

# 基于变换矩阵的自适应方向图控制

李洪涛<sup>1</sup>, 贺亚鹏<sup>1</sup>, 朱晓华<sup>1</sup>, 胡文<sup>2</sup>

1. 南京理工大学电子工程与光电技术学院, 南京 210094
2. 南京航空航天大学信息科学与技术学院, 南京 210016

**摘要** 针对低快拍情况下自适应波束形成器输出方向图存在主峰偏移、副瓣电平较高的问题, 提出一种低快拍情况下基于变换矩阵的自适应方向图控制方法。利用干扰空间与噪声空间特征向量之间的正交性, 去除干扰空间特征向量, 并对噪声空间特征向量进行均一化后生成变换矩阵, 最后利用变换矩阵在最大信噪比准则下进行波束形成。该方法可在小快拍数条件下有效地抑制干扰, 并可同时保持静态方向图的副瓣特征。仿真结果验证了该方法的有效性和优越性。

**关键词** 自适应方向图控制; 变换矩阵; 静态方向图

**中图分类号** TN911.7

**文献标识码** A

**doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.05.006

## Adaptive Pattern Control Algorithm Based on Transformation Matrix

LI Hongtao<sup>1</sup>, HE Yapeng<sup>1</sup>, ZHU Xiaohua<sup>1</sup>, HU Wen<sup>2</sup>

1. School of Electronic Engineering and Optoelectronic Technology, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China
2. College of Information Science and Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

**Abstract** To solve the problem of deviation of main lobe and high side lobe in the adaptive beam former in the situation of limited snapshots, an adaptive pattern control algorithm based on a transformation matrix in the situation of limited snapshots is presented. According to the orthogonality of the interference subspace and noise subspace of the covariance matrix for the interference scenario, the proposed algorithm removes the eigenvectors of the interference subspace from the covariance matrix of the interference scenario and homogenizes the eigenvalues of the noise subspace of the covariance matrix for the interference scenario to form a transformation matrix with the eigenvectors of the noise subspace only, then the beam is formed using the transformation matrix based on the criterion of maximum signal-to-noise ratio with the interference being well suppressed. The proposed algorithm can diminish the deviation of main lobe, restrain interference, and make the overall beam former side lobe response equal the desired quiescent response under the condition of small number of snapshots. Both performance analysis and computer simulation results demonstrate the validity and superiority of the proposed algorithm.

**Keywords** adaptive pattern control; transformation matrix; quiescent pattern

### 0 引言

自适应处理可以在干扰方向形成零点, 但副瓣电平显著增加。自适应方向图控制可以在抑制干扰的同时进行低副瓣控制, 在一定程度上抵消自适应处理副瓣电平较高的问题。文献[1]通过对期望信号协方差矩阵和控制区协方差矩阵投影阵的特征矢量进行线性约束, 在干扰方向形成零点的同时实现了低副瓣控制。文献[2]提出了一种子空间投影法(Sub

Space Projection, SSP) 和失配最佳检测法 (Mismatched Optimum Detector, MOD), 可以在没有干扰的情况下得到静态方向图。文献[3]~[6]用二次约束方法进行自适应方向图控制。文献[7]提出了基于线性约束最小方差法, 利用迭代权值差控制区域波束增益最小, 从而可在任意阵列上实现期望方向图。文献[8]提出一种基于线性最小方差约束 (LCMV) 的自适应方向图控制方法。文献[9]提出了对采样协方差矩阵扰动的

收稿日期: 2010-09-07; 修回日期: 2011-01-18

基金项目: 航空科学基金项目 (2009ZC52038); 南京理工大学自主科研专项计划项目 (2010ZYTS028)

作者简介: 李洪涛, 博士研究生, 研究方向为阵列信号处理、自适应信号处理等, 电子信箱: floodlee@126.com; 朱晓华 (通信作者, 中国科协所属全国学会个人会员登记号: E18120290M), 教授, 研究方向为雷达系统、高速数字信号处理等, 电子信箱: zxh@mail.njust.edu.cn

