

浙江省临安县林业局
浙江省经济信息中心
浙江农业大学

编

农林系统结构

优化模型



$$\begin{aligned} \max x &= \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ \text{s.t. } x_1 + x_2 + \dots + x_n &= 1 \\ x_j &\geq 0 \end{aligned}$$



中国林业出版社

农林系统结构优化模型

中国林业出版社

农林系统结构优化模型

浙江省临安县林业局

浙江省经济信息中心 编

浙江农业大学

中国林业出版社

433713

〈京〉新登字 033 号

图书在版编目(CIP)数据

农林系统结构优化模型/浙江省临安县林业局等编
北京:中国林业出版社,1994.10

, ISBN 7-5038-1366-0

- I. 农…
- II. 浙…
- III. 农业科学-系统工程-研究
- IV. S-01

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京广益印刷厂印刷,新华书店北京发行所发行

1994 年 10 月第 1 版 1994 年 10 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 毫米 1/16 7 印张

字数: 165 千字 印数: 2000 册

ISBN 7-5038-1366-0/S·0762

定价: 12.80 元

序

农业系统是全球生态经济系统中的一个子系统,农业的存在与发展关系到人类生产、生存的物质条件和环境状况。农业又是国民经济的一个子系统,是为人类创造物质财富和福利的生产系统。如何运用系统工程的理论和方法,研究农业系统结构和功能及优化中长期规划方案,以达到组织生产规范化、决策科学化、经营合理化,具有重要的现实意义和经济意义。

浙江省临安县有关科技人员与浙江农业大学、浙江省计算中心合作,应用系统思想、系统理论、现代化的数学方法和先进的 IBM-4361 计算机工具,分层次按功能,系统地进行农林结构优化研究,使我们有可能从不同的途径、方位、层次来反映农林业的复杂性、连续性和特殊性,使整体功能最佳,无疑是一项值得推广的成果。农林业是一个复杂的开放的大系统,用一个模型显然是不易说明问题,反映客观事实的,浙江省有关的科技人员从总体性、普遍联系性、全局性出发,研究系统与系统、子系统与子系统、子系统与环境间的规律,用许多模型组成模型群,用群体智慧去寻找农林业的最佳结构和优化组合,以相互补充、相互验证,预测未来,为主管决策部门服务。他们建立了种植业结构优化模型、畜牧业结构优化模型、模糊聚类林业病根诊断模型、多目标交互对策式分析支持系统、林业发展战略目标数学模型、使农林牧业布局最优,森林覆盖率最高,森林蓄积量最大,经济林、竹林、薪炭林的产量、纯收入最多和森林保持水土效益最佳,体现了经济、生态和社会效益的整体功能。在此基础上按林地生产力类型配置林种树种结构,作用材林永续利用龄级结构优化,作农林产品加工利用投入产出优化,这些科学数据运用一般方法是不易获得的。系统仿真(简称 SD)编制了 DYNAMO 语言的原程序,在林业系统工程研究中取得了满意的进展,为制订中长期规划提供各类林地面积、产量、产值、劳力、资金等分年投入产出的数量化滚动式的科学数据。该成果已编入临安县政府“七五”、“八五”计划。种植业和畜牧业优化数据已按预测运行,全县荒山荒地基本绿化,森林覆盖率提高 8.9%,优质高产高效林业初见成效,仅菜笋竹一项每年就增 7000 万元,木、竹采伐良性循环,创汇林业持续发展,经专家鉴定处于国内领先地位,《农林牧副渔生产优化结构研究》获省政府科技进步三等奖,《林业系统结构优化模型研究》获国家级科技成果证书。

农林业的持续发展,要我们更科学更全面更有效地解决生产上出现的复杂问题,而解决这些问题的最好办法是运用系统工程。浙江省的科技界进行的有益探索,已对农林生产做出积极贡献。我们相信,本书的出版将为我国农林界应用系统工程的理论和方法振兴农林业,产生深远影响,为合理经营、科学决策、规范管理提供宝贵经验。值得各级农林管理部门、科研、大中院校、企事业单位、专家学者阅读参考。

中国林业系统工程专业委员会理事长:董智勇

前 言

浙江省临安县位于东经 $118^{\circ}51'$ ~ $119^{\circ}51'$ ，北纬 $29^{\circ}56'$ ~ $30^{\circ}26'$ ，浙西北天目山区，长江三角洲南端，离杭州 53 km。总面积 3126 km²，是一个 9 山 1 田 1 水的山区县。境内设 39 个乡镇，有 50 万人口，由原昌化、於潜、临安 3 县合并而成。在上级党和政府领导下，率先完成县级土地资源调查和综合农业区划，按区划——规划——立地类型——设计施工——检查验收工程项目管理，农林结构调整后，迈出了可喜的一步。

