

农业科研机构资源优化配置模型初探

杨传喜 陶倩茹

(桂林理工大学商学院, 广西桂林 541004)

摘要: 如何将农业科技资源进行合理分配, 达到产出效率的最优化, 已成为我国农业经济持续发展的关键。结合2005—2016年《全国农业科技统计资料汇编》数据, 建立农业科技资源优化配置模型, 并运用多目标遗传算法对农业科技资源优化配置进行求解。结果表明, 运用多目标遗传算法进行优化可以大幅减少农业科技人力资源与财力资源的投入, 从而有效改善农业科技成果的产出。研究充分说明, 农业科研机构科技资源的合理配置对于提升农业科技人员水平、增强农业科技创新能力、改善配置效率及配置能力、发挥信息资源效用均具有重要作用。

关键词: 多目标遗传算法; 农业科研机构; 科技资源; 优化配置; 资源分配

中图分类号: F323

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2019.05.008

Study on Resource Optimization Configuration Model of Agricultural Research Institutions

YANG Chuanxi, TAO Qianru

(School of Business, Guilin University of Technology, Guilin 541004)

Abstract: How to rationally allocate agricultural scientific and technical resources and achieve optimal output efficiency has become already the key to the sustainable development of China's agricultural economy. This study combines the data of 2005-2016 National Agricultural Science and Technology Statistics Compilation to establish an optimal allocation model of agricultural scientific and technical resources, and uses multi-objective genetic algorithm to solve the optimal allocation of agricultural scientific and technical resources. The results show that the optimization of multi-objective genetic algorithm can greatly reduce the input of agricultural science and technology human resources and financial resources, thus effectively improving the output of agricultural scientific and technical achievements. The research fully demonstrates that the rational allocation of scientific and technical resources in agricultural research institutions plays an important role in improving the level of agricultural science and technology personnel, enhancing agricultural science and technology innovation ability, improving allocation efficiency and allocation capacity, and exerting the effectiveness of information resources.

Keywords: multi-objective genetic algorithm, agricultural research institution, scientific and technical resources, optimal allocation, resource allocation

作者简介: 杨传喜 (1977—), 男, 博士后, 桂林理工大学教授, 硕士生导师, 研究方向: 农业科技资源管理 (通信作者); 陶倩茹 (1995—), 女, 桂林理工大学硕士研究生, 研究方向: 运筹与管理。

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于复杂适应系统理论农业科技资源配置结构效应及优化的计算实验研究”(71463011); 国家自然科学基金重点项目“现代农业科技发展创新体系研究”(71333006)。

收稿时间: 2018年8月14日。

0 引言

农业科技资源优化配置是对有限的农业科技资源在不同地区、不同行业、不同主体间科学有效的分配,从而使农业科技成果达到高效转化,进而获得较高的综合效益。因此,优化农业科技资源的合理配置,便是提高农业科技成果的转化率和决定农业发展效率与质量的关键。近年来,我国农业科研机构的科技人员数量逐年递增,农业科技资源的投入也在增加,但增幅不大,并且科技产出呈波动式增长。据《全国农业科技统计资料汇编》数据显示,从2005年开始,我国农业科研机构的科技人员数量逐年递增,2016年已达到66854人。2016年全国农业科研机构经费内部支出271.08亿元,与2015年相比较变化不大,2014年全国农业科研机构经费内部支出总计236.11亿元,比2015年多支出35.94亿元。2016年全国农业科研机构科技活动支出为224.46亿元,占经费内部支出总额的82.8%。农业部所属科研机构经费支出63.92亿元,省属科研机构经费支出147.75亿元,地市属科研机构经费支出59.4亿元,分别占支出总额的23.58%、54.5%、21.92%。全国农业科研机构发表科技论文数量从2005年到2016年呈波动增长态势。2005年发表科技论文20016篇,到2011年增加到29543篇,2012年论文产出值为28692篇,较2011年减少了2.88%。从2012年至2014年,全国农业科研机构科技论文产出量保持稳定,但2015年论文发表量为28732篇较2014年下降1.3%,2016年论文发表量略有提升,较上一年增加1.43%。2016年出版的科技著作有957种,比2015年增加7.94%;2016年全国农业科研机构专利申请受理总数为7647件,比2015年增加9.32%;2016年专利授权数量5700件,比上年增加了4.93%。由此可见,仅通过对农业科学研究以及农业科技创新提供物质基础来提高农业科技产出的可能性的方式已不能适应科技的发展,因此对农业科技资源的优化配置研究在目前形势下显得尤为重要。

