

强噪声干扰源下的多分量 LFM 信号检测方法

万 建¹, 国 强¹, 王宝林²

(1. 哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院, 150001 哈尔滨, wanjan@hrbeu.edu.cn;

2. 中航工业哈飞飞机设计研究所, 150060 哈尔滨)

摘 要: 提出了一种盲分离联合时频谱分析的多分量线性调频信号检测方法, 该方法采用先时域分离后时频分析的思想, 有效抑制了传统的基于 WVD 类方法检测多分量线性调频信号时受交叉项困扰的问题, 并且有效抑制了强噪声干扰源对传统的时频分析检测方法的影响. 仿真结果表明, 提出的方法与传统时频分析方法相比, 对多分量线性调频信号的分离及特征提取效果更好.

关键词: 盲分离; 线性调频; 多分量检测; 干扰源

中图分类号: TN911.23

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2011)11-0130-06

Multi-component LFM signal detection method overcoming the impact of strong noise interference source

WAN Jian¹, GUO Qiang¹, WANG Bao-lin²

(1. College of Information & Communication Engineering, Harbin Engineering University, 150001 Harbin, China,

wanjan@hrbeu.edu.cn; 2. AVIC Hafei Aircraft Design and Research Institute, 150060 Harbin, China)

Abstract: Based on the combination of blind source separation (BSS) and time-frequency spectrum analysis, a multi-component linear frequency modulation (LFM) signal detection method is proposed, and by adopting the concept of time-domain separation and time-frequency analysis, the method effectively suppresses the cross-term interference problem based on WVD detection method and prominently reduces the impacts of strong noise interference source on the traditional time-frequency analysis and detection method. The computer simulation results demonstrate that the proposed method for the multi-component LFM signal separation and feature extraction exceeds the traditional method of time-frequency analysis.

Key words: BSS; LFM; multi-component detection; interference source

雷达辐射源信号检测是电子情报侦察系统中的关键技术. 在现代电子战环境中, 信号密度越来越大, 导致雷达辐射源信号同时或相继到达接收机并重叠或交叠在一起, 形成多分量信号. 目前复杂环境下多分量雷达辐射源信号检测技术已成为电子侦察系统信号处理研究中的热点与难点.

多分量线性调频(LFM)是较为常见的多分量雷达辐射源信号形式. 目前, 针对这类信号, 无论是参数估计还是信号检测, 大部分都是基于时频分析和各类傅里叶变换的方法^[1-4]. 但是在强噪声干扰源存在的情况下, 传统方法往往很难有效的检测多分量信号, 甚至将信号与噪声误判^[5]. 本文提出一种盲分离联合时频谱分析的多分量线性调频信号检测方法, 将复数 FastICA 盲源分离技术与频谱密度二阶中心矩及 Wigner-Hough 变换(WHT)时频分析技术相结合, 对多分量信号中的各分量线性调频信号进行识别与参数估计. 该处理方法抑制了传统的基于 Wigner-Ville 分布(WVD)类方法检测多分量线性调频信号时的交叉项干扰问题^[5], 并且抑制了强噪声干扰源

收稿日期: 2011-06-22.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60872108); 中国博士后科学基金资助项目(20080430903, 200902411); 哈尔滨市科技攻关计划资助项目(2011AA2CG007-2) 哈尔滨市科技创新人才研究专项基金资助项目(2008RFQXG030, 2010RFQXG030); 黑龙江省博士后基金资助项目(LBH-Z08129); 中央高校基本科研专项基金资助项目(HEUCFZ1015).

作者简介: 万 建(1980—), 男, 博士, 讲师;
国 强(1972—), 男, 教授, 博士生导师.

对传统时频分析方法检测的影响.

