

基于独立分量分析的多源冲击定位方法

苏永振, 袁慎芳

(南京航空航天大学 智能材料与结构航空科技重点实验室, 南京 210016)

摘要: 结构健康监测中常用声发射信号进行声发射源的定位及特征描述。多个冲击事件发生时, 声发射信号是多个信号的混叠, 而且混合方式未知, 这使利用声发射信号对冲击源进行定位变得非常困难。而近年来兴起的基于独立分量分析的盲源分离技术为解决这一难题提供了可能。采用基于信息极大化原理的反馈网络结构对同时作用在铝梁上的两个冲击事件产生的声发射混合信号进行分离, 估计出各个源信号到达传感器的时延后, 运用两点直线定位公式对两个冲击源进行定位。混合仿真实验验证了基于信息极大化原理的独立分量分析方法估计时延的有效性, 铝梁上的两源冲击实验, 进一步表明运用独立分量分析方法能较好的解决多冲击源定位问题。

关键词: 盲源分离; 独立分量分析; 时延; 冲击定位

中图分类号: TB52; TG115.28 **文献标识码:** A

航空材料结构在服役过程中不可避免的要承受具有不同能量的各种物体的冲击, 由冲击所诱导的损伤, 使结构承载能力大大降低、结构强度及稳定性严重退化^[1]。因此, 很有必要利用结构健康监测技术^[2]对冲击事件进行实时监测。目前对冲击定位的研究多是以单个冲击源为研究对象, 常通过求解由冲击产生的声发射信号到达不同传感器的时延进行定位。在对多个冲击源进行定位时, 一些常规的求解时延方法^[3]如互相关函数法、能量法、阈值法等不再有效。因为在多个冲击源的情况下, 声发射信号是多个源信号的混叠, 上述方法只能求解出一个时延, 因此无法实现多个冲击源的定位。近年来兴起的基于独立分量分析(ICA)的盲源分离(BSS)技术为这一问题的解决提供了有效途径。盲源信号分离是指在不知道源信号和混合参数的情况下, 仅根据源信号的一些统计特性和有限的观测数据恢复出源信号。盲源信号分离技术在通信、生物医学信号处理、语音信号处理、阵列信号处理等获得了广泛的应用。

BSS 根据混合方式可分为瞬时混合和卷积混合, 瞬时混合模型常假定信号源是同时混合的, 不能容忍时延, 而实际上混合源中有到达时间的区别。传感器测得的由冲击产生的声发射信号是结构的脉冲响应函数与源信号的卷积, 而且由于传播介质的影响(时延和反射等), 信号是多路径到达的, 因此本文采用卷积混合模型模拟两个冲击源信号的混合过程。BSS 的卷积混合模型为: $x = A * s$, 其中“*”代表卷积, x 为 t 时刻

M 维的观测信号向量, s 为 t 时刻的 N 维源信号向量, A 为 $M \times N$ 维的 FIR 混合滤波器矩阵。解混目标是寻找一逆 FIR 滤波器矩阵 W 使得解卷积后的输出 $y = W * s$ 是源信号 s 的估计。

本文以同时作用在铝梁上的两个冲击源的定位问题为例, 研究基于 BSS 技术的多源冲击定位问题。根据 BSS 的卷积混合模型, 采用基于信息最大化原理的反馈分离网络结构, 对两个冲击源的混叠信号进行分离, 求出各个冲击源到达传感器的时延, 再根据波速, 利用两点直线法实现两个冲击源的定位。

1 Infomax 方法

1988 年 Linskers^[4]提出了可用非线性单元来处理任意分布的输入信号的信息最大化(Infomax)原理, 它可描述为: 网络的输入端和输出端的互信息达到最大时, 等价于输出端各分量间的相关性最小。1995 年, A. J. Bell 和 T. J. Sejnowski^[5]提出了基于信息最大化(Infomax)原理的盲源分离算法。Infomax 算法的独立性判据为信息极大传输准则, 即通过对分离矩阵的调整, 使非线性输出 y 和网络输入 x 之间的互信息 $I(y, x)$ 极大。由信息论可知:

$$I(y, x) = H(y) - H(y|x) \quad (1)$$

由于 $H(y|x)$ 不依赖于分离矩阵 W , 可以看出, 通过最大化输出信号的联合熵, 就可实现输入输出之间的互信息最大。输出信号的联合熵为:

$$H(y) = -E[\log(f_y(y))] \quad (2)$$

$f_y(y)$ 为非线性输出 y 的概率密度函数, 设输入经过非线性函数 $g(x)$ 得到 y , 当 $g(x)$ 为单调上升或下降时, 输出输入概率密度函数之间的关系则可以写为:

$$f_y(y) = f_x(x)/\det(J) \quad (3)$$

$\det(J)$ 为网络的雅克比行列式, $f_x(x)$ 为输入信号的概

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)(2007AA03Z117); 国家自然科学基金项目(60772072)

