

基于和声搜索算法的 船舶分段工程项目工期—成本优化

吴君民¹(博士生导师), 陈明菲¹, 鞠可一¹(博士), 蒋苏娅²(教授)

(1.江苏科技大学经济管理学院, 江苏镇江 212003; 2.淮阴师范学院经济与管理学院, 江苏淮安 223300)

【摘要】 工期—成本优化是项目管理的重要内容,对工程项目经济效益的最大化起着至关重要的作用。针对船舶分段工程项目管理中的工期—成本管理问题,将工期—成本优化应用于船舶分段工程项目管理领域,结合船舶分段工程项目中工期—成本优化问题的特点建立数学模型,应用MATLAB软件对算法进行编程,通过实例数据,采用和声搜索算法求解,结果表明和声搜索算法可以比遗传算法(GA)更加有效地求解该类问题。

【关键词】 船舶建造; 工期—成本优化; 和声搜索算法

一、引言

工期(交货期)—成本优化问题是一类多目标优化问题,国内外学者进行了大量研究。早期研究集中于传统数学方法,如整数规划法、枚举法、动态规划法、分支定界法、割平面法等精确算法。传统数学方法较为精确,可以得到最优解或满意解,但计算量大,建模困难,容易陷入局部最优。鉴于传统数学方法的缺点,国内外很多学者开始尝试采用能够实现全局搜索和并行运算的进化算法求解工期—成本优化问题,如NPV CTTO算法、遗传算法、蚁群算法(ACO)、粒子群算法等,战德臣、徐晓飞、李成严(2002)提出并探讨了面向市场与供应链的时间—成本双

主线的新型企业资源计划系统管理体系。杨湘、张连营(2003)建立了模糊关系下的交货期—成本综合优化的遗传算法模型,并应用于一个实例,同时对结果作了进一步分析和讨论。但是以上大多是理论研究,只有少数将理论运用在实际工程项目中。

船舶产品属于复杂产品制造系统,其具有建造周期长,投资大,市场特征、外界关系、产品结构、生产组织、创新过程复杂等特点,工期和成本要素在该类工程项目中起着举足轻重的作用,故船舶分段建造工程项目工期—成本优化具有十分重要的意义。但目前大多研究都将船舶建造工期和成本作为单目标决策问题,如:陈红卫、王念

稳定,没有特大额发行或极短期融资现象,说明样本企业有计划进行债务融资,以发行债券方式紧急融资弥补资金缺口的现象较少,债券融资行为较为规范。

2. 将样本企业的财务风险等级依照主体信用评级划分为5等,分别赋值,样本的主体信用评级反映了企业整体的经营状况,而信用等级评价的是企业偿债的能力与意愿,本文将作为企业财务风险的评价标准,既符合本文对于财务风险的定义,又弥补了以ST作为样本分类标准的不足,同时结合实际情况易于操作理解,具有科学性。没有主体信用评级的企业也可以参照本文的设计,对企业的财务风险水平进行判断。

3. 在变量的选取上,从18个能够全面反映企业信息的原始变量中筛选出了6个公因子,且每个公因子的代表意义明确。最终的多分类Logistic回归结果显示,企业偿债能力 F_1 、盈利能力 F_2 、现金流量情况 F_3 及发展能力 F_4 等变量显著影响企业财务风险的大小,且各组的系数与被解释变量的变化趋势相同,相对而言,企业的周转情况对企

业财务风险的影响则不十分明显。企业应从这四个方面改进财务指标,控制企业财务风险,减少财务危机的发生。

主要参考文献

罗放华.谈财务风险的成因及防范措施[J].财会月刊,2005(8).

杨华.关于企业财务风险管理的探讨[J].统计与决策,2008(19).

Tam, Kiang. Predicting Bank Failures: A Neural Network Approach[J]. Management Science, 1992(8).

梁小红.财务危机预警的SVMs模型研究——基于我国制造业上市公司经验数据[J].福建论坛(人文社会科学版),2011(12).

蒋琪发.财务风险的特征及其控制途径[J].江西财经大学学报,2000(3).

梁慧兰.公司财务风险识别与防范[J].北方经济,2006(12).

新、葛世伦等(2007)研究了基于控制点的船舶制造全过程目标成本动态控制系统;吴君民、魏晓卓、宁宣熙(2008)研究了基于作业成本的船舶制造企业目标成本控制;刘玉君等(2011)开发了适用于船舶管系生产的进度计划系统;徐心渊(2013)以海工船项目为例给出了多项目并行情况下进度计划的制定、监控、纠偏的具体应用。鉴于以上分析,本文拟构建具有船舶分段建造工程项目特点的工期—成本双目标优化数学模型,并使用进化算法中的和声搜索算法求解模型,最后通过实例对其进行验证和分析。

