

遗传算法在随机备件概算中的应用

孙知建¹, 兰旭辉², 秦江敏³, 肖文杰¹

(1.空军雷达学院雷达系统工程系, 湖北 武汉 430019; 2.空军雷达学院指挥自动化工程系, 湖北 武汉 430019;

3.空军雷达学院信息工程系, 湖北 武汉 430019)

摘要:遗传算法在解决随机动态规划问题中具有快速、准确等优点, 本文以遗传算法在随机备件概算模型中的应用为例, 说明了遗传算法在求解机会约束规划问题中的高效率性, 具有很高的鲁棒性, 并能避免在局部最优解附近徘徊。

关键词:遗传算法; 随机备件; 机会约束规划

中图分类号:O221.5

遗传算法^[1]是一种模拟生物进化机制新近发展起来的搜索优化方法, 其特点是擅长全局搜索, 以其达到最优解。另外, 由于随机动态规划问题的变量和约束条件的不确定性和复杂性, 许多传统算法难以解决或优化过程复杂、迭代速度慢而使这些算法难以实用, 而遗传算法由于其特有的遗传特性显示了在解决随机动态规划问题中的快速、准确等优点。机会约束规划的提出主要是针对约束条件中含有随机变量, 且必须在观测到随机变量的实现之前作出决策的情况。考虑到所做决策在不利情况发生时可能不满足约束条件, 而采取一种原则: 即允许所做决策在一定程度上不满足约束条件, 但该决策应使约束条件成立的概率不小于某一置信水平。

本文首先对基于机会约束规划的随机备件概算模型进行了说明, 然后运用遗传算法, 给出了该模型的具体求解思路, 显示了遗传算法在求解随机备件概算中的快速、准确的优点。

1 随机备件概算模型

假定共有 n 种随机备件, 根据以往的历史经验, 这 n 种备件在保障度为 P_k 条件下的订货规律服从正态分布 $N_k = N_k(m_k, \sigma_k^2)$, 在保障度为 P_k 条件下的理论订货方案为 $A_k = (A_{k1}, A_{k2}, \dots, A_{ki}, \dots, A_{kn})$ 。

假设实际在订货过程中, 订货经费为 E , 保障度调节系数为 β , 方案为 $X_k = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{ki}, \dots, x_{kn})$ 。这样, 我们希望实际订货方案尽量达到甚至超过理论值的标准, 即 $N_k(X_k) \geq A_k$ 。由于此约束中含有随

机函数 N_k , 其数学意义并不明确, 对 n 种备件分别给出置信水平 $\alpha_k = (\alpha_{k1}, \dots, \alpha_{ki}, \dots, \alpha_{kn})$, $P_r\{N_k(X_k) \geq A_k\} \geq \alpha_k$, 希望在满足订货约束(经费约束、保障度约束等)的条件下尽可能提高订货的军事、经济效益。由此, 随机备件的概算问题可建模为^[2,3]

$$\begin{cases} \min f(x, \eta) = \sum_{i=1}^n \eta_i x_{ki} \\ \text{s.t.} \\ \sum_{i=1}^n v_i x_{ki} / A_{ki} = P \geq \beta \\ \sum_{i=1}^n \eta_i x_{ki} \leq E \\ P_r\{N_k(X_k) \geq A_k\} \geq \alpha_k \\ \sum_{i=1}^n v_i = 1 \quad \alpha_i \in [0, 1] \quad x_{k1}, \dots, x_{ki}, \dots, x_{kn} \geq 0 \end{cases}$$

2 遗传算法的应用

2.1 标准遗传算法^[4]

