

文章编号: 1000-6893(2000) 01-0081-03

# 遗传算法在低信噪比图象点目标检测中的应用

李红艳, 吴成柯

(西安电子科技大学, 陕西 西安 710071)

## DETECTING DIM POINT TARGETS IN IMAGE WITH GENETIC ALGORITHM

LI Hong-yan, WU Cheng-ke

(Xidian University, Xi an 710071, China)

**摘 要:** 将遗传算法用于图象中低信噪比点目标的检测。在分析了点目标及背景特点的基础上, 设计了编码方案及遗传操作算子, 提出了合格个体保留法。仿真结果表明应用此算法, 可实现信噪比为 2dB 的点目标的检测与跟踪。

**关键词:** 遗传算法; 序列图象; 点目标检测与跟踪

中图分类号: V 243 文献标识码: A

**Abstract:** A new algorithm is proposed for tracking low observable point-source targets of unknown position and velocity in a digital image sequence with genetic algorithms. Coding and genetic operation are designed for this problem. Eligible points retaining as a new genetic operation is proposed here. The simulation results show that it can detect and track targets with SNR 2dB efficiently.

**Key words:** detecting; tracking; dim point target; genetic algorithms

远距离搜索、跟踪系统中, 当目标距传感器较远时, 它们在图象传感器中的成像为信号幅度较弱的点目标。由于信噪比较低, 且没有形状、大小、纹理等特征, 无法利用传统的图象处理技术从单帧图象中检测到目标, 因而必须采用基于目标运动特征的序列图象处理方法, 边检测边跟踪, 设法沿目标航迹积累航迹能量, 提高信噪比, 以达到抑制噪声、捕获目标航迹的目的。

关于序列图象点目标的检测与跟踪问题, 人们曾提出过三维搜索的匹配滤波<sup>[1]</sup>、截断序贯似然比检测<sup>[2]</sup>、动态规划方法、多级假设方法、高阶相关算法等, 其中, 前 3 种算法可用于信噪比较低的情况 (< 6dB), 截断序贯似然比检测与动态规划方法为第 1 种方法的简化算法, 当 SNR 为 2~5dB 时, 动态规划方法很有效<sup>[2]</sup>, 当 SNR 较低时, 截断序贯似然比检测方法漏检率较高。当目标信噪比较低时, 图象中的多数像素点均超过检测门限, 由于目标的数目、航速、航向及位置等航迹信息预先未知, 上述算法的运算及存储量均较大。

本文提出了基于遗传算法的序列图象点目标的检测与跟踪方法, 设计了适用于低信噪比点目标的编码方案及遗传操作算子。其思想是, 根据目标

的运动参数范围, 构造假设航迹。利用遗传算法在假设航迹空间中搜索可能航迹, 再对这些可能航迹进行假设检验, 滤除虚假航迹。

### 1 目标的运动特性及假设航迹树的构造

设  $y_i$  为第  $i$  帧图象中某点的灰度值, 该点或是目标, 或是噪声。假设  $H_1$  代表目标存在的情况,  $H_0$  代表目标不存在的情况, 可记为

$$\left. \begin{aligned} H_0: y_i &\sim N(m_0, \sigma) \\ H_1: y_i &\sim N(m_1, \sigma) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中:  $m_0$  为背景的平均灰度;  $m_1$  为信号灰度;  $N$  为高斯分布的概率密度函数。

假设目标作匀速直线运动, 目标的运动速度小于或等于 1 个像素/帧, 可用匀速直线运动模型描述, 图象点的量化和目标机动而导致的模型噪声小于或等于 1 个像素/帧。由于目标信噪比低 (2dB), 几乎所有的像素点均超过检测门限, 导致相关过程中, 因构造相关波门而引入的计算量较大。为了便于编码, 根据目标运动模型构造假设航迹树, 存在内存中, 如文献[2]所述。从第  $i$  帧图象的任一点  $k$  (起始点) 出发的假设航迹为 9 条。由  $j$  帧某起始点出发, 经  $j+m$  帧  $k$  点, 到达  $j+m+1$  帧的所有可能点称作  $k$  点的子点。本算法除了存储航迹上各点的代号外, 还存储了各点偏离起始点的坐标, 以进一步减少计算量。

航迹长度的选择对遗传算法的效能影响很

大。根据信噪比和期望的检测概率来确定航迹的长度。当航迹为真实目标航迹时,  $y_i$  服从均值为  $Mm_1$ 、方差为  $M\sigma^2$  的高斯分布。而当航迹为虚假航迹时, 则近似服从均值为  $Mm_0$ 、方差为  $M\sigma^2$  的高斯分布。如给定虚警率  $\alpha$ 、检测率  $\beta$ , 则航迹长度应按下式选取<sup>[2]</sup>

$$M = \frac{[\Phi^{-1}(1-\alpha) + \Phi^{-1}(\beta)]^2 \sigma^2}{(m_1 - m_0)^2} \quad (2)$$