关于农业科技资源优化配置问题,国内大多数学者从以下几个方面开展研究:(1)农业科技资源的投入与产出^[1-3]。研究发现政府资金是中国农业科研机构科技活动经费收入的主要来源,现阶段我国农业科技产出成果整体上看转化效率偏低,并且年平均增长趋势相对较弱,在模仿创新类型方面的农业科技产出成果转化最为高效,转化率却呈现逐渐下降的态势,我国农业生产的技术化程度还不高,在技术效率和规模效率方面需要加强。(2)农业科技资源配置能力^[4-5]。研究指出我国农业科技资源配置能力总体差距呈不稳定上涨的趋势,区域间农业科技资源配置能力差异明显,且我国农业科技资源配置能力的差距主要来自于区域间的差异。(3)农业科技资源配置效率^[6-8]。通过运用DEA-Malmquist方法构建个体固定效应模型分析农业科技创新资源配置效率的影响因素。而在农业科技资源优化配置方面,张玉梅^[9]运用数学规划方法,研究了如何优化配置区域间的农业科研投资。周宁^[10]对我国农业科研投资在省级区域间的配置状况进行分析,得出中国农业科研投资区域配置的差异化明显。杨传喜、王亚萌等^[11]基于计算实验方法构建了农业科技资源配置的系统动力学模型,对农业科技资源的配置结构的优化进行了一定的分析。而就研究主体来看,农业科研机构在农业技术方面扮演重要的角色,其科技运行状况对推动农业科技进步^[12-13]以及提高农业自主创新能力^[14-15]有着重要的影响,研究表明科技投入的增加仍然可以带来成果产出的迅速增加,但会存在边际产出递减的趋势。

农业科技资源是一个庞大的系统,一般的数学方法无法进行求解。熵值法是客观赋值法的一种,能够反映指标信息熵的效用价值,其计算结果比层次分析法与德尔菲法有更高的可信度。而遗传算法是一种求解非线性、多目标、多模型等复杂系统优化问题的智能算法,是现代有关智能计算中的关键技术^[16]。

学者们进行的研究大多围绕着科技资源和农业科技资源优化配置的理论^[17-20],本文将根据农

业科研机构科技资源实际情况,建立农业科技资源优化配置模型,并运用多目标遗传算法,对目标函数进行优化,求解最佳资源配置,对农业科研机构科技资源进行优化配置。

1 模型构建

农业科技资源配置是一个复杂的动态适应系统,农业科技资源优化配置是系统思想的科学应用。农业科技资源配置是指在农业科技活动中,为了最大限度地利用科技资源,提高系统运行效率,以尽可能少的投入获得尽可能多的产出。农业科技资源中的各类具体资源并不是独立存在的,而是相互依赖、相互作用、相互支撑、动态演化的^[21]。因此建立优化模型以便在有限的资源条件下进行合理有效的配置。

1.1 决策变量与权重

1.1.1 决策变量

农业科研机构的科技资源配置涉及大量人力、物力、财力的投入以及分配,涉及基础研究、应用研究、实验发展不同活动类型,本文决策变量选择在总结学者研究的基础上,借鉴张瑶、马逸群等的指标构建方法,依据参数选取的科学性、全面性、原则性,结合数据的可得性来选取决策变量,决策变量如表1所示。变量参数指标方面,选取课题研究与发展全时人员、应用研究全时人员、基础研究全时人员、试验发展全时人员以及课题研究与发展经费、应用研究经费、基础研究经费、试验发展经费等8个变量参数。

