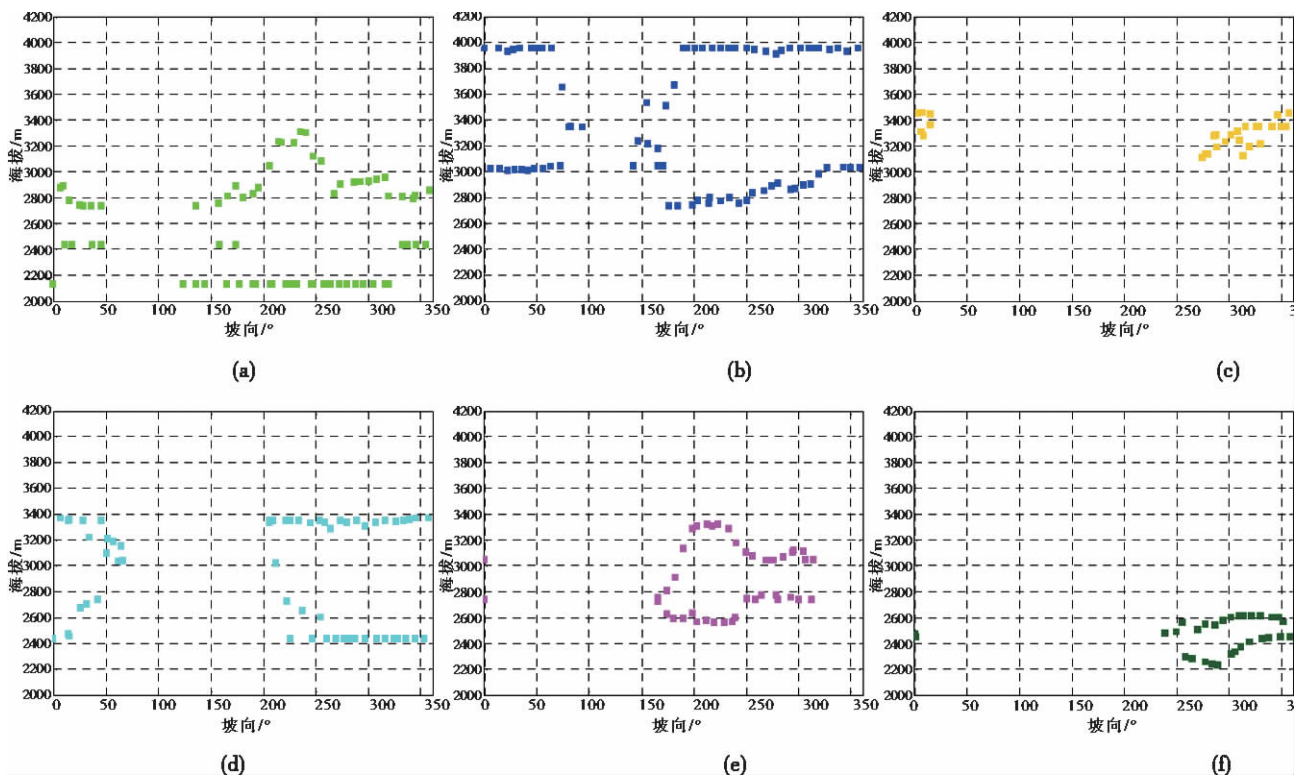
3. 根据这个方法, 从  $0^\circ$  位置开始,  $360^\circ$  位置结束, 从这  $v$  个部分中按顺序选出最大值选择点集和最小值选择点集, 依次将这些数据赋予  $S$  和  $T$ 。其中  $S$  表示最大值点的全集  $S=\{s_i | i \in [1, v]\}$ ;  $T$  表示最小值点的全集  $T=\{t_i | i \in [1, v]\}$ 。

4. 将本方法应用到 Kaghan 地区的垂直带谱数据中, 根据不同的垂直带谱类型, 利用绘图函数, 在图上分别绘制这些离散点。研究区域有 6 种垂直带谱类型 ( $u=6$ ), 该区域垂直带沿坡向的分布情况被清晰地显示出来(图 5)。

## 2.4 曲线带谱形式

在垂直带点阵界线的基礎上, 可以生成垂直带曲线带谱形式, 具体的步骤如下:

