

# 基于多目标 PSO 算法的信息工程监理<sup>①</sup>

张云霄, 刘宏志

(北京工商大学 计算机与信息工程学院, 北京 100048)

**摘要:** 为了解决信息化工程监理面临的综合管理的复杂性, 通过综合考虑信息工程监理过程中对质量、投资、进度的控制, 采用以资源作为决策变量, 以整体工期优化为目标, 建立一种信息工程监理过程多目标优化的数学模型. 针对该数学模型, 构建了信息工程监理控制优化的多目标决策问题的目标函数, 结合一种多目标离散粒子群进化算法, 根据具体问题的特点, 重新定义和设计新的粒子进化方程, 从而较好地解决多目标优化信息工程监理控制目标的问题.

**关键词:** 信息工程监理; 多目标优化; 粒子群算法

## Information Project Surveillance Based on Multi-Objective PSO

ZHANG Yun-Xiao, LIU Hong-Zhi

(College of Computer and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China)

**Abstract:** In order to solve the complexity of the integrated management of information engineering surveillance, considering the control of the surveillance process about the quality, investment, and the progress. Resources as decision variables, optimize the overall duration as the goal, the establishment of the information engineering surveillance process multi-objective optimization model. Information engineering surveillance control to optimize the objective function of the multi-objective decision making problems the model constructed the objective function of the multi-objective decision that is the control of information engineering surveillance, combining with a multi-objective discrete particle swarm evolutionary(DPSO) algorithm, According to the characteristics of the specific problem, we define and design new particles evolution equation, and solve multi-objective optimization Control Objectives of information engineering surveillance.

**Key words:** information engineering surveillance; multi-objective optimization problem (MOP); particle swarm optimization (PSO)

信息化工程监理是指面向信息工程的监督管理; 受业主方委托, 代表业主的利益, 保护投资、控制质量、确保进度; 站在第三方的立场, 公平对待工程各方, 确保公正性、公平性、公开性. 随着监理技术的不断发展和监理应用范围的不断扩大, 对监理的要求也与日俱增, 我国目前的信息工程监理框架是在整个 IT 市场基础上的一个体系, 两个层次<sup>[1]</sup>. 随着信息化工程安全监理手段的丰富, 实现了在这个结构下多种不同的应用方法, 文献[2]提出了基于神经网络算法

增强系统全局最优性. 单纯依赖监理工程师等人力的静态管理已难以胜任安全监理的需要, 要实现安全监理的多元化、复杂化、智能化<sup>[3]</sup>.

因此, 本文在前人研究的基础上, 提出了一种新的基于多目标粒子群算法在信息化工程监理的应用的研究. 重新定义了基本粒子群算法中的速度、位置公式, 使其适宜求解离散问题, 加快收敛速度, 获得整体最优配置方案, 仿真结果表明多目标粒子群算法是求解多目标优化问题的有效算法.

① 基金项目:北京市属高等学校科学技术与研究生教育创新工程建设项目(PXM2012\_014213\_000037)

收稿时间:2012-07-03;收到修改稿时间:2012-09-02

## 1 多目标优化问题

多目标优化问题(Multi-objective Optimization Problem, MOP)是指那些同时优化多个目标的问题<sup>[4]</sup>。一般来说,这些单个目标是互相冲突的,因此,不存在一个解在所有目标上均是最优的。求解多目标优化问题常常是困难的,不同于单目标优化问题(Single Objective Optimization Problem, SOP)只有一个最优解,MOP的最优解是一组非支配解的集合<sup>[5,6]</sup>。

信息工程监理的主要工作内容为“三控、两管、一协调”,即监理人在信息工程的建设过程中通过质量控制、进度控制、投资控制、合同管理、信息管理和组织协调的方法和手段使项,目能按合同的约定完在信息工程监理过程中,被控制和优化的对象包括项目的质量、进度和投资等多个决策目标,这些目标的衡量标准各不相同,且各目标相互影响和制约<sup>[7]</sup>。因此,可以利用多目标优化解决信息工程建设过程监理的决策问题。通过对高度概括的主观目标进行逐层分解,逐步将其分解至便于运算的底层目标,构造一个3维监理控制的优化网格新模型,对其进行分析评价。在此,我们把监理集成化问题改成多目标问题<sup>[8]</sup>:从n个阶段中,使工程总质量最大、总投资最小。作为一个多目标优化问题,信息工程监理的模型输入应包含决策人、目标集(或称指标体系)、属性集、决策形势和决策规则5个要素。参考文献[9]提出用于控制信息工程监理4个阶段的5个基本要素的隐马尔可夫质量控制模型。