1.1.2 熵值法确定权重

熵值法是客观赋值法的一种,即利用同一个

指标观测值之间的差异程度确定该指标的重要程度,从而确定其权重。熵值越小,该指标提供的信息量越大,确定性越大,所对应的权重也就越大。熵值法能够反映指标信息熵的效用价值,其计算结果比层次分析法与德尔菲法有更高的可信度。

(1) 计算第*i*个被评价对象在第*j*个评价指标上的指标比值 P_{ij} 。

$$P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}$$

(2) 计算第*j*个评价指标的熵值 e_j 。其中, $0 \leq e_j \leq 1$ 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij})$$

(3) 计算评价指标 x_j 的差异性系数 g_j 。差异性系数 $g_j = 1 - e_j$, g_j 的数值越大,表明该指标在综合评价指标体系中的作用越显著。

(4) 确定权重系数 w 。其中, w_j 为对应的第*j*个指标的权重。

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j}, j = 1, 2, \dots, m$$

1.2 目标函数与约束条件

1.2.1 目标函数

农业科研机构科技资源优化配置是一个多目标优化问题,在多个优化目标中选取两个目标:论文目标和专利目标,建立农业科研机构科技资源优化模型,其形式一般为:

表1 农业科研机构科技资源优化配置参数设置

变量参数	变量类型	变量单位	变量参数	变量类型	变量单位
x_1	基础研究全时人员	人年	x_2	基础研究经费	千元
x_3	应用研究全时人员	人年	x_4	应用研究经费	千元
x_5	试验发展全时人员	人年	x_6	试验发展经费	千元
x_7	课题研究与发展成果应用人员	人年	x_8	课题研究与发展成果应用经费	千元

$$F(x) = \max \{f_1(x), f_2(x)\} \quad (1)$$

式(1)中 x 为决策变量; $F(x)$ 为产出目标; $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$ 分别为专利目标、论文目标。

(1) 专利目标。专利目标以发明专利申请数量最大值来表示:

$$\max f_1(x) = \sum_{n=3}^8 \ln(k_n x_n) + C_1 \quad (2)$$

式(2)中 x_n 表示各参数变量投入量, $n=3, \dots, 8$, 参数变量分别为应用研究全时人员、应用研究经费、试验发展全时人员、试验发展经费、课题研究与发展成果应用人员、课题研究与发展成果应用经费; k_n 表示各参数变量投入量系数; C_1 表示发明专利申请数量修正系数。

(2) 论文目标。论文目标以发表科技论文数量最大值来表示:

$$\max f_2(x) = \sum_{n=1}^4 \sum_{n=7}^8 \ln(k_n x_n) + C_2 \quad (3)$$

式(3)中 x_n 表示各参数变量投入量, $n=1, \dots, 8$, 参数变量分别为基础研究全时人员、基础研究经费、应用研究全时人员、应用研究经费、课题研究与发展成果应用人员、课题研究与发展成果应用经费; k_n 表示各参数变量投入量系数; C_1 表示发表科技论文数量修正系数。

1.2.2 约束条件

(1) 农业科研机构投入能力约束

$$x_n \leq W_n \quad (4)$$

式(4)中 W_n 表示投入 n 参数变量的可供分配量。

(2) 农业科研机构经费支出约束

$$W_{\min} \leq \sum_{i=1}^{2n} x_n \leq W_{\max} \quad (i=1, 2, 3, 4) \quad (5)$$

式(5)中 $W_{\min}$ 、 $W_{\max}$ 表示农业科研机构按活动类型分配经费支出最小投入量和最大投入量。

(3) 农业科研机构人员约束

$$M_{\min} \leq \sum_{i=1}^{2n-1} x_n \leq M_{\max} \quad (i=1, 2, 3, 4) \quad (6)$$

式(6)中 $W_{\min}$ 、 $W_{\max}$ 表示农业科研机构按活动类型分配全时人员最小投入量和最大投入量。

(4) 变量非负约束

$$x_n \geq 0 \quad (7)$$

1.2.3 基于多目标遗传算法

(1) 初始种群 (Initialization), 设置进化代数计数器 $g=0$, 最大进化代数 $G=100$, 在所约束条件范围内, 随机生成初始种群 $P(0)$ 。