1. 垂直带曲线带谱。垂直带曲线带谱应当满足以下的特点: 1 > 曲线带谱的曲线应当光滑, 能够反映自然界的客观规律。2 > 垂直带曲线带谱应当能用数学语言描述, 充分体现研究结果的定量化。根



(a) 农场和牧场; (b) 莎草丛; (c) 桦林; (d) 冷杉林; (e) 兰松林; (f) 雪松林

(a) Farm and rangelands; (b) Cyperaceae mats; (c) Birch forests; (d) Fir forests; (e) Blue pine forests; (f) Cedar forests

图 5 点阵界线模式表达研究区垂直带沿坡向的上下限

Fig. 5 Upper and lower limits of altitudinal belts along slope aspect in the study area displayed in Point-lattice Limit Pattern(PLP)

据不同的自然地带,总结不同的垂直带分布模式,最终形成山地垂直带的坡向数据分布模型。

2. 生成上下限曲线。将离散点拟合成曲线,此步骤的目的是界定每种垂直带类型点集分布范围的上下限。在拟合方法的选取上,次数越高,拟合方程越复杂。而二次多项式拟合产生的曲线波动性较弱,因此,我们采取三次多项式拟合方法。利用该方法对集合S中的点集进行拟合,生成一条三次曲线来代表该垂直带类型的上限。同样的方法,对T集合的点集进行拟合,生成一条三次曲线来代表该垂直带类型的下限。 $n$ 表示拟合的次数, $p_1, p_2, \dots, p_{n-1}, p_n$ 表示多项式拟合的系数,方程的表达形式为

$$p(x) = p_1 x^n + p_2 x^{n-1} + \dots + p_n x + p_{n+1}$$

3. 生成垂直带曲线带谱。综合各种垂直带的分布情况,比较不同带谱数据的特征,按照数字曲线带谱的生成规则确定不同垂直带的分布范围,将研究区各种垂直带类型的上下限进行组合叠加,生成垂直带曲线带谱。横坐标为坡向,纵坐标为高程,颜色属性表示植被的类型。不同的植被类型有各自的上线和下线,这些上线和下线组成的集合,可以有交集,也可以为空集。

表1 三次多项式拟合方程的系数表

Table 1 Coefficients table of cubic polynomial fitting equations

Id	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$
C1	-4.17E-05	0.047479189	-14.82940447	3511.499939
C2	0.000355637	-0.323529408	93.43516479	-5548.702063
C3	-3.29E-05	0.037847295	-12.08782595	4007.710429
C4	6.52E-05	-0.089077105	35.7579256	-421.8795512
C5	0.000118325	-0.12909587	48.7743921	-2989.076417
C6	0.000155907	-0.17813572	68.79218648	-5522.905379
C7	-0.000229911	0.281319237	-106.6396521	15229.039030
C8	-0.000112388	0.099664925	-29.02071523	6080.863554
C9	-0.000694885	0.517204074	-124.4655998	12328.137050
C10	0.001125999	-0.867655422	218.2450325	-14754.709810
C11	-0.001199462	1.125020887	-347.1832858	37608.758450
C12	-0.000230973	0.147592069	-23.76161413	2681.26650

4. 应用。将本方法应用到Kaghan地区的垂直带谱数据中,6个类型带谱的上下限有12条曲线,三次多项式拟合方程的系数显示在表1中。该研究区分布在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 坡向之间的垂直带数据不连续,因此,为了对相邻的数据进行拟合,我们对原始图层

进行复制和拼接,生成组合垂直带分布图(图6)。我们将垂直带点阵分布模式和最终生成的曲线带谱图进行对比,发现曲线带谱具有简洁明了、美观大方、信息丰富的特点,能够充分地反映山地垂直带谱的分布情况。

### 3 方法的讨论

SAIIMAB方法提取的垂直带谱坡向数据包括三种表现形式,分别为点阵分布模式(PDP)、点阵界线模式(PLP)、曲线带谱模式(CSP)。与传统的柱状图表示法相比,SAIIMAB方法提取的垂直带谱具有以下特点(表2):

1. 这些垂直带模式的共同特点是:显示分辨率由数据源的精度和图像的尺度所决定;可以显示带谱的界线;可以显示带谱的带宽;可以显示带谱的垂直组成模式和水平组成模式;可以显示相邻和不相邻位置的带谱;程序的运行速度受数据库的规模和计算机的性能影响。

