

# 基于区间可信度下界的多目标优化算法研究及应用

闫红

(营口理工学院电气工程系 营口 115014)

**摘要** 旨在填补多目标优化算法研究的不足,以制造业中多因素耦合作用下的多目标优化问题为研究对象,首先提出区间可信度和占优关系等概念;其次基于区间可信度和占优关系建立基于区间可信度下界的多目标优化算法;最后通过多目标数值优化对所建立的优化算法进行探究。结果显示,在  $\gamma$  的取值相同时, H 测度与进化代数呈现正相关,可以说明随着个体进化代数的增大,所提出的基于占优可信度下界的算法得到的  $\gamma$ -Pareto 前沿更能反映真实的 Pareto 前沿;通过文中建立的算法与 IP-MOEA 和 SPGA 的比较可以看出,文中所建立的基于区间可信度下界的多目标优化算法与实际情况的吻合度更高,说明所建立的算法可以填补多目标优化算法的不足。

**关键词** 区间可信度,占优关系,多目标优化,算法

**中图分类号** TP137 **文献标识码** A

## Research and Application of Multi-objective Optimization Algorithm Based on Interval Reliability Lower Bound

YAN Hong

(Department of Electrical Engineering, Yingkou Institute of Technology, Yingkou 115014, China)

**Abstract** In order to fill the lack of research aims to multi-objective optimization algorithm, in this paper the problem of the multi-objective optimization which could be applied for manufacturing based on multiple factors was selected as the research object. Firstly, the concept of interval between credibility and dominance relations etc was proposed. Secondly, the algorithm multi-objective optimization based on the lower bound of the confidence interval was established based on confidence interval and dominance relations. Finally, the optimization algorithm was studied by multi-objective numerical optimization. The results shows that H measure and evolution are positively correlated with the increase of the individual in the same value of  $\gamma$ . It can explain, and the lower bound of the dominant credibility algorithm based on the  $\gamma$ -Pareto front more able to reflect the true Pareto front with the evolution algebra. It can be seen that the multi-objective optimization algorithm is more suitable for practical situation based on confidence interval bounds established compared with the proposed algorithm of IP-MOEA and SPGA. The multi-objective optimization algorithm based on the lower bound of the confidence interval can fill the lack.

**Keywords** Interval reliability, Dominance relation, Multi-objective optimization, Algorithm

## 1 引言

随着计算机技术的飞速发展,机械制造业、汽车、航空航天以及其他各个行业都将依靠计算机技术对其进行控制。以机械制造业中难加工材料的高速切削加工为例进行说明,评价此种材料的切削加工性将以加工表面质量、加工效率、刀具磨损、切削力的大小以及切削温度等为目标。并且,在难加工材料的切削加工过程中,影响切削以上评价目标的因素众多,切削速度、切削深度、切削宽度及每齿进给量等切削参数对其都有着重要影响,与此同时,切削环境及切削刀具的选择对其也有着同等重要的影响。通过以上分析可以看出:在同一个机械制造过程中,要想制定一个满足要求的加工工艺方案将需要考虑以上多个优化目标,并且优化目标都属于区间变化的变量。目前,能够用来解决以上类型的区间参数多目标优化问题的方法主要有两种:1)采用合适的方法,简化多目标优化问题为单目标优化问题,然后用数值计算方法<sup>[1-2]</sup>、进化算

法等算法求解简化后的单目标优化问题;2)直接使用进化算法对原多目标优化问题进行求解<sup>[3-5]</sup>。该方法首先需要目标函数含有的不确定性进行 Pareto 占优关系的定义,然后比较不同解的性能。时至今日,该方法得到了国内外诸多专家学者的关注,并进行了一系列的研究,并且将该算法进行了一系列的优化。但是, Pareto 占优关系与区间序定义始终是一个困扰诸多专家学者的问题,关于 Pareto 占优关系与区间序定义的报道相对较少<sup>[6]</sup>。根据以上问题,基于区间可信度下界对多目标优化问题的相关算法进行研究,可以填补 Pareto 占优关系与区间序定义的空白,对以后的多目标优化算法有着很好的指导意义。

