

Breed Genetic Algorithm and Application of Motion Blurred Image Restoration

Ma Guoqiang, Liu Juan

Computer School, Wuhan University, WHU, Wuhan, China

Correspondent: Liu Juan. e-mail: liujuan@whu.edu.cn

Abstract: A new breeding genetic algorithm with population uniformity in the whole solution space and elitist strategy is proposed used for motion image restoration. All individuals of each generation are pro rata divided into males and females based on their values of the fitness function. During the evolution, the individuals of the next generation are generated by three kinds of ways: one way is to randomly select several females from the current population, the other way is to conform to the breeding theory to generate the children by cross several females with one male or by cross one male with another male. The global search ability is controlled by the population size and the proportion of male to female, and the convergence rate is controlled by the proportion of chromosome afforded by males and females on hybridization. The experimental results of image restoration show that the proposed algorithm is robust, and can rapidly improve the image's quality.

Keywords: genetic algorithms; motion image restoration; grading crossing

育种遗传算法及其运动模糊图像恢复应用

马国强, 刘娟

武汉大学计算机学院, 武汉, 中国, 430079

通讯作者: 刘娟 E-mail: liujuan@whu.edu.cn

【摘要】提出一种新的育种遗传算法用于运动模糊图像的恢复。采用在解空间产生均匀分布初始种群和最优保留策略。每代个体依优劣按比例分成雌雄两性。随机产生一部分雌性个体直接进入下一代种群。按照育种学理论, 一个雄性与多个雌性进行级进杂交, 雄性进行自交。初始种群的规模和两性比例调控全局搜索能力, 杂交时雌雄双方遗传比例调控收敛速度。图像恢复实验表明, 本算法具有强鲁棒性, 种群进化快, 能快速提高图像质量。

【关键词】遗传算法; 运动图像恢复; 级进杂交

1 引言

图像恢复是一类复杂的图像处理问题。传统的图像恢复方法有逆滤波、Wiener 滤波、Kalman 滤波、最大熵恢复法等^[1]。由于图像恢复能看作优化问题, 而且复杂的先验约束可以通过适当地修改目标函数, 并在进化过程中, 因此遗传算法能用于处理图像恢复^[2]。

在所有的运动模糊中, 由匀速直线运动造成图像模糊的复原问题更具有普遍性和一般意义。因为变速的、非直线运动在某些条件下可以被分解为分段匀速直线运动。用卷积的方法模拟水平方向匀速运动模糊, 其过程可表示为^[3]:

$$g(x, y) = f(x, y) * h(x, y) \quad (1)$$

$h(x, y)$ 称为模糊算子或点扩散函数, *表示卷积, $f(x, y)$ 表示原始(清晰)图像, $g(x, y)$ 表示模糊图像。本文主要研究此类运动模糊图像的恢复问题。

最小均方误差恢复也称维纳(wiener)滤波恢复, 该方法属于反卷积(或反转滤波)算法, 计算量较低, 并且抗噪性能优良, 因而得到了广泛的应用, 并不断得到改进发展, 许多高效的复原算法都是以此为基础形成的^[3]。但是该方法要求事先知道退化系统的点扩散函数或者根据经验估计出较准确的点扩散函数^[4]。

本文提出的育种遗传算法能够很好的求解退化系统的点扩散函数。

遗传算法本质上是模拟生物进化过程, 找出最适合环境的个体。生物进化过程中不同性别的优秀个体对后代整个种群的影响是不同的, 因此基于性别区分

资助信息: 本文得到国家自然科学基金(编号: 60301009)的资助

个体的遗传算法被用于解决某些具体问题^[5]。人们既不希望算法收敛到局部最优解，又希望能够快速收敛到全局最优解。借鉴并采用育种学的思路，把简单的“遗传选择、适者生存”向着“加强选育、一代更比一代强”方向努力。重点改进遗传算子中的杂交策略，使得子代种群整体的适应度函数值普遍提高且全部迅速向最优解靠近。目的是直接计算出全局最优解或者划定包含全局最优解的尽可能小的取值范围。