2. 垂直柱状模式的显示形式是柱状图;点阵分布模式和点阵界线模式的显示形式是点阵,而曲线带谱模式的显示形式是曲线。

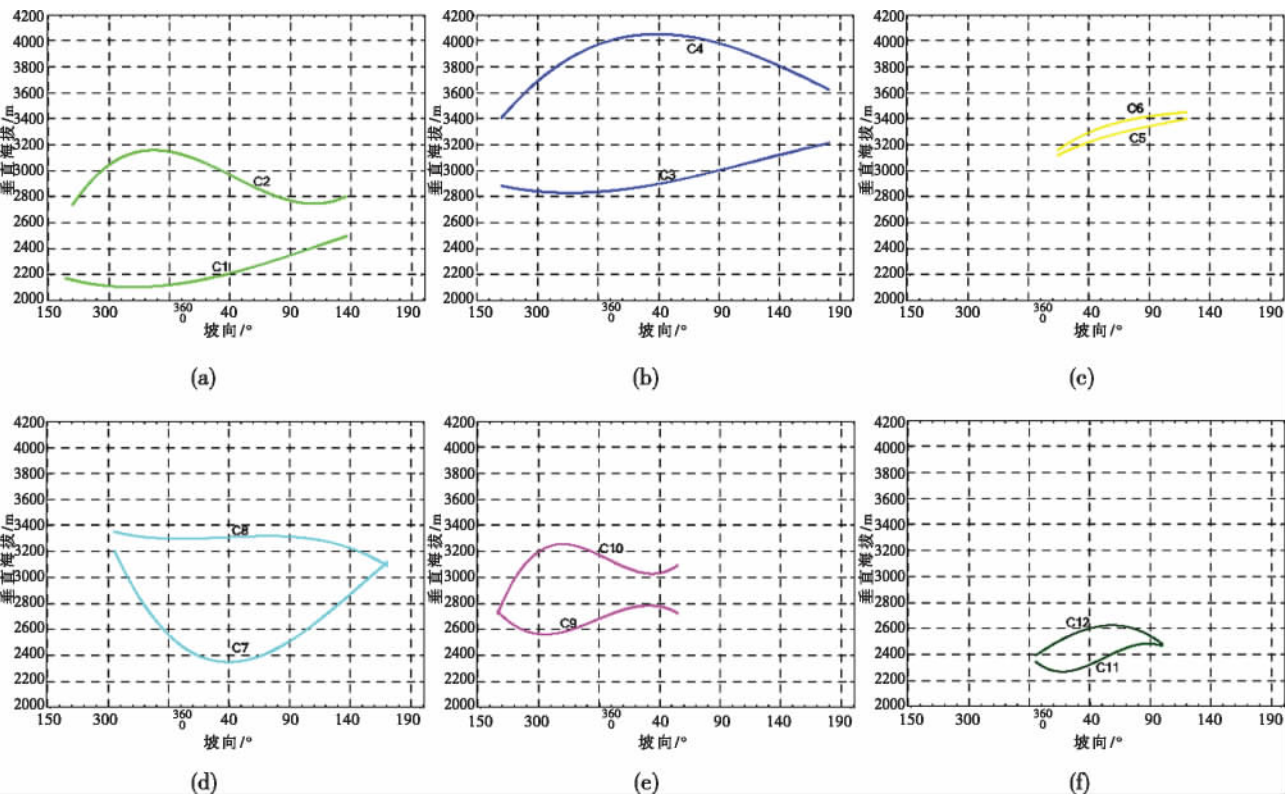
3. 点阵分布模式采用完整的垂直带谱数据,因此数据未经过修改,数据损失最小,与垂直带的实际分布情况相同。点阵界线模式由点阵分布模式简化而来,主要保留了上下限边界的数据,无人为数据修改和修正。因此,数据概括程度较低,数据显示精度较高。曲线带谱模式由点阵界线模式的数据经过多项式拟合方法生成,数据概括程度为中级,数据显示数据精度也为中级。垂直柱状模式显示的垂直带分布情况与实际情况出入较大,数据概括程度较高,数据显示精度较低。

