

# 大型农业生态工程的数学模型

卞有生, 王天喜, 陈正龙, 崔斌

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

**[摘要]** 文章在对胜利油田生态农场系统结构分析的基础上, 根据农场规划目标, 建立了由投入产出模型和线性规划模型相结合的经济发展数学模型。应用该模型指导农场的经济建设, 取得了极好的效果, 证明所建立的模型是正确的。

**[关键词]** 农业生态工程; 数学模型; 胜利油田

**[中图分类号]** S181; O221.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2002)07-0017-06

## 1 前言

建立胜利油田生态农场经济发展数学模型的目的在于: 一是预测系统的行为; 二是控制系统的行为。为了达到农场所期望的高水平生产力, 除了控制输入变量, 还需要对系统的结构优化加以考虑。而这些在农场建设的实际操作中是不可能的, 只有通过系统数学模型的建立和运筹才有可能做到。

农业生态工程系统数学模型的建立是十分困难的<sup>[1]</sup>, 这不仅由于系统的变量很多(如胜利油田生态农场至少有300多个重要的变量需要考虑), 而且相互间的交叉关系又十分复杂。因此, 选择一个适当的模型, 既能有效地反映出众多变量间的相互关系, 又能在几个或多个变量发生改变时, 预测系统运转的前景, 就成为建模的技术关键。

在对胜利油田生态农场系统结构分析的基础上<sup>[2,3]</sup>, 通过对经济计量模型、系统动态模型、经济控制论模型、投入产出模型、分室模型及线性规划模型的研究和比较<sup>[4]</sup>, 建立了由投入、产出模型和线性规划模型相结合的经济发展数学模型。并应用计算机对系统动态进行了模拟研究, 以达到对系统进行深入、定量研究和实施对系统的控制、发

展预测的目的。

## 2 胜利油田生态农场系统结构

胜利油田生态农场是胜利油田下属的专门从事农副业生产的二级单位。全场土地总面积2 162.6 hm<sup>2</sup>, 其中粮田面积820 hm<sup>2</sup>。总人口5 207人, 劳动力2 632人。农场下属12个三级单位和40余个四级单位。

从系统的角度看, 胜利油田生态农场作为生态农业系统, 由7个子系统组成, 即种植业(包括蔬菜)子系统、林果业子系统、养殖业子系统、工业子系统、副业子系统、沼气子系统、人口子系统。其中种植、林果、养殖、工业、副业子系统又由若干个子子系统组成。系统结构如图1所示。

## 3 农场经济发展数学模型

### 3.1 约束条件和目标要求

在用数学方程表示约束条件和目标要求时, 以 $X_i$ 代表各项目产值(按1986年价格调整计算其可比产值, 单位为元): 大田作物产值 $X_1$ , 蔬菜产值 $X_2$ , 水果产值 $X_3$ , 鸡蛋产值 $X_4$ , 肉鸡产值 $X_5$ ,

**[收稿日期]** 2002-02-11; **[修回日期]** 2002-04-17

**[基金项目]** 国家环保总局重点科技资助项目(国环字-884401)

**[作者简介]** 卞有生(1937-), 男, 江苏镇江市人, 北京市环境保护科学研究院研究员

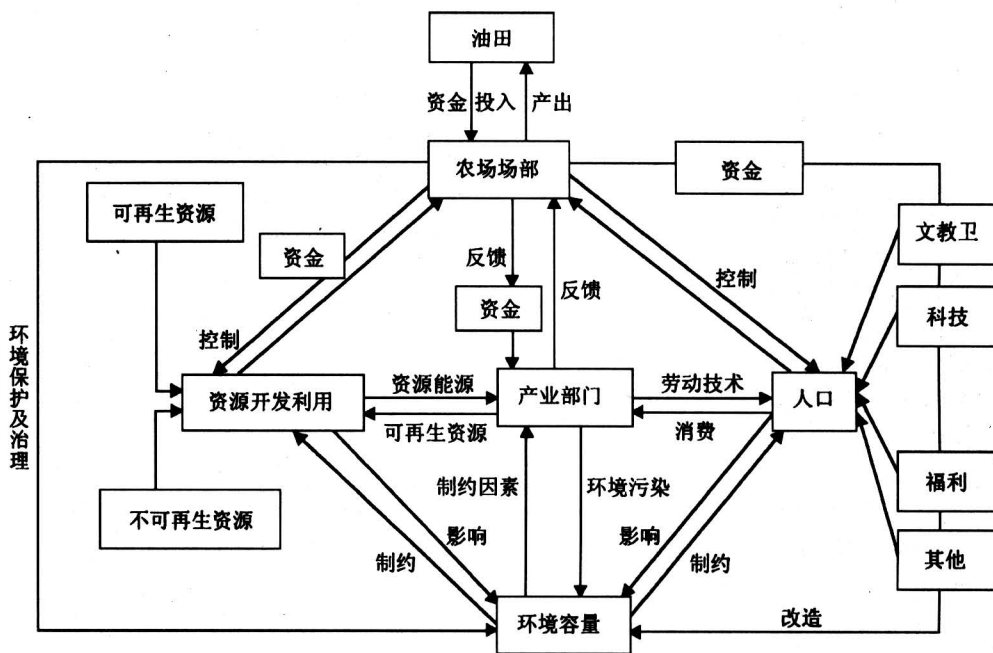


图1 胜利油田生态农场结构示意图

Fig.1 The structure diagram in the eco-farm of Shengli Oil Field

猪产值  $X_6$ , 牛产值  $X_7$ , 羊产值  $X_8$ , 鱼产值  $X_9$ , 虾产值  $X_{10}$ , 产品生产产值  $X_{11}$ , 来料加工产值  $X_{12}$ , 修理业产值  $X_{13}$ , 原粮加工产值  $X_{14}$ , 其他工业生产产值  $X_{15}$ 。

