

一种改进的遗传算法及其在 剩余静校正中的应用

尹 成*

(西南石油学院勘探系)

周熙襄 钟本善 林依华

(成都理工学院信息工程与地球物理系)

摘 要

尹成,周熙襄,钟本善,林依华. 一种改进的遗传算法及其在剩余静校正中的应用. 石油地球物理勘探, 1997, 32(4): 486~491

本文综合利用模拟退火和遗传算法的特点,给出一种改进的遗传算法,即根据模拟退火的概率分布函数提供群体的初值,然后使用遗传算法的选择算子和杂交算子进行搜索,在此基础上,再降低温度提供新的初值,进行反复迭代,从而搜索到全局最优解。通过估计剩余静校正的模拟试验表明,该方法只需要较小的群体规模,与常规的遗传算法相比,没有其它更多的控制参数,且全局收敛的效率有了很大的提高。

主题词 遗传算法 模拟退火 剩余静校正 全局寻优

ABSTRACT

Yin Cheng, Zhou Xixiang, Zhong Benshan and Lin Yihua. An ameliorated genetic algorithm and its application to residual static correction. *OGP*, 1997, 32(4): 486~491

An ameliorated genetic algorithm has been developed by combining the advantages of simulated annealing and usual genetic algorithm. It works in the steps:

- Using the probability distribution function of simulated annealing to offer initial group values, followed by the search that is done with the aid of selection and hybrid operators of the genetic algorithm.

- Lowering temperature to produce new initial values, followed by a new iteration operation to search out global optimal solution.

The model experiment for estimating residual static correction values says that the method only needs quite small group scale, and that it has less control parameters and brings faster convergence than usual genetic algorithms.

Subject heading: genetic algorithm, simulated annealing, residual static correction, global optimization

* Yin Cheng, Exploration Department, Southwest Petroleum College, Nanchong City, Sichuan Province, 637001
本文于1996年10月14日收到。

引言

遗传算法(Genetic algorithm)是由密歇根大学 Holland 等人创立的^[1],它来源于进化论和群体遗传学。原先此法用于模拟自然系统的自适应现象,后来被引入到广泛的工程问题。遗传算法如今已发展成一种自适应启发式及概率性迭代式全局搜索算法,用其解决不同非线性问题的鲁棒性、全局最优性、不依赖于问题模型的特性、可并行性及高效性,因此引起了众多学者的深入研究和广泛应用。但常规遗传算法存在着大量控制参数的选择问题,一般情况其收敛性并不能得到保证。Berg(1990)发展了一种简单收敛的遗传算法^[2],相当于一种最优保存简单遗传算法,但对于地球物理问题中大量未知参数的组合优化问题收敛效率非常低,甚至低到无法接受。

本文在现有的遗传算法基础上,借鉴其它全局优化算法的思路,提出了一种新的改进型遗传算法,将其应用于地震勘探中剩余静校正的求取。结果表明,该算法对收敛速度和精度以及抗噪声能力均有明显提高。

常规遗传算法

常规遗传算法是把参数空间的点映射到一单(有许多位)变量(染色体),并从这类变量的一个随机集(母体)开始,按拟合程度对母体进行排序,并根据拟合度的分布选出新的母体,从而保留了拟合得最好的成员中的多数,除去了不拟合的成员。接着按任选码的位数在两个选出的成员间进行交换,这样就产生了两个后代。这样的交换按给定的交换率(P_c)遍历整个母体。对某些这样的后代码中有一位要改变成另一个不同值,以缓解编码物质的损耗。整个过程不断重复,直到找不到较为拟合的成员为止。由于存在着遗传物质的损失,尽管变异量很小,仍不能保证找到真正的最大值。

另外常规遗传算法在解优化问题之前,必须仔细考虑很多因素,如参数编码的格式和方法、繁殖概率的特性、群体规模 N 、杂交概率 P_c 、变异概率 P_m 等。一般情况下, N 太小容易引起“早熟”现象, N 太大会降低计算效率; P_m 太小使遗传又缺少活力, P_m 太大也就变成了一种完全随机的 Monte Carlo 方法。因此,有必要考虑一些其它的辅助手段来改善遗传算法的性能。

