

系统分析在渔业资源、生态环境工程研究中的应用*

THE APPLICATIONS OF SYSTEM ANALYSIS METHODS IN FISHERY RESOURCES STUDY AND ECOLOGICAL ENVIRONMENTAL ENGINEERING

黄 勃 刘瑞玉

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

系统理论与系统分析应用于渔业资源、生态环境工程始于 60 年代,现已成为定量研究渔业资源、生态环境工程必不可少的工具之一,并已为大家普遍接受。

1 系统分析的理论与方法

系统分析是将某个系统中的物理学和生物学的概念翻译成一套数学关系,这个数学系统能成为模型^[6],系统分析的主要过程分为 3 个阶段:建立概念模型、模型数学化及模拟,因而数学模型在系统分析过程中显的甚为重要。

1.1 几种常见数学模型理论依据及应用的

比较

1.1.1 概率统计与时序分析是系统分析中建立数学模型的方法之一。在理论上,二者建立在概率论的基础上,所涉及的随机变量一般要符合一定的概率分布。当有足够量的样品时,许多人采用统计模型,如回归模型、因子分析、聚类分析等等,但所获数据不够多时,若用概率统计的方法,有时会带来难以解

* 文章得到相建海、董金海以及邓景耀、李德尚、罗秉征、唐启升、周名江研究员书面或口头上的帮助,在此诚表谢意。

中国科学院海洋研究所调查研究报告第 2935 号。

收稿日期:1996 年 4 月 3 日

释的结论,这是由于在实际情况中很难满足概率统计、时序分析中各种方法所需要的基本条件,若样品满足模型所需的条件时,建立的模型能成功地预测系统的各种变化趋势,这方面的成功实例不胜枚举。在应用过程中除了解生命现象外,尤为重要的是应注意各种模型的理论根据与应用条件。

1.1.2 差分与微分方法 在系统分析过程中主要应用于分室模型,分室模型的主要特点是在对生物过程如捕食、竞争等类似问题的详细分析基础上,焦点不在定量地测定描述系统状态的各种度量,而是在描述系统的方程式及相互作用。这种方法与实验组成成分法相比极为相似,相比而言,分室模型强调描述与综合数据,而实验组成成分法目的在于预测系统对于扰动和处理的反应。Eugen P. Odum^[5]在实际运用时,往往结合在一起。这两种方法的运用条件为:各分量或组成成分具有稳定特性、信号在各分室间的转换是线性的,并属于授者控制等。

若注意上述运用条件及各种模型的根据,能很好地用数学模型刻画各种生命现象,否则会有难以解决的难题。例如:有的人认为随机性数学模型中的随机成分提供的变异性使模型结果始终不能如一(Jeffers, 1983),运用简比论途径时用传统的微分方程解决生物过程,其结果与实际情况相差甚远,而复合论途径则苦于找到不同水平(种群、群落、生态系统)相应的新生特征^①等。

1.2 一种新型的系统分析方法——灰色系统理论的系统分析法

由于传统的系统分析法有其上述不足之处,在应用上受到一些限制,尤其是在海洋生物方面的研究。

系统理论的新进展——灰色系统理论^[1](1982年由著名控制论专家邓聚龙教授提出),已被多次应用于生态学,并已引起国际上同行们的关注和重视(《未来十年的生命科学》1991)。灰色系统理论无论在思想上还是在方法上都不同于传统的系统理论与数理统计,如解决了对少量样品的建模等问题。灰色系统理论无论在思想上,还是在手段上都不完全等同于传统数学,传统的数学方法用机械唯物主义观点把一个数看成是一个孤立的值,然而去寻找形成这个数的各种原因,在实际中往往陷于无法全面解释的困境,灰色系统理论利用全新的信息论观点,把一个数看成是各种原因在一定时间、空间范围内相互作用的量化结果。如何把灰蒙胧理论与传统数学衔接起来,是二者的前沿课题。更深的理论问题已超出海洋生态的研究范围。灰色系统与模糊数学、黑箱方法的区

