

文章编号: 1000-0585(1999)01-0053-06

可拓工程方法在自然地理界线划分中的应用

晏路明

(福建师范大学地理系, 福州 350007)

摘要: 应用可拓工程方法和主成分分析方法, 对福建省境内南亚热带北界最佳位置的确定建立了识别对象的物元模型, 模型输出的结果获得满意的自然地理意义解释。

关键词: 自然地理界线; 可拓工程; 主成分分析

中图分类号: P942, P91 文献标识码: A

1 引言

自然地理界线的划分是自然地理研究的基本内容之一, 对农业生产实践也有着重要的布局指导意义。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自然地理界线的空间反映都是一条“界带”。“界带”的过渡性表现为各自然要素在空间上具有不同程度的偏离, 即使是同一要素中性质类似的不同指标(譬如气候上不同的温度指标)的界线亦难重合。为能客观地刻划出“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, 本文在对福建省境内南亚热带北界的划分中, 采用了行之有效的可拓工程方法。

可拓集合和物元概念能根据事物特征的量值来判断事物属于某集合的程度, 而关联函数能使识别精确化、定量化, 为解决从变化的角度进行识别的问题提供新的途径^[1]。经过严格的自然地理分析, 本文选取了若干涉及划界的较为公认的温度指标和能反映界线附近自然景观地带性特点的样本, 依据生物学意义构造了分类的经典域和节域物元, 应用物元和可拓集合中的关联函数, 建立了识别对象的物元模型。为能更客观地反映自然景观实际的地域分异, 采用了具有严格数学基础的主成分分析(PCA)方法确定模型中各指标的权重。

2 建立物元模型确定界线

2.1 指标和样本的选取

自然地理理论表明, 决定我国东部季风区自然景观南北分异的主导因素是热量和温度的差异。带的划分应以气候和温度为依据^[2]; 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^[3]。基于上述认识, 并参考有关文献^[4,5], 选取了 3 个反映温度状况的

收稿日期: 1998-05-21; 修订日期: 1998-10-05

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目 (F991001)

作者简介: 晏路明 (1951-), 男, 福建师范大学地理系副教授。1982 年毕业于福建师范大学地理系, 主要从事自然地理和区域地理学定量方面研究, 在“地理学报”等刊物发表论文 20 余篇。

代表性指标: 10 积温 (C_1)、最冷月均温 (C_2)、极端低温均值 (C_3)。其中 C_1 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; C_2 、 C_3 则为衡量作物越冬条件的温度指标。

自然地理理论还表明, 只有在高亢的平地上才能发育同当地大气候相适应的正常的地带性土壤和植被^[6], 各气象站正是建立在这种能反映当地大气候状况的地带性部位上的。综合多数专家意见^①, 结合对实际资料的分析, 可大致判断南亚热带北界在福建省境内可能变动于北纬 24.5 ~ 26.5 之间, 且大致呈北东—南西西走向。在此范围内, 我们均匀选取了 29 个气象站点作为样本。

2.2 确定经典域、节域和待判物元

运用可拓集合的概念^[1,7], 将自然景观变化概念集合 {中亚热带 南亚热带} 中的渐变分类关系由定性描述扩展为定量描述, 从而辨识这个概念的层次关系。先把问题概述为:

设 $P = \{\text{中亚热带 南亚热带}\}$, $P_0 = \{\text{南亚热带}\}$, 则 $P_0 \subset P$, 对任何 $p \in P$, 试判断 p 是否属于 P_0 , 并计算 p 属于 P_0 的程度。

经典域物元为:

$$R_0 = \begin{bmatrix} P_0, & c_1, V_{01} \\ & c_2, V_{02} \\ & c_3, V_{03} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0, & c_1, & a_{01}, b_{01} \\ & c_2, & a_{02}, b_{02} \\ & c_3, & a_{03}, b_{03} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_0, & c_1, & 6500, & 8000 \\ & c_2, & 10, & 15 \\ & c_3, & 0, & 5 \end{bmatrix}$$

节域物元为:

$$R_p = \begin{bmatrix} P, & c_1, V_{p1} \\ & c_2, V_{p2} \\ & c_3, V_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P, & c_1, & a_{p1}, b_{p1} \\ & c_2, & a_{p2}, b_{p2} \\ & c_3, & a_{p3}, b_{p3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P, & c_1, & 5300, & 8000 \\ & c_2, & 4, & 15 \\ & c_3, & -6, & 5 \end{bmatrix}$$