方法,可以提高波束在小快拍条件下的收敛速度和波束的形成性能。

上述自适应方向图控制方法的共同点是运算量较大,计算较为复杂,小快拍条件下收敛速度慢,在干扰存在的情况下,副瓣起伏太大等。本文提出一种基于变换矩阵的自适应方向图控制方法,该方法利用干扰空间与噪声空间特征向量之间的正交性,去除干扰空间特征向量,并对噪声空间特征向量进行归一化后生成变换矩阵,利用变换矩阵在最大信噪比准则下进行波束形成,并证明了该方法具有静态方向图的副瓣特征;该方法可以在小快拍数条件下快速收敛,并且在干扰不存在的情况下,自适应方向图与静态方向图一致;在干扰存在的情况下,抑制干扰的同时保持静态方向图的副瓣特征。

### 1 信号模型

考虑具有  $N$  个阵元且间距为  $d$  的均匀线阵,各阵元均为全向阵元, $M$  个远场窄带非相干信号从方向  $[\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M]$  入射到阵列,则阵列接收数据  $x(t)$  可以表示为

$$x(t) = As(t) + n(t) \quad (1)$$

其中  $x(t) = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)]^T$  为阵列观测矢量; $s(t) = [s_1(t), s_2(t), \dots, s_M(t)]^T$  为信号观测矢量; $n(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_N(t)]^T$  为独立同分布的高斯白噪声矢量; $A = [a(\theta_1), a(\theta_2), \dots, a(\theta_M)]$  为阵列流形矩阵; $a(\theta_m) = [1, e^{j2\pi d \sin(\theta_m)/\lambda}, e^{j2(3-1)\pi d \sin(\theta_m)/\lambda}, \dots, e^{j2(N-1)\pi d \sin(\theta_m)/\lambda}]^T$  为  $\theta_m$  方向信号的导向矢量, $\lambda$  为信号波长。假设信号与噪声互不相关。

阵列的输出为各阵元输出观测信号的加权和。设第  $k$  个加权系数为  $\omega_k$ ,并令  $\omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N]^T$  为加权矢量,则阵列输出为

$$y(t) = \omega^H x(t) \quad (2)$$

阵列输出总功率为

$$E\{y(t)y^H(t)\} = \omega^H R_x \omega \quad (3)$$

其中,  $E\{\cdot\}$  为数学期望,  $R_x = E\{x(t)x^H(t)\}$  为阵列输入信号的协方差矩阵,  $(\cdot)^H$  为矩阵的共轭转置。

### 2 基于变换矩阵的自适应方向图控制

#### 2.1 噪声空间与干扰空间对波束形成影响分析

利用 Capon 提出的最小方差无畸变响应 (Minimum Variance Distortionless Response, MVDR) 波束形成器进行波束形成

$$\begin{aligned} \min \quad & \omega^H R_x \omega \\ \text{st} \quad & \omega^H a(\theta_0) = 1 \end{aligned} \quad (4)$$

其中  $a(\theta_0)$  为目标方向导向矢量。利用 Lagrange 乘子算法求解上述约束优化问题,得到加权矢量

$$\omega_{\text{opt}} = \mu R_x^{-1} a(\theta_0) \quad (5)$$

其中,  $\mu = \frac{1}{a(\theta_0)^H R_x^{-1} a(\theta_0)}$  为一个正常数。

波束形成器的输出为

$$y(t) = \omega_{\text{opt}}^H x(t) = \mu a^H(\theta_0) (R_x^{-1})^H x(t) \quad (6)$$

对  $R_x$  的估计,通常采用协方差矩阵求逆(SMI)算法<sup>[10]</sup>。该算法具有较快的信号干扰噪声比(SINR)意义下的收敛速度。当训练样本中没有期望信号时,所有不需要的观测信号即为干扰信号,即  $R_x$  为干扰加噪声协方差矩阵;在工程实际应用中,可以通过合理设计训练时间避免包含期望信号,因此假定下面所有推导中的  $R_x$  为干扰加噪声协方差矩阵。

由于  $R_x$  是 Hermiti 矩阵,所有特征值都是实数且特征向量正交,对其进行特征值分解:

$$R_x = \sum_{i=1}^m \lambda_i e_i e_i^H + \lambda_\sigma \sum_{i=m+1}^N e_i e_i^H \quad (7)$$