3.1.1 约束条件 模型的约束条件主要包括产品计划、生产能力、市场状况、平衡需要、资源条件。

1) 产品计划。胜利油田生态农场承担着为油田提供农副产品的任务, 因此, 制定发展规划时, 农产品的生产都要立足原有的基础, 在发展中通过速度的调整和新产业的建立等来进行生产结构的调整。用约束条件来表达调整年这个要求:

$$X_1 \geq 2\,241\,069, X_2 \geq 860\,412, X_3 \geq 692\,692, X_4 \geq 1\,743\,017, X_5 \geq 300\,948, X_6 \geq 954\,001, X_7 \geq 76\,123, X_8 \geq 7\,955, X_9 \geq 45\,528.$$

2) 企业生产能力。经济发展规划必须考虑发挥现在还没有发挥出来的生产力, 同时要考虑各个经济部门发展的速度不能过高, 调整不能过快的经济发展规律的要求, 即考虑经济建设的可能性。这可以用约束条件来表示:

$$1990 \text{ 年 } X_2 \leq 1\,720\,824, X_3 \leq 1\,385\,384, 1\,875\,000 \leq X_4 \leq 3\,586\,034, X_5 \geq 2\,160\,000, X_6 \leq 1\,909\,802, X_{10} \leq 150\,000;$$

$$1992 \text{ 年 } X_2 \leq 2\,581\,236, X_3 \leq 2\,076\,076,$$

$$1\,875\,000 \leq X_4 \leq 5\,229\,051, X_5 \geq 2\,160\,000, X_6 \leq 2\,864\,703, X_{10} \leq 1\,500\,000.$$

3) 市场。市场的限制主要表现在工副业上, 农场现有工副业部门主要是为油田和本地区服务的, 市场需求和竞争条件的变化不大, 而工副业的发展直接受制于市场占有率。因此工副业发展应坚持稳定发展的方针, 但又不做大的发展。其约束条件表示为:

$$1990 \text{ 年 } X_{11} \leq 2\,350\,272, X_{12} \leq 46\,217, X_{13} \leq 3\,568\,057, X_{14} \leq 261\,433, X_{15} \leq 3\,538\,973;$$

$$1992 \text{ 年 } X_{11} \leq 2\,591\,174, X_{12} \leq 227\,163, X_{13} \leq 3\,933\,762, X_{14} \leq 274\,668, X_{15} \leq 4\,232\,468.$$

4) 平衡需要。工副业各部门的发展还要考虑满足种植业对工副业内部的需求。其约束条件表示为:

$$0.488X_{11} + 0.256X_{12} - 99.148X_{13} + 0.5X_{14} + 2.3X_{15} \leq 0;$$

$$10.909X_1 + 1.227X_2 + 1.037X_3 + 0.578X_{11} + 2.87X_{12} + 0.716X_{13} + 0.074X_{14} - 95.952X_{15} \leq 0.$$

5) 资源条件。种植业的发展必须在有限的耕地上进行, 而且集约经营提高单产也是有一定限度的。因此, 其约束条件表示为:

$$0.346X_1 + 0.059X_2 + 0.038X_3 \leq 1\,300\,000.$$

根据人口预测,到1990年和1992年,劳动力总数分别约为3600和4000人。通过输入或输出劳动力来实现对农场劳力供求之间的平衡,虽然也不失为一种途径,但经济发展规划应立足于本地区劳动力的供求平衡。其约束条件表示为:

$$1990 \text{ 年 } 23.691X_1 + 34.567X_2 + 26.208X_3 + 9.875X_4 + 15.509X_5 + 11.620X_6 + 21.638X_7 + 45.936X_8 + 32.104X_9 + 17.423X_{10} + 5.958X_{11} + 29.507X_{12} + 11.475X_{13} + 23.612X_{14} + 10.291X_{15} \leq 366\ 404\ 950;$$

$$1992 \text{ 年 } 23.691X_1 + 34.567X_2 + 26.208X_3 + 9.875X_4 + 15.509X_5 + 11.620X_6 + 21.638X_7 + 45.936X_8 + 32.104X_9 + 17.423X_{10} + 5.958X_{11} + 29.507X_{12} + 11.475X_{13} + 23.612X_{14} + 10.291X_{15} \leq 444\ 891\ 473。$$

