

文章编号: 2095-4980(2019)03-0495-07

## 用于 HRRP 超分辨处理的 RELAX 算法性能分析

孙晶明<sup>1,2</sup>, 王梓谦<sup>1,2</sup>, 杨予昊<sup>1,2</sup>, 孙俊<sup>1,2</sup>

(1.中国电子科技集团公司 智能感知技术重点实验室, 江苏 南京 210039; 2.南京电子技术研究所, 江苏 南京 210039)

**摘要:** 针对现有文献中未出现关于RELAX算法超分辨性能的定量讨论或关于RELAX应用的边界条件分析, 导致RELAX算法的实际应用十分困难这一问题, 在详细分析RELAX算法的超分辨原理的基础上, 通过仿真给出了一些关于RELAX实际应用的边界条件及结论, 可用于指导RELAX算法在实际散射中心估计中的应用: RELAX超分辨处理对估计散射点个数不敏感; 当FFT点数约为要达到的真实分辨力所需FFT点数的2倍时, RELAX超分辨处理的重构精确度可满足要求; 在保证一定的重构精确度的前提下, RELAX超分辨处理的分辨力最高可以达到实际分辨力的2倍。本文仿真条件下, 当 $R_{SN}=10$  dB时, RELAX超分辨处理在一定误差容忍范围内基本可用。

**关键词:** 高分辨距离像; 自动目标识别; RELAX 算法; 超分辨; 散射中心估计

中图分类号: TN911.72

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201903.0495

## Performance analysis of RELAX algorithm for HRRP super resolution processing

SUN Jingming<sup>1,2</sup>, WANG Ziqian<sup>1,2</sup>, YANG Yuhao<sup>1,2</sup>, SUN Jun<sup>1,2</sup>

(1.Key Laboratory of IntelliSense Technology, China Electronic Technology Group Corporation, Nanjing Jiangsu 210039, China; (2.Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing Jiangsu 210039, China)

**Abstract:** The existing literature does not include quantitative discussion of the super resolution performance of RELAX algorithm or the content of the boundary conditions analysis of RELAX application, resulting in the practical application of RELAX algorithm is very difficult. Based on the detailed analysis of the super resolution principle of RELAX algorithm, a number of boundary conditions about the practical application of RELAX are given through simulation, and four practical conclusions are drawn that can guide the RELAX algorithm in the application of actual scattering center estimation: a) RELAX super resolution processing is not sensitive to the number of estimated scattering centers; b) when the number of FFT points is about twice that required to achieve the true resolution, the reconstruction accuracy of RELAX super resolution processing can meet the requirement; c) when ensure a certain degree of reconstruction accuracy, the maximum resolution of RELAX super resolution processing can raise up to twice the actual resolution; d) under the simulation conditions in this paper, when  $R_{SN}=10$  dB, RELAX super resolution processing is basically available within a certain error tolerance range.

**Keywords:** high resolution range profile; automatic target recognition; RELAX; super resolution; scattering center estimation

在光学区, 目标的电磁特征可以用散射中心模型近似描述<sup>[1]</sup>。高分辨距离像(High Resolution Range Profile, HRRP)等于目标上所有散射中心的响应之和, 反映了目标上所有散射中心沿径向的分布情况。相对于二维或三维雷达图像而言, HRRP 的获取更容易, 且可以实时处理<sup>[2]</sup>, 因此, 基于 HRRP 的自动目标识别(Automatic Target Recognition, ATR)技术受到广泛关注。而估计散射中心的位置和幅度是 ATR 特征提取中的关键步骤。目前, 学者们已提出了多种方法用于散射中心估计, 如 Prony<sup>[3]</sup>、多信号分类 (Multiple Signal Classification, MUSIC)<sup>[4]</sup>、正交匹配跟踪 (Orthogonal Matching Tracking, OMP)<sup>[5]</sup>、RELAX<sup>[6]</sup>等。然而, Prony 和 MUSIC 需要知道信号模型的先验信息且对噪声敏感; OMP 存在基的误匹配问题。因此, 基于 RELAX 的散射中心估计方法得到了更深