其中,  $\lambda_i (i=1, 2, \dots, m)$  为干扰对应的特征值,其对应的特征向量  $e_i (i=1, 2, \dots, m)$  构成干扰空间;  $\lambda_\sigma$  为噪声对应的小特征值,其对应的特征向量  $e_i (i=m+1, m+2, \dots, N)$  构成噪声空间,将式(7)代入式(6),得

$$\begin{aligned} y(t) &= \omega_{\text{opt}}^H x(t) = \mu a^H(\theta_0) (R_x^{-1})^H x(t) \\ &= \mu a^H(\theta_0) \left[ \left( \sum_{i=1}^m \lambda_i e_i e_i^H + \lambda_\sigma \sum_{i=m+1}^N e_i e_i^H \right)^{-1} \right]^H x(t) \\ &= \mu a^H(\theta_0) \left( \sum_{i=1}^m \lambda_i^{-1} e_i e_i^H + \lambda_\sigma^{-1} \sum_{i=m+1}^N e_i e_i^H \right) x(t) \end{aligned} \quad (8)$$

当无外部干扰仅存在内部白噪声时,  $R_x = \lambda_\sigma \sum_{i=1}^N e_i e_i^H = \lambda_\sigma \cdot I$ ,

波束形成输出为

$$\begin{aligned} y(t) &= \omega_{\text{opt}}^H x(t) = \mu a^H(\theta_0) (R_x^{-1})^H x(t) \\ &= \mu a^H(\theta_0) \left[ \left( \lambda_\sigma \sum_{i=1}^N e_i e_i^H \right)^{-1} \right]^H x(t) \\ &= \mu a^H(\theta_0) (\lambda_\sigma^{-1} I) x(t) \\ &= \frac{\mu}{\lambda_\sigma} a^H(\theta_0) x(t) \end{aligned} \quad (9)$$

此时的波束形成输出为静态方向图。静态方向图与无干扰存在、噪声独立同分布时,最大 SNR 准则下的方向图相同。

对比式(8)和式(9)可以发现,自适应波束方向图可以认为是噪声空间和干扰空间对静态方向图的一个加权。

当存在外部干扰时,干扰对应  $R_x$  的大特征值,即  $\lambda_i \gg \lambda_\sigma (i=1, 2, \dots, m)$ ,且随着干扰比的增大,式(8)中的  $\lambda_i^{-1}$  越接近 0,波束形成对干扰的抑制能力越强。

在实际运算中,采样信号协方差矩阵用  $K$  次采样数据估计得到

$$\hat{R}_x = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x x^H = \sum_{i=1}^m \lambda_i e_i e_i^H + \sum_{i=m+1}^N \lambda_{\sigma i} e_i e_i^H \quad (10)$$

则

$$\begin{aligned} \hat{R}_x^{-1} &= \left( \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K x x^H \right)^{-1} \\ &= \left( \sum_{i=1}^m \lambda_i e_i e_i^H + \sum_{i=m+1}^N \lambda_{\sigma i} e_i e_i^H \right)^{-1} \\ &= \sum_{i=1}^m \lambda_i^{-1} e_i e_i^H + \sum_{i=m+1}^N \lambda_{\sigma i}^{-1} e_i e_i^H \end{aligned} \quad (11)$$

在快拍数有限的情况下, 干扰和噪声之间不相关的假设将不完全成立<sup>[8]</sup>。噪声空间与干扰空间之间的正交性将受到影响, 即  $e_i^H e_j \neq 0, (i=1, 2, \dots, m; j=m+1, m+2, \dots, N)$ , 干扰信号能量由于与噪声部分相关, 其对应的特征值  $\lambda_i$  的估计误差随快拍数减小而加大, 干扰抑制能力将减弱, 噪声空间的特征值由于估计的误差性将不再相等, 导致了自适应波束畸变, 表现为副瓣升高, 对干扰抑制能力下降, 收敛速度变慢。

### 2.2 本文方法的提出

由上述分析可知, 在干扰空间中, 干噪比越大,  $\lambda_i^{-1}$  越接近于 0, 波束形成对干扰的抑制能力越强; 在小快拍数条件下, 表现为干扰空间与噪声空间的正交性越强。那么直接利用噪声空间与干扰空间的正交性进行干扰抑制, 即令  $\lambda_i^{-1}=0$ , 则可以得到

