

基于改进人工鱼群算法的图像边缘检测^①

楚晓丽 朱 英 石俊涛 (桂林电子科技大学 计算机与控制学院 广西 桂林 541004)

摘 要: 提出了一种基于带混沌差分进化变异算子的人工鱼群算法的图像边缘检测方法, 该算法通过灰度图像矩阵的一阶导数得到灰度图像的梯度值矩阵, 然后利用人工鱼群搜索图像梯度最大值, 达到快速、准确检测图像边缘的目的。在差分变异算子中引入调节因子加强搜索能力, 并且动态调整人工鱼的视野, 使鱼群能快速跳出局部极值。通过仿真实验表明, 该算法用于图像边缘检测是可行的和有效的。

关键词: 人工鱼群算法; 混沌差分进化算子; 图像边缘检测; 图像梯度; 图像

Image Edge Detection Based on Improved Artificial Fish-School Swarm Algorithm

CHU Xiao-Li, ZHU Ying, SHI Jun-Tao

(College of Computer and Control, Guilin University of Electronic and Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: A method of image edge detection based on artificial fish swarm algorithm(AFSA)with chaos differential evolution algorithm(CDEA) is proposed in this paper. The method gets gradient matrix of grayscale image by first-order derivative, and search the maximum of image gradient with artificial fish. The detecting image edge could be achieved rapidly and accurately. The ability of search can be improved with adjustment factor in CDEA. It dynamically adjusts the vision, makes the fish jump out of the local extreme. The simulation shows that the proposed algorithm is feasible and effective.

Keywords: artificial fish-school algorithm(AFSA); chaos differential evolution algorithm(CDEA); image edge detection; image gradient; image processing

图像的边缘检测技术是数字图像处理中最重要的内容之一, 是图像分割、目标区域的识别、区域形状提取等图像分析领域中十分重要的基础。图像边缘点与非边缘点的本质区别在于, 图像边缘点具有邻域内灰度分布有序性、灰度突变具有结构性及具有方向性这三个本质特征。图像在像素级上两个性质: 不连续性和相似性。属于同一目标的区域一般具有相似性, 而不同的区域在边界表现出不连续性。

传统的边缘检测方法主要是经典的微分算子法, 如基于一阶微分的 Roberts 算子、Sobel 算子、Perwitt 算子、Kirsch 算子等和基于二阶微分的 Laplacian 算子、LoG 算子、Canny 算子等, 后来又发展到基于数学形态学的分割技术、基于模糊集理论的图像分割、基于小波分析和变换的边缘检测等检测方法。

近年来, 仿生学算法用于边缘检测技术逐渐升温,

如遗传算法、蚁群算法和粒子群算法。群智能算法与梯度方法及传统的演化算法相比, 其优点是显著的, 如具有较强的鲁棒性; 以非直接的信息交流方式确保了系统的扩展性; 对问题定义的连续性无特殊要求; 系统中每个个体的能力十分简单, 每个个体的执行时间也比较短, 并且算法实现简单。

1 引言

本文采用一种新型的全局优化策略, 人工鱼群算法, 它有着较好的收敛速度, 可以用于解决实时性要求的问题; 对一些精度要求不高的场合, 可以用它快速得到一个可行解; 不需要严格机理模型等诸多优点。然而随着边缘搜索的进行, 基本人工鱼算法在应用中的不足也突显出来。当人工鱼处在非全局极值点出现较严重聚集情况时, 收敛速度将大大减慢, 搜索

① 基金项目: 广西省自然科学基金(0991240)

收稿时间: 2009-12-11; 收到修改稿时间: 2010-03-07

性能劣化;算法在搜索初期收敛快,后期却往往较慢。

为此本文做出两个较大改变:①对基本人工鱼群算法中历史最优鱼引入混沌差分算子,这样可以有效跳出局部极值点,充分利用当前种群已搜到的信息进行扰动。②动态调整人工鱼的视野。③对追尾行为增加人工鱼转移概率。

