

《灰色系统理论》

在广西石山地区大农业发展

战略研究中的应用

莫宁德 谢义林 李先琨 莫权辉 赵志国

(广西植物研究所)

〔提要〕本文简要地介绍《灰色系统理论》的GM(1,1)、GM(1,N)、关联分析、动态仿真、灰色线性规划和多目标灰色局势决策模型或方法在广西石山地区大农业发展战略研究中的应用情况。

《灰色系统理论》是我国学者邓聚龙教授1982年在国际上首先提出来的。它包括：灰色预测、灰色关联分析、灰色决策和控制等方面的内容。几年来，在农业、工业、国防、社会、经济和总体规划等领域中得到了广泛的应用。在广西石山地区大农业发展战略的研究中，我们以“灰色系统理论”为主要的定量分析手段，运用GM(1,1)、GM(1,N)、关联分析、动态仿真、灰色线性规划和多目标灰色局势决策等模型和方法，对广西石山地区大农业系统未来的自然发展态势进行预测，系统的现状进行“诊断”分析，系统投资、政策等变化情况进行动态仿真试验，系统未来的产业结构进行调整和优化，各区的农业发展重点进行多目标灰色局势决策。下面就各种模型或方法的应用情况作一个简要的介绍：

1, GM(1,1)模型的应用

GM(1,1)模型是一种连续性的微分方程模型，其形式是：

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$$

其解为

$$x_{(t+1)}^{(1)} = \left(x_{(1)}^{(0)} - \frac{u}{a} \right) e^{-at} + \frac{u}{a}$$

本文于1988年12月21日收到。

本研究在李晓南(高级农艺师)、苏宗明(副研究员)指导下完成，并得到华中理工大学邓聚龙教授、陈绵云、蒙万融副教授的热情帮助，在此表示感谢！

a和u为待辨参数。

其模型的用途是：

(1) 可以对系统行为特征量大小的变化趋势进行数列预测，以期了解这些行为特征量在下一时刻的值域。

(2) 可以对系统行为特征量超过某个界限（阈值）的异常值出现时刻进行灾变预测。

(3) 可以用于行为特征量异常值在特定时区内（如一年）的季节灾变预测。

(4) 可以对一段时间内行为特征数据波形进行拓朴预测，以期了解一个变化不规则的行为数据列的总体发展变化态势。

(5) 可以对系统进行综合预测，了解整个系统的变化及系统各环节的发展变化态势。

在研究工作中，我们以GM(1,1)模型为主要的预测手段，对广西石山地区大农业系统未来的自然发展态势进行预测，以便了解系统未来的自然发展状态和趋势，制定未来发展的战略目标体系。比如有下述农业总产值（单位：万元）序列（1978—1986），

(138941, 138464, 140358, 150407, 172716, 175693, 174680,
180924, 183761)

作一次累加生成后得到1-AGO序列 $x^{(1)}$ ，

(138941, 277405, 417763, 568170, 740886, 916579, 1091259,
1272183, 1455944)

对 $x^{(1)}$ 可以建立GM(1,1)模型，通过电算，模型参数，

$$\hat{a} = \begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.0421 \\ 74768029 \end{bmatrix}$$

模型的形式是，

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} - 0.0421x^{(1)} = 74768029,$$

$$\hat{x}^{(1)}_{(t+1)} = 3286675e^{0.421t} - 3147734$$

预测结果：

$$1990年 \quad \hat{x}^{(0)} = 224765$$

$$1995年 \quad \hat{x}^{(0)} = 277463$$

$$2000年 \quad \hat{x}^{(0)} = 342516$$

模型精度检验情况：

原点误差 $q_0 = -3.35\%$

后验差比值 $C = 0.2156$ (好的)

小误差频率 $P = 1$ (好的)

关联度 $S = 0.7251$

在研究工作中，我们还运用了GM(1,1)模型，预测灰色线性规划中各种参数未来的变化情况。

2. 关联分析的应用

关联分析是指各种因子之间关联性的分析,其作用可以分析和比较各子因子之间关联程度的情况,以及对其母因子影响的大小,分析系统自然状态的结构,确定行业重点,比较发展态势等。由于构成系统的因子很多,我们把它们大致的分成两种类型,一种是结构因子,另一种是影响因子。根据系统这一特性,在研究工作中,我们分别进行了结构因子和影响因子两种类型的关联分析,简称结构关联分析和因素关联分析。