别,主要在于对系统内涵与外延的处理态度不同,研究对象内涵与外延的性质不同。灰色系统着重研究内涵不明确、外延明确的对象,在手段上,灰色系统通过补充信息转化性质的方法。模糊数学着重研究外延不明确的对象,在研究方法上采用模糊集来描述对象^[3];"黑箱"方法是重外部行为数据的处理方法,是因果关系量化方法,属扬外延而弃内涵的处理方法。建模时黑箱方法按原始数据或通过各种人为预处理(加权、滤波)后建模,而灰色系统理论建模时,利用生成数列。就建模概念而论,黑箱方法只适合两端对象建模,灰色系统可对单端对象建模^[2]。

综上所述,笔者建议在进行系统分析建立数学模型时,在因子数量少、满足同步关系的样品数量多时,单个因子宜采用时序分析手段,而两个因子宜采用概率统计方法来建立数学模型。所获数据不足够多时,若运用概率统计、时序分析方法,常会带来难以解释的结论,有时甚至是谬误,这是由于在实际情况中很难满足概率统计、时序分析中各种方法所需要的基本条件。灰色系统理论主要强调信息量,不要求有足够多的数据,已证明3个以上数据就可建模,因而对涉及3个或3个以上环境因子、满足同步关系的数据不多时,宜采用灰色系统理论来建模^②。

2 系统分析方法在渔业资源、生态环境工程研究中的意义与实例

系统分析的重要性可用 Eugene P. Odum 的话来概括:"生物系统是如此复杂,若不利用系统分析的方法来概括与简化就难以将详情全部描述。模型是现实系统的不完全抽象,但它是生态学家的极有力工具。从长远的观点来看,对于重要的哪怕是定性的预言和回答,比非重要细节的精确理解要重要得多。究其因有二:一是因为出现了威力超常的现代化的研究方法,如电子计算机处理数据,控制论和其他数学理论等。二是因为对复杂的生物系统进行简化,这是解决人类栖居环境有关问题最有希望的途径"^[5]。因此人们一直在利用系统分析的方法探索各种宏观的生命现象,并取得不少成果。

2.1 在渔业资源方面的应用

系统分析是一种比较有效地解决水产资源方面问题的方法,尤其是在多种渔业管理方面的应用,如

① 引用李冠国教授编的生态学讲习班油印稿,1982。

② 黄勃,1993。胶州湾生态系统数学模型与电子计算机模拟及优化管理对策(博士论文)。

Pauly 利用系统分析法分析了泰国湾渔业生态系统,把各种鱼类划分为 9 个子系统建立模型^[6]。比较简单的系统分析法主要应用在捕食竞争模型。如,虾与须鲸关系模型,虾、鲸、海豹关系模型等。这方面的实例许多,可参考 May, Baddington, Clark, Holt 和 Laws 合写的《多种渔业资源管理》、Bay 的《水域生态系统——一种运筹学方法》。灰色系统理论在渔业资源方面的应用实例可参考黄勃博士论文、朱鑫华博士论文^①。

2.2 在生态环境工程方面的应用

系统分析在生态环境工程方面的应用主要有富营养化模型、湿地模型、生态毒物学模型等的建立。富营养化模型最好的实例为 Glumsoe 湖建立的模型,主要用于水质管理,并为其其他 16 个研究实例所推广。系统分析建立湿地模型是研究湿地生态学的常规工具,如佛罗里达落羽松树丛系统模型由于落羽松树在废水更新、木材生产、暴雨水滞留、野生生物保护及地下水注入方面的价值,美国用此模型来进行管理。生态毒物学中的模型更离不开系统分析的方法。特别是研究毒物分布等,分室模型尤显重要,例如 Shank

建立的镉在哺乳动物内迁移的九室模型等^[7]。

本文为作者在做博士论文中运用系统分析时的一点体会,旨在介绍这种方法,诚愿它能作为向同行们请教的砖石。

参考文献

- [1] 邓聚龙等,1985.灰色系统(社会·经济).国防工业出版社。
- [2] 邓聚龙等,1985.模糊数学 2:23~32。
- [3] 冯德益,1983.模糊数学方法与应用.地震出版社。
- [4] 黄勃等,1993.海洋科学 5:15~16。
- [5] 奥德姆,1981.生态学基础.人民出版社出版。
- [6] Pauly, D., 1979. *ICLARM Studies and Reviews* 1:35。
- [7] S. E. Jørgensen 著,陆健健等译,1988.生态模型法原理.上海翻译出版公司。

① 朱鑫华,1994.渤海鱼类群落多样性特征及可持续生产力动态研究(博士论文)。