### 4 小结

1. 提供了一种高精度、连续地提取垂直带数据的方法,弥补垂直带研究中数据资料不足、精度低的问题。由于是沿坡向进行的连续提取,垂直带界线不再是一条直线,而是连续变化的曲线。本研究中采用比例尺为1:15万的植被图,比现有的高精度遥感图像分辨率要低,包括:SPOT5,QuickBird,IKO-NOS等,如:SPOT5全色图像的空间分辨率为2.5m。因此,如果垂直带表达的精度需要提高,需要采

用更高精度的遥感图像或植被图。通过此方法,将  
获得在一定范围内有规律变化的垂直带高度界线,  
突破传统记录的 100 m 精度,达到 50 m 或更高的精  
度,可以大幅度地提高垂直带的识别精度。

2. 山地垂直带空间分布的科学表达和定量分析。  
柱状图、折线等方法基本上被所有文献采用为垂直



( a ) 农场和牧场; ( b ) 莎草丛; ( c ) 桦林; ( d ) 冷杉林; ( e ) 兰松林; ( f ) 雪松林  
( a ) Farm and rangelands; ( b ) Cyperaceae mats; ( c ) Birch forests; ( d ) Fir forests; ( e ) Blue pine forests; ( f ) Cedar forests

图 6 研究区垂直带上下限曲线带谱的分布模式

Fig. 5 Upper and lower limits of altitudinal belts along slope aspect in the study area displayed in Curve Spectra Pattern ( CSP)

表 2 各种模式特点的比较

Table 2 Comparisons between different patterns of altitudinal vegetation belts

名称	垂直柱状模式( VCP)	点阵分布模式( PDP)	点阵界线模式 ( PLP)	曲线带谱模式 ( CSP)
显示形式	柱状图	点阵	点阵	曲线
显示带谱的界线	是	是	是	是
显示带谱的带宽	是	是	是	是
显示带谱的垂直组合模式	是	是	是	是
显示带谱的水平组合模式	是	是	是	是
显示相邻的带谱	是	是	是	是
显示非相邻的带谱	是	是	是	是
数据概括程度	高	无	低	中
实际情况的相似度	低	高	高	中
数据精度	高	无	低	中
显示分辨率	@	@	@	@
程序的运行速度	#	#	#	#

注: @ 由数据源的精度和图像的大小决定; # = 受数据库的规模和计算机的性能影响。

带显示的最主要方法。这些表现形式分辨率较低,适合于宏观区域垂直带定性研究和半定量研究,不能满足垂直带坡向此类小尺度分布规律的研究。通过将植被信息栅格化,垂直带的分布被存储为高精度的海量数据。点阵和集合理论的引进,丰富了垂直带的表达方法,垂直带坡向效应被提高到定量化研究的水平。基于 ArcObjects、Matlab、Visual C++ 等混合编程平台,SAHMAB 方法可以被编程为一个软件包 SAHMAB1.0。用户仅需要输入数据和设置参数,数据预处理、科学计算、图形输出、结果分析等工作可以在 SAHMAB1.0 下完成。

3. 更深刻地揭示坡向效应下山地垂直带的分布规律。SAHMAB 方法是山地垂直带坡向信息提取、显示、表达的一套完整方法。该方法通过图形界面来描述和显示山地垂直带的分布情况,表现形式简洁明了。尽管它仅仅由一系列不同颜色的点、线、面构成,然而,其内涵却十分丰富。本文的研究将重点放在 SAHMAB 方法的介绍和解释,因此,垂直带的其他影响因素没有考虑。为了更加深刻地揭示山地垂直带和环境之间相互作用的规律,更多的因素,包括:太阳辐射、气象数据、降水数据、土壤湿度等,应当被引入到垂直带的研究中来。我们可以按不同自然地带的划分,探索、比较、分析和总结坡向效应作用下山地垂直带谱分布的空间分布规律。