(2) 确定适应度函数 (Fitness Function), 适应度是对于个体产生的效益的衡量, 适应度函数的应尽可能简单, 使计算的时间复杂度最小。

(3) 遗传操作 (Genetic Manipulation), 包括选择、交叉、变异三种运算。选择运算根据各个个体的适应度值, 从上一代群体中选择出一些优良的个体遗传到下一代群体中; 交叉运算是最主要的遗传操作, 将群体中的各个个体随机搭配成对, 对每一个个体以某个概率, 交换它们之间的部分染色体; 变异运算是产生新个体的辅助方法, 对群体中的每一个个体, 以某一概率改变某一个或某一些基因座上的基因值为其他的等位基因。

(4) 算法终止 (Recursion Terminal), 当遗传算法运行到指定的进化代数之后即可终止运行。

2 回归分析

本文用于设计与运算的数据主要来源于《全国农业科技统计资料汇编》《中国科技统计年鉴》等, 运用Eviews 8.0建立回归模型, 起始时间为1996年, 终止时间为2016年, 共计21年, 时间间隔为1年, 运用最小二乘法对模型进行分析。

运用最小二乘法对专利($\ln Y_1$)与应用研究人员($\ln X_3$)、应用研究经费($\ln X_4$)、试验发展全时人员($\ln X_5$)、试验发展经费($\ln X_6$)、课题研究与发展成果应用人员($\ln X_7$)、课题研究与发展成果应用经费($\ln X_8$)进行回归分析, 可以得到回归方程如下:

$$\begin{aligned} Y_1 = & 1875.8301 \times \ln(X_3) - 2510.2977 \times \ln(X_4) - \\ & 1364.5548 \times \ln(X_5) + 10239.3051 \times \ln(X_6) - 5080.4781 \\ & \times \ln(X_7) + 1150.3548 \times \ln(X_8) - 85144.13963 \\ t = & (3.570514) (-1.845218) (0.9457) \\ & (0.991406) (-4.309733) (1.426347) (0.506123) \\ R^2 = & 0.987763 \quad \overline{R^2} = 0.981109 \quad F\text{检验值} = 135.15759 \end{aligned}$$

从回归结果可以看出 $R^2=0.981109$ ，模型成立，具有较高的拟合优度，各系数都通过了t检验，F统计量显著。

运用最小二乘法对论文($\ln Y_2$)与基础研究全时人员($\ln X_1$)、基础研究经费($\ln X_2$)、应用研究人员($\ln X_3$)、应用研究经费($\ln X_4$)、课题研究与成果应用人员($\ln X_7$)、课题研究与成果应用经费($\ln X_8$)进行回归分析，可以得到回归方程如下：