遗传算法的改进

为了防止遗传物质的损失,提高遗传过程的活力,仅仅调整变异率,其效果还是比较差的。因此,我们有必要对遗传算法的初始群解的随机值进行一定的约束,以进一步提高遗传搜索的方向性。为此,我们将“热槽法”^[3]模拟退火的概率分布函数引入遗传算法中,以便根据该概率分布函数随机地提取规模不太大的初始种群。在此概率函数的控制下,初始个体对问题全局最优解的关系就比较密切了。然后再通过遗传算法中的选择算子和杂交算子进行快速搜索。在此遗传搜索过程中,一个新解群体的产生仅依赖于当前群体,因此可从一个给定状态达到特定群体状态的搜索过程的条件概率在任何特定时刻都不受有关原来变化结果的影响,从而使遗

遗传搜索过程满足 Markov 准则。换句话说,我们也可以认为,该遗传搜索的过程是对模拟退火某个温度状态下的 Markov 平稳分布过程的最佳逼近。经过一定迭代次数以后,再返回到“热槽法”中,降低一定温度又提取新的初值,如此反复迭代,直到最终逼近最优解。这种改进的遗传算法的实现步骤如下:

步骤 1 根据“热槽法”中某个初始温度下的概率分布函数随机地提取各个参数可能的一定数量的初值,组成遗传算法的初始群解。

步骤 2 对初始母体按拟合度大小排序,在已排序的 1 号和 2 号成员之间任选一点进行杂交得到两个后代,比较两个母体和两个后代,保留两个最好拟合度的成员作为新一代的成员。按母体列表向下继续进行杂交,直到新一代母体全部生成为止。

步骤 3 重复步骤 2,直到群体的平均拟合度无明显改善为止。

步骤 4 降低温度参数 T ,重复步骤 1、2、3,直到满足某一性能指标或规定的遗传代数。

上述遗传过程可以选择一个较小的群体,不需要杂交率和变异率等参数,温度控制参数也不像常规“热槽法”那样需要精心的试验来构造。

估计剩余静校正的模型试验

估计剩余静校正从本质上说是一个非线性反演问题。Ronen 和 Claerbout(1985)^[4]认为,地表一致性剩余静校正可作为一个最优化问题来求解,即将剩余静校正量看成是地震剖面叠加能量的函数。Vasudevan 等(1991)提出^[5],将地震剖面上相邻 CDP 叠加道两两互相关之和作为目标函数,有利于防止“零空间”的出现。通过比较,我们采用了文献 5 的目标函数,即

$$c = \sum_y \sum_t \left\{ \sum_h d_h[t + S_i + R_j] \right\} * \left\{ \sum_h d_h^{+1}[t + S_i + R_j] \right\}$$

式中: y 是对 CDP 叠加道求和; t 是一道上时窗内的所有采样点求和; h 是对某个 CDP 道集内各道求和; d 为实际接收资料; S_i 表示第 i 个炮点的静校正量; R_j 表示第 j 个检波点的静校正量。

为检验改进的遗传算法在估计剩余静校正值方面的效果,我们作了少量的地震合成记录,各道用一个随机数扰乱后,再应用该方法来求取炮点和检波点的静校正值。该记录相当于作过滤波、野外静校正、动校正以后的实际叠前记录。其中有炮点 15 个,排列长度为 12 道,炮点距和检波点距相等,即每放一炮,炮点移动一道,构成 40 个 CDP(包括不满覆盖次数的 CDP)道集记录。总共有 41 个未知数,随机产生了 $\pm 60\text{ms}$ 的时移值,形成了如图 1b 所示的未作静校正的原始地震记录。按 4ms 采样,则有 ± 15 个($\pm 60 \div 4$)采样间隔,即未知数取值有 31 个。由于概率分布函数有利于互相关函数峰值位置,因此初始采样每个参数取 30 个就足够了,这样得到的遗传算法的群体规模 $N=30$ 。