## 2 区间占优可信度下界

### 2.1 区间占优可信度下界定义

区间占优可信度在此前的专家研究中有着不同的定义,

本文中区间占优可信度下界的定义如下:

设定  $A, B$  为两个基本变量,  $A$  变量的变化区间为  $A = [A, \bar{A}]$ ,  $B$  变量的变化区间为  $B = [\underline{B}, \bar{B}]$ , 其区间宽度分别为  $W(A)$  和  $W(B)$ 。

$$W(A) = \bar{A} - A, W(B) = \bar{B} - \underline{B}$$

则定义

$$P(A \geq B) \triangleq \max\{1 - \max(\frac{B - A}{W(A) + W(B)}, 0), 0\} \quad (1)$$

为  $A \geq B$  的可信度。

以上定义的区间可信度具有两个性质:

- (1)  $P(A \geq B) + P(B \geq A) = 1$ ;
- (2)  $P(A \geq B) \geq 0.5$ , 当且仅当  $\bar{A} + A \geq \bar{B} + \underline{B}$ 。

根据式(1)所定义的区间可信度, 定义区间序关系:

$$A \geq B \Leftrightarrow P(A \geq B) \geq 0.5 \Leftrightarrow m(A) \geq m(B)$$

即, 区间序关系  $A$  大于或等于  $B$ , 当且仅当  $A$  大于或等于  $B$  的可信度,  $B$  的可信度大于或等于 0.5, 或者  $A$  的中点大于或等于  $B$  的中点。

根据以上区间序关系可以看出: 两个变量区间的比较, 可转化为这两个变量的区间中点的比较。并且两个变量的区间中点数值差距越大, 其两个区间的相对可信度越大, 相应的区间序关系越明显<sup>[7]</sup>。基于以上原因, 提出区间占优可信度下界的定义。

设  $\gamma \in [0.5, 1]$ , 若  $P(A \geq B) \geq \gamma$ , 同时满足  $A \geq B$ , 则认为  $\gamma$  为  $A \geq B$  的可信度下界。

### 2.2 区间可信度下界占优关系

设一任意目标函数  $f_i(X, Y), i=1, 2, \dots, n$ 。若在可信度不小于  $\gamma$  时,  $f_i(X_1, Y)$  大于或等于  $f_i(X_2, Y)$ , 且至少存在一个  $f_k(X, Y)$ , 使得  $f_k(X_1, Y) \geq f_k(X_2, Y)$  的可信度大于或等于 0.5。则称  $X_1$  以不低于  $\gamma$  的可信度占优  $X_2$ , 记作  $X_1 \Gamma_\gamma X_2$ 。

根据以上定义的占优关系对 Pareto 最优解及 Pareto 最优解集进行定义, 具体定义如下:

(1) Pareto 最优解: 若对于  $X_\gamma^* \in S$ , 不存在  $X' \in S$ , 使得  $X' \Gamma_\gamma X_\gamma^*$ , 则认为  $X_\gamma^*$  是改进优化目标的区间占优可信度下界  $\gamma$  的 Pareto 最优解, 简称  $\gamma$ -Pareto 最优解。

(2) Pareto 最优解集: 根据 Pareto 最优解解得的所有解的集合就为 Pareto 最优解集, 简称  $\gamma$ -Pareto 最优解集<sup>[8]</sup>, 记作  $X_\gamma^*$ 。

本文中区间占优可信度下界都是基于 2.1 节和本节的定义方式进行算法描述及求解的, 与此同时, 可以解决多目标优化算法的复杂性问题。

### 3 算法描述

遗传算法(Genetic Algorithm)是一类借鉴生物界的进化规律(适者生存、优胜劣汰遗传机制)演化而来的随机搜索方法。本文基于区间可信度下界的多目标优化算法是遗传算法的延伸。该算法考虑了变量(种群)的占优关系及 Deb 的 NSGA-II, 其中种群的进化服从 NSGA-II 规律, 在不同个体的占优关系比较中, 将本文提出的基于区间占优可信度下界的占优关系来替代传统的 Pareto 占优关系<sup>[9]</sup>。具体的算法描述如图 1 所示。

