

单一分量。;9< 分解得到的内蕴模式函数分量 $C_j(t)$ 正好满足了单一分量的要求。对每一个内蕴模式函数分量 $C_j(t)$ 进行§ 3 变换, 可得到 $C_j(t)$ 的解析表达式为 $a_j(t) i^{-\omega_j(t) dt}$ 。最后得到 $X(t)$ 的解析表达式

$$X(t) = PR \sum_{j=1}^n a_j(t) i^{-\omega_j(t) dt} \quad ()$$

从式()可以看出, 每一个内蕴模式分量函数都可以是幅度或频率调制的, 这就已经打破了固定幅度与固定频率的傅立叶变换的限制, 并且它的分解基不是固定的, 而是随动态信号波形的变化而变化, 具有自调节自适应的特征, 因此局域波分析可以处理非平稳数据。同时式()可以把信号幅度在三维空间中表达成时间与瞬时频率的函数 $H(\omega, t)$, 被称为希尔伯特时频谱。

§ 3 §1 变换方法从根本上摆脱了傅立叶变换理论的束缚。但这种基于经验的新方法还处在发展阶段, 本文对局域波分析的特性方面做了进一步的研究工作。

3 § H Ô q 9 + ÿ

瞬时频率每天都能感受到, 如变化着的色彩、变化着的音调等。由 讨论得知, 对于实信号, 瞬时频率是实信号对应的解析信号相位的导数, 但存在自相矛盾^[1]: () 瞬时频率可能不是信号频谱中的频率之一; () 瞬时频率可能是负的; () 对于一个带限信号, 它的瞬时频率可能在频带之外。其原因大多数信号是由多个频率复合的。用局域波分析方法可解决上述矛盾。如对于一个三线性调频叠加信号

$$s(t) = \pi(\pi > t)t >, (\pi > t) >, (\pi > t)t \quad ()$$

原信号和用局域波分析分解得到的 个分量及一个趋势项如图 所示。图 是该信号的理论瞬时频率图。图 是局域波分析得到的各分量合成的瞬时频率图。图中瞬时频率的波动是吉布斯效应所致。

可以看出, 局域波分析可以正确反映出叠加信号中的各分量的瞬时频率, 解决了直接用实信号对应的解析信号相位的导数求瞬时频率存在的矛盾, 为复杂信号的瞬时频率分析提供了有效的工具。

4 H Ô s f + ÿ

4.1 H Ô s O q

以下是\$\$ 与小波时频分析比较的一个实例 图 是一

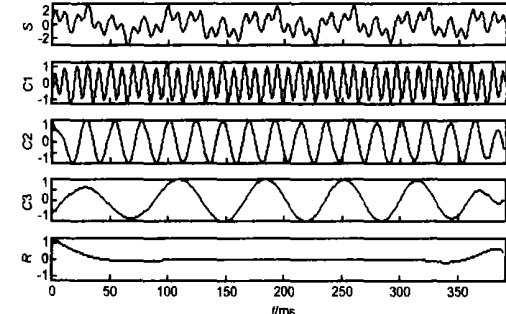


图1 原信号、3个分量及一个趋势项

个 \$B到 \$B跳变的正弦信号 图 是该信号用9 小波变换得到的时频图 图 是\$ 3 \$1 变换的时频图 比较图 和图 局域波分析时频图中高低频率段的瞬时频率的抖动范围基本不超过 \$B而小波分析时频图低频段的瞬时频率的抖动范围大于 \$B高频段的瞬时频率的抖动范围大于 \$B局域波分析的时频分辨率明显高于小波分析

