

Matlab环境下的遗传算法程序设计及优化问题求解

梁科, 夏定纯

(武汉科技学院计算机科学学院, 湖北 武汉 430073)

摘要: 本文介绍了遗传算法的流程及几个算子, 给出了在 matlab 语言环境下实现编码、译码、选择、重组和变异各算子的编程方法, 最后用一个实例来说明遗传算法在寻找全局最优解中的应用。

关键词: 遗传算法; matlab; 程序设计

中图分类号: TP312 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3044(2007)04-11049-03

Genetic Algorithm Programming By Matlab And Optimizing Problem Solving

LIANG Ke, XIA Ding-chun

(Department of Computer science, Wuhan University of Science & Engineering, Wuhan 430073, China)

Abstract: The several factors of genetic algorithm have been presented in this paper, and the programming of encoding, decoding, choice, crossover and mutation of matlab have been given, finally, a function optimizing problem has been presented to demonstrated the application about global optimizing of genetic algorithm.

Key words: GA; matlab; programming

遗传算法(GA)是借鉴生物界自然选择和群体进化机制而形成的一种全局寻优算法, 其本质上是一种基于概率的随机搜索算法。与其它的优化算法相比较, 遗传算法具有以下优点: (1)通用性; (2)并行性; (3)简单性和可操作性; (4)稳定性和全局性。

1 遗传算法概述

在遗传算法中, 首先将空间问题中的决策变量通过一定的编码表示成遗传空间的一个个体, 它是一个基因型串结构数据; 然后将目标函数转换成适应度值, 用来评价每个个体的优劣, 并将其作为遗传操作的依据。遗传操作包括三个算子: 选择、重组和变异。选择是从当前群体中选择适应值高的个体以生成交配池的过程, 交配池是当前代与下一代之间的中间群体。选择算子的作用是用来提高群体的平均适应度值。重组算子的作用是将原有的优良基因遗传给下一代个体, 并生成包含更复杂基因的新个体, 它先从交配池中的个体随机配对, 然后将两两配对的个体按一定方式相互交换部分基因。变异算子是对个体的某一个或几位按某一较小的概率进行反转其二进制字符, 模拟自然界的基因突变现象。

遗传算法的基本程序实现流程如下:

- (1) 先确定待优化的参数大致范围, 然后对搜索空间进行编码;
- (2) 随机产生包含各个体的初始种群;
- (3) 将种群中各个个体解码成对应的参数值, 用解码后的参数求代价函数和适应度函数, 运用适应度函数评估检测各个个体适应度;
- (4) 对收敛条件进行判断, 如果已经找到最佳个体, 则停止, 否则继续进行遗传操作;
- (5) 进行选择操作, 让适应度大的个体在种群中占有较大的比例, 一些适应度较小的个体将会被淘汰;
- (6) 随机交叉, 两个个体按一定的交叉概率进行交叉操作, 并产生两个新的子个体;
- (7) 按照一定的变异概率变异, 使个体的某个或某些位的性质发生改变;
- (8) 重复步骤(3)至(7), 直至参数收敛达到预定的指标。

使用遗传算法需要确定的运行参数有: 编码串长度、交叉和变异概率、种群规模。编码串长度由问题的所要求的精度来决定。交叉概率控制着交叉操作的频率, 交叉操作是遗传算法中产生新

个体的主要方法, 所以交叉概率通常应取较大值, 但如果交叉概率太大的话又可能反过来会破坏群体的优良模式, 一般取 0.4~0.99。变异概率也是影响新个体产生的一个因素, 如果变异概率太小, 则产生新个体较少; 如果变异概率太大, 则又会使遗传算法变成随机搜索, 为保证个体变异后与其父体不会产生太大的差异, 通常取变异概率为 0.0001~0.1 以保证种群发展的稳定性。种群规模太大时, 计算量会很大, 使遗传算法的运行效率降低, 种群规模太小时, 可以提高遗传算法的运行速度, 但却种群的多样性却降低了, 有可能找不出最优解, 通常取种群数目 20~100。从理论上讲, 不存在一组适用于所有问题的最佳参数值, 随着问题参数的变化, 有效问参数的差异往往是十分显著的。

2 用 Matlab 语言来实现遗传算法

Matlab 是一个高性能的计算软件, 配备有功能强大的数学函数支持库, 适用范围大, 编程效率高, 语句简单, 功能齐备, 是世界上顶级的计算与仿真程序软件。利用 Matlab 来编写遗传算法程序简单而且易于操作。