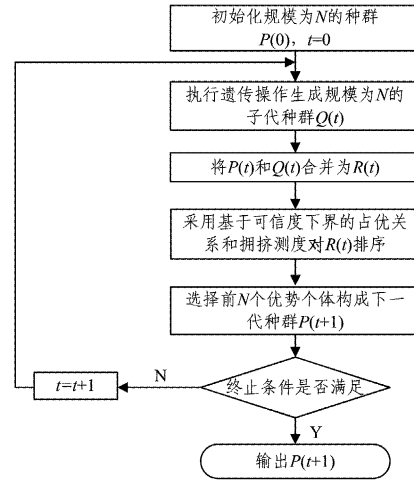


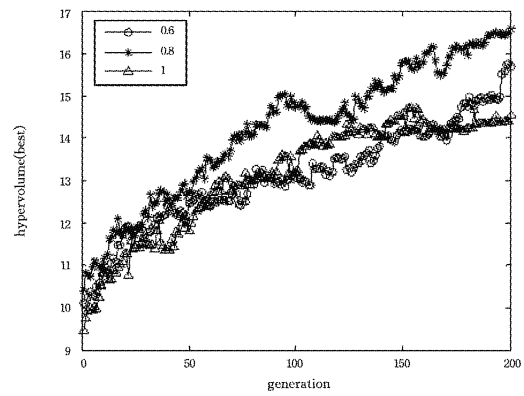
图 1 算法描述

### 4 多目标优化结果

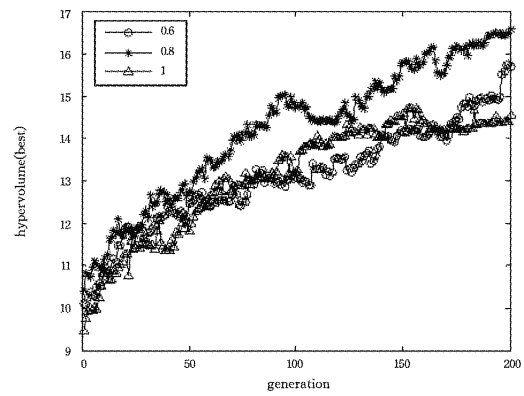
本文基于区间可信度下界的多目标优化算法主要提出了区间可信度下界的不同定义方式, 并对遗传算法进行改进, 同时考虑种群个体的占优关系和 Deb 的 NSGA-II 的进化规律。算法改进完成后针对区间参数三目标优化问题 DTLZ<sub>1</sub> 和 DTLZ<sub>2</sub> 进行计算, 探究了  $\gamma$  对本文算法的影响, 其次将本文算法的优化结果与 IP-MOEA<sup>[24]</sup> 和 SPGA<sup>[26]</sup> 的传统的区间参数多目标优化结果进行对比。

#### 4.1 $\gamma$ 值对区间可信度下界多目标遗传算法的影响

图 2 给出了不同  $\gamma$  值对本文提出的区间可信度下界的多目标遗传算法的影响图。本次实验中  $\gamma$  的取值分别为 0.6, 0.8 和 1。



(a)

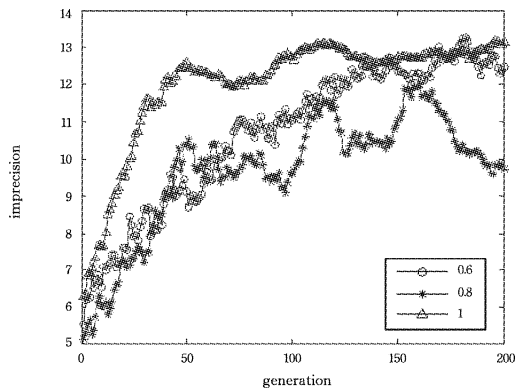


(b)