为完善综合农业区划，由浙江省科委下达临安县农林系统工程研究课题。林业是临安县农业的主体，由若干个层次组成，相互促进、相互制约，是一个具有特定功能的系统。为了使这个系统在生态经济社会环境方面都处于最佳状态，我们又单独立题研究。经过收集资料、外业调查、数据整理、模型设计、上机运算、撰写文件，完成了种植业结构优化模型、畜牧业结构优化模型、林业系统结构优化模型群研究，含林业系统病根诊断模型、林业发展战略目标数学模型、交互对策式分析支持系统、林地生产力类型最优匹配林种树种、用材林永续利用龄级结构优化模型、林业系统的动态仿真模型、县级用材系统发展战略模型、用材林生长量预测模型、农林产品加工投入产出优化模型、林业系统优化对策、电子计算机在农林系统工程中的应用等一系列最新成果，经专家鉴定处于国内领先地位。农林牧副渔生产结构优化研究获省政府科技进步三等奖。林业系统结构优化模型研究获国家级科技成果证书。该项研究已在省级以上刊物发表 5 篇，其中县级用材系统发展战略模型一文被 ISAE 国际农业工程学会列为 A 类论文全文录用，译成英文由万国科技出版社在国内外发行。该成果已纳入县政府“七·五”、“八·五”计划。经过几年实施，农林牧副渔生产按模型设计运行良好，开发农业收入翻了一翻，荒山荒地基本绿化，森林覆盖率提高八点九个百分点，生产持续发展。

《农林牧副渔生产结构优化模型》课题由浙江省科委下达，《林业系统结构优化模型研究》由徐荣森高级工程师主持，冯祖安副教授为顾问。《农林系统结构优化模型》一书由徐荣森编著，陈秉钧、王胜令、刘宇、李宝牛、洪航勇、俞锦章、孙信根、阮水莲、郑柏松、汪祖潭、蒋忠根、朱霞生、唐田法、唐明荣、黄樟兴、俞雪葵、徐卫南、郑晓林、程益鹏、柴世明、洪兆龙、童志玉、戴爱君、汪林友、葛文宁、张国金、章江龙、范家栋、冯小青、谢华等参编。经浙江省林业厅厅长高级工程师范福生、教授级高工姚继衡、浙江林学院教授田荆祥、郭仁鑑、吴静和、黎章矩、中南林学院教授徐国楨、林业部教授级高级工程师张华龄、林进、周昌祥及俞益武、尉进、刘樟荣、任斐、傅惠昌、卢秀姣、王安国、贾全良、周光才、余华法、王尧明、钱尧林、葛华平等专家审稿，深表感谢。

由于我们水平有限，不足之处恳请读者指教。

浙江省临安县人民政府副县长：郑柏松

浙江省临安县林业局局长：朱霞生

目 录

序

前言

1. 农林系统与系统工程	(1)
2. 种植业结构优化模型	(4)
3. 畜牧业结构优化模型研究	(7)
4. 林业系统结构优化模型群研究	(14)
5. 林业系统诊断模型	(20)
6. 林业发展战略多目标数学模型研究	(26)
7. 交互对策式分析支持系统	(32)
8. 林地生产力类型与林种树种最优匹配研究	(39)
9. 用材林永续利用龄级结构优化模型研究	(46)
10. 林业系统的动态仿真模型	(51)
11. 县级用材系统发展战略模型	(59)
12. 临安县用材林生长量预测模型	(62)
13. 农林产品加工投入产出优化模型	(64)
14. 林业系统结构的优化对策	(71)
15. 电子计算机在农林系统工程中的应用	(75)
16. 线性规划在林业上的应用	(77)
17. 优化模型在绿化造林中的应用	(80)
18. 临安县林地生产力类型调查技术	(84)
附录: 计算机语言程序 1~2	(92)
Summary(1~18)	(97)
主要参考文献	(104)

1. 农林系统与系统工程

提要 本文论述了系统概念的发展。系统工程是一门新兴的学科,借助一大门类工程技术专门研究各种大系统规律的学科,融社会、自然、思维和工程技术为一体,具有普遍的意义。农林业是一个开放的复杂的大系统,提出用整体的、综合的、动态的、永续利用、持续发展的观念研究农林业,使农林系统结构优化,功能最佳。

关键词 系统观念 农林业 整体功能 综合的 知识密集型结构优化

当代科学技术发展很快,向着宏观和微观两极方向迅猛展开。研究范围和规模不断扩大,复杂程度与日俱增。如果孤立、割裂、静止地去研究农林业生产,就达不到整体的综合的认识和改革林业的目的。任何事物的物质、能量、信息都随时间和空间指数呈函数飞速地增长。空间的狭窄、时间的缩短,领导者往往想不过来,因而人类正面临着技术设计、组织管理现代化的挑战。本文就系统概念的发展;农林业是一个系统;用系统观念研究农林业;创造知识密集型的农林业产业作探讨。

1.1 系统概念的发展

近年来系统工程这类名词,不仅在工程界而且在社会的各个部门都经常使用。系统的概念来源于社会实践,认识逐步在深化。我国最早成书《易经》中的八卦提出:天、地、雷、火、风、泽、水、山是世界上产生其他东西的总根源。春秋战国老子用有与无、始与末、一与二、阴与阳对立统一的关系,说明事物之间的相互联系和相互制约。《黄帝内经》用天人相应的原则,把人的生理现象与自然现象结合起来医疗疾病,这些都是医学上运用系统观点和系统方法的雏形。

近代科学的兴起,把天文学、数学、物理学、化学、生物学等科目从混为一体中分离出来,给系统科学的发展奠定了基础。德国康德指出:“知识是相互关系、相互联系的整体”。黑格尔说:“真理只有作为系统才是现实的”。马克思、恩格斯认为世界不是一成不变的事物的集合体,而是过程的集合体,宇宙是各种物体相互联系的总体。一切事物的过程以至整个世界都是由无数相互联系、相互依赖、相互制约、相互作用的事物和过程所形成的统一整体。现代的系统概念,可分为一般系统和开放系统,一般系统的定义是:相互作用的诸要素的复合体。开放系统的定义为:处于相互作用中并与环境发生关系的各要素的集合。系统最基本的特征是系统的整体性、大型性、普遍联系性、风险性、模糊性、复杂性。凡系统都有结构与功能。系统工程是1960年以后才出现的一门自然、社会、思维和工程技术相结合的新兴学科。阿波罗飞船登月计划的成功,被认为是美国在运用系统思想、系统工程方面的重要成就。系统工程人员具有在学术界所谓完全不同专业的人中创造和谐的集体的能力。据此说明系统科学是研究复杂大系统的规律性的科学。系统科学指导下的工程实践就是系统工程。

