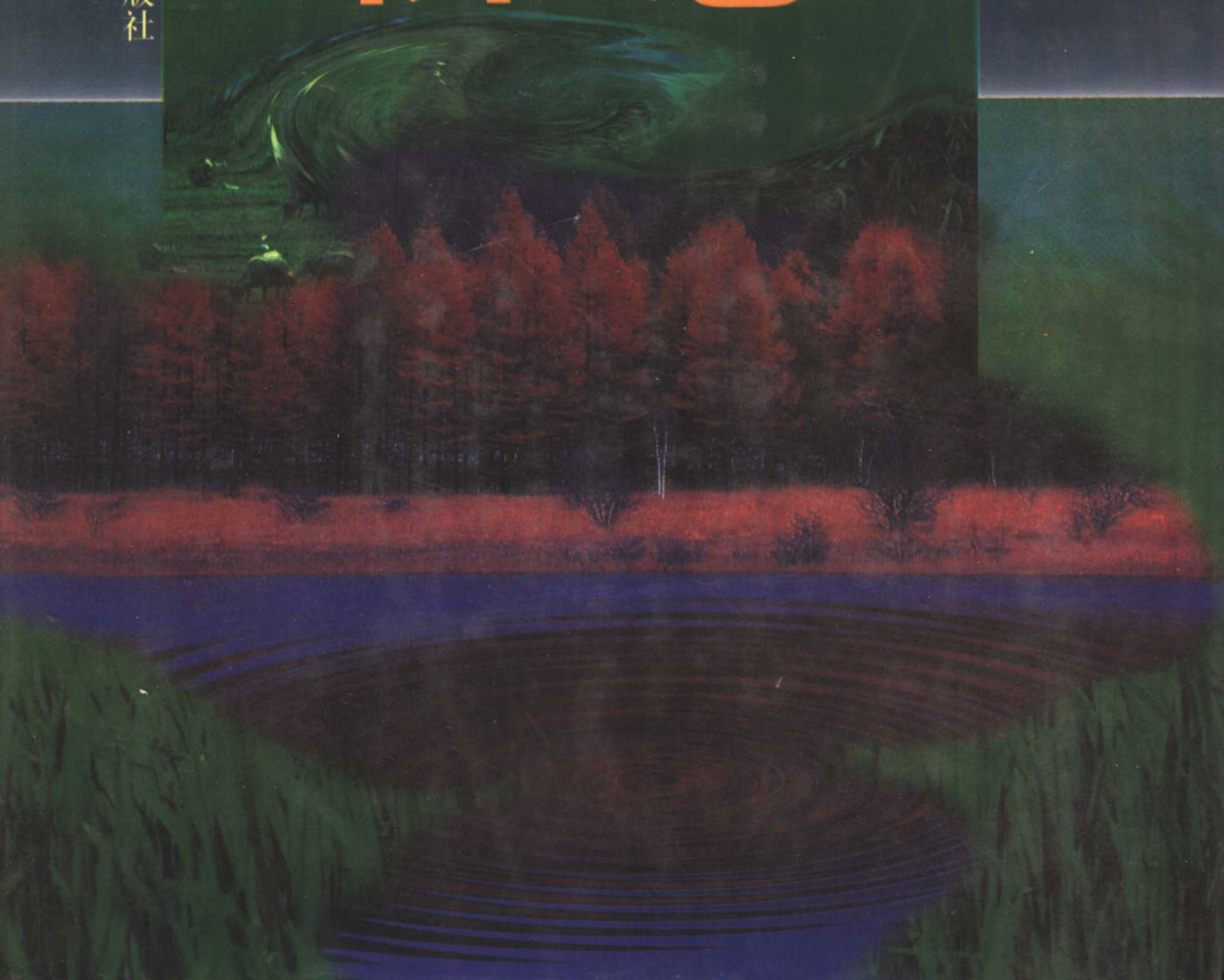


骆世明 彭少麟 编著

农业生态 系统分析

广东科技出版社



4 1 1 -

农业生态系统分析

骆世明 编著
彭少麟

广东科技出版社

粤新登字 04 号

图书在版编目 (CIP) 数据

农业生态系统分析/骆世明、彭少麟编著.
—广州: 广东科技出版社, 1996. 6
ISBN7-5359-1489-6

- I. 农…
- II. 骆…
- III. 生态系统-农业
- IV. S181

策划编辑: 崔坚志

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

经 销: 广东省新华书店

印 刷: 广州长兴彩印有限公司

广州黄埔长洲深井 邮码: 510720)