表2 熵权法权重计算

	E_1	E_2
E_j	-0.9885	-0.8106
D_j	1.9885	1.8106
W_j	0.5234	0.4766

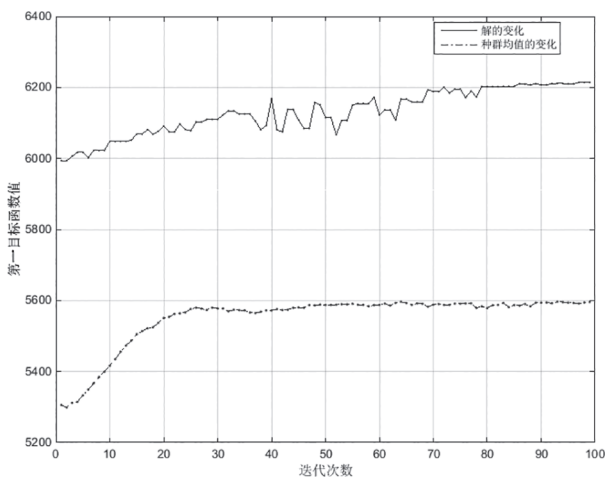


图1 第一目标函数变化曲线

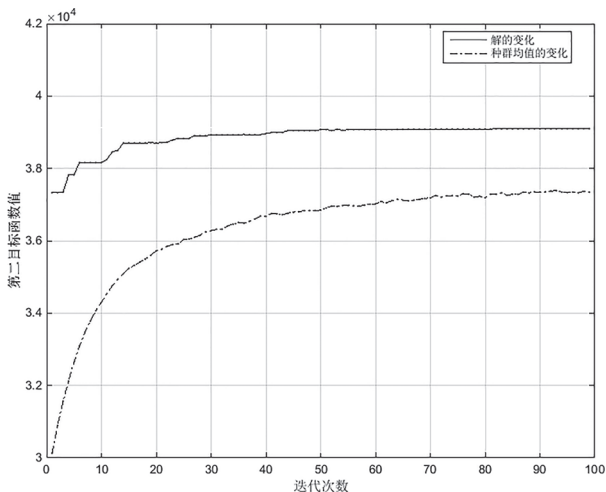


图2 第二目标函数变化曲线图

$$Y_2 = 5325.11246032 \times \ln(X_1) - 23282.5284566 \times \ln(X_2) + 1399.46148128 \times \ln(X_3) + 27897.328249 \times \ln(X_4) + 1013.95939692 \times \ln(X_7) + 6861.19415265 \times \ln(X_8) - 215071.939232$$

$$t = (0.262010)(0.4778272)(-0.456519)(2.257889)(2.225313)(-0.96677)(-3.809904)$$

$$R^2 = 0.9756531 \quad \overline{R^2} = 0.965473 \quad F \text{ 检验值} = 150.137$$

从回归结果可以看出 $R^2=0.9756531$ ，模型成立，具有较高的拟合优度，各系数都通过了t检验，F统计量显著。

对于多目标优化问题，利用熵权法确定 $f_1(x)$ 、 $f_2(x)$ 的权重系数(表2)为0.5234、0.4766，按照上述步骤对所构建的模型进行遗传算法仿真实验，目标函数变化曲线如图1-图3所示，x轴表示代数，y轴表示适应值。图中有两条曲线分别为最优解适应值变化曲线和种群均值变化曲线，如图1所示第一目标函数值随迭代代数的增加，种群均值变化曲线呈现上升后持续平稳的态势，而目标函数的解向最优解方向靠拢，起初变动情况波动较大，随着代数的增加，在78代时趋于平缓，计算精度得到改善。图2为第二目标函数变化曲线，经过60次遗传优化迭代后趋于稳定。而图3表示总目标函数的变化曲线，将两个目标函数合并后，最优目标函数遗产代数也发生变化，在29代处达到最优。

在采用多目标遗传算法对农业科技资源优化

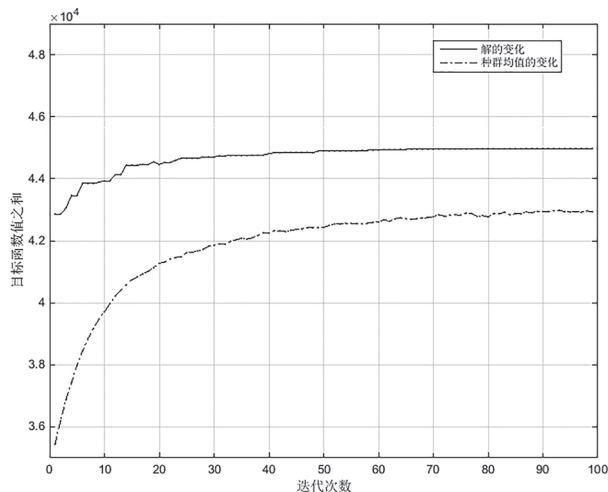


图3 总目标函数变化曲线

配置模型进行求解时，各计算指标参数为：种群规模为 1000，交叉概率为 0.9，变异概率为 0.3，最大迭代代数 90。从上述图 3 总目标函数变化曲线可以看出，总目标函数曲线在运行至 29 代时趋于稳定达到最优状态，并将模型运行结束后所得结果记录，农业科研机构科技资源优化配置方案结果见表 3；进行优化后与初始数据的人力以及财力资源投入量对比结果见表 4。根据陈祺祺在 2017 年对我国农业科研机构科技活动指标进行趋势预测的研究结论，2015—2020 年课题数量、全时人员较 2014 年相比增幅轻微降低，而内部经费投入呈现明显上涨趋势，本文依据于此来约束可用资源数量并最终选出 4 组分配方案的目标函数值，分配方案的目标函数值如表 5 所示。