1.2 农林是一个系统

农林业是对土地及其伴生资源经营利用的研究与实践。它是由一系列相互关系、相互影响的有关人力、资源、目标、观念以及过程所联系着的整体。从经济领域看,林业属于

整个国民经济的大系统之中，和国民经济许多部门有着密切的联系。农林资源正以多种形式、多种途径，通过时间和空间的转移联系着人类的各种资源和国民经济各方面，例如人类的生存、环境保护、国土改造、国防建设、工农业生产、风景旅游、文化艺术、社会就业等的活动。显然农林业是有一定的层次结构和功能的，由许多基本单元组成的一个完整的复杂的大系统。农林资源是一种再生资源，它能利用太阳光的能量，通过生物的转化，生产人们需要的食品、木材、副产品、能源和加工利用。同时它又属于人类社会——生物——环境系统的一个组成部分，森林又以它的各种有利特性，例如防风固沙、水土保持、涵养水源、改善气候、风景游览等，创造出一个适合人类生产、生活与发展良好的生态环境，所以农林系统又是全球生态系统的一个子系统。把这两者相互结合起来，这正是林业工作者所致力目标。因此把农林业作为一个独立的系统，作为一个国民经济大系统中的一个子系统，作为全球自然生态系统中的一个子系统来研究是十分必要、十分有用的。随着科学技术的发展，社会生产力的提高，人类对农林产品的需要和依赖是愈来愈密切，而人类的经济活动对农林的干预和破坏也越来越厉害，因而农林的存在与发展直接关系到人类生产、生活的物质条件和生存发展的环境条件。我们要“既见森林、又见树木”、“既见树木、又见生态”。农林业是一种多资源的生物基因库，森林是一种由各要素排列和组合而形成的多层次有秩序多功能结构的复杂的大系统，它又是一种受环境影响大，空间范围广，生产周期长的一个开放的大系统。在这个系统内外存在着大量物质、能量和信息的流动。其决定农林生产状况的主要因素是：时间、空间、结构和过程。其经营的目的是多目标、多价值的，它是许多经营措施所构成的技术——经济体系。可见，农林系统的整体功能是从环境中输入物质、能量信息和环境输出物质、能量、信息转化的能力。而农林系统的具体功能和作用又取决于它所处的环境的各种关系。因此农林系统工程要从总体性、普遍联系性、全局性、高瞻远瞩地研究其系统与子系统、子系统与子系统、系统与环境间的相互规律。这也是研究农林大系统内部、外部错综复杂关系的“关系学”。

1.3 用系统观念研究农林业

农林系统工程就是运用系统理论、系统方法研究其复杂的结构，基本单元的组建、改造与管理。建立农林生产最佳的时间和空间秩序，寻找最佳的农林业发展可行性方案和综合效益。

系统的开发关系到系统所创造的价值，也关系到系统的结构和组成。因此要用系统观念去研究农林业，这些观点包括：

1. 整体观点 整体性观念是处理系统中各单元间关系的原则，1加1不等于2，应大于2，即整体大于部分之和。局部尽管有局部的作用，但是必须围绕服从整体效益最优来活动。那种“只见田土，不见山林，只见木材、不见生态，只见树木、不见森林”的思想方法是片面的。毁林种粮在甲地发生，良田变溪滩则在乙地产生恶果。森林在A时间破坏，在B时间惩罚。如无整体观点，这就是因、果在时间上延迟、空间上分离产生的结果。因而它又是各学科间“横向联系”的科学，是研究共同规律的学科。

2. 价值观点 工程最本质的意义在于有效地利用资源。任何一项工程都要以现实社会为背景给予恰如其分的评价。作为农林系统工程，就不能只是直接效益和单一效益。当今世界上许多问题发生都是直接对其重要性，缺乏认识有关。农林开发性生产，如果把价值观念搞错了，必然导致整体、全局、战略上的损失。因而即不会治山治水兴农，就不会治

国治家。

3. 综合的观点 系统目标要从系统的结构和工程开发的整体价值的相互联系上去研究。农林业带有强烈的综合性,不能局限于一业,而应该研究复合经营的价值,那种“单打一、一刀切、一个模式”,都不符合综合的观念。这是违背自然规律和经济规律的。所以我们要有大农业的观点、广义的观点,用许多模型组成模型群,用群体智慧,去寻找最佳农林系统结构和最佳的组合方案。

4. 持续发展的观念 农林业一种再生资源,按自然和经济规律经营,可以越种越多,越收越好,永续利用,持续发展,经济、社会、生态效益兼有,整体效益大于单元效益。如果对它索取量超过其再生速度,资源就会有枯竭的危险。人们必须重视经济利益与生态环境及自然资源基础之间的关系,切不可为了眼前的经济利益而损害后代人的利益。人们应当创建一个经济、资源和生态协调发展的农业,这就是持续发展的农林业。只要我們注意到系统各个部分的相互制约、相互促进的关系,万一系统内某个部分的功能发生故障时,就应当通过人为的调节,协同系统科学、专业学科和辩证法去改造客观的复杂的大系统,使其迅速恢复正常运转,发挥威力。

