

文章编号: 1008-2786-(2008)6-665-07

# 自然地理界线判别的投影寻踪技术

洪滔<sup>1,2</sup>, 郭妍<sup>1,2</sup>, 吴承祯<sup>1,2\*</sup>, 邓慧华<sup>1,2</sup>, 张尚炬<sup>1,2</sup>

(1. 福建农林大学林学院, 福建 福州 350002; 2. 森林生态研究所, 福建 福州 350002)

**摘要:** 改进投影寻踪技术是一种基于改进单纯形法直接优化投影寻踪技术的投影函数和投影方向的一种新方法, 提出应用改进投影寻踪技术建立自然地理界限划分的判别模型, 利用该模型可把自然地理上各气象站点的多维分类指标综合成一维投影值, 根据投影值的大小可对气象站点样本集进行合理判别, 从而科学确定自然地理的气候带。以福建省南亚、中亚热带自然地理划分为例, 探讨了应用改进投影寻踪技术在自然地理划分中的具体应用, 福建中、南亚热带自然地理划分结果表明, 直接由样本数据驱动的改进的投影寻踪自然地理界线判别模型用于中、南亚热带自然地理的划分简单可行, 具有较强的适用性和应用性, 可操作性强, 可广泛应用于各气候带及地域界线的划分。

**关键词:** 自然地理界线; 南亚、中亚热带; 改进的投影寻踪法

**中图分类号:** P902

**文献标识码:** A

自然环境的地域分异是自然地理研究的基本内容之一, 对林业生产实践有着重要的布局指导意义。中、南亚热带之间的界线, 是福建省级区划中最重要的一条分界线。其中, 福建省中亚热带气候区是重要的林区, 对全省生态环境影响极大。由于自然景观的变化是一个渐变过程, 一般主要为地带性因素所决定的地域分异界线的空间反映都是一条“界带”, 但由于划界的困难, 引出各种不同的划界方案, 从而客观地刻画出“界带”的过渡性, 从自然景观的量变过程中发现质变位置, 并据此确定自然地理界线<sup>[1]</sup>。上世纪70年代以来, 随着计算机技术的发展, 国际统计界发展了一种投影寻踪技术 (Projection Pursuit简称 PP)。它采用的是“审视数据—模拟—预测”这样一种探索性数据分析 (Exploratory Data Analysis)新思路<sup>[2-7]</sup>, 其本质是寻找由高维数据投影到低维数据的特征投影方向, 通过几个投影方向了解高维数据的分布、结构等性质。投影寻踪这种新兴的统计方法适用于高维、非线性、非正态问

题的分析和处理, 因此, 它一直引起国内外统计专家和信号处理学者的关注, 已被成功地应用于多个领域<sup>[7-9]</sup>。但常用的投影寻踪方法的计算过程复杂、编程实现困难, 在一定程度上限制了其应用。鉴于此, 吴承祯等<sup>[8]</sup>提出一种基于改进单纯形法的改进投影寻踪法, 并在森林生态系统生态价位分级研究中取得理想效果。本文应用基于改进单纯形法的改进的投影寻踪的方法<sup>[8]</sup>, 建立福建省境内中、南亚热带界线判别模型并应用于中亚、南亚热带地理界线的判别, 以丰富投影寻踪法理论研究内容及自然地理界线判别模型。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况与气候资料来源

福建省地处祖国东南沿海, 介于  $23^{\circ}33' \sim 28^{\circ}19'N$ ,  $115^{\circ}50' \sim 120^{\circ}40'E$ 。东和东南临东海、南海, 隔台湾海峡与台湾省相望, 东北与浙江省相邻, 西和

收稿日期 (Received date): 2008-02-30; 改回日期 (Accepted): 2008-04-28.

基金项目 (Foundation item): 福建省科技厅重大科技攻关项目 (2001F007)、福建省科技厅重点科技攻关项目 (2002N031)资助。 [ Supported by the key project of the provincial Science and Technology Department of Fujian China(2001F007, 2002N031). ]

作者简介 (Biography) 洪滔 (1978-) 男 (汉), 福建福州人, 讲师, 主要从事森林生态学研究。 [ Hong Tao (1978-), Male, Born in Fujian. Lecturer majors on forest ecology ]