收稿日期: 2008-07-28 修改稿收到日期: 2008-08-06

第一作者 苏永振 男, 博士生, 1980 年生

通讯作者 袁慎芳 女, 博士, 1968 年生

率密度函数。将式(3)带入式(2)可得：

$$H(y) = E[\text{ln det}(J)] - E[\text{ln } f_i(x)] \quad (4)$$

由上式可知权值仅影响上式右边的第一项。因此，最大化输出信息熵就等价于最大化 $E[\text{ln det}(J)]$ 。采用

S型函数 $g(y) = \frac{1}{1 + e^{-y}}$ 近似输出概率密度函数，就可以得到下面的随机梯度迭代算法：

$$\Delta W \propto (1 - 2y(t))x(t)^T + [W^T]^{-1} \quad (5)$$

2 分离卷积混合的网络结构

本文以两个源信号的混合为例说明基于信息最大化原理的分离网络结构，根据其结构原理很容易推广到多个源信号的情况。无噪声（在实际中噪声可假设为一个冲击源）的卷积混合模型在 z 变换域可写为：

$$\begin{bmatrix} X_1(z) \\ X_2(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1(z) \\ S_2(z) \end{bmatrix} \quad (6)$$

2.1 前向分离网络结构

根据混合模型(6)直接求解源 S 可得：

$$\begin{aligned} S_1(z) &= (A_{22}(Z)X_1(z) - A_{12}(Z)X_2(z))/G(z) \\ S_2(z) &= (-A_{21}(Z)X_1(z) + \\ &A_{11}(Z)X_2(z))/G(z) \end{aligned} \quad (7)$$

其中：

$$G(z) = A_{11}(z)A_{22}(z) - A_{12}(z)A_{21}(z)$$

可以看出这表示一个用于分离的前向结构，如图1所示，能理想实现时的解混滤波器为：

$$\begin{aligned} W_{11}(z) &= A_{22}(z)/G(z), \\ W_{12}(z) &= -A_{12}(z)/G(z) \\ W_{22}(z) &= A_{11}(z)/G(z), \\ W_{21}(z) &= -A_{21}(z)/G(z) \end{aligned} \quad (8)$$

式(8)分离解法的要求是 $G(z) \neq 0$ 和 $G(z)$ 存在稳定的逆滤波器，在实际情况下，对于某些滤波器并不能实现分离，可采用反馈分离网络结构实现分离。

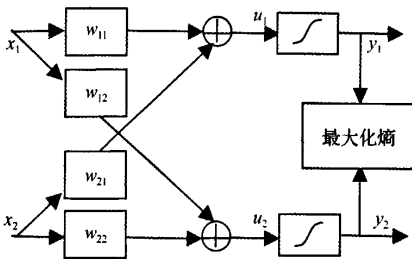


图1 前向分离网络结构

2.2 反馈分离网络结构

反馈分离网络结构的原理如图2所示，其经过非线性之前的输出-输入在 z 变换域的关系式为：

$$\begin{aligned} U_1(z) &= W_{11}(z)X_1(z) + W_{12}(z)U_2(z) \\ U_2(z) &= W_{22}(z)X_2(z) + W_{21}(z)U_1(z) \end{aligned} \quad (9)$$

万方数据

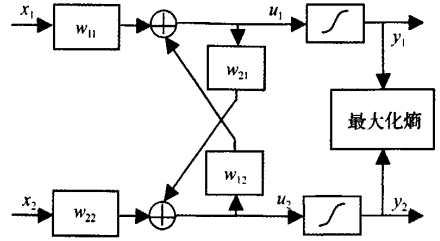


图2 反馈分离网络结构

经整理可写为下式的矩阵形式：

$$\begin{bmatrix} X_1(z) \\ X_2(z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(z)^{-1} & W_{12}(z)W_{11}(z)^{-1} \\ -W_{21}(z)W_{22}(z)^{-1} & W_{22}(z)^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1(z) \\ U_2(z) \end{bmatrix} \quad (10)$$

由式(6)和式(10)可以得到理想的分离结果：

$$\begin{aligned} W_{11}(z) &= A_{11}(z)^{-1} \\ W_{12}(z) &= -A_{12}(z)A_{11}(z)^{-1} \\ W_{22}(z) &= A_{22}(z)^{-1} \\ W_{21}(z) &= -A_{21}(z)A_{22}(z)^{-1} \end{aligned} \quad (11)$$