收稿日期: 2017-12-15; 修回日期: 2018-01-20

入的研究<sup>[7-9]</sup>和更广泛的应用<sup>[10-17]</sup>。

RELAX 的基本原理是将 HRRP 的谱视为所有散射中心的频率响应之和,即理想条件下的一系列复正弦函数的线性叠加。文献[7]在文献[6]的算法基础上,提出一种比补零快速傅里叶变换(FFT)运算效率更高的算法。文献[8]讨论了 RELAX 算法实现信号分离的数学机理以及实现信号分辨的一些特性,但并未给出一些具有实际应用价值的指导准则。文献[9]提出采用加窗处理技术对 RELAX 处理的核函数进行修正,以提高散射中心提取精确度,但实际仿真结果显示该方法的改进效果并不明显。文献[10-17]分别从特征提取、目标识别、角度估计等方面详细阐述了 RELAX 算法的应用,展示出 RELAX 的强大功能。但现有文献中并未出现关于 RELAX 算法超分辨性能的定量讨论或关于 RELAX 应用的边界条件分析的内容,而这对于 RELAX 算法的实际应用是十分重要且必要的。针对上述问题,本文详细分析了 RELAX 算法的超分辨原理,并通过仿真给出了一些关于 RELAX 实际应用的边界条件。

## 1 RELAX 算法超分辨原理分析

### 1.1 目标散射点模型

简单散射点模型理论认为,当雷达工作在光学区时,目标可近似为由若干个离散的散射中心组成,雷达回波是各散射中心后向散射形成的子回波的向量和。带噪声的雷达目标简单散射点模型为:

$$y_n = \sum_{k=1}^K \alpha_k e^{j2\pi f_k n} + e_n \quad (1)$$

式中:  $n=0,1,\dots,N-1$ ,  $N$  表示采样点个数;  $k=1,2,\dots,K$ ,  $K$  表示在特定的目标方位角时雷达照射到的散射点个数;  $\alpha_k$  为第  $k$  个散射点回波的复包络;  $f_k$  为第  $k$  个正弦波频率,表示第  $k$  个散射点的距离向位置信息;在 RELAX 算法中,噪声  $e_n$  松弛为  $M$  阶自回归过程,即

$$e_n = \sum_{m=1}^M a_m e_{n-m} + w_n \quad (2)$$

式中:  $a_m$  为自回归复系数;  $w_n$  表示一个零均值复高斯白噪声过程,其方差为  $\sigma^2$ 。

令

$$\begin{cases} \mathbf{y} = [y_0, y_1, \dots, y_{N-1}]^T \\ \boldsymbol{\omega}(f_k) = [1, e^{j2\pi f_k}, \dots, e^{j2\pi f_k(N-1)}]^T \\ \boldsymbol{\Omega} = [\boldsymbol{\omega}(f_1), \boldsymbol{\omega}(f_2), \dots, \boldsymbol{\omega}(f_K)] \\ \mathbf{a} = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_K]^T \\ \mathbf{e} = [e_0, e_1, \dots, e_{N-1}]^T \end{cases} \quad (3)$$

则可将上述模型写成矩阵向量形式:

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{\Omega} \mathbf{a} + \mathbf{e} \quad (4)$$

因此,散射中心估计问题转化为根据上述模型和雷达数据求取参数,即

$$\{\hat{f}_k, \hat{\alpha}_k\} = \arg \min_{\{f_k, \alpha_k\}} \|\mathbf{y} - \boldsymbol{\Omega} \mathbf{a}\|^2 \quad (5)$$

该问题是一个二维优化求解问题,RELAX 算法正是一种求解简单散射点模型参数的非线性最小二乘松弛算法。

### 1.2 RELAX 算法超分辨原理

在求解式(5)的优化问题时,假设  $\{f_k\}$  已求得,则式(5)变成一个线性最小二乘问题,  $\{\alpha_k\}$  的最小二乘解为:

$$\mathbf{a} = \boldsymbol{\Omega}^+ \mathbf{y} \quad (6)$$

式中  $\boldsymbol{\Omega}^+ = (\boldsymbol{\Omega}^H \boldsymbol{\Omega})^{-1} \boldsymbol{\Omega}^H$ , 称为  $\boldsymbol{\Omega}$  的广义逆。

将式(6)代入式(5)得

$$\{\hat{f}_k\} = \arg \min_{\{f_k\}} \|\mathbf{y} - \boldsymbol{\Omega} \boldsymbol{\Omega}^+ \mathbf{y}\|^2 \quad (7)$$

解出  $\{f_k\}$  后,代入式(6)即可得  $\{\alpha_k\}$ 。

为求解  $\{f_k, \alpha_k\}$ , RELAX 算法采用了 CLEAN<sup>[18]</sup>的思想。假设参数  $\{\hat{f}_i, \hat{\alpha}_i\}_{i=1, i \neq k}^K$  已估计出, 将由它们重构的信号分量从总的信号中减掉, 得到剩余信号:

$$y_k = y - \sum_{i=1, i \neq k}^K \hat{\alpha}_i \omega(\hat{f}_i) \quad (8)$$

显然  $y_k$  中只含有第  $k$  个信号分量。因此, 由式(6)和式(7)可得

$$\hat{\alpha}_k = \frac{\omega^H(\hat{f}_k) y_k}{N} \quad (9)$$

$$\hat{f}_k = \arg \min_{f_k} \left\| \left[ I - \frac{\omega(f_k) \omega^H(f_k)}{N} \right] y_k \right\|^2 = \arg \max_{f_k} \left| \omega^H(f_k) y_k \right|^2 \quad (10)$$