我们分别用了两个不同信噪比的记录,选用三个不同的起始温度和相同的终止温度(0.01)、相同的迭代次数(2000)进行试验,均得到了较为满意的结果。其试验参数见表 1,其中温度下降率函数为 $t=t_0 \times \eta^{n-1}$, η 为下降率, n 为返回模拟退火中提取初值的次数,所有试验中 n 一般为 80~140。如图 1 所示,对于信噪比较低的记录,剖面上的同相轴已基本收敛,两端由于覆盖次数较少,对互相关能量有所影响。图 2 示出了三次试验的结果,炮点与检波点的校

值已基本准确得到,图中代表计算值和已知值的两条曲线几乎完全重合,其中图 1b、图 1c 的效果是比较好的,只有一、两个点稍有误差。

为了比较该方法的效果,对于模型二我们又用了三种常规的遗传算法进行运算,这三种方法分别为:GA1, Berg 的简单收敛遗传算法 ($N=100$); GA2, Holland 的标准遗传算法 ($N=100, P_c=0.6, P_m=0.01$); GA3, Wilson (1994)^[6] 采用的遗传算法 ($N=2 \times 50, P_c=0.95, P_m=0.05, P'_m=0.01, P'_m$ 表示可能变异的位数)。从运算结果看,这三种方法在迭代 2000 次以内均不能收敛,其最大能量分别为 49.10, 52.55, 56.18。其中 GA1 和 GA2 的效果较差,其收敛性无法得到保证; GA3 由于采用了很多技巧,效果稍微好点,但要完全收敛可能

