

文章编号:1673-0062(2012)04-0031-05

露天矿山技术经济参数系统免疫粒子群优化研究

黄春生¹,戴剑勇²,杨仕教²

(1. 西部矿业股份有限公司,青海 西宁 810001;2 南华大学 核资源工程学院,湖南 衡阳 421001)

摘 要:根据露天矿山生产工艺特点,运用自适应模糊推理系统技术建立矿山技术经济参数集成系统模型,应用融合免疫算法、粒子群优化算法的优良性能的免疫粒子群算法优化系统模型参数,并以水泥原料矿山为例,成功实现了露天矿山生产工艺技术经济参数的在线优化问题,为矿山企业数字管理提供了重要参考价值。

关键词:自适应模糊推理系统(ANFIS);免疫粒子群优化;技术经济参数;露天矿山。

中图分类号:N94

文献标识码:B

Immune Particle Swarm Optimization Research for Technology Economic Parameter System of Strip Mine Enterprise

HUA Chun-sheng¹, DAI Jian-yong², YANG Shi-jiao²

(1. Western Mining Co. Ltd, Xiling, Qinghai 810001, China; 2. School of Nuclear Resource Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract: According to main characteristic of digital strip mine enterprise management and application actuality, adaptive network-based fuzzy inference system technology was used to establish controlled variable parameter model of integration system; Then, by using swarm simulation ecology optimization algorithm which combine genetic algorithm, immune algorithm with particle swarm optimization algorithm, and can obtain global optimal solution, corresponding parameter was optimized successfully and create good economic benefit. It not only realizes real-time optimization of digital strip mine integration system, but also provides important reference value for effective implementation of other digital enterprise.

key words: adaptive network-based fuzzy inference system; immune particle swarm optimization; technology economic parameter; strip mine

露天矿山生产调度系统是一个涉及多因素、多层次的、动态变化的柔性制造系统,并具有复杂

收稿日期:2012-06-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51174116;50974076);湖南省自然科学基金资助项目(10JJ2041)

作者简介:黄春生(1972-),男,江苏泰州人,西部矿业股份有限公司工程师。主要研究方向:矿山系统工程。

性、递阶结构、不确定性、多目标、多约束、多资源相互协调等特点. 矿山企业生产调度管理已开始向高度系统化、数字化、智能化、集约化及集成化方向发展,即通过数字化技术、网络技术、人工智能和可视化技术建立矿山生产资源的大型分布式数据库,并与企业内部的各种数据库集成,全方位地对矿山企业生产进行管理和优化,形成一个集数据的采集、传播、分析、表达于一体的矿山企业信息化网络,为矿山企业的科学管理、决策和可持续发展提供服务和支持^[1-3]. 国际上一些大型露天矿山已可在办公室生成矿床模型、矿山采掘计划,并与企业其它数据库集成,对矿产资源、各类设备、管网和用地等生产资源进行统一管理,形成动态管理与遥控指挥系统,使企业生产资源等方面的管理水平得到了明显的提高^[4-5]. 基于数字化矿山系统存在信息集成、信息反馈及信息优化,首先必须解决系统建模与系统优化的方法问题. 由于露天矿山技术经济系统是一复杂非线性系统,没有现成的函数关系表达式,因而经典的建模方法难以描述其系统模型规律性,而自适应模糊推理系统(ANFIS)融合了模糊逻辑的推理功能和神经网络的学习功能,能够较好的解决非线性系统建模问题^[6-10];此外,经典的优化理论无法得到系统的全局最优解,而群集拟生态优化算法融合了遗传算法、免疫算法和粒子群优化算法的各自优点,把每次进化过程中当前最优粒子作为免疫疫苗,随着进化的进行,特别在进化后期,最优粒子已接近最优解,“免疫接种”的效果越来越好,并且人工智能建模与智能优化技术在其它相关领域都得到了较好的应用^[11-13]. 因此,将自适应模糊推理系统与拟生态进化算法的融合技术相结合可较好地解决露天矿山技术经济参数系统建模与优化问题. 这对矿山企业管理朝着数字化、智能化、系统化、集约化的方向发展具有重要的应用前景.