(1) 结构关联分析,主要是指系统内结构子因子与其母因子关联性的分析;其目的是为了了解系统内各结构子因子对其母因子的作用或影响的大小,建立系统结构关联树,以便了解系统自然状态的结构,确定行业的重点。例如,种植业、林业、牧业、副业和渔业(简称“五业”)产值与农业总产值的关联分析,其关联度(原始数据未进行初值化处理)是,

$$\text{种植业} \quad r_1 = 0.9024$$

$$\text{林业} \quad r_2 = 0.5502$$

$$\text{牧业} \quad r_3 = 0.6029$$

$$\text{副业} \quad r_4 = 0.5862$$

$$\text{渔业} \quad r_5 = 0.5347$$

其关联序是: $r_1 > r_3 > r_4 > r_2 > r_5$, 结果表明广西石山地区大农业系统是以种植业为主体,结构单一。

(2) 因素关联分析,主要是指各种影响因子与系统结构因子关联性的分析;其目的是为了了解系统内哪些因子对其结构的影响或作用最大,找出系统存在的问题及其原因。例如,有效灌溉面积、厩肥产量和农村化肥施用(纯)量与粮食总产量的关联分析,其关联度是,

$$\text{有效灌溉面积} \quad r_1 = 0.8488$$

$$\text{厩肥产量} \quad r_2 = 0.6662$$

$$\text{农村化肥施用(纯)量} \quad r_3 = 0.6286$$

其关联序是: $r_1 > r_2 > r_3$, 结果表明:这几年来,广西石山地区有效灌溉面积的变化情况对粮食总产量的影响很大,有效灌溉面积的减少是石山地区粮食产量减少的主要因素之一。

3. GM(1,N)协调模型的应用

GM(1,N)协调模型是指各因子之间的动态量化关系的协调模型,建立此模型,不仅能够分析比较和了解系统内各子因子对其母因子作用或影响的大小,而且,还可以分析和了解各因子之间动态量化的协调关系,以及对其母因子的综合作用情况等。其模型的形式是:

$$\frac{dx_0^{(1)}}{dt} + ax_0^{(1)} = bx_1^{(1)} + b_2x_2^{(1)} + \dots + b_nx_n^{(1)}$$

模型参数 b_1, b_2, \dots, b_n 反映各子因子 x_1, x_2, x_n 对其母因子 x_0 的动态关联,反映因子之间协调的量化关系;参数 a , 反映母因子 x_0 在子因子 x_1, x_2, \dots, x_n 作用下的发展速度, 倘使 x_1, x_2, \dots, x_n 配合得当, 使 $a < 0$, 则将出现持续发展的好势头, 如果 $a > 0$, 则表明因子 x_1, x_2, \dots, x_n 对 x_0 的发展不是很协调的, 并且在 $a > 0$ 时, a 越大, x_1, x_2, \dots, x_n 对 x_0 发展的不协调性越突出。

根据系统因子的组成特性,在研究工作中,我们建立了结构因子的GM(1,N)协调模型和影响因子的GM(1,N)协调模型,分别简称为GM(1,N)结构协调模型和GM(1,N)因素协调模型。

(1) GM(1,N)结构协调模型:它是指系统内结构子因子与其母因子动态量化关系的协调模型,建立该模型可以了解系统内结构因子间动态量化的协调关系,比较各子因子对其母因子的作用大小,分析相互间的协调关系,以及综合对其母因子的作用情况等。例如:“五业”产值与农业总产值的GM(1,6)结构协调模型(原始数据未进行初值化处理)是,

$$\frac{dx_0^{(1)}}{dt} + 2.0938x_0^{(1)} = 1.75x_1^{(1)} + 3.5938x_2^{(1)} + 4.125x_3^{(1)} + 1.4063x_4^{(1)} - 20x_5^{(1)}$$

模型发展系数 $a = 2.0938$

协调系数: 种植业 $b_1 = 1.75$

林 业 $b_2 = 3.5938$

牧 业 $b_3 = 4.125$

副 业 $b_4 = 1.4063$

渔 业 $b_5 = -20$

模型的结果表明,在“五业”产值中,牧业对农业总产值的协调作用最大,其次是林业,再其次是种植业、副业和渔业;由于 $a = 2.0938 > 0$,且 $|a| > 1$,说明种植业、林业、牧业、副业和渔业相互间的协调机制不很理想,综合对农业总产值的作用也不很稳定。