$$\hat{R}_x^{-1} = \sum_{i=m+1}^N \lambda_{\sigma_i}^{-1} e_i e_i^H \quad (12)$$

在小快拍数条件下, 噪声空间的特征值互不相等, 当快拍数增加时, 根据噪声独立同分布的假设, 噪声空间的特征值将收敛于  $\lambda_{\sigma}$ <sup>[8]</sup>, 因此对噪声空间的特征值进行均一化处理, 即令  $\lambda_{\sigma_i}=1 (i=m+1, m+2, \dots, N)$ , 得

$$\hat{R}_x^{-1} = \sum_{i=m+1}^N e_i e_i^H \quad (13)$$

利用得到的  $\hat{R}_x^{-1}$  进行波束形成, 可以得到

$$\begin{aligned} y(t) &= \omega_{opt}^H x(t) = \mu a^H(\theta_0) (\hat{R}_x^{-1})^H x(t) \\ &= \mu a^H(\theta_0) \left( \sum_{i=m+1}^N e_i e_i^H \right) x(t) \end{aligned} \quad (14)$$

下面证明经过上述算法得到的波束方向图, 在抑制干扰的同时具有静态方向图的副瓣特征, 并给出本算法的一种具体实现方法。

令变换矩阵  $T=[e_{m+1}, e_{m+2}, \dots, e_N]$ , 其中  $e_i (i=m+1, m+2, \dots, N)$  为采样信号协方差矩阵噪声空间的特征向量, 则  $TT^H = \sum_{i=m+1}^N e_i e_i^H$ 。由第 2.1 节分析可知, 由于噪声空间与干扰空间之间的正交性, 经过利用噪声空间特征向量构成的变换矩阵  $T$  后的信号已经对干扰进行了抑制, 并且对噪声进行了均一化, 满足了无干扰存在以及噪声独立同分布的条件, 所以对经过上述变换矩阵  $T$  的信号, 在最大 SNR 准则下进行波束形成的输出为

$$\begin{aligned} y(t) &= \omega_r^H T^H x(t) \\ &= a^H(\theta_0) T T^H x(t) \\ &= a^H(\theta_0) \left( \sum_{i=m+1}^N e_i e_i^H \right) x(t) \end{aligned} \quad (15)$$

其中,  $\omega_r$  为最大 SNR 准则下的加权矢量, 即  $\omega_r = T^H a(\theta_0)$ 。

对比式(14)和式(15), 发现两式只相差一个固定常数, 因此得证本文提出得算法即是利用变换矩阵在最大 SNR 准则下的波束形成。

由于在无干扰存在、噪声独立同分布时, 最大 SNR 准则下的方向图即为静态方向图, 由此证明了本算法在抑制干扰的同时具有静态方向图的副瓣特征。

因此, 本文提出的算法可以利用经过变换矩阵在最大 SNR 准则下的波束形成方法实现。式(15)为利用变换矩阵在最大 SNR 准则下的波束形成输出,  $\omega_r = T^H a(\theta_0)$  为相应波束形

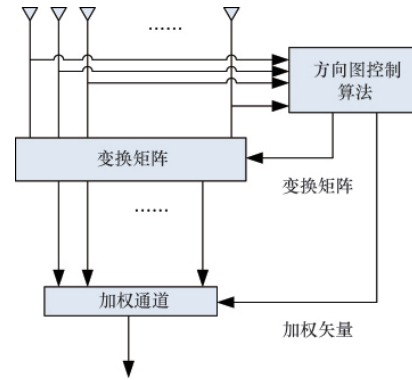


图 1 基于变换矩阵的自适应方向图控制实现框图

Fig. 1 Implementation diagram of the adaptive pattern control method based on the transformation matrix

成的加权矢量。具体实现框图如图 1 所示。

本文的算法可以归纳为: ① 对采样协方差矩阵  $\hat{R}_x$  进行特征值分解, 得到噪声空间对应的特征向量; ② 利用噪声空间的特征向量生成变换矩阵  $T=[e_{m+1}, e_{m+2}, \dots, e_N]$  和加权矢量  $\omega_r = T^H a(\theta_0)$ ; ③ 由式(15), 利用生成的变换矩阵  $T$  及加权矢量  $\omega_r$  进行利用变换矩阵  $T$  在最大 SNR 准则下的波束形成。