1 露天矿山生产工艺技术经济参数系统免疫粒子群优化分析

露天矿山生产工艺技术经济参数系统涉及到诸如穿孔爆破参数、铲破台时产量、矿石产销量、价格等众多参数,为解决问题的方便,本文不妨以露天矿山生产工艺技术经济指标作为系统的输入参数,以利润作为输出参数,根据系统的不断运行,将获得相应的系统输入输出数据库作为矿山 ANFIS 建模与群集拟生态优化的基础数据. 各系统参数范围设置如下:

系统输入参数:

孔径: $d = U(d_{\min}, d_{\max})$; 段高: $H = U(H_{\min}, H_{\max})$; 孔角: $\theta = U(\theta_{\min}, \theta_{\max})$; 孔深: $h = U(h_{\min}, h_{\max})$; 超深: $\Delta h = U(\Delta h_{\min}, \Delta h_{\max})$; 孔间距: $a = U(a_{\min}, a_{\max})$; 排间距: $b = U(b_{\min}, b_{\max})$; 炸药单耗: $q = U(q_{\min}, q_{\max})$; 台班进尺: $l = U(l_{\min}, l_{\max})$; 落矿量: $Q_s = U(Q_{s\min}, Q_{s\max})$; 台时产量 $S = U(S_{\min}, S_{\max})$; 销售量 $D = U(D_{\min}, D_{\max})$; 产品价格 $p = U(P_{\min}, P_{\max})$.

系统输出参数:

利润: $F = U(F_{\min}, F_{\max})$.

则以效益作为矿山集成系统的主目标函数的关系模型可表示为:

$$F(X) = f(d, H, \theta, h, \Delta h, a, b, q, l, Q_s, S, D, p) \quad (1)$$

则基于 MATLAB 软件的露天矿山生产工艺技术经济参数系统输入输出数据对的 ANFIS 建模及群集拟生优化操作步骤如下:

Step1: 搜集富有历史意义的露天矿山生产工艺技术经济参数系统输入输出数据对,以此做为 ANFIS 的基础数据.

Step2: 对采集的输入输出数据对进行归一化,并调用模糊减法聚类的自适应模糊推理系统进行初始化.

$$fismat = genfis2(trnData, bounds) \quad (2)$$

Step3: 设置训练次数,调用 `anfis` 函数对初始化的自适应模糊推理结构进行训练,达到满足误差精度要求.

$$[outfismat, trnErr, stepSize, outfismat1, chkErr] = anfis([trndatin, trndatout], fismat, [50, 0, 0.1], [], \dots [chkdatin, chkdatout]) \quad (3)$$

$$F(X) = evalfis(X, outfismat) \quad (4)$$

式中, X 为输入数据向量,即 $X = [(d, H, \theta, h, \Delta h, a, b, q, l, Q_s, S, D, p)]$;

Step4: 建立 ANFIS 模型目标函数关系式:即通过 `anfis` 训练函数经反复调试后得到非线性系统 ANFIS 模型函数: $f(X) = evalfis(X, outfismat)$.

Step5: 抗原识别: 输入非线性系统模型函数 $f(X) = evalfis(X, outfismat)$, 目标函数为抗原,候选解为抗体.

Step6: 确定参数值: 确定学习因子 c_1 和 c_2 及粒子(抗体)群体个数 N ;

Step7: 初始化: 随机产生 N 个粒子(抗体) x_i 及其“飞行”速度 $v_i, i = 1, 2, \dots, N$, 并由此构成初

始粒子(抗体)群体的 P_0 ;

Step8:提取疫苗:根据待求问题或求解过程中的一些特征信息、先验知识提取疫苗 V ;

Step9:条件判断:计算当前粒子(抗体)群体 P_k 中粒子(抗体)的适应度值及 $P_i,i=1,2,\cdots,N,P_g$,判断是否满足结束条件,若满足结束条件,则停止运行并输出结果,否则,继续;

Step10:粒子(抗体)群更新:对粒子(抗体)群体 P_k 中的粒子(抗体)实施粒子群优化算法(PSO)进化式中的速度更新和位置更新,形成粒子(抗体)群 Q_k ;

Step11:接种疫苗:按一定比例在粒子(抗体)群 Q_k 中抽取一定数量的粒子(抗体),并按先前提取的疫苗 V 对这些粒子(抗体)进行修改(接种),形成粒子(抗体)群 R_k ;

Step12:免疫选择:计算粒子(抗体)群 R_k 中的粒子(抗体)的适应度值,若该粒子(抗体)的适应度值不如其父代,则取消疫苗接种,否则保留该粒子(抗体),形成新一代粒子(抗体)群 P_{k+1} ;

Step13 群体更新:转步骤 Step8.

