维普资讯 http://www.cqvip.com

第9卷 第3期 生 态 学 报 Vol.9 No.3
1989年9月 ACTA ECOLOGICA SINICA Sep., 1989

畜群发展系统仿真模型的建立

——黑龙江省奶牛业发展方案的研究

刘中源

（东北农学院，哈尔滨）

摘 要

笔者在Lewis—Leslie结模型构的基础上，结合系统动力学思想方法，提出了分块矩阵模型。该模型除了可以研究种群结构外，还可以挂接各种投入产出信息，把生态结构模型发展成生态经济模型。本文用此模型对黑龙江省奶牛业的发展做系统仿真，提出了不同阶段的方案。

关键词：畜群，系统仿真，奶牛。

黑龙江省广大林缘的草场和疏林地带的“五花草”，都是奶牛的优良饲草；种植和加工业还可为奶牛提供大量的玉米、饼粕、甜菜丝和秸秆等饲料。这里具有发展奶牛的良好的自然、经济条件。

为把这里建设成乳制品生产基地，要解决奶牛的发展速度及如何协调饲料及乳制品的加工等问题。这是个复杂的奶牛业系统工程，必须用系统科学理论[1-2]和系统规划的方法[3]，借助电子计算机进行综合研究。1986年春，我们进行了大量的研究，现将模型的建立和电子计算机计算方案介绍如下。

一、数学模型的构思

1. 奶牛及F_1、F_2黄牛的结构关系

该省的黄牛改良已搞了多年，其中主要是黄牛改奶牛。研制奶牛业的发展动态仿真模型，首先要搞清其间的结构关系[4-5]。我们建立了结构关系框图如图1。

根据关系框图1，可以建立起各组状态变量（x_i）的转移方程（即差分方程）

$$x_{(t+1)1}=x_{t1}p_1(1-\frac{1}{\tau_1})+x_{t5}\beta_{6/2}+x_{t15}\beta_{15,2}$$

$$x_{(t+1)2}=x_{t2}p_2(1-\frac{1}{\tau_2})+x_{t5}\beta_{6/2}+x_{t15}\beta_{15/2}$$

