

农业系统工程译文集

(一)

柳克令 主编

北京农业机械化学院编印

一九八三年九月

农业系统工程译文集

(一)

柳克令主编

前 言

系统工程是一门新兴的学科，是一种定量处理系统内外复杂联系，并寻求最优方案的工程技术。

第二次世界大战以后，国外应用系统工程的理论和方法解决军事、工业、商业、交通运输、企业管理、农业等部门中的重大方针政策问题或具体技术问题，都已取得极好的效果。国内各有关单位近几年来也开展了这方面的理论研究和应用研究，在某些方面也已取得了初步的成效。

为便于有关同志了解国外系统工程在农业上应用的成就，我院系统工程教研室编辑了这本《农业系统工程译文集（一）》，并且准备每年编印一集。

本集共选登了八篇文章，包括农业、粮食、畜牧、果园等各方面的研究成果和模型。选题时着重考虑的是既照顾到农业生产不同的领域，也照顾到处理问题时所采用的不同的方法和不同类型的模型。

本集由柳克令教授任主编，翻译工作主要由本院系统工程教研室教师和研究生担任，也有外单位的同志供稿（在译者姓名之前注明单位名称），最后均由主编审校定稿。为了节省篇幅，对一些论文采取摘译和编译方式，原文中的参考文献部分则均删去。

敬请读者对本集的选题、内容和译校质量等各方面提出批评与要求，以便在下一集中加以改正和考虑。

编者

一九八三年四月

目 录

通用畜牧生产系统设计和模型	Pingsun Leung (1)
果园管理的模拟模型	J. Davis and G.F.Thiele (23)
泰国农业发展规划	K.J. Nicol, S.Sriplung and E.O.Heady (35)
美国农业地区平衡分析	H.H. Hall, E.O.Heady, A.Stoecker and V.A.Sposito (68)
发展中国家线性目标规划模型 (埃及农业应用实例)	M.S.Bazama and A. Bouzaher (80)
甘薯生产系统的特性和最优化	W.E. Steinke (92)
系统分析在对付粮食危机中的作用	Thomas J. Manetsch (105)
数学模型在农业生产和科学研究中的可能应用	D.W. DeMichele (116)
《农业系统》(英文) 杂志目录	(123)

通用畜牧生产系统设计和 管理模型

Pingsun Leung

一、前 言

最近几年,饲养家畜朝着更加专业化和密集化的“工厂农场”方向发展。这种饲养系统包括各种独立的设施,它们是按照最适合于对给定畜龄或生理特性能达到的有效功能而设计的。它们可以安排在单独的建筑 物里,也可以安排在一个建筑物内不同的部分。它们可以是开式的,半封闭式的,或二者结合的,还可以是全封闭式的。

从传统的放牧饲养变成现在的情况,主要是由于农村劳力的减少和工资的增长,土地价值的增高(不同用途的互相竞争),大规模生产的发展,设施和房屋设计的革新,营养知识的进步,以及对环境的有效控制等的结果(Jensen, 1970)。当然,新的饲养系统的综合生产率大为提高,但同时由于特殊设施而需要大量的投资。生产者为了保持竞争能力,除了有效地进行系统设计之外,还需有优良的管理规划和控制。

随着畜牧生产系统更加专门化和密集化,生产者的决策过程也更加复杂化。他们面临着各种投资和经营方案的选择。此外,牧畜生产系统的多阶段性质也使得决策过程进一步复杂化。生产者需要很好地掌握整个生产过程中所有有关的生物学、物理学和经济学方面的知识,以及它们之间的相互关系。如果没有一种合适的方法,任何生产者都会感到困难。所以要有 一个定量化的管理模型,它能把所有的重要元素综合在一起,以便生产者能找出其活动的最优方案,也能使决策人员评价某项农业决策,使研究者确定进一步需要研究的领域。

研究方法评论

工程—经济分析

Van Ars d all (1962) 研究过在一个肥猪生产系统中,不同设施和设备对劳动生产率的影响。Mueller和Muchlling (1966) 评价过三种肥猪生产系统(放牧系统,两个猪舍硬地面的封闭系统和三个猪舍槽板地面的封闭系统)的经济效益。这些研究都采用工程—经济分析方法,即用简单的会计方法来计算不同方案的费用和利润。它们都未考虑生物行为的动态性和随机性。此外,如果必须考虑很多方案时,采用会计方法将是效率极低的。

线性规划

Steward和Thorton (1961) 提出了一个猪场的线性规划模型,即在给定期间和生产条件下对不同类型的猪的生产提出最优规划。但是,大部分畜牧生产过程不是线性的,这就

限制了线性规划的应用。同时，畜牧生产系统的动态性和随机性也很难反映到线性规划模型中去。

多元回归

Alsemeyer 等人 (1975) 介绍过两个回归方程来计算市场变化 和 生产效率对一个 100 头母猪猪场的纯收入的影响，方程中包括 11 个费用因素的变量。但是，这些回归方程只能用于该猪场的特定情况，计算不同的投资方案时需要建立新的回归方程，这是非常不便和费钱的。此外，也未考虑畜牧生产系统的动态性和随机性。