1 多分量线性调频信号检测方法

1.1 总体思想

设多分量线性调频信号 $x(t)$ 模型如下:

$$x(t) = \sum_{i=0}^{k-1} A_i e^{j2\pi(f_i t + (\mu_i t^2/2))} + n(t). \tag{1}$$

式中: $-\Delta t/2 \leq t \leq \Delta t/2$; $A_i, f_i, \mu_i (i = 0, 1, \dots, k-1)$ 分别表示各分量辐射源信号的幅度、中心频率、调频斜率; $n(t)$ 为零均值、方差为 σ^2 的高斯白噪声.

本文提出的多分量线性调频信号检测方法总体分为以下几个环节:首先采用复数 FastICA 算法作为多分量 LFM 辐射源信号检测的预处理,将各分量辐射源信号及噪声干扰源信号进行时域分离;然后对分离信号进行频谱密度二阶中心矩特征分析;接着利用噪声带宽与各分量 LFM 信号带宽的差异进行信号与噪声的识别,进而将宽带噪声干扰源信号滤除;最后对经过复数 FastICA 时域分离后的各分量 LFM 信号进行 WHT 和参数估计. 信号分析流程如图 1 所示.

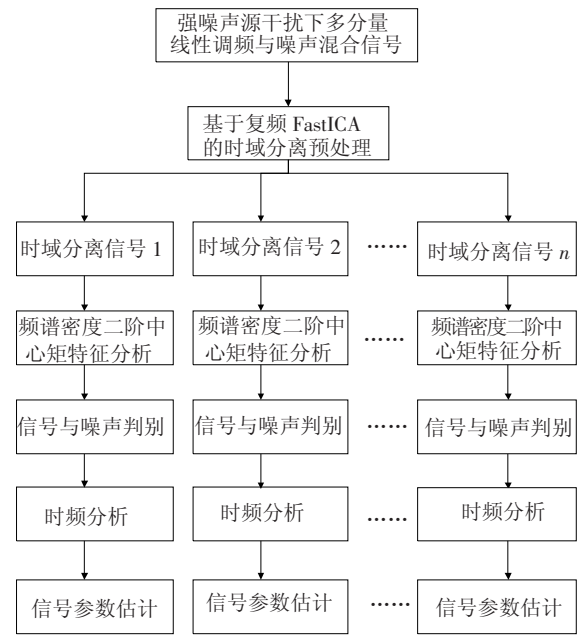


图 1 多分量线性调频信号分析流程

1.2 基于复数 FastICA 的时域分离预处理

本文采用多通道宽带接收体制对多分量雷达辐射源信号进行检测,假设电子侦察环境中雷达辐射源数 n 不大于多通道接收系统的观测信号 m (即 $m \geq n$)、各雷达辐射源相互统计独立、干扰源信号为高斯白噪声,采用盲信号处理技术中的复数 FastICA 算法,对上述多分量雷达信号进行时域分离预处理.

考虑到所观测的混合信号是各个源信号的瞬时线性混合,上述含噪声干扰源独立分量分析的线性模型可表示如下:

$$x_i(t) = \sum_{j=1}^n a_{ij} s_j(t), \quad (i = 1, 2, \dots, m). \tag{2}$$

式中 $s_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 为各分量信号 (其中包括 $n-1$ 路线性调频信号和 1 路噪声干扰源信号), $x_i (i = 1, 2, \dots, m)$ 为各接收通道的观测信号.

用复数信号矩阵形式来表示,即

$$\mathbf{X} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} \mathbf{S} \\ \mathbf{n} \end{bmatrix}. \tag{3}$$

式中 $\mathbf{S}$ 为 $n-1$ 个独立复数信号矢量 $\mathbf{S} = [s_1 \ s_2 \ \dots \ s_{n-1}]^T$; $\mathbf{n}$ 为零均值高斯白噪声干扰源信号; $\mathbf{X}$ 是 m 个观测随机复数信号矢量 $\mathbf{X} = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_m]^T$; $\mathbf{A}$ 是 $m \times n$ 维复数混合矩阵,并且 $\mathbf{A}$ 列满秩.

本文在进行时域盲分离预处理时,将噪声也看作源信号,对它与“真正的”源信号的混合信号进行盲分离处理. 基于复数 FastICA 的多分量 LFM 时域分离技术主要包括中心化、白化和独立分量提取 3 个步骤. 处理流程如图 2 所示.