规 格: 787×1092 1/16 印张 49.5 字数 1 100 千

版 次: 1996 年 6 月第 1 版

1996 年 6 月第 1 次印刷

印数: 0001-1000

I S B N 7-5359-1489-6

分 类 号: S·168

定 价: 80.00 元

新书信息电话: 16826202

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

内 容 简 介

本书是作者根据近年在国内外进行农业生态学研究的成果，并结合大量的科学文献资料编著而成，有颇高的学术价值。全书通过概念解释、数学推导、实例示范和成果介绍等多种方法，阐述了实际的农业生态系统与抽象的数学模型之间的关系。书中介绍了农业生态系统的各种分析方法，方法的应用能更好地解释农业生态系统有关现象，预测和评价系统表现，调控系统的结构和功能，也有助于更好地建立地理信息系统（GIS）、决策支持系统（DSS）和专家系统。书中还列出了大量通用或示范的计算机程序，这些程序既有利于读者更具体地理解系统分析的方法，又可直接应用于研究中。

本书可供农业生态学、农业环境保护、资源经济学、农学、林学、畜牧学等方面的科研人员和院校师生参考。

作者简况

骆世明 中国生态学会第四届理事会常务理事，广东省生态学会第四届理事会副理事长，中国农村生态环境保护协会理事，华南农业大学热带亚热带生态研究所所长，华南农业大学教授、校长，广东台山人，1946年出生。1968年华南农学院农学系本科毕业后，在广东省信宜县农业局水口农技站当农业技术员。1978年进入华南农学院农学系攻读硕士，并于1981年6月起在美国佐治亚大学E·P·Odum博士所领导的生态研究所进修农业生态学一年。回国后从事的研究主要有：华南热带亚热带高效农业生态系统的结构、功能和效益研究；以稻田生态系统能物平衡和水稻个体生态为核心的水稻高产栽培计算机模拟研究；影响华南农区复合群落构成的植物化感作用研究。1987年，与陈聿华、严斧合作在湖南科学技术出版社出版《农业生态学》一书。该书获1990年全国首届“兴农杯”荣誉奖。本人曾于1989年获国家教委人民教师奖章，1992年获农业部有突出贡献的中青年专家称号。

彭少麟 生态学博士、研究员。广东潮阳县人，1956年出生。1982年从中山大学生物系毕业分配到中国科学院华南植物研究所。十多年来，已完成八项科学研究课题，其中三项任课题组长；正在进行的课题有六项，其中三项是国家和中国科学院的重大或重点项目课题，均为牵头人之一。已发表一百余篇科学论文和出版三本专著。对数量生态学、森林动态学和系统生态学有独到的见解。在森林生态系统研究中，定量化和模型化研究了南亚热带森林群落，丰富和发展了植物群落学科理论，为林分改造、荒山绿化和自然保护提供科学依据；在森林动态学研究中，对森林波动、更新、演替、边缘效应和人类干扰体系等理论均有创新，并组建一组模型以定量测度各个动态过程，对群落动态学科的发展有重大意义，受到国内外同行的广泛注意和很高评价。参加完成的“广东热带沿海侵蚀地植被恢复及其效应”课题获中国科学院科技进步一等奖，国家科技进步二等奖；主持的“鼎湖山森林群落分析”课题获中科院广州分院、广东省科学院科技进步二等奖，“群落学理论研究”课题获广东省1994年自然科学奖二等奖。1991年被国家教委和国务院学位办授予“有突出贡献的中国博士学位获得者”荣誉称号；并获中国科学院“青年科学家奖”、广东省“丁颖科技奖”。1993年获“广州市十大杰出青年”荣誉称号。现任中国生态学会常务理事，中国植物学会植物生态专业委员会副主任，广东省生态学会副理事长，广东省植物学会常务理事等。