5. 动态的观念 任何系统都具有动态性。系统的动态是一种非可逆的长、消、驻过程,它是要素与要素间、要素与环境制约斗争的结果。进行系统动态研究,可以使我们更加深刻认识农林系统的整体性、复杂性、消长性、动态性。它可以用来分析现行系统和预测未来系统,供领导做出正确的决策。

总之,对农林系统的研究,应当从农林整体出发,使结构优化,以最少的投入,获得最佳的效益,并达到持续发展。

1.4 创建知识密集型的农林产业

我国系统工程的元老——钱学森预测在 21 世纪我国将出现又一次产业革命,即创立农业型知识密集产业包括农、林、草、海和沙业。我国农田 16 亿亩、林地 45 亿余亩,草原 43 亿亩,浅海滩涂 22 亿亩,还有沙漠 16 亿亩。现在林业落后于农业,尚在探索最适当的生产关系,林业的生产关系和生产体制解决之后,就要解决系统内的生产结构和生产技术,优化系统功能。太阳是一个强大的能源,在我国每亩土地上每年接受的太阳光能量相当于 114—190 t 标准煤,这些能源被植物利用转化为生物能的比例不到 1%,要提高系统综合效益,除按常规研究尽量多地利用太阳能转化为生物能之外,还在于如何充分利用植物光合作用的产品,尽量插入中间环节,利用中间环节的有用产品,例如桔杆、树叶、枝桠、杂草,通过培养单细胞微生物加工配合饲料养畜牧,畜粪种蘑菇、养蚯蚓、养鱼或生产沼气,多次循环利用,一方面充分利用生物资源,另一方面又利用工业生产技术,工厂化生产,农林产业化工,农林产业工业,一道道工序配合得很紧密,用系统论、控制论、信息论自动化生产,这就是农业型知识密集的农林业。在农林科学研究中要对农林资源全面调查研究,做定性定量分析,引进生物工程技术 and 生物化工技术搞生物工厂,生产农林产品。一旦系统工程用于知识密集型的农林业它就能大显身手,不但在系统的组织上而且在日常的生产调度上都会显示出其巨大的威力。显然系统工程是创建知识密集型农林产业的重要内容和组成部分。这是一个值得所有农林工作者深入钻研的高新技术问题。又一次产业革命,将在 21 世纪来临。

2. 种植业结构优化模型

提要 近年由于党的富民政策,农村经济发展较快,但也有些问题。种植业要有宏观调控决策科学。本模型主要是优化种植业结构。模型按4个地理区、分水田、旱地、园地和县内36种作物182个变量。目标函数为净产值最大,各类作物、土地面积和作物需求受能源、劳力约束。技术系数主要来自历史资料80年代抽样调查。数学模型经浙江省计算中心,IBM-4361计算机运算,得出3个年度12个方案的总产值、净产值和纯收入最优解。

关键词 种植业 作物布局 模型结构 技术系数 目标方程 效益分析

临安县位于浙江省西北部,地处亚热带季风气候区,是山区县。县内群山林立,农作物品种繁多,是天然的综合性农业区域,是研究农业结构的理想境地。为此,与浙江农业大学、浙江省计划经济委员会经济信息中心协作,由临安县农业局承担建模。完成模拟模型,抽样调查,确定技术系数,建立实际模型,上机调试,并邀请省内有关专家和全县农艺师30余人,对方案作了技术论证。与会专家一致认为模型优化方案切实可行,为临安县人民政府采纳应用。现将研究情况和结果报告如下:

2.1 建模目的

近年来,由于认真贯彻党的富民政策,农村粮食连年丰收,经济收入不断增加,整个农村经济发展较快。但在调整农村产业结构过程中,也出现了一些值得注意的新情况和新问题,如重钱轻粮的片面性,发展某些经济作物一轰而起又一风吹的不稳定性,有损资源顾此失彼的盲目性等,都有待正确引导。摆在我们面前的任务,就在于从错综复杂,千变万化的市场经济中,揭示规律,研究决策,卓有成效地进行宏观调节,促进临安农业向整体化、模型化、定量化、开放性的生态农业发展。

一个县的农业要有大的发展要有决策科学,对农业结构不仅要定性分析,还要定量分析,为领导者提供宏观决策的依据,这就是我们的目的。本模型主要用于优化种植业结构。

2.2 临安县种植业的条件和特点

临安县幅员3126.8 km²,水田27.98万亩,旱地7.96万亩,用于茶、桑、果和竹笋等生产为主的园地23.07万亩,人均耕地不到7分(7/10亩),是“九山一田,人多地少”的山区县。常年平均无霜期234天,年平均气温15.9℃,年降水量1575 mm,日照1934小时,辐射量109.8 kcal/cm²。土壤有12个亚类34个土属85个土种,这些为发展种植业提供了多样化的条件。其特点:一是地形复杂适宜多种作物生长,如县内主要大山天目山,素有“天然植物园”之称,有种子植物2200多种;二是耕作制度复杂,间作、套种、连栽多种耕作制度;三是土薄田瘠,自然灾害多,生产不够稳定;四是长期以来种粮为主,商品率低。