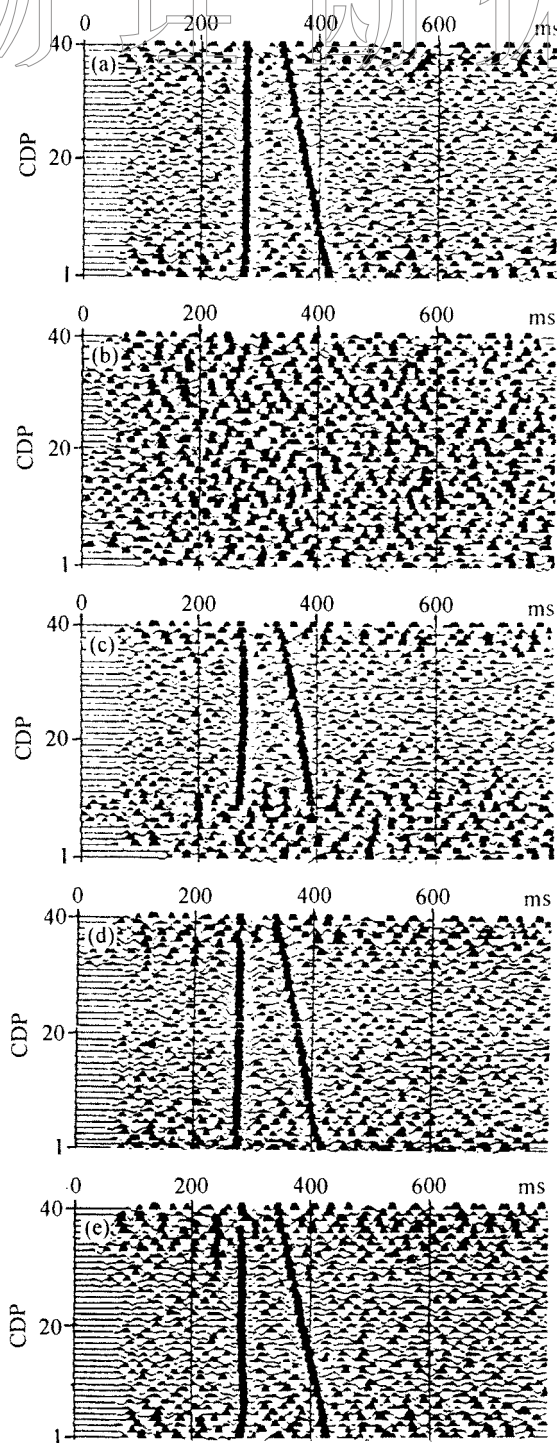


图 1 改进的遗传算法剖面效果对比

(a)为期望地震剖面;(b)为未作静校正的叠加剖面;(c)为试验一的结果;(d)为试验二的结果;(e)为试验三的结果

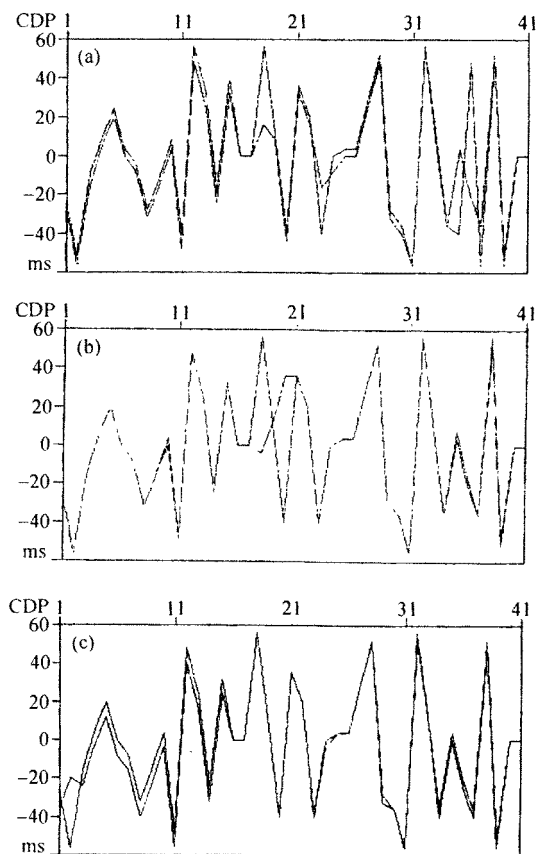


图 2 炮点、检波点静校正值与已知值对比

(a)为试验一的结果;(b)为试验二的结果;(c)为试验三的结果;CDP1~15 为炮点静校正值,16~41 为检波点静校正值

表 1 模型试验参数及结果

	模型一: $S/N=2.5$			模型二: $S/N=1.25$		
	试验一	试验二	试验三	试验一	试验二	试验三
t_0	1.0	0.5	0.1	0.5	0.1	0.05
η	0.9	0.92	0.95	0.95	0.99	0.99
E_{\max}	195.30	209.67	224.01	66.95	76.68	74.56
$E_{\text{已知}}$	224.86			82.30		