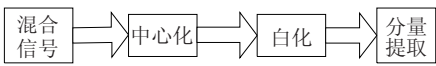


图 2 复数 FastICA 算法流程

首先,中心化就是为了去除由多分量 LFM 信号与噪声组成的观测信号 $\mathbf{X}$ 中的直流成分,从而得到新的观测矩阵 $\tilde{\mathbf{X}}$. 白化处理是利用 $\tilde{\mathbf{X}}$ 的协方差矩阵 $\mathbf{R}_{\tilde{\mathbf{X}}} = E\{\tilde{\mathbf{X}}\tilde{\mathbf{X}}^T\}$ 进行特征分解,获得协方差矩阵 $\mathbf{R}_{\tilde{\mathbf{X}}}$ 的特征矢量矩阵 $\mathbf{U}$ 和以特征值为对角元素的对角矩阵 $\mathbf{D}$,则观测数据的线性白化矩阵^[6]为

$$\mathbf{Q} = \mathbf{D}^{-1/2} \mathbf{U}^T. \tag{4}$$

将 $\tilde{\mathbf{X}}$ 左乘白化矩阵 $\mathbf{Q}$,得到零均值矢量 $\mathbf{X} = \mathbf{Q}\tilde{\mathbf{X}}$.

最后提取独立分量,采用峭度来衡量所分离信号的非高斯性^[7]. 对于 1 个复随机变量 y (这里 y 是经过白化预处理的,其实部、虚部不相关且方差相等),峭度定义如下:

$$\begin{aligned} kurt(y) &= E\{|y|^4\} - 2(E\{|y|^2\})^2 - \\ &\quad |E\{y^2\}|^2 = E\{|y|^4\} - 2. \end{aligned} \tag{5}$$

根据中心极限定理,如果得到的观测信号趋近于高斯变量,则其峭度值比源信号更接近零. 如果可以找到 1 个矩阵 $\mathbf{W}$,使得 $\mathbf{Y} = \mathbf{W}^H \mathbf{X}$ 的各个分量的峭度值距离零最远,那么就可以认为 $\mathbf{Y}$ 是对源信号 $\mathbf{S}$ 的估计.

对于式(5),通常选用合适的非线性函数 $G(y)$ 来代替 y 使得算法的鲁棒性更好^[7],则分离矩阵的期望函数为

$$J_G(W) = E\{G(|Y|^2)\} = E\{G(|W^H X|^2)\}. \quad (6)$$

本文选用的非线性函数 G 为

$$G(y) = \log(a + y). \quad (7)$$

这里取 $a \approx 0.1$.

复数信号的 FastICA 就是寻找函数 $E\{G(|W^H X|^2)\}$ 的极值(具体推导的细节参考文献[7]).假设寻找的分离矩阵为 W ,首先随机地选择1个初始分离向量 w ,则分离向量的固定点算法如下:

$$w^+ = E\{x(w^H x)^* g(|w^H x|^2)\} - E\{g(|w^H x|^2) + |w^H x|^2 g'(|w^H x|^2)\} w, \quad (8)$$

$$w_{\text{new}} = \frac{w^+}{\|w^+\|}. \quad (9)$$

式中:非线性函数 $g(y) = (a + y)^{-1}$ 是 $G(y)$ 的导数; w^+ 为算法迭代产生的新的分离向量; w_{new} 为 w^+ 的归一化表示.判断 w_{new} 是否收敛(收敛意味着新值 w_{new} 和旧值 w 指向同一方向,即它们的点积为常数).如果不收敛,则将式(9)中得到的 w_{new} 替代式(8)中的 w ,直至 w_{new} 收敛.当仅需要计算出1个独立分量时,则该分量就为 $W^H X$.当存在多个独立分量时,为了防止重复分离同1个信号,需要对产生的分离向量进行施密特正交判断.假设存在 p 个独立分量信号,通过上面的计算方法算出第1个独立分量的分离向量设其为 w ,在计算第 p 个分离向量时,对于每一次迭代运算产生的 w_{new} ,进行如下操作:

$$w_{p\text{new}} = w_p - \sum_{j=1}^{p-1} w_j w_j^H w_{p\text{new}}, \quad (10)$$

$$w_{p\text{new}} = \frac{w_{p\text{new}}}{\|w_{p\text{new}}\|}. \quad (11)$$

其中式(10)中 $w_j (j = 1, 2, \dots, p-1)$ 表示前 $p-1$ 个分离向量, $w_{p\text{new}}$ 表示第 p 个分离向量的新值.

最后判断 $w_{p\text{new}}$ 是否收敛.如果不收敛,则将式(11)中得到的 $w_{p\text{new}}$ 替代式(8)中的 w 和式(10)中的 w_p ,直至 $w_{p\text{new}}$ 收敛,从而获得第 p 个分离向量.为了同时估计所有的独立分量,也可以使用下式进行对称去相关^[7]:

$$W = W(W^H W)^{-1/2}. \quad (12)$$

其中 $W = [W_1 \ W_2 \ \dots \ W_n]$ 是矢量矩阵.

可以证明,在满足 $m \geq n$ 的条件下,能够找到1个线性变换矩阵 W ,使得观测信号 X 经过变换后得到的新信号矢量 Y 的各个分量之间尽可能的

独立,即

$$Y = W^H X. \quad (13)$$

式中 Y 就是时域分离矢量信号,即为源信号矢量 S 的估计值,从而完成将多分量 LFM 与噪声干扰源混合信号的时域分离过程.

1.3 频谱密度二阶中心矩的信号与噪声判别

在信号分析与处理中,信号的频率中心及频带宽度说明了信号在频域的中心位置以及在频域的扩展情况.对于经上述预处理得到的信号 $y(t)$,它是能量有限信号,其能量表示为

$$E = \|y(t)\|^2 = \int |y(t)|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int |Y(j\Omega)|^2 d\Omega < \infty. \quad (14)$$

式中: $\|\cdot\|$ 表示范数; $Y(j\Omega)$ 是 $y(t)$ 的傅里叶变换.这样,归一化函数 $|y(t)|^2/E$ 及 $|Y(j\Omega)|^2/E$ 可看作是信号 $y(t)$ 在时域和频域的密度函数.利用上述密度函数,引入概率中矩的概念可对信号 $y(t)$ 的特征进行描述.引入频域一阶矩可得到 $y(t)$ 的“频率均值”表示为

$$\mu(\Omega) = \frac{1}{2\pi E} \int \Omega |Y(j\Omega)|^2 d\Omega = \Omega_0. \quad (15)$$

式中 Ω_0 为信号 $y(t)$ 的频域中心.

信号的频率宽度反映了 $Y(j\Omega)$ 围绕 Ω_0 的扩展程度,由概率论的知识,频率宽度应被定义为密度函数的二阶中心矩^[3],即

$$\Delta_{\Omega}^2 = \frac{1}{2\pi E} \int_{-\infty}^{\infty} (\Omega - \Omega_0)^2 |Y(j\Omega)|^2 d\Omega = \frac{1}{2\pi E} \int_{-\infty}^{\infty} \Omega^2 |Y(j\Omega)|^2 d\Omega - \Omega_0^2. \quad (16)$$

上式为方差的标准定义.通常定义 $2\Delta_{\Omega}$ 为信号带宽 B .

由于电子侦察采用的是宽带接收体制,在强宽带噪声干扰源存在的情况下宽带接收机接收的多分量信号中宽带干扰源噪声的带宽要远大于各分量调频信号的带宽.基于此,本文通过计算各分离信号 $y_1, y_2, \dots, y_n$ 归一化频率密度函数的二阶中心矩,得到分离信号的频带宽度信息 B ,利用 B 值即可完成分离信号中噪声干扰源信号与各分量信号的判别.