2.3 模型内容

调整种植业结构旨在增强系统功能,提高社会、经济和生态效益,以达到全局最优为目标。为此建模时我们遵循当地的自然规律和经济规律为准绳,满足社会需求为前提,因地制宜为原则。在具体安排时,农作物要合理搭配,科学布局,尽量降低成本,使农民增

产增收；要有从长计议的战略目光，不仅要当年增加收益，还要有利改良土壤等，为今后农业的发展，创造良好的生态条件，调整结构要分步走，先把拖腿田、低产地调整，水田多年生作物不宜上。根据以上指导原则，本模型设计包括模型结构、目标方程、变量设置、约束条件、技术系数 5 个方面内容。

1. 模型结构 针对临安种植业地区差别大，水田、旱地、园地作物界限明显的特点，模型设计采用水田、旱地、园地分开的模块结构，各种植区彼此独立又有机联系，组成一个完整的种植业系统。

模型的横向，根据各地不同的自然、社会、经济和技术条件，遵循历史的自然行政区划，把全县 50 个乡镇划分为 4 大耕作区即：I 玲珑区、II 于潜区、III 昌化区、IV 昌北区。

模型的纵向，是按全县 36 种大宗作物和专用秧田，在不同耕作条件下进行合理搭配种植的组合方式，通过模拟选优确定 56 种组合。纵横交叉组成模型的系统结构。

2. 目标方程 我们通过模拟选优确定采用净产值最大为目标函数（净产值 = 总产值 - 物质费用成本）。目标方程为：

$$\max f = \sum_{i=1}^{182} \sum_{j=1}^4 C_{i,j} X_{i,j}$$

3. 变量设置 变量是建模工程的行动过程和归宿。它既体现了生产的现实分布，又反映了优化布局，预示将来。为调整选优打开通道，共设置 182 个变量，其中 77~80、119~122、117~180 这 12 个变量称作开拓变量，即没有作物组合的具体内容，它可以根据模型提供的信息来进行定向调整，增强了模型的灵活性、科学性。

4. 约束条件 约束条件是我们进行宏观控制的分类目标。它的建立是否符合生产实际和数学逻辑，直接关系到模型的成败。约束条件它既是联系模型中各变量的网络，也是沟通人与电脑之间的桥梁。在模型中我们根据粮食需求为主体，经济效益为核心，市场信息为参考，进行综合研究，具体约束。共设置了有关土地面积、粮、油、肥、菜、饲料，以及各种作物等 250 个约束方程。其中属于土地资源项目有 12 个（1~12）；属于粮食需求约束的 57 个（13~69）；属于耕地内经济作物面积约束的 56 个（7~125）；属于园地内各类作物面积约束的 97 个（152~247、250）；属于劳动力约束一个（248）；属于能源约束的一个（249）。为便于了解，兹列代表性的通式如下：

(1) 各区土地资源约束： $\sum_{n \in i} X_{i,j} \leq S_j$ (n 为变量序号 1~182)。

(2) 各种粮食作物需求约束： $\sum_{n \in i} X_{a,i,j} X_{i,j} \geq Q_i$

(3) 其它各类作物面积约束： $\sum_{n \in i} X_{i,j} \leq S'_j$ ($n=8 \sim 36$)

(4) 劳动力约束： $\sum_{n \in j} P_{1,i,j} X_{i,j} \leq L$ ($n=1 \sim 61$)

(5) 能源约束： $\sum_{n \in i} P_{2,i,j} X_{i,j} \leq M$ ($n=123 \sim 170, 181 \sim 182$)

5. 技术系数 技术系数是模型精确性和可行性的重要依据。在模型中至关重要的亩产值系数和粮食的单位面积产量系数，来自抽样调查，和按历年国民统计资料进行预测后

435718

取得的。对亩产值效益系数，县农业局组织县、区、乡业务干部 97 人抽样调查，取得 17000 多个样本素材，按地区差别，经分类处理后，分区按作物组合方式组装成亩产值效益系数。为使材料有可比性，对农产品价格和劳动价值先作了统一规定：即粮食价格采用 1985 年倒三七的比例价；经济作物产品一律按市场销售价。粮食作物亩产预测全部用国民经济统计资料，由省计算中心，用 ARIMA 模型进行预测，并把预试结果与 1985 年的实际数进行核对，相对误差 1%~2% 左右。当然农作物产量制约因素很多，它不可能是历史的简单重现，仅作参考。

2.4 上机结果分析

本模型由浙江省经济信息中心 IBM-4361 计算机求解，先后计算了总产值、净产值、纯收入 1986、1987、1990 三个年度 12 个方案，经比较确定用净产值方案。

1. 结构分析 在 1987 年度种植业结构优化方案中，实际投放耕地资源 35.94 万亩，其中水田 27.98 万亩、旱地 7.9 万亩，根据上机结果汇总作物分布情况，结构成分分析，临安种植业总的耕地复种指数安排在 210.36%，是符合临安县三熟不足两熟有余的热量条件的自然规律的，其中耕地粮食作物复种指数达 173.07%，是突出了临安县耕地种植业的主体，有利保障粮食的基本需求；同时在水田播种面积中，安排 3.78% 的经济作物，3.07% 的油料作物，11.66% 的豆科绿肥作物，1.05% 的牲畜青饲料等，这对发展畜牧生产、培养地力、增加经济收入、改善人民生活、保护生态等方面都是有利的，是符合当前农村夺取粮钱双丰收的经济发展要求的。

