

进化计算在 Matlab 中的实现方法

徐 红

(四川警察学院 四川 泸州 646000)

摘 要:进化计算是一类广泛应用且不断发展的智能计算方法,构成进化计算的主要有遗传算法、进化策略、进化规划,这3种算法侧重点和实现方法各不相同。在分析这3种算法关键要素的基础上,依据 Matlab 的 M 文件要求,实现了进化计算程序的设计,给出了 Matlab 中进化计算关键要素的实现代码。

关键词:进化计算;Matlab;遗传算法;进化策略;进化规划

中图分类号:TP312

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2007)09-112-02

Evolutionary Computation Realization Technology in Matlab

XU Hong

(Sichuan Police College, Luzhou, 646000, China)

Abstract: As a kind of intelligence computation, evolutionary computation is widely applied and ceaselessly developed. Generally, it is made up of genetic algorithm, evolutionary strategies and evolutionary programming. They are different in application and emphases. This paper analyses essential of these algorithm, achieves them according to M-file, and offers code of essential in Matlab.

Keywords: evolutionary computation; Matlab; genetic algorithm; evolutionary strategy; evolutionary programming

1 引言

自然界中的生物对其生存环境具有优良的自适应性,各种物种在一种竞争的环境中生存,优胜劣汰,使得物种不断改进。人们从不同角度出发研究和模拟生物系统及其行为特性,产生了诸多的新兴学科。其中,对生物进化机制的模拟就产生了进化计算理论。

进化计算是一类全局优化自适应概率搜索算法,被成功应用于多类复杂系统的优化问题。进化计算大体上存在3种较典型的计算算法:遗传算法、进化策略和进化规划。这3种算法拥有如下一些共同的特点:算法模拟的生物进化过程都是反复进行的迭代过程;算法的操作对象是由若干个体构成的群体;各个个体都有适应度这一优劣评价的属性;算法采用复制、选择操作,使优良的个体更多的生成或保留至下一代;算法采用重组、变异操作,局部改变个体,保持种群的多样性。进化计算的基本流程如图1所示。

Matlab 是现今流行的计算工具,拥有强大的功能。他除了具备卓越的数值计算能力外,还提供了专业水平的符号计算,文字处理,可视化建模仿真和实时控制等功能。Matlab 的基本数据单位是矩阵,他拥有数量众多的工具包。Matlab 具有较好的开放性,用户可通过对源程序的修改或加入自己编写程序构造新的专用工具包。数学计算是 Matlab 最典型、最基础的应用领域。

本文基于 Matlab 这一强大的数学计算工具,介绍了

进化计算典型计算算法——遗传算法、进化策略和进化规划的构成要素的实现方法,对进化计算在 Matlab 中的应用具有一定的参考价值。

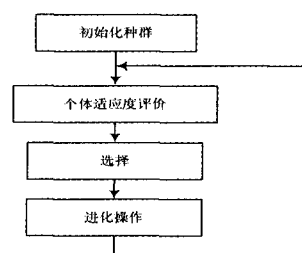


图1 进化计算基本流程图

2 遗传算法的实现

遗传算法 (Genetic Algorithm, GA) 由美国 Michigan 大学的 Holland 教授创立,他是通过模拟生物界自然选择和自然遗传机制的随机化搜索算法。遗传算法的主要构成技术有:需要对问题的可行解进行编码,基于个体的适应度进行选择操作,采用交叉操作实现个体的重组,这是遗传算法产生新个体的主要方法。

基本遗传算法的构成要素在 Matlab 中的实现方法如下:

(1) 染色体编码:基本遗传算法使用固定长度的二进制符号串表示个体,其等位基因由二值符号集{0,1}组成,随机生成初始种群的实现代码如下:

```
chromosome=round(rand(Population_size,String_Length));
```

其中 Population_size 代表群体大小, String_Length 代表编码长度。

(2) 选择算子: 基本遗传算法采用适应度比例方法, 各个个体的选择概率和其适应度成正比, 该选择方法首先计算出各个个体被选择的相对概率, 然后与随机数比较以选择进入下一代的个体, 实现代码如下:

```
fitnesspro=fitness(:)/totalfitness;
profitness=cumsum(fitnesspro);
for i=1: Population_size
    randnum=rand(1);
    while(randnum>profitness(index))
        index=index+1;
    end
    newchromosome(i)= chromosome(index);
end
```

