

生态经济区划的熵方法

西 广 成

(中国科学院自动化研究所)

摘 要

本文介绍了复杂系统分划的熵方法在生态经济区划中的应用,给出了数值例和计算机实现框图.

关键词——复杂系统,区划,生态经济,熵.

一、生态经济区划的意义及其熵方法的由来

区划是把一个有限集 s 按照一定的特征准则和指标分成若干子集 S_1, S_2, \dots, S_m ,

$S_i \cap S_j = \phi, i \neq j, s = \sum_{i=1}^m S_i$. 生态经济区划是按照由生态、社会、经济等因素形成的综合指标¹⁾,并根据一定的规则把一个大区域划分成若干小区域,使得每个小区域都有自己某种相对独立的特征,从而使得这个大区域内各种不同类型的小区域的分布以及它们之间的相互关系表现得更为清晰. 生态经济区划的目的在于,通过多层次多指标的区划,产生若干小区域——基本的完整的功能单元,进而反映各个小区域在自然环境、资源状况、生产生活的需求、经济地位等众多方面矛盾的特殊性和普遍性,指出各个小区域生态、社会、经济的优劣势,关键性限制因子和自身各方面求得发展的潜在能势,从而为整个大区域资源的永续利用、生态的良性循环、经济的协调持续发展、工农业的合理布局、城市的合理规划、环境的综合治理提供战略性的科学依据.

六十年代初,有人提出信息理论对控制理论将产生不可估量的作用. 自那时以来,从事信息理论研究和从事控制理论研究的学者在这两个学科之间建立了种种联系,取得了很好的效果. 耗散结构理论和协同学理论的诞生和发展更雄辩地证明了信息理论的巨大威力和熵在时空中无孔不入的特殊本性. 熵将成为系统学中最基本、最活跃且普遍存在的因素.

生态经济区划的目标是一个生态-社会-经济复杂系统. 在这个复杂系统的各个基本功能单元之间以及它们自身内部,所看到的是物质流、能量流、信息流. 我们始终感兴趣的是信息流. 正是在以上所谈的理论背景和客观实际的条件下,将复杂系统分划的熵方法^[1]运用于生态经济区划,以使得在各种非线性动态相关的条件下形成若干子系统,即若

本文于1987年12月28日收.

1) 马世骏、何善培等,“六·五”国家攻关项目总结报告,自动化所科研资料,212399.

干基本的功能单元。

二、与区划熵方法有关的几个术语

作者在京津地区生态经济区划的工作中,根据复杂系统分划的熵方法,提出生态经济区划的熵方法。

所进行的区划目标是一个生态-社会-经济复杂系统。将这个系统表示为矢量

$$s = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T. \quad (1)$$

其中 $x_a = (x_{ai}), a = 1, 2, \dots, p; i = 1, 2, \dots, q$ 是描述系统某特征的变量。令 $C_a (a = 1, 2, \dots, p)$ 为 x_a 分类的集合, C_a 的第 i 个元素 $C_{ai} = i$, 则有 $C_a = \{1, 2, \dots, k\}, k \leq q$, 并令 n_i 为事件 x_a 属于 C_a 第 i 类的数量, 则变量 x_a 的熵定义为

$$H(x_a) = - \sum_{i=1}^k n_i/q \log n_i/q. \quad (2)$$

x_a, x_b 的联合熵定义为

$$H(x_a \cup x_b) = - \sum_i \sum_j n_{ij}/q \log n_{ij}/q. \quad (3)$$

其中 n_{ij} 表示 x_a 属于 C_a 第 i 类同时 x_b 属于 C_b 的第 j 类的数量。

以上联和熵的定义可推广到 p 个变量的情形。

称熵

$$\mu(x_a, x_b) = H(x_a) + H(x_b) - H(x_a \cup x_b) \quad (4)$$

为 x_a 与 x_b 之间的关联度。假定对任意 $i, j (i \neq j), x_i \cap x_j = \phi, p$ 为任意正整数, 称

$$\mu(x_1, x_2, \dots, x_p) = \sum_{i=1}^p H(x_i) - H\left(\sum_{i=1}^p x_i\right) \quad (5)$$