\*通讯作者 Corresponding author Wu Chengzhen

西北与江西省毗连,西南与广东省相连,全省平面形状似一斜长方形,东南宽约 540 km。福建省紧靠北回归线北侧,在全国气候区划分上,属于华中区浙闽副区及华南的闽广沿海副区,全省分为南亚热带和中亚热带。自然地理理论表明,带的划分应以气候、温度为依据<sup>[10]</sup>,中、南亚热带之间的界线本质上应是气候上温度带内亚带间的界线<sup>[11]</sup>。基于上述认识,并参考有关文献<sup>[12-13]</sup>,选取了 4 个反映温度状况的代表性指标:  $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$  积温 ( $\bar{x}_1$ )、 $\geq 0\text{ }^\circ\text{C}$  积温 ( $\bar{x}_2$ )、一月均温 ( $\bar{x}_3$ )、极端低温均值 ( $\bar{x}_4$ )。其中  $\bar{x}_1$ 、 $\bar{x}_2$  可大致反映一地热量资源的总体状况,是影响喜温作物生长的基本温度指标;  $\bar{x}_3$ 、 $\bar{x}_4$  则为衡量作物越冬条件的温度指标<sup>[3]</sup>。

气候资料来源于福建省 68 个县级气象站点 1961 年以来的历史气象资料,计算获得各气象站点气象指标的历年平均值。经过分析可知,福建省中、南亚热带的分界线大致位于福州 龙岩一线,与年平均气温  $20\text{ }^\circ\text{C}$  等值线基本吻合,它接近无冬区的北限,这条界线对喜温和喜热作物的生长发育有着十分重要的意义,其在福建省境内可能变动于  $24.5^\circ\text{N} \sim 26.5^\circ\text{N}$  间,且大致呈北东 南西走向<sup>[14]</sup>。根据福建省气候资料,分别选取了 14 个和 12 个被地学界和气象学界公认的中亚热带、南亚热带气象站点,作为已知类别样本 (表 1); 另外在全省范围内随机地选取了 23 个气象站点作为待判样本 (表 2),以检验所建立的自然地理判别模型的优劣。

### 研究方法

改进的投影寻踪分类模型的基本思想是利用计算机技术,把高维数据样本通过某种组合投影到低维子空间上,并通过极小化某个投影指标,寻找出能反映原高维数据结构或特征的投影<sup>[8]</sup>,即寻找出使投影指标函数达到最优的投影值,然后根据该投影值对样本集进行相应的分类。其中,投影指标函数的构造及其优化问题是应用投影寻踪分类方法能否成功的关键所在,优化采用改进单纯形法。本文提出采用改进投影寻踪法建立自然地理界线划分的评价模型,其建模步骤具体如下<sup>[8]</sup>:

第一步:建立判别指标体系,对各判别指标的样本数据进行预处理。根据所研究的气象站点的实际情况,并参考有关文献,通常可采用  $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$  积温 ( $\bar{x}_1$ )、 $\geq 0\text{ }^\circ\text{C}$  积温 ( $\bar{x}_2$ )、一月均温 ( $\bar{x}_3$ )、极端低温均值 ( $\bar{x}_4$ ) 4 个指标来构成自然地理界线划分的指标体系。设气象站点的样本集为  $x_{ij} (i=1 \sim n, j=1$

$\sim p)$ , 其中  $n, p$  分别表示气象站点样本的数目和判别指标的数目。为了消除各判别指标的量的影响,以保证建模不失一般性,需对  $x_{ij} (i=1 \sim n, j=1 \sim p)$  进行标准化处理。标准化处理公式为

$$y_{ij} = (x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min}) \quad (1)$$

式中  $x_{j\max}$ 、 $x_{j\min}$  分别表示样本数据集中第  $j$  个指标的最大值和最小值;  $y_{ij} (i=1 \sim n, j=1 \sim p)$  为标准化后的数据样本值。

第二步:构造投影指标函数。投影寻踪判别方法就是把  $p$  维数据  $y_{ij} (i=1 \sim n, j=1 \sim p)$  综合成以  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)$  为投影方向的一维投影值  $Z_i$

$$Z_i = \sum_{j=1}^p \beta_j y_{ij} \quad (2)$$

式中  $\beta_j > 0, \sum_{j=1}^p \beta_j = 1$ 。然后根据  $Z_i (i=1 \sim n)$  的一维散布图进行判别。在综合投影值时,要求投影值  $Z_i (i=1 \sim n)$  的散布特征满足局部投影点尽可能密集,最好凝聚成若干个点团,而在整体上投影点团之间尽可能散开条件。为此,投影指标函数可构造为<sup>[2]</sup>

$$Q(\beta) = S D_z \quad (3)$$

式中  $S$  为投影值  $Z_i (i=1 \sim n)$  的标准差,  $D_z$  为投影值  $Z_i (i=1 \sim n)$  的局部密度,即