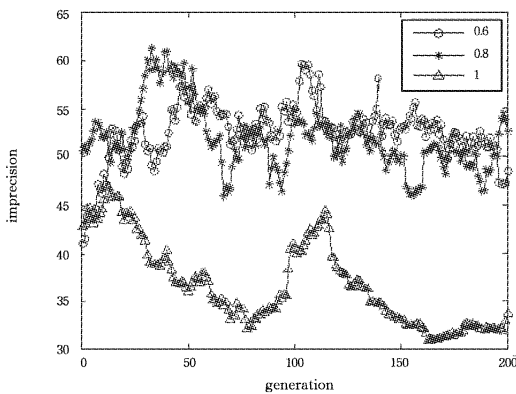
图 2 H-G 曲线

图 2(a)为三目标优化问题 DTLZ<sub>1</sub> 在不同  $\gamma$  值时的 H 测度随种群个体进化代数的变化曲线;图 2(b)为三目标优化问题 DTLZ<sub>2</sub> 在不同  $\gamma$  值时的 H 测度随种群个体进化代数的变化曲线。通过图 2 可以看出:1)在  $\gamma$  的取值相同时,H 测度与进化代数呈现正相关,这说明随着个体进化代数的增大,本文提出的基于占优可信度下界的算法所得的  $\gamma$ -Pareto 前沿能更好地反映真实的 Pareto 前沿;2)在个体进化代数相同时,H 测度与  $\gamma$  也呈现正相关,究其原因在于,进化代数相同时, $\gamma$ -Pareto 解集所包含的个体数与  $\gamma$  值呈现正相关<sup>[10]</sup>。

图 3 给出了 I 测度与进化代数的关系图,图 3(a)为三目标优化问题 DTLZ<sub>1</sub> 在不同  $\gamma$  值时的 I 测度随种群个体进化代数的变化曲线;图 3(b)为三目标优化问题 DTLZ<sub>2</sub> 在不同  $\gamma$  值时的 I 测度随种群个体进化代数的变化曲线。通过图 3(a)可以看出, $\gamma$ -Pareto 前沿的不确定度与个体种群的进化代数呈现明显的正相关。通过图 3(b)可以看出, $\gamma$ -Pareto 前沿的不确定度与个体进化代数的变化呈现锯齿状变化。



(a)

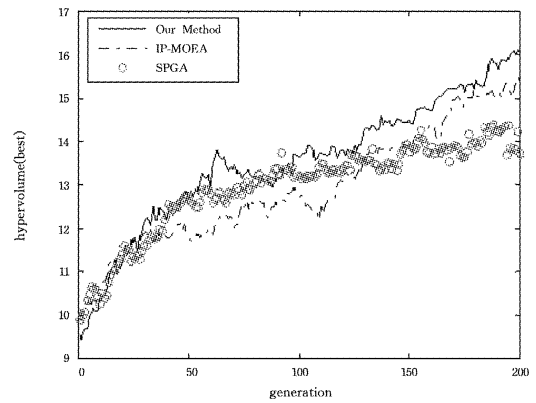


(b)

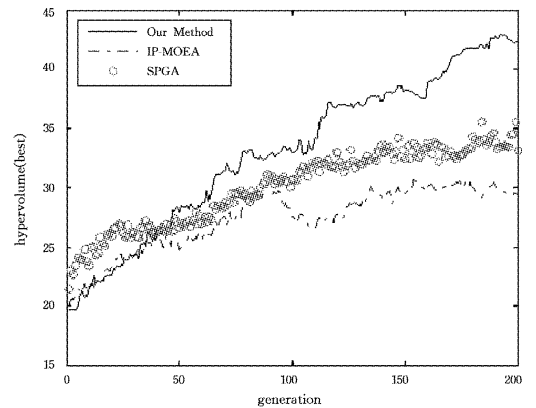
图 3 I-G 曲线

### 4.2 不同方法的比较

图 4 给出了不同算法下的 H-G 曲线,图 4(a)为不同算法下的 DTLZ<sub>1</sub> 优化问题的 H-G 曲线;图 4(b)为不同算法下的 DTLZ<sub>2</sub> 优化问题的 H-G 曲线。通过图 4 可以看出,在以上 3 种方法下,H 测度与个体种群进化代数均呈现正相关;当个体进化代数相同,本文提出的基于区间可信度下界的多目标优化算法的 H 均测度大于 IP-MOEA 和 SPGA,这说明本文提出的算法的  $\gamma$ -Pareto 前沿最接近真实的 Pareto 前沿。



