

# 辉南县农业生产系统的动态模拟

余 思 德

(中国科学院成都地理研究所)

**提 要:** 本文分析辉南县农业资源条件和农业生产系统存在的问题, 利用系统动力学的理论方法, 建立该县农业生产系统长期发展的动态仿真模型, 提出了辉南县农业发展的合理方案。

**主题词:** 农业生产系统 动态仿真模型

随着科学技术、社会和经济的发展, 区域社会经济问题已越来越复杂, 依靠传统经济地理方法已难以作出全面系统的分析, 也难以提出切实可行的发展长远规划, 系统动力学作为一种研究社会经济系统动态行为的计算机仿真方法, 已被广泛应用于国家和地区的区域发展战略和策略研究中。本文以吉林省辉南县农业生产系统为背景, 采用系统仿真方法结合传统的地理方法研究区域经济地理作了尝试。

## 一、辉南县农业生产系统环境

辉南县地处长白山山地和松辽平原过渡的低山丘陵区, 地貌类型多种多样。属大陆性季风气候, 雨热同季, 有利于农作物生长。全县总土地面积341.8万亩, 其中耕地占26.1%, 林地53.5%, 水面2%, 园地0.3%, 草坡草地12.2%, 其它占5.9%, 山、水、田、园、草兼有。“水、土、生、气”四大资源比较丰富, 适宜于农林牧副渔五业全面发展。

辉南县农业经济基础水平较高, 1985年全县粮食商品率达32%。尤其是近年来, 随着环境的改善和内部结构的调整, 该县农业生产系统的整体功能有了明显的提高。单位土地面积提供的农业产值自1980年至1985年均高于全国平均水平。但在全县农业生产系统内部, 仍存在很多问题, 主要表现在:

1. 农业生产结构不够合理 辉南县农业生产用地结构与土地资源结构不甚协调, 突出表现在耕地与林地的矛盾上。目前, 全县耕地面积89.2万亩, 而宜农地面积仅71.1万亩, 两者相差18.1万亩, 占耕地面积近20%。林地面积182.6万亩, 而宜林地面积为230.6万亩, 林地面积仅占宜林地面积的80%。据调查, 全县 $>20^\circ$ 的坡耕地至少有10万亩, 耕地利用已超过资源限度。从农业产值结构分析, 1985年农林牧副渔五业产值比重分别为66.5%、4.9%、16.58%、11.38%和0.64%, 占土地总面积53.5%的林地产值(包括林业产值和野生动植物的产值, 仅占农业总产值的10.5%, 本县的山地优势没有得到充分发挥。

本文1987年9月8日收到, 1988年5月15日收到修改稿。

承王本琳先生悉心指导, 在此致谢

2. 整体经济效益下降 为分析农业生产系统经济效益的变化情况, 选用一动态指标评价如下:

$$f = (\Delta R/R) / (\Delta C/C)$$

f 为经济效益系数, R 为报告期净产值,  $\Delta R$  为报告期与基期的净产值之差。C 为报告期物质投入量,  $\Delta C$  为报告期与基期的物质投入量之差。若  $f > 1$ , 表明该阶段经济效益上升,  $f < 1$ , 则经济效益下降。

选 1980 年为基年, 1985 年为报告年, 得到辉南县农业生产系统和各子系统经济效益系数如表 1。

表 1 辉南县 1980-1985 年农业生产系统经济效益计算表 (单位: 万元)  
The economic effect of the agricultural production system  
in Huinan county from 1980 to 1985

	大 农 业	种 植 业	林 业	牧 业	副 业	渔 业
$\Delta R$	3669	1364	84	410	171	24
R	8210	5797	353	842	1159	59
$\Delta C$	2491	1093	31	737	43	8
C	4069	2368	248	1194	238	21
f	0.73	0.51	1.9	0.79	0.84	1.07

由表可见, 除林业和渔业的经济效益有所上升外, 种植业、牧业、副业 3 个主要子系统的经济效益均在下降。就整个农业生产系统而言, 其经济效益系数为 0.73, 表明近年全县农业生产系统的整体经济效益是下降的。