$$x_{(t+1)3}=x_{t1}p_1/\tau_1+x_{t3}p_3(1-\frac{1}{\tau_3})$$

$$x_{(t+1)4}=x_{t2}p_2/\tau_2+x_{t4}p_4(1-\frac{1}{\tau_4})$$

* 参加本研究的还有宋庆印、葛星明、李亚力等同志，特此致谢。
本文于1987年5月28日收到。

维普资讯 http://www.cqvip.com

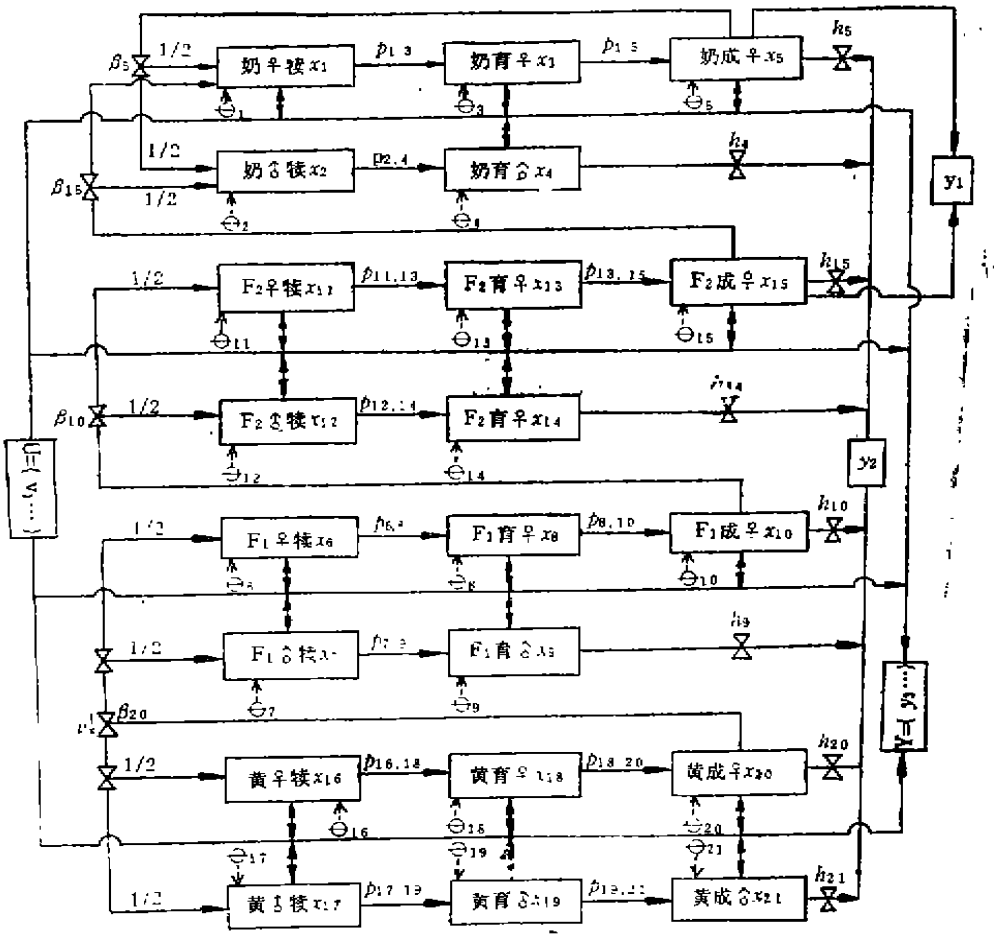

图 1 养牛业系统结构关系图（F_i——杂交代数）

Fig.1 Ralational map of system structure in dairy husbandry (F_i——cressbreeding generation)

$$x_{(t+1)5}=x_{t5}p_3/u_3+x_{t5}\left(1-\frac{1}{\tau_6}\right)$$，依此类推。

图 1 中各符号块、根据Forrester图的有关规定结合实际需要定义如表 1。

2. 理论模型

把各组状态方程用线性代数的理论方法组合成矩阵A（养牛业系统动态仿真模型结构系数阵）。建立黑龙江省奶牛业及与其有关的系统仿真模型时，和种群结构模型不同的是，根据需要把投入产出（以及系统扰动）矩阵 UY 挂接在矩阵 A 下面组合成统一的分块矩阵模型，数学通式为：

$$\begin{bmatrix} X_t \\ U_t \\ Y_t \end{bmatrix}^T = (x_{t-1},0,0)\begin{bmatrix} A & U & Y \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} W & 0 & 0 \\ 0 & E & 0 \\ 0 & 0 & E \end{bmatrix}$$

维普资讯 http://www.cqvip.com

式中：

X_t——t时期牛群结构向量

U_t——投入向量

Y_t——产出向量

A——牛群结构系数矩阵

Y——产出系数矩阵

W——系统扰动系数矩阵

x_{t-1}——$t-1$时期牛群结构向量

E——单位矩阵

表 1 畜牧系统生态经济模型的标识符

Table 1 Symbols of economic pattern of animal husbandry

名称	子集和成员	符号块	物理意义
状态变量	$x \in X$	x_i	为查阅方便已在图 1 中给出状态名称
辅助变量	$u \in U$	u_i	输入u_1——精料；u_2——青饲料，u_3——干草，u_4——劳力……
	$y \in \overline{Y}$	y_i	输出y_1——年产奶量，y_2——出栏牛，y_3——年产肥量，y_5——产值……
变化率	$r \in R$	λ_f^x ⊗	黄牛改良幅度和公母比较
	$\beta \in B$	β_i ⊗	繁殖率
	$p \in P$	$p_i \rightarrow$	转移率
	$h \in H$	h_i ⊗	出栏率
物流耦合	$f \in F$	$i—j$	辅助变量输出物质流向
信息耦合	$i—I$	$e_i \cdots\rightarrow$	这里包括α_i, l_i
参数	α_i		死亡率
	τ_i		留存时间

$$UY = \begin{vmatrix} u_{11} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots u_{121} \\ \vdots \\ u_{51} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots u_{521} \\ 0 \cdots\cdots y_{15}\ 0 \cdots\cdots\cdots\cdots y_{115}\ 0 \cdots\cdots\cdots\cdots \\ \vdots \\ y_{41} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots y_{n1} \end{vmatrix}$$