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2 / (n-1)} \quad (4)$$

$$D_z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (R - r_{ij}) U(R - r_{ij}) \quad (5)$$

式中  $\bar{Z}$  为序列  $Z_i (i=1 \sim n)$  的均值;  $R$  为求局部密度的窗口半径<sup>[2]</sup>,它的选取既要使包含在窗口内的投影点的平均个数不太少,避免滑动平均偏差太大,又不能使它随着  $r$  的增大而增加太快; 距离  $r_{ij} = |Z_i - Z_j|$ ;  $U(b)$  为单位阶跃函数。

第三步:优化投影指标函数。当给定气象站点判别指标样本数据时,投影指标函数  $Q(\beta)$  只随投影方向  $\beta$  的变化而变化。不同的投影方向反映不同的数据结构特征,最佳投影方向可最大可能暴露高维样本数据的某种判别特征结构。因此,可通过求解投影指标函数最大化问题来估计最佳投影方向,即

$$\max Q(\beta) = S D_z \quad (6)$$

$$s.t. \beta > 0, \sum_{j=1}^p \beta_j = 1 \quad (7)$$

这是一个以  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)$  为变量的非线性优化问题,传统投影寻踪法计算过程复杂、编程困难<sup>[16-17]</sup>,改进的投影寻踪法<sup>[8]</sup>提出采用改进单纯形法<sup>[18-19]</sup>优化  $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)$ 。

第四步:判别。把由第三步求得的最佳投影方

向  $\beta$  代入 (2) 式后即可得到气象站点所属气候带的投影值  $Z_i (i=1 \sim n)$ 。该值可反映各气象站点的综合特征,通过  $Z_i (i=1 \sim n)$  值大小的比较,可对各气象站点进行判别;在建立判别模型的基础上,还可对气象站点所属气候带进行预测。

## 2 结果与分析

### 投影寻踪模型的建立

以福建省 26 个地学界和气象学界公认的中亚热带、南亚热带气象站点作为本文的实例,以  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温 ( $x_1$ )、 $\geq 0^\circ\text{C}$  积温 ( $x_2$ )、一月均温 ( $x_3$ )、极端低温均值 ( $x_4$ ) 4 个指标构成自然地理界线划分的指标体系。通过对福建省气候资料的搜集、整理,获得这些指标的样本数据的历年平均值 (表 1)。

现利用改进的投影寻踪模型对该样本集进行判别,首先对样本集各指标进行标准化处理,然后以 (6) 式为目标函数、(7) 式为约束条件,将标准化处理后的样本集数据代入 (2)、(4)、(5) 和 (3) 式,即可采用改进的投影寻踪法对目标函数进行优化求解,经过计算机运算,得到最大投影指标函数值为 1.559 3 最大投影方向为  $\beta (0.125 0 0.294 1 0.367 3 0.873 5)$ 。将代入 (2) 式即可计算得到各气象站点的投影值  $Z_i (i=1 \sim n)$  (见表 1)。投影值  $Z_i$  越大,表示该气象站点越接近南亚热带,各气象站点的投影值的散点图表明 26 个气象站点可分为两类 (图 1),一类为中亚热带、另一类为南亚热带。根据各气象站点的投影值大小,不难发现,这个投影值的变化幅度较大,如顺昌的投影值为 0.040 2、东山的投影值为 1.559 3 变幅达 1.519 1。但当将自然地理空间点分为两组,一组为福鼎、福安、霞浦、古田、建瓯、顺昌、南平、明溪、三明、尤溪、清流、永安、长汀、连城,另一组为平潭、南安、崇武、晋江、长泰、同安、厦门、漳州、龙海、云霄、诏安、东山,则这两个自然地理子集内的投影值变化幅度较小,这 2 级的投影值取值范围分别为  $[0 0.6]$ 、 $[1.0 1.6]$ ,这 2 类气象站点分别对应于中亚热带和南亚热带。判别结果与实际相符,也与晏路明<sup>[1-14]</sup>的基于 GIS 的自然地理界线的判别分析方法、物元模型分析方法所得的结果一致,说明采用改进的投影寻踪法对福建省自然界线进行判别是可行的、科学的、可信的,可以应用该方法对福建省自然界线进行判别。