3. 生态效益下降 表现为一是耕地有机质含量减少, 全县耕地有机质平均含量由 1959 年的 5.8% 下降到 1985 年的 3.4%。二是森林复盖率急剧下降, 五十年代初, 全县森林复盖率为 65.1%, 目前仅 42.9%, 三十年间森林复盖率下降了 22.2%。三是林种结构不合理, 防护林和薪炭林两个林种面积总和仅占林地总面积 2% 左右, 森林防护效益差。四是水土流失严重, 1985 年全县水土流失面积已达到 61.5 万亩, 占总土地面积的 18.2%。

## 二、农业生产系统的动态模拟

由上分析可见, 辉南县农业生产系统结构与农业资源相融性差, 五业发展不甚协调, 致使农业生产系统整体经济效益和生态效益下降。严重阻碍农业生产系统功能的提高。因此, 找出合理解决这些问题的途径提出农业生产系统今后发展的合理方案, 已成当务之急。

根据农业生产系统本身的特点以及系统动力学建模所具有的优点, 建立了辉南县农业生产系统长期发展动态模型。

### (一) 模型简介

本模型选择了对农业生产系统影响较大的311个社会经济变量作为研究对象,确定它们之间的因果关系后,绘出因果关系图(D图),用公式表示,即:

$$D = \{Q, S\}$$

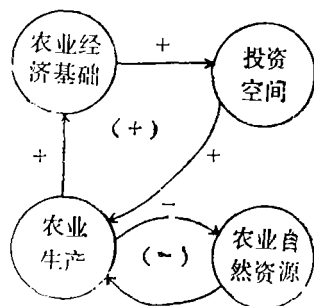
Q为所讨论的全部变量或参数的集合,S表示变量间正负影响关系集合,D表示因果关系图。

系统研究的内容和目的,决定了Q的内容。农、林、牧、副、渔是大农业生产系统中最高层次的五个子系统,模型必然包括这五个子系统,资金要素是农业生产系统的主要输入,也是系统中最重要的控制变量和限制因素,纳入模型便于讨论和分析系统的动态行为及各子系统之间的关系。人是社会经济的主体,为反映系统生产产品与人的供需关系,人口要素也被列于本模型中,这样:

$$Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_7\}$$

其中,  $Q_1, Q_2, \dots, Q_7$  分别表示农、林、牧、副、渔,资金和人口单元集。

为使系统复杂关系清晰化和系统化,必须确定系统要素间的因果反馈关系。在本县农业生产系统中,有些反馈关系是正的,对系统发展起着促进或促退的作用,有些反馈关系是负的,起着促使系统趋向稳定的作用。如农业生产的发展,促进了地区农业经济基础的增强,经济基础加强后,又进一步扩大了投资空间,而随着生产投资的增加,农业生产又将得到进一步发展,这是一个正反馈关系。另一方面,农业生产的发展,会消耗更多的自然资源,要求更多的资源供给,而有限的自然资源又将制约生产的发展,这是一个负反馈关系环。该两种反馈关系用D图表示(见右图)。



在对系统中所有反馈关系分析的基础上,依照系统动力学的规则,即可将D图转换成F图,并用仿真专用语言构造方程式。本模型共构造近400个方程式,在计算机上进行仿真实验。

### (二) 系统的方案设计

在模型仿真过程中,共选择9个可控参数作为控制变量。即:1. 种植业投资比(CM1), 2. 牧业投资比(CM2), 3. 林业投资比(CM3), 4. 副业投资比(CM4), 5. 渔业投资比(CM5), 6. 经济作物占耕地比例(CM6), 7. 粮食作物占耕地比例(CM7), 8. 饲料粮比(CT1), 9. 多种经营占种植业投资比(CT2)。通过改变上述9个参数在计算机反复试验,可以得到多种不同的方案。有些方案不够合理,有些方案缺乏代表性,本文仅取3个具有代表性的方案讨论如下。