最大化信息熵时， W_{11} 和 W_{22} 对混合信号进行分离的同时，在时域内对源信号还有白化作用，可通过令 $W_{11}(z) = 1$ 和 $W_{22}(z) = 1$ 避免白化的影响。则由式(9)可得：

$$\begin{bmatrix} X_1(Z) \\ X_2(Z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -W_{12} \\ -W_{21} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1(Z) \\ U_2(Z) \end{bmatrix} \quad (12)$$

由式(5)经变换可得到下式：

$$\begin{bmatrix} X_1(Z) \\ X_2(Z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & A_{12}(Z)A_{22}(Z)^{-1} \\ A_{21}(Z)A_{11}(Z)^{-1} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_{11}(Z)S_1(Z) \\ A_{22}(Z)S_2(Z) \end{bmatrix} \quad (13)$$

比较式(12)和式(13)可得到：

$$\begin{aligned} W_{12}(z) &= -A_{12}(z)A_{22}(z)^{-1} \\ W_{21}(z) &= -A_{21}(z)A_{11}(z)^{-1} \end{aligned} \quad (14)$$

此时的分离结果为：

$$U_1(z) = A_{11}(z)S_1(z), \quad U_2(z) = A_{22}(z)S_2(z)$$

3 基于随机梯度的反馈分离网络结构迭代算法

由上述分析可知，采用基于信息最大化原理的反馈分离网络结构可实现卷积混合信号的分离。下面推导其时域内基于随机梯度的迭代算法，由反馈分离网络结构的原理图2可以得到下式：

$$\begin{aligned} u_1(t) &= \sum_{k=0}^{L_{11}} w_{1k1}x_1(t-k) + \sum_{k=0}^{L_{12}} w_{1k2}u_2(t-k) \\ u_2(t) &= \sum_{k=0}^{L_{22}} w_{2k2}x_2(t-k) + \end{aligned}$$

$$\sum_{k=0}^{L_{21}} w_{2k1} u_1(t-k) \quad (15)$$

取非线性函数 $g(u) = \frac{1}{1+e^{-u}}$, 则可得到整个网络的雅可比行列式:

$$\det(J) = \frac{\partial y_1}{\partial x_1} \frac{\partial y_2}{\partial x_2} - \frac{\partial y_1}{\partial x_2} \frac{\partial y_2}{\partial x_1} = y'_1 y'_2 D \quad (16)$$

则:

$$\ln \det(J) = \ln(y'_1) + \ln(y'_2) + \ln D \quad (17)$$

其中:

$$y'_1 = \frac{\partial y_1}{\partial u_1}, \quad y'_2 = \frac{\partial y_2}{\partial u_2}, \quad D = w_{101} w_{202}$$

解混滤波器的系数可分为直接滤波器的零延迟系数 w_{0i} 、直接滤波器的其它系数 w_{ik} 及正交滤波器系数 w_{ij} 。下面以 w_{101} 为例推导其随机梯度迭代算法。

$$\Delta w \propto \frac{\partial \ln \det(J)}{\partial w_{101}} = \frac{1}{y'_1} \frac{\partial y'_1}{\partial w_{101}} + \frac{1}{y'_2} \frac{\partial y'_2}{\partial w_{101}} + \frac{1}{D} \frac{\partial D}{\partial w_{101}} \quad (18)$$

$$\frac{\partial y'_1}{\partial w_{101}} = \frac{\partial y'_1}{\partial y_1} \frac{\partial y_1}{\partial u_1} \frac{\partial u_1}{\partial w_{101}} = (1 - 2y_1) y'_1 x_1$$

$$\frac{\partial y'_2}{\partial w_{101}} = \frac{\partial y'_2}{\partial y_2} \frac{\partial y_2}{\partial u_2} \frac{\partial u_2}{\partial w_{101}} = 0$$

$$\frac{\partial D}{\partial w_{101}} = w_{202} \quad (19)$$

将式(18)带入式(17)可得:

$$\Delta w_{101} \propto (1 - 2y_1) x_1 + \frac{1}{w_{101}} \quad (20)$$

经过类似推导可得到各滤波器权重的迭代公式:

$$\begin{cases} \Delta w_{0i} \propto (1 - 2y_i) x_i + 1/w_{0i} \\ \Delta w_{ik} \propto (1 - 2y_i) x_i(t-k) \\ \Delta w_{ij} \propto (1 - 2y_i) u_j(t-k) \end{cases} \quad (21)$$