前 言

农业生态学研究的对象是农业生态系统,运用的方法是系统分析。农业生态系统分析在国内外农业研究中越来越广泛地被采用。近年来华南农业大学热带亚热带生态研究所在开展热带亚热带高效农业生态系统研究、高产栽培的作物计算机模拟研究中,华南植物研究所生态室在开展广东电白小良水保站和鹤山丘陵站的侵蚀地植被恢复研究、鼎湖山森林生态系统定位站研究中普遍运用了系统分析方法。农业生态系统分析方法的运用有利于深入了解和揭示生态学规律,有利于开展生态农业建设、促进农业的持续发展。本书是作者在近年开展有关研究和教学的基础上写成的。

本书的第一章首先简要介绍了农业生态系统分析的概念和步骤,第二章介绍了生态系统时间、空间和状态的量化方法,然后按生态学研究的层次,从第三章到第九章,依次介绍了环境因子模型、个体生态学模型、群体生态学模型、种群生态学模型、群落生态学模型、生态系统生态学模型和生态经济系统模型。在第十章到第十三章,介绍了数值分类与排序、蒙特卡罗随机事件模型、资源的最优管理模型和系统评价与决策方法,这类方法适用于多个生态学层次。

本书介绍系统分析方法时重点放在真实系统与数理理论之间的联系,通过模型与实际系统对应关系的解释和部分模型的推导,增强读者对方法的理解。大多数方法都用了研究实例或示范实例(包括计算机示范),以增加读者对模型与系统关系的具体认识,启发进一步的应用。作者还编制了大量示范性或通用性的计算机程序。本书目录之后列有程序目录。本书列出的

程序需在 IBM-PC 或其兼容机上用 BASIC 运行,有部分程序要求彩显或要用汉字。程序的编制与运行有利于读者在系统分析的应用或理论方面的进一步深入。读者需购含本书所有程序的软盘可向作者联系。在本书之末附有主要参考文献和内容检索。

农业生态系统分析中经常运用到回归分析、相关分析、方差分析、回归设计、贮存论、排队论、对策论等方法。本书没有涉及这些内容,读者可在数理统计和运筹学中找到有关内容。农业生态系统分析中的参数、初始状态和相互关系的建立常需用到农学、林学、畜牧学、水产学、气象学、土壤学、经济学等专业学科的方法,并把这些方法运用到农业生态系统研究的调查、分析、化验和检索中,以获取系统分析所依据的信息。读者可从有关学科的著作或专家中了解这些方法。

本书可供农业生态学、农业生态经济学、植物生态学、普通生态学、农学、林学、畜牧和农业环境保护等方面的研究人员、教学人员及学生参考。由于本书内容由浅入深、难点分散、方法通用,因此也可作教科书、教学参考书或工具书加以利用。尽管农业生态系统分析涉及的数学与计算机的知识范围很宽,读者只需具备生态学、高等数学、线性代数和计算机 BASIC 编程的知识就可读懂本书的内容。

本书的第一章由骆世明和彭少麟共同编写,第二、三、四、五、九、十、十一、十二、十三章由骆世明编写,第六、七、八章由彭少麟编写。农业生态系统分析涉及的知识面广、发展迅速,受限于我们的知识水平和经验,本书难免有很多片面和错漏之处,敬请读者批评指正。希望本书能起到抛砖引玉的作用,促进农业生态学在方法论方面的发展,促进农业生态系统分析方法的广泛应用。

这本书能够问世与各方面的支持分不开。我们感谢吴灼年教授和张宏达教授对我们的教导。在华南农业大学农业生态研究室工作过的陈春焕、李之林、胡泽民、郑华、陈荣均、温洋、罗曼嘉、林日健、黎华寿、杨文、戴倩、涂修亮等在有关研究中做了很多出色的工作。华中农业大学的陈聿华老师为本书的编写提供过

