文章编号: 1007-2829(2001) 04-0092-07

模糊分形滤波在探地雷达信号处理中的应用

史付生, 水兰素

(河北理工学院 资源与环境工程系, 河北 唐山 063009)

关键词: 探地雷达; 信号处理; 模糊分形滤波

摘 要: 探地雷达技术是近几年发展起来的高精度地球物理探测技术, 有着广泛的工程应用。但雷达信号的处理解释是当前应用中的薄弱环节。在地震数字信号处理研究的基础上, 针对雷达数字信号, 提出模糊分形滤波方法, 取得了较好的应用效果。

中图分类号: P 223 文献标识码: A

0 引言

随着数学和计算机技术的发展, 近些年来出现许多数字信号处理新方法, 并且有许多的新方法已经在计算机中得以实现。例如, 小波分析, 分形方法和人工神经网络等。这些新方法新技术的出现, 使的数字信号的进一步处理和进一步解释成为可能。本文应用模糊分形技术提高了雷达信号的信噪比, 对雷达信号的自动处理进行了尝试。取得了较理想的效果。

1 模糊分形滤波原理

首先介绍基于模糊参数控制的滤波器。

设 X_I 为雷达采样序列。

$$X_I = S_I + N_I$$

其中: S_I —有效信号;

N_I —噪声。

基于模糊控制的平滑方法为

$$Y^I = AX_I + (1 - \alpha) Y_{1-1}$$

其中: α 为模糊控制参数 $\alpha \in (0, 1]$。

模糊控制的输入与输出见图 1～3 图。当 α 较小时, 噪声虽然得到消除, 但是有效信号也受到损害; 当它较大时, 噪声残留的太多。所以模湖控制参数 α 保持恒定不利于噪声过滤。α 必须有自适应能力; 根据信号的自适应能力; 根据信号的特征动态决定其取值的大

收稿日期: 2001-03-20

作者简介: 史付生(1959-), 男, 河北邯郸人, 湖北理工学院资源与环境工程系讲师, 博士生。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http