从表 3 可以看出，农业科技资源配置有 4 个方案，其中方案一为图 3 总目标函数运行到 29 代曲线趋于稳定时得到的最优解。在此方案下，基础研究人员为 5423 人年，基础研究经费为 89372.4 万元，应用研究人员为 7373 人年，应用研究经费为 162186.7 万元，试验发展人员为 20421 人年，试验发展经费为 462230.9 万元，课题研究与发展成果应用人员为 8697 人年，课题研究与发展成果应用经费为 169234.6 万元，专利目标值为 9674.788 件，论文目标值为 30638.918 篇，最终总产出目标达到 19666.292。与 2016 年《全国农业科技统计资料汇编》原始数据进行对比，农业科技人力资源减少 1710 人年的使用量，农业科技财力资源减少 25303.8 万元的投入量，而总产出目标数量增加 1771.916。

表 3 农业科技资源配置结果表

分配方案	x_1	x_2	x_3	x_4	x_4	x_5	x_6	x_7
一	5423	893724	7373	1621867	20421	4622309	8697	1692346
二	5397	946157	7713	1683461	20471	4622309	8697	1692346
三	5438	943701	7373	1687461	19840	4184769	8931	1692346
四	4917	970725	6734	1679262	21162	4726173	8931	1705431

表 4 优化前后资源量对比结果表

分配方案	可用资源量		优化结果		差值	
	人员/人年	经费/万元	人员/人年	经费/万元	人员/人年	经费/万元
一	43624	908328.4	41914	883024.6	1710	25303.8
二	43624	908328.4	42278	894427.3	1346	13901.1
三	43624	908328.4	41582	850827.7	2042	57500.7
四	43624	908328.4	41744	908159.1	1880	169.3

表 5 分配方案的目标函数值表

分配方案	专利目标/件	论文目标/篇	产出目标
一	9674.788	30638.918	19666.292
二	9662.449	30388.886	19540.669
三	8461.534	30519.738	18974.474
四	9470.301	29116.176	18833.525

方案二基础研究人员为 5397 人年, 基础研究经费为 94615.7 万元, 应用研究人员为 7713 人年, 应用研究经费为 168346.1 万元, 试验发展人员为 20471 人年, 试验发展经费为 462230.9 万元, 课题研究与发展成果应用人员为 8697 人年, 课题研究与发展成果应用经费为 169234.6 万元, 专利目标值为 9662.449 件, 论文目标值为 30388.886 篇, 最终总产出目标达到 19540.669。与 2016 年原始数据进行对比农业科技人力资源减少 1346 人年的使用量, 农业科技财力资源减少 13901.1 万元的投入量, 而总产出目标数量增加 1646.29。

方案三基础研究人员为 5438 人年, 基础研究经费为 94370.1 万元, 应用研究人员为 7373 人年, 应用研究经费为 168746.1 万元, 试验发展人员为 19840 人年, 试验发展经费为 418476.9 万元, 课题研究与发展成果应用人员为 8931 人年, 课题研究与发展成果应用经费为 169234.6 万元, 专利目标值为 8461.534 件, 论文目标值为 30519.738 篇, 最终总产出目标达到 18974.474。与 2014 年原始数据进行对比农业科技人力资源减少 2042 人年的使用量, 农业科技财力资源减少 57500.7 万元的投入量, 而总产出目标数量增加 1080.097。