要扩大生产规模就要进行投资,若不增加外部投入而依靠农场自身积累,按照农场自我发展的要求,在积累率为70%~80%的条件下,按10%贴现,必须满足以下条件:

$$1990 \text{ 年 } 2.442X_1 + 0.448X_2 + 0.516X_3 + 3.783X_4 + 4.356X_5 + 0.794X_6 + 5.364X_7 + 1.557X_8 + 11.786X_9 + 11.764X_{10} + 2.159X_{11} + 1.975X_{12} + 1.551X_{13} + 1.578X_{14} + 3.462X_{15} \leq 77\ 786\ 360;$$

$$1992 \text{ 年 } 2.329X_1 + 0.041X_2 + 0.098X_3 + 3.586X_4 + 4.519X_5 + 0.523X_6 + 5.925X_7 + 1.536X_8 + 11.855X_9 + 11.689X_{10} + 1.936X_{11} + 1.858X_{12} + 1.195X_{13} + 1.382X_{14} + 3.719X_{15} \leq 85\ 099\ 022。$$

3.1.2 经济发展目标 农场经济开发目标数学方程表示为:

$$1990 \text{ 年 } 0.833X_1 + 0.5X_2 + 0.5X_3 + 0.767X_4 + 0.889X_5 + 0.013X_6 + X_7 + 0.557X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 20\ 165\ 550;$$

$$1992 \text{ 年 } 0.833X_1 + 0.5X_2 + 0.5X_3 + 0.767X_4 + 0.889X_5 + 0.013X_6 + X_7 + 0.557X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 26\ 887\ 400。$$

### 3.2 规划的最优决策方程

为使数学形式的最优解与实际生产的可行性一致,规划在运筹中根据线性规划优化原理,通过对约束条件中的参数,按生产实际不断修正,建立新的方程再进行求解,使数学的可行性与实际的可行

性趋于一致,并达到最优化。

#### 3.2.1 1990年规划 利润总和即目标函数为

$$f = -12.097X_1 - 43.543X_2 - 44.72X_3 - 21.048X_4 + 17.360X_5 - 29.043X_6 + 59.987X_7 - 2.098X_8 + 7.444X_9 - 8X_{10} - 23.889X_{11} - 12.46X_{12} - 38.12X_{13} - 20.746X_{14} - 30.342X_{15}。$$

约束方程:

$$1) X_1 \geq 2\ 241\ 069, X_2 \geq 860\ 412, X_3 \geq 692\ 692, X_4 \geq 1\ 743\ 017, X_5 \geq 954\ 901, X_6 \geq 954\ 001, X_7 \geq 76\ 123, X_8 \geq 7\ 955, X_9 \geq 45\ 528;$$

$$2) X_2 \leq 1\ 720\ 824, X_3 \leq 1\ 385\ 384, 1\ 875\ 000 \leq X_4 \leq 3\ 586\ 034, X_5 \geq 2\ 160\ 000, X_6 \leq 1\ 909\ 802, X_{10} \leq 1\ 500\ 000;$$

$$3) X_{11} \leq 2\ 350\ 272, X_{12} \leq 216\ 217, X_{13} \leq 3\ 568\ 057, X_{14} \leq 261\ 433, X_{15} \leq 3\ 838\ 973;$$

$$4) 0.488X_{11} + 0.256X_{12} - 99.148X_{13} + 0.5X_{14} + 2.3X_{15} \leq 0,$$

$$10.909X_1 + 1.227X_2 + 1.037X_3 + 0.587X_{11} + 2.87X_{12} + 0.716X_{13} + 0.072X_{14} - 95.952X_{15} \leq 0;$$

$$5) 0.346X_1 + 0.059X_2 + 0.038X_3 \leq 1\ 300\ 000,$$

$$23.691X_1 + 34.567X_2 + 26.208X_3 + 9.875X_4 + 15.509X_5 + 11.620X_6 + 21.638X_7 + 45.936X_8 + 32.104X_9 + 11.432X_{10} + 5.958X_{11} + 29.507X_{12} + 11.475X_{13} + 23.612X_{14} + 10.291X_{15} \leq 364\ 404\ 905;$$

$$6) 0.833X_1 + 0.5X_2 + 0.5X_3 + 0.767X_4 + 0.889X_5 + 0.613X_6 + X_7 + 0.557X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 20\ 165\ 550;$$

$$7) 2.442X_1 + 0.448X_2 + 0.516X_3 + 3.783X_4 + 4.365X_5 + 0.794X_6 + 5.364X_7 + 1.557X_8 + 11.286X_9 + 11.764X_{10} + 2.159X_{11} + 1.975X_{12} + 1.551X_{13} + 1.578X_{14} + 3.462X_{15} \leq 77\ 786\ 360。$$

#### 3.2.2 1992年规划 目标函数为

$$f = -12.097X_1 - 43.543X_2 - 44.719X_3 - 21.048X_4 + 17.36X_5 - 29.043X_6 + 59.987X_7 - 2.098X_8 + 7.444X_9 - 8X_{10} - 23.889X_{11} - 12.46X_{12} - 38.12X_{13} - 20.746X_{14} - 30.342X_{15}。$$