1.4 基于 WHT 时频分析的线性调频信号识别与参数估计

通过上节的多分量 LFM 时域分离技术及基于频谱密度二阶中心矩的信号与噪声判别处理技术,可以得到分离后的各分量信号 $y_1(t), y_2(t), \dots, y_n(t)$,对这些时域分离信号 $y_i(t), (i = 1, 2, \dots, n)$

分别进行 WHT,可以对各分量线性调频信号进行识别与参数估计.

预处理后得到的时域分离信号 $y_i(t)$ 的 Wigner-Ville 分布为

$$W_{y_i}(t, f) = \int_{-\infty}^{\infty} y_i\left(t + \frac{\tau}{2}\right) y_i^*\left(t - \frac{\tau}{2}\right) e^{-j2\pi f \tau} d\tau. \quad (17)$$

式中 $i = 1, 2, \dots, n$.

将 Wigner-Ville 分布时频分析与基于 Hough 变换的图像检测技术相结合形成 Wigner-Hough 变换^[8-9],有限能量 LFM 解析信号 $y_i(t)$ 的 Wigner-Hough 变换表示为

$$WH_{y_i}(f, \mu) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} y_i\left(t + \frac{\tau}{2}\right) \times y_i^*\left(t - \frac{\tau}{2}\right) \exp[-j2\pi(f + \mu t)\tau] dt d\tau. \quad (18)$$

式中 f 为线性调频信号的初始频率, μ 为调频斜率.

若预处理后的时域分离信号 $y_i(t)$, ($i = 1, 2, \dots, n$) 是初始频率为 f_0 、调频斜率为 μ_0 的 LFM 信号,则在 WHT 平面的 (f_0, μ_0) 处积分值最大,并形成尖峰.通过求 (f, μ) 平面上最大峰值对应的坐标值即可得到 (f_0, μ_0) , Wigner-Hough 变换对单 LFM 信号具有良好的聚集性.

将式(18)转化为极坐标形式为

$$WH_{y_i}(f, g) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} y_i\left(t + \frac{\tau}{2}\right) \times y_i^*\left(t - \frac{\tau}{2}\right) \exp\left(-j2\pi \frac{1}{\sin \theta}(\rho - t \cos \theta)\tau\right) dt d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} W_{y_i}\left(t, \frac{1}{\sin \theta}(\rho - t \cos \theta)\right) dt. \quad (19)$$

其中 $\theta \in (0, \pi)$, 从式(19)可以看出, WHT 实质上是对信号的 WVD 时频面进行了线性积分, WHT 时频分析是对 Wigner-Ville 分布时频图进行 Hough 变换,如图 3 所示.

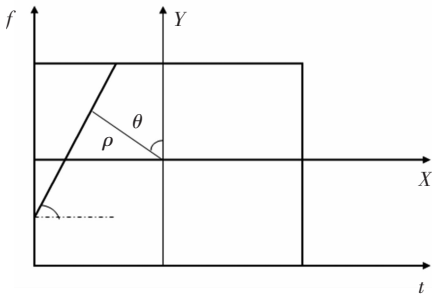


图 3 Hough 变换示意

频率单元长度为 L 的 Wigner-Ville 分布在时间轴上的时间分辨单位为 ΔT ,在频率轴上的频率分辨单元为 Δf ,且

$$\Delta f = \frac{1}{2L\Delta T}. \quad (20)$$

对于 LFM 信号,在二维极坐标 WHT 平面上也有一最大值,该最大值点出现在 (ρ_0, θ_0) 处.初始频率 f_0 和调频斜率 μ_0 与 (ρ_0, θ_0) 的关系可表示为^[10]

$$\mu_0 = \frac{K_f \Delta f}{K_t \Delta T} = \tan \theta_0 \frac{\Delta f}{\Delta T}, \quad (21)$$

$$f_0 = \left(\frac{L}{2} - \frac{N}{2} \tan \theta_0 + \frac{\rho_0}{\cos \theta_0}\right) \Delta f. \quad (22)$$

式中 N 为时间单元长度.可见,通过 WHT 平面中尖峰的位置,找到对应的参数,可以实现对线性调频信号的参数估计.