2 改进算法设计

2.1 人工鱼算法

自然界中存在着形形色色的生物,人们从它们长期进化过程中形成的觅食和生存方式中受到启发,为人类解决问题带来了新思路。人工鱼群算法就是由国内李晓磊博士于2002年^[1],通过模拟鱼群的觅食和生存活动来实现在空间中寻求全局最优的一种新方法。在一片水域中,鱼类总能找到富含营养物质的地方并聚集成群。在这种群起活动中,没有统一的协调者,而是通过每个鱼类个体的自适应行为而达到的。通过对鱼类生活习性的观察,可以总结出三种典型的行为:觅食、聚群和追尾行为。

①觅食行为:当发现附近有食物时,会向该方向移动。这是鱼的基本行为。

②追尾行为:当某条鱼发现该处食物丰富时,其他鱼会快速尾随而至。

③聚群行为:最终鱼类往往会形成非常庞大的群。

利用该算法具备分布并行的寻优能力,对初值不敏感,能够快速对鲁棒PID的参数进行整定,整定后的PID控制器具有良好的控制效果。李晓磊等^[2]用鱼群算法解决系统辨识问题时,提出了一种新的参数估计方法,并进行了仿真实验研究,结果表明,具有良好的跟踪性能和实时性,并且通过组合优化问题的求解表明该算法具有快速收敛的能力。

2.1.1 人工鱼模型相关概念

人工鱼的个体状态可表示为向量 $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$, 其中 $x_i(i=1, 2, \dots, n)$ 为欲寻优的变量;人工鱼当前所在位置的食物浓度表示为 $Y=f(x)$, 其中 Y 为目标函数值,即 $Y_i(i=1, 2, \dots, n)$ 为 X_i 对应函数值;人工鱼个体之间的距离表示为 $d_{i,j} = ||X_i - X_j||$; $Visual$ 表示人工鱼的感知范围; δ 表示拥挤度因子; $Step$ 表示人工鱼移动的步长,在基本人工鱼算法中,采用的是随机步长。人工鱼典型行为的实现原理如下:

①觅食行为

设人工鱼当前状态为 X_i , 在其感知范围内随机选择一个状态 $X_j(d_{ij} \leq Visual)$, 如果 X_j 优于 X_i 则向 X_j 前进一步;反之,再重新随机选择状态 X_j , 判断是否满足前进条件;反复几次后,如果仍不满足前进条件,则随机移动一步。

②聚群行为

设人工鱼当前状态为 X_i , 探索可见邻域内(即 $d_{i,j} < Visible$)的人工鱼数目为 n_f , 如果 $n_f < \delta N$, 表明伙伴中心有较多的食物(信息素)并且不太拥挤,如果此时 Y_c 优于 Y_i , 则朝伙伴的中心位置方向向前进一步;否则执行觅食行为。

③追尾行为

设人工鱼当前状态为 X_i 探索其在 $Visual$ 范围内状态最优的邻居 X_{max} , 如果 Y_{max} 优于 Y_i , 并且 X_{max} 的邻域内伙伴的数目 n_f , 满足 $n_f < \delta N$, 表明 X_{max} 的附近有较多的食物并且不太拥挤,则向 X_{max} 的位置前进一步;否则执行觅食行为。

④随机行为

人工鱼在视野中随机选择一个状态,然后向该方向移动,它是觅食行为的一个缺省行为。在觅食行为中,当重复尝试次数 try_number 较小时,为人工鱼提供了随机游动的机会,增加了种群的多样性,以实现跳出局部极值。

⑤约束行为

在寻优过程中,由于聚群行为、随机行为等操作的作用,容易使得人工鱼的状态变得不可行,这时就需要加入相应的约束行为对其进行规整,使它们由无效状态或不可行状态转变成可行状态。

⑥公告板

公告板用来记录最优人工鱼个体的状态 X_{best} 。各人工鱼个体在寻优过程中,每次行动完毕就检验自身状态与公告板的状态,如果自身状态优于公告板状态,就将公告板的状态改写为自身状态,这样就使公告板记录下历史最优状态。