(2) GM(1,N)因素协调模型:它是指各种影响因子与系统结构因子动态量化关系的协调模型,建立该模型的目的是为了分析和了解哪些因子对系统结构的作用最大,哪些因子的作用没有得到发挥,以及它们之间的协调关系,综合对其结构的作用情况等,以便进行系统的动态仿真试验。在研究工作中,我们分别建立了农业总产值生产子块、粮食生产子块,农村人均收入分配子块,人均受教育年限子块和财政赤字子块的GM(1,N)因素协调模型,其模型群如下:

农业生产子块模型:

$$\frac{dx_z^{(1)}}{dt} + 2.0043x_z^{(1)} = 2.1338x_1^{(1)} + 4.78 \times 10^{-4}x_2^{(1)} + 3.2 \times 10^{-3}x_3^{(1)} - 0.1411x_j^{(1)}$$

农村收入分配子块模型:

$$\frac{dx_s^{(1)}}{dt} + 3.4766x_s^{(1)} = 4.3125x_z^{(1)} + 11.0313x_3^{(1)} - 1.6992x_L^{(1)} - 11.3125x_4^{(1)}$$

财政赤字子块模型:

$$\frac{dx_c^{(1)}}{dt} + 0.7054x_c^{(1)} = -0.2953x_L^{(1)} + 3.5588x_5^{(1)} - 2.1323x_6^{(1)}$$

粮食生产子块模型:

$$\frac{dx_L^{(1)}}{dt} + 1.6021x_L^{(1)} = 3.3672x_7^{(1)} + 0.1719x_8^{(1)} - 1.7656x_9^{(1)}$$

教育子块模型,

$$\frac{dx_j^{(1)}}{dt} + 1.6172 x_j^{(1)} = 0.0267 x_{10}^{(1)} + 1.2813 x_{11}^{(1)} + 0.4922 x_{12}^{(1)} - 0.1123 x_5^{(1)}$$

式中, X_z —农业总产值,

x_5 —农村人均收入,

x_j —人均受教育年限

x_2 —科技投资,

x_4 —农村总人口,

x_6 —财政收入,

x_8 —粮食生产投资,

x_{10} —教育经费,

x_{12} —在职工人数。

x_L —人均产粮,

x_c —财政赤字,

x_1 —农业生产投资,

x_3 —乡镇企业总收入,

x_7 —事业单位工资总额,

x_9 —粮食播种面积,

x_{11} —社会总人口,

x_{11} —在校学生人数,

4. 动态仿真研究的应用

所谓仿真,就是指模仿真实情况,而进行各种假设性的实验,系统的仿真可分为现在系统和未来系统的仿真。现在系统的仿真是指在现在系统的条件下,建立系统的模型,通过改变系统的输入或结构等条件,来观察系统的输出反应变化情况,以期了解现在系统的功能状态,在广西石山地区大农业的发展战略研究中,为了了解石山地区大农业现在系统的功能状态,在系统因素协调模型分析的基础上,我们分析进行了改变系统投资、政策或结构等情况的动态仿真试验,试验的情况是:

(1) 增加农业生产的投资,其增加量为原来的5%、10%、15%、20%、25%、30%,试验结果,系统(农业总产值)的响应幅度得到了提高,为107%、113%、119%、125%、132%、138%,响应过程的变化很小。

(2) 增加科技投资,其增加量为原来的10%、20%、30%,试验结果,农业总产值的响应幅度和响应过程都没有多大变化。

(3) 增加教育的投资,其增加量为原来的10%、20%、30%,试验结果与增加科技投资的效果差不多,其响应幅度和响应过程均没有多大变化。

(4) 稳定教育子块的投资状况,增加农业生产和科技的投资,其组合情况是: {5%、10%、15%、20%、25%、30%} 和 {10%、20%、30%}, 试验结果与单独增加农业生产投资的效果差不多。

(5) 稳定科技投资的状况,增加农业生产和教育的投资,其组合的情况是 {5%、10%、15%、20%、25%、30%} 和 {10%、20%、30%}, 试验结果也是与单独增加农业生产投资的效果差不多。

(6) 同时增加农业生产、科技和教育的投资,其组合情况分别是: {5%、10%、15%、20%、25%、30%}、{10%、20%、30%} 和 {10%、20%、30%}, 试验的结果也与单独增加农业生产投资的效果差不多。

