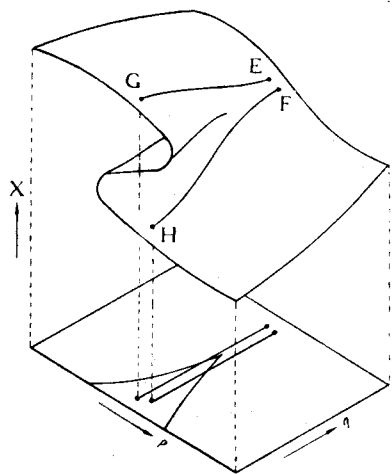




系统分析及其 在生态学上的应用

科学出版社

内 容 简 介

本书介绍了系统分析在生态学上的应用。全书共分九章，作者在书中叙述了各种数学模型及其在生态学上的应用，如什么是系统分析，模型与数学，动态模型，矩阵模型，随机模型，多变模型，最优化及其他模型等。作者认为，系统分析并不是一种数学技术在生态学中的应用，而是一种具有广阔前途的研究策略，是利用系统的科学途径去解决复杂的问题。

本书可供生态学科研工作者、大专院校有关专业师生参考。

John N. R. Jeffers

AN INTRODUCTION TO SYSTEMS

ANALYSIS: WITH ECOLOGICAL APPLICATIONS

1978, Edward Arnold

系统分析

及其在生态学上的应用

[英] John N. R. 杰弗斯 著

郎 所 王献溥 陈灵芝 译

责任编辑 于 拔

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983 年 9 月 第 一 版 开本：787×1092 1/32

1983 年 9 月 第一次印刷 印张：6 1/2

印数：0001—6,500 字数：146,000

统一书号：13031·2365

本社书号：3237·13—8

定价：1.05 元

前 言

对生态学系统分析兴趣的增长,或许仅仅与对“系统分析”的意义缺乏了解相联系。事实上,很多生态学家对于他们所认为的系统分析的概念,应用到生态系统研究和管理的问题上有着强烈的反感。更糟的是,因为生态学的这一新分支比较年轻,没有一定的教科书可供研究工作者或学生查考。至于几本号称描述系统分析的结果而应用到生态学的某些特殊问题的教科书,关于“系统分析”一词的意义和范围,在这些书之间又很少一致。

本书并不打算提供一本上述明确的教科书。它想要在生态学的广阔领域中作为一本系统分析的实用入门。因此,希望它将作为一本大学课本而对学习生态学的学生有用,同时,可能,对在数学技术上训练或经验较少,但首先在他们的研究或管理工作中,转向数学系统的应用作为一种实践工具的研究生有用。本书也可能引起生物学家以及有较少数学知识、又希望对系统分析的理论 and 实践获得理解的其它工作者的兴趣。

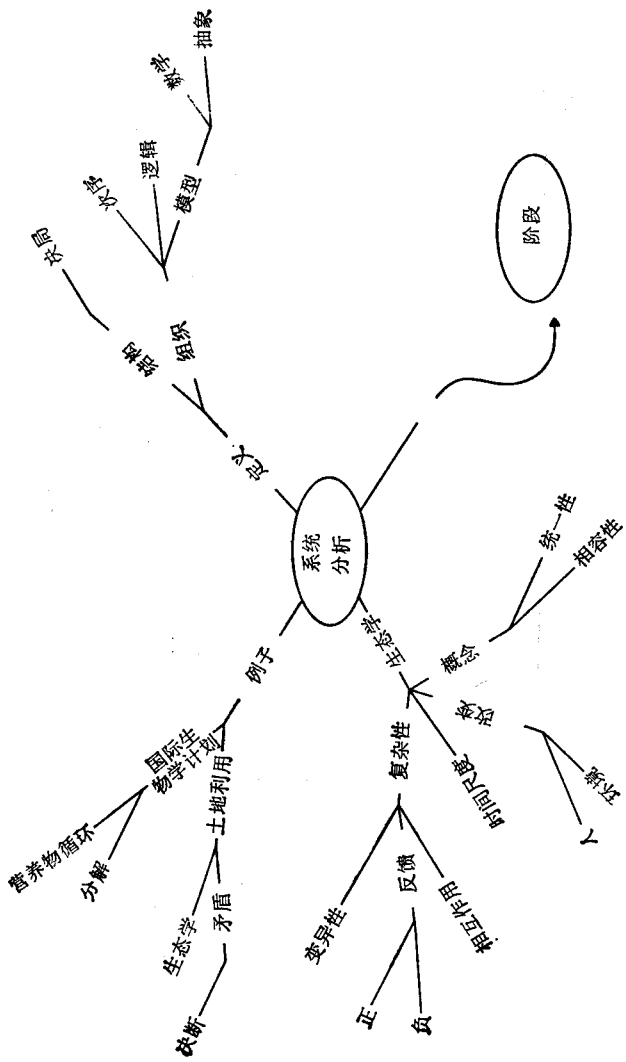
因此,本书只作了有限的数学应用,而对它的理解肯定不需要高水平的数学或统计学。数学公式也作了某种限制的应用,而少量经验以及简单的统计计算会对读者有所帮助。甚至帮助更大的该是以一种或多种较高水平的语言,例如 FORTRAN、ALG-OL 或 BASIC 编制电子计算机程序的知识。然而,如果任何读者为书中所包括的有限量的数学所阻挡,至少对该读者而言,这本引论就可能被认为已经失败了。