以中亚热带和南亚热带气象站点投影值为基

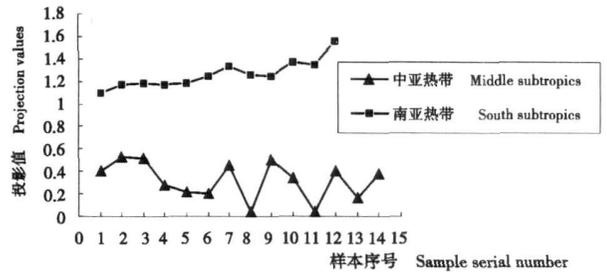


图 1 样本数据的投影值的散点图

Fig 1 The scatter diagram of the sample data's projection value

础,对两组数据进行方差分析,统计量  $F$  值为 266.273 1,而在  $\alpha=0.01$  显著性水平上的临界值  $F_{0.01}(1, 24)=7.822 905$  统计量  $F$  值远远超过  $\alpha=0.01$  水平的临界值,说明两组数据存在显著性的差异。进一步分析认为把投影值为 0.85 作为待测样本的分界点,更为科学、合理,此时投影值  $< 0.85$  的气象站点属于中亚热带、投影值  $> 0.85$  的气象站点属于南亚热带。

改进的投影寻踪模型编程简单、计算方便、判别结果离散性强,有利于实现自然地理界线的划分。本文得到的最佳投影方向为  $\beta (0.125 0 0.294 1 0.367 3 0.873 5)$  其中极端低温均值对自然地理界线的划分影响最大,其次为一月均温,最后为  $\geq 10^\circ\text{C}$  积温,若将投影方向理解为各判别指标体系的权重,其大小与晏路明<sup>[1]</sup>通过物元模型分析得到的权重存在一定的差异,这可能与研究方法及选取的指标的个数有关。因此,本文所提出的改进的投影寻踪模型在自然地理界线划分等领域具有广阔的应用前景。

### 自然地理界线的划分

取 23 个待判样本进一步对改进投影寻踪法在自然地理界线划分效果进行检验,通过改进投影寻踪技术所建立的投影函数可计算各自然地理空间的投影值。从中可知 23 个待判样本被分为两组,即中亚热带组 (包括宁德、罗源、连江、闽清、闽侯、永泰、大田、德化、武平、上杭、龙岩、漳平、永定) 和南亚热带组 (包括福州、长乐、福清、永春、仙游、莆田、华安、安溪、南靖、平和),并由此可知福建省境内中、南亚热带之间的界线将从这两组样本间通过。这一判别结果与晏路明<sup>[1-14]</sup>采用判别分析方法、物元模型分析方法所得的结果一致 (见表 2)。说明以投影值为 0.85 时,作中、南亚热带的分界点较合适。

表 1 已知类别样本原始指标值及投影值

Table 1 The original indices values of known category samples and their projection values

气象站点 Meteorological stations	指标 Indices				投影值 Projection values $Z_i$	已知类别值 Known category values C
	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温	一月均温	极端低温均值		
	Accumulated temperature	Accumulated temperature	The average temperature in	Extreme low temperature		
	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ )	January	average		
$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$			
福鼎 Fuding	5 865. 7	6 751. 3	8. 7	-1. 9	0. 402 3	1
福安 Fuan	6 216. 2	7 050. 4	9. 7	-2. 1	0. 526 8	1
霞浦 Xiapu	5 912. 5	6 798. 7	9. 1	-1	0. 510 4	1
古田 Gutian	5 793. 9	6 729. 1	8. 7	-3. 3	0. 281 2	1
建瓯 Jianou	5 940. 6	6 836. 8	8. 1	-4. 1	0. 213 8	1
顺昌 Shunchang	5 899. 2	6 793. 9	8	-4	0. 204 6	1
南平 Nanping	6 161. 6	7 044. 8	9. 3	-2. 7	0. 451 8	1
明溪 Mingxi	5 664. 1	6 585. 7	7. 8	-5. 2	0. 038 9	1
三明 Saming	6 169. 5	7 086. 1	9. 4	-2. 17	0. 509 7	1
尤溪 Youxi	6 013. 6	6 926. 8	9. 1	-3. 6	0. 334 5	1
清流 Qingliu	5 626. 7	6 546. 8	7. 3	-4. 7	0. 040 2	1
永安 Yongan	6 108. 1	7 016. 5	9. 1	-3	0. 407 3	1
长汀 Changting	5 670. 3	6 690. 6	7. 8	-3. 9	0. 167 0	1
连城 Liancheng	5 983. 1	6 914. 8	8. 9	-2. 9	0. 375 3	1
平潭 Pingtan	6 564. 1	7 138. 4	11	3. 62	1. 098 0	2
南安 Nanan	7 269. 8	7 617. 2	12. 3	1. 9	1. 174 7	2
崇武 Congwu	6 800. 2	7 240. 3	11. 6	3. 9	1. 189	2
晋江 Jinjiang	6 945. 9	7 435. 9	11. 9	2. 9	1. 176 1	2
长泰 Changtai	7 417. 7	7 679. 1	12. 7	1. 5	1. 186 3	2
同安 Tongan	7 430. 2	7 670. 2	12. 8	2. 2	1. 247 0	2
厦门 Xiamen	7 247. 1	7 536. 4	12. 4	4	1. 330 4	2
漳州 Zhangzhou	7 444. 3	7 702. 5	12. 8	2. 3	1. 262 9	2
龙海 Longhai	7 410. 7	7 675. 6	12. 6	2. 4	1. 251 4	2
云霄 Yunxiao	7 560. 8	7 749. 9	13. 3	3. 1	1. 372 0	2
诏安 Zhaoan	7 625. 1	7 789. 4	13. 3	2. 7	1. 351 8	2
东山 Dongshan	7 525. 3	7 611. 6	13. 2	5. 9	1. 559 3	2