约束方程:

$$1) X_1 \geq 2\ 241\ 069, X_2 \geq 860\ 412, X_3 \geq 692\ 692, X_4 \geq 1\ 743\ 017, X_5 \geq 954\ 901, X_6 \geq$$

954 901,  $X_7 \geq 76\ 123$ ,  $X_8 \geq 7\ 955$ ,  $X_9 \geq 45\ 528$ ;  
 2)  $X_2 \leq 2\ 581\ 236$ ,  $X_3 \leq 2\ 078\ 076$ ,  
 $1\ 875\ 000 \leq X_4 \leq 5\ 229\ 051$ ,  $X_5 \leq 2\ 160\ 000$ ,  
 $X_6 \leq 2\ 864\ 703$ ,  $X_{10} \leq 1\ 500\ 000$ ;  
 3)  $X_{11} \leq 2\ 591\ 174$ ,  $X_{12} \leq 227\ 163$ ,  $X_{13} \leq$   
 $3\ 933\ 782$ ,  $X_{14} \leq 274\ 668$ ,  $X_{15} \leq 4\ 232\ 468$ ;  
 4)  $0.488X_{11} + 0.256X_{12} + 9.148X_{13} +$   
 $0.5X_{14} + 2.3X_{15} \leq 0$ ,  
 $10.909X_1 + 1.227X_2 + 1.037X_3 + 0.587X_{11} +$   
 $2.87X_{12} + 0.716X_{13} + 0.074X_{14} - 95.952X_{15} \leq 0$ ;  
 5)  $0.346X_1 + 0.059X_2 + 0.038X_3 \leq$   
 $1\ 300\ 000$ ,  
 $23.691X_1 + 34.567X_2 + 26.208X_3 + 9.875X_4 +$   
 $15.509X_5 + 11.623X_6 + 21.638X_7 + 45.936X_8 +$

$32.104X_9 + 17.432X_{10} + 5.958X_{11} + 29.507X_{12} +$   
 $11.475X_{13} + 23.612X_{14} + 10.291X_{15} \leq$   
 $444\ 891\ 473$ ;  
 6)  $0.833X_1 + 0.5X_2 + 0.5X_3 + 0.767X_4 +$   
 $0.889X_5 + 0.613X_6 + X_7 + 0.557X_8 + X_9 + X_{10} +$   
 $X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 26\ 887\ 400$ ;  
 7)  $2.329X_1 + 0.041X_2 + 0.098X_3 + 3.586X_4 +$   
 $4.519X_5 + 0.523X_6 + 5.925X_7 + 1.538X_8 +$   
 $11.855X_9 + 11.689X_{10} + 1.936X_{11} + 1.858X_{12} +$   
 $1.195X_{13} + 1.382X_{14} + 3.719X_{15} \leq 85\ 099\ 022$ .

3.3 多方案比较分析

1987—1992年投入产出情况(模型)见表1。其中数据为1987—1992年的年平均,应用模型运筹获得的实际生产的投入/产出比(费效比)。

表1 1987—1992年投入产出模型(1986年不变价) 元  
 Table 1 The model of input-output in 1987—1992 (as in 1986) yuan