不少素材,并评审部分稿件,对推动本书的出版做过大量前期工作。中山大学王伯荪教授对种群和群落分析部分的写作给予了很大的帮助。华南植物研究所的曾小平绘制了部分插图。我们在此一并表示衷心的感谢。我们还要感谢华南农业大学和华南植物研究所的领导和同事们给予的支持和帮助。

作 者

一九九五年十月于广州

目 录

第一章 农业生态系统分析概述	(1)
一、农业生态学与系统分析	(3)
二、系统的概念	(4)
(一) 系统的定义	(4)
(二) 系统的特点	(5)
三、系统分析的基本步骤	(6)
(一) 系统分析的定性阶段	(6)
(二) 系统分析的定量阶段	(8)
(三) 系统分析的模型综合阶段	(8)
(四) 系统分析的深入阶段	(12)
(五) 系统分析结果的应用	(12)
四、模型的概念	(14)
(一) 模型的类型	(14)
(二) 数学模型的类型	(14)
(三) 模型的优点与局限	(16)
第二章 农业生态系统有关因素的定量描述	(17)
一、时间的定量描述	(19)
(一) 普通时间	(19)
(二) 生理时间	(20)
二、空间及空间关系的定量描述	(25)
(一) 空间的一般描述	(25)
(二) 平面分布的定量描述	(27)
三、定性性状的数值化描述	(33)
(一) 连续性状的数值化描述.....	(34)
(二) 非连续性状的数值化描述	(36)
(三) 模糊概念的定量描述	(36)
四、多样性的量度	(39)
(一) 利用信息指数量度多样性	(39)

(二) 利用 Simpson 多样性指数 (D)	(41)
五、相关性的量度	(41)
(一) 二元数据间的相似性	(42)
(二) 计数数据间的相似性	(42)
(三) 计量数据间的相似性	(43)
第三章 生态因子模型	(51)
一、周期性生态因子的描述性模型	(53)
二、日长及太阳辐射	(54)
(一) 日长	(54)
(二) 太阳辐射	(54)
(三) 光强的垂直分布	(57)
三、土壤的水分平衡	(58)
(一) 土壤蒸发 (E) 和植物蒸腾 (T)	(58)
(二) 土壤底层下渗量 (P) 和毛细管上升量 (C)	(62)
(三) 土壤径流输出 (D)	(71)
四、流动与扩散	(72)
(一) 流动与扩散的一般模型	(72)
(二) 土壤的水热运动	(73)
(三) 土壤中的物质迁移	(74)
(四) 大气污染物的迁移	(75)
(五) 河流污染物迁移的基本模型	(76)
(六) 水体的 BOD 模型和含氧量变化模型	(76)
五、微分方程的数值解	(77)
(一) 微分方程的初值问题	(78)
(二) 稳态条件下偏微分方程的边值问题	(83)
(三) 非稳态条件下偏微分方程的边值问题	(91)
第四章 基本生物学过程及其受环境影响的模拟	(105)
一、光合作用与光强关系的模型	(107)
二、两种常用的内插法	(113)
(一) 直线内插法	(114)
(二) 拉格朗日内插法	(115)
三、温度对生物化学过程的影响模型	(115)
(一) 阿伦纽斯 (Arrhenius) 方程	(115)
(二) 温度效应的描述性模型	(116)
(三) 温度对光合作用的影响	(117)
四、限制因子作用模型	(119)
(一) 限制因子的莫诺 (Monod) 模型	(119)
(二) 限制因子的米氏 (Mitscherlich) 模型	(120)