即用 FFT 可将  $f_k$  从  $y_k$  中估计出来, 然后将结果代入式(9)得到  $\alpha_k$  的估计值。需要注意的是, 在用 FFT 求解  $f_k$  时, 需要进行补零操作以确保重构精确度。

RELAX 算法的具体计算步骤简述如下:

1) 读入一次雷达回波数据, 设定散射点个数  $L$  和收敛条件。收敛条件一般为式(5)中的均方误差在相邻 2 次更新中的变化小于给定的阈值(如  $\varepsilon=10^{-3}$ )。

2) 令  $K=1$ , 由式(9)和式(10)从  $y$  中估计出  $\{\hat{f}_1, \hat{\alpha}_1\}$ 。

3) 令  $K=1$ , 根据式(8)计算出  $y_2$ , 由式(9)和式(10)从  $y_2$  中估计出  $\{\hat{f}_2, \hat{\alpha}_2\}$ ; 然后根据式(8)计算出  $y_1$ , 由式(9)和式(10)从  $y_1$  中重新估计出  $\{\hat{f}_1, \hat{\alpha}_1\}$ ; 重复这两步计算操作, 反复对估计值进行更新, 直到满足收敛条件为止。

4) 按照 CLEAN 思想和反复更新的方式可依次估计得到  $\{\hat{f}_1, \hat{\alpha}_1\}, \{\hat{f}_2, \hat{\alpha}_2\}, \dots, \{\hat{f}_L, \hat{\alpha}_L\}$ 。

从 RELAX 算法的原理可以看出, 由于其提取的是散射点模型的真实参数, 因此可以突破实际带宽即分辨力的限制, 实现更高分辨力的参数估计, 即超分辨。

## 2 RELAX 算法超分辨性能分析

本节将通过仿真从多个方面对 RELAX 算法的超分辨性能进行剖析, 以期给出 RELAX 算法在实际散射中心估计应用中的指导准则。

实验 1: 估计散射点个数敏感性

实际应用中的真实散射点个数不易确定, 而 RELAX 算法需要预先设定所要估计的散射点个数, 二者之间可能存在失配, 首先对这一问题进行考察。

设采样点个数  $N=64$ , 真实散射点个数  $K=2$ , 且散射点之间的相对距离为  $1/128$ , 散射点回波强度均为 1。本实验不考虑噪声。图 1 给出了不同估计散射点个数  $L$  的条件下, 真实 HRRP 和估计 HRRP 的比较。