| 项目产值 |          | 大田作物             | 蔬菜                | 水果                | 鸡蛋               | 肉鸡                 | 猪                 | 牛              | 羊                 | 鱼      | 虾        | 产品生产     | 来料加工     | 修理业      | 原粮加工     | 其他工业     |
|------|----------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 大田作物 | $X_1$    | 204.7            |                   |                   |                  |                    |                   |                |                   |        |          |          |          |          |          |          |
| 蔬菜   | $X_2$    | 170.4            |                   |                   |                  |                    |                   |                |                   |        |          |          |          |          |          |          |
| ∴    | ∴        |                  |                   |                   |                  |                    |                   |                |                   |        |          |          |          |          |          |          |
| 修理业  | $X_{13}$ |                  |                   |                   |                  |                    |                   |                |                   |        |          | 48.8     | 25.6     | 85.2     | 50.0     | 230.0    |
| 原粮加工 | $X_{14}$ |                  |                   |                   |                  |                    |                   |                |                   |        |          |          |          |          |          |          |
| 其他工业 | $X_{15}$ | 1310.2<br>1090.9 | 207.4<br>103.7    | 245.4<br>122.7    |                  |                    |                   |                |                   |        |          | 57.8     | 287.0    | 71.6     | 7.2      | 404.8    |
| 折旧   | $C_1$    | 335.4<br>293.0   | 341.9<br>171.0    | 362.3<br>181.2    | 573.0<br>439.3   | 433.5<br>385.3     | 266.8<br>163.6    | 362.5<br>161.8 | 290.0<br>161.8    | 1157.0 | 1199.6   | 285.2    | 233.6    | 265.6    | 217.7    | 434.2    |
| 能源   | $C_2$    | 224.8<br>187.2   | 104.8<br>52.4     | 194.3<br>97.2     | 105.2<br>080.7   | 319.0<br>283.6     | 96.2<br>59.0      | 226.4          |                   | 269.3  |          | 891.8    | 114.8    | 205.2    | 225.0    | 981.8    |
| 物资   | $C_3$    | 5636.8<br>4693.4 | 3723.8<br>1861.9  | 5012.3<br>2506.2  | 8331.8<br>6387.7 | 10705.7<br>9516.2  | 9311.6<br>5034.8  | 13246.0        | 9036.9<br>5034.8  | 6107.7 | 6258.1   | 5730.9   | 5142.3   | 4412.9   | 5064.3   | 3885.9   |
| 以上合计 | $\Sigma$ | 7712.9<br>6421.2 | 4377.9<br>2189.0  | 5814.3<br>2907.3  | 9010.0<br>6907.7 | 11458.2<br>10185.1 | 9674.6<br>5933.7  | 13834.9        | 9327.3<br>5196.6  | 7534.0 | 7457.7   | 7014.2   | 5303.3   | 5040.5   | 5564.2   | 5936.7   |
| 工资   | $V$      | 2845.3<br>2369.1 | 6913.4<br>3456.7  | 5241.6<br>2620.8  | 1288.0<br>987.5  | 1744.8<br>1550.9   | 1894.6<br>1162.0  | 2163.8         | 8244.9<br>4593.6  | 3210.4 | 1742.3   | 595.8    | 2950.7   | 1147.5   | 2361.2   | 1029.1   |
| 税利   | $M$      | -358.2<br>1209.7 | -1291.3<br>4354.3 | -1055.9<br>4471.9 | -298.0<br>2104.8 | -3203.0<br>-1736.0 | -1569.2<br>2904.3 | -5998.7        | -7572.2<br>2098.0 | -744.4 | 800.0    | 2390.0   | 1246.0   | 3812.0   | 2074.6   | 3024.2   |
| 总收入  | $X_i$    | $X_1$            | $X_2$             | $X_3$             | $X_4$            | $X_5$              | $X_6$             | $X_7$          | $X_8$             | $X_9$  | $X_{10}$ | $X_{11}$ | $X_{12}$ | $X_{13}$ | $X_{14}$ | $X_{15}$ |
| 总产值  | $C_0$    | $X_1$            | $X_2$             | $X_3$             | $X_4$            | $X_5$              | $X_6$             | $X_7$          | $X_8$             | $X_9$  | $X_{10}$ | $X_{11}$ | $X_{12}$ | $X_{13}$ | $X_{14}$ | $X_{15}$ |
|      |          | $0.833X_1$       | $0.50X_2$         | $0.50X_3$         | $0.767X_4$       | $0.889X_5$         | $0.613X_6$        |                | $0.557X_8$        |        |          |          |          |          |          |          |

在规划的最优决策方程中,对部分产品的价格根据1986年市场进行了调整,这种调整并不影响目标的实现,因为在目标运算时已作相应调整。

在规划运筹中,对价格不调整的情况下和工副业发展速度比较快的情况下也进行了运筹,其结果见多方案比较(表2)。从表2可以得出以下结论:

表 2 1990, 1992 年经济发展规划方案比较 (1986 年不变价) 元  
 Table 2 Comparison of economic development plans in 1990 and 1992 (as in 1986) Yuan

| 调价*             | F      | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | X <sub>5</sub> | X <sub>6</sub> | X <sub>7</sub> | X <sub>8</sub> | X <sub>9</sub> | X <sub>10</sub> | X <sub>11</sub> | X <sub>12</sub> | X <sub>13</sub> | X <sub>14</sub> | X <sub>15</sub> |
|-----------------|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| A <sub>11</sub> | 22 479 | 18 657         | 4 312          | 3 464          | 14 375         | 19 200         | 5 857          | 761            | 44             | 455            | 9 810           | 23 503          | 2 162           | 35 681          | 2 614           | 38 390          |
| A <sub>21</sub> | 57 342 | 30 581         | 17 208         | 13 854         | 35 860         | 21 600         | 17 188         | 761            | 79             | 455            |                 | 23 503          | 1 959           | 35 681          | 2 614           | 38 390          |
| A <sub>12</sub> | 22 256 | 23 496         | 4 302          | 3 464          | 26 726         | 19 200         | 5 857          | 761            | 44             | 455            | 15 000          | 23 503          | 2 162           | 35 681          | 2 514           | 38 390          |
| A <sub>22</sub> | 57 342 | 30 581         | 17 208         | 13 854         | 35 860         | 21 600         | 17 188         | 761            | 79             | 455            |                 | 23 503          | 1 959           | 35 681          | 2 614           | 38 390          |
| A <sub>13</sub> | 29 030 | 18 657         | 4 302          | 3 464          | 14 375         | 19 200         | 5 857          | 761            | 44             | 455            | 11 752          | 23 310          | 2 381           | 42 978          | 2 879           | 46 241          |
| A <sub>23</sub> | 56 273 | 22 411         | 17 208         | 13 854         | 35 860         | 21 600         | 17 188         | 761            | 2 128          | 455            |                 | 18 592          | 1 959           | 42 978          | 2 369           | 46 241          |
| B <sub>11</sub> | 25 740 | 18 657         | 4 302          | 346 400        | 14 375         | 19 200         | 5 858          | 761            | 44             | 455            | 10 511          | 25 911          | 2 272           | 39 338          | 2 747           | 42 325          |
| B <sub>21</sub> | 75 971 | 30 889         | 25 812         | 20 781         | 52 291         | 21 600         | 28 647         | 761            | 25 438         | 455            | 15 000          | 25 911          | 2 272           | 39 338          | 2 747           | 42 325          |
| B <sub>12</sub> | 15 446 | 25 753         | 8 604          | 10 390         | 40 090         | 37 613         | 17 570         | 761            | 44             | 455            | 15 000          | 25 911          | 2 272           | 39 338          | 2 747           | 42 325          |
| B <sub>22</sub> | 75 971 | 30 889         | 25 812         | 20 781         | 52 291         | 21 600         | 28 647         | 761            | 25 438         | 455            | 15 000          | 25 911          | 2 272           | 39 338          | 2 747           | 42 325          |
| B <sub>13</sub> | 36 034 | 29 326         | 4 302          | 5 833          | 40 090         | 19 200         | 5 856          | 761            | 44             | 455            | 15 000          | 34 254          | 2 625           | 52 003          | 3 174           | 55 952          |
| B <sub>23</sub> | 82 204 | 22 411         | 25 812         | 20 781         | 52 291         | 21 600         | 28 647         | 761            | 79             | 455            | 771.1           | 34 254          | 2 625           | 52 002          | 3 174           | 55 952          |

