

Сравнительный анализ эффективности алгоритмов обработки принятого сигнала в подповерхностных радиолокаторах

Науен В.З.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Гринкевич А.В. – к.т.н., доцент

В докладе рассматривается алгоритм классического дискретного преобразования Фурье (ДФ) и алгоритмы адаптивной спектральной оценки на основе минимума дисперсии (МД) оценки.

Математическое описание исследуемых методов

Классический алгоритм оценки спектральной плотности мощности (СПМ) принятого сигнала записывается в матричном виде [1, 2]:

$$\hat{\mathbf{P}}_{\text{кл}}(f) = \mathbf{S}^* \cdot \mathbf{\Phi} \cdot \mathbf{S} \quad (1)$$

где $\hat{\mathbf{P}}_{\text{кл}}(f)$ – оценка мощности спектральных составляющих для классического алгоритма;

\mathbf{S} – вектор обзора по частоте, определяющий частоту наблюдения;

$\mathbf{\Phi} = \mathbf{\Phi}_c + \mathbf{\Phi}_n$ – оценка корреляционной матрицы аддитивной смеси сигнала и помех.

$\mathbf{\Phi}_c = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \mathbf{U}_c \cdot \mathbf{U}_c^*$ – оценка корреляционной матрицы входного сигнала

K – количество временных выборок;

\mathbf{U}_c – вектор-столбец сигнала $u(t)$;

Пересчет частоты в координаты глубины r осуществляется с использованием выражения:

$$r = \frac{\tilde{f} \cdot c \cdot T_0}{2\Delta f}$$

(2)

где \tilde{f} – разностная частота;

c – скорость распространения электромагнитной волны в вакууме;

T_0 – длительность зондирующего сигнала;

Δf – диапазон перестройки частоты (ширина спектра сигнала).

С учетом (1) выражение (2) в координатах глубины примет вид:

$$\hat{\mathbf{P}}_{\text{кл}}(r) = \mathbf{S}^*(r) \cdot \mathbf{\Phi} \cdot \mathbf{S}(r) \quad (3)$$

Для получения высокого разрешения по сравнению с (3) возможно использование адаптивных методов спектрального оценивания (метода максимального правдоподобия, метода минимума дисперсии шума).

Алгоритм получения МД-оценки СПМ принятого сигнала имеет вид [1-3]:

$$\hat{\mathbf{P}}_{\text{МД}}(f) = \frac{1}{\mathbf{S}^* \cdot \mathbf{\Phi}^{-1} \cdot \mathbf{S}} \quad (4)$$

где $\hat{\mathbf{P}}_{\text{МД}}(f)$ – оценка мощности спектральных составляющих по критерию МД;

\mathbf{S} – вектор обзора по частоте, определяющий частоту наблюдения;

$\mathbf{\Phi}$ – оценка корреляционной матрицы смеси сигнала и шума.

С учетом (2) записан выражение (4):

$$\hat{\mathbf{P}}_{МД}(r) = \frac{1}{\mathbf{S}^*(r) \cdot \Phi^{-1} \cdot \mathbf{S}(r)} = \left[\mathbf{S}^*(r) \cdot \Phi^{-1} \cdot \mathbf{S}(r) \right]^{-1} \quad (5)$$

Результаты математического моделирования

На рис. 1 представлены результаты моделирования частотного радиолокационного глубинного портрета для двух различных заглубленных объектов. Объекта с толщиной 0,1 м, радиусом 0,15 м установленного на глубину 0,05 и 0,1 м в сухой земле.

