

随机占优精英裂变算法用于空中移动目标跟踪

熊娟

(黄淮学院,河南驻马店 463000)

摘要: 针对粒子群算法跟踪空中目标的缺点,提出随机占优精英裂变算法。首先对父体大权值粒子裂变,形成子代个体空间,覆盖小权值粒子;接着采用精英策略,计算个体在选择过程中被选中的概率,使大部分较优个体参与进化,用极小欧几里德距离计算拥挤距离;然后采用分布函数来确定采样数据的随机占优关系;最后给出了空中目标运动模型。实验仿真表明,滤波轨迹接近空中运动目标的轨迹,在整个观测区域内具有很好的跟踪效果,位置误差标准值小。

关键词: 空中目标跟踪; 适应值; 随机占优; 精英; 裂变

中图分类号: V271.4; TP301

文献标志码: A

文章编号: 1671-637X(2013)01-0061-03

Airborne Moving Target Tracking Based on Stochastic Dominance Elite Fission Algorithm

XIONG Juan

(Huanghuai College, Zhumadian 463000, China)

Abstract: Considering the disadvantages of particle swarm optimization algorithm in aerial target tracking, stochastic dominance elite fission algorithm was proposed. After the fission of the parent body weight value particle, individual space was formed, which covered with small weight particle. Then, the elitist strategy was adopted for calculating the probability of an individual being selected, made the most of fine individuals participate in evolution. The crowding distance was calculated out with minimum Euclidean distance, and the distribution function was used to determine the sampling data of stochastic dominance relation. Finally, the aerial target motion model was given. The experimental simulation showed that: 1) the filtering trajectory is approximate to the aerial target moving trajectory; and 2) the tracking effect is satisfactory during the entire observation area.

Key words: aerial target tracking; fitness; stochastic dominance; elite; fission

0 引言

目前对空中目标跟踪的方法主要有:基于多特征融合方法、基于运动轨迹质心迹累加序列检测方法、小波变换的检测算法。多特征融合和小波变换方法的运算量较大,实时性较差;基于运动轨迹质心迹累加的序列检测方法适用于深空背景下的点目标检测;多帧背景估计则对背景变化程度有限制条件^[1]。

粒子群算法是一种人工智能算法。原理简单,无需复杂的调整,实现方便,且已经在许多优化问题中

得到了成功的应用,但是在空中目标跟踪过程中存在过早收敛问题,采样粒子多样性丧失。为了始终保持粒子具有一定的多样性,采用裂变算法对大权值的父体进行裂变,然后覆盖小权值粒子。但是,即使优良粒子的裂变也不能保证在寻优解的解域内,因此采用精英策略,即先计算某代群体中个体的适应值;然后计算此适应值在群体总适应值中所占的比例,即为该个体在选择过程中被选中的概率。如果不考虑精英分裂后个体的空间分布密度,容易产生大量的相似解,大大降低解的多样性,采用极小欧几里德距离计算拥挤距离,这时在密集子代具有较小拥挤距离,而在稀疏区域具有较大拥挤距离,增加随机占优的多样性。实验仿真表明:滤波轨迹接近空中运动目标的轨迹,在整个观测区域内具有很好的跟踪效果,位置误差标准值小。

收稿日期:2011-06-24

修回日期:2011-12-04

作者简介:熊娟(1981—),女,河南汝南人,硕士,讲师,研究方向为应用电子技术。

1 随机占优精英裂变算法描述

1.1 精英裂变

在空中移动目标跟踪和粒子群算法中,粒子在寻优空间中以一定的速度飞行,其速度根据其本身的飞行经验和全体种群的飞行经验进行动态调整,但是在后期粒子群容易陷入早衰、枯竭状态,最终整个问题解域无法确定最优解。粒子裂变通过裂变操作,增加粒子的多样性,裂变繁殖的粒子只针对权值比较大的粒子^[2]。

假设粒子群共有 n 个粒子,在第 s 时刻的混合状态样本为 $\{x_s^i, w_s^i\}_{i=1}^n$, x_s^i 为第 s 时刻第 i 个粒子,对应的 w_s^i 为权值,其中 $\sum_{i=1}^n w_s^i = 1$ 。对权值 $w_s^k \geq \frac{1}{2}$ 的粒子进行裂变,假如有粒子满足此条件,随机选择此粒子群体作为父体^[3],并将父体从原粒子群中删除,优良个体沿一定的方向裂变,形成子代个体空间,裂变操作为 $x_s^k \rightarrow x_s^{k_i} |_{i=1}^{k/2}$,其权值为 $w_s^k \rightarrow w_s^{k_i} |_{i=1}^{k/2}$ 。每个裂变体权值计算为