注: 类别值 C 的含义为 1 表示中亚热带、2 表示南亚热带。Category value C presents middle subtropics and south subtropics respectively when it is one and two.

通过对投影值方差分析可以肯定, 应用改进的投影寻踪法对自然地理界线进行划分是可行的。晏路明<sup>[14]</sup>使用的判别分析模型, 虽然对福建省中、南亚热带的划分取得了理想的划分结果, 但是该模型是先假定判别函数, 然后根据已知信息对判别函数进行训练, 计算复杂且受人为影响较大。而改进的投影寻踪法模型较客观, 受人为因素影响小。晏路明<sup>[1]</sup>提出的自然地理界线划分的物元模型, 在判断

样本所属类别时, 要计算各个样本每一个指标的单一指标关联度和综合关联度, 这对于小样本数据较合适, 而数据较多时, 计算量大。而且就单一指标关联度和综合关联度分别判断时, 有可能出现结果不一致的情况。对于改进的投影寻踪法, 计算量小, 判别容易, 能广泛适用于自然地理界线的划分。

改进的投影寻踪法基于每一个已知样本单元和待估样本单元数据均计算出与之对应的投影值, 根

表 2 改进投影寻踪法、判别分析、物元分析三种方法对 23 个气象站的判别结果的比较

Table 2 The comparison of the identify results of the twenty-three meteorological stations among modified projection Pursuit method, judge analysis, matter element analysis

气象站点 Meteorological stations	指标 Indices				判别结果 Identify results			
	≥ 10 °C 积温 Accumulated temperature (≥ 10 °C)	≥ 0 °C 积温 Accumulated temperature (≥ 0 °C)	一月均温 The average temperature in January	极端低 温均值 Extreme low temperature Average	投影值 Projection values Z <sub>i</sub>	改进投影 寻踪法 Modified projection pursuit method C <sub>1</sub>	判别分 析法 Discriminant analysis Method C <sub>2</sub>	物元分 析法 Matter element analysis C <sub>3</sub>
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>				
宁德 Ningde	6 147.7	6 962.6	9.7	0.3	0.7205	1	1	1
罗源 Luoyuan	6 115.9	6 955.1	9.7	-0.58	0.6460	1	1	1
连江 Lianjiang	6 117.5	6 948.2	9.8	-0.51	0.6562	1	1	1
闽清 Minqing	6 388.0	7 204.1	10.3	-1.53	0.6822	1	1	1
闽侯 Minhou	6 422.9	7 139.2	10.4	0.5	0.8385	1	1	1
福州 Fuzhou	6 506.8	7 196.1	10.6	1.4	0.9419	2	2	2
长乐 Changle	6 351.0	7 063.3	10.3	1.3	0.8743	2	2	2
永泰 Yongtai	6 324.0	7 138.4	10.3	-1.63	0.6546	1	1	1
福清 Fuqing	6 534.5	7 176.8	10.8	1.8	0.9835	2	2	2
大田 Datian	5 950.3	6 889.6	9.6	-3.1	0.4112	1	1	1
德化 Dehua	5 583.6	6 555.7	9.1	-3.3	0.2625	1	1	1
永春 Yongchun	6 936.9	7 463.9	12.0	0.02	1.0068	2	2	2
仙游 Xianyou	6 790.2	7 377.3	11.4	0.22	0.9565	2	2	2
莆田 Putian	6 876.8	7 403.6	11.5	1.4	1.0692	2	2	2
武平 Wuping	6 266.6	7 113.4	9.6	-3.1	0.4839	1	1	1
上杭 Shanghang	6 478.4	7 290.6	10.2	-1.7	0.6885	1	1	1
龙岩 Longyan	6 381.7	7 140.5	11.3	-0.9	0.7787	1	1	1
漳平 Zhangping	6 709.2	7 418.2	11.2	-2.0	0.7702	1	1	1
永定 Yongding	6 561.6	7 343.7	10.8	-2.0	0.7189	1	1	1
华安 Huaan	7 229.1	7 612.8	12.4	-0.8	1.0188	2	2	2
安溪 Anxi	7 239.7	7 622.7	12.5	1.7	1.2292	2	2	2
南靖 Nanjing	7 453.5	7 698.6	12.8	0.8	1.2064	2	2	2
平和 Pinghe	7 511.0	7 743.4	12.9	0.6	1.2107	2	2	2