二、船舶建造工程项目工期—成本优化问题分析及建模

船舶分段建造工程项目工期—成本优化的目标就是综合考虑时间、成本因素,制定合理的计划,以较低的成本,在合同规定的交船期内,保质保量地完成建造任务。

项目中的若干道工序按照一定的逻辑关系组成了网络计划,每道工序有相应的最短工期和正常工期,对应每个工期的实施需要投入相应的劳动力和配备相应的施工机械,网络计划中的项目工期可按如下公式计算:

$$ES_0=0 \quad (1)$$

$$ES_j=\max\{ES_j\}, \quad j \in P_i \quad (2)$$

$$EF_i=ES_i+t_i \quad (3)$$

$$T=EF_{n+1} \quad (4)$$

其中, ES_i (EF_i)分别为工序*i*的最早开始(最早结束)时间; P_i 为工序*i*的紧前工序集合; t_i 是第*i*工序的实际工作时间;工序0($n+1$)为虚拟的开始(结束)工序, T 为总工期。

船舶分段建造工程项目的总成本包括两个方面:直接成本和间接成本。所谓直接成本是可以分清哪种产品所耗用的、可以直接计入某种产品成本的费用。在具体造船过程中是指在造船活动中直接消耗的成本包括完成工序所需的原材料、半成品、零部件、机械设备以及劳动力等,项目负责人为了加速项目执行,会采取一些措施,如加班、租用更先进设备、雇用专家进行技术指导等,从而增加了直接成本。为了估算方便,本文假定每个任务的直接成本与工期存在线性关系。一道工序每缩短一个单位时间,平均增加出来的直接成本,称为该工序的赶工成本斜率。间接成本是指不能直接计入成本中的费用,需要按一定的标准分配计入到造船活动中,如设备磨损、管理成本、库存成本、银行利息支出等,实际工程中可以估计一个单位时间的间接成本来考虑。通常间接成本会随着工期的增加而大幅的增加,在工期延长时对总成本的影响要大很多。因此,项目的总成本可表示为:

$$\min C = \sum_{i=1}^n [c_{1i} \times t_{1i} + \beta(t_{1i} + t_i)] + T \times c_d \quad (5)$$

其中: c 为项目总成本; c_{1i} 为第*i*个工序的正常直接成

本率; c_d 为每天间接成本,它可以由专家进行估计得到,也可以将预算书中的间接成本按合同工期分摊得到; T 是实际总工期; t_{1i} 是第*i*工序的正常工作时间; t_i 是第*i*工序的实际工作时间; β_i 是第*i*工序的赶工成本斜率。

在实际船舶建造工程项目管理中,假定工期因素和成本因素具有同等重要的地位,所以各赋予0.5的权重,根据前述工期模型和成本模型,建立优化模型为:

$$\min Z = 0.5 \times \min C + 0.5 \times \min T \quad (6)$$

因为假设成本是工期的线性函数,所以该模型可转化为如下模型以保证量纲的统一:

$$\min Z = 0.5 \times \sum_{i=1}^n [c_{1i} \times t_{1i} + \beta(t_{1i} + t_i)] + 0.5 \times T \times c_d + 0.5 \times \min T \quad (7)$$

三、基于和声搜索算法的求解过程

1. 和声搜索算法。和声搜索算法(Harmony Search Algorithm, HS)是2001年Zong.Woo.Geem等人提出的一种新颖的智能优化算法。和声搜索算法模拟了音乐创作中乐师们通过反复调整乐队中各乐器的音调,最终达到一个美妙的和声状态的过程。和声搜索算法将各种乐器类比于优化问题的解的各个分量,各乐器音调的和声相当于优化问题的解,对和声的评价类比于解对应的目标函数值。与其他进化算法相比和声搜索算法具有以下优势:①在生成一个新解时考虑了所有已经存在的解而不是像遗传算法那样只考虑两个解(父代);②和声搜索算法不需要设置目标函数的初始值。

2. 算法描述。

Step1:初始化参数:变量上限(c_i^U)和下限(c_i^L),和声记忆库大小(HMS),记忆库取值概率(HMCR),微调概率(PAR)和最大迭代次数(Tmax)。

Step2:在搜索空间内随机初始化HM如下:

$$HM = \begin{bmatrix} c_1^1 & c_2^1 & \dots & c_N^1 \\ c_1^2 & c_2^2 & \dots & c_N^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_1^{HMS} & c_2^{HMS} & \dots & c_N^{HMS} \end{bmatrix}$$

Step3:即兴产生一个新和声。解分量即新和声音调 \hat{c}_i 生成方式如下:

$$\hat{c}_i = \begin{cases} c_i^1 \in (c_1^1, c_2^1, \dots, c_1^{HMS}) & \text{rand} < \text{HMCR} \\ c_i^{\text{otherwise}} & \text{其他} \end{cases}$$

$i=1, 2, \dots, N$

其中rand表示[0, 1]上的均匀分布的随机数,如果 \hat{c}_i 来自HM,需要进行音调微调如下:

$$\hat{c}_i = \begin{cases} \hat{c}_i + (2\text{rand} - 1) \times \text{bw} & \text{rand} < \text{HMCR} \\ \hat{c}_i & \text{其他} \end{cases}$$