遗传算法是具有“生成+检测”的迭代过程搜索算法。

1. 编码。由于遗传算法不能直接处理解空间的解数据, 因此必须通过编码将它们表示成遗传空间的基因型串结构数据。

2. 初始群体的生成。由于遗传算法的群体型操作需要, 所以必须为遗传操作准备一个由若干初始解组成的初始群体。

3. 适应度评估检测。遗传算法在搜索进化过程中一般不需要其它外部信息, 仅用评估函数值

收稿日期: 2003-06-29; 修订日期: 2003-07-12

作者简介: 孙知建(1976-), 男, 助教, 主要从事自动测试技术研究。

来评估个体或解的优劣,并作为以后遗传操作的依据。

4. 选择. 选择或复制操作的目的是为了从当前群体中选出优良的个体,使它们有机会作为下一代繁殖子孙. 判断个体优良与否的准则就是各自的适应度值。

5. 交叉操作. 简单的交叉可分为两步进行:首先对配对库中的个体进行随机配对;其次对个体中随机交叉处,配对个体彼此交换信息。

6. 变异. 变异操作是按位进行的,即把某一位的内容进行变异。

2.2 遗传算法在随机备件概算中的实现

1. 染色体的表示

设 $v = (x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{ki}, \dots, x_{kn})$. x_{ki} 表示保障度为 P_k 条件下各种备件的实际订货量。

2. 初始种群的构成

(1) 对于 n 种备件,分别产生 m 个服从正态分布 $N_{ki}(m_{ki}, \sigma_{ki}^2)$ 的随机变量;

(2) 置 $m' = 0$;

(3) 如果 $x_{ki} \geq A_{ki}$ 成立, $m' = m' + 1$;

(4) 重复(3)共 m 次;

(5) 如果 $m'/m \geq \alpha_i$, 返回“成立”, 否则返回“不成立”; 当返回“不成立”时,再随机重新产生 m 个服从正态分布 $N_{ki}(m_{ki}, \sigma_{ki}^2)$ 的随机变量,直到返回“成立”. $m'/m \geq \alpha_i$ 表示第 i 种备件的置信水平达到了订货要求;

(6) 如果 $\sum_{i=1}^n v_i \frac{x_{ki}}{A_{ki}} \geq \beta$ 且 $\sum_{i=1}^n \eta_i x_{ki} \leq E$ 成立, 返回“成立”, 否则返回“不成立”, 当返回“不成立”时, 回到 i , 直到返回“成立”. 当 $\sum_{i=1}^n v_i \frac{x_{ki}}{A_{ki}} \geq \beta$ (保障度约束) 成立时, 表示订货方案所达到的保障度能满足保障度要求, 当 $\sum_{i=1}^n \eta_i x_{ki} \leq E$ (经费约束) 成立时, 表示所有备件的经费总额在经费定额的约束范围之内。

这样,就产生了一个种群规模为 m 初始种群. 即产生了 m 个可行的订货方案,一个订货方案即为一条染色体,下面的任务就是运用遗传算法的交叉、变异操作来对这 m 个订货方案进行组合与优化. 最后得到最优的订货方案。

种群规模 m 影响着遗传算法的有效性, m 太大时,会增加计算量,使收敛时间增加; m 较小时,由于采样点少,易早收敛,解的质量差. 这里,种群规模经试验选定 $m = 20$ 。

3. 对初始种群各染色体进行适应度的计算(选择过程)

(1) 根据各染色体计算初始适应度的值,即目标值. 并按从好到坏的顺序排列. 计算目标值就是计算 m 个订货方案的经费和保障度,根据模型中给出的总目标价值函数 $f(x, \xi, \eta, v, \gamma)$ 计算各订货方案的目标值;

(2) 根据评价函数来选择订货方案. 评价函数(用 $\text{eval}(v)$ 表示)用来对种群中的每个订货方案设定一个概率,以使该订货被选择的可能性与其种群中其他订货方案的适应性成比例,基于序的评价函数为称为 $\text{eval}(v) = \alpha(1-\alpha)^{-1}$, $\alpha \in (0,1)$ 评价函数系数;

对每个订货方案 v_i , 计算累积概率 q_i : $q_0 = 0$, $q_i = \sum_{j=1}^i \text{eval}(v_j)$ $i = 1, 2, \dots, m$

(3) 从区间 $(0, q_m)$ 中产生一个随机数 r ;

(4) 若 $q_{i-1} < r \leq q_i$, 则选择第 i 个订货方案 v_i ($1 \leq i \leq q_m$);

(5) 重复(3)、(4)共 m 次,这样可以得到个复制的订货方案。

评价函数系数决定被选中订货方案的可能性, 评价系数过高,会使被选中的可能性过低,评价系数过小,又会使被选中的可能性过高,因此评价系数的取值范围在 0.01 到 0.1 之间,在实验中取 0.05。