2 实例分析

以湖南某大型水泥原料为例,每次穿孔爆破、铲装、运输、破碎到矿产品的形成,输送到水泥制

造分厂.假设矿石产品实施独立承包,实行经济核算包干,以市场需求为导向,实行成本倒推法,确定矿石价格.由于该矿山采用的是大平台作业,台段高度为 15 m,一般采用潜孔钻机进行穿孔作业,孔径约为 150 mm,穿孔角度都采用 75°倾斜孔,且矿石地质结构较好,很少有溶洞出没,故矿石穿孔爆破条件较好;其均用大型挖掘机铲装、大型卡车运输、经过二段破碎机破碎,能达到水泥生产所需原料矿石块度要求.鉴于以上生产实际,以孔间距、排间距、焊药单耗、爆落矿量、台时产量、碎石产量、销售价格为该矿山技术经济参数系统的输入参数,以税前利润作为该系统的输出参数,经过多次信息采集与数据处理,获得了该矿山生产工艺技术经济参数系统 60 对输入输出数据对(见表 1),并对其进行归一化整理(见表 2),以其 45 对为训练数据对,以其 15 对为核对数据对,调用模糊减法聚类的 ANFIS 对其进行系统建模,其训练误差精度约为 0.000 262 32,其系统结构(见图 1)及模糊推理规则(图 2),然后应用免疫粒子群优化算法进行迭代优化(见图 3),将其进行还原后得到该矿山企业最佳技术经济参数(见表 3).经实践检验证明,应用计算获得的最佳技术经济参数指导露天矿山开采与生产实践,将得到较好的经济效果.

表 1 某大型露天矿山技术经济参数表								
Table 1 Technical and economic parameters table for a large open pit mine								
	孔间距	排间距	炸药单耗	爆落矿量	台时产量	产量	价格/	税前利润
	/m	/m	/(kg·t ⁻¹)	/(10 ⁴ t)	/(t·h ⁻¹)	/(10 ⁴ t)	(元·t ⁻¹)	/(元·t ⁻¹)
1	7.50	3.50	0.21	10.66	220.45	10.30	25.50	11.05
2	6.50	4.10	0.24	8.86	200.35	9.20	23.50	9.08
3	7.00	3.80	0.22	11.56	216.85	11.20	22.50	10.30
4	7.48	3.51	0.21	12.67	227.35	11.93	23.17	11.27
5	7.50	3.50	0.21	12.41	226.69	11.71	23.56	11.28
...	...	...	...	...	...	...	...	...
21	6.92	3.85	0.22	10.78	212.90	10.60	23.03	10.05
22	7.71	3.38	0.20	13.26	232.59	12.32	23.44	11.75
23	6.36	4.19	0.24	9.20	199.59	9.52	22.55	8.87
24	6.82	3.91	0.23	8.70	204.17	8.96	24.96	9.62
25	7.05	3.77	0.23	7.87	204.33	8.21	26.82	9.91
...	...	...	...	...	...	...	...	...
37	6.37	4.18	0.24	10.64	204.99	10.68	21.01	9.09
38	7.28	3.63	0.22	10.82	218.00	10.51	24.43	10.69
...	...	...	...	...	...	...	...	...
58	7.29	3.62	0.22	9.41	213.15	9.37	26.06	10.53
59	7.66	3.40	0.20	11.58	225.99	10.99	25.13	11.45
60	6.57	4.06	0.23	10.42	206.88	10.43	22.05	9.40

表 2 某大型露天矿山技术经济参数归一化表

Table 2 Normalized table of technical and economic parameters for a large open pit mine