三个方案的主要经济变量值见表2。

原始型方案的控制参数均选用1985年的实际数据,目的是模拟按现行决策思想,辉南县农业生产系统将出现的可能变化,由其可控参数值可知,该方案实际上是“重粮型”方案。农牧型方案的指导思想是:以畜牧业为重点,以种植业为基础,并通过畜牧业的发展来带动

表 2 辉南县农业生产系统三种方案下的主要经济变量值  
The results of the main economic items of the agriculture  
production system under three plans

方案	年分	农业总产值 (万元)	种植业产 值(万元)	林业产值 (万元)	牧业产值 (万元)	副业产值 (万元)	渔业产值 (万元)	粮食总产 (万斤)	经济作物 播 积 (万亩)	粮食作物 播 积 (万亩)	人均净产 值 (元)
原始型	1990	14338	9279	711	2501	1764	83	40032	4.3	82.2	249
	1995	16293	10418	858	2774	2146	97	45491	4.41	80.9	264
	2000	18279	11644	1002	2997	2527	110	50403	4.47	79.7	276
农牧型	1990	15713	9982	767	3064	1810	89	45594	4.4	76.6	280
	1995	18080	11346	902	3539	2190	103	1060	4.5	74.3	307
	2000	19896	12410	1019	3829	2528	111	54797	4.7	72.1	322
综合型	1990	16733	9914	1137	3053	2330	239	44901	9.66	71.3	300
	1995	19591	11594	1428	3477	2813	279	49449	9.94	68.9	334
	2000	22152	13237	1635	3734	3239	308	52636	10.3	66.3	360

注：可控参数、农业净产值、参果产值、粮食平均单产、猪存栏、肉牛数、家禽数、人均肉蛋鱼、有林地面积、用材林防护林薪炭林经济林面积、蓄积量等数值略。

种植业的发展，达到以农促牧，以牧促农。在首次仿真过程中，发现猪禽的限制因素是粗饲料，而资金则制约着草食动物的发展。因此，该方案一方面通过发展种植业生产，增加饲料比，为猪禽提供充足的饲料资源。另一方面，通过增加投资，大力发展肉用草食动物。综合型方案主张农林牧副渔综合发展，该方案在农牧型方案的基础上，适当减少种植业和牧业的投资比例，增加林、副、渔三业的投资比例，并在种植业内部，逐步扩大多种经营的投资比例和经济作物的播种面积。同时在林业子系统内部，扩大防护林、薪炭林和经济林的投资比例，该方案旨在促进系统协调发展。

（三）系统方案的经济、生态和社会效益评价

根据动态仿真结果及相关计算，得到三个方案下系统的经济、生态和社会效益等各项指标如表 3。

对于各个方案下系统的经济效益，仍用前述动态经济效益指数 $f$ 加以分析。由表 3 可知，原始型方案前后两阶段系统的经济效益均在下降。农牧型和综合型两方案在两阶段的系统经济效益均有所上升，但在综合型方案下系统经济效益上升的速度在前后两阶段皆要高于农牧型方案。这表明，无论强调近期效益，还是注重长远效益，综合型方案皆要优于农牧型方案。

表 3 各种方案的经济效益 生态效益和社会效益  
The economic, ecologic, social effect and the structure of  
agricultural output value under three plans

项 方 年 案 度 目	经济效益		生 态 效 益				社会效益
	经济效益 系数 (f)	森 林 复 盖率	水土流失 面积(万亩)	树种多样 化指数	耕地有机 质含量	社会效益 综合指数	
原始型	1990	0.913	52.8%	10.4	3.375	3.35%	1.24
	2000	0.79	53%	9.46	3.572	3.3%	1.56
农牧型	1990	1.27	53%	9.46	3.48	3.4%	1.41
	2000	1.294	53.8%	5.68	3.61	3.52%	1.97
综合型	1990	1.282	53.2%	8.52	3.52	3.4%	1.49
	2000	1.36	54.2%	3.78	3.68	3.51%	2.02