$i=1,2,\dots,N$

其中,rand1是[0,1]上均匀分布的随机数,bw为音调微调带宽,PAR为音调微调概率。

Step4:更新HM,当Step3产生的新解优于HM中“最差”和声时,用新解替换HM中“最差”和声,假设目标函数求最小值,具体操作如下:

$$\text{IF } f(c') < f(c^{\text{worst}}) = \max_{i=1,2,\dots,HMS} f(c^i)$$

Then $c^{\text{worst}}=c'$

Step5:检查当前迭代次数是否达到最大迭代次数Tmax,如果达到则停止迭代,否则重复Step3、Step4,直到迭代次数达到Tmax为止。

四、算例及分析

为了便于比较,本文选用金朝光(2002)文中的案例数据,该案例是大连某船厂的化学品船平面分段中编号为109的分段项目,该分段包含10个任务,其网络计划如图1所示。表1显示了实例的任务以及对应的工期和成本,该分段任务工期要求是70天,间接成本是0.2万元/天,为保证本文算法在可接受的时间内获得较优的优化结果,和声搜索模型的其他参数设置为:HMS=100;bw=0.2;HMCR=0.95;PAR=0.3;最大迭代次数=10 000。

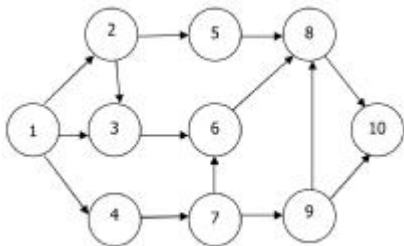


图1 109分段工程网络图

表1 109分段工期、费用率数据

任务编号	任务名称	最短工期(天)	正常工期(天)	最大成本率(万元/天)	正常成本率(万元/天)	赶工成本斜率
1	物资准备	15	19	1.9	0.35	5.46
2	钢料加工	10	12	2	0.65	6.10
3	平面制造	6	9	1.8	0.55	1.95
4	分段舭装件制造	17	20	1.55	0.55	5.12
5	框架制造	8	11	1.85	0.5	3.10
6	分段结构	18	22	2.1	0.6	6.15
7	托盘集配	4	6	1.45	0.45	1.55
8	分段涂装	5	9	2	0.7	0.93
9	分段舭装	5	9	2.4	0.75	1.31
10	分段合拢	2	4	2.5	0.85	0.80

本文应用MATLABR2014a对算法进行编程。图2为和声搜索算法初始解与最终解的目标函数值分布,从图中可以看出,算法逐渐收敛,最终解比初始解有明显改进。

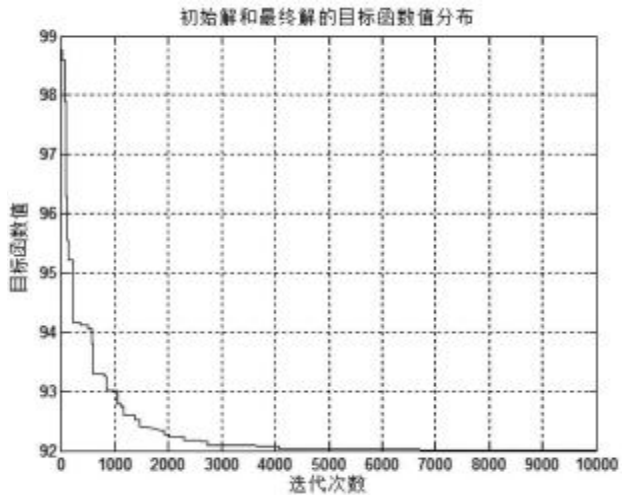


图2 初始解和最终解的目标函数值分布

为验证本文算法的有效性和优越性,使用遗传算法进行比较。两种算法的最优解对比见表2,从表中可以看出,和声搜索算法和遗传算法都找到了全域最优解,和声搜索算法的迭代次数虽然超过遗传算法但是运行时间却远远低于遗传算法,这说明和声搜索算法在更短的时间内找到最优解,求解效率更高。由于本实例工期为70天,将和声搜索算法与金朝光(2002)中遗传算法在工期要求下对应的总成本进行对比,结果见表3。由表3可知在工期要求下和声搜索算法找到了遗传算法未搜索到的总成本更低的解。综上所述,和声搜索算法收敛效率更高,更加适用于船舶分段建造工程项目工期—成本优化问题。

表2 两种算法的最优解对比

算法	解向量	总工期(天)	总成本(万元)	迭代次数	运行时间(秒)
遗传算法	{19,12,9,20,11,22,6,5,5,2}	73	140.82	1 000	16.771
和声搜索算法	{19,12,9,20,11,22,6,5,5,2}	73	140.82	10 000	1.731

表3 两种算法在工期要求下对应总成本对比

算法	总工期(天)	总成本(万元)
遗传算法	70	177.76
和声搜索算法	70	167.70

主要参考文献

金朝光.船舶建造工程管理及供应链一体化研究[D].大连:大连理工大学,2002.
刘玉君,李瑞,涇田邦裕.基于约束理论的船舶管系加工进度计划系统研究[J].中国造船,2011(1).

【基金项目】国家自然科学基金资助项目(项目编号:71203081)、教育部人文社科基金资助项目(项目编号:11YJA630151)、江苏省社科基金资助项目(项目编号:10GLB011)