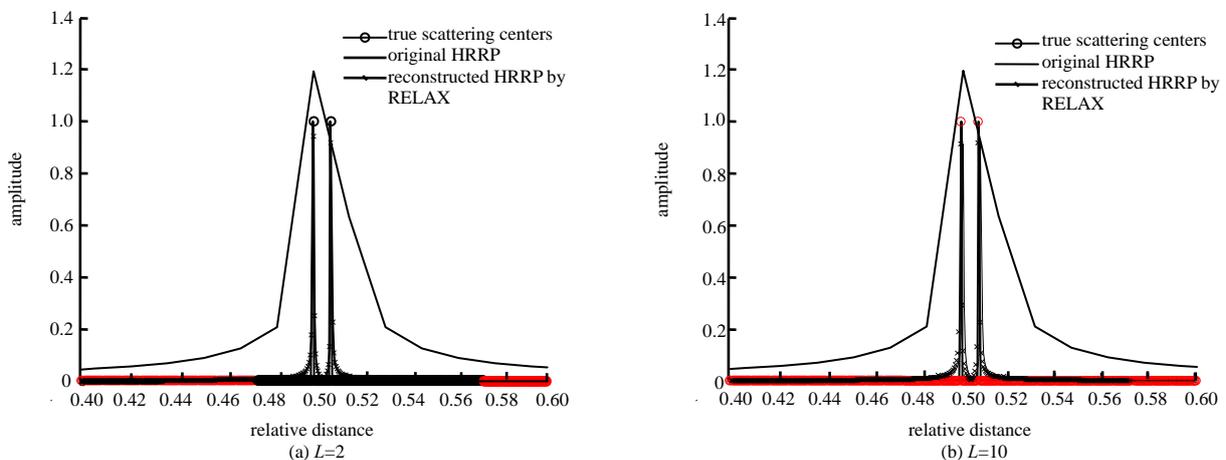


Fig.1 Comparison of true HRRP and estimated HRRP

图 1 真实 HRRP 和估计 HRRP 比较

从图 1 中可以看出，由于 2 个散射点相距很近，所以在原始 HRRP 上已经不能分辨出这两个散射点，形成了单峰。通过设置不同的估计散射点个数，采用 RELAX 算法重建的 HRRP，都达到了分辨这两个散射点的目的，且重构精确度都很高。更进一步地，均方误差(Mean Square Error, MSE)随估计散射点个数的变化曲线如图 2 所示。

从图 2 中可以看出，在不同的估计散射点个数条件下，采用 RELAX 算法重建的 HRRP，重构精确度都很高。结合图 1 和图 2 可知，由于 RELAX 算法是按散射点的强度从大到小排序依次提取，因此 RELAX 超分辨 HRRP 对估计散射点个数不敏感。散射点个数在实际应用中可根据需要设定。

实验 2: FFT 补零点数敏感性

在 RELAX 算法中，补零后的 FFT 点数  $N_{FFT}$  也是一个影响重构精确度的关键参数。其选择原则是：在保证一定的重构精确度的前提下，尽可能减少  $N_{FFT}$ ，以提高算法运行效率。

设采样点个数  $N=64$ ，真实散射点个数  $K=2$ ，且散射点之间的相对距离为  $1/128$ ，散射点回波强度均为 1，真实分辨力为  $1/1024$ ，估计散射点个数  $L=2$ 。本实验不考虑噪声。图 3 给出了不同 FFT 点数  $N_{FFT}$  的条件下，真实 HRRP 和估计 HRRP 的比较。

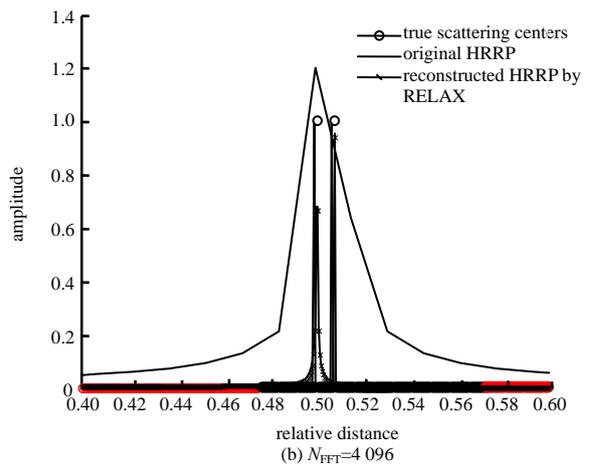
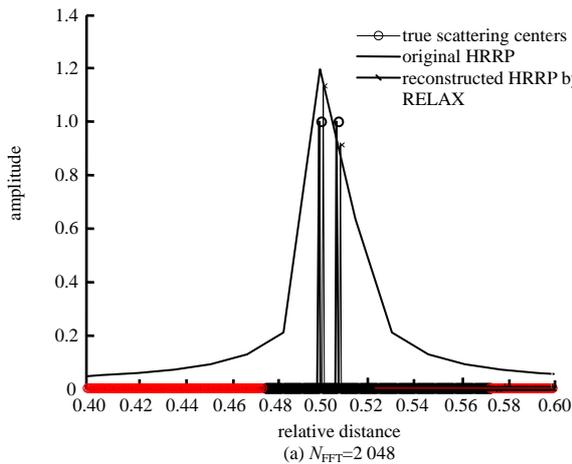


Fig.3 Comparison of true HRRP and estimated HRRP  
图 3 真实 HRRP 和估计 HRRP 比较

从图 3 中可以看出，通过设置不同的 FFT 点数，采用 RELAX 算法重建的 HRRP，都达到了分辨这 2 个散射点的目的，但当  $N_{FFT}=4096$  时，重构精确度基本达到要求。MSE 随 FFT 点数的变化曲线如图 4 所示。

从图 4 中可以看出，在不同的 FFT 点数条件下，采用 RELAX 算法重建的 HRRP，重构精确度随 FFT 点数的增加而逐渐提高，当  $N_{FFT}=2^{12}=4096=2048 \times 2$  时，重构精确度达到要求。结合图 3 和图 4 的结果可知，当 FFT 点数约为要达到真实分辨力所需 FFT 点数的 2 倍时，RELAX 超分辨 HRRP 的重构精确度可满足要求。