对滤波器系数 w_{ik} , i 代表传感器序号, k 代表时刻, j 代表源序号(后面书写中省略了 k , 缩写为 w_{ij})。

对于时域混合矩阵 A , 其每个元素都是一组 FIR 滤波器, a_{11} 和 a_{22} 为直接滤波器, a_{12} 和 a_{21} 为正交滤波器, 其第一个下标表示传感器序号, 第二个下标表示源信号序号, 可以看出一个信号源到达两个传感器的时延就是其直接滤波器和正交滤波器幅值最大处对应的时延。由式(12)可知, 直接滤波器系数 w_{11} 和 w_{22} 均简化为修正的标量比例系数, 相当于直接滤波器的下标 j 所代表的源到其最近的传感位置没有时延, 所以正交滤波器系数 w_{21} 和 w_{12} 的最大峰值处的点数即分别为源 1 和 2 到达两个传感器的时延点数。根据采样频率可以计算出各自的延迟时间, 再根据波速, 运用两点直线法就可以分别求出两个冲击源的位置, 实现两个冲击源的定位。

万方数据

4 实验验证

4.1 模拟验证

为验证算法的有效性, 将两个单独冲击事件产生的声发射信号按照两种不同的混合矩阵卷积混合, 进行模拟验证。两个声发射信号源如图(3)所示。为了方便观察和核实结果的正确性, 分别用式(22)和式(23)中的滤波器进行混合。

$$A_{11}(z) = 1 - 0.4z^{-25} + 0.25z^{-45} \quad (22)$$

$$A_{12}(z) = 0.4z^{-20} - 0.2z^{-28} + 0.1z^{-36}$$

$$A_{21}(z) = 0.5z^{-10} + 0.3z^{-22} + 0.1z^{-31}$$

$$A_{22}(z) = 1 - 0.3z^{-20} + 0.2z^{-38}$$

$$A_{11}(z) = 0.2z^{-2} + 0.6z^{-5} - 0.4z^{-25} + 0.2z^{-45}$$

$$A_{12}(z) = 0.4z^{-20} - 0.9z^{-28} + 0.1z^{-36} \quad (23)$$

$$A_{21}(z) = 0.5z^{-10} + 0.8z^{-22} + 0.2z^{-31}$$

$$A_{22}(z) = 0.2z^{-2} + 0.6z^{-5} - 0.3z^{-20} + 0.2z^{-38}$$

为了避免时间白化的影响, 把 w_{11} 和 w_{22} 简化为修正的标量比例系数, 取滤波器长度均为 100 个点, 采用前文所述算法得到的分离滤波器系数 w_{12} 和 w_{21} 分别如图(4)和(5)所示。

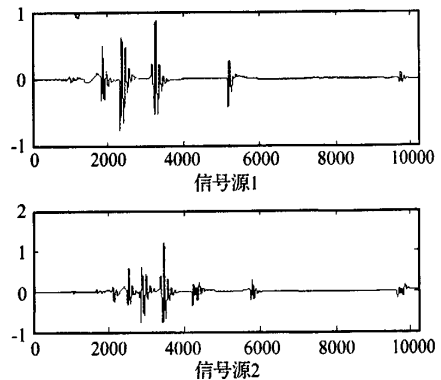


图3 两个独立的源信号

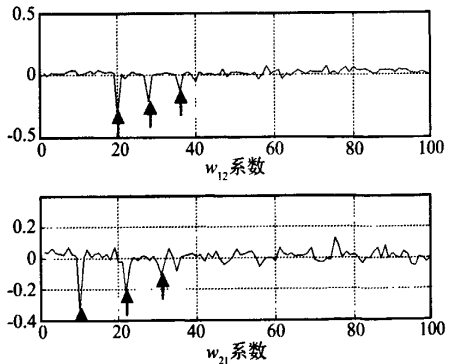


图4 混合矩阵(22)得到的正交滤波器系数

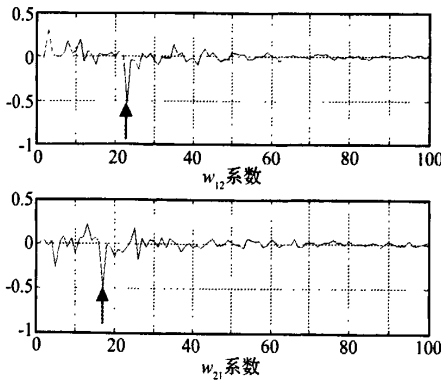


图 5 混合矩阵(23)得到的滤波器系数

从图 4 可看出 w_{21} 的前三个波峰位置为 10、22、31，与混合矩阵(22)式中的 A_{11} 和 A_{21} 之间的前三个延迟点（也就是 A_{21} 中的每一项相对于 A_{11} 中的常数项的延迟）完全相同。 w_{12} 的前三个波峰位置为 20、28、36，与 A_{22} 和 A_{12} 之间的前三个延迟点（也就是 A_{12} 中的每一项相对于 A_{22} 中的常数项的延迟点）完全相同。从图 5 观察也可清楚的看到 w_{21} 的最大波峰位置所对应的点数 17 与混合矩阵(23)式中 A_{21} 与 A_{11} 中系数最大两项的时延点(22-5)完全相同， w_{12} 的最大波峰位置所对应的点数 23 与混合矩阵式(23)中 A_{12} 与 A_{22} 中系数最大两项的时延点(28-5)完全相同。因此，模拟实验表明了本文方法求解时延的正确性。