在本书每一章终末,将会找到总结一章内容的图解摘要。这些是仿效 Tony Buzan 在1974^[9] 由不列颠广播公司所发行《应用你的大脑》中所提出的想法。这种摘要可用来作为读者做更详细的摘要的基础,作为对各章结构和内容的一种索引,以及作为修正和学习的一种帮助。

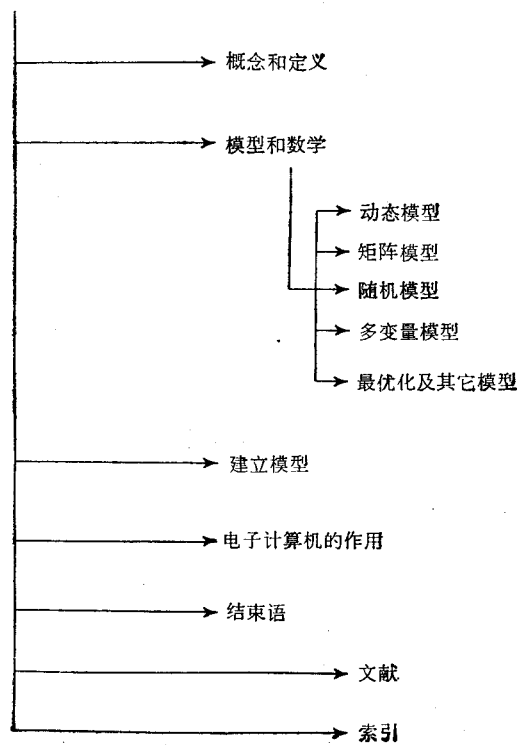
J. N. R. 杰弗斯

1978

(郎 所 译,陈灵芝 校)



生态学中的系统分析



目 录

前言	
第一章 什么是系统分析?	1
第二章 模型和数学	13
1. 文字模型	13
2. 数学模型	15
3. 确定性模型	16
4. 随机模型	18
5. 实用的定义	19
6. 简单的例子	20
7. 数学模型的种类	22
8. 数学模型的优缺点	23
第三章 动态模型	26
第四章 矩阵模型	52
第五章 随机模型	73
1. 有机体的空间格局	73
2. 方差分析	83
3. 多重回归分析	95
4. 马尔柯夫模型	98
第六章 多变量模型	108
1. 描述性模型	110
2. 预测性模型	133
第七章 最优化及其它模型	151
1. 最优化模型	151
2. 对策论模型	157

3. 灾变论模型	160
第八章 建立模型方法	168
1. 定义和界限	168
2. 复杂性及模型	170
3. 影响	171
4. 文字模型	172
5. 解的产生	173
6. 假设	174
7. 编制模型	175
8. 校验和有效性	176
9. 灵敏度分析	178
10. 计划和综合	179
第九章 电子计算机的作用	183
结束语	194
参考文献	196