实验 3: 超分辨边界

RELAX 算法能实现超分辨，但其所能达到的分辨力水平与实际带宽限制下的分辨力水平之间究竟存在怎样的定量关系，下面对这一问题进行研究。

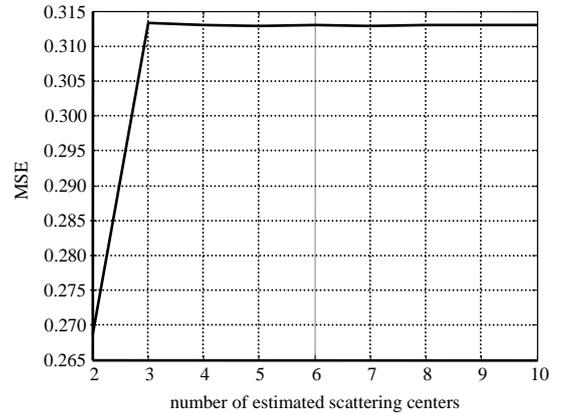


Fig.2 Relationship between MSE and the number of estimated scattering centers  
图 2 MSE 与估计散射点个数的变化关系

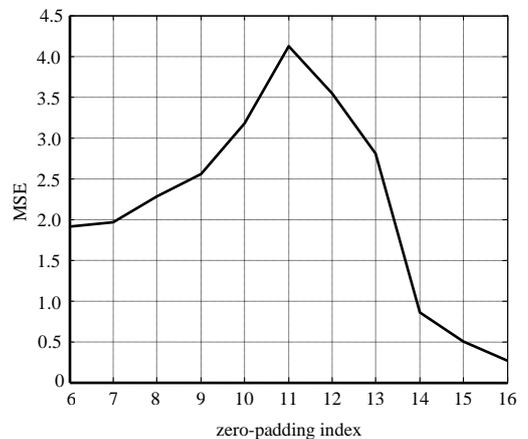


Fig.4 Relationship between MSE and the number of FFT points  
图 4 MSE 与 FFT 点数的变化关系

设真实散射点个数  $K=2$ , 且散射点之间的相对距离随采样点个数的不同而相应变化, 散射点回波强度均为 1, 估计散射点个数  $L=2$ , FFT 点数  $N_{FFT}=65536$ 。本实验不考虑噪声。图 5 给出了当采样点个数  $N=64$  时, 在不同需求分辨力  $R_d$  的条件下, 真实 HRRP 和估计 HRRP 的比较。需求分辨力是指, 要实现散射点参数的精确估计所需要达到的最低分辨力。

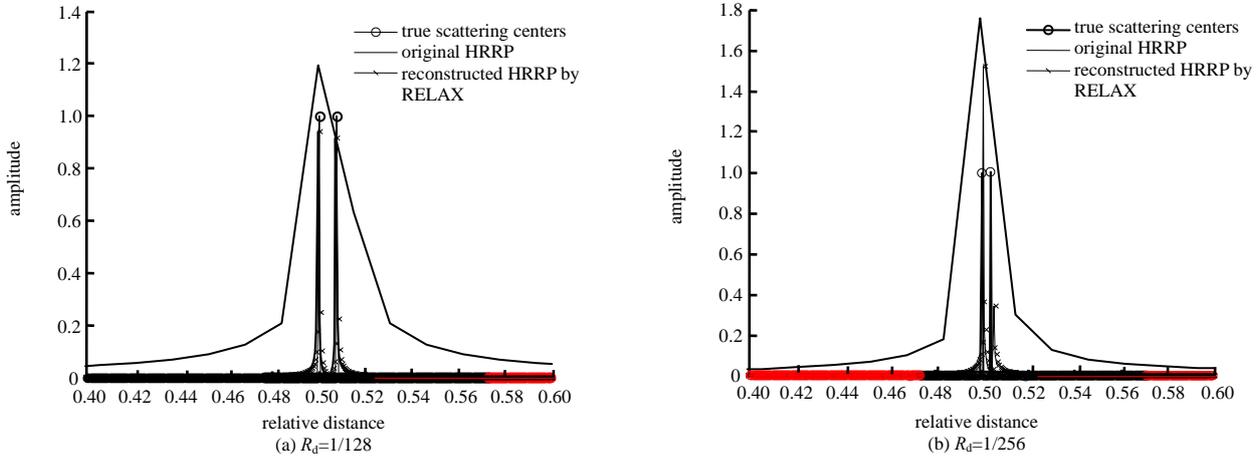


Fig.5 Comparison of true HRRP and estimated HRRP  
图 5 真实 HRRP 和估计 HRRP 比较

从图 5 中可以看出, 当  $N=64$  时, 若  $R_d=1/128$ , 采用 RELAX 算法重建的 HRRP 精确度较高; 若  $R_d=1/256$ , 采用 RELAX 算法重建的 HRRP 重构误差较大。MSE 随需求分辨力和实际分辨力的变化关系如图 6 所示。图中分辨力数值表示为  $1/2^{i+1}(i=1,2,\dots,9)$ 。