2. 效益分析 通过模型优化提供的方案，生产粮食 1.9660 亿 kg，将比上年的 1.9434 亿 kg 增长 1.19%；净产值最大经济目标达 1.368 亿元，比上年的 1.272 亿元增长 7.54% 在确保粮食的前提下，通过种植结构的优化调整以上数据表明无论社会效益、经济效果都比较好。

3. 影子价格分析 影子价格通常指每增加一个单位的约束分量对系统目标产生的影响。从约束条件 B 项的影子价格提供的信息分析表明：

(1) 在临安种植业系统中土地资源每增减 1 亩，将影响系统目标升降 121~141 元，从玲珑到昌北依次升高。必须切实保护土地。

(2) 粮食是临安种植业系统功能的最大限制因素，在影子价格中所有的粮食种植项目均为 0 到负值，即不同地区多种 1 亩粮食会使系统目标降 1.6~237 元。但就粮食产量而言，凡多生产 50 kg 粮食则能使系统目标增值 5.4~53 元，这里预示临安发展粮食生产，提高单产是正确途径。如在水田中多种 1 亩苎麻将使系统目标增值 1323.2 元，在旱地上多种 1 亩竹笋将使系统目标增值 647~1137 元，但粮食是人们赖以生存的条件，是保障各项事业的基础，为此，必须加强宏观指导，积极扶持粮食生产。

(3) 在园地的生产中，论影子价格是竹笋、果树最高，竹笋是 1134、葡萄是 1149。可实际种植比重茶叶 69.38%、蚕 11.65%、果树 0.03%、竹笋 15.68%，显然不够合理，亟待调整。其次茶叶生产内部结构也不够理想，如在玲珑地区茶叶的影子价格，平地密植茶是 500，而平地条栽茶仅 241，效益相差 1 倍多。从上述信息表明，改造低产茶是提高临安种植业系统功能的巨大潜力，合理开发低丘缓坡，积极发展竹笋，努力改造低产茶园，适当安排水果和高山蔬菜等，是调整临安种植业结构的主攻方向。

2.5 问题讨论

采用农业系统工程优化种植业结构,在实际工作中遇到了几个问题提出讨论。

1. 模型名称 本模型采用最优化技术的线性规划数学模型。农业是露天工厂,因地而异,因时而变。它不同于工业生产上的最优化方案是唯一的解。在农业上最优方案往往难于实现。如粮食与经济作物之争,论经济效益以少种粮为好,而讲社会效益则非种粮不可。基于上述原因,通过模型优化的方案仅是相对的最佳方案。对模型名称还是称“结构优化”较妥。

2. 目标函数值 衡量经济效果,可以用总产值、净产值和纯收入来反映。为更好地提供多方案选择的基础,我们认为确定目标函数值应该用三套方案同时上机。如本模型优化的结果,临安县1990年种植业总产值2.476亿元、净产值2.009亿元、纯收入1.42亿元,现已提前实现。

3. 土地资源的投放 土地资源是种植业结构的基础。根据临安现状有4种情况:以区划面积为最大,土壤普查面积则其次,国民经济统计面积最小,农民承包面积最实。这里面有合理的不合法,合法的不切实,而最实际的却不能应用。这是普遍性的问题。本模型采用国民经济统计面积,是历史资料的沿用和衔接,以及尊重当地习惯考虑。

4. 技术系数的确定 技术系数受农产品的产量、产值、成本的影响很大。目前价格体制正在改革,变动较大,有牌价、议价、市价和自身消费等种类很多,这是确定技术系数的难题。本模型采用抽样调查与专家分析相结合的办法,先作比较细的小样调查,取得第一手材料、汇总分析后,分地区、分作物、分门别类列出调查项目的各查数据,再组织专业队伍进行大样本调查,汇总分析确定各项效益系数,应该说材料是可信的。但也曾碰到某些实际问题。如何迅速有效地确定技术系数,值得探讨。

5. 应用问题 任何一项科研成果的应用,一般取决于它本身的生命力和人们对它的洞察力。系统工程应用于农业是一门新兴学科,要推广应用,应有当地的工作班子,包括模型设计、上机调试、方案的选择与实施等运用自如,这无疑将迅速转化为生产力。但涉及二个问题,一是领导重视,二是培养人才,这对推广系统工程十分重要。

3. 畜牧业结构优化模型研究

提要 本文分析了临安县畜牧业的历史、现状、特点及问题。根据系统工程的原理,设计符号模型,数学模型,调查各项技术参数确定目标函数和约束方程。经过大型计算机运算,得出畜牧业优化结构和总产值、净收入、纯收入优化方案,并作灵敏度和影子价格分析。经过几年努力,取得明显的经济、生态和社会效益。

关键词 畜牧业 畜禽结构 畜禽存养量 饲养量 数学模型 灵敏度 影子价格

为了探求畜群结构的最佳方案,于1985年3月着手制订工作方案,组织力量,进行广泛调查研究,确立技术系数,初建《临安县1990年畜牧业结构优化模型》,经IBM-4361计算机多次调试成功,经省内有关专家和领导论证,通过省级鉴定,得到与会专家好评,现将以下几个方面作一简述。

3.1 畜牧业的历史、现状及特点

50~70年代该县畜牧业生产取得了较快的发展。建立和健全了畜禽良种繁育和兽医防疫两大体系,建立了商品猪、黄牛、奶牛、长毛兔等生产基地,不断提高畜牧业的商品率,为畜牧业的全面发展奠定了良好的基础。