待判物元为:

$$R_x = \begin{bmatrix} P, & c_1, v_1 \\ & c_2, v_2 \\ & c_3, v_3 \end{bmatrix}$$

经典物元和节域物元的构建是建模的一个关键, 其临界值是根据作物和熟制的差异与指标的相关关系分析得出来的, 有着重要的生物学意义和农业生产指导意义。必须指出, 这里所指的作物和熟制应是最适宜、最典型的作物和熟制。因为, 与自然界线相关的作物和熟制不应包括需要花费很多人力、物力, 经济上得不偿失才能推广的作物和熟制。

2.3 计算待判样本 p 与 P_0 的单指标关联函数 $K_i(v_i)$

$$K_i(v_i) = \begin{cases} -\frac{\rho(v_i, V_{0i})}{V_{0i}}, & v_i < V_{0i} \\ \frac{\rho(v_i, V_{pi})}{\rho(v_i, V_{pi}) - \rho(v_i, V_{0i})}, & v_i \geq V_{0i} \end{cases}$$

式中 $\rho(v_i, V_{0i}) = (v_i - (a_{0i} + b_{0i})/2) - (b_{0i} - a_{0i})/2$
 $\rho(v_i, V_{pi}) = (v_i - (a_{pi} + b_{pi})/2) - (b_{pi} - a_{pi})/2 \quad (i = 1, 2, 3)$

2.4 确定各指标的权重

不少综合评判模型和识别模型对指标的权重是根据经验确定的, 不免带有一定的主观

① 赵昭炳等. 福建省境内自然地带的划分及其界线问题 (油印稿)。

性。为避免这一偏差, 本文试用 PCA 方法来确定指标的权数分配。PCA 有严格的数学基础, 能将众多的具有错综复杂关系的指标归结为少数几个综合指标 (主成分), 每个主成分都是原来多个指标的线性组合。通过适当调整线性函数的系数, 既可使各主成分相互独立, 舍弃重迭信息, 又能将各个原始指标所包含的不十分明显的差异集中地表现出来, 使研究对象在主成分上的差异反映明显, 便于作出较直观的分析判断。各主成分原有指标的载荷值反映出它们对主成分所起作用的大小, 能为确定各指标的权重提供客观依据。

对所取 29 个样本的指标, 按照 PCA 的一般步骤^[3, 8], 电算出各个特征值分别为: 2. 701、0. 259 8 和 0. 039, 其中第一特征值已占各特征值之和的 90. 04%。这表明, 所选 3 个指标总的空间变化的 90. 04% 可用第一主成分的变化来表示, 这已超过了 PCA 的 85% 信息比要求, 故可只对第一主成分进行分析。近一步算得诸指标在第一主成分上的载荷分别为: 0. 957 8、0. 979 4 和 0. 907 9。

作为划界指标, 除要求具有明确的生物学意义外, 还应在界线附近表现出较显著的空间分异, 以客观地反映自然景观质变的特点。上述载荷值无疑显示出各指标对全体指标总的区域分异效应的贡献率大小, 故对其归一化后可作为 3 个指标的权数分配, 即: $\lambda_1= 0. 34$, $\lambda_2= 0. 34$, $\lambda_3= 0. 32$ 。指标的权重似无明显差别, 这反映出同为温度指标, 所选的这 3 个因子在第一主成分上具有良好的相关一致性。一些综合评判模型和识别模型常对性质类似的因子采取等权分配的简单形式, 我们则着眼于各因子在界线附近的实际空间分异程度, 通过严格的数学处理, 给出了更为精确的权数分配。

2. 5 计算待判样本 p 与 P_0 的多指标综合关联函数 $K(p)$

$$K(p) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i K_i(v_i)$$

式中 $K(p)$ 表示 p 属于 P_0 的程度, 且当 $K(p) = 0$ 时, $p \notin P_0$; 当 $-1 \leq K(p) \leq 0$ 时, $p \in P, p^2 \notin P_0$; 当 $K(p) = 1$ 时, $p^2 \in P$ 。

例如, 永安市 $v_1= 6\ 052. 5$, $v_2= 8. 6$, $v_3= - 4. 0$, 按上述方法算得: $K_1(v_1)= - 0. 37$, $K_2(v_2)= - 0. 23$, $K_3(v_3)= - 0. 67$, $K(p)= - 0. 42$ 。即无论从各个单指标考虑, 还是从多指标综合考虑, 该地均归属中亚热带。类似地可求出其它各地的关联函数 (表 1)。