2.1 编码

编码就是把一个问题的可行解从其解空间转换到遗传算法能够处理的搜索空间的转化方法, 编码形式决定了重组算子的操作。遗传算法是对编码后的个体作选择与交叉运算, 然后通过这些反复运算达到优化目标。遗传算法首要的问题是通过编码将决策变量表示成串结构数据。我们常用的是二进制编码, 即用二进制数构成的符号串来表示每个个体。通常根据搜索精度(sca_var)、决策变量上界(range(2)) 的和下界(range(1)) 来确定各个二进制字符串的长度(bit_n), 搜索精度为 $sca_var = (range(2) - range(1)) / (2^{bit_n} - 1)$, 然后再随机产生一个的初始种群(be_gen), 其规模为 popusize。下面用 encoding 函数来实现编码和产生初始的种群:

```
function [be_gen, bit_n]=encoding(sca_var, range(1), range(2), popusize)
```

```
bit_n=ceil(log2((range(2)-range(1))/sca_var));
```

```
be_gen= randint( popusize, sum(bit_n));
```

2.2 译码

决策变量经过编码之后, 各个个体构成的种群 be_gen 要通过解码才能转换成原问题空间的决策变量构成的种群 vgen, 这样才

收稿日期: 2006-01-05

作者简介: 梁科(1981-), 硕士研究生, 研究方向: 智能计算与优化方法; 夏定纯(1963-), 教授, 研究方向: 人工智能, 计算机在线检测。



能计算其相应的各个适应度值。另外,译码首先要求出二进制数对应的十进制数 decimal,然后根据下面的公式求出实际决策变量 X: $X = \text{range}(1) + \text{decimal} * \text{sca_dec}$ 。通常可以用 decoding 函数来实现译码的过程:

```
function[vgen,fitness]=decoding(fcn, be_gen,bit_n,range(1),range(2))
popsize=size(be_gen,1);
n_var=length(bit_n);
sca_dec=(range(2)-range(1))/(2^bit_n-1);
bit_n=cumsum(bit_n);
bit_n=[0 bit_n];
for i=1:n_var
    be_var(i)=be_gen(:,bits(i)+1:bit_n(i+1));
    var(i)= range(1)(i)+sum(ones(popsize,1)*2.^size(be_var(i),2)-1:-1:0).*be_var(i,2).*sca_dec(i);
end
vgen=[var(1,:)];
for i=1:popsize
    fitness(i)=eval(fcn,'(var_gene(i,:))');
end
```

2.3 选择

选择就是利用码后求得的各个个体的适应度的大小,从中选出一些适应度高的个体,并淘汰一些适应度较小的个体以生成配池的过程。然后再对优良的个体进行交叉和变异操作。在选择算子中,先找出当前群体中适应度最高和最低的个体,将最佳个体 bes_ind 保留并替换最差个体,直接进入下一代,将剩余个体 evol_gen 按适应值比例选择法进行操作,即采用轮盘赌(roulette wheel)方式来实现。这种方式首先计算每个个体的适应值,然后计算出该适应值在群体适应值总和中所占的比例,来表示该个体被选中的概率,这样既能保证最佳个体的适应度值不会减小,最佳个体不会被交叉变异操作所破坏,也能不断提高该群体的平均适应度值。比例选择法体现了生物进化过程中“优胜劣汰,适者生存”的思想,并且保证将优良的基因遗传给下一代。

我们可以用下面的函数来实现选择算子:

```
function [evol_gen, bes_ind,max_fitness]=selection(old_gen, fitness)
[min_fitn,expo(b)]=min(fitn); [max_fitn,expo(a)]=max(fitn);
popsize=length(fitness);
bes_ind=old_gen(expo(a,:));
expo=[1:popsize];expo(expo(a))=0;expo(expo(b))=0;
expo=nonzeros(expo);
evol_gen=old_gen(expo,:);
evol_fitness=fitness(expo,:);
evol_popsize=popsize-2;
posel=evol_fitness/sum(evol_fitness);
poselcum=cumsum(posel);
r=rand(1,evol_popsize);
selected=1+sum(poselcum*ones(1,evol_popsize)<ones(evolver_popsize,1)*r);
evol_gen=evol_gen(selected,:);
```

2.4 重组

重组算子是产生新个体的主要方法,它决定了遗传算法的全局搜索能力。重组操作的作用是将原有的优良基因遗传给下一代个体,并生成包含更优良基因的新个体。通常使用的遗传算子是

一点交叉法,就是按交叉概率 pc($0 < pc < 1$)实施交叉操作,两个个体编码串(string)在交叉位置处(crossp)相互交换各自的部分编码,从而形成新的一对个体。程序如下:

```
function [new_gen]=recombination(old_gen,pc)
[nouse,match]=sort(rand(size(old_gen,1),1));
match_gen=old_gen(match,:);
pairs=size(match_gen,1)/2;
bit_n=size(match_gen,2);
string=rand(pairs,1)<pc;
crossp=randint(string,1,[1,bit_n]);
crossp=string.*crossp;
for i=1:pairs
    new_gen([2*i-1 2*i],:)=match_gen([2*i-1 2*i],:);
    new_gen([2*i-1 2*i],:)=match_gen([2*i-1 2*i],:);
end
```