(7) 增加系统的总投资,其增加量为原来的15%,农业生产、科技和教育的投资分别按不同的比例进行组合,例如,农业生产的投资占30%,科技投资占50%、教育投资则占

20%；或农业生产投资占50%，科技投资占30%，则教育投资占20%等。试验的结果，农业总产值和农村人均收入的响应幅度随着农业生产投资所占百分比的增加而增加，并且，两者的上升幅度基本一致。

(8) 调整农业总产值生产子块模型的发展系数，由原来的2.0043调整到1.5，1.0，0.5，试验结果农业总产值和农村人均收入的响应幅度都得到了提高，分别为140%，218%，425%和130%，190%，347%。

(9) 调整农村人均收入分配子块模型的发展系数，由原来的3.4766调整到2.5，2.0，1.5，试验结果，农村人均收入的响应幅度得到了提高，为144%，138%，249%。

(10) 同时调整农业总产值生产子块和农村人均收入分配子块模型的发展系数，其组合是：{1.5，1.0，0.5}和{2.5，2.0，1.5}，试验结果农业总产值和农村人均收入的响应幅度都得到了大幅度的提高。

(11) 提高教育对农业总产值的协调作用系数，由原来的-0.14提高到0.2，0.5，试验结果，农业总产值和农村人均收入的响应幅度得到了提高，分别为119%，134%和115%，126%。

(12) 提高科技对农业总产值的协调作用系数，由原来的4.73×提高到0.4，0.7，试验结果农业总产值和农村人均收入的响应幅度也得到了提高，分别为148%，212%和137%，185%。

(13) 同时提高教育和科技对农业总产值的作用系数，其组合是{0.2，0.5}和{0.4，0.7}，试验结果比单一地提高教育或科技作用系数的效果要大得多。农业总产值和农村人均收入的响应幅度分别是172%，266%和155%，227%。

(14) 稳定粮食的播种面积（稳定在1981年的水平上），试验结果可使人均产粮的响应幅度提高到112%，财政赤字下降2%，农村人均收入减少3%。

(15) 控制人口的增长，把人口的自然增长率控制在14%，12%，结果对人均产粮、农村人均收入和财政赤字的影响不大。

(16) 增加粮食生产的投资，其增加量为原来的5%、10%、15%、20%、25%、30%，结果对人均产粮，人均收入和财政赤字的影响也不大。

(17) 在稳定粮食播种面积的同时，控制人口的增长，增加生产投资，其结果比单一地稳定面积的效果要略好一些，但也不是很理想。例如，当人口的自然增长率控制在12%，粮食生产投资增加原来的30%，播种面积稳定在1981年的水平，人均产粮的响应幅度只提高到117%，财政赤字只下降2.3%。

仿真试验的结果表明：(1) 几年来，广西石山地区农业总产值的增长和农村人均收入的增加，主要是依靠农业生产投资的增加，科技和教育几乎没有发挥什么作用，致使系统的响应过程没有得到延长，仍然保持现在的状况，也就是说石山地区农业总产值和农村人均收入依靠农业生产投资的增加而增加，是不稳定而又短暂的。

(2) 稳定粮食播种面积，对于人均产粮的增加，财政赤字的减少，都有一定的作用，但是，也可能使农村人均的收入减少，其原因是由于粮食、人均收入分配子系统是一个复杂而又多变的系统，它的变化和发展不仅要受到自然条件的约束，而且还要受到人为因素（如政策、价格等）的影响，比如，近些年来，由于产业结构的调整只是在那几分耕地上做文

章,在稳定粮食播种面积的同时,就会减少经济作物的播种面积,加上粮食价格普遍偏低,就势必影响到农村人均收入的增加。控制人口和增加粮食生产的投资,对人均产粮,人均收入和财政赤字的影响不大,其原因是由于石山地区人口的基数过大,将人口控制在14%或12%其变化很小。再且,粮食生产的提高,一靠政策,二靠科学种田,十一届三中全会后,我们靠落实政策粮食生产上去了,今后,粮食生产的提高,单靠政策效果已不那么显著,而只有提高科学种田水平。在科学种田水平还没有取得一个突破性的进展时,单增加粮食生产的投资对人均产量的增加作用不是很显著的。