从图 6 中可以看出, 在不同的实际分辨力条件下, 采用 RELAX 算法重建的 HRRP, 重构精确度随需求分辨力的提高而逐渐降低; 在保证一定的重构精确度的前提下, 需求分辨力最高可以达到实际分辨力的两倍。结合图 5 和图 6 可知, 在保证一定的重构精确度的前提下, RELAX 超分辨 HRRP 的分辨力最高可以达到实际分辨力的 2 倍。

实验 4: 信噪比(SNR)敏感性

前面的仿真结果都是在无噪声的情况下获得的, 下面对 RELAX 算法性能关于 SNR 的敏感性问题进行研究。

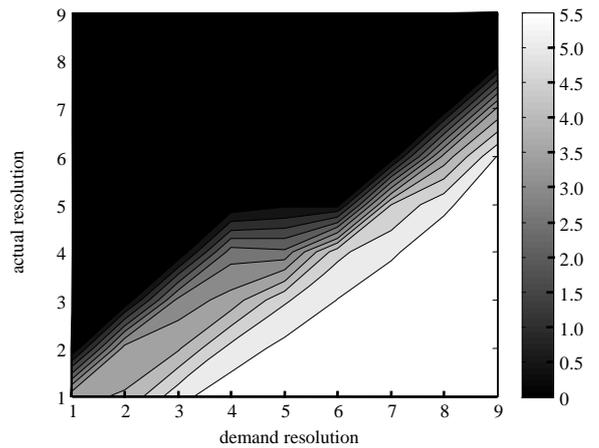


Fig.6 Relationship among MSE, the demand resolution and actual resolution  
图 6 MSE 与需求分辨力和实际分辨力的变化关系

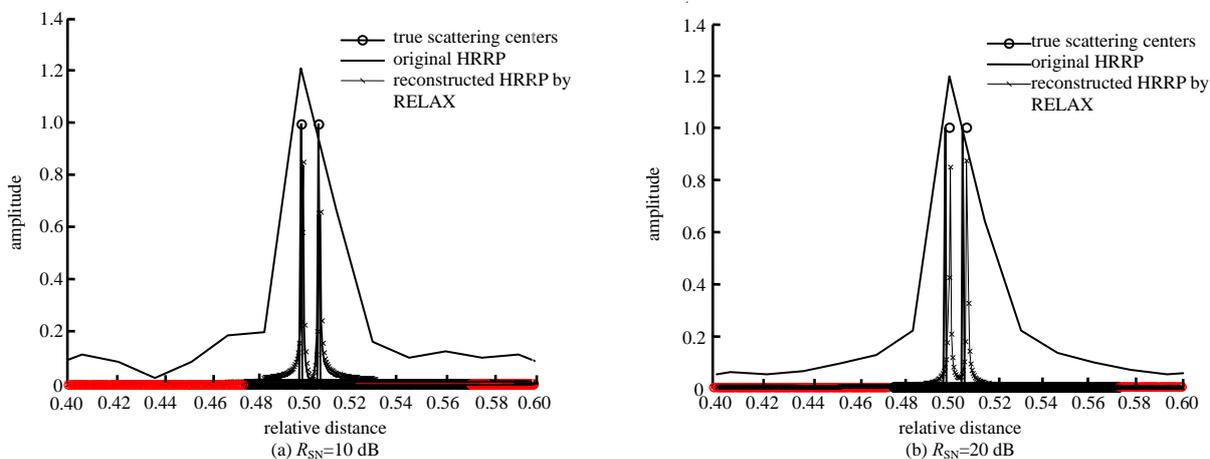


Fig.7 Comparison of true HRRP and estimated HRRP  
图 7 真实 HRRP 和估计 HRRP 比较

设采样点个数  $N=64$ , 真实散射点个数  $K=2$ , 且散射点之间的相对距离为  $1/128$ , 散射点回波强度均为 1, 估计散射点个数  $L=2$ , FFT 点数  $N_{\text{FFT}}=65\ 536$ 。图 7 给出了不同 SNR 条件下, 真实 HRRP 和估计 HRRP 的比较。

从图 7 中可以看出, 当  $R_{\text{SN}}=10$  dB 时, 采用 RELAX 算法重建的 HRRP, 重构误差基本达到要求; 当  $R_{\text{SN}}=20$  dB 时, 采用 RELAX 算法重建的 HRRP, 重构精确度较高。MSE 随 SNR 的变化曲线如图 8 所示。