生产函数

Dahm 等人 (1976) 在试验数据基础上，建立了一些猪的生产函数，输出是体重增值，输入则是谷物和蛋白质的供应量。生产函数选用了二次方程。所建立的方程对这个特殊的猪场来说，无疑能够提供有关饲料消耗与体重增值的有价值的信息。然而，尽管饲料是主要的费用项目，但在生产决策模型中不能忽略其他重要的项目如劳力、设备等。所有子系统的最优并不意味着整个系统必定最优。为了使一个系统达到最优化或接近最优，在模型中必须包括所有有关因素之间的相互关系。在理论上，生产函数可以包括许多因素。但是为了建立生产函数所必须的试验数据的收集，在时间上往往是不可能的或非常费钱的。同时，在生产函数的形式中引入牲畜生产系统的动态性和随机性，也是非常困难的。

系统模拟

Tate (1972) 为 Nova Scotia 奶牛场制定了奶牛场投资模型和饲料投资模型，为计划和决策提供信息。模型是确定性的，而在分析中全未考虑生物特性的变化。模型主要想利用快速运算来分析利润、资金流动、贷款需要量和劳动力的影响。正如文章中所提到的那样，当用模型检验 Nova Scotia 农场中不同规模的奶牛场时，就看出有许多缺点。

以上各种模型都是不够全面的，没有反映出畜牧产生系统的动态性和随机性。为了克服这个缺陷，随机的系统模拟方法将是解决这个问题的最好方法。迄今为止，只有 Dent (1971) 提出过这种方法的模型。它是一个典型猪场的模拟模型，用来处理投资规划和研究一些政策对所得利润的影响。采用 DYNAMO 语言其流程图如图 1 所示。但是，仔细研究一下流程图可知，它没有对繁育单元进行分析，而繁育单元在大多数情况下却是系统中生物性能变化最大的单元，它的详细分析对整个模型将有较大的现实意义。另外，这个模型的主要考虑之一是确定出系统中瓶颈的位置，以便能够采取必须的措施，这对管理是非常有意义的。但是，由于 DYNAMO 语言原来是为了模拟具有大量方程的大型经济系统而设计的，在以 DYNAMO 为基础的模型上累集瓶颈的信息将是困难的。

这个模型的主要优点是畜牧生产系统的随机性和动态特性能够用合理的直接的方式真实地表达，此外，还可以通过模型进行试验，而通过实际系统本身进行试验是很费钱的，而且在大多数情况下还无法进行。尽管有这些优点，和其他许多模拟模型一样 (Blackie 和 Dent 1974; Swanson 1968; Mathewson 1975; W. D. Dobson 1972)，在实际使用中需要考虑下列一些问题：

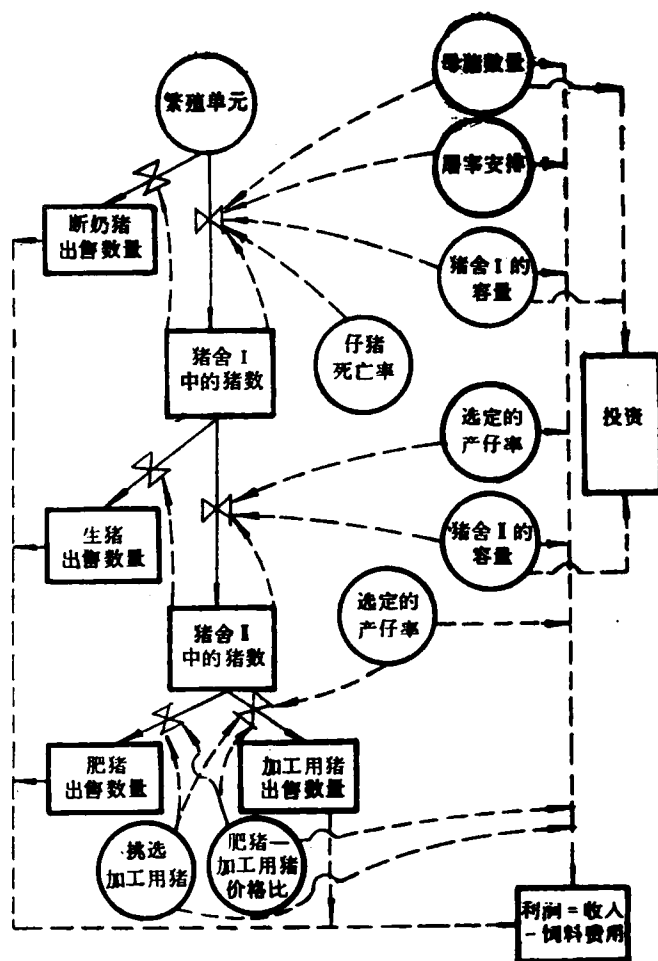


图 1 Dent 模型的模拟流程图

1. 大多数模拟模型只考虑到模化者所关心的问题，而未考虑使用者所关心的问题，因此往往不能提供实用时所需要的信息。
2. 大多数模拟模型的建立是很费钱和费时的。
3. 大多数模拟模型非常专门化，很难用于其他类似的系统。
4. 由于使用者不熟悉模型所用的特定模拟语言，难于使用。
5. 由于模化技术本身所包含的两个学科（把实际问题抽象成为模型，编制计算机程序和计算），对使用者来说都不熟悉，甚至在概念上也不清楚，所以很难被使用者接受。