(3) 交叉算子: 基本遗传算法采用单点交叉, 交叉断点随机产生, 执行交叉的两个个体在交叉点打断, 然后交换编码信息, 实现代码如下:

```
crosspoint=round(rand(1)*String_Length);
for j=1:String_Length
    if(j<crosspoint)
        chromosome(child1,j)=chromosome(parent1,j);
        chromosome(child2,j)=chromosome(parent2,j);
    else
        chromosome(child1,j)=chromosome(parent2,j);
        chromosome(child2,j)=chromosome(parent1,j);
    end
end
```

(4) 变异算子: 基本遗传算法采用基本位变异, 实现代码如下:

```
chromosome(:,j)=not(chromosome(:,j));
```

3 进化策略的实现

进化策略 (Evolutionary Strategies, ES) 由德国的 I. Rothenberg 和 H. P. Schwefel 首先提出, 他是一种数值优化的方法, 以 N 维实数空间上的优化问题为主要处理对象。进化策略的主要构成技术有: 组成群体的个体由 N 维向量和扰动量两部分构成, 个体适应度等于其对应的目标函数值, 选择操作按一定的确定方式进行, 变异操作是进化策略产生新个体的主要方法。

进化策略 $(\mu+\lambda)$ -ES 算法构成要素在 Matlab 中的实现方法如下:

(1) 个体初始化: 个体由本体向量和随机扰动两部分组成, 设本体由 N 维向量构成, 种群容量 M , 各维的可行域为 $[x_i, y_i]$ ($i=1, 2, \dots, N$), 则初始种群就由大小为 $M \times 2N$ 的矩阵表示, 其中前 N 列表示个体的本体, 后 N 列表示随机的扰动, 个体初始化实现代码如下:

```
individual=zeros(M,2*N);
for k=1:N
    individual(:,k)=unifrnd(xi,yi,M,1);
end
for k=N+1:2*N
```

```
individual(:,k)=normrnd(0,a);
end
```

式中, 应用函数 unifrnd 实现各维可行域的均匀分布, 函数 normrnd(0, δ) 产生零均值、方差 δ 的高斯分布随机数。

(2) 变异算子: 将个体的每个分量增加零均值且方差为 δ 的高斯分布的随机数以生成子代, 也即将个体的编码矩阵的后 N 列对应加至前 N 列, 实现代码如下:

```
individual(:,k)=individual(:,k)+individual(:,k+N);
```

(3) 交叉算子: 随机选取两个个体进行中间杂交, 中间杂交的思想是生成子代的各个编码是两个亲本对应编码的算术平均值, 实现代码如下:

```
individual=(individual(:,C)+individual(:,D))/2;
```

(4) 选择算子: 计算各个个体的适应度, 根据适应度从亲本和子代中选出最好的 M 个个体作为新一代, 实现代码如下:

```
[fitness,order]=sort(allfitness);
index=1;
for k=M+1:2*M
    newindividual(index)=allindividual(k);
    index=index+1;
end
```

其中函数 sort 按个体的适应度大小进行升序排列。

4 进化规划的实现

进化规划 (Evolutionary Programming, EP) 最早是由美国的 L. J. Fogel, A. J. Owens, M. J. Walsh 首先提出, 进化规划的基本思想也是源于对生物进化的模仿。其构成技术与进化策略类似: 组成群体的个体用 N 维向量表示, 个体适应度由对应的目标函数经某种比例变换得来, 个体的变异操作是惟一的最优个体搜索方法, 选择操作按照随机竞争方式进行。

标准进化规划算法构成要素在 Matlab 中的实现方法如下:

(1) 个体初始化: 设个体编码由 N 维向量构成, 种群容量为 M , 各维的可行域为 $[A_i, B_i]$ ($i=1, 2, \dots, N$), 实现代码如下:

```
unit=zeros(M,N);
for k=1:N
    unit(:,k)=unifrnd(Ai,Bi,M,1);
end
```

(2) 变异算子: 将个体的每个分量增加一个随机扰动产生新的个体, 随机扰动选择均值 0、方差 δ 的高斯随机变量, 实现代码如下:

```
randg=normrnd(0,delta,1,N);
unitmux(:,k)=unit(:,k)+randg;
```