## 参考文献(References)

- [1] Lin Chao, Li Changwen. The significance of aspect in mountain geography[J]. Acta Geographica Sinica, 1985, 40(1): 20-28 [林超, 李昌文. 阴阳坡在山地地理研究中的意义[J]. 地理学报, 1985, 40(1): 20-28]
- [2] Fu Zizhen, Li Jizhan. Analysis on the mountain altitudinal belts in Shanxi Province[J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 1976, 6(2): 16-29 [付子祯, 李继瓚. 山西各山地植被垂直地带性的分析[J]. 山西林业科技, 1976, 6(2): 16-29]
- [3] 胥晓, 苏智先, 严贤春. 坡向对四川冶勒红豆杉种群分布格局的影响——基于斑块信息的分析[J]. 应用生态学报, 2005, 16(6): 985-990 [Xu Xiao, Su Zhixian, Yan Xianchun. Effects of aspect on distribution pattern of Taxus Chinensis population in Yele Sichuan Province: An analysis based on patches information[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(6): 985-990]
- [4] Peng Jianfeng, Gou Xiaohua, Chen Xiaohua et al. Influences of slope aspect on the growth of Sabina Przewalskii along an elevation gradient in China's Qinghai Province[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34(5): 517-525 [彭剑峰, 勾晓华, 陈发虎, 等. 坡向对海拔梯度上祁连圆柏树木生长的影响[J]. 植物生态学报, 2010, 34(5): 517-525]
- [5] Song Jun, Li Wei, Wang Jun et al. The chief vegetation types and their distributions at Mt. Baishilazi in eastern part of Liaoning Sheng [J]. Journal of Liaoning Forestry Science and Technology, 2005, 4: 18-21 [宋军, 李伟, 王军, 等. 白石砬子山南北坡森林植被垂直分布的研究[J]. 辽宁林业科技, 2005, 4: 18-21]
- [6] Zheng Du, Chen Weilie. A preliminary study on the vertical belts of vegetation of the eastern Himalayas[J]. Acta Botanica Sinica, 1981, 23(3): 228-234 [郑度, 陈伟烈. 东喜马拉雅植被垂直带的初步研究[J]. 植物学报, 1981, 23(3): 228-234]
- [7] Liu Chuang. The function of landtype differentiation on northern and southern slopes of Qinling Mountains[J]. Journal of Shaanxi Normal University, 1986, 27(2): 66-76 [刘闯. 秦岭南北坡向在土地类型分异中的作用——以陕西秦岭西段为例[J]. 陕西师大学报: 自然科学版, 1986, 27(2): 66-76]
- [8] Yuan Guoying. The Vertical Zonation of the western Altay Mountains [J]. Acta Geographica Sinica, 1986, 41(1): 32-40 [袁国映. 阿尔泰山西部地区的垂直自然带[J]. 地理学报, 1986, 41(1): 32-40]
- [9] Zhang Xicheng. The distribution of mountain vegetation along the slope aspect in Guozi Ditch of Ili [J]. Journal of Bingtuan Education Institute, 1999, 9(3): 5-7 [张锡成. 伊犁果子沟山地植被的坡向分布[J]. 兵团教育学院学报, 1999, 9(3): 5-7]
- [10] Yu Qingguo, Kang Xingang, Cao Shunwei et al. A study on spatial distribution of vegetation in relation to the slope orientation in Nuozhadu Nature Reserve of Yunnan [J]. Journal of Fujian Forestry Science and Technology, 2007, 34(1): 9-13 [喻庆国, 亢新刚, 曹顺伟, 等. 云南糯扎渡自然保护区植被沿坡向空间分异研究[J]. 福建林业科技, 2007, 34(1): 9-13]
- [11] Henning I. Horizontal and vertical arrangement of vegetation in the Ural-System. Geocology of the high-mountain regions of Eurasia [M]. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag GmbH, 1972
- [12] Henning I. Die dreidimensionale vegetationsanordnung in Kaukasien. Geocology of the high-mountain regions of Eurasia [M]. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag GmbH, 1972
- [13] Troll Carl. The upper limit of aridity and the arid core of high Asia. Geocology of the high-mountain regions of Eurasia [M]. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag GmbH, 1972
- [14] Miehe Sabine. Humidity-dependent sequences of altitudinal vegetation belts in the northwestern Karakorum [J]. Proceedings of International Symposium on the Karakorum and Kunlun Mountains, 1994: 347-363
- [15] Xiao Fei, Ling Feng, Du Yun et al. Digital extraction of altitudinal belt spectra in the West Kunlun Mountains using SPOT-VGT NDVI and SRTM DEM [J]. Journal of Mountain Science, 2010, 7(2): 133-145
- [16] Xiao Fei. Digital analysis and simulation of mountain environmental factors in west Kunlun Mountains [D]. Beijing: State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, 2006 [肖飞. 西昆仑山地环境要素的数字分析及模拟[D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所资源环境与信息系统国家重点实验室, 2006]
- [17] Sun Ranhao, Zhang Baiping, Xiao Fei et al. Exploring the method