2 仿真实验

对本文方法进行仿真验证,并与传统的 WHT 方法比较.现选取一组三分量 LFM 与高斯白噪声干扰源混合信号,各分量信号参数设置为:

1) 信号 1. LFM 信号,起始频率为 10 MHz,调频带宽为 2 MHz,采样频率为 100 MHz,脉宽为 10 μ s,幅值系数为 1,采样点数 $N = 1\,000$;

2) 信号 2. LFM 信号,起始频率为 20 MHz,调频带宽为 3 MHz,采样频率为 100 MHz,脉宽为 10 μ s,幅值系数为 0.5,采样点数 $N = 1\,000$;

3) 信号 3. 干扰源信号,为高斯白噪声.

其中,弱分量 LFM 信号 2 与高斯白噪声干扰源的信干比为 -15 dB.首先,采用复数 FastICA 算法对信号进行时域分离,仿真结果如图 4 所示.

由图 4 可以看出,可以通过复数 FastICA 算法很好地将各分量信号及噪声干扰源信号分离.

由于盲分离处理输出信号次序的不确定性,分离后哪路是 LFM 信号,哪路是干扰源噪声无法区分.因此采用基于频谱密度二阶中心矩的信号与噪声判别处理方法进行 LFM 信号与噪声的判别,分别得到各分量信号的归一化带宽信息 B : $B_1 = 0.035\,7$ 、 $B_2 = 0.052\,4$ 、 $B_3 = 0.996\,6$,显然,宽带噪声干扰源的 B 明显大于 LFM 信号的,因此可通过 B 值的比较对宽带噪声干扰源进行判别并将其滤除.

然后,对时域分离后的各分量信号进行 WHT 时频分析,结果如图 5 所示.图 6 为传统 WHT 方法对多分量 LFM 与干扰源噪声混合信号进行时频处理的效果图.

对比图 5 和图 6 可以看出,在噪声干扰源存在情况下,利用传统 WHT 方法检测多分量 LFM 信号已经失效,信号已被噪声所淹没,很容易造成信号与噪声的误判.而本文的方法先经过复数 FastICA 算法进行时域分离及信号与噪声的判别,

再进行 WHT 分析,一方面减小了噪声对信号能量分布图的影响,另一方面也有效了抑制 WVD 类多分量信号时频检测时的交叉项干扰,这对信号检测和参数估计是十分有利的.

最后,对上述分离的 LFM 信号进行参数估计,通过 100 次 Monte Carlo 实验的估计结果,与基于传统 WHT 方法的结果进行比较,如表 1 所示.可见,在噪声干扰源存在情况下,本文方法能

对信号的参数进行正确的估计,第 1 个信号初始频率 f_{10} 的相对估计误差为 1.096%,调频斜率 μ_{10} 的相对估计误差为 6.438%,第 2 个信号初始频率 f_{20} 的相对估计误差为 0.01%,调频斜率 μ_{20} 的相对估计误差为 4.147%.由于在传统的 WHT 时频分布图中信号已完全被干扰源噪声淹没,因此已不能对信号参数进行正确估计.