方案四基础研究人员为 4917 人年, 基础研究经费为 97072.5 万元, 应用研究人员为 6734 人年, 应用研究经费为 167926.2 万元, 试验发展人员为 21162 人年, 试验发展经费为 472617.3 万元, 课题研究与发展成果应用人员为 8931 人年, 课题研究与发展成果应用经费为 170543.1 万元, 专利目标值为 9470.301 件, 论文目标值为 29116.176 篇, 最终总产出目标达到 18833.525。与 2016 年原始数据进行对比, 农业科技人力资源减少 1880 人年的使用量, 农业科技财力资源减少 169.3 万元的投入量, 而总产出目标数量增加 939.145。

根据以上表格可以看出, 优化的农业科研机构科技资源配置人员与数量均未超过可用资源数量。方案二与方案一相比较, 增加了基础研究经

费与应用研究全时人员的投入, 减少了试验发展全时人员的数量, 产出目标为 19540.669, 与最优目标值相差 125.623。方案三侧重优化论文目标, 相比较专利产出与最优值间有明显差异, 与方案一相比调整了基础研究经费以及试验发展经费的投入量, 可以看出这两个参数变量影响专利变化的比重较大。而方案四则侧重于专利目标, 通过表 4 可以看出, 虽然投入量均在约束范围内, 但与方案一相比有较大差异。

3 结论与建议

本文根据遗传算法的进化以及系统优化特性, 建立了农业科研机构科技资源优化配置数学模型并进行分析, 在约束条件范围内合理高效地利用农业科研机构科技资源, 经分析优化结果合理可靠。结果表明, 减少农业人力科技资源将更有助于农业科技产出达到最优, 也说明并不是投入越多产出越高, 因此更需要对农业科研机构科技资源配置结构进行优化。据此提出农业科研机构科技资源优化配置的如下政策建议。

(1) 农业经济的发展离不开农业科技领域各个方面的人才, 但是持续增加农业科技从业人员数量不见得是最有效的方法, 提高农业科研人员综合素质和学历水平才是提高农业科技水平的重中之重。目前农业科技资源配置优化的最主要的原因就是人力投入不合理, 应减少对基础研究人员的大量投入, 适量加大对应用研究人员的投入。对农业科技人力资源数量进行精减, 通过培训不断提高从业人员素质与业务水平, 并通过制定相关政策以吸引具有创新能力的高科技人才, 但同时需要保证人力资源投入的数量。我国拥有诸多农业科研院所, 为培养各个行业优秀人才提供了基本的保障, 因此, 各级政府应当吸引优秀农业科研人才的加盟, 同时要制定相应的政策来保证农业科技人才的待遇问题, 创造有利于农业科技人才成长的宽松环境。政府通过与农林高等院校、农业科研机构以及农业企业建立较为密切的合作, 着重培养大批农业科技基层研究人员和农业科技方面的人才, 提高我国农业科技水平和

农业科技创新能力。

(2) 在农业科研机构科技资源财力方面, 应加大基础研究以及应用研究经费投入。从优化方案的结果可以看出, 与其他方案相比, 基础研究经费与应用研究经费对农业科研机构产出情况影响较大。基础研究、应用研究与试验发展是配置方式的三个阶段。农业科技资源配置模式是将各类农业科技资源进行有效整合以提高农业科技资源的配置效率和配置能力的方式和模式。我国当前主要通过农业科技示范基地模式和高等院校的产学研合作模式进行农业科技资源的整合和优化配置。在未来的发展中应当积极学习东部地区农业体制、机制的改革, 将农业科技企业更大规模地引入农业科技的研究发展中, 创造以企业为主导、农业科研机构与农业科技企业联合发展的新模式, 并通过产学研的合作, 在培养科技人才的同时, 可以将农业科技成果更加有针对性地推广到农民手中, 实现农业科技资源的有效配置。