目 标

根据以上的理解，本文所建立的模拟模型应能：

1. 足够全面地表达畜牧生产系统的动态性和随机性复杂的互相作用；

2. 适用于各种畜牧生产系统；
3. 易于掌握，模拟结果易于理解；
4. 可靠，使用者可以完全控制。

研究范围

本文分为两部分，第一部分包括问题的分析，模型的建立和使用步骤；第二部分包括应用实例：评价在夏威夷州投资建立大型生猪室内饲养工业的可行性；评价夏威夷州菜牛生产系统新方案和现有方案的对比。

二、问题的分析

通用的畜牧生产系统的结构

大多数畜牧生产系统可分为两个主要阶段——再生产阶段（繁殖幼畜）和育成阶段（将幼畜育成以便出售）。典型生产系统可以包括上述两个阶段，或只包括其中之一。图 2—4

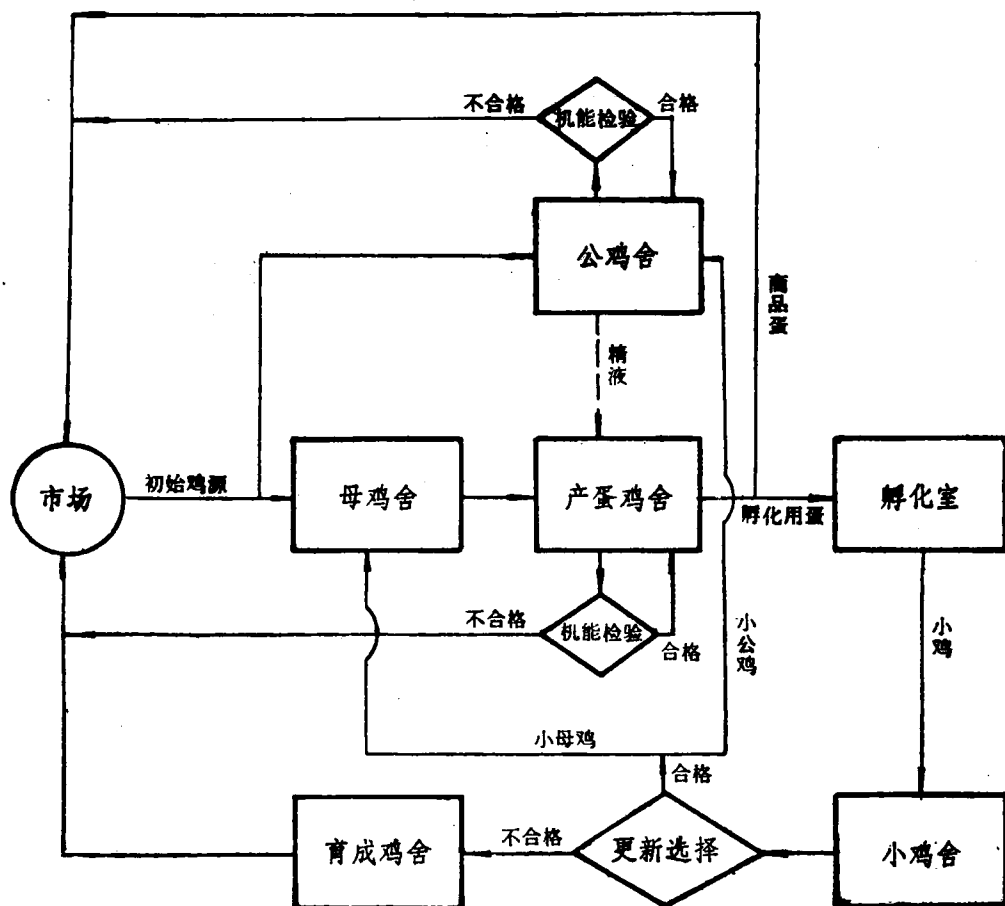


图 2 鸡生产系统

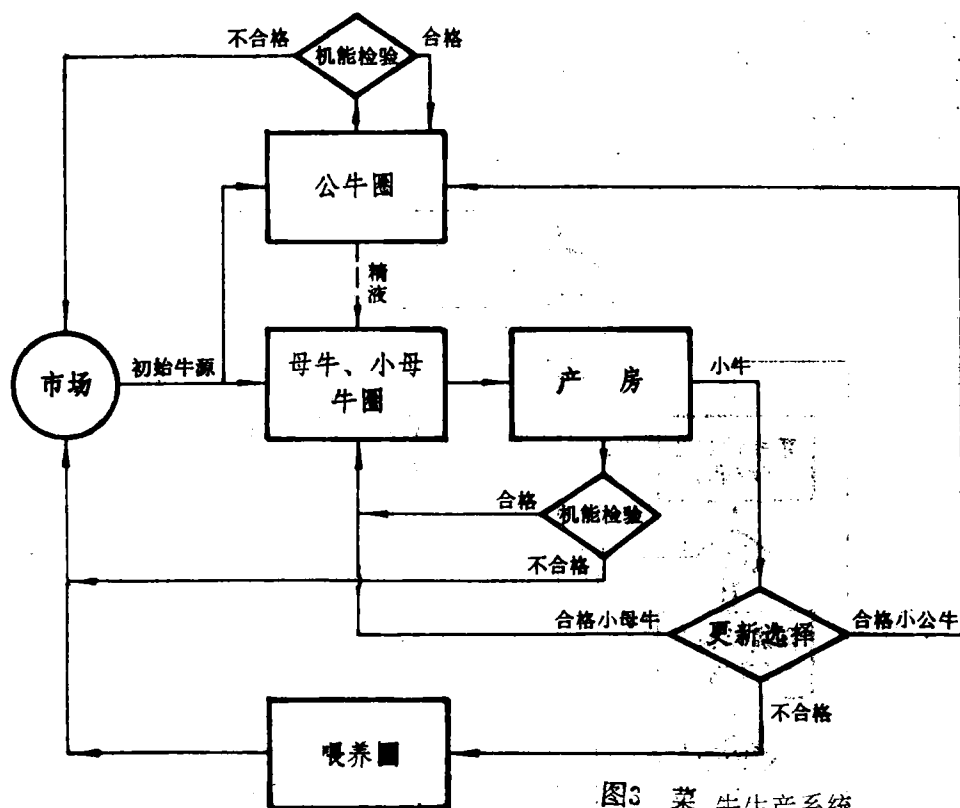


图3 菜牛生产系统

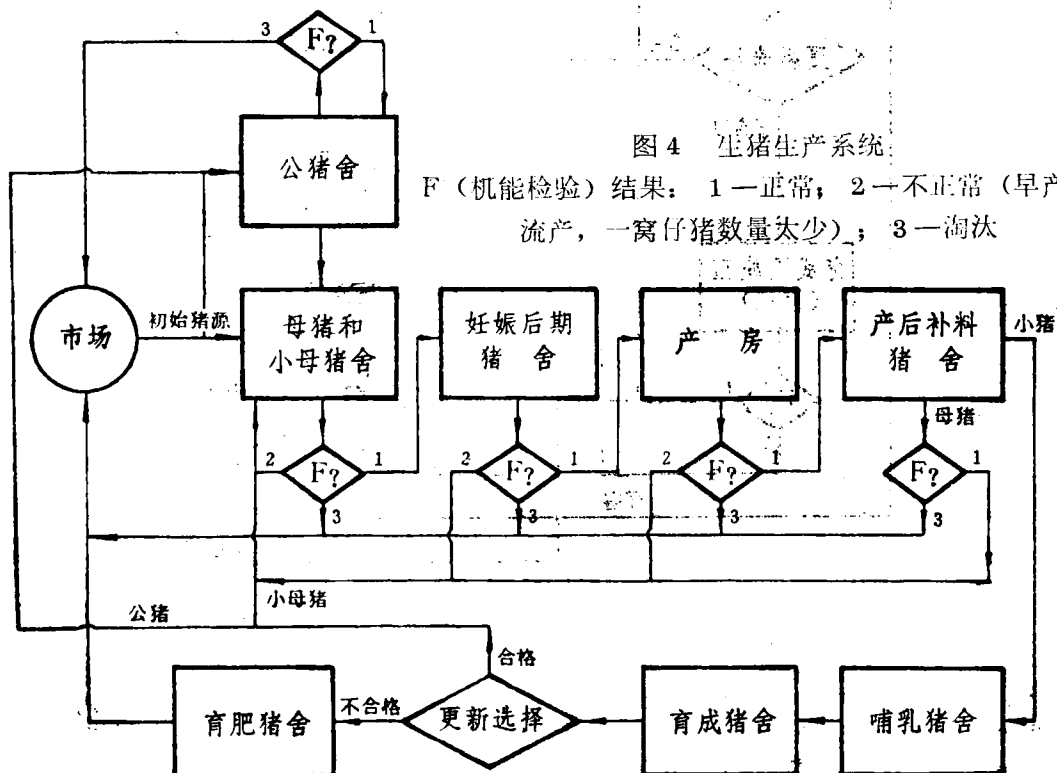
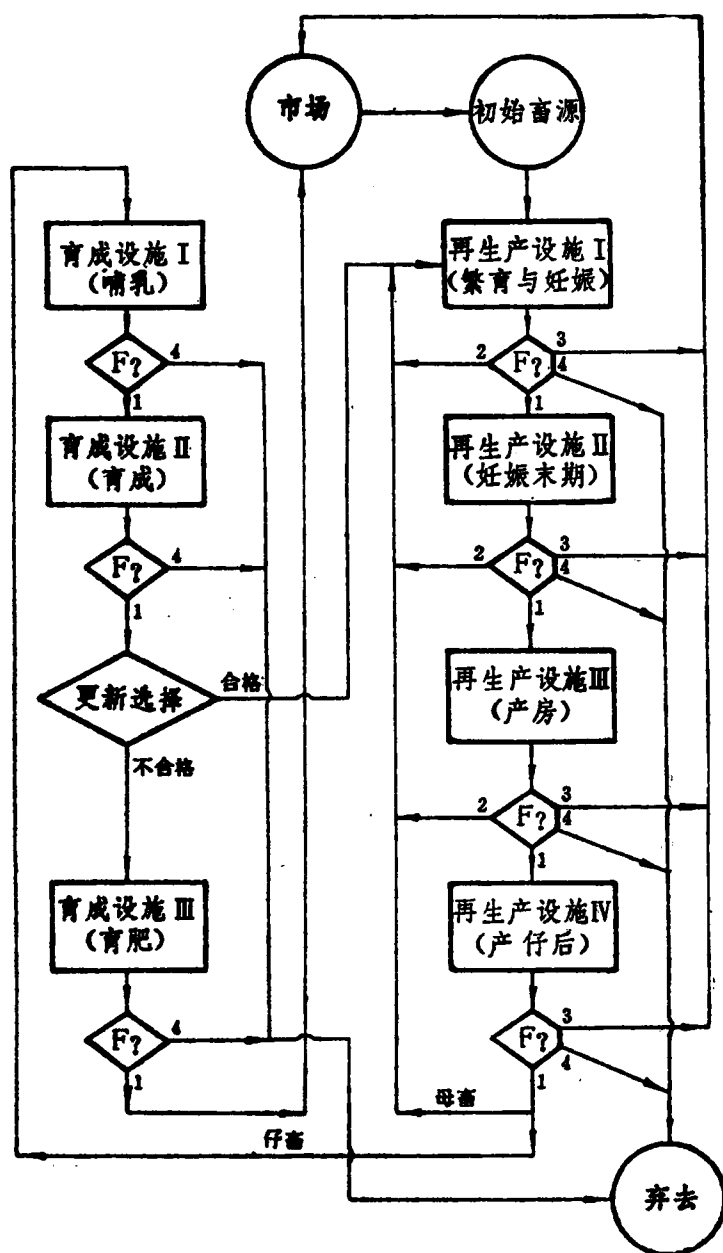