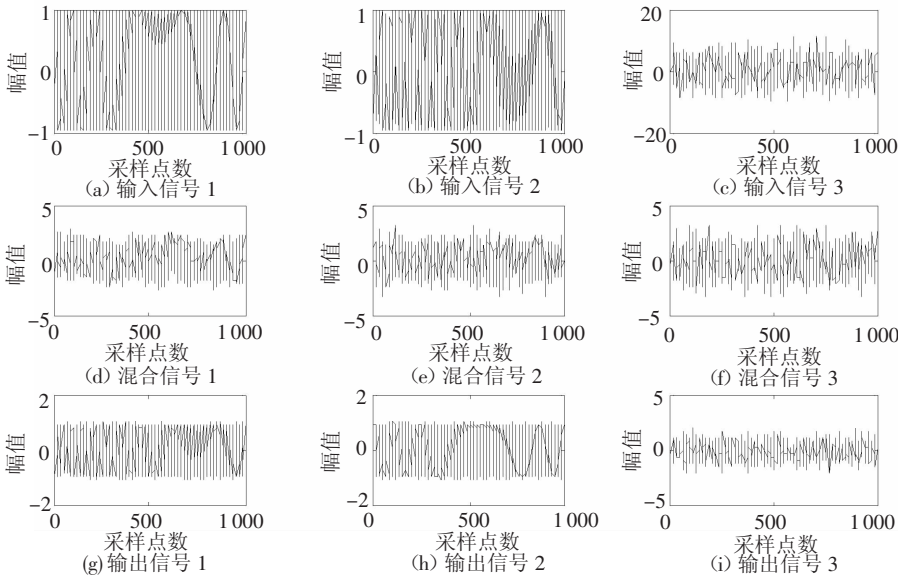


图 4 多分量 LFM 与干扰源噪声混合信号经复数 FastICA 分离后的结果(取信号的实部显示)

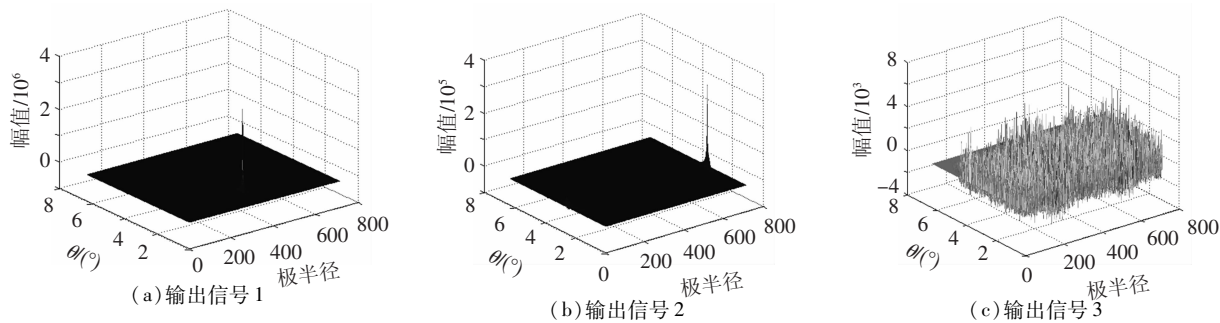


图 5 用基于复数 FastICA&WHT 处理上述信号的效果图(采样点数为 1 000,信干比为 -15 dB)

表 1 本文方法与传统方法参数估计结果的比较(信干比为 -15 dB)

方法	信号 1		信号 2	
	f_{10}/MHz	μ_{10}	f_{20}/MHz	μ_{20}
真实值	10.000 0	$2.000\ 00\times10^{11}$	20.000	$3.000\ 0\times10^{11}$
本文方法	10.109 6	$1.871\ 24\times10^{11}$	19.998	$3.124\ 4\times10^{11}$
传统方法(WHT)	56.833 0	$-5.670\ 80\times10^{12}$	66.235	$-1.195\ 2\times10^{13}$

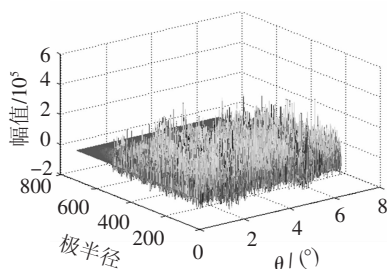


图 6 传统 WHT 方法的仿真结果(信干比为 -15 dB)

3 结 论

在噪声干扰源存在情况下,运用本文方法先对多分量 LFM 辐射源信号进行时域分离,然后通过基于频谱密度二阶中心矩处理方法进行 LFM 信号与干扰源噪声的判别,最后对各分量 LFM 信号进行 WHT 的信号分析.新方法在检测多分量 LFM 信号时能够较好地解决基于 WVD 类方法的交叉项干扰问题,并且有效抑制了强噪声干扰源对传统的时频分析检测方法的影响.通过仿真实验与传统 WHT 检测方法进行了比较,验证了本文提出方法的有效性.