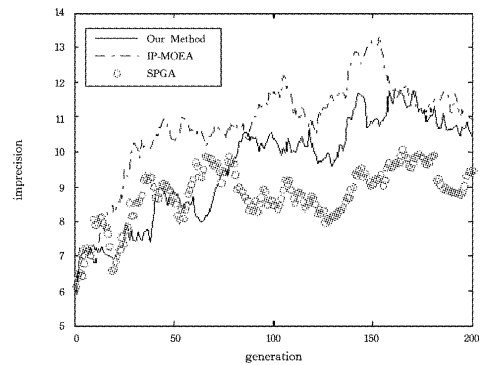
(a)



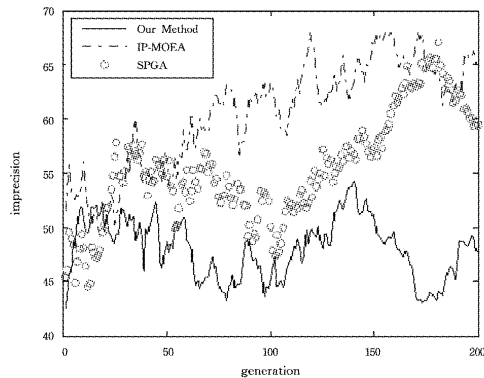
(b)

图 4 不同方法的 H-G 曲线

图 5 为不同算法下的 I-G 曲线。



(a)



(b)

图 5 不同方法的 I-G 曲线

生大量子线程用于下载图片,这样会导致内存消耗过大,最终发生内存溢出异常并且消耗大量的用户流量去下载图片<sup>[4-5]</sup>。

基于以上问题,本应用使用 Picasso 第三方开源框架。该框架可以转换图片以适应布局大小并减少内存占用;并且提供 Cache 缓存类为图片提供缓存功能,节省用户流量。因此使用该框架既避免了内存溢出的问题,又节省了用户的手机流量,同时也提高了 ListView 的滑动速度<sup>[6]</sup>。

### 3.3.6 SlidingMenu 下的自定义 View

在 SlidingMenu 下需要显示多个菜单栏,但是 Android 自身提供的控件无法满足设计要求,因此需要通过继承 View 类的方式来自定义控件。在类里面重写 onMeasure() 和 onDraw() 方法,分别定义需要布局的尺寸及需要显示的布局效果<sup>[7]</sup>;并且在类里面定义了相应的接口,方便获取和设置自定义 View 中的内容信息。通过以上方法可以完美地解决 Android 控件不能满足设计要求的问题。