4.2 实验装置及试件

本实验系统由一块铝梁试件、四通道声发射采集系统、自制的夹具及冲击装置组成。整个实验装置如图 6(a) 所示。两个冲击锤头通过钢板固定在摆动装置的钢块上，冲击锤头如图 6(b) 所示，顶部为半球状，可



(a) 整个实验装置图



(b) 冲击锤头

图 6 冲击试验装置图

视为点冲击源。铝梁两端通过夹具上的螺钉固定，铝梁尺寸为 810 mm × 120 mm × 2 mm。传感元件为 PZT 压电片，直径 0.8 cm，1、2 两个压电元件的坐标分别为 (-250, 0)、(250, 0) mm。试件形状、传感器位置及坐标系原点的示意图如图 7 所示。在铝梁上用吸波材料消除边界反射。两个冲击源同时作用在 1、2 传感器位置之间。采样频率为 10^7 Hz/s。两个冲击源作用时的声发射信号的波速与单个冲击源作用时声发射信号的波速相同。

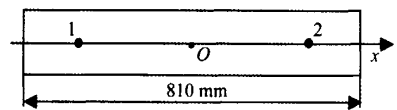


图 7 试件形状示意图

4.3 实验结果及分析

当两个冲击源坐标为 (-126, 0)、(94, 0) mm 时，两传感器测得混合信号如图 8 所示。

按照前文所述方法求解时延，每组滤波器长度均为 1 000，求得的正交滤波器系数如图 9 所示，

w_{12} 和 w_{21} 系数的幅值最大位置分别是信号源 s_1 和 s_2 到达两个传感器的时延点数。

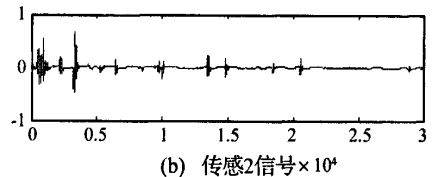
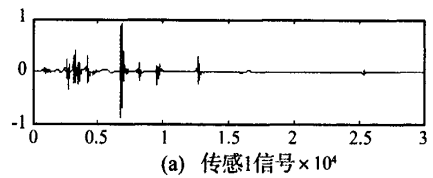


图 8 传感器测得的混叠信号

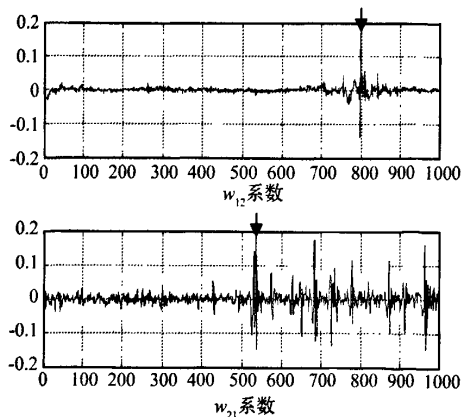


图 9 正交滤波器系数

(下转第 157 页)

的第二阶固有频率,镁合金仪表板的传声损失也降至整条曲线的最低点,为 -10.4 dB,使其低于同频率下钢质仪表板的传声损失。随着频率的升高,传声损失曲线出现了几处波动。

由于该车的发动机噪声在 630 Hz较大,而镁合金仪表板在该频率点的隔声性能恰好较差,这势必会增大透射入驾驶室内部的发动机噪声,影响车内的声学环境。因此,采用镁合金材料替代钢材料后,需要对结构加以改进设计,使其固有频率避开噪声源的突出频段,避免结构的隔声性能变差。

3 结论

通过实验证明,采用结构-声耦合的方法预测结构的隔声性能是可行的,该方法不仅适用于汽车仪表盘,也适用于汽车的其他部件。

根据数值计算结果,镁合金材料具有阻尼大、比刚度大等优点,在面密度相同的情况下,隔声性能明显优于钢质结构。

在加工工艺允许的前提下,可适当减小镁合金压铸构件的厚度,满足汽车减重要求的同时,不降低结构的强度,并且改善驾驶室内部的声学环境。但是需要注意,换用轻质镁合金材料后,需改进原有的结构,使其固有频率避开噪声源的峰值频段,避免结构在某些频