参考文献:

[1] LIU Feng, SUN Dapeng, HUANG Yu, *et al.* Multi-component LFM signal feature extraction based on improved Wigner-Hough transform [C]//Proceeding of the 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Dalian:[s. n.], 2008:1-4.

[2] ASHOK N V, PRABHU K M M. The fractional fourier transform: theory, implementation and error analysis[J]. Elsevier Micorprocessors and Microsystems, 2003,27(10): 511-521.

[3] AUGER F, FLANDRIN P. Time-Frequency Toolbox for Use with MATLAB [EB/OL]. <http://gdr-isis.org/Applications/tftb/iutsn.univ-nantes.fr/auger/tftb.html>, 1995.

[4] XIA X G. Discrete Chirp-Fourier transform and its application to chirp rate estimation[J]. IEEE Transaction on Signal Processing, 2000,48(11):3122-3133.

[5] 谢艾彤. 低信噪比信号的检测与参数估计方法研究[D]. 成都:电子科技大学,2007.

[6] COMON P. Independent component analysis, a new concept? [J]. Signal Processing, 1994,36(3):287-314.

[7] ELLA B, AAPO H. A fast fixed-point algorithm for independent component analysis of complex valued signals [J]. International Journal of Neural Systems, 2000,10(1):1-8.

[8] 刘建成,王雪松,刘忠,等. 基于 Wigner-Hough 变换的 LFM 信号检测性能分析[J]. 电子学报,2007,35(6):1212-1217.

[9] 袁俊泉,孙敏琪,孙晓昶. 基于 Wigner Hough 变换的 LFM 信号参数估计方法[J]. 航天电子对抗,2004,6:20-23.

[10] 刘建成,王雪松,肖顺平,等. 基于 Wigner-Hough 变换的径向加速度估计[J]. 电子学报,2005,33(12):2235-2238.

(编辑 张 宏)

(上接第 129 页)

6 结 论

1)实时准确摸清了粮食生产与市场价格行情,为政策调整积累了第一手资料;系统使得基层政府可以准确掌握夏粮收购进度,摸清各收购主体的收购情况、粮食大户交易情况及价格走势等信息.

2)创新了行政管理方式,丰富了基层政府为农民服务的手段;为粮食行政管理部门从源头管理粮食经纪人创造了条件,实现了对粮食经纪人的规范和培育,建立粮食经纪人档案^[8].

3)为调整粮食生产结构,发展高效优质农业,提供服务平台;指导粮食行政主管部门及时调整市场政策,体现优质优价、多卖多得的信息,引导种粮农民优化粮食生产结构,发展高效优质农业.

参考文献:

[1] 聂振邦. 加强粮食宏观调控确保国家粮食安全[J].

中国粮食经济,2008(6):26-28.

[2] 李克强. 全国粮食清仓查库工作动员电视电话会议 [EB/OL]. [2009-03-25]. <http://www.gov.cn/wszb/zhibo316/wzsl.htm>.

[3] 肖凤南. 市场化条件下粮食流通管理现状与对策研究[D]. 长沙:中南大学,2010.

[4] 戴思锐. 粮食生产直接补贴研究[D]. 重庆:西南大学,2009.

[5] 罗守全. 中国粮食流通政策问题研究[D]. 北京:首都经济贸易大学,2005.

[6] 催源潮. 加强农产品收购企业增值税征收管理的探讨[J]. 税务研究,2006(12):76-79.

[7] 胡非凡,吴志华,胡学君. 农户结算卡是粮食小生产与大市场对接手段——基于江苏省常州市奔牛镇的调研[J]. 现代经济探讨,2010(12):58-62.

[8] 胡瑞清. 粮食收购经纪人行为分析及思考[J]. 江苏粮食研究,2011(1):44-46.

(编辑 张 红)