## 2 编码方案及遗传算子的设计

遗传算法的收敛性、收敛的速度、计算量的大小与问题、问题的编码方案、遗传操作密切相关<sup>[3,4]</sup>。根据低信噪比点目标检测的特点, 设计了下面的编码方案及遗传操作, 其中, 合格个体保留法为本文所提出的遗传算子。

(1) 编码 如假设目标做匀速直线运动, 只需确定可能航迹的起始点和第 2 点的位置, 即可构造 1 条假设航迹。故假设航迹由下面 3 个参数唯一确定:

root- $x$ : 起始点的横坐标;

root- $y$ : 起始点的纵坐标;

point: 航迹第 2 点所指代的起始点的子点号。

root- $x$ , root- $y$  采用二进制编码, 其二进制编码长度依据图象的大小而定, 如图象为  $32 \times 32$ , 则可分别用 5 位长的二进制无符号整数表示。point 为起始点的子点号, 子点号在 0~9 范围内取值, 按十进制编码。

(2) 交叉操作 只对航迹起始点的位置 root- $x$ 、root- $y$  进行交叉操作, 以达到在整幅图象内搜索起始点的目的。如假设目标作非匀速运动, 交叉操作可在分岔的航迹之间进行, 达到快速搜索的目的。

(3) 变异操作 变异操作包括起始点变异和子点号变异。通过起始点位置变异, 可使起始点达到 1 帧图象的任一点。子点号的变异采用取随机数的方法, 在某一起始点的所有子航迹中搜索可能航迹。

(4) 适应度函数 由图象中任一点出发的直线航迹服从三元假设: 是航迹、有航迹上的点、不是航迹。航迹上  $M$  点灰度值之和分别服从下面的 3 种分布:

$$\left. \begin{aligned} H_{M0}: & y_i \sim N(Mm_0, \overline{M}\sigma) \\ H_{M1}: & y_i \sim N(Mm_1, \overline{M}\sigma) \\ H_{M2}: & y_i \sim N((M-n)m_0 + n_1, \overline{M}\sigma) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中:  $H_{M0}$  不是航迹;  $H_{M1}$  是航迹;  $H_{M2}$  只有部分点是航迹上的点。随着  $M$  的增加, 航迹的信噪比增加。适应度函数  $f$  可定义为:  $y_i$ 。  $M$  增加, 真实航迹的信噪比增加, 遗传搜索更易于收敛到真值, 但计算量也会随之增加。若目标信噪比较低,  $M$  又取得较小时, 遗传算法会收敛到虚假航迹。为了解决这一矛盾, 并实现多目标跟踪, 提出了合格个体保留法。

(5) 合格个体保留法 合格个体保留法就是将群体中适应度最高而且适应度值大于规定门限的个体移出群体, 放入可能航迹区。门限  $\tau$  可按下式确定

$$\tau = \overline{M} [m_1 \Phi^{-1}(1-\alpha) + m_0 \Phi^{-1}(\beta)] [(\sigma / (m_1 - m_0))] \quad (4)$$

这种方法的优点是, 进化过程中某一代的最佳个体(适应度值大于规定门限)可能是航迹, 也可能是虚假航迹。若是航迹, 可以不被交叉和变异操作所破坏; 若是虚假航迹, 则可以避免由于最优个体遗传基因的急速增加, 而使进化陷入此虚假航迹。当目标信噪比较低时, 这一点尤为重要。

(6) 选择操作 据给定的漏检率, 剔除不可能航迹, 然后进行平移定标, 保证定标后的适应度值大于等于 0。对剩余的个体采用期望值选择法进行选择与复制。同时还采用了最佳个体保存法, 与合格个体保留法配合使用, 既加快了收敛速度, 又避免了陷入虚假航迹。

当目标信噪比较低时, 同时为了跟踪多目标, 由遗传算法搜索到的可能航迹中, 虚假航迹较多。将这些航迹作为起始航迹(暂态航迹), 按匀速直线运动外推, 对这些航迹再次进行假设检验。剔除虚假航迹。

## 3 仿真与结论

(1) 算法描述 ①离线构造假设航迹树; ②设定初始群体。随机抽取起始点及起始点的子点; ③合格个体保留、选择、群体规模维持; ④交叉、变异; ⑤如未达到进化代数则转至④; ⑥对保留的合格航迹外推  $N$  步, 以较高的检测概率和较低的虚警率, 进行假设检验。确认目标航迹; 剔除虚假航迹。