第一章 什么是系统分析？

和很多生态学家的看法相反，系统分析不是一种数学技术，甚至也不是一类数学技术。它是一种广义的研究工作的策略，肯定要涉及到应用数学技术和概念，但以一种系统的、科学的方法对复杂问题求解。如此，它提供了旨在帮助决策人选择一种合理路线的思路，预测一种或几种合乎决策人意图的行动路线的后果。在特别有利的情况下，由系统分析所指出的行动路线应是在某些特定或确定的方式中“最佳”的选择。

以我们将在本书应用这一名词的含义来说，系统分析是把数据和资料有次序地和逻辑性地组织成为模型，接着是对于模型的有效性和改进所必需的严格检验和考查。名词“模型”进一步的定义，将在第二章加以说明。目前，我们可把这些模型看做是用物理或数学名词对一个问题的基本组成部分的形式表达式。在过去的科学工作中，科学解释大多强调应用生物学过程及环境过程的物理学的模拟语，同时即使在系统分析中，我们有时也必须参考这类的物理模拟语。然而，更一般地说，系统分析的模型该是数学的，同时基本上是抽象的。

首先，在系统分析对生态学的一个实际问题的应用中我们可鉴别出七个步骤。这些步骤和它们的相互联系小结于图1.1中，并简短描述于下。当我们在第七章中讨论系统分析的阶段和实际问题的解之间的关系时，将要更详细地加以讨论。然而，在综述构成系统分析基本核心的某些模型的类型之前，

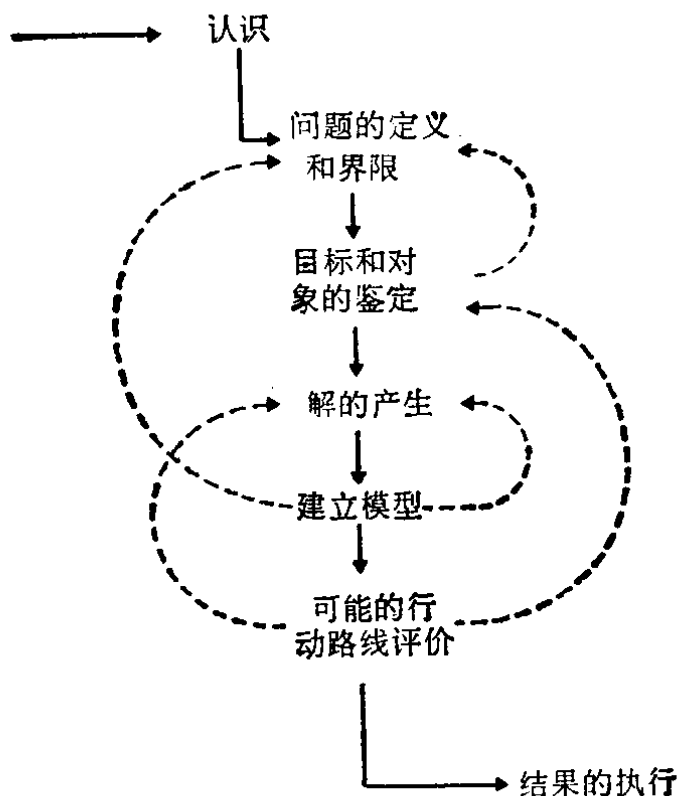


图1.1 系统分析的阶段图解

获得一系列同阶段的远景是合乎理想的。

(i) 认识

认识一个可加以分析和对开展详细研究相当主要的问题的存在,或一堆有相互联系的问题存在,不一定是一个微不足道的步骤。由于我们从痛苦的经验中了解,极端容易忽略掉应该加以研究的某些生态学的实践方面,或是易于假定普通对于生态学过程和系统所持的信念是真实的,就因为它们能被广泛接受。然而,认识到该项研究是必需的,以及选择一个正确的方法应用于研究中是同样的重要。可能比较容易选择不易接受系统分析的研究问题。同样,比较容易选择对它们的解决,并不要求系统分析力量的问题,同时对于这些问题,通过系统分析的方法来进行研究乃是不经济的。因此,认识