表 1 待测样本与 P_0 的单指标关联函数和多指标综合关联函数

Tab. 1 The single-index dependent function and the multiple-index comprehensive dependent function between the samples to be measured and P_0

站点	永安	大田	长汀	连城	漳平	龙岩	武平	上杭	永定	古田	罗源	连江	福州	闽清	长乐
$K_1(v_1)$	-0. 37	-0. 45	-0. 54	-0. 41	0. 14	0. 04	-0. 20	0. 01	0. 03	-0. 53	-0. 33	-0. 30	-0. 04	-0. 05	-0. 14
$K_2(v_2)$	-0. 23	-0. 15	-0. 37	-0. 22	0. 14	0. 24	-0. 10	0. 00	0. 08	-0. 30	-0. 10	-0. 08	0. 08	0. 00	0. 02
$K_3(v_3)$	-0. 67	-0. 50	-0. 70	-0. 48	-0. 42	-0. 33	-0. 53	-0. 32	-0. 40	-0. 63	-0. 28	-0. 15	0. 12	-0. 30	0. 24
$K(p)$	-0. 42	-0. 36	-0. 53	-0. 37	-0. 04	-0. 01	-0. 27	-0. 10	-0. 09	-0. 49	-0. 24	-0. 18	0. 05	-0. 11	0. 04
站点	闽候	永泰	福清	莆田	仙游	德化	永春	安溪	南安	同安	华安	长泰	漳州	南靖	
$K_1(v_1)$	-0. 07	-0. 16	0. 02	0. 24	0. 17	-0. 66	0. 30	0. 42	0. 49	0. 37	0. 48	0. 37	0. 34	0. 32	
$K_2(v_2)$	0. 04	0. 02	0. 12	0. 26	0. 24	-0. 18	0. 36	0. 44	0. 42	0. 50	0. 38	0. 46	0. 46	0. 48	
$K_3(v_3)$	0. 00	-0. 38	0. 30	0. 08	-0. 12	-0. 58	0. 10	0. 28	0. 28	0. 26	-0. 17	0. 16	0. 36	0. 10	
$K(p)$	-0. 01	-0. 17	0. 14	0. 20	0. 10	-0. 47	0. 26	0. 38	0. 40	0. 38	0. 24	0. 33	0. 38	0. 30	

2.6 结果分析

通过分析表 1 中各待测样本与南亚热带的多指标综合关联函数, 可以确定南亚热带北界在福建省境内的最佳位置。罗源、连江、古田、闽侯、闽清、永泰、德化、大田、永安、连城、长汀、漳平、龙岩、上杭、武平、永定的 $K(p)$ 值均小于 -0.01 , 应判属中亚热带; 而长乐、福州、福清、莆田、仙游、永春、安溪、南安、同安、长泰、华安、漳州、南靖的 $K(p)$ 值均大于 0.04 , 应判属南亚热带。由此看来, $K(p)$ 值等于 0 的等值线一定从上述这两组站点之间通过, 它反映了地带性自然景观在因温度差异引起的量变过程中出现的质变位置, 即南亚热带北界在福建省境内的最佳位置 (图 1)。