是养牛业系统的动态仿真模型投入产出系数阵。

二、实际应用模型的建立

1. 参数表

维普资讯 http://www.cqvip.com

在搞清结构关系和理论模型的基础上，根据建立模型的需要搜集并推算有关参数（见表2）。

表 2　养牛业分块模型参数表*

Table 2　Parameters for blocky matrix in dairy husbandry

分组	分项	留存时间 l_i(年)	死亡率 α_i(%)	繁殖率 β_i(%)	投入精料 y_1(公斤/头·年)	输出牛奶 y_2(公斤/头·年)	产值 y_4(元/头·年)
奶牛	母犊x_1	1	10		0.018	0	0.06
	公犊x_2	1	25		0.010	0	0.03
	育母x_3	1.5	5		0.100	0	0.14
	育公x_4	1.5	15		0.025	0	0.04
	成母x_5	7		60	0.170	3.4	0.252
F_1	母犊x_6	1	10		0.005	0	0.03
	公犊x_7	1	25		0.01	0	0.02
	育母x_8	2	10		0.02	0	0.06
	育公x_9	2	15		0.025	0	0.0393
	成母x_{10}	7		60	0.04	0	0.081
F_2	母犊x_{11}	1	10		0.009	0	0.05
	公犊x_{12}	1	25		0.01	0	0.02
	育母x_{13}	2	10		0.05	0	0.08
	育公x_{14}	1.5	15		0.025	0	0.038
	成母x_{15}	7		60	0.085	1.5	0.184
黄牛	母犊x_{16}	1	20		0.005	0	0.007
	公犊x_{17}	1	26		0.005	0	0.007
	育母x_{18}	2	10		0.02	0	0.02
	育公x_{19}	2	16		0.02	0	0.02
	成母x_{20}	5		60	0.04	0	0.061
	成公x_{21}	4			0.04	0	0.061

* 为简化起见某些投入产出参数从略。

2. 可靠性检验

建立仿真模型，应该有可靠性检验，这里据多年的实践规定模型仿真和实际数总的拟合程度在90%左右，就认为对未来的预测有一定价值。1985年总拟合度达95%（见表3）。据省畜牧部门统计1986年末奶牛存栏31.7万头，模型仿真推荐方案数为31.01万头，拟合度为98%，包括F_1、F_2和黄牛总数拟合度为95.4%。

三、模型仿真结果与评审

1. 不同政策控制方案的奶牛业发展情况

各种政策控制对奶牛的发展数量影响很大，将不同控制政策的有关参数代入模型，仿真结果如表4。

根据表的仿真结果，方案Ⅰ，仿真现在自繁加黄牛改良，控制政策是许可扰动或控制扰动，2000年；

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 3 仿真结果拟合度

Table 3 Simulation goodness of fit

分组 \ 拟合	1984年未存栏（万头）	1985年 年未存栏（万头）	1985年 仿真（万头）	1985年 拟合度（%）	1985年 系统扰动+，-%	1986 年未存栏（万头）	1986 仿真（万头）	1986 拟合度（%）	1986 系统扰动+，-%
奶牛	24.00	29.65	31.72	106.90	6.90	21.7	31.0	100.2	2.0
F_1F_2代	68.65	86.94	78.5	90.3	-9.70				
黄牛	65.88	62.96	60.45	96.00	-4.00	155.6*	141.7	94.9	5.0
总计	158.53	179.53	170.65	95.00	-5.00	187.3	178.7	95.4	4.6