(三) 光合作用的水肥制约模型	(120)
五、植物的呼吸作用模型	(122)
六、动物个体生长的基本模型	(124)
(一) 能量平衡模型	(124)
(二) 增重模型	(124)
(三) 产奶模型	(125)
(四) 产蛋模型	(126)
(五) 产毛模型	(127)
七、模拟模型中的时间常数及模拟步长	(128)
八、延迟与分散现象的模拟	(129)
(一) 基本模型	(130)
(二) 分状态法在种子发芽预测中的应用	(132)
(三) 分状态法在果树红蜘蛛及捕食螨模拟中的应用	(136)
第五章 作物群体生产的模拟	(157)
一、单一品种的作物群体生产模拟——以 RSM 为例	(159)
(一) 总体设计	(159)
(二) 功能模块的主要关系式	(161)
(三) 形态模块的主要关系式	(169)
(四) 计算机程序的编制	(176)
(五) 模型检验	(178)
(六) 参数的敏感性分析	(183)
(七) 模型试验	(185)
(八) 模型的应用	(187)
二、作物群体的密度效应	(187)
(一) 作物群体密度效应的描述性模型	(188)
(二) 作物群体密度效应的机理性模型	(190)
三、作物的间作模型	(192)
(一) 间作优势的定量描述	(192)
(二) 栽培措施与间作优势的关系	(193)
(三) 间作群体的动态模拟	(195)
第六章 种群系统的动态模拟	(207)
一、种群增长模拟	(209)
(一) 与种群增长模型有关的一些概念	(209)
(二) 指数增长模型	(211)
(三) 逻辑斯蒂增长模型	(212)
二、生命表及其在种群动态模拟中的应用	(217)
(一) 生命表	(217)
(二) 基于生命表的分析和动态模拟	(223)

三、种群分布格局及其测度	(228)
(一) 分布类型	(228)
(二) 分布格局模型	(230)
(三) 聚集强度的测度	(233)
(四) 格局分析	(236)
四、种间相互作用分析及模拟	(239)
(一) 种群相互作用的类型	(239)
(二) 捕食模型	(241)
(三) 竞争模型	(246)
(四) 种间联结	(252)
(五) 生态位和生态位重叠模型	(259)
第七章 群落系统分析	(271)
一、概述	(273)
(一) 群落的基本概念	(273)
(二) 群落在生态系统中的位置	(273)
二、群落结构分析	(274)
(一) 群落中的种群数量特征	(274)
(二) 群落组成结构数量特征	(280)
(三) 群落生产结构	(286)
(四) 植冠几何结构	(287)
(五) 个体植物群丛结构	(288)
三、群落动态分析	(289)
(一) 波动分析	(289)
(二) 边缘效应	(293)
(三) 森林群落稳定性与动态测度	(296)
(四) 演替分析	(298)
四、群落关系分析	(310)
(一) 群落系数	(311)
(二) 相似度系数	(311)
(三) 相似性百分率	(312)
第八章 生态系统分析	(319)
一、农业生态系统分析	(321)
(一) 概述	(321)
(二) 农业生态系统中养分循环的一般模式	(323)
(三) 稻田生态系统初级生产的能量和物质转化模拟	(325)
(四) 畜牧生态系统分析	(327)
(五) 具相对自给自足的水稻和畜牧农业生态系统分析	(329)
二、生态农业系统：鱼塘亚系统	(329)

(一) 引言	(329)
(二) 生态农业中相互作用的亚系统和养分再循环	(330)
(三) 鱼塘系统	(333)
(四) 水藻亚模型	(336)
(五) 鱼亚模型	(339)
(六) 有机废料与养分亚模型	(341)
(七) 鱼塘模型——合并几个亚模型	(343)
(八) 鱼塘模型模拟结果	(344)
(九) 模型结果讨论	(345)
三、森林生态系统分析	(349)
(一) 概述	(349)
(二) 森林生态系统的元件和结构	(351)
(三) 土壤过程的一个模拟模型 (SOIL)	(354)
(四) 树木生长的模拟模型 (TREE)	(359)
(五) 从一些亚模型 (树木) 构造森林生态系统的模拟模型	(362)
四、森林生长与产量模型	(369)
(一) 引言	(369)
(二) 模型结构	(369)
五、污染胁迫环境下树木生长模拟模型	(382)
(一) 引言	(382)
(二) 模拟模型概述	(383)
(三) 模拟结果	(385)
(四) 结论	(386)
第九章 农业生态系统及生态经济系统的线性模型及其分析	(421)
一、农业生态系统线性模型的能物流分析	(423)
(一) 农业生态系统线性组分模型的建立	(424)
(二) 库存分析	(427)
(三) 流动的分析	(432)
(四) 滞留时间分析	(439)
(五) 循环分析	(443)
(六) 农业生态系统线性模型能物流分析方法的应用	(445)
(七) 程序 9.1 的使用	(447)
二、农业生态经济系统的投入产出表分析	(447)
(一) 投入产出表的基本结构	(448)
(二) 投入产出表的基本应用	(450)
(三) 投入产出表在能耗系数计算和能量平衡中的应用	(455)
(四) 投入产出表在环境保护中的应用	(459)
(五) 投入产出表的进一步应用	(465)