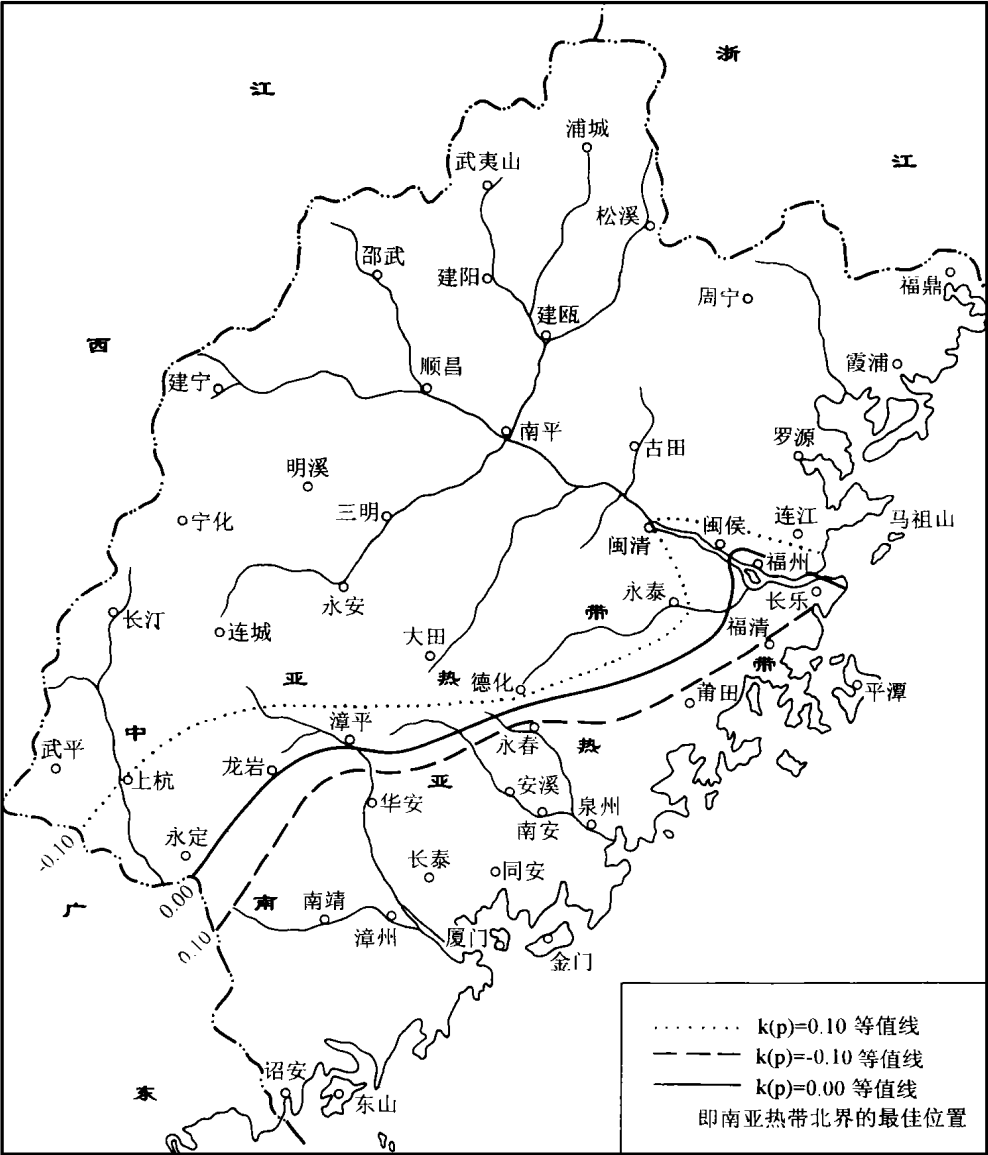


图 1 福建省境内的南亚热带北界
Fig. 1 The north boundary to the south subtropical belt in Fujian Province

图 1 中各等值线的标定除根据各有关县站的 $K(p)$ 值进行内插外，还将有关县境内设置在地带性部位上的一些气象哨的气象资料经核准后输入模型，得出相应的 $K(p)$ 值，供作参考。各等值线走向很不规则，反映出地形等其它自然地理要素对气候指标的显著影响。

根据发生学观点，自然地理界线应是能反映各自然要素综合作用的界线。然而，由于第四纪冰期结束以来，我国古气候曾多次变迁，古气候对地貌、土壤、生物区系所产生的影响并未消除。这就使得土壤、生物等自然要素各具其发展过程，可处于发展的不同阶段，导致其界线在空间上与气候界线具有不同程度的偏离。再加上人类活动对原生植被的破坏，更造成划界的困难。以往地理学界对福建省境内南亚热带北界的诸多争议盖根源于此。在这种情况下，若不分主从，实难客观地综合。例如，短期的低温对人类活动和某些植物可能有显著影响，因而在气候上也是重要的特征，但对土壤性质却未必产生值得重视的作用。所以着眼于区划为生产服务的目的，竺可桢先生提出的带划分应以气候为依据，温度为依据的观点是很有道理的，只有这样才能删繁取要^[2]。

