

基于多目标遗传算法的工程资源优化配置^①

张文字, 任敏浩

(西安邮电大学 经济管理学院, 西安 720061)

摘要: 为了使工程资源能够在工程应用中最大程度的优化配置, 利用遗传算法模拟自然进化过程求得最优解的特点, 对遗传算法和多目标优化问题的理论基础和模式定理的进行了分析, 讨论了遗传算法在解决多目标优化工程资源问题过程中的优势, 最后将多目标遗传算法应用于具体工程资源配置实例予以实现. 仿真优化结果表明: 遗传算法在工程资源优化配置过程中更具有先进性, 可靠性和优化性.

关键词: 资源配置; 遗传算法; 多目标优化; 多目标遗传算法

Optimization of Engineering Resources Allocation by Multi-Objects Genetic Algorithm

ZHANG Wen-Yu, REN Min-Hao

(School of Economics and Management, Xi'an University of Posts & Telecommunications, Xi'an 720061, China)

Abstract: To maximize the optimization of engineering resource in the engineering application area, this thesis analyses the theoretical foundation and mode theorem of genetic algorithms and multi objective optimization by simulating genetic algorithms into natural evolution to get the optimal solution. It also discusses the advantage of using genetic algorithm to solve the problems in multi objective optimization engineering resources and applies the multi objective genetic algorithms into the configuration of specific engineering resources. The result of simulation and optimization shows genetic algorithms are advanced, reliable and optimal in the configuration process of engineering resources.

Key words: allocation of resources; genetic algorithm(GA); multi-objective optimization; multi-objective genetic algorithm

1 引言

资源进入市场之后, 由于需求大于供给, 各需求者竞争的结果必然使资源产品的价格上升. 摆脱了长期以来计划体制制约的资源型产业部门的经济效益将在短期内显著提高, 困扰我国资源型产业部门的“经济危机”将得到缓解. 经济状况的改善使资源型产业部门的积极性有所提高, 资源的产品产出率也随之有所提高. 但是为了追求更大的效益, 资源的开采强度也必然会上升, 在我国许多地区的资源已处于超强度开采和利用的情况下, 如何避免自然资源的过度开采成为资源市场化所面临的首要问题. 资源优化配置是指在市场经济条件下, 不是由人的主观意志而是由市场根据平等性、竞争性、法制性和开放性的一般规律, 由市场机制通过自动调节对资源实现的配置, 即市场通过实行自由竞争和“理性经济人”的自由选择, 由价

值规律来自动调节供给和需求双方的资源分布, 用“看不见的手”进行优胜劣汰, 从而自动地实现对全社会资源的优化配置. 无论是在投资项目决策分析与评价的建设方案设计阶段还是在项目评估过程中, 都必须考虑资源优化配置问题, 把资源优化配置和国家的可持续发展目标联系起来. 目前遗传算法在多目标问题中的应用方法多数是根据决策偏好信息, 先将多目标问题标量化处理为单一目标问题后再以遗传算法进行求解, 还是停留在传统多目标问题分步解决的方式^[1]. 作者在本文提出应用遗传算法在多目标问题对资源的配置问题进行了结合统一处理, 达到在优化过程中的简化, 同样能够做到资源的合理配置, 达到最大程度的优化, 实现对资源的节约. 工程资源优化配置是一项复杂的系统工程, 是一个多目标、多层次的持续拟合与决策过程. 构建工程资源优化配置模型需要采用

^① 收稿时间:2014-12-30;收到修改稿时间:2015-02-16

多学科多种方法论,包括动态模拟、数学规划、系统动力学、工程学等理论和方法.在可持续发展的主题下,多目标规划方法在工程资源优化配置建模中,发挥了很重要的作用.多目标规划方法应用系统方法的多目标决策理论优化用地系统,具有多目标性、多方案的特点,决策者可以根据不同标准选择比较满意的优化配置方案,提高了工程资源优化配置和决策的科学性.其最大的优势在于可以充分地反映决策者的愿望,给决策者提供期望的最佳目标^[2].最后利用该方法对陕汽·泾渭国际城居住区项目进行资源优化配置.