还要很长时间。GA3 的能量曲线在迭代 2000 次以内比我们改进的方法要低得多(图 3d)。图 3a、图 3b、图 3c 分别为模型二的三次试验的能量曲线。

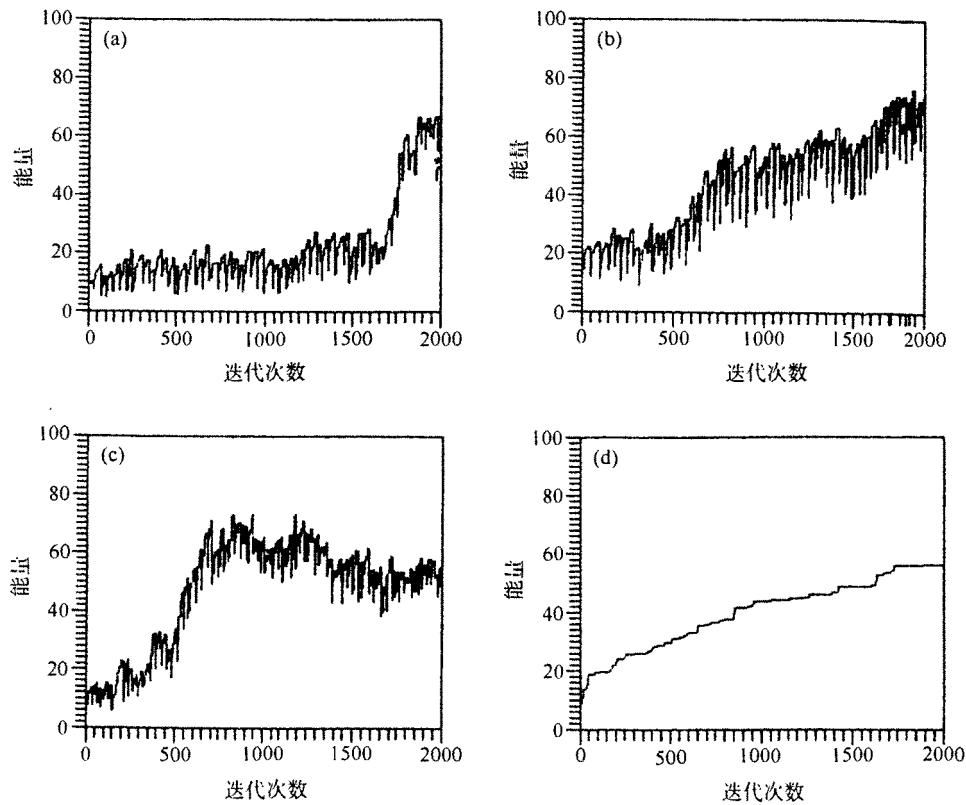


图 3 迭代次数与互相关能量的关系

(a)、(b)、(c)分别为模型二的三次试验结果;(d)为 GA3 作的能量曲线

总的说来,对于地球物理问题,当大量未知参数存在时,常规的遗传算法一般不能很好地保证全局收敛,其运算时间也不可容忍。而我们改进的遗传算法对于低信噪比资料,在不长的运算时间内基本上能得到一个可以接受的最优解。

结 束 语

本文提出的改进的遗传算法具有群体规模小,在有限的时间范围内能保证得到一个较好

的全局最优解,同时在利用热槽法模拟退火过程提供初值时,并不要求构造一个非常精细的冷却进度表。当然,目前遗传算法发展很快,应用范围也越来越广,各种各样的遗传算子也越来越多,进一步提高遗传算法的效率,引进一些其它的算子以及其它一些最优化方法进行混合运算,将是我们下一步继续探索的问题。

本文得到成都理工学院张志华老师的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- 1 Holland J H. *Adaptation in natural and artificial systems*, Univ of Michigan Press, 1975
- 2 Berg E. Simple convergent genetic algorithm for inversion of multiparameter data. *Expanded Abstracts of 60th SEG Mtg*, 1990, 1126~1128
- 3 Rothman H D 著,田希泰译. 大近地表异常、地震反射数据和退火模拟. 外协论文集,石油工业部地球物理勘探局研究院,1987
- 4 Ronen S and Claerbout J. Residual statics estimation by stackpower maximization. *Geophysics*, 1985, 50(12):2759~2767
- 5 Vasudevan K, Wilson W G et al. Simulated annealing statics computation using an order-based energy function. *Geophysics*, 1991, 56(11):1831~1839
- 6 Wilson G et al. Residual static estimation using genetic algorithm. *Geophysics*, 1994, 59(5):766~774

· 消息 ·

SEG 北京联络部召开九七年第二次学术会议

1997年7月7日,SEG北京联络部在北京中国地质大学召开了北京、涿州地区今年第二次学术会议,与会者为SEG正式会员及学生会员,共38人。

会上,石油勘探开发研究院郑晓东先生和许云教授分别作了专题报告。郑晓东在“地震储层研究”的报告中指出,在储层特征反演中要抓住不同地层、不同岩性的特征进行反演,其关键为测井约束反演。根据这一原则,他们对委内瑞拉的矿岩储层、青海泥岩裂缝储层、胜利油田火成岩储层及陕甘盆地碳酸盐岩储层进行了反演,均获得很好的地质效果。许云的“地震三维数据体空间投影处理”报告,根据空间信息连续性,提出空间不变性原理,以时间切片为基础,进行解释。其分析过程是:“整体→局部→具体细节”,即“空间关系→测线解释→断点确定”。从而解释出地层、构造与断裂系统。这种与常规不同的、由整体到局部的解释,使人耳目一新。

专题报告后,SEG北京联络部第一副主席裘慰庭就'98CPS/SEG北京国际地球物理研讨会的有关事宜向与会者作了通报;最后物探局副局长、SEG北京联络部下任主席王小牧讲话,他说今天听了两个内容丰富而新颖的精彩报告,收获很大。SEG北京联络部这种活动方式既交流信息又增进友谊。希望会员们能关心、帮助、支持学会工作,将SEG北京联络部的学术活动搞得更好。

张淑敏