常用的育种技术主要有级进杂交、自交、多元杂交等^[6,7]。本文首先提出了用级进杂交(Grading Crossing)和自交(self-bred, inbreeding)两种杂交方法改进简单遗传算法，称之为育种遗传算法 I (Breed Genetic Algorithm- I , BGA- I)，给出了算法基本流程。用 MatlabR2008a 程序实现了算法。

2 育种遗传算法 I

参照双种群、三种群及有性繁殖遗传算法^[8-10]的性别区分，设计了一种新的使用级进杂交和自交的育种遗传算法 I。基本思想是：采用在解空间选择均匀分布的初始种群^[11]、实数编码和目标函数作为适应度函数的规则；把每代种群中的少数适应度函数值最理想个体当作雄性个体对待，其余个体当作雌性个体对待；随机选择若干雌性个体直接进入下一代，一方面增加全局搜索能力，一方面作为扰动因素观察算法的鲁棒性；级进杂交是每代种群中的每个雄性个体和若干个雌性个体杂交产生若干个子代个体，调节雌雄个体在子代中的遗传比例；雄性个体进行两两自交；级进杂交、自交和一部分随机选出不参与杂交的雌性个体组成新一代种群；使用最优个体保留策略确保算法的收敛性^[12]；不考虑个体的变异。

2.1 算法的基本流程

育种遗传算法 I 的详细计算过程如下：

Step0: 令进化代数 $k=0$ ，在解空间内产生 n 个均匀分布的个体组成初始种群 $P(k)$ ，采用自变量的实数取值作为实数编码；

Step1: 用目标函数计算个体的适应度函数值（即目标函数值）；并按求解目标排序；

Step2: 取出历代以来的最优个体，

Step3: 算法终止条件是否满足，若满足则输出计算结果；否则执行以下步骤。

Step4: 把最优个体放入种群个体序列的最前面，从序列末尾舍弃同样数量的最劣个体；

Step5: 按比例产生雌雄个体；进行交叉操作，雌雄个体进行级进杂交，雄性个体自交，产生 $k+1$ 代种群；返回 Step2。

群；返回 Step2。

2.2 级进杂交

级进杂交也称为改良杂交，该方法是连续几代将优良品种与被改良品种杂交，直至被改良品种得到根本改造。遗传性随着代数的增加，一级一级地向改良品种靠近，最后使之发生根本性变化。改良过程如图 1 所示。

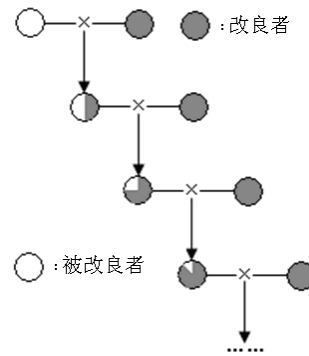


图 1 级进杂交示意图

在算法中，不一定按照图中所示雌雄个体的遗传特性在后代中各占 50%，可以根据实际问题调整其比例。但是为了防止运算出界，雌雄比例总和一般不超过 100%。

2.3 自交

与杂交(Hybridization)相反，自交是遗传特性上十分相似的个体之间的交配，目的是保持优良遗传特性。目的是在优秀个体周围小范围内搜索更优个体，快速向最优解收敛。在这里，只对雄性个体进行自交操作。

2.4 交叉(级进杂交和自交)

步骤 0: 对第 k 代种群中的 n 个个体求适应度函数值并依优劣排序，前面的 x 个个体作为雄性，剩余 $n-x$ 个个体作为雌性；

步骤 1: 随机选择 $y(1 \leq y < n-x)$ 个雌性个体直接进入第 $k+1$ 代；

步骤 2: 级进杂交 把剩下的 $(n-x-y)$ 个雌性个体按数量均匀分配给每个雄性个体进行交叉操作。交叉操作时，雄性的遗传特性占 $z\%$ ，雌性的遗传特性占 $(100-z)\%$ 。此步骤产生 $n-x-y$ 个 $k+1$ 代个体。