## 4 应用实例展示

该软件最终实现的功能有用户登录、预约、查看门店、订单查询、用户支付、速度预警以及节电模式等。图 5—图 8 给出了该款软件的部分截图。



图 5 登录界面



图 6 预约界面



图 7 订单界面



图 8 注册界面

**结束语** 本文介绍了基于 Android 平台的电动自行车租赁客户端的设计方案和关键技术;详细介绍了服务端、预约模块、订单模块以及限速模块等。通过在 Android 手机上进行测试,证明了手机定位、速度检测精准,且运行流畅。

## 参考文献

- [1] 韩敬海,丁春强. Android 程序设计[M]. 北京:电子工业出版社,2012:10-11.
- [2] 陆荣幸. J2EE 平台上 MVC 设计模式的研究与实现[J]. 计算机应用研究,2003(3):144-146.
- [3] 徐雯,高建华. 基于 SpringMVC 及 Mybatis 的 Web 应用框架研究[J]. 微型电脑应用,2012,28(7):1-10.
- [4] 熊传玉,徐尤华. Android 系统下基于 JSON 的天气预报应用的实现[J]. 微型电脑应用,2016,32(1):8-10.
- [5] 尹文刚,杨斌. Android 应用程序中的内存泄露与规避方法[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2012,12(6):4-6.
- [6] 丁锐. 基于多级缓存的内存管理方案[J]. 杭州电子科技大学学报,2011,31(5):25-28.
- [7] 马英瑞,王冬星,高媛. 基于自定义 view 技术的移动端界面特效设计与实现[J]. 福建电脑,2016,32(10):19-20.

(上接第 579 页)

图 5(a)为不同算法下的  $DTLZ_1$  优化问题的 I-G 曲线;图 5(b)为不同算法下的  $DTLZ_2$  优化问题的 I-G 曲线。从图 5 可以看出,在以上 3 种方法下,I 测度与个体种群进化代数的变化关系与 H 测度变化关系相反,呈现负相关。这说明随着进化代数的增加,本文所提的优化算法得到的 Pareto 前沿的不确定程度越来越小。

**结束语** 1)在  $\gamma$  的取值相同时,H 测度与进化代数呈现正相关,可以说明:随着个体进化代数的增大,本文提出的基于占优可信度下界的算法所得的  $\gamma$ -Pareto 前沿能更好地反映真实的 Pareto 前沿;在个体进化代数相同时,H 测度与  $\gamma$  也呈现正相关,究其原因在于,进化代数相同时, $\gamma$ -Pareto 解集所包含的个体数与  $\gamma$  值呈现正相关。

2)在 3 种不同方法的比较中,H 测度与个体种群进化代数均呈现正相关;当个体进化代数相同时,本文提出的基于区间可信度下界的多目标优化算法的 H 均测度大于 IP-MOEA 和 SPGA,这说明本文提出的算法的  $\gamma$ -Pareto 前沿最接近真实的 Pareto 前沿。I 测度与个体种群进化代数的变化关系与 H 测度变化关系相反,呈现负相关,这说明随着进化代数的增加,本文所提的优化算法得到的 Pareto 前沿的不确定程度越来越小。

## 参考文献

- [1] 李新兰,姜潮,韩旭. 基于区间的不确定多目标优化方法及应用[J]. 中国机械工程,2011,22(9):1100-1106.
- [2] 李方义,李光耀,郑刚. 基于区间的不确定多目标优化方法研究[J]. 固体力学学报,2010,31(1):86-93.
- [3] 李方义,李光耀,李洪周,等. 区间不确定多目标优化算法在薄板冲压成形中的应用研究[J]. 中国机械工程,2010(13):1609-1613.
- [4] CHENG J, DUAN G F, LIU Z Y, et al. 基于径向基函数、区间分析和非支配排序遗传算法的结构区间多目标优化(英文)[J]. 浙江大学学报(a 卷英文版),2014,15(10):774-788.
- [5] 章恩泽,吴益飞,陈庆伟. 一类区间多目标粒子群优化算法[J]. 控制与决策,2014(12):2171-2176.
- [6] 郭一楠,王春,刘海媛,等. 基于区间多目标量子文化算法的无线传感器网络覆盖能效优化[J]. 控制与决策,2015(3):425-432.
- [7] 陈志旺,白铎,杨七,等. 区间多目标优化中决策空间约束、支配及同序解筛选策略[J]. 自动化学报,2015,41(12):2115-2124.
- [8] 张勇,巩敦卫,郝国生,等. 含区间参数多目标系统的微粒群优化算法[J]. 自动化学报,2008,34(8):921-928.
- [9] 孙靖,巩敦卫,季新芳. 基于偏好方向的区间多目标交互进化算法[J]. 控制与决策,2013(4):542-546.
- [10] 章恩泽,陈庆伟. 不确定可靠性优化问题的多目标粒子群优化算法[J]. 控制与决策,2015(9):1701-1705.