* 系为F_1和F_2及黄牛的合计数，F_1和F_2无统计数据

表 4 黑龙江省奶牛业发展不同方案电算结果表 单位：万头、万吨

Table 4 Simulated data on different projects for raising dairy cattle in Hellongjiang province

畜别 \ 年 \ 方案	1985 基础	1986 模拟现在 不扰动	1986 模拟现在 可扰动	1986 方案(Ⅰ) 不扰动	1986 方案(Ⅰ) 可扰动	2000 方案(Ⅰ) 不扰动	2000 方案(Ⅰ) 可扰动	2000 方案(Ⅱ) 不扰动	2000 方案(Ⅱ) 可扰动	2000 方案(Ⅲ) 逐步提高质量
奶犊♀(x_1)	4.48	7.55	5.36	7.55	5.36	40.94	58.00	25.11	35.19	40.87
奶犊♂(x_2)	2.5	7.55	2.94	7.55	2.94	40.94	31.86	25.11	19.33	40.87
育♀(x_3)	5.41	5.75	6.72	5.75	6.74	47.17	76.24	30.41	48.64	62.25
育♂(x_4)	1.88	2.41	2.36	2.41	2.36	37.68	26.10	24.24	16.61	41.76
成♀(x_5)	15.78	16.81	18.93	15.73	17.93	112.93	264.07	68.46	153.74	113.36
♀合计	26.27	29.91	31.01	29.03	30.03	201.04	398.31	123.98	235.57	206.88
♂♀合计	29.65	39.87	36.31	38.99	35.33	279.66	456.35	173.33	271.51	289.2
F_1F_2合计	86.94	88.77	108.72	89.72	105.02	91.48	432.09	57.53	439.53	190.47
黄牛合计	62.96	58.9	63.13	60.4	65.4	18.48	122.1	23.95	162.0	244.38
牛总合计	179.55	187.54	208.16	189.14	205.75	309.62	110.54	254.81	873.06	524.25
投入产出 产奶y_1	52.00	66.96	86.96	76.19	76.19	395.02	830.83	282.97	578.96	592.34
乳品加工量（顿/日）	1493	1900	1900	2200	2200	11377	23928	8150	16674	17059

注：①是最大日处理量，为乳粉加工厂生产能力参考。
②某些项目为简化起见从略。

当$\overline{W}_i = 5\%$，l_5, l_{10}, l_{15}均取7年时：$\sum_{i=0}^{2} x_{2i-1} = 398$万头；$Y_1 = 831$万吨，$Y_4 = 88$亿元；$U_1 = 65.3$亿公斤。

$\overline{W}_i = 0$，l_5, l_{10}, l_{15}仍均取7年时：$\sum_{i=0}^{2} x_{2i+1} = 201$万头；$Y_1 = 395$万吨，$Y_4 = 40$亿元，$U_1 = 28.5$亿公斤。

方案Ⅱ．仿真质量型。从现在起压低黄牛改良幅度，增加淘汰，提高单产。2000年：

当$\overline{W}_i = 5\%$，l_5、l_{10}，l_{15}分别由7年降到5年：$\sum_{i=0}^{2} x_{2i+1} = 236$万头；$Y_1 = 579$万吨，

维普资讯 http://www.cqvip.com

$Y_4 = 67.3$亿元，$U_1 = 47$亿公斤。

当$\overline{W}_i = 0$，其它同上时：$\sum_{i=0}^{2} x_{2i+1} = 124$万头，$Y_1 = 283$万吨，$Y_4 = 28$亿元、$U_1 = 20$亿公斤。