据投影值的大小可对福建省中、南亚热带的界线进行划分。这种方法不仅简明扼要,投影值一目了然,很容易对待估样本数据进行估计,做出正确判断;而且在计算投影值时是将各评价指标当成一个整体,从系统的角度综合考虑各指标对分类的作用及各指标之间相互关系,通过最佳投影方向的优化综合各指标对分类的影响及程度。判别分析的理论基础是根据观测到的某些指标的数据对所研究的对象建立判别函数,并进行分类的一种多变量分析方法,即在已知的分类之下,一旦遇到有新的样本时,可以利用此法选定一判别标准,以判定将该新样品放置于哪个类中。所以判别分析所研究的是已知分类的对象。但如果没有事先进行分类,就不能选定判别标

准,所建立的判别函数不精确,不能对新样本进行判别。物元分析本身不是数学的一个分支,在它的数学描述系统中还需要保留一定的开放环节。在这些环节中,人脑思维与客观实际在这里发挥作用,它带有很浓的人工智能色彩。所以计算的数据不是很精确,相比之下,判断的结果也比较粗糙。因此,改进投影寻踪法既具备一定的数学基础,又计算简单、方便,可广泛应用于地理学、生态学及生物学等领域的分级、分类判别问题的研究。

### 3 讨论

用投影寻踪法进行自然地理界线划分的实质就

是如何将各气象站点的多维判别指标综合成一维或两维指标,然后根据相近原则进行聚类。为此,本文提出应用改进的投影寻踪分级模型进行自然地理界线划分。利用该模型可将各气象站点的指标综合成一维投影值,根据投影值大小即可实现自然地理界线的科学判别,进而可提出相应的自然资源管理的措施和技术。投影值越大,表明其越接近南亚热带。这种判别方法较判别分析法、物元分析法具有更广泛应用前景,可广泛应用于地理学有关问题的研究中。

本文在自然地理界线划分时综合考虑前人提出的划分指标,以 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温( $\bar{x}$ )、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温( $\bar{x}$ )、一月均温( $\bar{x}$ )、极端低温均值( $\bar{x}$ )4个指标为自然地理界线划分基础,它们是一定区域温度状况的代表性指标。当然,也可考虑采用二月均温、年均降雨量及日照时数等其他指标作为界线划分的指标,但在对这些指标数据进行分析时发现,这些指标在区域间差异较上述4个指标更小,各指标的离散系数在10%~20%间。如二月均温,全省平均为 $10.42^{\circ}\text{C}$ 、标准差为 $2.13^{\circ}\text{C}$ 、离散系数为20%;而年均日照时数之离散系数仅为11%。自然地理界线划分的指标确定方法及指标的筛选将另文报道。

福建自然地理区分为南亚热带和中亚热带,从理论上讲,中亚热带与南亚热带之间存在一定的过渡带或称之为交错区。若考虑将过渡带另作一类予以区分,则只须对投影寻踪模型综合成一维投影值划分为三级,分别对应于南亚热带、南中亚热带过渡区及中亚热带即可。鉴于目前国内外在对自然地理界线划分时,多采用截然分开的办法,故本文也截然将南亚热带与中亚热带进行界线界定。