为了便于数学模型的建立,做了如下假设:

①每种共享约束资源的总供给量在各项目执行期间保持不变;

②各项目的权重已经通过项目评价确定;

③任务的持续时间与任务工作量成正比例关系,与所分配的资源数量在一定的资源区间内成反比例关系。

一般的基于对进度、质量和投资控制的问题可以描述为:从 $n(n=1, 2, \dots, N)$ 个独立项目,其中,第 $i$ 个项目包含 $r(r=1, 2, \dots, R)$ 个任务,这 $n$ 个项目共享 $k(k=1, 2, \dots, K)$ 种资源(其中,第 $k$ 种资源的可用数量为 $S_k$ 。对于第 $i$ 个项目中合同工期为 $T_i^*$ ,实际完成工期 $T_i$ ,第 $k$ 种资源在第 $t$ 天的实际使用量是 $P_{kt}$ ,第 $i$ 个项目任务从 $r_1$ 到 $r_2$ 对 $k$ 种资源的使用量是 $P_{i(r_1r_2)k}$ ,第 $i$ 个项目任务从 $r_1$ 到 $r_2$ 的工作量是 $F_{i(r_1r_2)}$ ,第 $i$

个项目任务的实际开始时间和实际结束时间分别是 $T$ 第 $i$ 个项目的权重是 $W_i$ 。令 $q_{i(r_1r_2)}$ 为0,1变量,当第 $i$ 个项目任务 $r_1$ 、 $r_2$ 相连是取1,否则去取0。

资源约束下的信息工程监理的多目标优化问题的数学模型如下:

$$\text{Min}T(n) = \sum_{i=1}^n \max W_i(T_i - T_i^*, 0) \quad (1)$$

$$\text{subject to } P_{ikt} = \begin{cases} P_{i(r_1r_2)k} & T_{S(r_1r_2)} \leq t \leq T_{F(r_1r_2)} \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

$$P_{kt} = \sum_{i=1}^n P_{ikt} \quad (3)$$

$$P_{kt} \leq S_k \quad (4)$$

$$T_i = \text{Min}(T_{Fi} - T_{Si}) \quad (5)$$

$$q_{i(r_1r_2)} X_{i(r_1r_2)} = \frac{F_{i(r_1r_2)}}{P_{i(r_1r_2)k}} \quad (6)$$

上述模型中,(1)式为目标函数,求解n个项目阶段的超期量之和最优;(2)表示第 $i$ 个项目在第 $t$ 使用第 $k$ 中资源的数量;(3)式表示第 $k$ 种资源在第 $t$ 天的实际使用量;(4)式表示资源约束,即任一时刻所有进行中的任务对任一资源的总使用量不能超过该资源的供给量;(5)式是第 $i$ 个项目的实际工期求解函数;(6)式表示第 $i$ 个项目任务从 $r_1$ 到 $r_2$ 实际分配的资源数量。

## 2 基于离散粒子群算法的模型求解方法

### 2.1 离散粒子群算法设计

粒子群优化算法(PSO)是一种启发式全局优化技术,一种基于群智能的演化计算方法<sup>[10]</sup>。PSO算法求解问题的关键步骤是将问题的解从解空间映射到具有某种结构的表示空间,即用特定的码串表示问题的解<sup>[11]</sup>。本文通过一种离散粒子群优化算法<sup>[12]</sup>(Discrete Particle Swarm Optimization, DPSO),求解信息工程监理集离散优化问题。

算法定义: $P_i$ 表示第 $i$ 个粒子的位置,它是一个有序的边集合。用 $V_i$ 表示第 $i$ 个粒子的速度, $P_{iw}$ 表示第 $i$ 个粒子所经历的最好位置, $P_{gw}$ 表示粒子群体所经历过的最佳位置。离散粒子群算法将速度和位置公式重新定义为:

$$V_i^{t+1} = c_1 V_i^t + c_2 \text{rand}(P_{iw}^t - P_i^t) + c_3 \text{rand}(P_{gw}^t - P_i^t) \quad (7)$$

$$P_i^{t+1} = P_i^t \oplus V_i^{t+1} \quad (8)$$

其中,  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$  为学习因子,  $C_1+C_2+C_3=1$ ,  $\text{rand}$  为  $[0, 1]$  上的随机数. 标准 PSO 通过公式(7)和公式(8)不断迭代, 希望值能趋向最优解. 根据  $C_1$ 、 $C_2$  和  $C_3$  的大小, 依概率在三个边集中选择一些边, 组成新的边集合  $V_i^{t+1}$ , 把  $V_i^{t+1}$  中的边添加到粒子  $P_i^t$  中, 并调整成为一个可行解  $P_i^{t+1}$ .