	孔间距	排间距	炸药单耗	爆落矿量	台时产量	产量	价格	税前利润
1	0.88	0.12	0.14	0.60	0.74	0.57	0.81	0.84
2	0.44	0.55	0.57	0.32	0.31	0.34	0.53	0.40
3	0.66	0.34	0.29	0.74	0.67	0.76	0.39	0.67
4	0.87	0.12	0.14	0.91	0.89	0.92	0.48	0.88
5	0.88	0.12	0.14	0.87	0.87	0.87	0.54	0.89
...	...	...	...	...	...	...	...	...
21	0.63	0.37	0.29	0.62	0.58	0.64	0.46	0.61
23	0.38	0.62	0.57	0.37	0.30	0.41	0.40	0.35
24	0.58	0.42	0.43	0.30	0.40	0.29	0.74	0.52
25	0.68	0.31	0.43	0.17	0.40	0.13	1.00	0.58
...	...	...	...	...	...	...	...	...
37	0.39	0.61	0.57	0.60	0.41	0.65	0.18	0.40
38	0.79	0.21	0.29	0.62	0.69	0.62	0.66	0.76
...	...	...	...	...	...	...	...	...
58	0.79	0.20	0.29	0.41	0.59	0.38	0.89	0.72
59	0.95	0.04	0.00	0.74	0.86	0.72	0.76	0.92
60	0.73	0.26	0.29	0.57	0.63	0.57	0.65	0.70

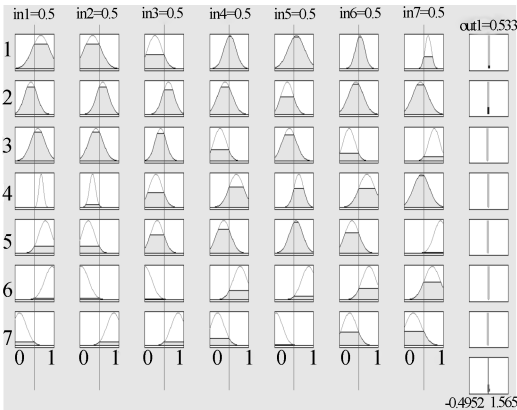
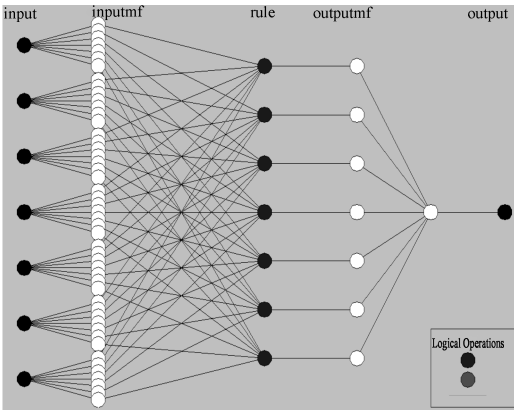


图 1 矿山生产工艺技术经济参数 ANFIS 结构图

图 2 矿山生产工艺技术经济参数模糊推理规则图

Fig. 1 ANFIS structure diagram of mine production technology economic parameters

Fig. 2 Fuzzy rule diagram of mine production technology economic parameters

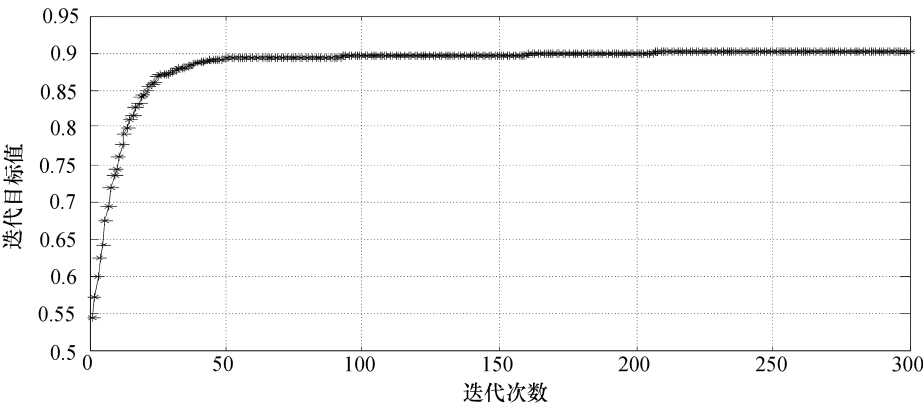


图 3 矿山生产工艺技术经济参数系统迭代优化结果图

Fig. 3 Iterative optimization results of technical and economic parameters for mine production system