4. 交叉操作

当染色体相同或后代的染色体与上一代没有多大差别时可通过染色体重组来产生新一代染色体。

(1) 首先定义参数 p_c 作为交叉操作的概率,这个概率说明种群中有期望值为 $p_c \times m$ 个染色体进行交叉操作;

(2) 为确定交叉操作的父代,从 $i = 1$ 到 m 重复以下过程:从 $[0,1]$ 中产生随机数 r , 如果 $r < p_c$, 则选择 v_i 作为一个父代;

(3) 用 v'_i 表示上面选择的父代,并把它们随机分成两两一对. 如果奇数个父代,则去掉一个;

(4) 从开区间 $(0,1)$ 中产生一个随机数 c 然后按下式进行交叉操作,并产生两个后代 X 和 Y ;

$$X = cv'_1 + (1-c)v'_2 \quad Y = (1-c)v'_1 + cv'_2$$

(5) 验证后代的可行性(即验证新产生的订货方案是否满足模型中的经费约束和保障度约束), 如可行则用它们代替其父代, 否则保留其中可行的, 然后, 产生新的随机数 c , 重新进行交叉操作, 直到得到两个可行的后代, 并用可行的后代代替

其父代.

交叉概率的取值一般不宜过小,否则会使子代过多沿用父代特征,而没有新的改进.

5. 变异操作

选择和交叉算子基本上完成了遗传算法的大部分搜索功能,而变异则增加了遗传算法找到接近最优解的能力.

(1) 定义参数 p_m 作为遗传系统中的变异概率,这个概率表明总体中有期望值为 $p_m \times m$ 个染色体进行变异操作;

(2) 类似于交叉操作选择父代的过程,从 $i=1$ 到 m 重复以下操作:从 $[0,1]$ 中产生随机数 r ,如果 $r < p_m$,则选择 v_i 作为变异的父代;

(3) 对每一个选择的父代,用 $V = (x_{k1}, \dots, x_{ki}, \dots, x_{kn})$ 表示,在 R^n 中随机选择变异方向 d ,如果 $V + Md$ 是不可行的,那么置 M 为 0 到 M 之间的随机数,直到其可行为止.

(4) 用 $X = V + Md$ 代替 V .

变异发生的概率极低,一般取值在 0.001 到 0.02 之间.

6. 选择最优订货方案

把经过上述操作以后的订货方案进行排序,保留其中最好的.最好的订货方案不一定出现在最后一代,所以在进化开始,必须把最好的订货方案保留下来,记为 V_0 ,如果在新的种群中又发现了更好的订货方案,则用它来代替原来的订货方案 V_0 ,在进化完成以后,这个订货方案就可以看作是优化问题的解.

7. 重复上述操作 n 次

表示进化迭代了 n 次, n 次中的最好订货方案就是该订货方案的最优解.

3 计算机模拟

试验中,假设有 20 种备件,其单价(单位:元)分别为 26.93、35.20、34.57、46.73、42.86、33.69、20.55、24.64、43.34、28.46、22.10、16.75、20.59、16.18、30.11、19.37、21.85、10.44、14.11、25.72,器材等级系数分别为: 0.099150、0.093484、0.087819、0.079320、0.076487、0.070822、0.065156、0.062323、0.056657、0.048159、0.042493、0.036827、0.033994、0.033994、0.025496、0.025496、0.019830、0.019830、

0.014164、0.008499,置信水平分别为: 0.95、0.9、0.85、0.8、0.9、0.85、0.7、0.75、0.8、0.9、0.95、0.85、0.9、0.75、0.95、0.9、0.8、0.8、0.85、0.9,保障度调节系数 β 为 1.01. 用 MATLAB 语言对订货过程模拟后,分别对评价系数,交叉概率以及变异概率分别选取不同值,经过 300 次迭代后,得到如表 1 所示的各参数选取、保障度和最低费用.

表 1 各种参数取值和结果

α	p_c	p_m	$f(x, \eta)/\text{元}$	P (保障度)
0.01	0.5	0.02	967115.6	1.04519
0.03	0.3	0.005	965802.2	1.01541
0.05	0.5	0.01	966561.7	1.04380
0.08	0.2	0.01	967105.2	1.03965
0.1	0.7	0.001	966382.8	1.03826

从表 1 可以看出,对评价系数,交叉概率以及变异概率的取值符合所需的要求.最理想的取值分别为 0.05、0.5、0.01,它所对应的订货经费为 966561.7 元,保障度达到 1.04380.