图4 生猪生产系统

F (机能检验) 结果: 1—正常; 2—不正常 (早产, 流产, 一窝仔猪数量太少); 3—淘汰

由于生猪生产系统在专门设施上结构最为复杂,所以取为通用的畜牧生产系统(图5),其他畜牧生产系统只要在通用系统中增加或减去一些设施就可实现。通用畜牧生产系统每一个设施中完成的基本生理活动如图6所示。



F (机能检验): 1—正常; 2—不正常(早产, 流产, 一窝仔畜过少); 3—淘汰; 4—死亡

图5 通用畜牧生产系统模拟流程图(公畜设施对系统流程无直接影响,故未列入)

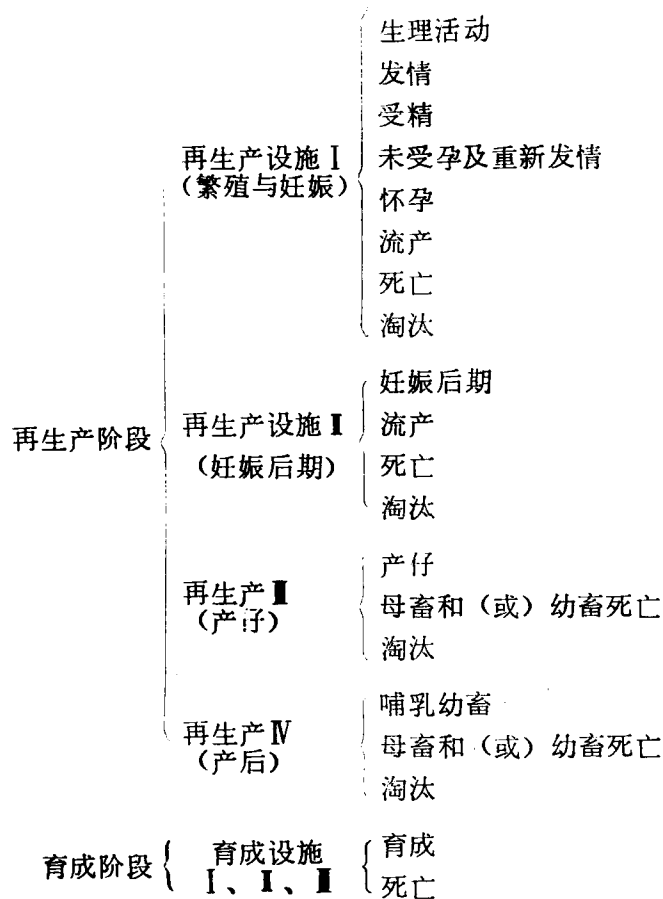


图 6 通用畜牧生产系统每一个设施中完成的基本生理活动

畜牧生产系统的分析

畜牧生产系统的不断强化和专门化以后,优点是:对环境能较好地控制,自动化和机械化程度较高;土地面积和单位产品的劳力消耗最少;能和鸟类、啮齿动物以及受病菌、寄生虫污染的土地隔离,操作舒适和方便等。但却要求高的管理水平(对这些有利因素能够精确地控制和协调),高的投资和熟练工人。经理必须和各方面的专家(工程师、遗传学家、经济专家和畜牧专家等)协调一致地共同工作,并且只有对生产过程中的重要的生物学,物理学情况以及与经济学之间的关系都有很好理解的人才能胜任。换句话说,要管理今天的复杂的畜牧生产系统,需要有高水平的管理能力。