⑦移动策略

本文定义人工鱼先进行追尾行为,如果没有进步再进行觅食行为。如果还没有进步则进行聚群行为,如果依然没有进步就进行随机移动行为。算法的终止条件为已设定的最大迭代次数。

2.1.2 改进的人工鱼群算法

①改进人工鱼的视野

为了提高算法的局部搜索能力和寻优结果的精度,对人工鱼的视野进行动态调整如下:

$$\text{Visual} = \text{Visual} * (1 - \text{NC} / \text{Max_gen})$$

其中 Max_gen 为最大迭代次数, NC 为第 NC 次迭代次数, Visual 为每一次迭代过程中的人工鱼视野。

②追尾行为改进

当某条鱼发现该出事物丰富时,其他鱼会快速尾随而至。本文改进后的追尾行为增加人工鱼转移概率,最大程度上增加了算法收敛速度。具体如下,人工鱼 k 进行追尾行为时的转移概率为: $p_{k_{ij}} = \tau_{ij}(t) / \sum \tau_{is}(t)$ $\eta_{is}(t)$ 其中 $\tau_{ij}(t)$ 表示 t 时刻在节点 ij 上的人工鱼数量。

2.2 混沌差分进化算子

人工鱼群算法采用随机生成人工鱼个体状态的方法,会使算法陷入局部搜索中,本文采用文献[3]提出的混沌差分进化算子,根据混沌搜索的基本原理,对人工鱼个体的状态 $X_k = (X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{kn})$ 进行变异,其 $X_k (k=1, 2, \dots, n)$ 为第 k 条人工鱼的个体状态。其变异定义如下:

$$X_k = X_{best} + \alpha y_k \quad (1)$$

其中 y_k 全为正解, α 为调节因子。当得到最佳个体状态 X_{best} , 在 X_{best} 的附近再进行 k 次搜索,得到 k 个个体状态,在 k 个个体中找出适应度值最佳的个体 X_{kbest} , 若 X_{kbest} 适应度值比 X_{best} 好,则用 X_{kbest} 的适应度值取代 X_{best} 的适应度值,并将 X_{kbest} 随机取代种群中的某个个体后返回;若 X_{best} 适应度值好,则直接返回。

3 算法设计

3.1 算法的基本思想

每一幅图像在图像处理工具中被处理为一个的矩阵,其中 M 和 N 分别是图像行像素数和列像素数。图像的边缘检测是利用相邻区域边缘灰度值的不连续性而进行的,所以图像的边缘点梯度值较非边缘点梯度值高,因此人工鱼寻优的过程即为寻找图像中梯度值较高的像素点的过程,人工鱼逐渐向边缘汇聚,从而得到图像边缘。

本文算法是将人工鱼个体状态表示为二维数组 $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$, 其中 $x_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ni})$, x_{ij} 为欲寻优的变量。每一幅图像的像素矩阵都有一个随机

初始位置,每一条鱼能够在像素矩阵上移动。初始状态时把图像像素点的梯度值表示人工鱼当前所在位置的食物浓度 Y, 寻找梯度值高的像素点。

3.2 各点灰度梯度的取得

本文欲使灰度图像像素的梯度值作为人工鱼当前所在位置的是食物浓度即为目标函数值,现计算各个像素点灰度梯度的方法[4]如下:

将图像作为相应矩阵,把相邻列或者相邻行做减法。设 F 为欲处理图像矩阵, x_{ij} 为元素(i,j)的灰度值,本文做矩阵相邻行减法,得到图 F' ,即为图像的灰度梯度矩阵。

$$F = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

$$F' = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} - x_{11} & x_{22} - x_{12} & \dots & x_{2n} - x_{1n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} - x_{n-1,1} & x_{n2} - x_{n-1,2} & \dots & x_{nn} - x_{n-1,n} \end{bmatrix}$$

3.3 算法基本流程

步骤 1: 初始化群体。在可控制域内随机生成 nr 条人工鱼,形成初始鱼群;初始化寻优变量 X 为一个 $m * n$ 的矩阵;目标函数值 Y 为图像梯度值各点像素值。初始鱼随机分布在像素矩阵中。