小。下面将根据函数网络分形的方法, 应用短时分形维数为 α 的调整提供根据, 达到滤波的最佳效果

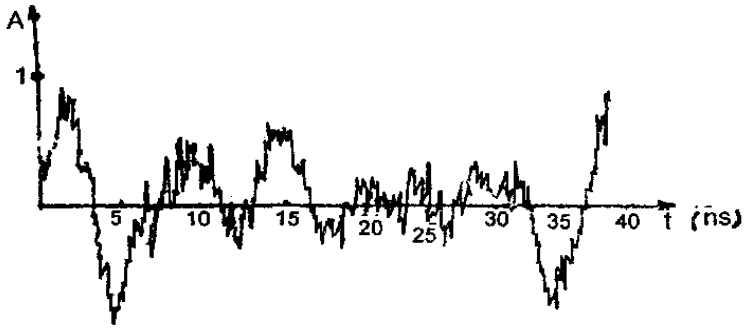


图 1　含有噪声的信号

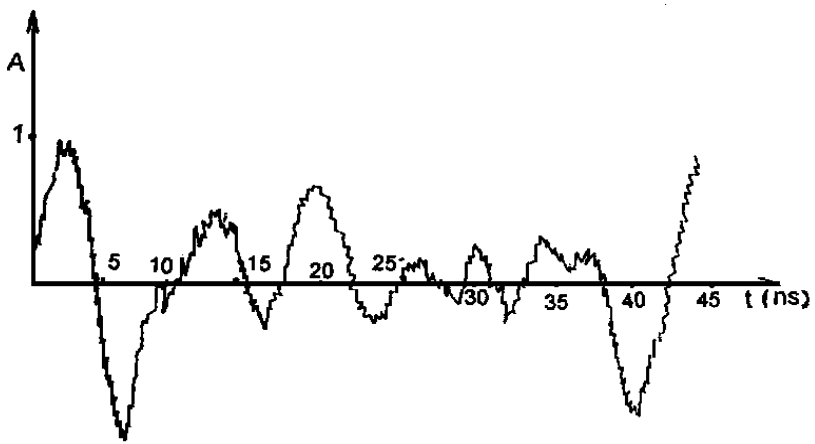


图 2　α 太小的滤波效果

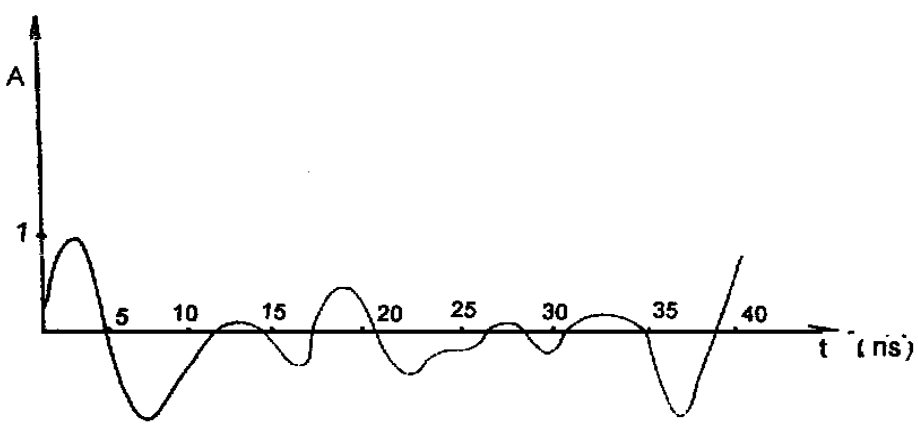


图 3　α 太大的滤波效果

对于上面的采样序列, 令

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　htt

$$D(\Delta) = \sum_{j=0}^{N-1} | X_J - X_{J+1} |$$

$$D(\Delta) = \sum_{j=0}^{\frac{N-1}{2}} \max\{x_{2j-1}, x_{2j}, x_{2j+1}\} - \min\{x_{2j-1}, x_{2j}, x_{2j+1}\}$$

以及:

$N(\Delta) = D(\Delta)/\Delta$

$N(2\Delta)/D(2\Delta)/(2\Delta)$

其中Δ 为采样间隔, $N(\Delta)$ 及 $N(2\Delta)$ 分别表示 Δ 用 Δ2 Δ 的正方形网格覆盖采样信号函数所需要的格子图(图 4) 。

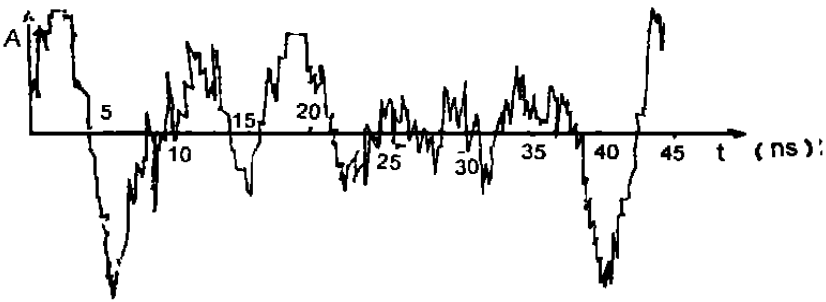


图 **4** 信号被正方形网格覆盖

由网格维数的定义, 信号的短时分形维数为:

$$d_f = \frac{\log N(\Delta) - \log N(2\Delta)}{\log 2} = 1 - \log_2 \frac{D(\Delta)}{D(2\Delta)}$$