步骤 3: 自交 把雄性均分成两组 $P_a^x(k)$ 和 $P_b^x(k)$ ，分两次进行两两自交。第 1 次自交时 $P_a^x(k)$ 组雄性个体的遗传特性占 $m\%$ ， $P_b^x(k)$ 组雄性个体的遗传特性占 $(100-m)\%$ ；第 2 次自交时则反之。此步骤产生 x 个 $k+1$ 代个体。

经步骤 1~3，产生由 n 个个体组成的第 $k+1$ 代种群

群。调整参数 x 、 y 、 z 和 m ，控制该算法的特性和运行过程。

3 实验

选择 3 幅 8 位灰度图像作为实验用图，分别是 lena 图、手机自拍图和网上随机获取图。

用 matlabR2008a 的图像处理工具箱提供的 `fspecial()` 函数产生运动模糊的点扩散函数，调用格式为 [13]：

$$PSF = fspecial('motion', LEN, THETA)$$

(2)

LEN : 运动位移像素数, $THETA$: 运动角度

用 `imfilter()` 函数对原始图像进行卷积操作，产生运动模糊图像，调用格式为：

$$Blurred = imfilter(A, PSF, 'circular', 'conv')$$

(3)

A : 读取原始图像得到的矩阵

用 `deconvwnr()` 函数对模糊图像进行维纳滤波恢复，调用格式为：

$$wnr = deconvwnr(Blurred, PSF)$$

(4)

从式(2)~(4)可以看出，在事先知道点扩散函数 PSF 的确切取值情况下，就可以很容易的对运动图像进行维纳滤波恢复。而 PSF 可以由 LEN 和 $THETA$ 求得，所以问题的关键是如何准确求解造成运动模糊的系统 H 的 LEN 和 $THETA$ 两个参数值。

求解的思路：根据已知的原始清晰图像和经过系统 H 作用得到的模糊图像，用育种遗传算法 I 求解系统 H 的 LEN 和 $THETA$ 参数值。这样就可以根据 LEN 和 $THETA$ 的值得到 PSF ，用该 PSF 对模糊图像做反卷积维纳滤波恢复，将恢复图像和原始图像进行比较。通过育种遗传算法 I 诸代求解 LEN 和 $THETA$ 参数值，得到退化系统 H 的点扩散函数 PSF 。从而即可使用该 PSF 恢复所有经退化系统 H 产生的运动模糊图像。

在该算法中，首先提出用 LEN 和 $THETA$ 作为遗传算法中个体的取值，根据个体取值计算得到 PSF ，再根据 PSF 得到恢复的图像。

$$目标函数为: E(f) = \left\| f(x, y) - \hat{f}(x, y) \right\|^2 \quad (5)$$

$f(x, y)$ 表示原始图像, $\hat{f}(x, y)$ 表示恢复图像

目标函数的实际意义是对原始图像和恢复图像的差值求 2 范数。其值越小，表示恢复图像和原始图像差别越小，越接近于原图。

在文献 [14]~[16] 中均以 $E(f) = \left\| g(x, y) - H * \hat{f}(x, y) \right\|^2$ 或其变型作为目标函数。 $g(x, y)$ 表示模糊图像。