的这种双重性,在决定研究工作的成败中,可能是关键性的。

(ii) 问题范围的定义和界限

一旦问题的存在已经认识,就必须把它简化到可以能够达到分析解决的程度,然而,在另一方面,保存所有使问题对实际研究有足够兴趣的成份。同样,在任何系统分析中,这是一个关键性阶段。问题成份取舍的相对重要性的难以判断,以及相对促使它们复杂化的程度,这可能完全成为不能控制,来权衡它们对情况分析领会的关系,往往将取决于应用系统分析的经验。这是有经验的系统分析者能作出他最有价值贡献的一个阶段。简单化和复杂化之间的微妙平衡,同时和原始问题保持着足够的关系,对分析解决认识,到是恰当的,将差不多肯定决定着研究工作的成败。很多有希望的科研项目最终证明并无价值,因为问题的复杂性容易干扰以后模型的建立,结果它变成不可能得出一个解。相反,过去在生态学广阔领域内进行过很多的系统分析中,结果却得出了一个明显无效解,原来这个问题基本上只是原始问题的一个子集。

(iii) 目标和对象等级的鉴别

问题的范围一旦有了定义和界限,就应该有可能确定研究的目标和对象。通常,这些目标和对象将形成一种等级,而把主要对象逐次地分为一系列次要对象,在这样一种等级中,同样也必须对不同的阶段确定优先次序,和确定关于适合各个对象所要求工作量的优先次序。如此,在一项复杂的研究中,系统分析家可能决定,对于生态系统的管理或处置,可能需要作出的那种决定影响不大的目标和对象,放置较小的优先次序,但从科学资料的观点来看却是合乎希望的。相反,在研究构成基础科学计划一部分的场合,他可能准备接受某种

被确定的供选择的管理方式，而把大部分力量集中在与生态学过程本身有关的对象上。然而，对于一次成功地系统分析，重要的是，应加以规定，已指定给各种对象的优先次序。

(iv) 解的产生

在这个时候，研究工作者通常应该有可能对问题作出一系列可能的解。产生这些供选择的解的方法，将在第二章进一步加以讨论，但，概括地说，一个有经验的系统分析者，该认识到对特殊问题可能的解的类型。一般地说，他该找出一个有最大可能概括性的分析解，因为用这种方法，他能尽量利用先前对同类问题的工作和它们的解所根据的数学。只在很少的情况下，任何特殊的问题只有一种可能的解法。同样，分析者的经验，在选择最确当的类型而得出他的分析解，当有所帮助。一个没有经验的系统分析者，可能浪费颇大量的时间和金钱，寻求应用一个结果未必良好的类群的解，而不认识他所选择的解，使假设在他所涉及的特殊事例中是不合理的。常常，分析者在决定一个最适合他的问题的解之前，有意地创建几个供选择的解。

(v) 建立模型

当已经考查了适合的供选择的解法时，对问题各方面之间，复杂的动态相互关系，建立模型的重要阶段就可以开始了。这种模型的建立，必须充分意识到，在建立模型的各个过程中所固有的不肯定性，以及对系统的理解和易控制性可能大为复杂化的反馈机制。同样，建立模型本身必须考虑到，达到一个关于适当行动路线的决定，所必须应用的复杂系列的法则。在这个阶段，对于数学家，很容易为他的模型的独创性和精致性而失去控制，而结果，在作出决策过程的现实性，和

用于测定决策可能结果的数学之间毫无联系。

(vi) 可能的行动路线的评价

一旦模型建立,对模型的应用,已达到一个充分提高的阶段,至少以一种初步的方式,来自模型的可能行动路线的评价阶段就可以开始了。在这一评价的进程中,应研究据模型所作假设的结果的灵敏性,由于只当模型开始被应用时,假设和模型公式中先前未想到的弱点才开始表现出来。在一主要假设中,一个重大破绽的发现,可能导致又回到建立模型阶段,但常常通过对原始模型的简单修改,就能作出进一步的进展。通常也必须研究对问题各方面的灵敏性,这在第二阶段,当问题及其范围有了定义和定界时,是被排除在形式分析之外的。

