

# 基于智能算法的装备采办经济效益评估研究

吕学义<sup>1</sup> 孙媛妮<sup>1</sup> 胡韬<sup>2</sup>

1 国防大学联合勤务学院研究生大队 2 国防大学联合勤务学院教务处

DOI:10.32629/ej.v2i2.120

**[摘要]** 文中把装备采办全寿命周期活动作为一个复杂系统,通过分析全寿命周期活动的各个子系统,设计各个子系统的评估指标体系,构建模糊遗传算法模型,运用软件和智能模型进行仿真,验证了该方法具有较强的可信性和精准度,评估结果能够为提升装备采办经济效益提供数据参考。

**[关键词]** 智能算法; 经济效益; 评估

装备采办经济效益评估,主要是从计划、组织、指挥、控制、使用和保障全过程的考核,也就是装备从论证到退役的整个全寿命周期实践活动经济指标的综合衡量,如果把装备采办经济效益视为一个复杂的系统,那么,各个阶段的具体活动管理可以理解为各个子系统,每个子系统管理活动做到最优化,才能确保装备采办的经济效益和质量。借助人工智能算法对装备采办经济效益进行科学评估,对评估结果和各个管理活动的子方案进行科学的研究,保证装备采办的经济性、科学性和效率性,实现装备全系统全寿命周期采办实践活动的整体效能,具有一定的现实意义和实践价值。

## 1 模糊遗传算法基本理论

遗传算法是模拟生物进化法则的一种智能算法。为克服遗传算法自身具有的易陷入局部最优值和收敛慢等缺点,在确定变异算子时采用自适应模糊网络模型进行调整权重系数,这样能够保证变异算子的多样性和收敛性,得到全局的最优解。具体模糊遗传算法的流程,如图 1 所示。

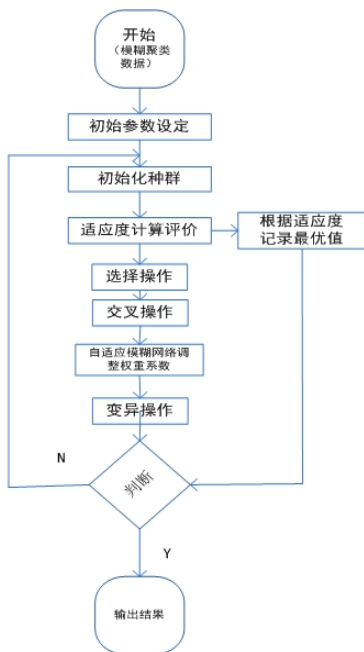


图 1 模糊遗传算法流程

具体步骤如下: 第一步,按照编码规则产生初始种群; 第二步,种群中的各个染色体进行适应度值计算; 第三步,按照适应度值对临时种群进行由小到大的排序; 第四步,进行选择操作,得到新的种群; 第五步,按照一定的交叉概率进行交叉操作; 第六步,在自适应模糊神经网络调整权重系数的基础上,按照一定的变异概率进行变异操作,保证种群的多样性和寻优的遍历性; 第七步,将子代染色体于父代染色体进行合并,得到一个临时种群; 第八步,判断算法是否结束,如果没有,则返回步骤二继续计算,否则,输出适应度值最优的计算结果。

在遗传算法中,通过编码组成初始群体后,遗传操作的任务就是对群体的个体按照其对环境的适应度施加操作,实现优胜劣汰的进化目的。遗传操作主要包括设计初始种群、适应度评价、选择算子、交叉算子和变异算子。(1)在初始种群的构造上,可以设  $2n$  个初始种群,代入目标函数  $f(x)$ ,计算数值后取一半的优良种群  $n$ ,尔后用平均聚类方法对这些种群进行聚类化,有效保证了种群的多样性。(2)适应度。目标函数一般通过构建罚函数转化为无约束条件下的多目