\* A<sub>1i</sub>, A<sub>2i</sub>为 1990 年不调价和调价; B<sub>1i</sub>, B<sub>2i</sub>为 1992 年不调价和调价; i = 1, 2, 3

1) 价格调整是必要的, 因为, a. 如果价格与价值背离太大, 则生产越发展油田负担越重, 越不利于企业获得应有物质消耗的补偿, 越不利于调动企业的生产积极性。如 A<sub>12</sub>与 B<sub>12</sub>的对比。b. 不进行价格调整, 就不能实现企业的自我发展。发展生产就只能依靠外部投资, 否则就不能达到既定目标。如 A<sub>11</sub>和 B<sub>11</sub>的结果。c. 从整个经济体制改革发展趋势看, 农产品价格开放是必然趋势和要求。

在规划中选择价格调整的运筹结果还因为只有这样才能真正认识企业的生产力和经济效率, 发挥其应有的效益。

2) 工副业的发展对企业经济效益的影响较大, A<sub>13</sub>, B<sub>13</sub>。因此, 对工副业发展应予以一定的重视, 不应片面强调一定以农业为中心, 农村经济发展的二元结构即农业和与农业无直接联系的工业同时发展是中国农村经济的特点, 不仅不会阻碍而且能够保证和促进农业发展。

根据模型运筹, 预测 2000 年经济结构功能如表 3 所示。

### 3.4 经济发展规划主要指标计算

规划中的各项主要指标, 用数学方法表示, 可获得下列方程, 应用这些方程可计算得任一年度的各项指标值。其中 X<sub>15</sub>, X<sub>16</sub>, X<sub>17</sub>, X<sub>18</sub>, X<sub>19</sub>按 2000 年模型 (参见表 3) 重新定义: X<sub>15</sub>为食品罐头工业产值, X<sub>16</sub>为屠宰工业产值, X<sub>17</sub>为农副产

品利用工业产值, X<sub>18</sub>为其他工业产值, X<sub>19</sub>为其他产业产值。

#### 3.4.1 年度总产值

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3 + C_4。$$

$$C_1 = 0.833X_1 + 0.5X_2 + 0.5X_3,$$

$$C_2 = 0.767X_4 + 0.889X_5 + 0.613X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10},$$

$$C_3 = X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15},$$

$$C_4 = X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19}。$$

结构: C<sub>1</sub>/C<sub>0</sub>, C<sub>2</sub>/C<sub>0</sub>, C<sub>3</sub>/C<sub>0</sub>, C<sub>4</sub>/C<sub>0</sub>。

#### 3.4.2 年度国民收入

$$G_{S0} = G_{S1} + G_{S2} + G_{S3} + G_{S4}。$$

$$G_{S1} = 35.788X_1 + 78.11X_2 + 70.927X_3,$$

$$G_{S2} = 30.923X_4 - 1.851X_5 + 40.663X_6 - 38.349X_7 + 48.034X_8 + 24.66X_9 + 25.423X_{10},$$

$$G_{S3} = 29.858X_{11} + 41.967X_{12} + 49.595X_{13} + 44.358X_{14} + 40.633X_{15},$$

$$G_{S4} = 33.3X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19}。$$

#### 3.4.3 年度能源消耗

$$N = 1.872X_1 + 0.524X_2 + 0.972X_3 + 0.807X_4 + 2.836X_5 + 0.59X_6 + 0.264X_7 + 2.693X_9 + 8.918X_{11} + 1.148X_{12} + 2.052X_{13} + 2.25X_{14} + 9.816X_{15} + 3(X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19})。$$