传统投影寻踪技术计算复杂、编程实现困难,改进投影寻踪法采用改进优化投影方向,简化了投影寻踪的实现过程,较好地克服了传统投影寻踪法所固有的缺点。采用改进单纯形法优化投影方向只须给出投影方向的初始值和相应步长,由于投影方向取值均在 $[0,1]$ 之间且取值之平方和应为1,因此初始值的确定较为简单且对整个计算影响不大;同时步长大小仅与探索空间有关,而整个探索过程均由计算机实现,步长大小仅影响探索的时间长短。因此,采用改进的投影寻踪技术在理论上是可行的。实例研究表明,改进的投影寻踪判别模型用于自然地理界线的划分,能达到理想效果,方法简单有效、科学可行,模型适用性及实用性较强。在获得区域公里网格样地调查数据的基础上,可利用建立的投

影寻踪判别模型判定各气象站点所属气候带,再以ArcView3.2进行样点属性向样点所在多边形面积扩展,进行趋势面分析,即可得到气象站点所属气候带的空间分布图。因此,可以预计改进的投影寻踪分级模型在自然地理界限划分中具有重要应用价值。

## 参考文献 (References)

- [1] Yan Lum ing A Manner element Model to division of Physical geogra-  
phy boundary [ J ]. Systems Engineering Theory & Practice 1999 19  
(12): 85 ~ 89 [晏路明. 自然地理界线划分的物元模型 [ J ]. 系  
统工程理论与实践, 1999 19(12): 85 ~ 89]
- [2] Friedman JH Turkey JW. A Projection Pursuit algorithm for ex-  
ploratory data analysis 1974. IEEE Trans 23(9): 881 ~ 890
- [3] Li ZuoYong Projection Pursuit Technology (PPT) and its progress of  
application [ J ]. Nature Magazine 1997 19(4): 224 ~ 227 [李祚  
泳. 投影寻踪技术及其应用进展 [ J ]. 自然杂志, 1997 19(4):  
224 ~ 227]
- [4] Cheng Ping Li GuoYing Projection Pursuit—a kind of emerging  
statistical method [ J ]. Chinese Journal of Applied Probability and  
Statistics 1986 2(3): 8 ~ 12 [成平, 李国英. 投影寻踪——一类新  
兴的统计方法 [ J ]. 应用概率统计, 1986 2(3): 8 ~ 12]
- [5] Zheng ZuGuo Principle of Projection Pursuit Autoregressive Model  
and application on long range forecast of spring precipitation in Xin-  
jiang [ J ]. [ J ] ournal of Xinjiang Agricultural University 1993 16  
(2): 1 ~ 7 [郑祖国. 投影寻踪自回归模型及其在新疆春早期降  
水量长期预测中的应用 [ J ]. 新疆农业大学学报, 1993 16(2): 1  
~ 7]
- [6] Jin Juliang Wei Yin ing Projection Pursuit model for comprehensive  
evaluation of agricultural productive capacity [ J ]. System Sciences  
and Comprehensive Studies in Agriculture 2001 17(4): 241 ~ 243  
[金菊良, 魏一鸣. 农业生产力综合评价的投影寻踪模型 [ J ]. 农  
业系统科学与综合研究, 2001, 17(4): 241 ~ 243]
- [7] Li ZuoYong Deng Xim in Xin Yiqing Model for drought and flood  
trend Prediction using Projection Pursuit Regression [ J ]. Journal of  
Natural Disasters 1997 6(4): 68 ~ 73 [李祚泳, 邓新民, 辛文  
清. 旱涝趋势的投影寻踪预测模型 [ J ]. 自然灾害学报, 1997 6  
(4): 68 ~ 73]
- [8] Wu ChengZhen HongWei Eco-value level classification model of for-  
est ecosystem based on modified projection pursuit technique [ J ].  
Chinese Journal of Applied Ecology 2006 17(3): 357 ~ 361 [吴承  
祯, 洪伟. 基于改进的投影寻踪的森林生态系统生态价值分级  
模型研究. 应用生态学报, 2006 17(3): 357 ~ 361]
- [9] Li ZuoYong PPR models predict concentrations of pollutants [ J ].  
Environmental Science 1997 18(4): 38 ~ 40 44 [李祚泳. 污  
染物浓度预测的 PPR模型 [ J ]. 环境科学, 1997 18(4): 38  
~ 40 44]
- [10] Huang Bingwei Dr Zhe Kezhen (CO-CHING CHU) and scientific  
investigations of tropical China (1)— the boundary issues of four  
counties tropics and subtropical [ J ]. Geographical Research  
1984 3(1): 8 ~ 14 [黄秉维, 竺可桢同志与我国热带和海南岛