2 评价模型的基本设计思路和步骤

2.1 多目标遗传算法的基本设计思路

遗传算法是对一个种群并行地进行运算操作,在一次运行的过程中就能找到多目标优化问题的最优解.因此,它是求解多目标优化问题的一个有效手段.在多目标问题中,没有给出给出决策偏好的前提下,难以直接衡量所得解的优劣,这个也是遗传算法应用到多目标问题中的最大困难.根据遗传算法种每一代都有大量可行解产生的特点,可以通过考虑在可行解之间相互比较,优胜劣汰的方法达到对最后最优可行解的逼近.

在一个多目标规划问题中,并且都是目标函数最大化,其可行解可以定义为:

$$f_i(x^*) \leq f_i(x_j) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n$$

式中至少对一个 i 取“ $<$ ”.至少劣于一个可行解的 x^* 肯定不是最优解.

多目标遗传算法与遗传算法的主要区别在于适应度函数及算子.多目标遗传算法是相对遗传算法而言的,最基本的遗传算法都是单目标的,是说要优化的目标函数只有一个,要么求最大,要么求最小,而多目标问题一般是求解多个待优化的目标函数共同的非劣解,是一种既强调非劣解又保持非劣解多样性的一种算法.遗传算法优化的目标函数和适应值经常是一致的,而多目标问题适应值的分配和选择与多个目标有关.在多目标问题模型中,各个目标之间往往不是相互联系的,实际上可能是冲突的,不同的目标一般难以进行客观公平的比较.因此对于此类遗传算法优化模型难以解决的问题,有必要建立多目标模型予以全面考虑.作为最优化方法这一研究领域的比较复杂的问题,就目前而言,并没有十分成熟的求解方法,

但是在某些特定的条件下,还是可以获得问题的近似最佳调和解或者最优解的,而且可以将其视为多目标模型的最优解.所以多目标优化问题的最优解是一个集合,而不是一个全局最优解.所以多目标遗传算法的研究主要解决了两个领域的问题:一个是多目标遗传算法的理论研究,包括多目标遗传算法的收敛性,计算效率,种群动力学等.另一个领域是实际应用领域,包括现有技术的有效实施和工业应用研究以及各种现有技术的比较研究和新技术的开发,主要集中在适应值分配方案,适应值共享参数的确定,精英策略的运用,复杂的等式和不等式约束条件的处理以及混合策略的使用等几个方面^[3].下面给出多目标遗传算法的一般流程如图 1.

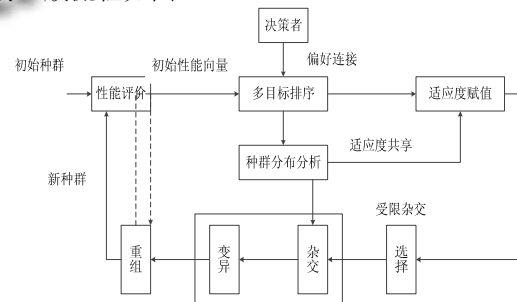


图 1 多目标遗传算法的一般流程图

2.2 多目标遗传算法的基本步骤

多目标遗传算法的优化过程为,直至随机给出的几组资源预分配方案,然后通过带入已建立的优化模型,进行遗传操作,再从初始分配方案中选出一些跟接近目标的子代作为下一代的初始方案集合.然后重复上述优化过程,直至得到一组最优解.对于上述的多目标,不同的项可以建立多个优化模型.以每项工作的实际开始时间作为基因值,将各项工作按照网络计划中编号排列成一个染色体.

2.2.1 问题编码

编码是多目标遗传算法解决问题的先决条件和关键步骤,不仅决定种群的基因排列形式,而且也决定从求解空间的基因型到可行解空间的表现型的解码方式和对问题求解的精确度.标准多目标遗传算法多采用二进制编码的方法,用二进制字符串表示决策变量,二进制编码串的长度由所求精度决定,然后将各个决策变量的二进制编码串链接在一起,就构成了一个染色体,最后将多目标问题的解空间映射为进化算法的二进制串染色体编码空间,根据求解精度要求确定编

码长度 L.