畜牧生产系统是按照一个连续的而又相互联系的生产过程进行的。把它分解成若干子系统的方法是不完善的,很难获得任何一个活动对整个系统的响应。例如,在决定扩大任何一个设施的容量时,不能只考虑对该设施的影响,还要考虑对整个生产过程的其他设施和其他部分的经济、生物和物理的影响。在建立复杂的畜牧生产系统模型时,系统分析方法是非常合适的,因为它考虑了所有的有关因素以及它们之间的相互关系。

系统响应可以用许多指标来衡量，但任何生产者都特别注意投资的收入。为了考虑到通货膨胀，对未来的收入必须打一个折扣，才可转化为现在的收入。对这一目的来说，最方便的办法是采用净现值（Banmol 1973）。回收期 and 内部利润率则是另外两种最常使用的方法。回收期最为简单，但由于它完全忽略收入和支出流动的时间，因而也是最粗糙的。内部利润率通常可以提供与净现值相同的信息，但不易得到统一的方法。

每一个专门的设施是为了牲畜的某一年龄或某一生理阶段的有效生长而设计的，故需要有足够的面积。例如，如果再生产阶段过于拥挤，不仅将妨碍生育的母畜转移到下一设施去，以便获得更大的生产效果，而且还要消耗额外的饲料，降低系统的生产节奏，更重要的是母畜在不适合的设施中停留时间过长将会危害胎畜的生命。但是，宽敞的面积需要高的投资，所以，充分利用所有的设施而又使拥挤程度最小是最理想的。因而，对设计一个平衡的系统和采取某些补救措施来说，获得有关整个生产系统限制因素的信息是非常有用的。

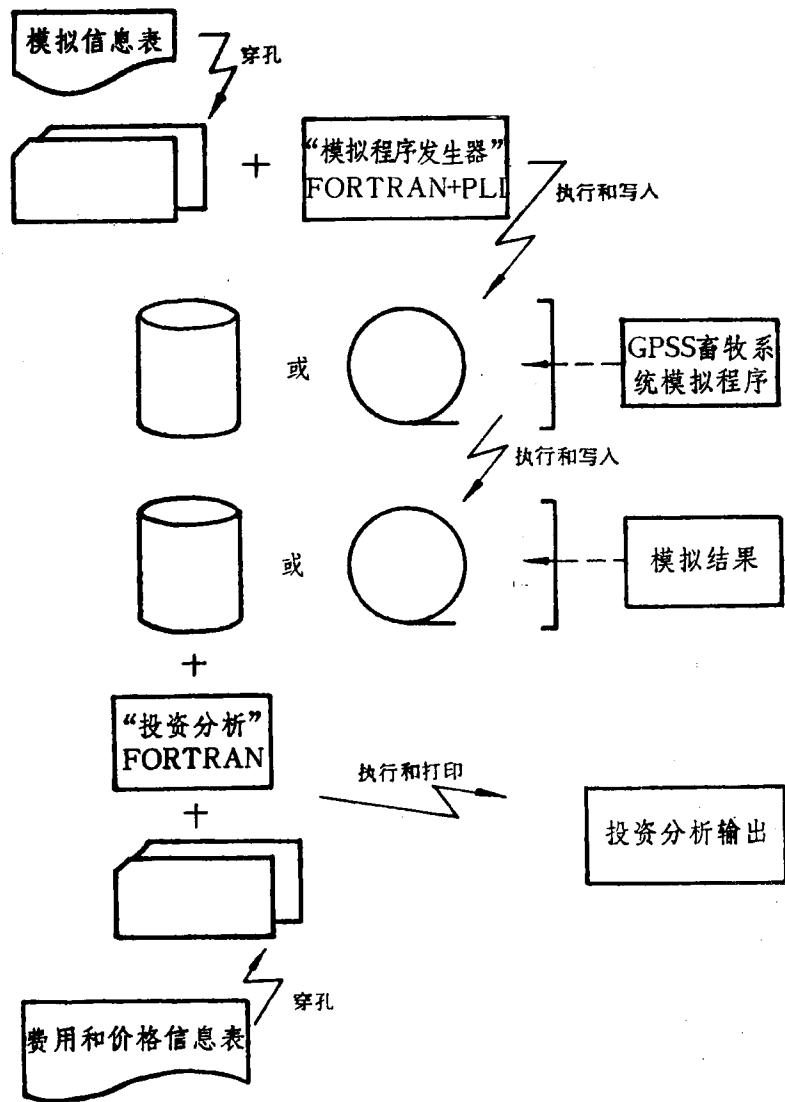


图7 模型的输入和输出

模型的一般结构

由于GPSS^①（通用模拟系统）语言是为研究调度和排队问题而专门设计的，所以非常适合于模拟一般畜牧生产系统。但对一个缺乏计算机程序大量训练的人来说，GPSS并不方便。直接采取GPSS模拟各种畜牧生产系统也是困难的。因此，本文设计了两个FORTRAN程序作为补充。