为 x_1, x_2, \dots, x_p 之间的关联度。

以上关于变量之间关联度的定义完全适用于子系统之间关联度的定义。事实上变量本身作为系统 s 的子集也是子系统。实际工作中, 由观测数据具体地指出所划得的子系统时, 常引进关联度系数 μ_{ij} 的概念,

$$\mu_{ij} = \mu(x_i, x_j)/H(x_i). \quad (6)$$

三、用熵方法进行区划

对于生态-经济-社会复杂系统进行生态经济区划, 也就是将这一复杂系统分划成若干子系统。为此, 必须对所有的 i, j , 计算 $\mu(i, j)$, 根据 $\mu(i, j)$ 画出信息联通图, 即将那些 $\mu(i, j)$ 大的 x_i, x_j 连在一起, 从而得到区划结果。下面给出数值例。

我们所进行区划的区域由五个公社(乡) $x_i, i = 1, 2, \dots, 5$ 所组成。对各个 x_i 考虑因子 $y_1 =$ 地貌; $y_2 =$ 水资源; $\dots; y_8 =$ 劳动力。现将观测数据特殊处理后得表 1。

为计算的方便, 将 n_{ij} 理解为任意指定的两行 i, j 列的类型数。经过计算得 $\mu(i, j)$ 列于表 2。根据表 2 画出信息联通图, 将 $\mu(i, j) > 0.3, \mu(i, j) > 0.2$ 的 x_i, x_j 放在一

起,得如图 1 所示的分划结果,即 $S_1 = \{x_2, x_3\}$; $S_2 = \{x_1, x_3, x_4\}$ 。

表 1 数据表

公社	因子	数据							
		y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8
x_1		1	3	3	3	2	2	1	1
x_2		1	2	2	1	1	1	2	2
x_3		3	3	3	3	3	2	2	1
x_4		2	2	1	1	1	2	2	2
x_5		1	2	1	1	1	1	2	1

表 2 $\mu(i, j)$ 数据表

公社	公社	$\mu(i, j)$				
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
x_1		1	0.309	0.199	0.377	0.149
x_2		0.197	1	0.108	0.049	0.380
x_3		0.165	0.141	1	0.323	0.135
x_4		0.231	0.047	0.267	1	0.252
x_5		0.070	0.309	0.084	0.214	1