1. 从畜牧业发展历史来看,是既不稳定又潜力很大。主要原因是:畜禽良种覆盖面不广,饲料有啥吃啥,饲养方法原始简陋,其次是价格政策不合理,主要是粮畜比价不合理,再次是牧业内部结构不合理。党的十一届三中全会以来,由于拨乱反正,党的各项农村政策深入人心,给畜牧业生产带来了生机。

2. 从现状特点看:生猪饲养量近年来一直在42~45万头左右,年出栏19~22万头。所不同的是出栏率提高了,出栏率从1978年的77.27%,提高到85.01%。年出栏肉猪15头以上约有300多户,出栏50头以上的养猪大户48户,共出栏肉猪5331头,这就为临安县专业化、商品化、科学化养猪指明方向。

牛、羊生产,近年相继有所下降,1985年分别要比历史最高年下降50.85%和66.59%。

奶牛近年迅猛发展。年底存栏由1980年的78头增加到1985年底的836头,奶产量由1980年的43.7t增加到1985年的2307.5t,1986年底存栏975头,比1985年增长16.62%。

长毛兔1984年初回升很快,1985年底存栏7.3万只,比上年翻了一番多,年产兔毛18t,但因受国内外市场影响,兔毛价格一跌再跌,又一次挫伤农民养兔积极性,长毛兔存栏数直线下降。

家禽生产,近2年发展较稳定,年饲养量在120~150万羽左右,随着人民生活水平提高,鸡、鸭、鹅生产趋向稳定发展,当前提供的肉鸡、肉鸭和商品蛋主要以养禽专业户为主。

畜产品加工业比较薄弱。现有除3个厂利用炼乳外,畜禽产品加工企业几乎没有,淡旺季供需矛盾比较突出,影响着畜牧业的发展。

3.2 建立畜群结构优化模型的理由

畜群是人类与自然界进行物质交换的重要对象,畜禽能把人类不能直接利用的牧草作物秸秆、枝叶和糠麸等转化成肉、奶、蛋、皮、毛等畜产品,为人民生活生产所必需。随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,食物构成发生变化,人的口粮消费逐步下降,而对畜产品(肉禽乳蛋)的需求量则日益增多。目前畜群结构与人们生活需求和自然资源的合理利用均有矛盾。因此,建立一个比较合理的畜群结构,以充分利用现有的自然资源,加快畜牧业的发展,提高畜牧业的经济效益、社会效益和生态效益都有着十分重要的意义。

畜牧业是整个大农业系统中的子系统,而且是一个复杂的子系统,它与种植业林业关系密切,畜牧业与加工业关系也非常密切,畜牧业为加工业提供大量的原料,促进轻工业和乡镇企业发展,它们之间互相依存、互相促进,加快农林牧业的全面发展,既可繁荣市场,又可进行外贸出口争取外汇,为现代化建设提供资金,并能解决农村剩余劳力的出路等。可见畜牧业在社会大系统中的地位、与各子系统有着密切的关系。同时畜牧业内部结构比例也较复杂。因此,畜群优化结构的建立,就是在于通过研究这个错综复杂的系统,揭示规律,研究对策,对临安的畜牧业进行宏观调节和微观指导,使之与种植业、林业加工业的关系及其内部的结构更为协调,逐步向多层次、多产业的立体畜牧业发展,并

用系统的观点来指导农业、牧业、林业，振兴农村商品经济。

3.3 模型设计

1. 确定原则和目标 本模型的设计是按照系统工程的原则，从现阶段的实际情况出发，进行畜群结构调整，并应遵循以下原则：

一是畜牧业经济是商品性经济，价值规律起着举足轻重的作用，它的发展必须服从于社会总需求，符合自然规律和经济规律。

二是在思想方法上要着眼于系统的整体性，关联性和系统内、外部物质能量信息的相互交换、流通和影响。

三是为科学地指导畜牧生产，减少盲目性，推动畜牧业生产发展，既要发挥畜群自身的经济效益，又要满足社会的总需求。

2. 建立符号模型 畜群结构调整的目的是在一定的条件下寻求一个合理的、经济效益最大的畜群结构，为使所建模型具有实用性和系统性，分3部分说明。

(1) 变量设置 畜牧业的结构体现在各畜禽种类的存养量上。为此在本模型中将各畜禽的存养量作为待定变量。经过分析筛选，拟定下列24个种类为规划的变量（表3-1）。

表 3-1 规 划 变 量

畜 禽 种 类	规 划 变 量	畜 禽 种 类	规 划 变 量
畜 (禽) 名	(X_i)	畜 (禽) 名	(X_i)
出栏肉猪	X_1	蛋鸡	X_{13}
存栏肉猪	X_2	种蛋鸡	X_{14}
母猪	X_3	肉鸭	X_{15}
种公猪	X_4	种肉鸭	X_{16}
水牛	X_5	蛋鸭	X_{17}
奶牛	X_6	种蛋鸭	X_{18}
出栏黄牛	X_7	鹅	X_{19}
存栏黄牛	X_8	种鹅	X_{20}
出栏山羊	X_9	长毛兔	X_{21}
存栏山羊	X_{10}	种毛兔	X_{22}
肉鸡	X_{11}	肉兔	X_{23}
种肉鸡	X_{12}	种肉兔	X_{24}

(2) 目标函数的确定 本模型的目标选择按照国民经济发展的总目标，设计中把满足社会需求目标转化为约束条件，以经济效益最大作为目标函数。并选择了总产值、净收入、纯收入3种因子来衡量经济效益。