从图 8 中可以看出, 在不同的 SNR 条件下, 采用 RELAX 算法重建的 HRRP, 重构精确度随 SNR 的提高而逐渐提高。结合图 7 和图 8 可知, 在  $R_{\text{SN}}=10$  dB 时, RELAX 超分辨 HRRP 在一定误差容忍范围内基本可用; 在  $R_{\text{SN}}=20$  dB 时, RELAX 超分辨 HRRP 的重构精确度较高。

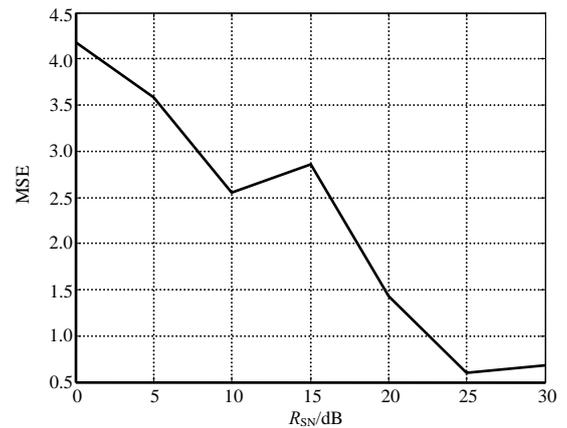


Fig. 8 Relationship between MSE and SNR  
图 8 MSE 与 SNR 的变化关系

### 3 结论

本文针对 RELAX 算法的超分辨性能, 进行了定量讨论及实际应用的边界条件分析。在详细分析 RELAX 算法的超分辨原理的基础上, 通过仿真给出了一些关于 RELAX 实际应用的边界条件, 可用于指导 RELAX 算法在实际散射中心估计中的应用。具体结论如下: a) RELAX 超分辨 HRRP 对估计散射点个数不敏感; b) 当 FFT 点数约为要达到真实分辨力所需 FFT 点数的 2 倍时, RELAX 超分辨 HRRP 的重构精确度可满足要求; c) 在保证一定的重构精确度的前提下, RELAX 超分辨 HRRP 的分辨力最高可以达到实际分辨力的 2 倍; d) 在文中仿真条件下, 当  $R_{\text{SN}}=10$  dB 时, RELAX 超分辨 HRRP 在一定误差容忍范围内基本可用。由于上述结论都是通过仿真获得的, 因此后续工作将从理论上尝试给出更严密的解释。

#### 参考文献:

- [1] LI H, WANG Y, WANG L. Matching score properties between range profiles of high-resolution radar targets[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1996, 44(4): 444-452.
- [2] LI H, YANG S. Using range profiles as feature vectors to identify aerospace objects[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1993, 41(3): 261-268.
- [3] HURST M, MITTRA R. Scattering center analysis via Prony's method[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1987, 35(8): 986-988.
- [4] KIM K, SEO D, KIM H. Efficient radar target recognition using the MUSIC algorithm and invariant feature[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2002, 50(3): 325-337.
- [5] MALLAT S, ZHANG Z. Matching pursuits with time-frequency dictionaries[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1993, 41(12): 3397-3415.
- [6] LI J, STOICA P. Efficient mixed-spectrum estimation with applications to target feature extraction[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1996, 44(2): 281-295.
- [7] LIU Z, LI J. Implementation of the RELAX algorithm[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1998, 34(2): 657-664.
- [8] 邵朝, 保铮. RELAX 算法的分辨特性分析[J]. 电子科学学刊, 1999, 21(4): 447-454. (SHAO Chao, BAO Zheng. The analysis of the resolution characters of RELAX algorithm[J]. Journal of Electronics, 1999, 21(4): 447-454.)
- [9] 王威, 贾鑫, 许小剑, 等. 一种用于目标特征提取的改进 RELAX 算法[J]. 航天电子对抗, 2010, 26(4): 22-25. (WANG Wei, JIA Xin, XU Xiaojian, et al. An improved RELAX algorithm for target feature extraction[J]. Aerospace Electronic Warfare, 2010, 26(4): 22-25.)
- [10] 刘浩, 吴季. RELAX 参数估计算法在雷达目标特征提取中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2004, 19(4): 262-265. (LIU Hao, WU Ji. Application of RELAX algorithm in radar target feature extraction[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2004, 19(4): 262-265.)
- [11] 赵朋亮, 甘怀锦, 曾海兵. 雷达目标一维距离像特征提取方法研究[J]. 电子科技, 2010, 23(8): 12-14. (ZHAO Pengliang, GAN Huaijin, ZENG Haibing. Study of radar target range profile feature extraction[J]. Electronic Science and Technology, 2010, 23(8): 12-14.)