(2) 仿真 采用 20 帧  $32 \times 32$  的序列图象进

行了仿真, 图象中点迹的噪声服从均值为 2, 方差为  $1^2$  的相互独立的白噪声。航迹的灰度为 1.2。图 1 为序列图象中的第 1 帧第 11 行象素点的灰度, 第 6 点为航迹上的点。

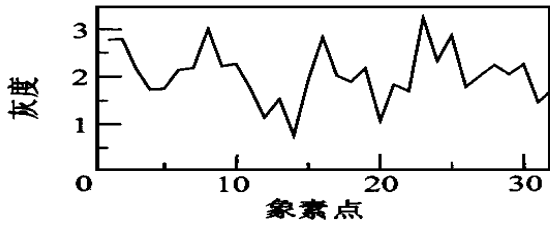


图 1 第 1 帧第 11 行象素点的灰度

由 1 帧图象中所有点出发的假设直线航迹数为 9860 条。仿真中, 预给定检测概率为 0.9、虚警概率为 0.1。可能航迹的长度取 5。合格个体保留的门限  $\tau$  取值为 3.5。GAs 的参数设置为: 进化代数 40; 群体规模为 84; 起始点交叉概率为 0.3; 起始点变异概率为 0.4; 航迹各级子点变异概率为 0.4。这样, 遗传搜索过程的计算量与仅用多级假设检验相比, 减少了 60%, 图 2 为应用本文所提出的 GAs 算法进行一次仿真, 得到的可能航迹。进一步设定检测概率为 0.95, 虚警概率为 0.05。相应的航迹长度取为 15, 航迹确认门限取为 9.1。将可能航迹外推 10 帧, 进行假设检验, 获得了图 3 所示的确认航迹。

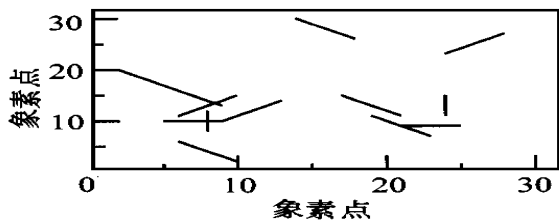


图 2 由遗传算法所得到的可能航迹

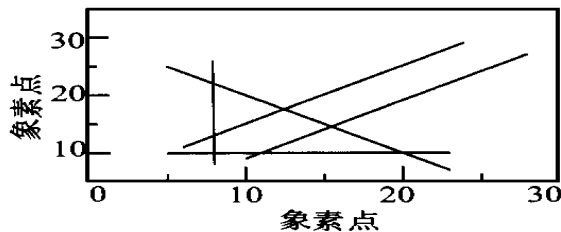


图 3 确认航迹

## 4 结 论

将遗传算法用于序列图象低信噪比点目标检测与跟踪, 设计了 GAs 的编码方案及相应的遗传算子, 提出了合格个体保留法。仿真结果表明, 该算法可有效地搜到 2dB 的多目标航迹。对于工程实现有较好的理论参考价值。与传统的固定长度似然比检测相比, 算法简单, 计算量少。与截断序贯似然比检验算法相比, 当目标信噪比较低时, 避免了因航迹起始点被噪声污染严重, 而导致漏检率。采用 GAs 与假设检验相结合算法, 利用 GAs 搜索可能航迹, 对一定长度的假设航迹进行检验, 避免了漏检缺陷。应用假设检验进一步滤除虚假航迹。算法的缺陷在于如群体规模和进化代数取得小, 会导致航迹的漏检。

## 参 考 文 献

- [1] Reed I S, Gagliardi R M, Stotts L B. Optical moving target detection with 3-D matched filtering[J]. IEEE Trans on AES, 1988, 24(1): 327 ~ 336.
- [2] Blostein S D, Richardson H S. A sequential detection approach to target tracking[J]. IEEE Trans on AES, 1994, 30(1): 197 ~ 211.
- [3] 陈国良, 等. 遗传算法及其应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
- [4] 候格贤, 吴成柯. 一种结合遗传算法的自适应目标分割方法[J]. 西安电子科技大学学报, 1998, 25(2): 227 ~ 230.

作者简介:



李红艳 女, 1966 年 5 月生, 在职博士生, 1991 年获西安交通大学控制理论与应用专业硕士学位。主要从事多传感器多目标跟踪、图象数据处理等方面的科研工作。电话: 8202269. E-mail: hyl@xidian.edu.cn



吴成柯 男, 教授, 博士生导师, 1962 年毕业于西北电讯工程学院无线电通信工程系。目前主要从事计算机视觉、计算机图形学、图象处理和图象通信的科研与教学工作。电话 8203116. E-mail: chkwu@xidian.edu.cn