图7表示程序的输入与输出。输入（用穿孔卡片）信息包括模拟信息表和费用与价格信息表。第一个FORTRAN程序称为“模拟程序发生器”（SPG）^②，它将模拟信息变换成为GPSS模拟程序，用来模拟系统的行为和输出模拟的结果。这个程序存在磁盘或磁带上。第二个FORTRAN程序称为“投资分析”（IA）^③。这是因为投资分析需要一些计算，而这些计算用GPSS语言不能很好处理；另外，管理者常常希望在模型的基本结构不变的情况下，对费用与价格之间的关系进行灵敏度分析，而用GPSS模拟程序计算时时间太长。

通过上述输入—输出结构，生产管理者和计划者能够容易地集中不同专家所提供的大量信息而进行有益的分析。虽然这个模型采用的是多学科方法，但决策过程还是以管理者或计划者为中心，他们对模型掌握了最终的全部控制（图8）。

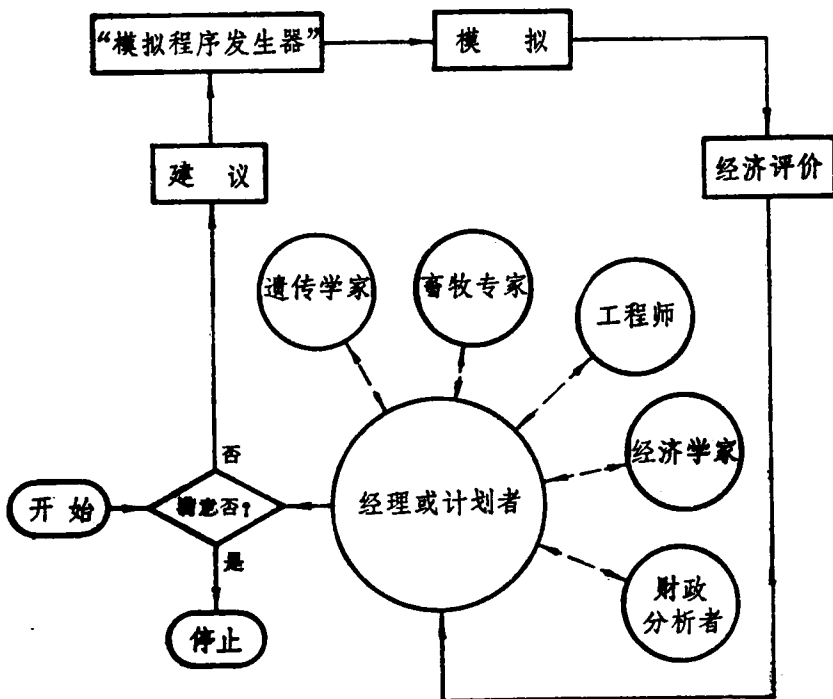


图8 模型信息流的相互作用结构图（经理作为决策单元）

- ① General Purpose Simulation System
- ② Simulation Program Generator
- ③ Investment Analyst

三、模型及其使用方法

模拟信息表

按下述表格填写：

A. 存栏数安排

1. 存栏时间 (日) _____ ± _____
2. 开始时存栏头数 _____
3. 每期存栏头数 _____

B. 再生产阶段 (如无时转到C)

I. 再生产设施 I (繁育及妊娠)

1. 容量 (头数) _____ 320
2. 小母畜购进后到第一次发情的时间 (日) _____ ± _____
3. 大母畜断奶后到发情的时间 (日) (见发情函数) ± _____
4. 受孕率 (%) _____
5. 未受孕到重新发情的时间 (日) _____ 21 ± 0
6. 怀孕期 (日) _____ 80 ± 0
7. 流产率 (%) _____
8. 死亡率 (%) _____

II. 再生产设施 II (妊娠末期)

1. 容量 (头数) _____
2. 上次怀孕期 (日) _____ ± _____
3. 流产率 (%) _____
4. 死亡率 (%) _____
5. 本设施中由于产仔的损失函数 _____

III. 再生产设施 III (产仔)

1. 容量 (头数) _____
2. 产前留栏时间 (日) _____ ± _____
3. 流产率 (%) _____
4. 产仔数：多头 _____
 一头 _____
5. 产多头仔时： _____

- a. 小母畜的产仔函数 (头数) _____

大母畜的产仔函数（头数） _____

b. 为维持生产计划每窝中母畜的最少头数 _____

6. 产一头仔时：

a. 产仔函数（头数） _____

7. 产仔后留栏时间（日） _____

± _____

8. 母畜死亡率（%） _____

Ⅳ. 再生产设施Ⅳ（产仔后）

1. 容量（头数） _____

2. 留栏时间（日） _____

± _____

3. 每窝中幼畜损失函数（头数） _____

4. 母畜死亡率（%） _____

C. 育成阶段

Ⅰ. 育成设施Ⅰ（哺乳）

1. 容量（头数） _____

2. 留栏时间（日） _____

± _____

3. 死亡率（%） _____

Ⅱ. 育成设施Ⅱ（育成）同上

Ⅲ. 育成设施Ⅲ（育肥）同上

D. 一般信息

1. 模拟时间（年） _____

2. 母畜大致的生产年限（以日计） _____

3. 公畜大致的生产年限（以日计） _____

4. 幼畜育成到出售的年限（以日计） _____

5. 新建或已经经营的年数（年） _____

注：上列数值可以填入定值，均匀分布值（_____ ± _____），函数（应标明连续的或离散的，数据点数，函数的平均值和标准离差）或变量（应标明必要的函数定义）。