$$G(x) = f(x) + E(x)$$

$$G(x) = \begin{cases} f(x), E(x) \leq A \\ f(x) + E(x), E(x) > A \end{cases}$$

标优化问题,比如,

其中,  $E(x)$  相当于对目标函数的适应度的修正函数。(3)选择算子。目前常用的选择算子有适应度比例方法、随机遍历抽样法和局部选择法等,本文首先采用轮盘赌选择法,计算出各个个体的适应度,依据各个个体的选择概率和其适应度值成比例。设群体大小  $N$ ,其中个体  $i$  的适应度为  $f(i)$ ,

$$P_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^N f_j}$$

则  $i$  被选中的概率为: ,尔后,按照适应度的值排序,把适应度后  $\frac{1}{3}$  的种群剔除,把前  $\frac{1}{3}$  的优秀种群进行复制,构建一个适应度在优良以上初始种群。

(4) 交叉算子。最常用的交叉算子为单点交叉。具体操作是：在个体串中随机设定一个交叉点，实行交叉时，该点前后的两个个体的部分结构进行互换，并生成两个新个体。比如，个体 A: 1010001；个体 B: 0010011，在第二位进行交叉时，生成的新个体为：A1: 1010011 和 B1: 0010001。

(5) 变异算子。基本内容是对群体中的个体串的某些基因座上的基因值作变动，分为实值变异和二进制变异。一般来说，变异操作分两步完成：一是对群中所有个体以事先设定的编译概率判断是否进行变异；二是对进行变异的个体随机选择变异位置进行变异。本文中采用动态调整权重系数，确保了交叉算子的多样性和具有良好的收敛性。

遗传算法中，交叉算子因其具有全局搜索能力而作为主要算子，变异算子因其局部搜索能力而作为辅助算子，通过交叉和变异相互配合又相互竞争的操作，使其具备兼顾全局和局部的均衡搜索能力。

## 2 装备采办经济效益评估指标体系构建

本文以装备采办全寿命周期管理活动为研究对象，设计一个复杂系统和 5 个子系统的经济效益指标体系。主要包括以下五类优化评估集：一是论证阶段评估，主要包括需求分析及确定、系统使用要求、维修保障方案等内容；二是方案阶段评估，主要是功能分析及分配、权衡优化、系统综合及定义等；三是工程研制阶段评估，主要是系统/产品设计、系统样机研制、系统样机试验及评价等内容；四是生产与部署阶段评估，主要包括主装备/软件生产、保障要素生产、系统部署及评价等；五是使用与保障阶段评估，主要是系统使用及评价、资料收集/分析、系统或部件更改等内容。具体的装备全寿命周期管理活动评估指标体系，如图 2 所示。