其实际意义是把原始图像产生的模糊图像和恢复图像产生的模糊图像作比较。其中的 H 是依先验知识对退化系统的估计值。

本文使用的目标函数实际意义是用恢复图像和原始图像比较，减少了因根据恢复图像再产生模糊图像造成的二次误差和计算量。

使用 matlab 的 `norm()` 函数直接计算目标函数的值。

3.1 测试图像的选择

测试图像 A~C 如下所示（依版面情况有缩小）。



(A) 256*256 像素 Lena 图像



(B) 240*320 像素手机照片



(C) 325*281 像素网页上图像

3.2 实验结果与比较分析

为了简化运算，对 3 个图像的恢复实验均依先验知识把 LEN 取固定值 35。以 $THETA$ 作为自变量，取值范围均为 4~40，采用实数编码，式(5)的目标函数作为适应度函数；种群规模均为 37，采用最优个体保留策略；对第 k 代的所有个体按适应度函数值排序，雄性个体数设定为 6，剩余 31 个雌性个体，随机选择 1 个雌性个体直接进入第 $k+1$ 代，其余 30 个雌性个体和 6 个雄性个体进行级进杂交生成第 $k+1$ 代种群；级进杂交时雄性个体遗传特征占 50%、雌性个体占 50%；雄性个体自交时，遗传特征分别占 75%和 25%；算法终止条件为进化代数达到 3 代。

3.2.1 实验结果

3 个图像的恢复效果如表 1 中所示。从视觉效果上看不出用确定 LEN 或 $THETA$ 值和使用 BGA-I 算法计

算 LEN 或 THENA 值恢复图像的区别。

表 1 3 个图像的恢复效果

原始图像	人工模糊	实际值恢复	计算值恢复
			
			
			

THENA 值列于表 2。可以看出用 BGA-I 进行 3 代即可得到较理想计算值。

表 2 实际 THENA 值和计算 THENA 值

图像编号	确定值	计算值	平均值	变异系数
A	15	16.5781	17.932297	1.858796
B	15	15.4453	16.601144	1.548020
C	15	15.1250	15.956061	1.750969

3.2.2 结果分析

根据表 1 恢复图像的视觉比较，说明使用该算法能够稳定求解 THENA 值，进而确定退化系统的点扩散函数，并使用该函数用维纳滤波方法对其他同等条件模糊图像作批量处理。

由表 2 的平均值和变异系数数据可以看出，BGA-I 算法能够以很少的进化代数快速提高整个种群的质量，算法的效率比较高。

文献[14]~[16]中以图像作为个体，交叉采用随机窗口互换、变异采用双线性插值或邻近均值替换方法。由于 BGA-I 以参数作为个体，交叉和变异运算均是两个双精度浮点数的计算，大大减少了计算量，降低了计算难度。

4 结论

图像恢复技术已经有许多成熟的模型，如何充分利用好这些数学模型是研究图像恢复技术的捷径。本文将改进后的一种遗传算法：育种遗传算法 I(BGA-I)用于运动模糊图像的恢复，在智能优化算法和图像恢复技术的结合上作了有益的探索和实验。

在图像恢复求解方面，首先把对应于图像的恢复函数或参数作为计算对象，找到了一个映射于图像的简单数据计算途径。为计算此类理论上不存在、也不需要得到最优解的复杂问题打开了一种新思路。即采

用映射的方法，把复杂问题的解对应到简单的取值范围。通过在简单取值范围内搜索最优解，达到求解复杂问题的目的。这样做的好处是能够以较少的计算能力和资源快速求解问题。

需要改进之处是在两个或多个参数未知情况下，用 BGA-I 算法同时搜索两个或多个参数组合情况下的目标函数最优解。属于多目标优化问题，有待于进一步研究。

致谢

本文实验环境所用部分软件由武汉大学计算机学院 2008 级硕士研究生夏辉搜集、提供，在此表示感谢。

References (参考文献)