另外,一点交叉法操作的信息比较小,交叉点的位置的选择可能会带来较大的偏差,一点交叉算子不利于长距离的保留和重组。

2.5 变异

变异算子是模拟自然界生物进化的中染色体的基因突变现象,从而改变染色体的结构和物理性状。变异算子是产生新个体的辅助方法,它决定了遗传算法的局部搜索能力。变异操作通过按照变异概率(mp)随机反转某位等位基因的 0/1 二进制字符的值来实现。程序如下:

```
function [new_gen]=mutation(old_gen, pm)
mpoints=find(rand(size(old_gen))<pm);
new_gen=old_gen;
new_gen(mpoints)=1-old_gen(mpoints);
end
```

当重组操作发生早熟收敛时,这时引入变异算子会有很好的效果。一方面,变异算子可以使群体进化中丢失的等位基因信息得以恢复,保持群体基因中的差异性,防止发生早熟收敛;另一方面,当种群规模较大时,在重组操作基础上引入适度的变异,也能提高遗传算法的局部搜索效率。

3 实际应用例子

在这里我们以一个函数为例来验证遗传算法程序的全局搜索能力,设函数为 $z = 3*(1-x)^2*exp(-(x^2)-(y+1)^2) - 10*(x/5-x^3-y^5)*exp(-x^2-y^2) - 1/3*exp(-(x+1)^2-y^2)$, $x \in [-3, 3]$, $y \in [-3, 3]$ 。

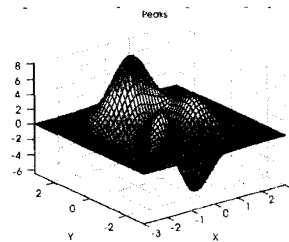


图1 函数图形示意图

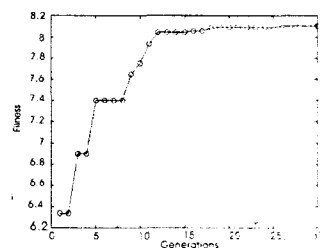


图2 最佳适应度值示意图

如果取种群的规模 popsize=20, 搜索精度 sca_var=0.000001, 交叉率 pc=0.98, 变异概率 mp=0.01。图1是函数图形示意图,图2中给出了遗传 generation=30 代之后的适应度值。另外,由于采用了每一代的最优个体直接进入下一代的方法,所以不会出现最佳适应度值减小的情况,可以发现在第12代以后,最佳适应度值变换就很小了,到26代之后,最佳适应度值已经不再发生变化,这时可以认为已经找到了全局最优解: $x=0.011765$, $y=1.588235$, $z=$

8.101909。

4 结束语

用 matlab 语言编写了遗传算法程序,并通过了调试,用一个实际例子来对问题进行了验证,这对在 matlab 环境下用遗传算法来解决优化问题有一定的意义。

参考文献:

[1].李敏强,寇纪松,林丹,李书全.遗传算法的基本理论与应用

[M].北京:科学出版社,2004.

[2].张志涌,徐彦琴,matlab 教程[M],北京航空航天大学出版社,北京,2003.

[3].Coello Carlos A Coello Cortes Nareli Cruz Hybridizing A Genetic Algorithm with Artificial Immune System for Global Optimization.[J].Engineering Optimization.2004,36(5):607-634.

(上接第 981 页)

在技术上各有特点。因此,用户是从广义总线的角度出发,采用按系统的不同部分选用不同的总线即多层次总线呢还是在条件成熟时选用单一总线,是一个需要慎重考虑的问题。

4 现场总线控制系统的优越性

一般人们在论述 FCS 的优点时总是对 DCS 来说的。与 DCS 相比, FCS 具有以下几个方面的优点:

4.1 FCS 的可靠性比 DCS 高

这包括两方面的内容:

(1)FCS 的系统的可靠性比 DCS 高。

(2)FCS 传输出数字信号,抗干扰能力强、可靠性高。由于现场总线设备的智能化、数字化,与模拟信号相比,它从根本上提高了测量和控制的精确度,减少了传送误差。同时由于系统的结构简化,设备与连线减少,现场仪表内部功能加强,减少了信号的往返传输,提高了系统工作的可靠性,

4.2 结构性好

FCS 可以把智能技术分散现场各点。把控制功能彻底下放到现场,依靠现场智能设备实现基本控制功能。

4.3 可控性强

FCS 有较强的自诊断功能,数字通信使用户从控制室中查索所有设备的数据、组态、运行和诊断信息已成为现实。自诊断功能可以及时帮助用户分析问题是否发生在变频器。无需亲临现场观察后才得出结论。这样,即使设备发生故障,也可以很快地恢复生产。