表 3 某大型露天矿山技术经济最佳参数表

Table 3 The optimal technological parameter for a large open pit mine

孔间距	排间距	炸药单耗	爆落矿量	台时产量	产量	价格	税前利润
/m	/m	/($\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$)	/(10^4t)	/($\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$)	/(10^4t)	/($\text{元} \cdot \text{t}^{-1}$)	/($\text{元} \cdot \text{t}^{-1}$)
7.30	3.70	0.21	10.36	223.85	11.30	26.50	13.35

3 结束语

为提高露天矿山自动化程度、信息化水平,矿山企业必须加大技术经济参数的优化控制才能实现矿山企业效益目标的最大化. 由于露天矿山生产工艺技术经济参数系统是一复杂非线性系统,运用自适应模糊推理系统技术建立相关控制技术经济参数的系统集成模型;然后融合免疫算法、粒子群优化算法的优良性能构建免疫粒子群算法优化矿山生产工艺技术经济参数. 本文以露天水泥原料矿山为例,根据其生产工艺特性,应用 ANFIS 技术及免疫粒子群算法以获得水泥原料矿山技术经济系统参数的全局最优解,成功实现了数字化露天矿山的系统集成与系统优化问题,这不仅为矿山企业的技术经济参数优化控制提供了决策依据,而且为矿山数字化、智能化管理提供了重要参考价值.

参考文献:

[1] 吴立新,汪云甲,丁恩杰,等. 三论数字矿山—借力物联网保障矿山安全与智能采矿[J]. 煤炭学报,2012,37(3):357-364.

[2] 孙效玉,张维国,杨宏贤. 数字矿山建设中的系统应用集成与数据共享方法[J]. 金属矿山,2012(7):123-125,129.

[3] 杨成杰,吴冲龙,张夏林,等. 基于实体与块体混合模型的三维矿体可视化建模技术[J]. 煤炭学报,2012,37(4):553-558.

[4] 戴剑勇,杨仕教,丁德馨. 扁平化管理模式下露天矿山生产调度系统群集拟生态优化研究[J]. 南华大学学报(自然科学版),2009,23(3):14-17.

[5] 杨仕教,戴剑勇,曾晟. 基于 GA - ANFIS 在石灰矿技术经济系统中的参数优化研究与应用研究[J]. 中国工程科学,2005,7(6):61-65

[6] Lin Z C, Liu C Y. Application of an adaptive neural-fuzzy inference system for the optimal analysis of chemical-mechanical polishing process[J]. Advanced Manufacturing Technology,2001,18(1):20-28

[7] Dipankar Dasgupta. An overview of artificial immune systems and their applications [M]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag Inc. ,1999:3-18.

[8] Kim J ,Bentley P. The artificial immune model for network intrusion detection [C]//Proc 7th European congress on Intelligent Techniques and Soft Computing, Aachen,Germany,1999:13-19.

[9] ShiY, Eberhart R. A modified particle swarm optimizer [C]//IEEE World Congress on Computational Intelligence,1998:69-73.

[10] KennedyJ, Eberhart R C. A discrete binary version of the particle swarm algorithm[C]//IEEE Int'l Conf on Computational Cybernetics and Simulation, 1997: 4104-4108.

[11] Jalali Varnamkhasti M, Hassan N. Neurogenetic algorithm for solving combinatorial engineering problems [J]. Journal of Applied Mathematics,2012,2012, Article ID 253714, 12 pages, doi:10.1155/2012/253714.

[12] 高月芳,梁永生,唐飞,等. 免疫粒子群算法在污水生化处理过程中的应用[J]. 计算机应用研究,2012,48(28):234-239.

[13] 贾文生,向淑文,杨剑锋,等. 基于免疫粒子群算法的非合作博弈 Nash 均衡问题求解[J]. 计算机应用研究,2012,29(1):28-31.