三、线性规划	(466)
(一) 线性规划的基本形式	(466)
(二) 解线性规划的单纯形法	(468)
(三) 线性规划应用的前提	(471)
(四) 非标准形式线性规划的变换	(474)
(五) 线性规划的参数敏感性分析	(479)
(六) 线性规划在农业生态经济系统结构优化中的应用	(484)
第十章 数值分类和排序在农业生态系统分析中的应用	(527)
一、数值分类的基本步骤	(529)
二、数据标准化方法	(530)
(一) 总和标准化、最大值标准化、极差标准化和模标准化	(530)
(二) 标准差标准化、离差标准化和数据中心化	(531)
三、组平均距离聚合法分类	(533)
四、信息分划法分类	(537)
五、模糊聚类法分类	(539)
六、主分量分析方法在排序和分类中的应用	(542)
(一) 主分量分析的基本思路	(542)
(二) 主分量分析的步骤	(545)
(三) 主分量分析应用实例	(549)
第十一章 蒙特卡罗法在生物与环境随机模型及系统优化中的应用	(571)
一、随机数的产生	(573)
二、产生服从已知分布规律的随机数	(575)
(一) 产生均匀分布的随机数	(576)
(二) 产生指数分布的随机数	(577)
(三) 产生正态分布的随机数	(577)
(四) 产生普阿松 (Poisson) 分布的随机数	(579)
(五) 产生任意非连续分布的随机数	(580)
三、蒙特卡罗法估计取样量	(582)
四、随机过程的模拟	(583)
五、蒙特卡罗法解方程及优化计算	(587)
(一) 一步蒙特卡罗法	(588)
(二) 分段蒙特卡罗法	(590)
(三) 多步蒙特卡罗法	(591)
(四) 蒙特卡罗调优法	(593)
第十二章 资源的合理利用与资源的经济管理模型	(619)
一、资源与生态系统发展的动力学模型	(621)
(一) 利用可更新资源的系统动力学模型	(621)
(二) 利用不可更新资源的系统动力学模型	(623)

(三) 同时利用可更新与不可更新资源的系统动力学模型	(624)
二、生物资源的矩阵模型	(626)
(一) 生物资源增殖的矩阵模型	(626)
(二) 蓝鲸资源的数学模型	(627)
(三) 森林资源的管理模型	(628)
三、人口发展的离散模型及人口控制	(629)
(一) 人口生命表	(629)
(二) 人口发展的离散模型	(631)
四、资源经济的基本模型	(632)
(一) 自有资源的基本经济学模型	(632)
(二) 公共资源的基本经济学模型	(633)
(三) 资源投入量的边际效益分析	(634)
(四) 可替代资源在投入中的组合规律	(636)
五、直接限制生产规模的生物资源管理模型	(638)
(一) 控制收获量的模型	(638)
(二) 控制收获手段的模型	(640)
六、以最大现值为目标的动态收获策略	(641)
(一) 自治线性模型的最优控制	(642)
(二) 非自治线性模型的最优控制	(644)
(三) 非自治线性模型的最优控制应用于林业的例子	(646)
七、一维非线性资源经济模型的最优控制	(650)
(一) 一维非线性模型的最优控制理论基础	(651)
(二) 一维非线性模型在渔业最优捕获上的应用	(652)
八、多维资源经济模型的最优控制	(659)
(一) 多维模型最优控制的理论基础	(659)
(二) 多维最优控制在渔业中的应用	(661)
九、淡水渔业资源的模拟模型	(665)
(一) 鱼塘能物流模型的总体结构	(665)
(二) 浮游植物库碳流模型的建立	(667)
(三) 鱼塘的能物流模拟及管理方案的“实施”	(669)
第十三章 农业生态系统的综合评价与决策	(689)
一、评价的基本步骤	(691)
(一) 建立评价系统	(692)
(二) 确定评价项目的评价标准与计分办法	(694)
(三) 评分的综合	(696)
二、层次分析法在评价与决策中的应用	(697)
(一) 层次分析法的基本步骤	(697)
(二) 递阶层次结构的分层	(701)