步骤 2: 公告板赋初值: 计算初始鱼群各人工鱼当前所在位置的食物浓度 Y, 取 Y 最小值进入公告板,并将此鱼当前状态也赋值给公告板。

步骤 3: 行为选择。各人工鱼首先分别模拟追尾行为和聚群行为,评价行动后的值,选择 Y 值较优者的行为为实际执行,缺省行为为觅食行为。

步骤 4: 公告板。人工鱼群每行动一次后,如果人工鱼群最优鱼状态的 Y 值优于公告板的值,则更新公告板。

步骤 5: 变异操作判断。若公告板连续多个迭代过程没有变化或者变化极小的次数已经达到最大阈值,则执行步骤 6, 否则执行步骤 7。

步骤 6: 变异操作过程。对人工鱼按式(1)进行变异。计算最优值与公告板比较,若优则表明变异成功,更新公告板,执行步骤 7; 否则重新变异,若变异最大次数之后仍不成功,执行步骤 7。

步骤 7: 终止条件判断。判断是否已达到最大迭代次数, 若不满足则执行步骤 3, 进行下一代鱼群优化遍历过程; 否则执行步骤 8。

步骤 8: 算法终止。输出最优解, 并按要求赋值, 输出图像。

3.4 混沌差分算子应用

对人工鱼个体引入变异算子, 引导鱼群向历史最优鱼靠近, 提高收敛速度, 同时增加了人工鱼的多样性, 有利于全局搜索。变异后的种群最优鱼一般会优于变异前的, 如果不优, 则视为变异不成功, 重新变异, 直到达到设定的最大次数。

4 算例

仿真实验在 MATLAB2007a 环境下, 采用 256 像素 × 256 像素的灰度图像(图 1)为例。设置参数如下: 总迭代次数为 100 次, 设置人工鱼群大小为 10, 随机生成一个 10 × 256 矩阵作为人工鱼个体状态, 拥挤度因子为 0.8, 图形阈值为 50, 变异概率为 0.05, 考虑到算法的随机性, 对算法进行了 15 次试验后发现规律性比较一致, 下图 2 为其中一次的实验结果。



图 1 灰度图像

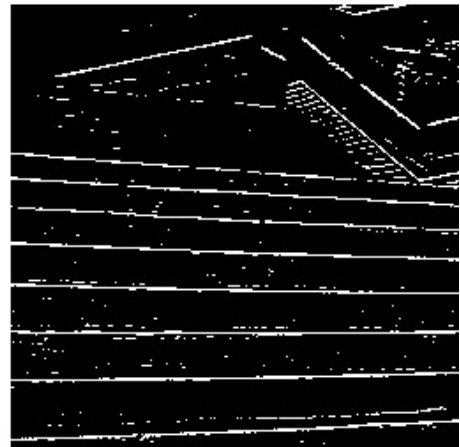


图 2 实验结果

5 结论

自李晓磊等人提出人工鱼群算法以来, 在国内某些领域也得到了一定发展, 得到了广大学者的关注, 解决非线性函数优化等问题。本文创新性的提出用于图形边缘检测的可行性研究, 运用人工鱼群的较快收敛速度的遍历特点, 从而快速准确的检测图像边缘。人工鱼群算法在含噪图像和运动图像的边缘检测中的应用需要进一步的研究。

参考文献

- 1 李晓磊, 邵之江, 钱积新. 一种基于动物自治体的寻优模式: 鱼群算法. 系统工程理论与实践, 2002, 22(11): 32-38.
- 2 李晓磊, 路飞, 田国会等. 组合优化问题的人工鱼群算法应用. 山东大学学报, 2004, 34(5): 65-68.
- 3 谭跃, 谭冠政, 涂立. 一种新的混沌差分进化算法. 计算机工程, 2009, 35(11): 216-220.
- 4 刘煜, 李言俊, 张科. 一种多像素图像边缘提取方法. 光子学报, 2007, 36(2): 380-384.