### 3 仿真与性能分析

试验 1 设均匀线阵由 32 个全向阵元构成, 阵元间距  $d=\lambda/2$ , 期望信号方向为  $0^\circ$ , 没有干扰。

图 2 为无干扰情况下, 快拍数为 500、40 时, 本文提出的基于变换矩阵的自适应方向图控制方法的方向图、Capon 波束形成方向图与静态方向图对比。可以看出, 快拍数为 500 时, 本文方法的方向图与静态方向图基本一致, 而 Capon 波束形成方向图的副瓣起伏较大, 而且副瓣相对较高 (图 2

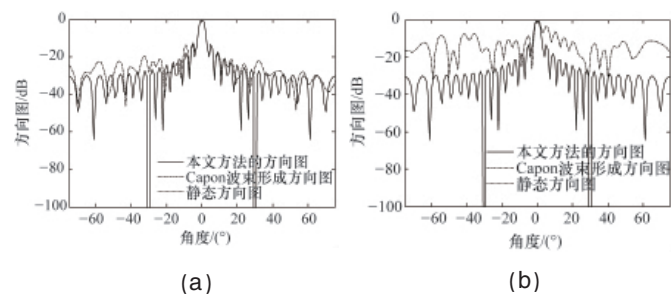


图 2 无干扰时各方向图对比

Fig. 2 Comparison of the beam patterns in every direction with non-interference

(a); 快拍数为 40 时, 在小快拍数条件下, 本文方法的方向图依然可以与静态方向图基本一致, 而 Capon 波束形成方向图在小快拍数条件下副瓣较高, 主瓣降低, 波束形成性能急剧恶化, 波束形成严重畸变(图 2(b))。

试验 2 设均匀线阵由 32 个全向阵元构成, 阵元间距  $d=\lambda/2$ , 期望信号方向为  $0^\circ$ , 在  $-20^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$  各有一个互不相干的干扰, 干扰的干噪比均为 10dB。

图 3 为干扰存在情况下, 快拍数为 500、40 时, 本文提出的基于变换矩阵的自适应方向图控制方法的方向图、Capon 波束形成方向图与静态方向图对比。可以看出, 快拍数为 500 时, 本文方法的方向图除了在 3 个干扰处形成零点外, 其他部分基本与静态方向图保持一致, 并且干扰处的零陷基本上达到  $-50\text{dB}$ , 零陷深度超过了 Capon 波束形成方向图, 满足抑制干扰的要求, 而 Capon 波束形成方向图只是在干扰处形成了零点, 其他部分的副瓣起伏较大, 而且副瓣相对较高(图 3(a)); 快拍数为 40 时, 在小快拍数条件下, 本文方法的方向图依然可以保持大快拍数下的性能, 形成较深的零点, 并且其他部分与静态方向图基本一致, 而 Capon 波束形成方向图在小快拍数条件下, 零陷深度比大快拍数条件下明显降低, 波束形成严重畸变, 主副瓣比损失严重(图 3(b))。

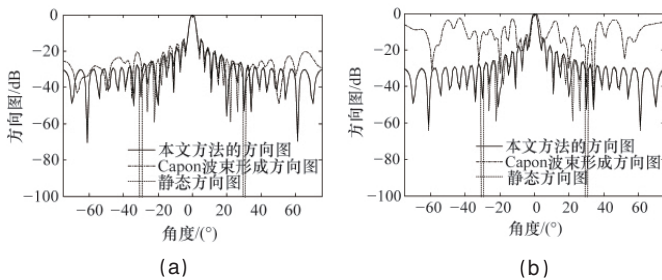


图 3 干扰存在时, 各方向图对比  
Fig. 3 Comparison of the beam patterns in every direction with weak interference

试验 3 设均匀线阵由 32 个全向阵元构成, 阵元间距  $d=\lambda/2$ , 期望信号方向为  $0^\circ$ , 在  $-20^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$  各有一个互不相干的干扰, 干扰的干噪比均为 40dB。

图 4 为大干扰存在情况下, 快拍数为 500、40 时, 本文提出的基于变换矩阵的自适应方向图控制方法的方向图、Capon 波束形成方向图与静态方向图对比。可以看出, 快拍数为 500 时, 本文方法的方向图在 3 个干扰处形成零点, 其他部分基本与静态方向图保持一致, 并且随着干噪比的增大, 干扰处的零陷也随之加深, 平均达  $-80\text{dB}$ , 零陷深度超过了 Capon 波束形成方向图, 满足抑制干扰的要求, 而 Capon 波束形成方向图只是在干扰处形成了零点, 其他部分的副瓣起伏较大, 而且副瓣相对较高(图 4(a)); 快拍数为 40 时, 在小快拍数条件下, 本文方法的方向图依然可以保持大快拍数下的性能, 随着干噪比的增大, 干扰处的零陷也随之加深, 并且其它部分与静态方向图基本一致, 而 Capon 波束形成方