(三) 判断矩阵的一致性检验	(703)
(四) 相对权重的几种计算方法	(705)
(五) 多个判断矩阵的综合办法	(706)
三、模糊数学方法在综合评价中的应用	(708)
(一) 利用模糊变换进行综合评判	(708)
(二) 利用模糊线性加权变换进行综合评价	(710)
(三) 利用海明距离和相似优先比进行综合评价	(711)
四、灰色系统评价	(712)
(一) 确定评价指标体系(目标集)	(712)
(二) 确定评价的事件集	(713)
(三) 确定决策集	(713)
(四) 确定局势集	(713)
(五) 确定各局势综合评分	(713)
五、利用数量化理论对定性因子的重要性进行评价	(715)
(一) 建立正规方程	(716)
(二) 求正规方程组的解, 得到回归式	(718)
(三) 回归式预报精度检验	(718)
(四) 评价各自变量(项目)的作用	(718)
(五) 定性与定量项目混合的处理办法	(721)
(六) 数量化理论 I 在评价牧草与杂草关系中的应用	(721)
六、专家经验在评价与决策中的利用	(723)
(一) 特尔斐法在评价与决策中的应用	(724)
(二) 利用模糊关系方程反推专家心目中的评价权重	(725)
(三) 利用模糊数学进行人工智能模拟	(727)
(四) 建立专家系统	(728)
参考文献	(751)
名词术语索引	(757)

农业生态系统分析计算机程序目录

程序 3.1	计算日长的程序	(94)
程序 3.2	用欧拉法解例 3.1 的程序	(95)
程序 3.3	梯形法解例 3.1 的程序	(96)
程序 3.4	四阶龙格库塔法解例 3.1 的程序	(97)
程序 3.5	线性多步法解例 3.1 的程序	(98)
程序 3.6	欧拉法解微分方程组初值问题	(99)
程序 3.7	欧拉法解二次微分方程初值问题	(100)
程序 3.8	用 Gause-Seidel 方法解例 3.4 的程序	(101)
程序 3.9	模拟例 3.5 土温变化的程序	(104)
程序 4.1	模拟不同水深下光合作用的程序	(140)
程序 4.2	模拟光合作用随时间和水深变化的程序	(141)
程序 4.3	用拉格朗日插值法求值的程序	(142)
程序 4.4	O'Neill 温度与生化反应速度关系模型	(143)
程序 4.5	温度与生化反应关系的指数模型	(144)
程序 4.6	模拟水池水位变化的程序	(145)
程序 4.7	用分状态法对延迟与分散的模拟	(146)
程序 4.8	预测植物种子萌发的程序	(148)
程序 4.9	模拟红蜘蛛种群变化的模型	(153)
程序 5.1	大麦和燕麦间作的程序	(204)
程序 7.1	计算 Simpson 物种多样性指数的程序	(313)
程序 7.2	计算 Shannon-Wiener 物种多样性指数的程序	(314)
程序 7.3	计算 PIE 物种多样性指数的程序	(315)
程序 7.4	计算 McIntosh 物种多样性指数的程序	(316)
程序 7.5	计算 Peng-Wang 群落均匀度指数的程序	(317)
程序 8.1	鱼塘模型的计算机程序	(389)
程序 8.2	土壤模型的计算机程序	(392)
程序 8.3	树模型的计算机程序	(395)
程序 8.4	污染胁迫环境下树木生长模拟模型的计算机程序	(398)