- [1] 赵保军,史彩成,沈胜宏,等.一种基于 CMAC 的图像恢复算法[J].中国图象图形学报,2001,6(A8):780-783. Zhao Baojun, Shi Caicheng, Shen Shenghong, et al. The Image Restoration Based on CMAC[J]. Journal of Image and Graphics, 2001, 6(A8):780-783.
- [2] 赵金帅,鲁瑞华..基于改进遗传算法的图像恢复算法[J].计算机科学,2008,35(8):241-243. Zhao Jinshuai, Lu Ruihua. Image Restoration Method Based on the Improved Genetic Algorithm[J]. Computer Science, 2008, 35(8):241-243.
- [3] 刘微.运动模糊图像恢复算法的研究与实现[D].博士,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,2006. Liu Wei. The Research on Restoration Algorithm of Motion Blur Image and its Realization[D]. Ph.D Degree Thesis, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, China, 2006.
- [4] 王晓红,赵荣椿.匀速直线运动模糊的 PSF 之估计[J].计算机应用,2001,21(9):40-41. Wang Xiaohong, Zhao Rongchun. Estimating the PSF of Motion-Blurred Images[J]. Computer Applications, 2001, 21(9):40-41.
- [5] Ahmet T. Başokur, İrfan Akça, Nedat W.A. Siyam. Hybrid genetic algorithms in view of the evolution theories with application for the electrical sounding method[J]. Geophysical Prospecting, 2007, 55:393-406.
- [6] 张沅.家畜育种学[M].北京:中国农业出版社,2001. Zhang Yuan. Livestock Breeding[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2001.
- [7] 姚敦义.植物学导论[M].北京:高等教育出版社,2003. Yao Dun-yi. Introduction of botany[M]. Beijing: High Education Press, 2003.
- [8] 李军华,黎明,袁丽华.一种改进的双种群遗传算法[J].小型微型计算机系统,2008,29(11):2009-2102. Li Jun-hua, Li Ming, Yuan Li-hua. Improved Dual Population Genetic Algorithm[J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2008, 29(11):2009-2102.
- [9] 李军华,黎明,袁丽华.改进的三种群遗传算法[J].系统工程,2008,26(4):104-108. Li Jun-hua, Li Ming, Yuan Li-hua. An Improved Model Based on Three Population Genetic Algorithm[J]. Systems Engineering, 2008, 26(4):104-108.
- [10] 朱娅妮,黎明.基于有性繁殖的遗传算法及应用[J].计算机仿真,2006,23(11):168-172. Zhu Ya-ni, Li Ming. A Genetic Algorithm with Sexual Reproduction in Image Recovering[J]. Computer Emulation, 2006, 23(11):168-172.

- [11] 喻菡.遗传算法求解 TSP 的研究[D].硕士,西南交通大学,2006.
Han Yu.Study on Gentic Algorithm for Travel Salesman Problem[D]. Master Degree Thesis,Southwest jiaotong University,2006.
- [12] 徐宗本,聂赞坎,张文修.父代种群参与竞争遗传算法几乎必然收敛[J].应用数学学报,2002,25(1):167-175.
Xu Zong-ben,Nie Zan-kan,Zhang Wen-xiu.Almost Sure Strong Convergence of a Class of Genetic Algorithms with Parent-offsprings Competition[J].Acta Mathematicae Applicatae Sinica, 2002,25(1):167-175.
- [13] 孟永定,马佳.基于 MATLAB 实现数字图像恢复[J].电脑学习,2007,(1):31-32.
Meng Yongding,Ma Jia. Realizing Digital Image Restoration Based on MATLAB[J].Computer Learning,2007,(1):31-32.
- [14] 李静,孟祥静,刘吉良.基于遗传算法的图像恢复技术研究[J].科技创新导报,2008,(7):4.
Li Jing,Meng Xiangjing,Liu Jiliang.The Research of Image Restoration based on Genetic Algorithm[J].Science and Technology Innovation Herald, 2008,(7):4.
- [15] 吴娜,郭景富,谷德山.一种基于遗传算法的图像恢复[J].信息技术,2003,27(1):28-30.
Wu Na,Guo Jingfu,Gu Deshan. Genetic Algorithm Applied to Image Restoration[D].Information Technology, 2003,27(1):28-30.
- [16] 赵金帅.遗传算法的早熟现象研究及其在图像恢复中的应用[D].硕士,西南大学,2008.
Zhao Jinshuai. Researches on Premature Convergence in the Genetic Algorithm and Its Application in Image Restoration[D], Master Degree Thesis,Southwest University,2008.