(3)降低农业总产值生产子块和农村人均收入分配子块的模型发展系数,可以协调系统因子之间的关系,提高系统输出的响应幅度和响应过程,增加农业总产值和提高农村人均收入;提高科技和教育对农业总产值的协调作用,也可以改善系统内因子之间的协调关系,延长系统的响应过程,和提高系统输出的响应幅度,提高农业总产值和农村人均收入。总之,要改善广西石山地区农业现状,必须要协调系统中各因子间及其对母因子的关系,改善系统的结构和功能。

5. 灰色线性规划的应用

灰色线性规划就是指含有灰色参数(x_{ij})或随时间而变化的参数的线性规划,其特点是:①它是一个随时间而变的多变量系统,是一种动态的规划;②它不仅反映现在条件下的最优关系,还可以知道最优关系的发展变化情况;③它的最优解不是一个单一的值,而是一个灰区间。在研究工作中,我们运用了“灰色线性规划”对广西石山地区大农业系统的结构进行了调整和优化,其模型的形式是:

目标函数(农业总产值):

$$f = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \max f$$

约束条件:

$$(1) a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + a_{15}x_5 \leq b_1 \quad (\text{资金})$$

$$(2) a_{21}x_1 \leq b_{21} \quad (\text{耕地})$$

$$(3) a_{22}x_2 \leq b_{22} \quad (\text{林地})$$

$$(4) a_{23}x_3 \leq b_{23} \quad (\text{牧地})$$

$$(5) a_{25}x_5 \leq b_{25} \quad (\text{水面})$$

$$(6) a_{31}x_1 \geq b_3 \quad (\text{粮食总产量})$$

$$(7) a_{33}x_3 \geq b_3 \quad (\text{粮食总产量})$$

$$(8) a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{44}x_4 + a_{45}x_5 \leq b_4 \quad (\text{劳动力})$$

$$(9) a_{51}x_1 + a_{52}x_2 + a_{53}x_3 + a_{54}x_4 + a_{55}x_5 \leq b_5 \quad (\text{电力})$$

式中, x_i 为农、林、牧、副、渔各业的产值, a_{ij} 和 b_{ij} 都是随时间而变化的灰色参数。

根据大农业系统未来的发展趋势,结合未来发展的需要和许多专家的意见,确定了模型的各种参数,求得广西石山地区大农业1990、1995和2000年产业结构灰色线性优化模型。

一九九〇年:

目标函数:

$$f = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \max f$$

约束条件:

$$(1) 0.4x_1 + 0.25x_2 + 0.6x_3 + 0.254x_4 + 0.25x_5 \leq \otimes(b_1)$$

$$(2) 0.01x_1 \leq 1140$$

$$(3) \otimes(a_{22})x_2 \leq 3500$$

$$(4) 0.051x_3 \leq 2800$$

$$(5) \otimes(a_{25})x_5 \leq 48$$

$$(6) 5.2x_1 \geq 560000$$

$$(7) 10.4x_3 \geq 560000$$

$$(8) 20x_1 + 7.54x_2 + 7.31x_3 + 7.43x_4 + 3.45x_5 \leq 3500000$$

$$(9) 0.18x_1 + 0.15x_2 + 0.0578x_3 + 0.28x_4 + 0.05x_5 \leq \otimes(b_9)$$

其中：灰色参数 $\otimes(b_1) \in [87000, 92000]$

$$\otimes(b_9) \in [33000, 35000]$$

$$\otimes(a_{22}) \in [0.175, 0.2]$$

$$\otimes(a_{25}) \in [0.019, 0.02]$$

的灰色区间（单位：亿元）：

$$x_1 \in [10, 11.5]$$

$$x_2 \in [1.7, 2.0]$$

$$x_3 \in [5.0, 5.5]$$

$$x_4 \in [2.6, 3.2]$$

$$x_5 \in [0.24, 0.26]$$

$$f \in [19.54, 22.46]$$

一九九五年

目标函数：

$$f = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \max f$$

约束条件：

$$(1) 0.45x_1 + 0.3x_2 + 0.55x_3 + 0.3x_4 + 0.25x_5 \leq \otimes(b_1)$$

$$(2) 0.0085x_1 \leq 1130$$

$$(3) \otimes(a_{22})x_2 \leq 4000$$

$$(4) 0.0315x_3 \leq 2800$$

$$(5) \otimes(a_{25})x_5 \leq 48$$

$$(6) 4.975x_1 \geq 640000$$

$$(7) 8.12x_3 \geq 640000$$

$$(8) 10x_1 + 4.74x_2 + 5.69x_3 + 5.43x_4 + 3x_5 \leq 3200000$$

$$(9) 0.2x_1 + 0.175x_2 + 0.075x_3 + 0.3x_4 + 0.075x_5 \leq \otimes(b_9)$$

式中：灰色参数： $\otimes(b_1) \in [120000, 140000]$

$$\otimes(b_9) \in [50000, 60000]$$

$$\otimes(a_{22}) \in [0.1, 0.13]$$

$$\otimes(a_{25}) \in [0.012, 0.015]$$

x_i 的灰色区间（单位：亿元）：

$$x_1 \in [12, 13.75]$$

$$x_2 \in [3, 4]$$

$$x_3 \in [7, 9]$$

$$x_4 \in [5, 6.5]$$

$$x_5 \in [0.32, 0.35]$$

$$f \in [27.32, 33.6]$$

二〇〇〇年

目标函数:

$$f = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \max f$$

约束条件:

$$(1) 0.5x_1 + 0.35x_2 + 0.5x_3 + 0.35x_4 + 0.25x_5 \leq \otimes(b_1)$$

$$(2) 0.007x_1 \leq 1120$$

$$(3) \otimes(a_{22})x_2 \leq 4600$$

$$(4) 0.02x_3 \leq 2800$$

$$(5) \otimes(a_{25})x_5 \leq 48$$

$$(6) 4.855x_1 \geq 750000$$

$$(7) 6.43x_3 \geq 750000$$

$$(8) 5x_1 + 2.98x_2 + 4.42x_3 + 2.92x_4 + 2.4x_5 \leq 2500000$$

$$(9) 0.22x_1 + 0.2x_2 + 0.1x_3 + 0.35x_4 + 0.1x_5 \leq \otimes(b_9)$$

其中: 灰色参数: $\otimes(b_1) \in [180000, 200000]$

$$\otimes(b_9) \in [85000, 95000]$$

$$\otimes(a_{22}) \in [0.066, 0.09]$$

$$\otimes(a_{25}) \in [0.008, 0.009]$$

x_i 的灰区间(单位: 亿元):

$$x_1 \in [15, 16]$$

$$x_2 \in [5, 7]$$

$$x_3 \in [10, 14]$$

$$x_4 \in [7, 9]$$

$$x_5 \in [0.5, 0.65]$$

$$f \in [37.5, 46.65]$$

优化结果如下表:

产业结构优化结果表

产值：亿元

	1986年(实际值)		1990		1995		2000	
	产值	占总产值%	产值	占总产值%	产值	占总产值%	产值	占总产值%
种植业	10.47	56.96	11.4	51.96	12.86	42.57	15.45	36.08
林业	1.06	5.77	1.75	7.98	3.08	10.18	6.97	16.28
牧业	3.69	20.07	5.49	25.03	8.08	26.74	11.66	27.24
副业	3.00	16.32	3.06	13.94	5.86	19.38	8.20	19.16
渔业	0.16	0.87	0.24	1.09	0.34	1.13	0.53	1.25
大农业	18.38	100	21.94	100	30.22	100	42.82	100

优化提高了林、牧、副在农业总产值中的比重，相应地降低了种植业的比重，提高了土地的生产效率，使其结构日趋合理；优化的结果均落在 x_i 的灰区间内，实现了调整的目标，符合调整的指导思想和要求，可作为广西石山地区未来各业发展的最优方案或模式。

6. 多目标灰色局势决策的应用

决策是事件、对策和效果三者的总称，是事情成败的关键。为了提高为决策的科学化程度，在研究工作中，我们以不同区域（桂西南、桂中和桂西北）的石山区为事件，以农、林、牧、副、渔生产为对策，以产值密度（万元/平方公里）、人均产值（元/人）、每个劳动力的产值（元/个）和每个元农业生产资料的产值（元/元）为目标，对广西石山地区不同农业区域的产业发展重点进行了多目标灰色局势决策。