虽然每运行一次该模拟程序,由于问题的随机性都会得到一个不同的最优结果,但经过大量实验后,新的最优解与上述给出最优解误差不超过 2.5%,说明该遗传算法解决此决策问题是有效的,该算法具有巨大的搜寻能力.

4 结束语

本文应用遗传算法解决了随机备件订货的最优决策问题,研究表明,用计算机模拟生物进化的遗传算法,具有较大的搜寻能力.虽然遗传算法对种群规模、评价系数、交叉概率、变异概率等参数的设置需要一定的经验,但有规律可寻,在既定的取值范围内改变这些参数对所得结果不会有太大影响,可以很好的解决随机备件概算的最优决策问题.

参考文献:

- [1] 刘宝碇,赵瑞清. 随机规划与模糊规划[M]. 北京:清华大学出版社,1998.
- [2] 刘文奇,罗承忠. 带模糊约束的线性规划的几点注记[J]. 应用数学,1997,10(2): 105-109.
- [3] 吴为. 雷达随机备件品种与数量的工程估算方法[J]. 雷达与对抗,1998,(4).
- [4] 陈国良,等. 遗传算法及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社,1996.

(下转第 28 页)

挥系统。其核心技术—即时消息交换—可以广泛应用到进程控制、CSCW、消息服务、数据交换等多个领域。

参考文献:

- [1] Dreamtech 软件开发组. 即时消息传递系统编程源代码分析[M]. 姬梦洛, 李军, 郭晓玲, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2002. 5-7.
- [2] Day M, Rosenberg J, *et al.* A Model for Presence and Instant Messaging[J/OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2778.txt>, 2000.02.
- [3] Day M, S. Aggarwal, *et al.* Instant Messaging / Presence Protocol Requirements[J/OL]. <http://www.ietf.org/rfc/rfc2779.txt>, 2000.02.
- [4] Andy Oram. Peer-to-Peer: Harnessing the Benefits of a Disruptive Technology[C]. O'Reilly & Associates Inc., 2001.

A Control Tower Assistant System Based on IMEP

TIAN Li¹, PENG Xiao-ming², LU Han-rong², ZHU Shi-song¹

(1. Group of Graduate, AFRA, Wuhan 430019, China; 2. Department of Command Automation Engineering, AFRA, Wuhan 430019, China)

Abstract: In order for introducing the instant message (IM) transmission technique into a control tower, this paper presents a model of the IM switching system and communication protocol based on the model, designs the control tower system architecture with IMEP, and outlines some concrete problems concerning its realization.

Key words: instant message; control tower; IM; IMEP

(上接第 18 页)

Influence of Passive Radar Layouts on Target Location Precision

DING Wei-hua¹, CHEN Jing-ping¹, WU Cai-guang²

(1. Group of Graduate, AFRA, Wuhan 430019, China; 2. Division of Scientific Research, AFRA, Wuhan 430019, China)

Abstract: To offer the theoretical base to passive radar operation, this paper analyses the essential factors that affect the target location precision, starting from dealing with the passive radar location models, and comes to a conclusion that the different radar station layouts may exert influences on the target location precision, by simulating three sorts of radar layouts including star, diamond and triangle ones.

Key words: passive radar; layouts; location precision; simulation analysis

(上接第 24 页)

Application of Genetic Algorithms to Estimation of Carried Spares

SUN Zhi-jian¹, LAN Xu-hui², QIN Jiang-min³, XIAO Wen-jie¹

(1. Department of Radar System Engineering, AFRA, Wuhan 430019, China; 2. Department of Command Automation Engineering, AFRA, Wuhan 430019, China; 3. Department of Information Engineering, AFRA, Wuhan 430019, China)

Abstract: This paper illuminates that the genetic algorithm has a high efficiency of solving chance constraint programming problems, is more robust and avoids hovering around the local optimum solutions, taking the application of the algorithms to the model of radar carried spares for example.

Key words: genetic algorithms; carried spares; chance constraint programming