2.2.2 适应值函数

适应值函数通常是根据目标函数确定的,用于区分群体中个体优劣的标准,是进行优化算法的依据.个体适应值是通过个体间的相互比较得到,使得综合表现为优良的个体获得比较大的适应值.算法中个体采用实数编码,知道各个目标的优劣程度,对于总体表现较优的个体就能够得到更大的适应值,获得更多的参与进化的机会.把个体对目标所表现的优劣程度进行排序,这样就可以得到个体对全部目标函数的总体表现.将种群所有个体对各个目标的排序就得表 1

表 1 个体对目标函数的表现图

目标	排序				表现序列
	1	2	.....	N	
Obj(1)	X ₁₁	X ₁₂	.....	X _{1N}	\bar{X}_1
Obj(2)	X ₂₁	X ₂₂	.....	X _{2N}	\bar{X}_2
.....					
Obj(n)	X _{n1}	X _{n2}	.....	X _{nN}	\bar{X}_n

在该表中 Obj(i)(i=1,2,.....,n)为目标函数,n为目标个数;N为个体总数,即可行解得数量.针对每一个目标 I,所有个体都会依据对该目标的函数值优劣程度生成一个可行解的排序序列 \bar{X}_i .

在目标空间中,将每一个目标作为一个因素,因此由图 1 可知有 N 个因素,有 n 个适应值函数.根据加权平均算法计算出 w_{i,j},得到适应值函数:

$$fit_i = w_{i,1}\bar{X}_1 + w_{i,2}\bar{X}_2 + \dots + w_{i,N}\bar{X}_N \quad 1 \leq i \leq n$$

个体选择采用轮盘赌的方式,适应值大的个体有较大的几率进入下一代^[4].

2.2.3 遗传操作

群体的演化依靠一些遗传算子作用于当前的种群并且产生新一代种群来实现.常用到的遗传算子有选择,交叉和变异,这些遗传算子对算法的性能起着决定性的作用.在多目标遗传算法中,遗传操作均按一般遗传算法的方式进行.交叉和变异的概率均已自适应的方式选定.

2.2.4 可行解的保存分析

可行解的保存分析的思想是保留父代中的优良个体直接进入下一代,使初代个体中的适应值最小的个体进行一系列的遗传操作,形成新的个体,替代种群中适应值小的个体,产生新的种群.具体的操作方法如下: 1 计算初代种群中的个体的适应值,保留种群

中适应值最大的个体; 2 对初代适应值小的个体进行遗传操作,产生新的子代,再次对子代的适应值进行计算,剔除子代中适应值小的个体,保留子代适应值大的个体; 3 将适应值大的个体与初代种群中保留的适应值大的个体合并,形成新的种群^[5].

3 基于多目标遗传算法的工程资源优化配置模型

3.1 目标函数的建立

工程资源系统有各种影响因素,这些因素往往使得目标经常具有不同的衡量标准,大小不成比例,而且这些目标之间也会形成制约,因此对工程资源系统的优化配置是多目标的^[6].

(1)经济目标:各水平年各个子区域不同行业用工程资源的经济净效益最大.

$$\max f(x) = \sum_i \sum_k \sum_j (b_{ij}^k - c_{ij}^k) x_{ij}^k$$

式中: x_{ij}^k 是资源 i 向 k 子区域 j 用户的供应量; b_{ij}^k 是资源 i 向 k 子区域 j 用户的单位供应资源量效益系数; c_{ij}^k 是资源 i 向 k 子区域 j 用户的单位供应资源量费用系数.

(2)生态目标:各水平年各个子区域污染物排放量之和最小.

$$\min = \sum_k \sum_j 0.01 \cdot d_j^k p_j^k \left| \sum_i x_{ij}^k \right|$$

式中: d_j^k 是 k 子区域 j 用户单位排放污染物中重要污染物的含量; p_j^k 是 k 子区域 j 用户污染物排放系数.