方案Ⅲ，仿真阶段型，近期同Ⅰ；后期同Ⅱ。同时改变改良方案（提高肉用改良牛比例），2000年：

当β_{51}、β_{52}分别由0.3提高到0.35及0.4；$\beta_{15\ 11}$、$\beta_{15\ 12}$分别由0提高到0.15及0.35；l_{15}取7年，l_{10}由5年降到4年，l_{15}由7年降到5年；y_1由3.4吨/头·年提高到4吨/头·年及5吨/头·年；$W_0 = 0$时：$\sum_{i=0}^{2} x_{2i+1} = 207$万头；$Y_1 = 592$万吨，$Y_4 = 57.5$亿元；$U_1 = 57.5$亿公斤。

2．不同方案的评审

奶牛业的不同发展方案的最终评审是整个畜牧业发展的战略方案予以回答的问题。这里只能做一粗略的介绍。

从现在起，应加以严格控制提高出栏率、产奶量的第Ⅱ方案，就目前的体制、政策及物质、技术条件难以实施。但不加控制或控制不力的第Ⅰ方案，发展速度过快，物质、技术、服务体系跟不上，势必影响质量和经营效益。今后逐步加强控制和物质基础的建设，先注重数量（三江、山区、农区）兼顾质量，1990年后逐步向自群繁育过度，全面提高质量的第Ⅲ方案，计算机运算结果是207头，在整个农牧协调和评审中，该方案为最优。

四、结论与建议

实践证明，系统规划方法及其动态仿真模型在分析奶牛业（以及其它畜牧业）的发展，研制规划方案、提高现代管理水平等方面具有重要作用。模型可靠程度经两年的实践，拟合度均在95%左右。它可以在研究畜群结构的同时，研究各种投入产出关系，信息量大，计算程序通用性强，不必每个模型单编程序。值得注意的是，参数的调查一定要认真，并进行拟合度验算，力求拟合度达90%以上。其方法，一是靠对历史资料的模拟（如1985年），二是靠对应用后的实践检验（如1986年）与综合分析。如图2所示，在建模和实际运行的过程中，都要经过多次反馈修正模型（包括关系和参数），这样才能保证有较高可靠性和应用价值。畜牧系统应依靠由上到下提高现代化管理水平，完善管理信息网络，使其有充分的信息量，以便更大地提高模拟的准确度。

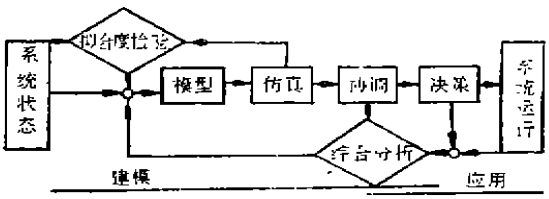

图 2　系统仿真模型闭环应用图

Fig.2　An applicably closed loop of systematic simulation model

维普资讯 http://www.cqvip.com

参 考 文 献

〔1〕〔美〕Jay.W.福雷斯特(Ferrester)，《系统原理》，第20—80页，清华大学出版社，1986年，王洪斌译。
〔2〕〔英〕J.B.登特，M.J.勃拉基，1979年，《农业系统仿真》，第29—50页，农业出版社，1984年 聚文辉等译。
〔3〕刘中源，1983，在现代试点中关于农林牧结合生态经济结构的研究（二报），东北农学院学报（增刊），30—35.
〔4〕刘中源等，1984，畜群结构模型，《2000年的海伦》第二册，第77—185页。
〔5〕刘中源等，1986，关于种群结构模型的改进，农业系统科学与综合研究，(2):35—46.

A SYSTEMATICALLY SIMULATED MODEL OF DEVELOPING ANIMAL HUSBANDRY FOR PLANNING THE DAIRY HUSBANDRY IN HEILONGJIANG PROVINCE

Liu Zhongyuan
(Northeast Agricultural college, Harbin)

Based on the Lewis-Leslie's model and the principles of the systematic dynamics a piecewise matrix model of developing animal husbandry was proposed in this paper. The model could be used for planning the animal herd construction and acquiring the information about input and output in animal production. The systematically simulated model and three programs for developing dairy husbandry in Heilongjiang Provice were designed and evaluated from the point of view of the ecologic-economics model theory.

Key words: animal husbandrys, systematically simulated, dairy husbandry.