将模拟信息表的数据按照本文拟定的输入格式（附录 3，列有卡片分类号和数据编码，未译出——译者）制成穿孔输入卡片，此项工作并无任何困难之处。

模拟程序发生器（SPG）

由于一般使用者对 GPSS 语言不够了解，直接使用有困难，故本文设计了 FORTRAN 语言的模拟程序发生器，使输入数据转换成为所需要的 GPSS 模拟程序。

本文设计的 SPG 程序见附录 5，并附有流程图（均未译出——译者）。

所产生的GPSS模拟程序

GPSS程序非常适用于模拟一般的畜牧生产系统。但它与所模拟的问题有关，不同的输入描述将会产生不同的模拟模型。因此，验证了一个模型并不意味着也验证了其他的模型。无论如何，大多数建立的模型并非现存的生产系统，无法检验其与过去的一致性。因此，很难进行模型的检验而只能进行主观的评价。正如Anderson和Dent (1972) 指出那样：“在这一点上模拟比科学更艺术”。

GPSS模拟程序输出下面的重要结果：

1. 年度生产情况：

- a. 供出售的幼畜头数；
- b. 淘汰的牲畜（公畜，母畜）头数；
- c. 死亡牲畜（公畜，母畜，仔畜）头数；
- d. 每一设施中的牲畜头数。

2. 年度拥挤情况：

- a. 平均利用率；
- b. 平均排队长度；
- c. 排队平均耗用时间；
- d. 平均转移时间；
- e. 转移时间的分布。

模拟得出的信息将被存储，并作为IA程序的输入。拥挤的统计情况可以帮助经理确定系统的瓶颈部位。转移的时间分布可用来确定牲畜不同生长阶段所消耗的不同种类饲料的数量。年度的生产情况可用来控制年度的利润和死亡损失。

投资分析 (IA)

用FORTRAN编制的IA程序是为了计算所模拟年份每年收入和费用情况而设计的。另外，还可把年度拥挤的统计数据整理为综合的形式。

收入是由出售仔畜和淘汰牲畜而获得的。费用则包括：饲料、劳力、各种设施的维护费、税款等等。纯现金流量的公式是：

$$NCF = (TR - OC - DEP)(1.0 - TAX) + DEP$$

式中：NCF——纯现金流量；

TR——总收入；

OC——作业费用；

DEP——设施的折旧费；

TAX——企业税率。

常用净现值(NPV)来表示投资的效益。净现值的计算公式是：

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF(i)}{(1+r)^i} + \frac{VIN F}{(1+r)^n} + \frac{INV}{(1+r)^n} + \frac{V LAND}{(1+r)^n} - INF - LAND - IBS$$

式中, $\sum_{i=1}^n \frac{NCF(i)}{(1+r)^i}$ ——纯现金流量的现值,

$NCF(i)$ ——第*i*年纯现金流量;

n ——模拟年数 (本文取 $n=10$);

r ——利息率;

INV ——第*n*年存栏牲畜的价值;

INF ——设施和设备的初始投资额;

$V LAND$ ——土地在第*n*年时的价值;

$LAND$ ——土地初始价值;

$VINF$ ——设施和设备的初始投资在第*n*年的价值;

IBS ——初始牲畜价值。

另外, 效益费用比 (B/C) 的计算公式是:

$$B/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{NCF(i)}{(1+r)^i} + \frac{VIN F}{(1+r)^n} + \frac{INV}{(1+r)^n} + \frac{V LAND}{(1+r)^n}}{INF + LAND + IBS}$$

如果得出的 NPV 是正值或 B/C 比值大于1时, 则表示投资是可行的。另外, NPV 值还可以作为评价各种预期投资方案的基本对比标准。应该指出, 除开开始时的畜群以外, 每年更新的畜群是作为购入那年的年度开支, 而不是作为费用来处理的。

这个程序的输入是非常灵活的, 以致经理可以根据其知识尽可能对输入数据有全部控制能力。输入数据可简单地填入费用和价格信息表 (附录 2), 并根据附录 4 的输入格式转换为穿孔卡片 (均未译出——译者)。

IA 程序的基本输出包括:

1. 预计年度收入情况;
2. 拥挤 (瓶颈) 情况;
3. 投资的 NPV 值和 B/C 比;
4. 表明投资详细说明的投资图表。

还要注意, IA 程序仅仅是为了计算年度财政情况而设计的, 最大模拟年数是十年 (需要时也易于改变)。其程序见附录 6, 并附有流程图 (均未译出——译者)。

模型运行的条件

本文模型的卡片和各种控制卡片的顺序见附录 7, 运行是在夏威夷大学计算中心的 IBM 370/158 计算机上进行的, 使用了 FORTRAN、PLI 和 GPSS/360 编译程序。SPG 程序的编排需要内存 100K 和机时 16.39 秒, 连接需要内存 100K 和 2.45 秒。IA 程序的编排需要内存 98K 和 13.35 秒, 而连接需要内存 100K 和 1.28 秒。这两个程序的塞入模块 (load mo-