(3)社会目标:各水平年各个子区域社会效益与其期望值的偏差之和最小.

$$\min(S) = \min \sum_k [N(k) - T(k)]$$

式中: S 是社会效益变量; T(k) 是期望达到的社会效益; N(k) 是实际产生社会效益.

3.2 多目标遗传算法的约束条件

(1)工程资源约束^[7]

$$\sum_j x_{ci}^k \leq D_c^k$$

式中: D_c^k 为工程资源 c 分配给 k 子区域的工程资源量; x_{ci}^k 为工程资源 c 向 k 子区域 j 项目的供应量.

(2)资源需求约束

$$\sum_j x_{ci}^k \geq B^k$$

式中: B^k 为 k 子区域的最低工程资源需求量; x_{ci}^k 为工程资源 c 向 k 子区域 j 项目的供应量.

(3)非负约束

$$x_{c_j}^k \geq 0$$

3.3 多目标遗传算法的实现

多目标遗传算法将工程资源优化配置问题模拟成生物进化的问题，分别以资源分给各个项目的资源量作为决策变量，对决策变量进行编码并组成可行解集，通过了解和判断每一个个体的满意程度进行优胜劣汰，从而城市新一代的可行解集，这样反复迭代来完成工程资源的优化配置^[8]。

多目标遗传算法对工程资源的优化分配的过程为，首先随机生成若干组的初始工程资源预分配方案，再通过带入已经建立的优化模型，进行遗传操作，最后从初始分配方案中选择出一些相对较优的工程资源分配方案作为下一次优化的初始方案集。

3.4 算法描述及其 Matlab 工具箱的实现步骤

3.4.1 算法描述^[9]

在多目标优化问题中，人们总希望对那些相对重要的指标给予较大的权系数，因而将多目标向量问题转化为所有目标的加权求和的标量问题，基于这个现实，构造如下评价函数，即：

$$\min Z(x) = \sum w_i Z_i(x)$$

将它的最优解 x 作为在线性加权和意义下的“最优解”。(Q 为加权因子，其选取的方法很多，有专家打分法、容限法和加权因子分解法等)

3.4.2 Matlab 工具箱的实现步骤

- (1)根据实际背景，确定优化目标的具体划分，建立适应值函数。
- (2)利用 Matlab 实现遗传算法，并进行参数的设置。
- (3)调用目标函数函数，进行目标的优化。
- (4)利用得到的优化的结果，结合应用背景进行优化评价。

4 实例分析与其他结果的对比分析

4.1 实例分析

本文就陕汽·泾渭国际城居住区项目为例。如上所述，多目标遗传算法是将个体对目标所表现的优劣程度进行排序，可以得到个体对全部目标函数的总体表现，最后再将每个优化结果进行加权平均算法计算，得到一个适应值函数的过程，因此可以将多目标遗传算法的优化过程看成单目标的遗传算法优化过程。本文在传统遗传算法的基础上对其加以改进，得到权重

系数变换法进行分析^[10]。具体步骤：

- (1)对于一个多目标优化问题，若给其每个子目标函数 $f(x_i)$ ($i=1, 2, \dots, n$) 赋予权重 w_i ，其中 w_i 为相应的 $f(x_i)$ 在多目标优化问题中的重要程度，则各个子目标函数 $f(x_i)$ 的线性加权和表示为：

$$u = \sum w_i \cdot f_i(x)$$

- (2)将 u 作为多目标优化问题的评价函数，则多目标优化问题就可以转化为单目标优化问题，即可以利用单目标优化的遗传函数求解多目标优化问题。

假设最终得到的可以利用的函数模型为 $Z = 3 \cos x + e^y$ ，有两种工程资源分别为 X、Y，给定这两种工程资源的测量参数数据(X、Y、Z)为初始输入数据，Z 为优化的输出结果^[10]。下面给出遗传算法的表现结果如图 2。