- 的科学研究(一)——我国热带、亚热带界线问题[J]. 地理研究, 1984 3(1): 8 ~ 14]
- [ 11] Yan Lun'ing. Application of extension engineering method to division of Physical Geography boundary [ J ]. Geographical Research 1999 18(1): 53 ~ 58[ 晏路明. 可拓工程方法在自然地理界线划分中的应用 [ J ]. 地理研究, 1999 18(1): 53 ~ 58]
- [ 12] Chemical Abstracts Service. Chinese Geographical Magazine. Chinese Geographical ( climate) [ M ]. Beijing: Science Press, 1984. [ 中国科学院《中国自然地理》编委会. 中国自然地理(气候) [ M ]. 北京: 科学出版社, 1984.]
- [ 13] Qiu Baojian. Some problems on the division of the SUB-Tropical belt in China [ J ]. Geographical Research 1984 3(1): 66 ~ 75 [ 邱宝剑. 我国亚热带划分中的一些问题 [ J ]. 地理研究, 1984 3(1): 66 ~ 75]
- [ 14] Yan Lun'ing. The discriminant analysis on Physical Geography boundary based on GIS [ J ]. Application of Statistics and Management 2003 22( Suppl ): 286 ~ 291[ 晏路明. 基于 GIS 的自然地理界线的判别分析 [ J ]. 数理统计与管理, 2003 22( Suppl ): 286 ~ 291]
- [ 15] Wang Mingyu, Jin Juliang. Application of projection pursuit method to assessment of slope stability [ J ]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering 2002 24(5): 619 ~ 621[ 汪明武, 金菊良. 投影寻踪方法在边坡稳定性评价中的应用 [ J ]. 岩土工程学报, 2002 24(5): 619 ~ 621]
- [ 16] Li Zuoyong, Ding Jing, Zhang Xinji. Projection Pursuit regression method of optimizing environmental monitoring site number [ J ]. Advance of Environment Science 1999 7(6): 127 ~ 130[ 李祚泳, 丁晶, 张欣莉. 环境监测优化布点的投影寻踪回归分析法 [ J ]. 环境科学进展, 1999 7(6): 127 ~ 130]
- [ 17] Jin Juliang, Zhang Libing, Pan Jinfeng. Classification model of natural grassland quality based on projection pursuit [ J ]. Acta Ecologica Sinica 2003 23(10): 2184 ~ 2188[ 金菊良, 张礼兵, 潘金锋. 基于投影寻踪的天然草地分类模型 [ J ]. 生态学报, 2003 23(10): 2184 ~ 2188]
- [ 18] Wu Chengzhen, HongWei. A study of optimum fitting Logistic curve by modified simplex method [ Journal of Biomathematics ]. Journal of Biomathematics 1999 14(1): 117 ~ 121[ 吴承祯, 洪伟. 运用改进单纯形法拟合 Logistic 曲线的研究 [ J ]. 生物数学学报, 1999 14(1): 117 ~ 121]
- [ 19] Wu Chengzhen, HongWei. Neural network based on modified simplex method and its application in studying forest self thinning [ J ]. Chinese Journal of Applied Ecology 2000 11(5): 655 ~ 659 [ 吴承祯, 洪伟. BP-MSM 混合算法及其在森林自疏规律研究中的应用 [ J ]. 应用生态学报, 2000 11(5): 655 ~ 659]

## The Research of the Projection Pursuit Method for the Physical Geography Boundary

HONG Tao<sup>2</sup>, GUO Yan<sup>2</sup>, WU Chengzhen<sup>2</sup>, DENG Huihua<sup>2</sup>, ZHANG Shangju<sup>2</sup>

( 1. Fujian Agriculture and Forest University Forest College Fuzhou 350002 China

2. Institute of Forest Ecology Fuzhou 35002 China)

**Abstract** The modified projection pursuit method is a new method which based on the modified simplex method of optimization, the projection function and direction of projection pursuit technique directly use the modified projection pursuit method to set up the classification model of physical geography boundary. Utilizing this model to integrate the multidimensional classification index of every meteorological website on physical geography into one-dimensional projection value according to projects, the value size to be possible to carry on the reasonable classification to the meteorological stand sample collection, thus determine the climatic zone of physical geography scientifically. Take the south subtropics and the middle subtropics of Fujian Province's physical geography division as the example, discussed the concrete application of modified projection pursuit method using in physical geography division. Physical geography division result indicated the classification model of the modified projection pursuit method driven by the sample data directly can used in physical geography division simple and feasibly, have stronger feasibility and applicability, the effectiveness is strong, can apply to the division of every climatic zone and division of region boundary line extensively.

**Key words** Physical geography boundary, south subtropics and the middle subtropics, modified projection pursuit method