表 3 2000 年经济结构功能数学模型  
Table 3 Mathematical model of economic structure function

| 项目<br>产值 | 本企业内部消耗          |            |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             | 最终产品        |             |          |      |      |    |    |                   |          |
|----------|------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|----------|------|------|----|----|-------------------|----------|
|          | 大田作物             | 蔬菜         | 水果        | 鸡蛋         | 肉鸡         | 猪          | 牛          | 羊          | 鱼         | 虾           | 产品生产        | 来料加工        | 修理业         | 原粮加工     | 食品罐头工业      | 屠宰工业       | 农副产品利用工业    | 其他工业        | 其他产业        | 合计       | 油田上调 | 农场自销 | 内销 | 储备 | 合计                |          |
| 大田作物     | $X_{1,n}$        | $X_{1,1}$  |           | $X_{1,4}$  | $X_{1,5}$  | $X_{1,6}$  | $X_{1,7}$  | $X_{1,8}$  | $X_{1,9}$ | $X_{1,10}$  |             |             |             |          | $X_{1,14}$  | $X_{1,15}$ |             | $X_{1,17}$  |             |          |      |      |    |    | $Y_1$             |          |
| 蔬菜       | $X_{2,n}$        |            | $X_{2,2}$ | $X_{2,4}$  | $X_{2,5}$  | $X_{2,6}$  | $X_{2,7}$  | $X_{2,8}$  | $X_{2,9}$ | $X_{2,10}$  |             |             |             |          | $X_{2,15}$  |            | $X_{2,17}$  |             |             |          |      |      |    |    | $Y_2$             |          |
| 水果       | $X_{3,n}$        |            |           | $X_{3,3}$  |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          | $X_{3,15}$  | $X_{3,17}$ |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_3$             |          |
| 鸡蛋       | $X_{4,n}$        | $X_{4,1}$  | $X_{4,2}$ | $X_{4,3}$  | $X_{4,4}$  |            |            |            |           |             |             |             |             |          | $X_{4,15}$  | $X_{4,17}$ |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_4$             |          |
| 肉鸡       | $X_{5,n}$        | $X_{5,1}$  | $X_{5,2}$ | $X_{5,3}$  | $X_{5,5}$  |            |            |            |           |             |             |             |             |          | $X_{5,15}$  | $X_{5,17}$ |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_5$             |          |
| 猪        | $X_{6,n}$        | $X_{6,1}$  | $X_{6,2}$ | $X_{6,9}$  |            | $X_{6,6}$  |            |            |           |             |             |             |             |          | $X_{6,15}$  | $X_{6,16}$ | $X_{6,17}$  |             |             |          |      |      |    |    | $Y_6$             |          |
| 牛        | $X_{7,n}$        | $X_{7,1}$  | $X_{7,2}$ | $X_{7,3}$  |            |            | $X_{7,7}$  |            |           |             |             |             |             |          | $X_{7,15}$  | $X_{7,16}$ | $X_{7,17}$  |             |             |          |      |      |    |    | $Y_7$             |          |
| 羊        | $X_{8,n}$        | $X_{8,1}$  | $X_{8,2}$ | $X_{8,3}$  |            |            |            | $X_{8,8}$  |           |             |             |             |             |          | $X_{8,15}$  | $X_{8,16}$ | $X_{8,17}$  |             |             |          |      |      |    |    |                   |          |
| 鱼        | $X_{9,n}$        |            |           |            |            |            |            |            | $X_{9,9}$ |             |             |             |             |          | $X_{9,15}$  |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_9$             |          |
| 虾        | $X_{10,n}$       |            |           |            |            |            |            |            |           | $X_{10,10}$ |             |             |             |          | $X_{10,15}$ |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_{10}$          |          |
| 产品生产     | $X_{11,n}$       |            |           |            |            |            |            |            |           |             | $X_{11,11}$ |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_{11}$          |          |
| 来料加工     | $X_{12,n}$       |            |           |            |            |            |            |            |           |             |             | $X_{12,12}$ |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_{12}$          |          |
| 修理业      | $X_{13,n}$       |            |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             | $X_{13,13}$ |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_{13}$          |          |
| 原粮加工     | $X_{14,n}$       |            |           | $X_{14,4}$ | $X_{14,5}$ | $X_{14,6}$ | $X_{14,7}$ | $X_{14,8}$ |           |             |             |             |             |          | $X_{14,15}$ |            |             |             |             |          |      |      |    |    |                   | $Y_{14}$ |
| 食品罐头工业   | $X_{15,n}$       | $X_{15,1}$ |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            | $X_{15,17}$ |             |             |          |      |      |    |    | $Y_{15}$          |          |
| 屠宰工业     | $X_{16,n}$       | $X_{16,1}$ |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_{16}$          |          |
| 农副产品利用工业 | $X_{17,n}$       | $X_{17,1}$ |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $Y_{17}$          |          |
| 其他工业     | $X_{18,n}$       | $X_{18,1}$ |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             | $X_{18,18}$ |             |          |      |      |    |    | $Y_{18}$          |          |
| 其他产业     | $X_{19,n}$       |            |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             | $X_{19,19}$ |          |      |      |    |    | $Y_{19}$          |          |
| 合计       | $\Sigma X_{n,n}$ |            |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    |                   |          |
| 折旧       | $C_1$            | $C_{1,1}$  | $C_{1,2}$ |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $C_{1,18}$        |          |
| 能源       | $C_2$            | $C_{2,1}$  | $C_{2,2}$ |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $C_{1,18}$        |          |
| 物资       | $C_3$            | $C_{3,1}$  | $C_{3,2}$ |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $C_{1,18}$        |          |
| 合计       | $\Sigma C_{mn}$  |            |           |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    |                   |          |
| 企业管理费    | $G$              | $G_1$      | $G_2$     |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $G_{18}$ $G_{19}$ |          |
| 劳动工资     | $V$              | $V_1$      | $V_2$     |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $V_{18}$ $V_{19}$ |          |
| 企业成本     | $S$              | $S_1$      | $S_2$     |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $S_{18}$ $S_{19}$ |          |
| 税金及利润    | $M$              | $M_1$      | $M_2$     |            |            |            |            |            |           |             |             |             |             |          |             |            |             |             |             |          |      |      |    |    | $M_{18}$ $M_{19}$ |          |
| 产品总值     | $P$              | $X_1$      | $X_2$     | $X_3$      | $X_4$      | $X_5$      | $X_6$      | $X_7$      | $X_8$     | $X_9$       | $X_{10}$    | $X_{11}$    | $X_{12}$    | $X_{13}$ | $X_{14}$    | $X_{15}$   | $X_{16}$    | $X_{17}$    | $X_{18}$    | $X_{19}$ |      |      |    |    |                   |          |