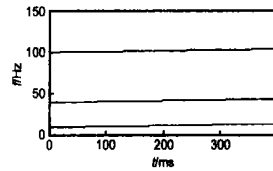


图2 理论上的信号瞬时频率图

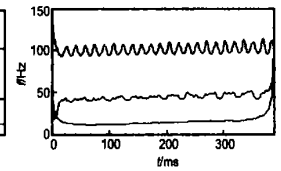


图3 3个分量的局域波瞬时频率图

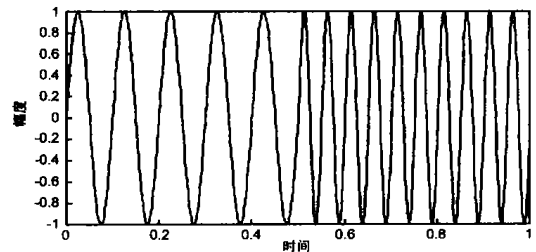


图4 原始跳变信号

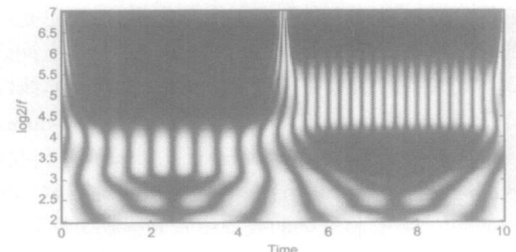


图5 小波分析时频图

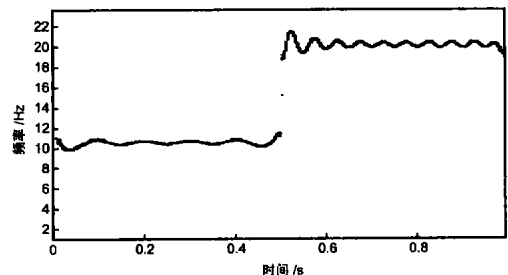


图6 局域波分析时频图

4.2 = T s f " ¥ p Ø i l

对于信号 $s = \pi(t) >, (\pi > t)$, 用小波分解得出的 个分量如图 所示。由于小波分解只强调了数学的正交性, 并未能将原始信号内蕴的 \$B和 \$B正弦信号分离。局域波分析给出的两分量 如图 所示 正是原信号中内蕴的 \$B和 \$B正弦信号 因此局域波分析的内蕴模式函数代表了原复杂信号的各个成份 具有明确的物理意义

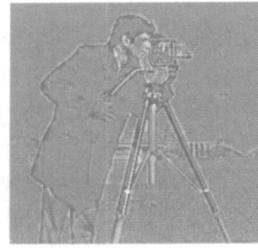
4.3 s • | i CE- Ä [

线性时频表示满足叠加原理 在处理多分量信号时 可以

先分解成单分量信号分别处理 然后再将结果叠加 二次型时频分布 如魏格纳分布 的情况与线性时频分布大不相同 因为二次型或双线性变换破坏了线性叠加原理 产生一定的交叉干扰项 目前已有多种抑制交叉干扰项的方法 但都以牺牲时频分辨率为代价 局域波分析是一种广义线性时频分析方法^{6 7} 比二次型时频分布的计算量要小得多 而且不存在交叉干扰项 可以快捷地给出有效的时频谱



(a) cman 原始图像



(b) HHT 分解出的 cman 图像细节



(c) HHT 分解出的 cman 图像轮廓

图 11 原图及 HHT 分解出的两个子图像分量分离 而且没有交叉干扰项

此外 局域波分析可自适应提取信号中的不平稳因素 即趋势项 比傅立叶分析频率分辨率高出两倍 有频率多分辨率特性 是处理非线性信号的一种自适应非线性滤波器^{6 7}

$$5 = \gg \times o s^3 + \ddot{Y}$$

一维局域波分析方法可扩展到二维图像的分解处理^{6 7} 图 是用二维局域波分析处理标准 ψ 图像的结果 图 a 是 ψ 的标准原始图像 图 b 、 c 是用二维局域波变换分解处理后得到的两幅子图像 图 b 包含原始图像中的细节部分 而图 c 则包含了原始图像中的轮廓部分 显示图像灰度被线性变换拉伸 与两幅原始图像比较可以发现 原图像中灰度变化缓慢的部分在细节图像中都变成了一种中间灰度 而原图像中灰度陡变的边缘和灰度陡变边缘包围的较小细节区域在细节图像中都被清晰地提取出来 轮廓图像 + 可被继续分解出细节和轮廓 该方法可以提取出清晰的图像细节 为图像的进一步处理打下了良好的基础