参考文献

- [1] 肖娴, 毛世平, 孙传范. 农业科技成果转化效率测度及分析[J]. 中国科技论坛, 2015(8): 139-149. DOI: 10.13580/j.cnki.fstc.2015.08.024
- [2] 贺正楚, 吴艳, 周震虹. 我国各省市农业投入与产出的效率评价[J]. 经济地理, 2011, 31(6): 999-1002. DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2011.06.019.
- [3] 毛世平, 曹志伟, 刘瀛骥, 等. 中国农业科研机构科技投入问题研究: 兼论国家级农业科研机构科技投入[J]. 农业经济问题, 2013(1): 49-56, 111. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2013.01.012.
- [4] 王亚萌, 杨传喜, 陶倩茹. 民族地区农业科技资源配置能力评价研究[J]. 中国科技资源导刊, 2018(1): 7-13. DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2018.01.002.
- [5] 陈祺祺, 张俊飏, 程琳琳, 等. 农业科技资源配置能力区域差异分析及驱动因子分解[J]. 科研管理, 2016(3): 110-123. DOI: 10.19571/j.cnki.1000-2995.2016.03.013.
- [6] 邓敏慧, 杨传喜. 基于超效率DEA模型的中国农业科技资源配置效率动态演化研究[J]. 中国农业资源与区划, 2017(11): 61-66. DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20171109.
- [7] 董明涛. 我国农业科技创新资源的配置效率及影响因素研究[J]. 华东经济管理, 2014(2): 53-58. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5097.2014.02.012.
- [8] 郭军华, 李帮义. 中国区域农业生产效率动态变化的实证分析: 基于1985—2007年省际面板数据[J]. 运筹与管理, 2011(1): 111-117, 127. DOI: 1007-3221(2011)01-0111-07.
- [9] 张玉梅, 刘凤伟, 刘丽娜. 中国农业科研投资区域优化配置研究[J]. 农业经济问题, 2008(S1): 42-50. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.2008.s1.010.
- [10] 周宁, 崔奇峰. 农业科研投资的区域优化配置: 原理、现实及政策含义[J]. 科学管理研究, 2013, 31(5): 54-57. DOI: 10.19445/j.cnki.15-1103/g3.2013.05.015.
- [11] 杨传喜, 王亚萌, 徐顽强, 等. 基于计算实验的农业科研机构科技资源配置结构效应研究[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(22): 19-27. DOI: 10.6049/kjbydc.201611X195.
- [12] 申红芳, 廖西元, 胡慧英. 农业科研机构科技产出绩效评价及其影响因素分析[J]. 科研管理, 2010(6): 126-135, 150. DOI: 10.19571/j.cnki.1000-2995.2010.06.017
- [13] 杨传喜, 黄珊, 徐顽强. 中国农业科研机构的科技运行效率分析[J]. 科技管理研究, 2013(4): 121-126. DOI: 10.3969/j.issn.1000-7695.2013.04.027.
- [14] 胡慧英, 申红芳, 廖西元, 等. 农业科研机构科技创新能力的影响因素分析[J]. 科研管理, 2010(3): 78-88. DOI: 10.19571/j.cnki.1000-2995.2010.03.010.
- [15] 陆建中, 李思经. 农业科研机构自主创新能力评价指标体系研究[J]. 中国农业科技导报, 2011(4): 1-6. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0864.2011.04.01.
- [16] 李振龙, 董文会, 韩建龙, 等. 基于遗传算法的交叉口信号控制多目标优化[J]. 计算机应用, 2016(S2): 82-84, 88. DOI: 1001-9081(2016)S2-0082-03.
- [17] 范建平, 赵园园, 吴美琴. 基于改进交叉效率的中国科技创新资源配置研究[J]. 中国科技论坛, 2017(12): 32-40. DOI: 10.13580/j.cnki.fstc.2017.12.004.
- [18] 杜宝贵, 隋立民. 科技政策资源优化配置论纲[J]. 科技进步与对策, 2016(10): 93-95. DOI: 10.6049/Kjbydc.2013030075.
- [19] 沈映春. 我国农业科技资源的合理配置问题研究[J]. 农村经济, 2004(S1): 102-105.
- [20] 曹云. “一带一路”背景下新疆农业资源配置效率及优化[J]. 中国农业资源与区划, 2017(7): 135-141. DOI: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20170721.
- [21] 杨传喜, 徐顽强, 王敬华. 基于复杂适应系统理论的农业科技资源配置研究[J]. 系统科学学报, 2013, 21(1): 81-83. DOI: 1005-6408(2013)01-0081-03.