当噪声较大时信号较为曲折, 响应的网格分形维数变大, 这时的 A 应较小; 而当噪声较小时, 信号较为光滑, 网格分形维数变小, 这时的 A 应较大。

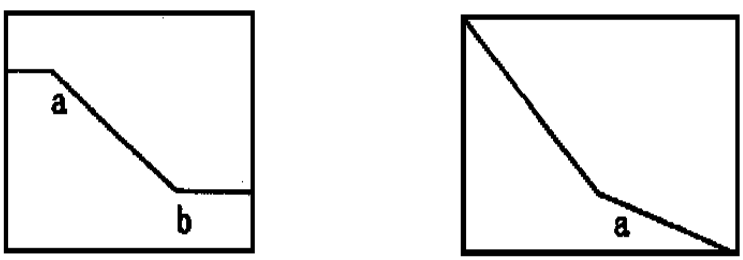


图 **5** 分段线形函数示意

下面的几种 A 和分形维数的关系可以供选择。

(1) $\alpha = 2 - 2DF - 1$

(2) $\alpha = DF(2 - DF)$

(3) $\alpha = 2 - DF$

(4) $\alpha = (2 - DF)2$

此外还可以采用分段线形函数如图 5 所示。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http

选取较为简单的线形关系如图 5 中的右面所示, 对上面的信号滤波, 得到的滤波结果如图 6 所示。

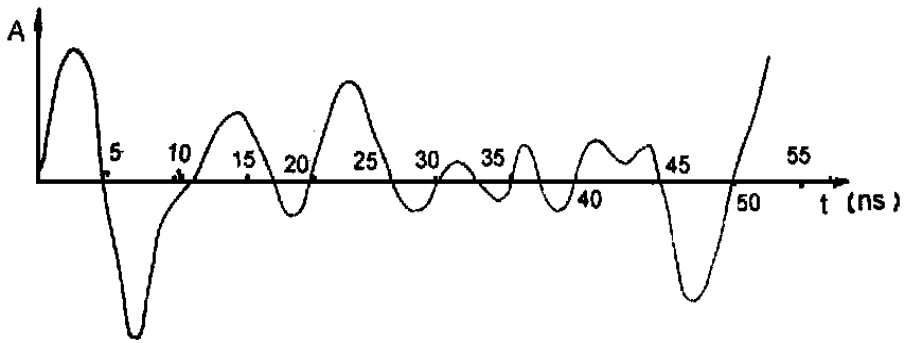


图 **6**　采用短时分形维数的模糊滤波

在应用短时分形维数的方法时, 需将每道的记录分为若干节, 如 64 个采样点或者 128 个采样点为一节, 在这一节内计算的短时分形维数, 根据前面介绍的几种方法来调整模糊控制参数 A , 然后计算下面的一节直到计算完成。

在雷达信号中应用上面的方法可以去除其中的高频干扰, 但实际如电缆, 电缆产生的磁场对雷达的影响是低频的, 这可以通过将滤波结果和原始记录相减的方法滤除其中的低频成分, 也可以从空间滤波滤掉它。