### 2.2 离散粒子群算法实现

离散粒子群算法实现流程图如图 1 所示:

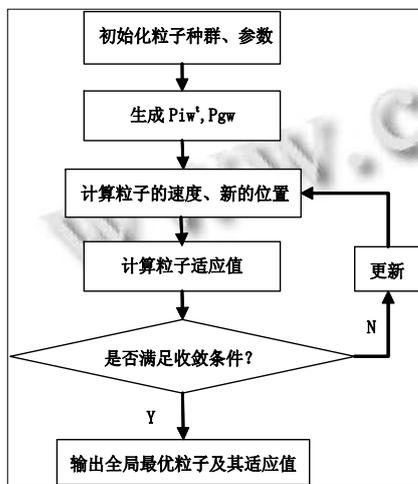


图 1 离散粒子群算法实现流程

本文研究的多目标优化信息工程监理集成化问题的离散粒子群求解算法步骤描述如下:

- ① 建立资源约束下的多项目资源优化配置模型, 如前文介绍;
- ② 根据模型确定粒子群空间, 并据此设计一个基于多维坐标轴的结构. 多维空间的任意一点可以作为一个粒子, 每个点的坐标分别代表粒子的位置、速度和不同目标的适应值等;
- ③ 采用基于利益最大化博弈的粒子位置取整算法来对空间位置值进行粒子表示;
- ④ 将取整后的粒子映射到资源优化配置方案上, 获得一个相对较优的多项目资源优化配置方案;
- ⑤ 将该方案粒子位置按照离散粒子群算法的操作方法进行位置和速度更新, 不断重复直到获得全局最优的配置方案.

### 3 POS算法在信息工程监理中的应用

为了测试本文算法求解实际问题的能力, 对信息工程项目三大目标进行优化.

首先定义项目的建设投资  $C$ , 工期  $T$  和质量  $Q$ ; 项目的建设投资  $C$ , 工期  $T$  和质量  $Q$  均为实数;  $C$  为投资金额, 单位为万元;  $T$  为工程天数, 单位为天;  $Q$  为工程质量, 单位为%, 表示工程的好坏, 取值范围从 0.01~1.00 开区间. 假设信息工程项目的合理值域如下:

$$\begin{cases} C \in [600, 800] \\ T \in [60, 90] \\ Q \in [0.85, 1.00] \end{cases} \quad (9)$$

这是一个带有约束的优化问题, 将其转化为含有 3 个目标的优化问题进行处理, 即  $F(x)=(f(x), G(x))$ , 其中,  $f(x)$  表示目标函数;  $G(x)$  为种群违反约束的程度, 计算方法为: 种群中某个个体  $x_i (i=1, 2, \dots, N)$ , 违反第  $j$  个约束违背程度为:  $G_j(x_i) = \max\{g_j(x_i), 0\}, j=1, 2$ , 则:

$$G(x) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^2 G_j(x_i) \quad (10)$$

公式(10)给出了算法的最优值, 可以看出本文提出的算法在对信息工程监理项目优化时, 获得了较优的解, 因此可作为解决实际问题的有效方法.

为了测试算法评价信息工程监理的指标, 利用分布指标( $\text{spread}, \Delta$ )和收敛性指标( $\text{convergence metric}, \gamma$ )来评价同算法所获非劣解的质量. 其中,  $\gamma$  越小表示算法的收敛越好;  $\Delta$  越小意味着所得非劣解有较好的分布. 为了测试引入的多种群策略和聚类策略是否增加计算复杂度, 应用 Matlab 软件中的( $\text{tic}, \text{toc}$ )命令, 每个检测函数运行 20 次来计算所需时间  $T$ .