为考察各个方案的生态效益,本模型共设计了森林复盖率、树种多样化指数、水土流失面积,耕地有机质含量四个生态效益指标。由表可知,森林复盖率三个方案都是逐步增加的,而水土流失面积则都在逐步缩小。由于仿真过程中,三个方案都增加了经济林、防护林和薪炭林的比重,因而树种多样化指数都有明显的提高。耕地有机质含量原始型方案在逐渐下降,其它两个方案含量在1990年之前变化不大,1990年以后均有所上升。从上述四项指标的比较可以看出,原始型方案的生态效益明显低于其它两个方案。农牧型方案除耕地有机质含量略高于综合型方案外,在其它三个指标方面,均不如综合型方案。

在评价社会效益时,本模型选用了下述社会效益综合指数:

$$YI(t) = \sum_{i=1}^9 Y_i Z_i(t)$$

其中,  $YI(t)$  为  $t$  时刻社会效益综合指数,  $Z_i(t)$  为  $t$  时刻第  $i$  种农产品指数,  $Y_i$  为第  $i$  种农产品权重。

本模型共模拟了粮食、肉、蛋、渔、人参、水果、油料、林木、林副产品等九种农产品的变化情况,根据各农产品对整个系统目标的影响程度,其权重分别确定为: 0.15/0.10/0.10/0.10/0.15/0.10/0.10/0.10/0.10。利用仿真结果,依公式得到三个方案的社会效益综合指数见表3。可见,无论哪种方案,其社会效益都是不断提高的,相比之下,原始型方案提高最慢,而综合型方案提高最快。

从农业产值结构(数值略)来看,无论在近期,还是发展到远期,综合型方案的农业产值结构与本县的农业自然资源结构更为相融。

综上所述, 后两个方案在各方面均优于原始型方案, 这表明现行的农业决策不是促进农业生产发展的理想决策。农牧型方案虽然在某些方面优于综合型方案, 但就整体而言, 综合型方案是农业生产系统发展的理想方案。它有助于发挥全县自然资源优势, 有利于整个系统的协调和稳定。该方案解决了长期以来五业发展不平衡以及近年来农业经济效益下降的问题, 并在保持较高经济效益的同时, 使总产值达到最大。因此, 综合型方案是稳妥而高效的方案。

#### (四) 专项策略模拟

在综合型方案的基础上, 本模型还对本县农业生产系统影响较大的几个问题进行模拟。

其一是农业投入对整个系统经济效益的影响。据仿真结果, 当农业投入占农业产值比重保持在1985年的33%时, 1985年至2000年阶段的经济效益系数为1.08。当农业投入比由1985年的33%上升到2000年的38%时, 该阶段的经济效益系数为0.87。而当农业投入比由33%逐渐下降到30%时, 1985年至1990年阶段经济效益系数为1.282, 至2000年又上升到1.40。

其二是人参投资策略对整个农业生产系统功能的影响。仿真结果表明, 在种植业投资比51%的情况下, 如果多种经营投资比由目前的10%迅速上升到18%, 那么, 系统2000年主要状态变量结果为: 农业总产值为19863万元, 种植业产值为11444万元, 参果产值为3153万元, 牧业产值为3396万元, 粮食总产为49354万斤, 皆低于原综合型方案。

此外, 本模型还对出栏率和森林采伐率进行了模拟对比, 在任何一种方案下, 出栏率的提高皆会促进牧业子系统乃至整个农业生产系统功能的提高。森林采伐率在1985至2000年阶段如果超过0.5%, 用材林林龄结构失调的矛盾难以解决。

### 三、农业生产系统的发展方向及调控措施

1. 立足于多目标, 在不断提高经济效益的前提下, 兼顾生态效益和社会效益 盲目追求发展速度, 是近几年来全县农业生产系统经济效益和生态效益下降的根本原因。今后应该坚持以提高系统整体经济效益为中心, 并促使系统逐步走向稳定发展。目前, 全县农业投入约占农业产值的33%, 近几年有逐步上升的趋势。仿真结果表明, 保持这一趋势将会导致全县农业生产系统经济效益的继续下降, 而适当控制或减低农业投入占农业总产值的比重, 将促使整个系统经济效益的逐步高涨。因此, 在今后十五年内, 辉南县农业投入比宜控制在30%至33%之间。