各目标的实际效果值是：

$$\text{产值密度 } u(1) = \begin{pmatrix} \frac{1.60}{S_{11}} & \frac{0.15}{S_{12}} & \frac{0.54}{S_{13}} & \frac{0.38}{S_{14}} & \frac{0.02}{S_{15}} \\ \frac{1.77}{S_{21}} & \frac{0.08}{S_{22}} & \frac{0.59}{S_{23}} & \frac{0.50}{S_{24}} & \frac{0.04}{S_{25}} \\ \frac{0.75}{S_{31}} & \frac{0.19}{S_{32}} & \frac{0.32}{S_{33}} & \frac{0.30}{S_{34}} & \frac{0.01}{S_{35}} \end{pmatrix}$$

$$\text{人均产值 } u(2) = \begin{pmatrix} \frac{130}{S_{11}} & \frac{12}{S_{12}} & \frac{44}{S_{13}} & \frac{31}{S_{17}} & \frac{1.89}{S_{15}} \\ \frac{117}{S_{21}} & \frac{5}{S_{22}} & \frac{39}{S_{23}} & \frac{33}{S_{24}} & \frac{2.32}{S_{25}} \\ \frac{90}{S_{31}} & \frac{23}{S_{32}} & \frac{39}{S_{33}} & \frac{36}{S_{34}} & \frac{0.71}{S_{35}} \end{pmatrix}$$

$$\text{每个劳动力的产值 } U(3) = \begin{pmatrix} \frac{370}{S_{11}} & \frac{843}{S_{12}} & \frac{1112}{S_{13}} & \frac{939}{S_{14}} & \frac{1472}{S_{15}} \\ \frac{357}{S_{21}} & \frac{407}{S_{22}} & \frac{1055}{S_{23}} & \frac{1075}{S_{24}} & \frac{1884}{S_{25}} \\ \frac{307}{S_{31}} & \frac{1943}{S_{32}} & \frac{1169}{S_{33}} & \frac{1314}{S_{34}} & \frac{657}{S_{35}} \end{pmatrix}$$

$$\text{每元农业生产资料的产值 } U(4) = \begin{pmatrix} \frac{8.73}{S_{11}} & \frac{19.54}{S_{12}} & \frac{5.57}{S_{13}} & \frac{16.72}{S_{14}} & \frac{21.06}{S_{15}} \\ \frac{6.66}{S_{21}} & \frac{7.5}{S_{22}} & \frac{4.19}{S_{23}} & \frac{15.21}{S_{24}} & \frac{22.16}{S_{25}} \\ \frac{7.49}{S_{31}} & \frac{46.66}{S_{32}} & \frac{6.05}{S_{33}} & \frac{24.26}{S_{34}} & \frac{9.95}{S_{35}} \end{pmatrix}$$

由于产值密度、人均产值、每个劳动力的产值和每元农业生产资料的产值均属效益类指标，即产值密度越大越好，人均产值越多越好，每个劳动力的产值越多越好，每元农业生产资料的产值越多越好，因此，都应采用上限效果测度进行计算，其计算公式是：

$$r_{ij} = \frac{u_{ij}}{u_{max}} \quad u_j \leq u_{max}$$

式中： u_{ij} ——局势 S_{ij} 的实测效果，

u_{max} ——局势 S_{ij} 所有实测效果的最大值，

$$r_{ij} \leq 1$$

根据公式计算得各目标的上限效果测度是：

$$\text{产值密度 } \gamma(1) = \begin{pmatrix} \frac{0.90}{S_{11}} & \frac{0.08}{S_{12}} & \frac{0.31}{S_{13}} & \frac{0.21}{S_{14}} & \frac{0.01}{S_{15}} \\ \frac{1}{S_{21}} & \frac{0.05}{S_{22}} & \frac{0.33}{S_{23}} & \frac{0.28}{S_{24}} & \frac{0.02}{S_{25}} \\ \frac{0.42}{S_{31}} & \frac{0.11}{S_{32}} & \frac{0.18}{S_{33}} & \frac{0.17}{S_{34}} & \frac{0.006}{S_{35}} \end{pmatrix}$$