段内的声学特性恶化。

参考文献

- [1] 菅炳涛,王辉. 镁合金及其在工业中的应用[J]. 稀有金属, 2004, 28(1): 229-232.
- [2] 陈力禾. 镁合金压铸及其在汽车工业中的应用[J]. 铸造, 1999(10): 45-47.
- [3] 黎胜,赵德有. 用耦合有限元/边界元方法研究加筋板的声传输[J]. 振动工程学报, 2001, 14(3): 364-367.
- [4] Suzuki S, Imai M, Ishiyama S. Boundary element analysis of structural-acoustic problems [M]. Bounday Elements VI (Springer-Verlag, New York,), 1984: 27-35.
- [5] Bokil V B. Modal analysis of gyroscopically coupled sound-structure interaction problems [D]. Old Dominion University, Norfolk, Virginia, 1992.
- [6] Seybert A F, Wu T W, Li W L. A Coupled FEM/BEM for Fluid-structure Interaction Using Ritz Vectors and Eigenvectors [J]. Trans. ASME. J. Vibr. Acoust, 1993, 115: 152-158.
- [7] 徐张明,沈荣瀛,华宏星. 利用FEM/IBEM计算流体介质中的壳体的结构声耦合问题[J]. 振动工程学报, 2002, 15(3): 363-367.
- [8] 何琳,朱海潮,邱小军,等. 声学理论与工程应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2006: 168-169.
- [9] Hong K L, Raveendra S T. Sound Transmission Loss Analysis of an Automotive Dash by Finite Element Method [J]. SAE, 2003-01-1613.

(上接第137页)

由得到的时延点数,根据采样频率可以计算出时延,再利用两点直线法求出两个冲击源的位置为 $(-127.7, 0)$ 、 $(85.8, 0)$ mm。定位误差分别为 1.7 mm和 8.2 mm,可见基于ICA的信息最大化方法可以较好的解决多源冲击定位问题。误差的原因一方面是速度估计不准造成的。另一方面由于实际测得的混合信号含有噪声,而在进行卷积混合分离时采用的是无噪声模型,在分离过程中噪声被附加到了其中的一个源信号上。下一步工作中可在分离之前进行适当降噪处理及研究有噪声的混合模型,进一步提高精度。

5 结论

本文基于独立分量分析的信息最大化原理对多冲击源的定位问题进行了研究。根据信息极大化原理的反馈分离网络结构实现了作用在铝梁上的两个冲击源的定位。实验表明,处理多源冲击定位问题时,ICA方法具有其他信号处理技术无法比拟的优势。

参考文献

- [1] 周晚林,王鑫伟. Hilbert变换在压电智能结构冲击定位中的应用[J]. 振动与冲击, 2004, 23(3): 124-127.
- [2] 袁慎芳. 结构健康监测 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
- [3] Ziola S M, Gorman M R. Source location in thin plates using cross-correlation [J]. J. Acoust. Soc. Am. 1991, 90(5): 2551-2556.
- [4] Linsker R. A local learning rule that enables information maximization for arbitrary input distributions [J]. Neural Computation, 1988, 12: 1661-1665.
- [5] Bell J, Sejnowski T J. An information-maximisation approach to blind separation and blind deconvolution [J]. Neural Computation, 1995, 7(6): 11129-11159.
- [6] Torkkola K. Blind separation of delayed sources based on information maximization [C]. In Proc. ICASSP, Atlanta, GA, May 7-10, 1996.
- [7] Torkkola K. Blind separation of convolved sources based on information maximization [C]. Neural Networks for Signal Processing [1996] VI. Proceedings of the 1996 IEEE Signal Processing Society Workshop.

基于独立分量分析的多源冲击定位方法

作者: 苏永振, 袁慎芳, SU Yong-zhen, YUAN Shen-fang
 作者单位: 南京航空航天大学, 智能材料与结构航空科技重点实验室, 南京, 210016
 刊名: 振动与冲击 **ISTIC EI PKU**
 英文刊名: JOURNAL OF VIBRATION AND SHOCK
 年, 卷(期): 2009, 28(8)
 引用次数: 0次

参考文献(7条)

1. 周晚林, 王鑫伟 Hilbert变换在压电智能结构冲击定位中的应用[期刊论文]-振动与冲击 2004(3)
2. 袁慎芳 结构健康监测 2007
3. Ziola S M, Gorman M R Source location in thin plates using cross-correlation 1991(5)
4. Linsker R A local learning rule that enables Information maximization for arbitrary input distributions 1988
5. Bell J, Sejnowski T J An information-maximisation approach to blind separation and blind deconvolution 1995(6)
6. Torkkola K Blind separation of delayed sources based on information maximization 1996
7. Torkkola K Blind separation of convolved sources based on information maximization

相似文献(10条)