目标函数方程为：

$$\max s = \sum_{i=1}^{24} C_i X_i$$

式中 s ：规划年度末年的经济效益（总产值、净收入、纯收入）；

i ：畜禽种类（ $i=1, 2, \dots, 24$ ）；

C_i ：为 i 种畜禽的效益系数；

X_i ：为 i 种畜禽的年存养量。

(3) 约束条件的设立 畜群结构的最优标准是在一定条件下使畜群的经济效益达到最大。

本模型的约束条件通式方程：

① 饲养量的约束：

$$\sum_{i=1}^m X_i \wedge R_i$$

② 出存栏关系：

$$nX_i - (n-1)X_{i+1} \cdot d_i = d_i \cdot e_{i+1}$$

③ 饲料约束：

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot X_i \leq M_j$$

④ 产粪量的约束：

$$\sum_{i=1}^{24} b_i X_i \geq N$$

⑤ 公母畜比例及各畜种间的比例约束：

$$X_i - K_{i,i+1} \cdot X_{i+1} = 0$$

⑥ 投资约束：

$$\sum_{i=1}^{24} h_i X_i \leq Q$$

⑦ 变量的非负约束：

$$X_i \geq 0$$

以上各式中：

R_i ：表示社会对各种畜禽的需求量；

d_i ：表示 i 种畜禽的出栏率；

e_{i+1} ：表示 i 种畜禽在规划年度初的存栏数；

a_{ij} ：表示 i 种畜禽对 j 种饲料的消耗量；

M_j ：表示能够提供 j 种饲料的最大量；

j ：1、2、3、4、5 分别表示精料、副料、多汁青料、青草、青干草；

b_i ：表示 i 种畜禽的年产粪量；

N ：种植业及其它用途对畜（禽）粪的需求量；

$K_{i,i+1}$ ：表示 i 种畜禽的公母畜或畜（禽）种类间的比例系数；

h_i ：表示单位畜禽所需的资金；

Q ：表示能够提供的资金投入量。

数据来源及确定：前面设计的线性规划模型为一般式，其系数均用符号代替，称“符号模型”。确定符号的具体数据，成为有数字的数学模型，然后通过上机求解，就能求出最优的畜禽结构。

畜群结构数学模型所需的数据主要分输入、产出和约束 3 部分。

为了使以上的数据选择建立在科学的基础上，采用：① 有关部门历年来的统计资料；

② 1985 年抽样调查的大量数据; ③ 畜牧区划提供的数据; ④ 专业技术人员的实践经验总结; ⑤ 科技资料的理论数据。

3. 变量系数的确定

变量系数的数据来源是:

- (1) 各种产品原料的价格均为 1985 年度调查农户的实际买卖价格, 即市场价格。
- (2) 各变量所需饲料的饲用数量是根据实际调查进行加权平均而得。
- (3) 畜(禽)病防治费、配种费、阉割费按畜牧部门收费标准, 燃料费根据实际调查确定, 设备费按使用年限损耗折旧确定。
- (4) 劳动力费用一般依据半劳动力的工价, 根据所用的劳动时间而定。
- (5) 老畜残值。将淘汰畜应有的价值依据成活年龄求得 1 年的老畜残值作为产出部分收入。

(6) 仔畜收入。主要是针对种畜禽, 根据调查户在 1985 年的实际出售仔畜(禽)收入。

(7) 产肉、奶、蛋、皮、毛量均由实际调查确定。

(8) 各畜禽排粪量的确定, 采用了“理论排粪量×利用率”而求得。

(9) 出栏率的计算。出栏率 = $\frac{\text{规划年度末年的出栏数}}{\text{规划年度末年年初的存栏数} - \text{种畜(禽)数}}$

4. 约束条件常数项的确定

(1) 畜禽存养量的确定 各畜禽存养量是根据全县的畜牧业发展史、现状、资源及市场需求预测分析, 参照“七五”期末对肉禽蛋乳的人均占有规划要求而定出本模型约束条件的上、下限。详见表 3-2。

表 3-2 畜禽存养量常数项上下限数据

单位: 万头(只)

畜别 项目	生 猪	水 牛	奶 牛	黄 牛	山 羊	肉 鸡	蛋 鸡	肉 鸭	蛋鸭	肉 鹅	长毛兔	肉兔
下 限	45	0.77	0.15	0.83	2.25	95	33	40.0	17	15	18	2
上 限	50	0.90	0.20		4.00	104.6	40	51.5	27	20	25	4

(2) 各畜禽的比例 见表 3-3。

表 3-3 畜禽种类比例

母猪:肉猪=1.05:18	种肉鸡:肉鸡=1:60.11	种肉鸭:肉鸭=1:64.49	种毛兔:长毛兔=1:15
公猪:母猪=1:150	种蛋鸡:蛋鸡=1:17.34	种蛋鸭:蛋鸭=1:45.14	种肉兔:肉兔=1:15
种鹅:肉鹅=1:24.57			

(3) 饲料数量的确定 是根据畜牧区划饲料资源调查所提供的数据和畜禽年耗料量的多少而确定。临安县可提供副料 67590 t, 多汁青料 283000 t、青草 300245 t、青干草 65000 t、精料需 50000 t 左右。

临安县精饲料较为紧缺, 要提供 50000 t 精饲料是否有可能; 全县 1985 年有(全县粮食总产量 $195000 \text{ t} \times 20.71\% = 40384.5 \text{ t}$) 粮可用于饲料, 还有 9615.5 t, 可从 17023.5 t 余