- of digital identification of Mountain Altitudinal Belts[J]. Journal of Remote Sensing 2008 ,12( 2) : 135 – 141 [孙然好,张百平,肖飞,等. 山地垂直带谱的数字识别方法探讨[J]. 遥感学报, 2008 ,12( 2) : 135 – 141]
- [18]Sun Ranhao. Digital Identification and analysis of Mountain Altitudinal Belts[D]. Beijing: State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System ,Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research ,Chinese Academy of Sciences , 2008 [孙然好. 山地垂直带谱数字识别与分析[D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所资源环境与信息系统国家重点实验室 2008]
- [19]Schickhoff Udo. Himalayan forest-cover changes in historical perspective: a case study in the Kaghan Valley northern Pakistan[J]. Mt. Res. Dev. ,1995 ,15( 1) : 3 – 18
- [20]Schickhoff Udo. Man's impact on vegetation and landscape in the Kaghan Valley ,Pakistan[J]. Pakistan journal of forestry ,1993 ,43 ( 3) : 128 – 147
- [21]Sun Ranhao ,Zhang Baiping. Development of Digital Altitudinal Belts Identification System on NET platform[J]. Journal of Geo-Information Science 2008 ,10( 6) : 690 – 696 [孙然好,张百平. 山地垂直带谱数字识别的技术实现和图谱构建[J]. 地球信息科学 2008 ,10( 6) : 690 – 696]

## A Method for Identifying Slope Aspect Information of Mountain Altitudinal Belts

PANG Yu<sup>1 2</sup> ,YAO Yonghui<sup>1</sup> ,ZHAO Fang<sup>1 2</sup> ,HAN Fang<sup>3</sup> ,  
ZHANG Baiping<sup>1</sup> ,ZHANG Shuo<sup>1 2</sup> ,QI Wenwen<sup>1 2</sup>

( 1. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System ,Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research ,  
Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100101 ,China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100049 ,China;  
3. Chuzhou University ,Chuzhou 239000 ,China)

**Abstract:** Slope aspect has an important impact on the distribution of mountain altitudinal belts. For a long time , because of the barrier of surveying instrument as well as the underdevelopment of information technology ,the data of altitudinal belts about slope aspect has been with lower quality. Two-aspect data are easily to be acquired ,but four-aspect and eight-aspect data are difficult to be found. This condition had been impeding quantitative analysis research on the relationship between altitudinal belts and aspect effect seriously until now. In order to conquer this difficult problem ,we proposed a Slope Aspect Information Identification of Mountain Altitudinal belts ( SAIMAB) method by the modern techniques of GIS ,RS and computers. As a state – of – the – art method ,SAIMAB method is constituted of Preprocessing Part ,Vegetation database Part ,Graphics Part and Math Expression Part. Scanned vegetation map of Kaghan valley in Pakistan was digitalized to shape files as the data source of this study. We integrated DEM ,Aspect Map and Vegetation map into one raster layer. Therefore ,each raster cell has at least five properties , includes longitude ,latitude ,elevation ,slope aspect and vegetation type ,so the information of the whole raster layer can be expressed as a two dimensional table stored in a vegetation spatial database. Furthermore ,some plot functions were developed on Matlab 2010b to display altitudinal belts in Point-lattice distribution pattern ( PDP) ,Point-lattice limit pattern ( PLP) and Curve Spectra Pattern ( CSP) . The altitudinal belts were depicted in separate figures according to the difference of vegetation types. The introduction of point lattice and set theory enriches the depiction and expression methods of altitudinal belts. Consequential data of altitudinal belts had been extracted by SAIMAB method ,besides ,the output graphics of the SAIMAB displays the real distribution of altitudinal belts more veritably and vividly than ever. The proposal as well as the application of SAIMAB method not only enhances the accuracy of altitudinal belts data ,but also it makes the quantitative analysis on altitudinal belts become possible ,which is contributive to discover the distribution patterns of altitudinal belts with the change of slope aspect.

**Key words:** mountain altitudinal belts; slope aspect; information identification; Curve spectra; SAIMAB; RS; GIS