$$w_s^{k_i} = \frac{l}{\sum_{i=1}^{k/2} w_s^{k_i}} \quad (1)$$

同时覆盖权值小的粒子^[4],在第 s 时刻粒子群更新为 $\{x_s^i, w_s^i\}_{i=1}^{n-nk}$ 。

经裂变后的个体所产生的后代有利于保持优良的个体,提高种群的整体进化水平。但是即使优良粒子的裂变,也不能保证在寻优解的解域内,因此采用精英策略,即先计算某代群体中个体的适应值,然后计算此适应值在群体总适应值中所占的比例,即为该个体在选择过程中被选中的概率。对于给定规模为 m 的群体 $P = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$,个体适应值为 $f(a_j)$,精英选择概率为 $ps(a_j) = \frac{f(a_j)}{\sum_{i=1}^m f(a_i)}$,简记为 $p_j = \frac{f_j}{\sum_{i=1}^m f_i} = \frac{f_j}{m\bar{f}}$,其中 $\bar{f} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m f_i$ 为群体平均适应值^[5]。

在很多情况下,种群里的个体有可能大多数都是之前保存下来的相对最优个体,这样的话,就阻止了新生成的个体进入种群,整个搜索过程就不能探索到新的领域^[6]。

设在之后的 t 次迭代中,从裂变群体 NE_t 中选择 N_{elitst} 个精英解,组成精英解集 E_t ,加入到当前群体 MP_t 中,形成联合群体 $MP_t \cup E_t$ 。让目前所有非劣解都有机会参与局部搜索,在进化过程中,从规模为 $N_{pop} + N_{elitst}$ 的进化群体中选择 N_{pop} 个优秀个体,淘汰掉 N_{elitst} 个最差个体,使大部分较优个体参与进化^[7]。

如果不考虑分裂后个体的空间分布密度,容易产生大量的相似解,大大降低解的多样性,采用极小欧几

里德距离计算拥挤距离。假设 $f(i)$ 为父体 i 分裂子代的跟踪目标函数值, f_{\max} 为父体 i 分裂子代的跟踪目标最大函数值,判断个体 i 的目标函数值是否为最小,若是,则设置其拥挤距离为无穷大;否则计算拥挤距离为

$$d_i(j) = \sqrt{\sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^m \frac{f_{\max}(j) - f_{\max}(i)}{f_{\max}}} \quad (2)$$

这时,父体 i 子代的拥挤距离为 $d_i(j) = \min d_i(j)$,在密集子代具有较小拥挤距离,而在稀疏区域具有较大拥挤距离,增加后面随机占优的多样性^[8]。

1.2 随机占优策略

采用分布函数来描述随机占优关系,设随机抽样粒子群两组数据 z 和 y ,并且各有 r 个观测值 x_n 与 y_n ,首先,将其从小到大做升序排列,得到的两列数据为:

$$\begin{cases} z: z_1 \leq \dots \leq z_i \leq \dots \leq z_r \\ y: y_1 \leq \dots \leq y_i \leq \dots \leq y_r \end{cases}$$

并且假设对每个数据观测的概率均为 $\frac{1}{n}$,若对每一个 i 都有 $y_i \leq z_i$,则称 z 占优 y ,摒弃 y 组数据^[9]。这样,在粒子群精英裂变后,通过随机占优策略使粒子群抽样数据为“好中取优”。

1.3 跟踪目标模型

假设空中目标在做匀速运动,其运动状态 t 时刻记为 $D_t = (x, y; \dot{x}, \dot{y})_t$ 。其中: $(x, y)_t$ 表示目标位置; $(\dot{x}, \dot{y})_t$ 表示速度向量。

运动状态方程为

$$D_{t+1} = \mathbf{F}D_t + v_t \quad (3)$$

式中: \mathbf{F} 为状态转移矩阵, $\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$; v_t 为高斯

过程噪声。

2 实验仿真

通过 Matlab7.0 编程实现本文算法仿真。初始位置为 $[-10000 \text{ m}, 2000 \text{ m}]$,初始速度 $v = 300 \text{ m/s}$,轨迹切线与观测横轴正向夹角 $\theta = 0^\circ$,加速度为 0 m/s^2 ,所以初始状态为 $[-10000 \text{ m}, 2000 \text{ m}, 0^\circ, 300 \text{ m/s}, 0 \text{ m/s}^2]$,假设机动目标经历初始匀速直线阶段、匀速圆周运动阶段和返回匀速直线阶段 3 个阶段,在此过程中线速度大小保持不变,利用蒙特卡罗方法对跟踪滤波器进行仿真分析,次数为 10 次,跟踪效果如图 1 所示。

在图 1a 中,滤波轨迹接近空中运动目标的轨迹,在整个观测区域内具有很好的跟踪效果;而在图 1b 中,滤波轨迹在初始阶段无法真实确定空中运动目标的轨迹,由于在采样数据中无法对比哪组占优,造成滤

波误差大,目标存在明显尺度,导致尺度定位不准确,甚至造成目标的丢失或者不连续;图1c~图1h分别给出相应位置估计误差均值和误差标准值,从中可看出,位置误差均值在采样次数大于20次时,滤波跟踪轨迹稳定,变化不大,位置误差标准值最大为 4×10^{-5} m,表明测量数据结果集中,波动幅度小。