(vii) 结果的执行

在系统分析中最后的阶段,是从前面几个阶段所得出的结果的执行。如果分析是通过上述方式给进行的,对结果执行所必需的步骤,通常应极为明显。然而,除非分析已转移到执行阶段,系统分析是不完全的,而就是在这个方面,很多过去尝试的系统分析是不完全的。可能执行本身演示出分析的各个阶段是不完全的或须要修正的,因此一定程度上,经过某些已完成阶段的再循环,可能是必要的。

因为系统分析是一种思想的结构而不是一种规定的命令,以上所列的各个阶段需要以一种有限制的意义来理解。在每一个系统分析的事例中无须包括所有的步骤,同时这也许可能在任一特殊事例中排除某些阶段。同样,可能进行的各个阶段的次序,可加以变动或可能必须以各种型式插入其中。例如,给排斥的因素的重要性可能必须迅速加以重新估价,就需要几个建立模型和评价阶段的循环。同样,分析的客

观结构的关联可能必须周期性的加以考察，有时甚至对某些中期或后期的阶段已进行了大量工作之后，要求回到一个早期的阶段。最有用的模型该有充分的精确性来模拟现实性，而适用于范围广泛的决策和决策者。因此，决策阶段可能是分散和广泛的，而跟随在形式的科学分析完成之后。

上述系统分析的主要骨架的目的就是在实践应用中促使作出良好的决策，而在我们的情况，就是用于生态学。这种骨架倾向于集中精力艰苦思考关于复杂的，并且通常是大的，不能用较简单的研究方法来解决的问题，例如通过直接实验或调查。因为通常应用系统分析的问题的复杂性，对数据的处理和分析常常要涉及电子计算机的应用，以及对供选择的解之间选择的决定，要应用复杂的数学；但电子计算机或数学的应用，或二者，都不是系统分析本身的一个主要特点。有时骨架通过无须应用这二者的问题就能够最好的加以阐明了。

系统分析对问题求解的特殊贡献在于，鉴定可能以后证明是重要的未预料到的因素和相互作用，在于迫使实验及调查方法的修改而包含这些因素和相互作用，以及在于阐明假设和假定中的关键性弱点。正如科学方法一样，通过实际的试验和严格的取样方法，有它对假设检验的坚决要求，在我们对物质世界了解的进展中提供了一种基本的工具，系统分析把这些工具结合成为一种灵活的但严格地对复杂现象的研究方法。它对实际问题应用的成功，最可能来自在一个研究机构内工作的一小群具有十分明确和焦点颇狭的科学家。对于这样一群人所必需的条件要在第七章加以某种详细的讨论，而在这里，只强调一下，一群成功的系统分析工作者，从一开始，就已经应用一种仔细设计的研究策略，和对分析中应用的所有数据以充分的有效性，对连接建立模型阶段作了特殊的努力，就足够了。

对系统分析作了一般的定义，为什么我们一定要在生态学中应用系统分析呢？对这一问题的答案，部分地，在于生态学作为一门科学的相对复杂性，就像它所涉及的那样具有广泛机体种类多方面的相互作用。在它们是时间-从属的和经常变动的意义上，几乎所有的这些相互作用都是动态的。此外，相互作用常常具有工程师所谓的“反馈”特征，就是把一个过程的某些作用，带回到它的原始或到一个先前的阶段，以便加强或改变它。这种反馈有时会是正的，在作用加强的意义上，而有时是负的，在作用被减弱的意义上，反馈本身可能是复杂的，涉及一系列正的和负的作用，有着各种取决一系列环境因素的结果。

然而，生态系统的复杂性不限于机体之间关系中多重相互作用的存在。生活机体本身就是变动的——实际上，变异性是它们的主要特征之一。这种变异性可用对其它机体的影响来表示，例如通过竞争或通过捕食，或它可能以机体，个别的或集体的，对环境条件的反应来表示。这种反应将反映于变动的增长率和生殖作用，或甚至在显著不良的条件下生存的变动能力。当这种特征被加于环境因素中的自变异时、例如气候和生境，生态过程和生态系统就变成难以研究和控制了。

结果，即使对相对未改变的生态系统的理解也远非易事。生态学家的传统反应曾经是把注意力集中到真实问题的小子集上。不少研究工作集中于单个机体在简化生境中的行为，例如对于一袋面粉中的谷盗或选择的培养基上的线蚓。在另一方面，两三个种之间的竞争，同样在一个比较简单的生境中，曾被广泛地加以研究。