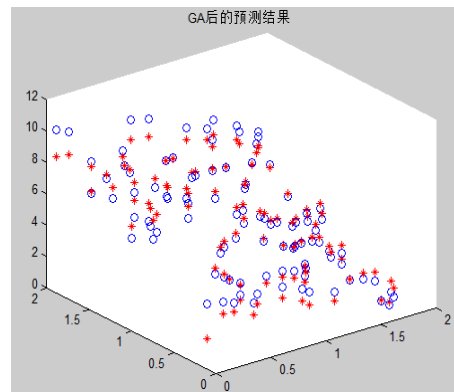


图 2 遗传算法的表现结果

4.2 其他结果的对比分析

本文将多目标遗传的优化结果与 BPNN 神经网络优化结果进行对比

- (1) BPNN 神经网络预测结果的表现结果如图 3。

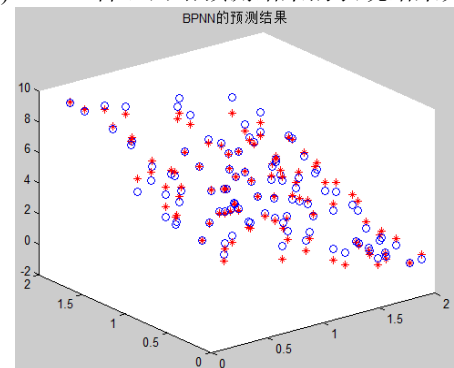


图 3 BPNN 神经网络预测结果

- (2)遗传算法优化后的 BPNN 的预测结果表现如图 4。

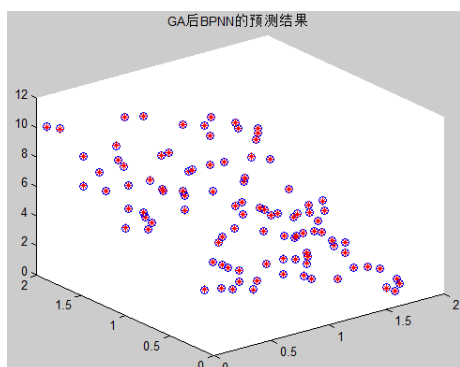


图4 遗传算法优化后的BPNN的预测结果

5 结论

由 MATLAB 实现优化的表现结果可以明显看出多目标遗传优化的结果优于单纯 BP 神经网络优化的结果。本文通过运用遗传算法(GA)进行多目标的资源优化配置,不但得到多目标资源优化的最优解,而且同时可以提供给决策者多个满意解。通过实例,遗传算法在多目标资源优化配置中的成功引用页说明了遗传算法在求最优化的过程中具有广阔的前景。

参考文献

1 葛继科,邱玉辉,吴春明,蒲国林.遗传算法研究综述.计算机应用研究,2008(10).

- 2 Ortiz-Boyer D, Hervás-Martínez C, García-Pedrajas N. Improving crossover operator for real-coded genetic algorithms using virtual parents. *Journal of Heuristics*. 2007.
- 3 黄曼丽,张健,丁大发,张勇,李江涛.基于遗传算法的区域水资源优化配置研究.人民长江,2008,(6).
- 4 金菊良.遗传算法在水资源工程中的应用研究[学位论文].成都:四川大学,2000.
- 5 刘海林,王宇平,刘永清.一种新的正交多目标最优化遗传算法.计算机工程与应用,2002,(11).
- 6 王健,刘尔烈,骆刚.工程项目管理中工期—成本—质量综合均衡优化.系统工程学报,2004,(2).
- 7 徐磊.基于遗传算法的多目标优化问题的研究与应用[学位论文].长沙:中南大学,2007.
- 8 谢涛,陈火旺,康立山.多目标优化的演化算法.计算机学报,2003,(8).
- 9 Rodriguez VK, Fonseca CM, Fleeting PJ. Multi-objective genetic programming: ANilinear system identification application. *Late Breaking Papers at the Genetic Programming Conference*. 1997.
- 10 Lu HM, Garygy. Rank-density based multi-objective genetic algorithm. *Proc. 2000 Cong EvolComput*. 2002.