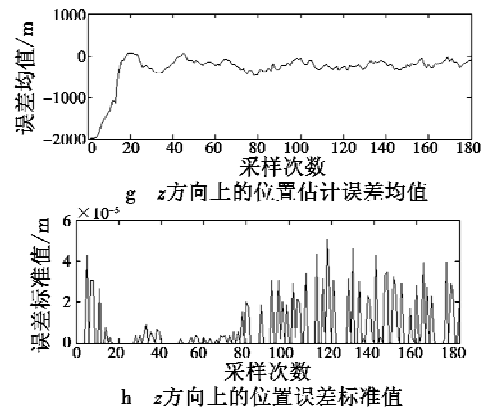
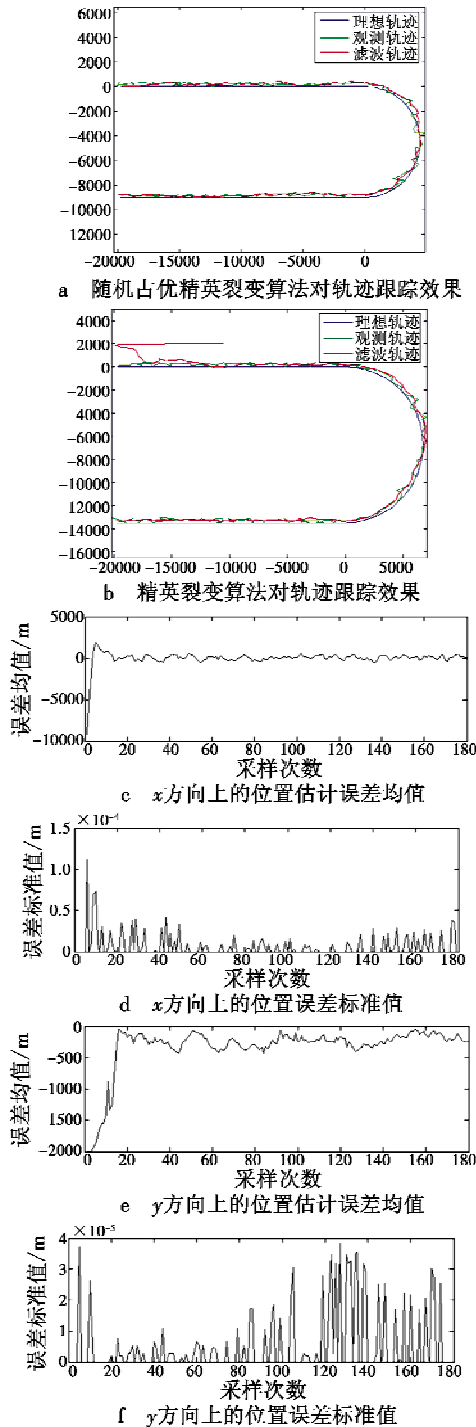


图1 跟踪效果

Fig.1 Effect of tracking

3 结论

本文提出随机占优精英裂变算法用于空中移动目标跟踪在粒子群精英裂变后,通过随机占优策略使粒子群抽样数据为“好中取优”。从仿真实验中看到,随机占优精英裂变算法对轨迹跟踪效果中,滤波轨迹接近空中运动目标的轨迹,在整个观测区域内具有很好的跟踪效果,如果不进行数据占优,跟踪结果会造成目标的丢失或者不连续。本文为空中目标跟踪预测提供了新思路。

参考文献

- [1] 石文君,石尚庆,王登位,等. 利用自适应模糊推理 PM-HT 算法的红外小目标跟踪与检测[J]. 红外与激光工程,2009,38(3):536-541.
- [2] 樊玲. 基于裂变繁殖粒子滤波的检测前跟踪算法[J]. 计算机应用,2011,31(9):2581-2583,2592.
- [3] 赵志强,缙锦,王靖. 基于个体适应度梯度的定向进化算法[J]. 模式识别与人工智能,2010,23(1):29-37.
- [4] 傅阳光,周成平,丁明跃. 基于混合量子粒子群优化算法的三维航迹规划[J]. 宇航学报,2010,31(12):2657-2664.
- [5] 罗银. 基于遗传算法的软件测试数据自动生成研究[D]. 中山:中山大学,2009:31-45.
- [6] 廖志文. 基于多目标混合差分进化算法的电机优化设计[D]. 中山:中山大学,2010:20-39.
- [7] 陈志兴. 用于多机器人路径规划的多目标遗传算法的研究[D]. 武汉:中南大学,2009:19-36.
- [8] 秦福高,毛莺池,石玉. 改进遗传算法在PID优化中的应用[J]. 计算机工程,2011,37(17):149-151.
- [9] 缪乐山. 中国股票市场周内效应研究——基于滚动样本的随机占优分析[D]. 厦门:厦门大学,2009:15-59.