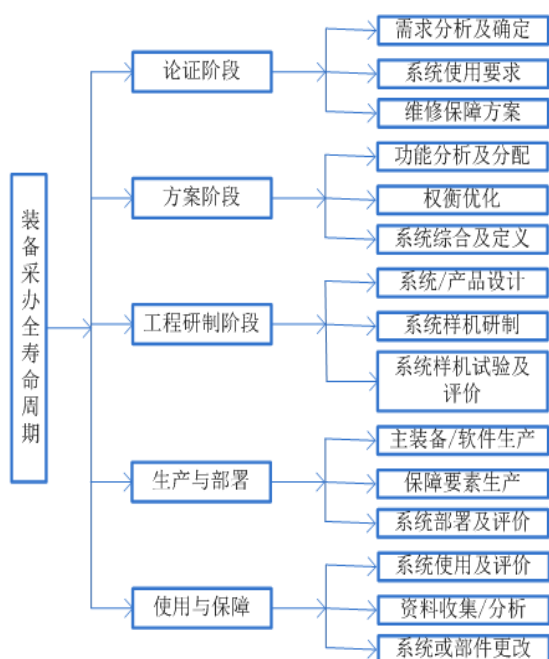


图 2 装备采办全寿命周期管理活动评估指标体系框架

实践中，装备采办经济效益评估指标体系是一个反复迭代，不断优化修改的过程，为了使用科学、系统的量化方法完成体系效能评估，需要对大量相互关联、相互制约的效能指标进行层次化、条理化分析。首先，要对评估的管理各个阶段子活动进行系统的全面分析，在此基础上根据评估需求和评估目标拟定指标体系草案；其次，将该指标体系草案与评估专家、指战人员，以及其他相关部门进行广泛的交流，多方征求意见、建议，反复讨论、修改；最后，对各方意见进行综合归纳，形成最终的装备采办全寿命周期管理活动的评估指标体系。

## 3 装备采办经济效益评估实现

### 3.1 数据采集

在征集专家意见和综合权衡的基础上，采用有激励与惩罚功能的变权综合法思想，对初始训练样本进行再处理。具体是：无论权重高低，对每项指标值高于 0.90 的，给体系效能结果以 0.01 的激励；对每项指标值低于 0.50 的，对体系效能结果处以 0.02 的惩罚。对定量因素可以采取常见模糊理论确定隶属度。这里考虑的定量因素有：论证阶段评估、方案阶段评估、工程研制阶段评估、生产与部署阶段评估，以及使用与保障阶段评估。按照上述方法，对装备采办经济效益数据进行采集，处理后获得的数据汇总于表 1 如下。

表 1 采集的数据

| 三级指标 | 坐标值                |
|------|--------------------|
| A1   | (1.60, 1.72, 7.58) |
| A2   | (2.10, 7.17, 9.35) |
| A3   | (8.25, 6.18, 7.85) |
| B1   | (8.34, 4.98, 9.89) |
| B2   | (6.45, 9.45, 9.67) |
| B3   | (2.85, 9.23, 8.34) |
| C1   | (7.23, 8.98, 6.81) |
| C2   | (3.25, 8.44, 7.23) |
| C3   | (5.15, 9.75, 7.45) |
| D1   | (4.10, 9.72, 5.33) |
| D2   | (6.57, 4.52, 5.51) |
| D3   | (7.23, 7.85, 8.75) |

上述问题可以通过一个假设  $P(x_1, x_2, x_3)$  的三维立体坐标系来解决。设是三级指标在三维坐标系中的坐标，那么从该中心点  $P(x_1, x_2, x_3)$  到二级指标目标函数的距离是

$$\sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2}$$

，其中约束条件是  $s.t. 0 \leq f(x) \leq 100$ ，保证了装备采办经济效益评估范围。

### 3.2 模型求解

按照模糊遗传算法步骤进行优化求解，算法的参数设置为：种群规模为 50，记忆库容量为 10，迭代次数为 100，交叉概率为 0.5，变异概率为 0.4，运行结果如图 4 所示，得出信息获取效能为 0.09。

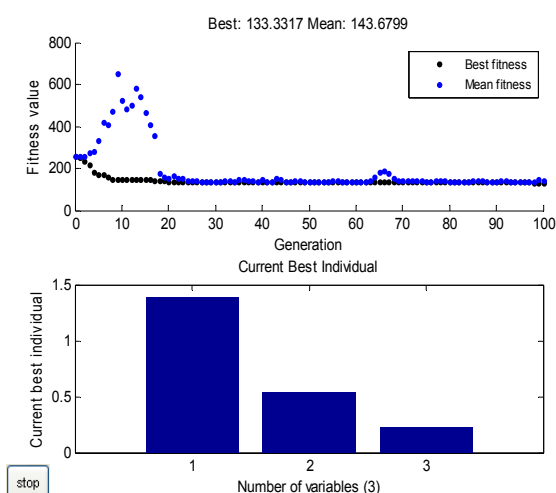


图3 运行结果

通过模型计算, 装备采办经济效益标准化处理后如表2所示, 第一列为装备采办全寿命周期管理活动经济效益标准理想值。三级指标可以作为二级指标的子集, 通过其在多维空间寻优得到的最优解得出二级指标的目标函数值, 每类效能指标相加得出总的整体效能。同理, 二级指标在三维解空间中通过智能算法的寻优实现一级目标的整体效能, 通过模糊遗传算法可以为装备采办经济效益提供一种智能化的评估思路。