3.4.4 年度物资消耗

$$W = 46.934X_1 + 18.619X_2 + 25.062X_3 + 63.877X_4 + 95.112X_5 + 57.111X_6 + 132.46X_7 + 50.348X_8 + 1.077X_9 + 62.581X_{10} + 57.309X_{11} + 51.423X_{12} + 44.129X_{13} + 50.643X_{14} + 38.859X_{15} +$$

$$55 (X_{16} + X_{17} + X_{18} + X_{19})。$$

4 结论

胜利油田生态农场在建设的 8 年 (1989—1996) 间, 根据外部条件的变化, (下转第 32 页)

- [9] 王 硕, 刘 云. 虚拟营销系统研究[J]. 预测, 2001, 20(6): 24~26
- [10] Satty T L. The analytic hierarchy process[M]. New York: McGraw Hill, 1980. 16~48
- [11] 贺仲雄. 软科学决策[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1988. 213~232
- [12] 吴俊卿. 绩效评价的理论与方法[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1992. 128~141
- [13] 贺仲雄. 模糊数学及其派生决策方法[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1992
- [14] 王 硕, 费树岷. 应用与发展研究国际合作绩效评价系统[J]. 科研管理, 2001, 22(5): 45~48
- [15] 阎 皓, 贺仲雄. 权重分析系统[J]. 系统工程与电子技术, 1992, (4): 41~44

## AFHW Approach to Virtual Enterprise Agility Measurement

Wang Shuo<sup>1</sup>, Tang Xiaowo<sup>2</sup>

(1. Economics and Management School of Southeast University, Nanjing 210096, China; 2. Management School of University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

[Abstract] In this paper, the virtual enterprise agility evaluation index system was put forward, meanwhile, a new AFHW model which combines improved analytic hierarchy process(AHP) with improved fuzzy and gray and matter element method(FHW) was presented in order to carry out experts consultation and the virtual enterprise agility measurement. At last, an enterprise case was used to demonstrate with the developed support system that virtual enterprise agility measurement was effective.

[Key words] virtual enterprise; agility measurement; AFHW model; analytic hierarchy process(AHP); fuzzy and gray and matter element method(FHW)

(上接第22页)多次通过数学模型的计算适时地进行了调整,保证了农场建设的顺利进行,并取得良好的预期效果。实践证明,对结构复杂、多变量的大型农业生态工程,采用投入产出模型和线性规划模型相结合的方式建立适用的数学模型是合适的,对指导实际建设,保证建设的顺利进行是十分重要的。在建立模型中,虽然重视了价格的调整,但在市场经济的条件下,价格变动频繁,如何适时反映并调整模型参数,还需要继续加以研究。

### 参考文献

- [1] 牛文元. 农业自然条件分析[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 282~286
- [2] 卞有生, 宋秀杰. 能量生态学在农业生态系统研究中的应用[J]. 农村生态环境, 1994, 10(1): 9~12
- [3] 卞有生. 区域生态经济规划编制导则[J]. 农村生态环境, 1995, 11(2): 49~52
- [4] 卞有生. 留民营生态农业系统[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988. 207~227

## The Mathematical Model for Large-sized Agro-ecological Engineering

Bian Yousheng, Wang Tianxi, Chen Zhenglong, Cui Bin

(Beijing Municipal Research Academy of Environmental Protection, Beijing 100037, China)

[Abstract] This paper has set up a mathematical model of economic development, which combines the linear program model and the input-output model, based on analyzing the systematic structure and program objectives in the farm of Shengli Oil Fields. It has achieved satisfactory results in eight years by means of the mathematical model to guide the economic production in the farm and proved that the established model is right.

[Key words] agro-ecological engineering; mathematical model; Shengli Oil Fields