6 2 • Ô

本文较系统地研究了局域波自适应时频分析的诸多特性 通过典型的仿真实例 验证了所述特性 优于小波分析和魏格纳分布 进一步扩展到了二维图像分解 表明了这种方法的有效性 该方法为非平稳信号的分析提供了一条行之有效的新途径 具有深入的理论研究价值和应用价值

• I Ó D

6 7 \$1 ; #0 A0 * A8 0 / (+ / ' ' + / (, ' 0 0 3 ,(+ 1 / ,

% / , , %,6C7 D + 8 A + * ' E

6 7 \$1 ; 19 * * A8 + . ' + / . 0 / (+ / ' ' + / (, ' 0 3 ,(+ %, 6C7 D + ' , . 0 8 % A + % . * ' E

6 7 盖强 马孝江 张海勇 等 几种局域波分解方法的比较研究6C7 系统工程与电子技术 E

!" 9 4 # \$ \$ % ? / (, 1' % . ' + / (, / 0 ' , 1, + -) / 0 ' 6C7 A % / ; ' ; + + , E

6 7 盖强 马孝江 张海勇 等 几种局域波分解方法的比较研究6C7 系统工程与电子技术 E

!" 9 4 # \$ \$ % ? / (, 1' % . ' + / (, / 0 ' , 1, + -) / 0 ' 6C7 A % / ; ' ; + + , E

6 7 盖强 马孝江 张海勇 等 几种局域波分解方法的比较研究6C7 系统工程与电子技术 E

!" 9 4 # \$ \$ % ? / (, 1' % . ' + / (, / 0 ' , 1, + -) / 0 ' 6C7 A % / ; ' ; + + , E

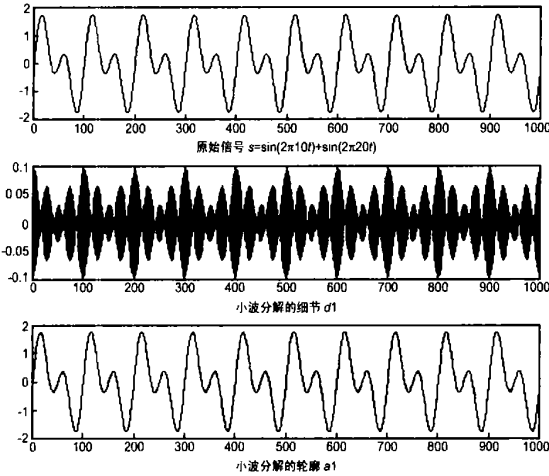


图 7 小波分析分解出的 2 个分量

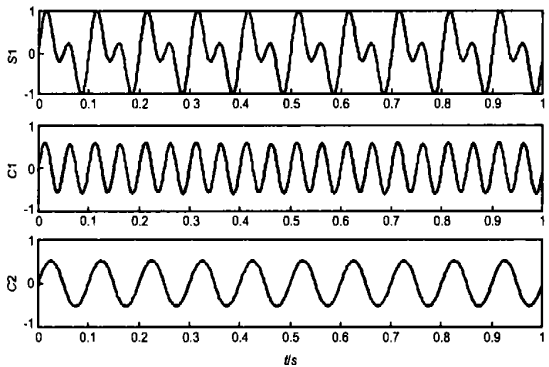


图 8 原信号和局域波分解出的 2 个分量

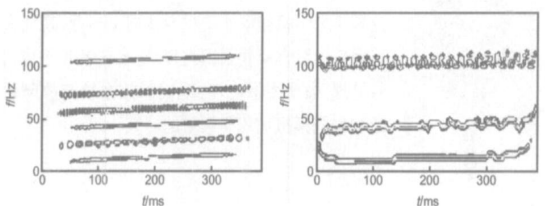


图 9 魏格纳分布时频谱

图 10 局域波时频谱

图 是用魏格纳分布求得的时频分布图 图中从上到下谱线一、四、六分别对应式 中三个分量的时频谱线 而谱线二、三、五为交叉干扰项 这些伪信息 给实际数据分析复杂信号带来了困难 而图 为式 所对应信号的局域波分析时频分布图 可见这种时频表示形式可以把三个分量信号很好地