这条界线东段的划分争议最大，存在着侧重砖红壤性红壤、南亚热带季雨林和部分耐寒热作，以及双季稻的诸多方案，其中福州是个焦点。对界线东段的位置有划在福州的，也有划在福州以南的福清，还有划在福州以北的连江，甚至更北。以往地理分析的争议充分表明，福州附近自然景观存在着显著的过渡性，各种指标界线在这一带不尽重合，难以统一对过渡带归属的认识。从表 1 可知：福州市，单考虑 10 积温，关联函数值为 -0.04，应归属中亚热带；单考虑最冷月均温或极端低温均值，关联函数值为 0.08 或 0.12，应归属南亚热带；而客观地综合平衡了各指标界线的偏离后，模型输出的 $K(p)$ 值为 0.05，将其判属南亚热带。类似地，界线西段的漳平、龙岩和永定一带也是个界线争议地段，各指标界线在该地段的偏离也是很大的。由表 1 可知，经本模型运行，上述三地均被判属中亚热带，但显现为负值的 $K(p)$ 的绝对值都很低。其中龙岩的 $K(p)$ 的绝对值仅为 0.01，表明它已非常接近南亚热带了。实地调查表明，该处海拔 600 m 以下地区双季稻种植一般不成问题，但龙眼、荔枝等果树的过冬形势则非常严峻。面对这种明显的界线模糊性，一般的地理分析方法是很难客观地确定该地的归属的。本模型在这方面显示了它的优越性，由于在模型设计中首先保证了单指标识别的合理性，而在多指标综合识别中又有 PCA 坚实的数学基础，克服了因子权重分配的任意性，因此，经与有关专家讨论，模型输出的综合识别结果是令人信服的。

3 结语

本文应用可拓工程方法和 PCA 方法，对福建省境内南亚热带北界最佳位置的确定建立了识别对象的物元模型，使界线的划分由传统的定性分析转化为定量分析，提高了准确性，克服了在多角度、多因素识别中“顾此失彼”的主观片面性。可拓集合中“即是又非”的临界概念，摆脱了经典数学“非此即彼”的二值限制，显示了“界带”中“既此亦彼”的过渡状态，形式化、量化地刻划出自然景观量变过程中的质变。笔者曾采用 Fuzzy 综合评判方法对该界线作过定量分析，获得大体类似的评判结果^[3]，但由于模糊数学的隶属函数仅 $[0, 1]$ ，这在一定程度上限制了该方法的运用范围。而可拓数学的关联函数 $[-1, 1]$ ，这无疑极大地拓展了它的研究范围。用此模型进行划界尚属尝试，还有诸如指标的

选择、关联函数的设计，以及研究区域范围的扩大等问题，均需作进一步深入探索。

参考文献:

[1] 蔡文. 物元模型及其应用. 北京 科学技术文献出版社, 1994.

[2] 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. 地理研究, 1984(1) 8 ~ 14.

[3] 晏路明. 福建省境内中、南亚热带之间界线的数值划分. 地理科学, 1988(2) 181 ~ 187.

[4] 中国科学院《中国自然地理》编委会. 中国自然地理(气候). 北京 科学出版社, 1984.

[5] 邱宝剑. 我国亚热带划分中的一些问题. 地理研究, 1984(1) 66 ~ 75.

[6] 景贵和等. 综合自然地理学. 北京 高等教育出版社, 1990.

[7] 蔡文等. 可拓工程方法. 北京 科学出版社, 1997.

[8] 张超等. 计量地理学基础. 北京 高等教育出版社, 1984.

Application of extension engineering method to division of physical geography boundary

YAN Lu-ming

(Dept. of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: By means of the method of extension engineering, this article sets up a matter-element model of distinguishing objects. The model can be used to define the most reasonable location of the north boundary to the south subtropical belt in Fujian Province, and to show the various transitional states near the boundary objectively and quantitatively.

In the design of the model, some generally recognized temperature indices and typical samples are chosen according to physical geography theory, to guarantee the correctness of the single-index dependent function. In the construction of the multiple-index comprehensive dependent function, the method of principal component analysis(PCA) is employed to determine the weight assignation of related factors, so as to avoid subjectivity and to balance objectively the deviation of the single-index boundaries. The model gives the output with satisfying explanations in physical geography meaning.

Finally, the paper discusses the controversies on the east and west sections of the boundary , and points out that it is difficult for traditional qualitative methods and classical mathematics to explain the transitive features of geographic boundary, while the matter-element model has its advantages in this respect.

Key words: physical geographic boundary; extension engineering; principal component analysis