向图在小快拍数条件下, 零陷深度比大快拍数条件下明显降低, 波束形成严重畸变, 主副瓣比损失严重(图 4(b))。

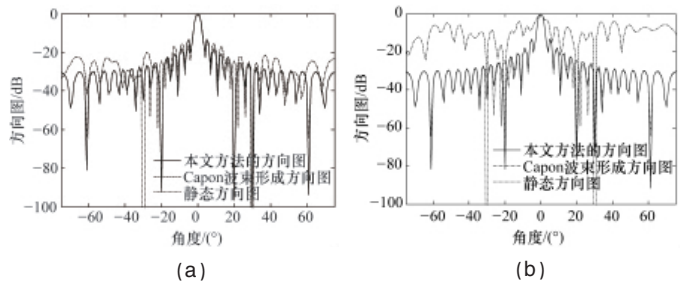


图 4 强干扰存在时, 各方向图对比  
Fig. 4 Comparison of the beam patterns with in every direction strong interference

试验 4 设均匀线阵由 32 个全向阵元构成, 阵元间距  $d=\lambda/2$ , 期望信号方向为  $0^\circ$ , 在  $-20^\circ$ 、 $20^\circ$ 、 $30^\circ$  各有一个互不相干的干扰, 干扰的干噪比均为 10dB, 通过 40 次 Monte Carlo 试验。

图 5 为基于变换矩阵的自适应方向图控制方法、Capon 波束形成算法与静态波束形成算法输出 SINR 随快拍数的变化。由仿真可以看出, 本文方法输出 SINR 随快拍数的增加, 基本保持不变, 即本文方法可以在较少的快拍数条件下, 达到比较理想的输出 SINR; Capon 波束形成算法输出 SINR 随快拍数增加, 成线性增长的关系, 最后收敛于较高的 SINR; 静态波束形成算法由于加权矢量与环境无关, 所以输出 SINR 随快拍数没有变化。

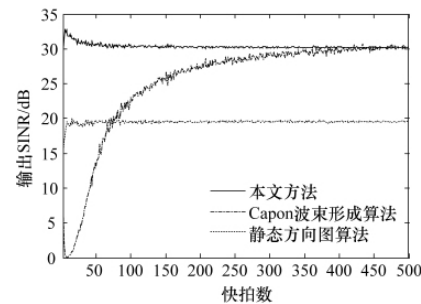


图 5 各算法输出 SINR  
Fig. 5 Output SINR for different algorithms

#### 4 结论

本文提出一种基于变换矩阵的自适应方向图控制方法, 并证明了该方法是利用变换矩阵在最大 SNR 准则下的波束形成方法。本文提出的方法可以在小快拍数条件下快速收敛, 并且在干扰不存在的情况下, 自适应方向图与静态方向图一致。在干扰存在的情况下, 抑制干扰的同时保持静态方向图的副瓣特征, 并且随着干扰强度的增加, 在干扰处形成的零陷深度也随之加深; 并且在小快拍数条件下, 可以获得较为理想的输出 SINR, 从而在一定程度上解决了权值非实时性对波束形成性能的影响。