生态学研究的一个特流行的形式是对于捕食者和食饵之间的捕食者-食饵关系，例如实验室中鹿鼠 (*Peromyscus leucopus*) 和锯蜂幼虫^[36]，或草履虫 (*Paramecium*) 和藓毛虫

(*Didinium*)^[53]。在所有的这些例子中，都曾作出减低所研究的复杂性水平，到以传统研究方法可控制水平的尝试。即使当已经这样做了，这种相互关系仍然难以模造和理解^[55]。

当在生态学研究包括了生态系统的蓄意改变的作用时，就引入了变异性和相互作用的更深一层的维度。在森林和农业的应用生态学的重要课题中，通常通过单独考虑作物种的反应而达到生态系统的某种简化，但这种研究对系统作为一整体，对在管理中的变化而引起的改变的反应，提供极少的情报。特别是，作物对土壤的影响，和对于作物曾施加影响的生态系统相联系的机体种类，都很少研究，主要因为设计能检验具有必需的复杂性程度假设的实验有所困难。把这些想法伸引到土地利用的生态学影响上，那对土地利用和环境管理考虑了几种供选择的策略，甚至就更难，因此少有作出尝试。对于自然的或半自然的生态系统的有计划管理的研究，例如对于自然保护区的管理以保证野生动物的资源保护，也少有加以尝试，同样也因为难以包括促使生态系统的稳定性或不稳定性的，很多种类的复杂性和变异性。

由于上述所有的原因，即生态关系的固有复杂性，生活机体特有的变异性，以及由于人类对生态系统的蓄意改变而明显不能预料的影响，生态学家要求他的研究有一种有次序和合乎逻辑的安排，而这个超越出假设检验的序贯应用之外，虽然实验方法所实行的“诉诸自然”必然保留在组织安排的中心。应用系统分析对这种组织安排提供了一种可能的形式，一种实验给包括在有意识的模造系统的尝试之中的形式，以致复杂性和变异性仍被保留在它们能经受分析的形式之中，系统分析的创导者并没有宣称他们解决复杂问题的方法是唯一可能的方法，但，可以体会到，他们期望它是最有效的方法——如果对问题还存在着一个更有效的解，他们就会应用它。

然而,对于在生态学研究,系统分析的应用还有一种进一步的原因。按照它的本性,生态学研究常常要求较长的时间。例如农业和园艺研究,大部分涉及每年收获的作物,因此一个周期的实验就要一年或一年以上来完成。对于施肥最适水平的探索,可能与其它耕作措施相结合,因此可能要好几年,特别当需要考虑实验处理和天气之间相互作用的时候。在丛林中,因为林木较长期的轮作,一次短期的实验很可能持续25年,而长期实验无论如何可能持续40到120年。关于资源管理的研究常常牵涉到类似的时间尺度,同时实验方法是相对地缓慢。因此,这必须从实验的每一阶段保证最大地可能进展,而系统分析的模型提供了必需的骨架。

那么,同样,生态学作为一门科学的目前状态,以及它在一广泛的领域内的极端分散的研究力量,急需一个统一的概念。很多现存的理论不仅有一种明显的不相容性,同时这些理论所根据的假设的弱点大多是未经考察过的,部分由于这些假设本身从未加以确定。有很多其它的分支学科也处于类似的阶段,但生态学肯定是这些分支之一,在其中系统分析可用作现存想法的一种过滤器,虽然不是唯一的滤器。显示了不相容的理论可作为更迭的假设来检验,而系统分析本身常常会提出辨别这些假设所必需的关键性实验。

最后,我们需要仔细地考虑我们希望要编制的生态学关系模型的性质。在物理科学中通常不一定认识到我们对关系的思考,有多少程度受到工程和物理的实用模型所制约。事实上,如我们将在下一章看到,很多我们可能找来应用于系统分析的模型类型,该是从物理的因果关系得出函数的和确定型的类型,而用以描述这些模型的数学是我们大家在学校里所学的传统应用数学,而这个,严格地讲,是应用于物理的数学。然而,很多生态学关系并不是这种类型,如我们已看到