表 1 离散粒子群算法的多目标优化问题评价指标

	$\gamma$	$\Delta$	$T$
<b>B</b>	0. 0377	0. 31	87
<b>W</b>	0. 1537	0. 41	112
<b>M</b>	0. 0843	0. 33	90

表 1 给出了不同算法在 20 次独立运行中收敛性指标和分布性指标的测试结果. 其中, **B** 表示运行最好的结果; **W** 表示运行最差的结果; **M** 表示平均值. 说明本文提出的算法获得了质量较高的非劣解, 进而说明本文提出的策略是有效的.

#### 4 结 语

本文针对资源约束条件下信息工程项目监理集成化管理问题,在满足资源约束的前提及整体工期优化的目标下,建立了信息工程监理过程多目标优化模型,提出了基于改进离散粒子群求解方法,并通过实验仿真,取得了比较满意的结果,验证了模型的合理性和算法的有效性。

#### 参 考 文 献

- 1 刘宏志,葛迺康.信息化工程监理.北京:中国电力出版社,2009.
- 2 张云霄,刘宏志.物联网技术在信息工程监理中的应用.计算机安全,2012,1:46-48.
- 3 Liu HZ, Yang RY. Research on Surveillance and Evaluation in Acceptance Stage of E-government Project. 2010 second International workshop on Education Technology and Computer Science, 2010,3(1):411-414.
- 4 刘衍民,赵庆祯,等.基于动态多种群的多目标粒子群算法.计算机仿真,2011,5(28):241-245.
- 5 张凯,赵国荣.资源约束项目调度问题的粒子群优化算法求解.海军航空工程学院学报,2009,9:56-60.
- 6 张红菊,乐美龙.基于多目标粒子群算法的泊位-岸桥分配研究.武汉理工大学学报,2012,2(34):59-64.
- 7 李妍婷,邢桂林.基于多目标决策理论的信息工程监理建模.经济管理,2007,17(425):17-22.
- 8 刘宏志,葛乃康,等.软件工程监理中多目标计划优化决策的探讨.北京工商大学学报(自然科学版),2004,11(22):35-38.
- 9 高丽,刘宏志.隐马尔科夫模型在信息工程质量监理中的应用.微型机与应用,2010,11(10):48-51.
- 10 李浩平,方子帆.基于离散粒子群算法的资源约束下多项目资源优化方法研究.现代机械,2011,1:34-36.
- 11 Jafarpour B, Meybodi M R, Shiry S. A hybrid method for optimization. Proceedings of the IEEE International Conference on Intelligent and Advanced Systems. Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE Press KLConvention Center, 2007,59-60.
- 12 Clerc M. Discrete Particle Swarm Optimization-Illustrated by the Traveling Salesman Problem.[2001-12-19]. <http://www.mauriceclerc.net>.

(上接第 107 页)

同时后续研究可将模糊颜色聚类模型与卡尔曼滤波结合预测运动以获得更好的跟踪效果。

#### 参 考 文 献

- 1 Foresti GL, Micheloni C, Snidaro L. Active video-based surveillance system. IEEE Signal Processing Magazine, 2005,22(2):25-37.
- 2 Comaniciu D. Kernel-based object tracking. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2003,25(5):564-577.
- 3 Li JQ, Lu HB, Du WF. Improved Multi object Detection and Tracking Method Based on Mean Shift Algorithm. Information an International inter-disciplinary Journal, 2011, 14(3):1075-1080.
- 4 Han J. Fuzzy color histogram and its use in color image retrieval. IEEE Trans. on Image Processing, 2002, 11(8): 944-952.
- 5 Ju MY, Ouyang CS, Chang HS. Mean shift tracking using fuzzy color histogram. International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Qingda, 2010: 2904-2908.
- 6 边肇祺,张学工.模式识别.北京:清华大学出版社,2000.280-282.
- 7 Pal NR, Bezdek JC. On cluster validity for the fuzzy C-means model. IEEE Trans. on Fuzzy Systems, 1995, 3(3): 370-379.
- 8 Kolen J, Hutcheson T. Reducing the time complexity of the fuzzy c-means algorithm. IEEE Trans. Fuzzy Systems, 2002, 10(2):263-267.
- 9 唐成龙,王石刚.基于数据间内在关联性的自适应模糊聚类模型.自动化学报,2010,36(11):1544-1556.
- 10 Ning J, Zhang L, Zhang D. Scale and orientation adaptive meanshift tracking. IET Computer Vision, 2012,6(1):52-61.
- 11 PETS2006 Datasets S7 Camera 4, ISCAPS Consortium. <ftp://ftp.cs.rdg.ac.uk/pub/PETS2006/S3-T7-A.zip>.