4.4 互操作性和互换性

标准化的智能仪表可方便互连、互组态和互换。互操作性是实现互连设备间、系统间的信息传送与沟通。互换性是指不同生产厂家功能类似的设备之间可以进行相互替换。互操作和互换性是将系统升级为现场总线的关键动力之一。

4.5 统一组态

现场总线采用功能块方式组态。现场总线已有大量可满足各种过程控制的功能模块。如输入、输出、PID 调节等,一些模块还具有报警功能。

4.6 开放性好

标准化的网络互连。在 FCS 中,用户可以把遵循相同协议不同品牌的产品集成到一个规模随意的系统里,使用户真正具有系统集成主动权。可以说现场总线控制系统就是自动化领域的开放互联系统,它从根本上打破了 DCS 系统的封闭性,使企业与外界信息的沟通范围不断扩大,为企业实现信息化控制与管理创造了条件。

4.7 数据库的一致性

现场总线采用完全分散的数据库概念,任何同现场总线接口的人机界面都可显示有关仪表与控制回路的信息。这样,便不会产生重复的、不一致的数据。在 DCS 系统中,操作站与仪表数据库之间的同步化无法保证。现场总线只使用一个数据库,也就是分散于现场仪表中的数据库,人机界面就是从该数据库中获取定标数据的,手持终端所查索的也是同一个数据库。

4.8 节省开支

节省电缆和控制室面积,降低安装及维护的费用 与传统设备间点对点的接线方式相比,让多台设备共享一条总线的现场总线系统自然能够节省大量的电缆、端子、槽盒、桥架 连线设计与接头校对的工作量也大大减少。当需要增加现场控制设备时,无需增设新的电缆,可就近连接在原有的电缆上 这样既节省了投资,也减少了设计、安装的工作量。

5 现场总线标准的统一是必然的

这种预言也许为时尚早,但无论如何从用户角度看,多种总线并立决不是一件好事。由于现场总线采用完全不同的通信协议,要解决这些不同标准系统之间的相互兼容和互操作问题,就必然会增加用户的投资和使用维护的复杂性 统一的 TCP/IP 协议使得 In ternet 网络快速发展的经验和以太网标准的许多进步,使一直为不同协议的兼容问题所困扰的工业界看到一线希望,许多现场总线组织正致力于发展 Ethernet/IP 技术,以太网以其廉价高速方便的特性被引入底层网络不仅使现场层、控制层和管理层在垂直面的集成获得方便,更能降低不同厂家在水平层面的集成成本。当然,要使工业以太网最终成为统一的总线标准还有许多技术问题有待解决(如总线供电、本征安全等),但并非是不可能的

6 结束语

综上所述,现场总线技术适应了控制向智能化、分散化、网络化以及标准化发展的潮流,是建立企业信息网络,实现管控一体化的基础,因此成为自动化技术发展的热点 但多种总线的利益之争,实际上已阻碍和延缓了 FCS 技术在我国的应用 我国工控界应如何迎接自控领域这场变革的到来呢?这个问题可从分析我国工控业的发展历程和现状中找到答案 我国民族工控产品如 PLC、DCS 长期落后于国外,根本原因是国外少数几家公司为保证其垄断经营的地位对其工控产品采用封闭式结构,我国对其关键技术只有通过引进消化后方可掌握,因此延误了市场时机而总是落后于人家,受制于人。现场总线技术的开放性策略无疑为我国工控界在国际市场上的发展带来了一个千载难逢的平等竞争机遇,当游戏规则的改变使大家站在同一起跑线上时,就看谁捷足先登,抢先占领市场,把握主动权,最终领导市场 因此,我们应当紧紧抓住这一契机,率先推出有中国特色的现场总线产品,开创中国自己的国际工控产品的名牌,从而翻开中国工控界发展的新篇章。从目前来看,我国在现场总线的开发和应用方面都紧跟了世界潮流,其发展速度超出预料 但同时我们希望政府和企业应拿出更多的资金,投入这一领域,这是大有希望的事业

参考文献:

[1]于常友等.IEC 61158 中不同现场总线的评价和选择[M].电气自动化,2001,23(2):4-6.

[2]李嘉等.引入以太网技术是现场总线技术发展的一个必然趋势[M].自动化仪表,2001,22(5):1-4.

[3]常弘等.现场总线中三种基本通信模式分析[J].电工技术杂志,2001,6:19-21.

[4]郭凤文.水工业自动化控制技术的发展趋势[M].中国给水排水,2001,17(3):32-35.