- [12] 沈丽民. 雷达高分辨距离像的特征提取算法研究[J]. 电光与控制, 2014,21(5):50-52. (SHEN Limin. Study on radar HRRP feature extraction[J]. Electronics Optics and Control, 2014,21(5):50-52.)
- [13] LI J,ZHENG D,STOICA P. Angle and waveform estimation via RELAX[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1997,33(3):1077-1087.
- [14] 裴炳南,保铮. 基于目标散射中心和HMM分类的多视角雷达目标识别方法[J]. 电子学报, 2003,31(5):786-789. (PEI Bingnan,BAO Zheng. Multi-aspect radar target recognition method based on scattering centers and HMMs classifiers[J]. Acta Electronica Sinica, 2003,31(5):786-789.)
- [15] 王昕,董纯柱,殷红成. 基于RELAX和PSO算法的GTD模型参数估计[J]. 系统工程与电子技术, 2011,33(6):1221-1225. (WANG Xin,DONG Chunzhu,YIN Hongcheng. Parameter estimation of GTD model combining RELAX and PSO[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011,33(6):1221-1225.)
- [16] 段佳,张磊,邢孟道,等. 合成孔径雷达目标特征提取新方法[J]. 西安电子科技大学学报, 2014,41(4):13-19. (DUAN Jia,ZHANG Lei,XING Mengdao,et al. Novel feature extraction method for synthetic aperture radar targets[J]. Journal of Xidian University, 2014,41(4):13-19.)
- [17] 缪惠峰,崔炜程,张仕元. 基于RELAX算法的弹道目标一维距离像尺寸提取[J]. 空军预警学院学报, 2015,29(4):239-241. (MIAO Huifeng,CUI Weicheng,ZHAGN Shiyuan. Extraction of one-dimensional range profile size of ballistic missile targets based on RELAX algorithm[J]. Journal of Air Force Early Warning Academy, 2015,29(4):239-241.)
- [18] TSAO J,STEINBERG B. Reduction of sidelobe and speckle artifacts in microwave imaging:the CLEAN technique[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1988,36(4):543-556.

## 作者简介:



孙晶明(1984-),男,湖北省天门市人,博士,高级工程师,主要研究方向为雷达目标识别、雷达信号处理、压缩感知.email:sjm@alumni.hust.edu.cn.

王梓谦(1989-),男,南京市人,博士,高级工程师,主要研究方向为微波光子雷达、雷达信号处理.

杨予昊(1983-),男,江苏省盐城市人,博士,高级工程师,主要研究方向为雷达成像与目标识别、雷达信号处理.

孙俊(1973-),男,昆明市人,博士,研究员,主要研究方向为雷达目标识别、雷达信号处理.

## 第六届新型光电探测技术及其应用研讨会

<https://b2b.csoe.org.cn/meeting/show-42.html>

继前五届新型光电探测技术及其应用研讨会成功召开之后,应广大专家和代表要求,组委会将于2019年11月继续举办“第六届新型光电探测技术及其应用研讨会”,深入研讨近年来涌现出的各种新型探测技术,包括微光探测、偏振探测、量子探测、单光子探测技术等。以促进我国新型光电探测技术及相关产业的可持续、健康发展。诚挚欢迎国内外相关领域的科研人员、教师、研究生等踊跃投稿。

**论文发表:** 请作者登录网站提交论文全文,组委会请专家进行审稿。通过审查的稿件被大会录用。择优推荐到正式出版物发表。英文稿件,将被SPIE会议论文集(EI检索)收录。中文稿件推荐至《红外与激光工程》(EI)、《光学精密工程》(EI)、《光子学报》(EI)、《兵工学报》(EI)、《中国光学》(EI)、《信息与控制》(中文核心期刊)、《电光与控制》(中文核心期刊)、《应用光学》(中文核心期刊)、《现代防御技术》(中文核心期刊)、《红外技术》(中文核心期刊)、《探测与控制学报》(中文核心期刊)、《光学与光电技术》(科技核心期刊)、《太赫兹科学与电子信息学报》(中文核心期刊)正刊出版。

**投稿网址:** <http://events.kjtxw.com/tougao/NDTA2019.html>

**投稿截止时间:** 2018年7月31日

**组委会:** 联系人:刘艳

电子邮箱: liuyan@csoe.org.cn

联系电话: 022-58168510

更多详情请登录网站: <http://www.iaeej.com>