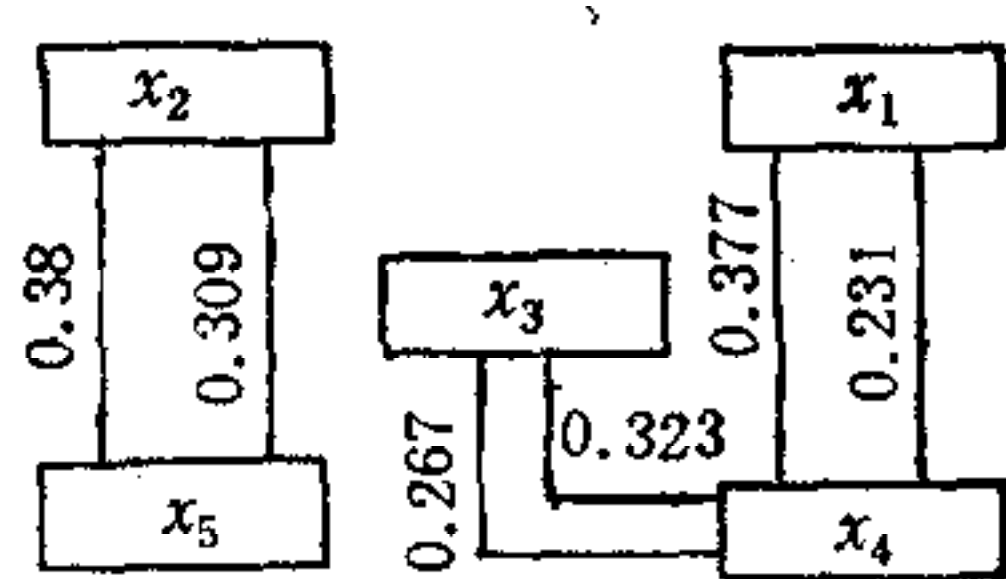


图 1 信息联通图

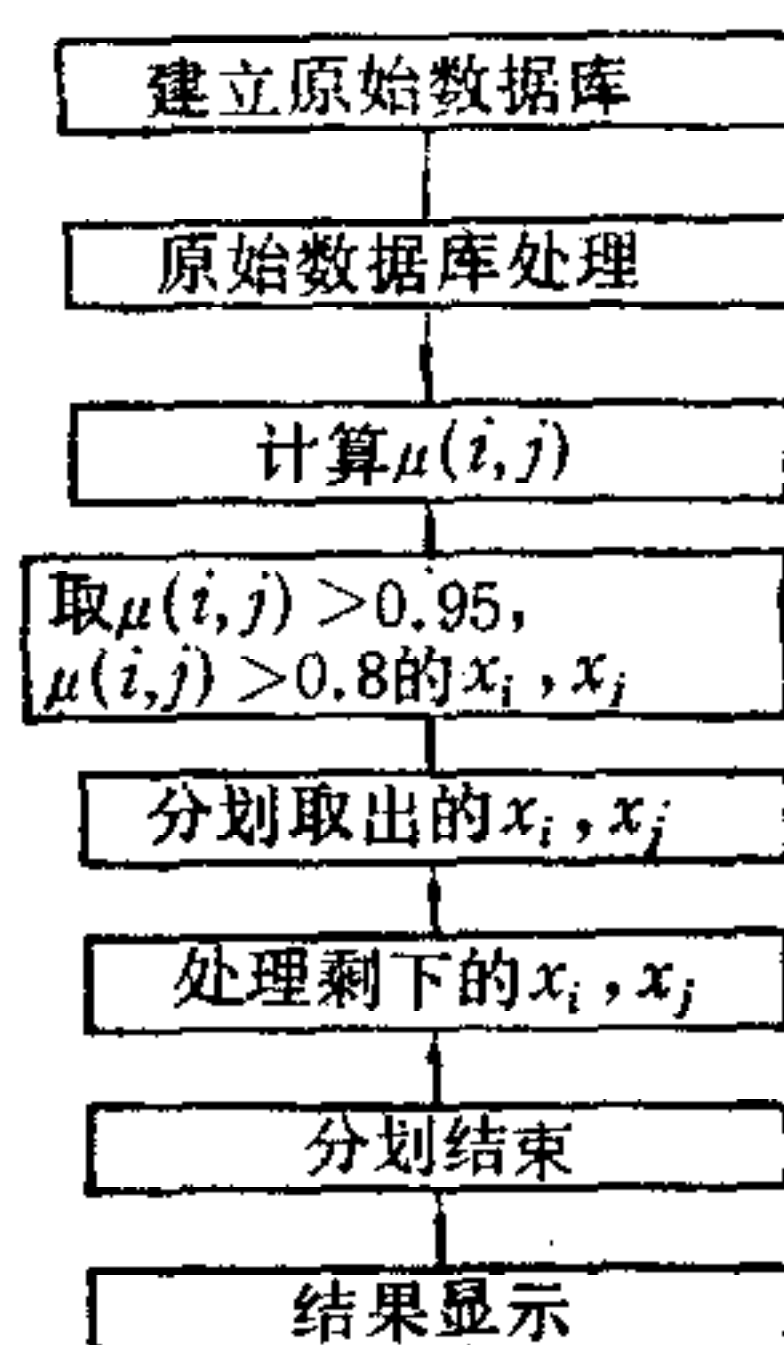


图 2 计算机实现框图

四、生态经济区划熵方法计算机实现

生态经济区划熵方法的计算机实现是对京津地区生态经济区划进行的。其实现框图见图 2,程序略。计算机上的工作是在 IBM PC/XT 机上进行的。该机的 DBASE-IV 软件, FORTRAN 语言,高级 BASIC 语言分别作为数据处理、数据运算、图形显示的主要工具。

作者在完成本文的过程中,得到何善培教授等同志的帮助和指导,特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 西广成, 复杂系统分划的熵方法, 自动化学报, 13(1987), 216—220.

THE ENTROPY-METHOD FOR ECOLOGICO-ECONOMICAL REGIONALIZATION

XI GUANGCHENG

(Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences)

ABSTRACT

In this paper, the Entropy-method for the partition of a complex system is applied to *ecologico-economical regionalization*. Numerical example and the block diagram of the computer algorithm are also presented.

Key words ——Complex system; regionalization; ecologico-economy; entropy.