$$\text{人均产值 } \gamma(2) = \begin{pmatrix} \frac{1}{S_{11}} & \frac{0.09}{S_{12}} & \frac{0.34}{S_{13}} & \frac{0.24}{S_{14}} & \frac{0.0143}{S_{15}} \\ \frac{0.9}{S_{21}} & \frac{0.04}{S_{22}} & \frac{0.3}{S_{23}} & \frac{0.25}{S_{24}} & \frac{0.0178}{S_{25}} \\ \frac{0.69}{S_{31}} & \frac{0.18}{S_{32}} & \frac{0.3}{S_{33}} & \frac{0.28}{S_{34}} & \frac{0.0055}{S_{35}} \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{每个劳动的产值 } \gamma^{(3)} &= \begin{pmatrix} \frac{0.19}{S_{11}} & \frac{0.43}{S_{12}} & \frac{0.57}{S_{13}} & \frac{0.48}{S_{14}} & \frac{0.7}{S_{15}} \\ \frac{0.18}{S_{21}} & \frac{0.21}{S_{22}} & \frac{0.54}{S_{23}} & \frac{0.55}{S_{24}} & \frac{0.97}{S_{25}} \\ \frac{0.16}{S_{31}} & \frac{1}{S_{32}} & \frac{0.60}{S_{33}} & \frac{0.68}{S_{34}} & \frac{0.34}{S_{35}} \end{pmatrix} \\ \text{每元农业生产资料的产值 } \gamma^{(4)} &= \begin{pmatrix} \frac{0.19}{S_{11}} & \frac{0.42}{S_{12}} & \frac{0.12}{S_{13}} & \frac{0.36}{S_{14}} & \frac{0.45}{S_{15}} \\ \frac{0.14}{S_{21}} & \frac{0.16}{S_{22}} & \frac{0.09}{S_{23}} & \frac{0.33}{S_{24}} & \frac{0.47}{S_{25}} \\ \frac{0.16}{S_{31}} & \frac{1}{S_{32}} & \frac{0.13}{S_{33}} & \frac{0.52}{S_{34}} & \frac{0.21}{S_{35}} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

根据多目标单目标化的原理，通过公式：

$$r(\Sigma) = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 r_{ij}^{(k)}$$

可得多目标决策矩阵 $r(\Sigma)$ ，

$$\gamma^{(5)} = \begin{pmatrix} \frac{0.57}{S_{11}} & \frac{0.26}{S_{12}} & \frac{0.34}{S_{13}} & \frac{0.32}{S_{14}} & \frac{0.30}{S_{15}} \\ \frac{0.56}{S_{21}} & \frac{0.12}{S_{22}} & \frac{0.32}{S_{23}} & \frac{0.35}{S_{24}} & \frac{0.37}{S_{25}} \\ \frac{0.36}{S_{31}} & \frac{0.57}{S_{32}} & \frac{0.30}{S_{33}} & \frac{0.41}{S_{34}} & \frac{0.14}{S_{35}} \end{pmatrix}$$

从决策矩阵 $r(\Sigma)$ 中可以看出：

(1) 行最优局势是： S_{11} 、 S_{21} 和 S_{32} ，表明：桂西南和桂中石山区目前还是种植业的效益比较高，近期的发展重点应是种植业，桂西北石山区应是林业。

(2) 列的情况表明，近期内，种植业在桂西南和桂中石山区发展的效果比桂西北要好，林业在桂西北发展的效果比桂西南和桂中都好，牧业在三个区域发展的效果均差不多，桂西南的情况略好一些；副业在三个区域发展的效果也差不多，桂西北稍好一些；渔业在桂中石山发展的效果比较好，其次是桂西南石山区。

参 考 文 献

- [1] 邓聚龙，1986：灰色预测与决策。
- [2] 邓聚龙，1985：灰色系统（社会、经济）。
- [3] 湖北省老河口市总体规划办公室，1987：湖北省老河口市科技、经济、社会协调发展总体规划。
- [4] 阎文宾等，1987：山西省榆次市农村经济、科技、社会协调发展的灰色总体模型动态仿真研究报告。
- [5] 王学荫，1984：农业区划中的多目标灰色局势决策，灰色系统与农业论文集118—127页。

THE APPLICATION OF THE GRAY SYSTEM
THEORY TO THE STUDY ABOUT GUANGXI'S
STONE MOUNTAIN AREA WHOLE
AGRICULTURAL DEVELOPING STRATEGY

Mo Ningder Xie Yieling Li Xiankun Mo Quanhui Zhao Zhiguo

(*Guangxi Institute of Botany*)

ABSTRACT

This article simply introduces the conditions for the application of the model or method of the Gray System Theory including the Harmonious GM(1,1), the Harmonious GM(1,N), the Gray Relation Analysis, the Gray Real System of developing being modelled, the Gray Linear programming and the Multi Aimed Gray Situation Decision on the study of Guangxi's Stone Mountain Area Whole Agricultural Developing Strategy.