表2 数据验证

| 方案序号 | 论证阶段 | 方案阶段 | 工程研制阶段 | 生产与部署阶段 | 使用与保障阶段 | 整体效能评估结果 |
|------|------|------|--------|---------|---------|----------|
| 1    | 1.00 | 1.00 | 1.00   | 1.00    | 1.00    | 5.00     |
| 2    | 0.39 | 0.56 | 0.69   | 0.79    | 0.43    | 3.43     |
| 3    | 0.87 | 0.78 | 0.83   | 0.57    | 0.35    | 4.85     |
| 4    | 0.72 | 0.56 | 0.74   | 0.38    | 0.60    | 1.60     |
| 5    | 0.63 | 0.61 | 0.84   | 0.88    | 0.16    | 2.16     |
| 6    | 0.78 | 0.66 | 0.82   | 0.78    | 0.64    | 3.94     |
| 7    | 0.64 | 0.53 | 0.84   | 0.56    | 0.57    | 2.57     |
| 8    | 0.81 | 0.38 | 0.91   | 0.67    | 0.77    | 3.77     |
| 9    | 0.63 | 0.56 | 0.48   | 0.37    | 0.56    | 2.94     |
| 10   | 0.34 | 0.59 | 0.71   | 0.83    | 0.57    | 1.47     |

由上述评估可知, 方案3 装备采办经济效益最优值为

4.85, 说明五类指标中的装备采办论证阶段 0.87、方案阶段 0.78、工程研制阶段 0.83、生成与部署阶段 0.57、使用与保障阶段 0.35 的子系统是上述 10 种方案中最优的方案, 为装备采办全寿命周期实践活动整个复杂系统来说, 需要按照第三种方案进行实际部署并展开工作是比较理想的。按照这种方法思路, 在装备采办活动中能够较好的把握各个环节步骤的质量和效益, 为高效开展装备采办工作提供了有力支撑。

#### 4 结束语

本文把系统工程的理论和方法运用到装备采办经济效益过程中, 各个指标要素由分解式转化为聚合式, 把装备采办全寿命周期经济效益作为一个复杂系统, 将各个阶段活动视作子系统, 有效保障了各个子系统的涌现性功能, 采用人工智能技术, 通过构建模糊遗传算法进行了评估研究, 验证了模型的有效性和精准度, 评估结果能够为决策者提升装备采办经济效益提供科学合理的决策依据和数据支撑。

#### [参考文献]

[1]钱学森.论系统工程(新世纪版)[M].上海:上海交通大学出版社,1988:96.  
 [2]孙东川,林福永.系统工程引论[M].北京:清华大学出版社,2004:74+92.  
 [3]修保新,张维明,刘忠.基于粒度计算和遗传算法的 C2 设计方法[J].自然科学进展,2007,(5):23-26.  
 [4]孙全颖,王艺霖,杜须韦.遗传算法在机械优化设计中的应用研究[J].哈尔滨理工大学学报,2015,20(4):46-50.  
 [5]包子阳,余继周.智能优化算法及其 MATLAB 实例[M].北京:电子工业出版社,2016:13-16.

**作者简介:**  
 吕学义,(1982--),性别: 男,汉族,山东临沂人,博士,研究方向军事装备采办,从事军事装备工作。  
 孙媛妮,(1986--),性别: 女,汉族,湖北当阳人,博士,研究方向军事装备试验,从事军队管理工作。  
 胡韬,(1986--),性别: 男,汉族,山东金乡人,硕士,研究方向军事装备采办,从事研究生教育工作。