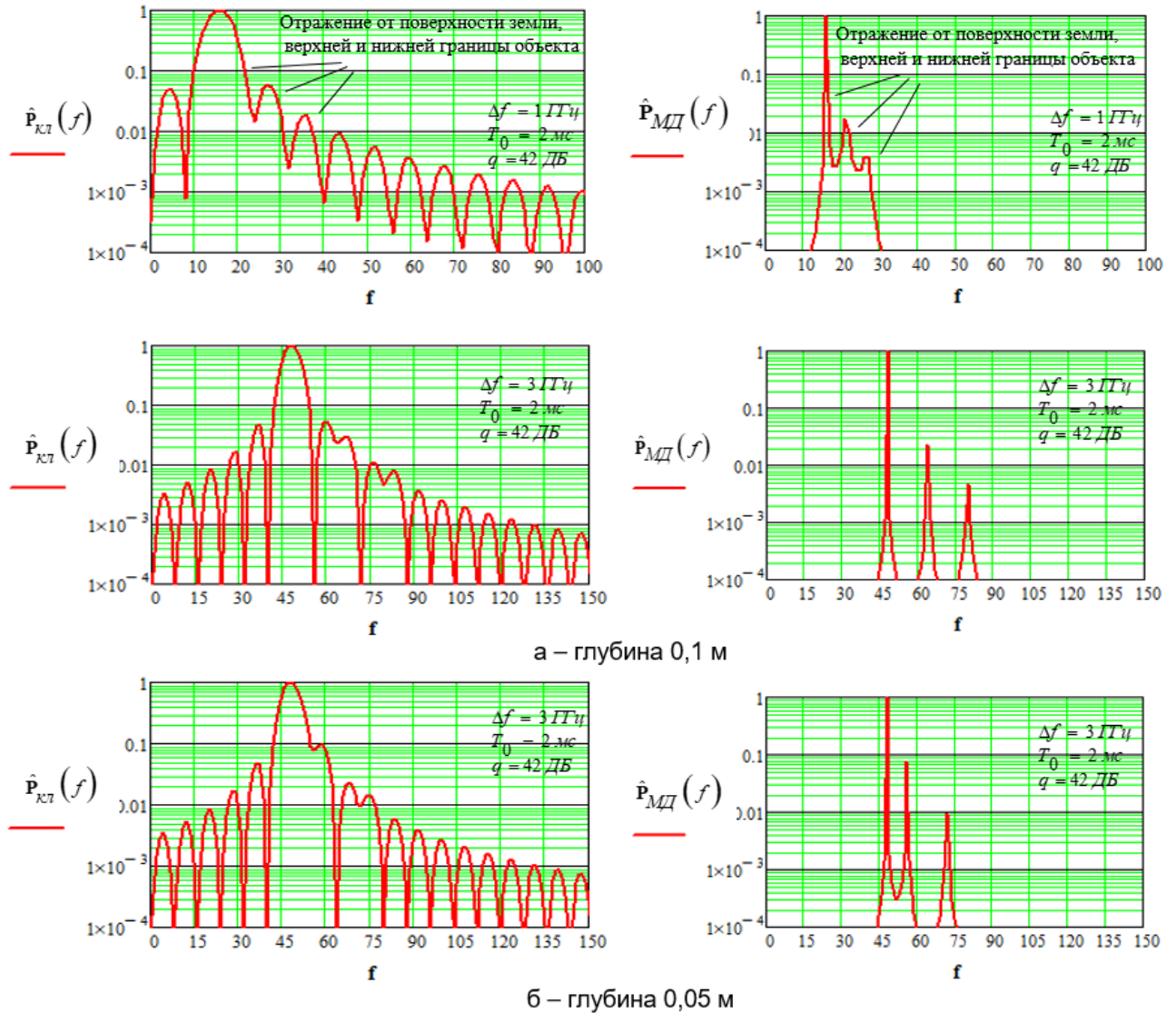


Рисунок 1 – Результаты моделирования классического ($\hat{\mathbf{P}}_{кл}(f)$) и адативного ($\hat{\mathbf{P}}_{МД}(f)$) алгоритмов для различных заглубленных объектов а и б.

Выводы

Результаты моделирования показывают, что метод МД оценки дает лучшее разрешение по сравнению с ДПФ в заданном диапазоне частот. Что позволяет обнаруживать и идентифицировать малые объекты, расположенные близко к поверхности земли.

Список использованных источников:

1. Вопросы подповерхностной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А.Ю. Гринёва. – М.: Радиотехника, 2005. – 416 с.: ил (Сер. «Радиолокация»).
2. Марпл.-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / Пер. С англ. – М.: Мир, 1990. -584 с.
3. ФИНКЕЛЬШТЕЙН М.И., КАРПУХИН В.И., КУТЕЕВ В.А., МЕТЕЛКИН В.Н. ПОДПОВЕРХНОСТНАЯ РАДИОЛОКАЦИЯ.