## 参考文献 (References)

- [1] Tseng C Y, Griffiths L J. A unified approach to the design of linear constraint in minimum variance adaptive beamformer [J]. *IEEE Transactions on Antenna Propagation*, 1992, 40(12): 1533-1542.
- [2] Lombardo P, Pastina D. Pattern control for adaptive antenna processing with overlapped sub-arrays [C]. International Conference on Radar, Adelaide, Australia: South Australia Section, 2003: 188-193.
- [3] Bell K L, van Trees H L. Adaptive and non-adaptive beam pattern control using quadratic beam pattern constraints [C]//Proceedings of the 33rd Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers. Pacific Grove, CA: SS&C Inc, 1999: 486-490.
- [4] Bell K L, Wage K E. Partially adaptive LCMV beamforming with quadratic pattern constraints [C]//Proceedings of 4th World Multiconference on Systemic, Cybernetics and Informatics (SCI2000). Orlando, FL: Computing Department, 2000: 213-218.
- [5] Bell K L, van Trees H L, Griffiths L J. Adaptive beam pattern control using quadratic constraints for circular array STAP [C]//Proceedings of 2000 adaptive Sensor Array Processing Workshop (ASAP 2000). Lexington, MA: MIT Lincoln Laboratory, 2000: 483-488.
- [6] Bell K L, Wage K E. Reduced rank space-time adaptive processing with quadratic pattern constraints for airborne radar [C]//Proceedings of the 37th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers. Pacific Grove, CA: SS&C Inc, 2003: 807-811.
- [7] Tseng C Y, Griffiths L J. A simple algorithm to achieve desired pattern for arbitrary arrays[J]. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 1992, 40(11): 2737-2746.
- [8] 苏保伟, 王永良, 周良柱. 基于 LCMV 线性约束的自适应方向图控制 [J]. 电子与信息学报, 2008, 30(2): 282-285.  
Su Baowei, Wang Yongliang, Zhou Liangzhu. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2008, 30(2): 282-285.
- [9] 刘桂瑜, 廖桂生, 陶海红. 一种样本污染且快拍数有限情况下的稳健的波束形成方法[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(1): 192-195.  
Liu Guiyu, Liao Guisheng, Tao Haihong. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2009, 31(1): 192-195.
- [10] Veen B D V, Buckley K M. Beamforming: A versatile approach to spatial filtering[J]. *IEEE ASSP Magazine*, 1988, 5(2): 4-24.

(责任编辑 刘志远)

## ·科学共同体介绍·

## 双创人才计划

2007年,江苏省组织实施高层次创新创业人才引进计划(简称“双创人才计划”),围绕江苏省优先发展的重点产业,每年投入2亿元(2010年增至4亿元)专项资金,面向海内外引进200名左右高层次创新创业人才或团队,一次性给予每人100万元的资金支持,着力打造一批竞争优势明显的高新技术产品群和企业群。

为扩大引才规模、提升引才层次,2009年,双创引才计划在自主创业和企业引进类

的基础上,拓展了重点学科、重点实验室、重点创新项目,以及现代农业、服务外包2个专项引才工作。截至2009年底,通过团队引进、核心人才带动引进、高新技术项目开发引进等方式,江苏省共资助引进557名高层次人才。在该计划带动下,江苏省13个省辖市出台引才计划,形成了全方位多层次、上下联动竞相引才的生动局面。引进的创新创业人才80%来自海外,70%拥有自主知识产权成果,大多分布在江苏省重点发

展的新能源、新材料、新医药、环境保护等新兴产业。

2010年,双创人才计划共资助引进人才400名。设立新能源和智能电网、新材料、生物技术和新医药、节能环保、软件和服务外包、新传感网、文化产业、现代农业等8个引才专项,对于综合评分前200名的高层次创新创业人才,给予每人100万元的资助,其余给予每人50万元的资助。

(责任编辑 朱崇开(实习生), 滕广仁)

## ·学术动态·

## “第十二届氨基酸、多肽和蛋白质国际会议”征文

由维也纳医科大学、中国国际科技会议中心主办,中国国际科技会议中心氨基酸杂志承办的“第十二届氨基酸、多肽和蛋白质国际会议”将于2011年8月1—5日在北京市召开。旨在传递行业发展趋势和最新动向,促进国际合作交流。征文内容如下。

(1) 生物学及医学相关领域:食品化学,遗传学和实验胚胎学,医学和药物化学,新陈代谢学,微生物学,神经生物学,营养学,药理学和药物化学,生理学,氧化还原系统和自由基研究,运动医学,系统生物学,牛黄酸研究,毒理学。

(2) 化学相关领域:氨基酸转运载体,分析化学,基础化学,生物信息学,生物合成学,环境学,植物化学多胺,蛋白修饰和代谢,蛋白质结构、动力学和功能合成学。

征文截止时间:2011年3月31日。

联系方式:北京市海淀区中关村南大街1号友谊宾馆苏园写字楼中国国际科技会议中心(100873)孙俊燕;电话:010-68948708, 62174059;传真:010-68948708, 010-68949229。