其中函数 normrnd 用于产生要求的高斯随机数。

(下转第 116 页)

```

outy => cnt,count => num_count );
U2:decoder7s
PORT MAP (a=> cnt,led7s=> number);
END behav;

```

说明:在顶层文件中用到了元件的例化语句,他包括两部分,前一部分是元件定义语句,是对现成的设计实体的定义为一个元件,第二部分是元件例化语句,此元件与当前实体中的连线说明。他们的完整格式如下:

```

COMPONENT 元件名 [IS]
--元件定义语句
GENERIC(类属表);
PORT(端口名表);
END COMPONENT[元件名];
例化名:元件名 PORT MAP([端口名=>]连接端口名,
...);

```

3 仿真结果及分析

整个系统的仿真结果如图 2 所示。

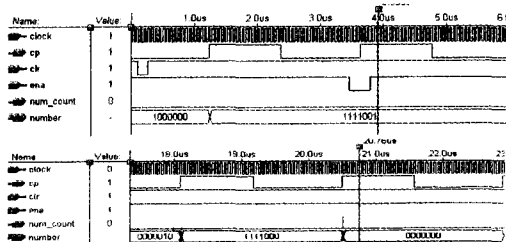


图 2 系统仿真波形

图 2 中的参数含义说明:

- (1) clock 是分频器的输入时钟信号;
- (2) cp 是分频器分频后的信号(也是计数器的输入时钟信号);

作者简介 王凤英 女,1977 年出生,硕士,教师。主要研究方向为电子设计自动化教学与研发及图像处理等。

(上接第 113 页)

(3) 选择算子:进化规划采用随机竞争的方式,首先将亲本和变异后的个体组成大集合,从中随机选择 p 个个体作为比较对象,将大集合的个体与比较对象作对比,然后个体按对比结果排序,选择最优的 M 个个体形成子代。实现代码如下:

```

for i=1:2 * M
    for j=1:randnum
        if fitness_allunit(i)<fitness_compunit(j);
            score(i)= score(i)+1;
        end
    end
[y,order]=sort(score);
for k=1,M
    newunit(k,:)=allunit(order(k,:),:);
end

```

- (3) clr 是计数器的清零端口,低电平时清零;
- (4) ena 是计数器的使能端口,高电平时计数;
- (5) num_count 是计数器的进位输出端口;
- (6) number 是计数器的计数端口。

由图 2 可知:

- (1) 时钟 clock 的频率是 cp 的 4 倍;
- (2) 当 clr 为低电平时, number 为“1000000”,对应七段译码器后,显示为“0”;
- (3) 当 clr 为高电平且 cp 时钟的第一个上升沿到来时, ena 为高电平,计数器计数, number 由“1000000”变为“1111001”,即由“0”变为“1”;
- (4) 当 clr 为高电平且 cp 时钟的第二个上升沿到来时, ena 为低电平,计数器保持原来的计数,即 number 为“1111001”。
- (5) 当 number 为“1111000”时,即对应十六进制中的“F”, num_count 输出高电平,否则输出低电平。

4 结 语

本文设计的 VHDL 语言程序已在 Max+ Plus II 10.1 工具软件上进行了编译、仿真和调试,并通过编程器下载到了 EPF10K20RC208-4 芯片。经过实验结果的分析,说明本设计是正确的。本文给出的设计思想也适用于其他的基于 PLD 芯片的系统设计。

参 考 文 献

- [1] 潘松,黄继业. EDA 技术实用教程[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [2] 康华光. 电子技术基础(数字部分)[M]. 北京:高等教育出版社,2004.

5 结 语

本文分析和总结了进化计算 3 种算法的算法流程和关键技术,给出了各项关键技术 in Matlab 中的实现方法,为应用进化计算在 Matlab 软件环境下构造智能系统提供了参考。

参 考 文 献

- [1] 吴庆洪,张纪会,徐心和. 一种有效的进化规划算法[J]. 系统仿真学报,1999,11(6):409-412.
- [2] 徐志洪,卢建刚,顾钟文. 解全局优化问题的进化策略及其仿真[J]. 机电工程,2000,17(2):87-89.
- [3] 周明,孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京:国防工业出版社,2004.
- [4] 余有明,刘玉树. 进化计算的理论与算法[J]. 计算机应用研究,2005,22(9):77-80.