1. 期刊论文 张军英, 刘利平 基于部分独立分量分析的盲源分离 -西安电子科技大学学报(自然科学版) 2004, 31(3)
 独立分量分析是近年来发展起来的一种可有效应用于盲源分离的多通道信号处理方法, 对从观测信号中分离出信源信号有良好的性能。但独立分量分析的主要限制之一是信源信号统计独立, 而大多数实际问题都不能保证这一点, 使运用独立分量分析进行盲源分离的效果受到极大的影响。因此, 提出了利用特征选择的方法近似获得信源信号中的独立分量, 对这些分量上的观测信号运用已有的独立分量分析方法进行盲源分离, 获得了较好的分离结果。
2. 学位论文 马守科 基于独立分量分析的盲源分离在线算法研究 2007
 在源信号和传输信道未知的情况下, 仅利用传感器接收的观测数据恢复出源信号, 称为盲源分离。因其在天线阵列信号处理、多用户通信、语音和医学信号处理等领域具有广阔的应用前景, 从而成为当今信号处理学界的研究热点。盲源分离的算法包括离线批处理和自适应在线处理两种, 在信道不恒定或实时性要求比较高的场合, 必须采用自适应在线算法, 而在线算法存在收敛速度慢和稳态误差大的缺点。本文正是以提高算法的收敛速度和稳态精度为目标, 对盲源分离中的在线算法进行研究的。
 本文首先系统阐述了盲源分离问题的主要解决方法——独立分量分析, 从信号模型出发, 分析了独立分量分析的不确定性和基本假设, 研究了独立性测度准则及其一致性。总结了常用的优化算法及算法性能评价测度。
 通过分析影响自适应盲分离算法性能的主要因素, 并结合相关算法本身的特点, 提出了基于自然梯度算法的步长迭代规则和基于扩展Infomax算法的步长更新规则: (1) 针对自然梯度算法提出的两阶段步长迭代规则, 是通过估计信号之间的相异性测度, 在不同阶段采用不同的步长算法, 并能有效的检测信道矩阵是否改变, 使得算法无论是在信道矩阵恒定环境下还是在信道矩阵改变的环境下均能有效的分离出服从单类分布的信源。(2) 针对扩展的Infomax算法, 提出了判断信道矩阵是否改变的检测机制, 改进了峭度的在线估计模型, 并通过分析峭度收敛曲线与分离状态之间的关系, 提出了随峭度方差而变化的步长更新规则。与以往算法相比, 该算法不仅收敛速度快, 稳态误差小, 且更能适用于信道矩阵改变的环境。
 最后, 对更复杂的超完备盲分离进行了初步的研究, 深入分析了各算法的特点, 将其分为两类, 介绍了各算法的主要思想、优缺点及其适用的环境, 并讨论了下一步的研究方向。
3. 期刊论文 周卫东, Zhou Weidong 基于独立分量分析的生理信号盲源分离 -山东生物医学工程 2002, 21(2)
 用于盲源分离的独立分量分析(ICA)和扩展ICA算法, 基于极大似然估计, 给出一个衡量输出分量统计独立的目标函数, 最优化该目标函数, 得到一种用于独立分量分析的迭代算法。扩展ICA算法的优点在于迭代过程中不需要计算信号的高阶统计量, 收敛速度快, 同时适用于超高斯和亚高斯信号的分离。应用该算法实现了脑电、心电信号以及语音信号的分离, 并给出了实验结果。
4. 学位论文 陈薇 独立分量分析及其盲源分离应用 2000
 该论文针对线性瞬时混合信号的盲源分离问题, 对无噪声情况下的独立分量分析的一些新算法进行了研究, 同时, 也对带噪声的情况进行了初步的探讨。主要内容包括: 1. 对基于信息论准则的独立分量分析算法进行了总结, 导出了信息论统一框架下的学习规则。为了避免多数信息论算法中需要估计概率密度的大量计算, 给出了概率密度的一种非线性近似形式, 使用固定的非线性函数的简单学习规则来分离不同分布的信号; 2. 从度量信号的非高斯性出发, 得出独立分量分析的定点算法和广义非线性Hebbian-like算法。峭度和负熵都可以用来作为度量非高斯性的准则; 3. 对噪声情况下的独立分量分析进行了初步的研究, 结合偏差消除法和无噪声时的独立分量分析算法, 得到了两类改进的算法; 4. 对今后的研究工作的发展提供了一些看法。
5. 期刊论文 吴微东, 庄哲民 基于盲源分离的一种快速独立分量分析算法 -汕头大学学报(自然科学版) 2004, 19(2)
 基于盲源分离理论提出了一种快速独立分量分析(FastICA)算法。该算法以负熵作为独立性判决准则, 在迭代过程中引入遗忘因子, 加快了算法的收敛速度。仿真结果表明, 该方法能快速、有效地分离混迭信号。
6. 期刊论文 陶磊, 张昀 基于独立分量分析的盲源分离研究 -广东通信技术 2007, 27(7)
 通过对独立分量分析发展的研究, 分析了现有的经典算法, 包括负熵法、ESAI法、最大似然估计法等。通过仿真试验和比较, 多角度指出了各算法的优缺点, 并给出了进一步的研究方向。
7. 学位论文 魏忠 盲源分离和多通道盲反卷积的算法研究与实际应用 2001