(2) 模糊分形滤波效果

(3) 模糊分形滤波在雷达数字信号处理的实际效果如图 7 和图 8 所示。

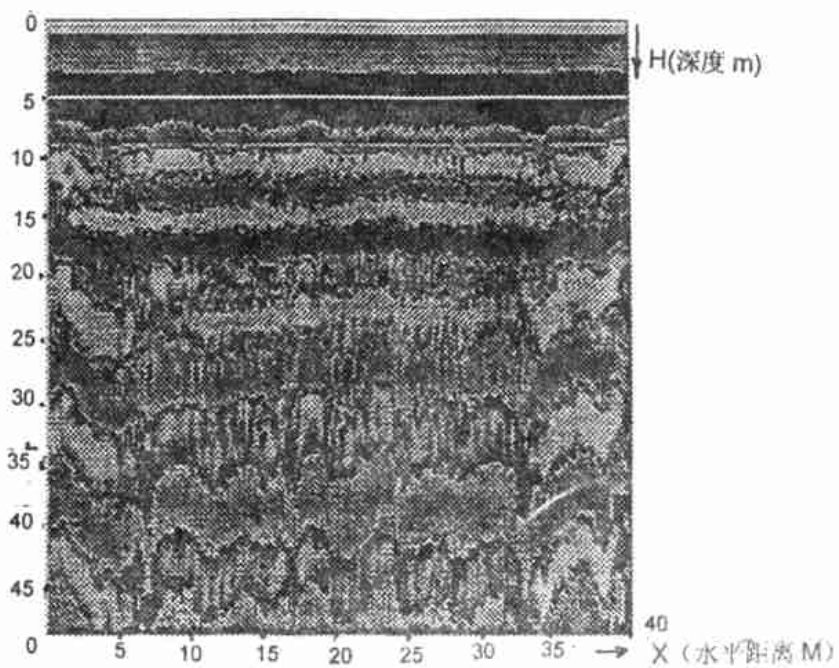


图 7　原始文件

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http

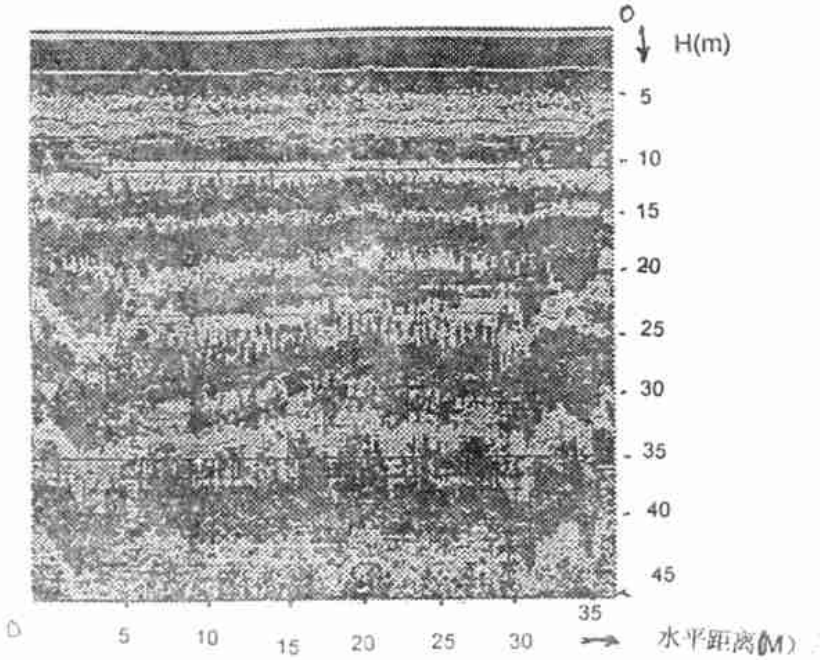


图 **8** 模糊分形滤波处理结果

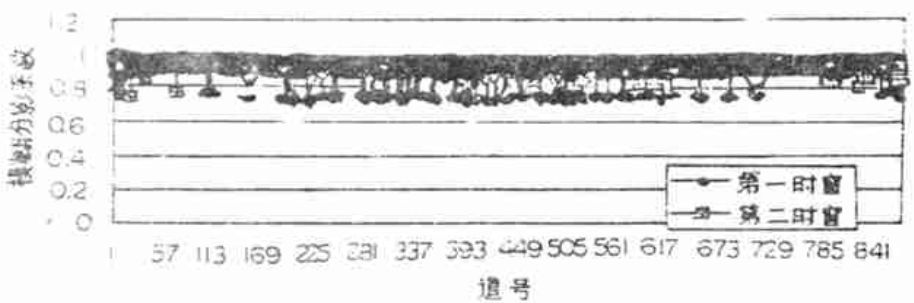


图 **9** 第一、第二时窗模糊分形系数

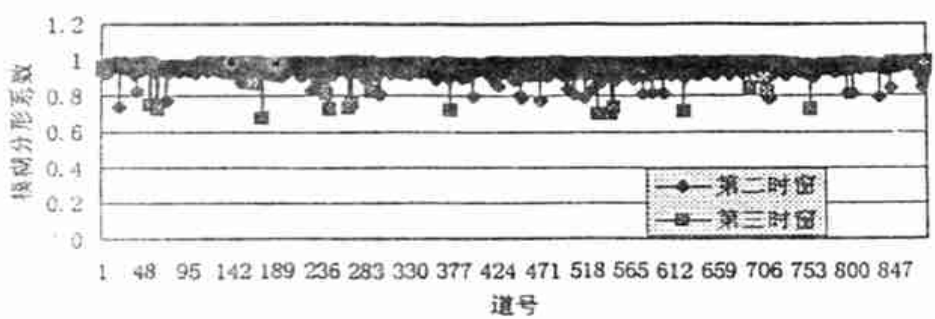


图 **10** 第二、第三时窗模糊分形系数

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. htt

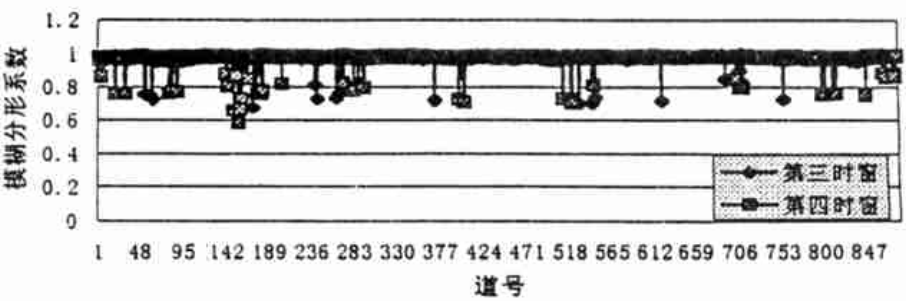


图 **11**　第三、第四时窗模糊分形系数

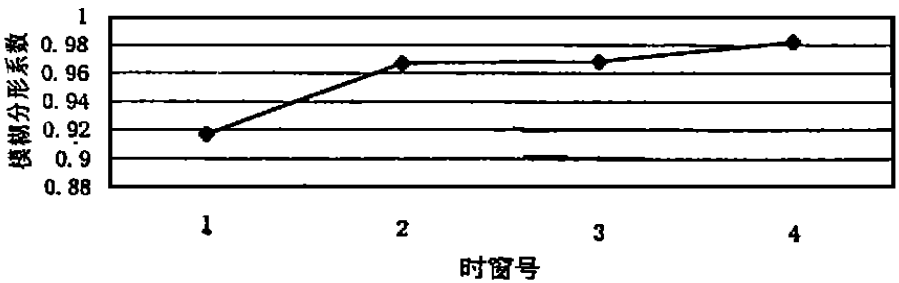


图 **12**　某道记录四个的模糊分形系数

从图 9 到图 12 可以看出随着时间的变大, 模糊分形系数也逐渐变大, 这说明随着时间变大信号较平坦, 即信号的高频在减少, 这与实际情况中高频信号随着深度的增加而减少的事实完全相符。

参考文献:

[1]　陆基孟 . 地震勘探原理[M]. 北京: 北京石油大学出版社, 1993.

[2]　李明祉 . 地震勘探资料数字处理 [M]. 北京: 北京中国矿业大学出版社, 1989.

[3]　铃木 . 地下雷达地层探测技术展望[J]. 左德译日本矿业会志, 1982.

[4]　刘天放, 李南蚺 . 矿井地球物理勘探[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1992.

[5]　吴敏金 . 分形信息导论[M]. 上海科学技术出版社, 1994.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　htt

An application of fuzzy fractal filtering in the ground penetrating radar signal processing

SHI Fu-sheng, SHUI Lan-su

(Department of Resources Engineering, Hebei Institute of Technology, Tangshan Hebei 063009, China)

Key words: ground penetration radar; signal processing; fuzzy fractal filtering

Abstract: The Ground Penetrating Radar, a recently developed high precision geophysical technology finds wide applications in engineering. However, the Ground Penetrating Radar signal processing is far from satisfactory. This paper, based on the research of the seismic surveying signal processing, presents the Fuzzy fractal filtering technology, which has brought about satisfying results.

(上接第 86 页)

The method and application of amend positive matrix in mutuals opposed and freguently appearing consistent

LIU Chun-feng, CHEN Li-fang

(Department of Mathematical, Hebei Institute of Technology, Tangshan Hebei 063009, China)

Key words: judge marix; amend repeatedly; consistent

Abstract: The article provides an amend method on improving correct percentage of judge matrix and complete the whole procedure with program. In applicaion of policy decision, it has an important value of theory and reality.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. htt