2. 调整投资方向, 促进整个系统协调发展 由上述三个方案比较可知, 不同的投资方向和结构, 将使辉南县农业生产系统发生不同的变化。今后应适当减少种植业的投资比重, 逐步提高林、牧、副、渔四业的投资比重, 这是促使全县农业生产系统协调发展的根本途径。具体而言, 种植业投资比重应由目前的58.2%降低到51%, 但目前不能低于50%, 否则不能满足全县大力发展多种经营, 加强人参果树栽培业的需要。牧、林、副、渔四业的投资比重应由目前的29.3%、5.7%、5.9%、0.9%分别提高到32%、7.5%、7.5%和2%。

3. 发展种植业应提高作物单产, 在不放松粮食生产的同时逐步加强对多种经营的投资 人参是辉南县种植业系统的拳头产品, 目前市场上供不应求, 发展前景十分广阔。果树

也大有发展前途。但果树为多年生植物,见效比较慢,人参从播种到起货也要六年,而且耗资大。就辉南县农业生产系统目前的经济承受力而言,只能逐步发展。仿真结果表明,在种植业投资比51%的情况下,如果通过大量缩减粮食作物和其它经济作物的投资来发展参果生产,将会严重影响粮食作物和其它经济作物的生产,继而波及到畜牧业和参果子系统本身,最后导致整个农业生产系统的不稳定。因此,如果仅从农业生产系统内部资金流出发,对参果的投资比重只能逐步加强。如果要迅速提高参果的投资量,则应从农业生产系统外补充适当的资金,以保持整个系统的稳定。

4. 畜牧业发展的重点在改善畜禽结构 一方面保持养猪业和粮食作物生产的基本平衡,饲料比由1985年的21%逐步上升到2000年的25%,并努力提高出栏率和出肉率。另一方面应控制发展役畜,使役畜稳定在3.5万头左右,同时加强对其它草食动物的投资。

5. 加快改造疏林和绿化荒地,尽快提高森林复盖率,以减少并逐步控制水土流失 为缓和用材林林龄结构的严重失调,一方面应加强幼林和中龄林的抚育,同时森林采伐率在15年之内应控制在0.5%以下。在后备林地利用上,为逐步调整林种结构,应以发展防护林、薪炭林、经济林为重点,待后备林地面积稳定后,再根据各林种的采伐(或老化)速度具体而定。

6. 大力发展家庭兼营工业,以充分利用农村闲散劳力资源和农副产品资源,使农民尽快致富。

7. 对野生动植物资源的利用,应处理好开发利用和保护之间的矛盾,在不超过其“生态极限”的前提下,努力提高野生动植物资源的利用率。渔业在完成由天然捕捞到人工养殖的转化后,应尽快由粗放经营转向科学精养,以提高渔业养殖业生产力水平。

## DYNAMIC SIMULATION OF THE AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEM IN HUINAN COUNTY

Yu Side

(Chengdu Institute of Geography, Academia Sinica)

**Subject Terms:** agricultural production system, longterm and dynamic development model

### Abstract

In order to establish a stable and high-efficient agricultural production system (APS) in Huinan county, and to control the dynamic behaviour in the future, this paper, analyzes first the physical conditions and the problems of the APS in the present time, and then establishes the longterm and dynamic development model of the APS with the theory and method of system dynamics

The following points are defined through studies.

1) . The agricultural resources of the APS in Huinan county are very rich, but they are not utilized fully and effectively. There are still a lot of problems in the APS, and the present decision of agriculture is not satisfactory for the APS.

2) . In the future, the first important task is to raise the economic effect of the APS, and pay much attention to both ecologic effect and social effect. According to the analysis of the simulation results, the "Comprehensive Development Plan" is the best play for the APS in Huinan county.