该文对噪声情况下的独立分量分析、多通道反卷积、多径混合的语音分离和非线性盲源分离,进行了研究.主要工作包括:1、对有观测噪声的独立分量分析(ICA)模型进行了研究,结合偏差消除和无噪声时的定点算法,提出了有噪声时的改进定点ICA算法.2、对于非线性盲源分离,ICAH. H. Yang[27]用一个两层的感知器结构来逼近非线性函数逆,从信息论的角度提出了两个非线性盲源分离算法:非线性最大熵算法(ME)和非线性最小互信息算法(MMI). MMI算法的一个问题是利用了Gram-Charlier展开式来估计边缘熵,而Gram-Charlier展开对强非线性函数估计较差.针对这一缺点,研究人员用一个多层神经网络结构对得分函数(scorefunction)进行直接估计,提出了一种改进的最小化互信息算法(EMMI),实验结果证明了改进算法的正确性.3、研究人员尝试用多通道盲反卷积算法分离实际的多径混合语音信号.4、总结了多通道盲反卷积算法,研究了时空去相关算法,并对无导复合型的时空去相关算法1和前馈型的时空去相关算法2进行了仿真,对于人工合成的调制信号,两种算法都很有效.

8. 期刊论文 [韦琦, 魏新劳, WEI Qi, WEI Xin-lao 应用核独立分量分析的电力用户负荷曲线估计 - 中国电机工程学报](#) 2008, 28(16)

提出了核独立分量分析算法,即白化的核主分量分析加上独立分量分析算法.该算法在电网信息不足时,利用电网部分支路的潮流作为观测值,就可以完成对用户负荷曲线的估计.经过IEEE 9节点系统的仿真验证,结果表明,观测值在经过白化的核主分量分析算法处理后,非高斯性增强.应用独立分量分析算法对处理后的观测值进行盲源分离后,所得用户负荷需求曲线的估计值逼近实际值.与仅用独立分量分析方法的仿真结果相比,估计误差降低,相关系数增加.

9. 学位论文 [李著成 基于独立分量分析盲源分离算法的研究](#) 2006

盲源分离是指在源信号和其混合过程未知的情况下,仅利用观测信号来恢复或提取独立的各个源信号的方法.盲源分离作为数字信号处理领域一项新的技术,具有重要的理论意义和实用价值,被广泛应用于通讯、雷达信号处理、生物医学图像处理、模式识别等众多领域,有着非常广阔的发展前景,已经成为信号处理学界和神经网络学界共同感兴趣的热点研究课题之一。

本文所做的主要工作:

- (1)分析了盲源分离的起源和国内外研究的进展情况,阐述了盲源分离的基本原理,并讨论了常见的盲源分离的三种数学模型和算法的典型评判指标。
- (2)讨论了独立分量分析研究中的主要问题,介绍和推导了基于独立分量分析的盲源分离算法的几种典型的代价函数和学习算法,并对信息论框架下的几种代价函数作了统一。
- (3)对自然梯度盲源分离算法进行了分析研究,针对该算法采用固定步长的不足,将自适应滤波中的LMS变步长思想应用到其中,提出了基于梯度和非线性函数的两种改进算法,克服了固定步长自然梯度盲源分离算法收敛速度、稳态误差和跟踪能力之间存在的内在矛盾.在平稳和非平稳环境下,通过计算机仿真验证了两种改进算法的优良性能。
- (4)对基于独立分量分析的盲源分离算法在图像处理中的应用作了初步的探讨,并通过计算机仿真验证了该算法在图像分离方面的良好性能。

10. 期刊论文 [胥永刚, 李强, 王正英, 王太勇, XU Yong-gang, LI Qiang, WANG Zheng-ying, WANG Tai-yong 基于独立分量分析的机械故障信息提取 - 天津大学学报](#) 2006, 39(9)

独立分量分析是盲源分离的一种新方法,其处理的对象是相互统计独立的信号源线性组合而产生的一组混合信号,最终目的是从混合信号中分离出各独立的信号分量.为此,论证了机械振动信号盲源分离的可行性,并对盲源分离中的“源”赋予了新的含义,利用互相关函数估计不同通道之间的时延参数,适当截取后组成混合信号再进行盲源分离,可以保证振动信号分离的有效性.盲源分离技术在涡流传感器失效故障诊断和早期碰摩故障诊断的成功应用,表明该技术在机械设备状态监测和故障诊断中有着广阔的应用前景.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zdycj200908031.aspx

下载时间: 2010年5月28日