

## КЕПСТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ОЦЕНИВАНИЯ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБЪЕКТА

С.Н. ЯРМОЛИК, А.С. ХРАМЕНКОВ, М.В. СВИНАРСКИЙ

*Военная академия Республики Беларусь  
пр-т Независимости, 220, г. Минск, 220057, Республика Беларусь  
xras.tech@mail.ru*

Для формирования оценки импульсной характеристики наблюдаемого радиолокационного объекта предлагается использовать метод кепстрального анализа сигналов. Основу предложенного метода составляет переход от кепстра принятого сигнала к кепстру импульсной характеристики объекта, с последующим выделением отсчетов импульсной характеристики цели. Рассмотрены особенности предложенного метода оценивания, приведены результаты математического моделирования.

*Ключевые слова:* импульсная характеристика радиолокационного объекта, кепстральный метод, радиолокационное распознавание.

При решении задачи радиолокационного распознавания наблюдаемых объектов весьма информативным признаком является импульсная характеристика цели ( $h(t, \bar{\theta})$ ), где  $\bar{\theta}$  – вектор малоинформативных параметров, характеризующих условие наблюдения цели). Под импульсной характеристикой (ИХ) радиолокационного объекта понимают его отклик на короткое импульсное воздействие (импульсы наносекундной длительности). ИХ характеризует распределение отражающих свойств радиолокационного объекта вдоль его радиальной протяженности (аналог дальномерного радиолокационного портрета цели) и содержит информацию о классе или типе объекта.

Отраженный от цели сигнал ( $m(t)$ ) в общем случае представляет собой результат линейной свертки ИХ цели и зондирующего радиоимпульса ( $u_0(t)$ ):

$$m(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} u_0(t) h(t - \tau) d\tau. \quad (1)$$

В частотной области рассматриваемая свертка эквивалентна произведению комплексных спектров рассматриваемых функций:

$$G_m(\omega) = G_{u_0}(\omega) G_h(\omega), \quad (2)$$

где  $G_m(\omega)$ ,  $G_{u_0}(\omega)$  – спектры отраженного и зондирующего сигналов;

$G_h(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) e^{-j\omega t} dt$  – комплексная частотная характеристика радиолокационного объекта.

При обработке сигналов (в том числе и радиолокационных) определенный интерес представляет использование кепстрального анализа. Под кепстром функции, как правило, понимают обратное преобразование Фурье (ОПФ) от логарифма анализируемой функции:  $C_f(q) = \text{iff}t [\ln G_f(\omega)]$ .

В качестве анализируемой функции будем рассматривать реализацию принятого радиолокационного сигнала:  $f(t) = m(t) + n(t)$ ,  $n(t)$  – случайная реализация радиолокационного фона, сопутствующего наблюдению отраженного от цели сигнала.

Для формирования оценки импульсной характеристики наблюдаемого радиолокационного объекта предлагается следующая методика:

1) рассчитываются спектры зондирующего  $G_{u_0}(\omega) = \text{fft}[u_0(t)]$  и принятого  $G_f(\omega) = \text{fft}[f(t)]$  сигналов;

2) рассчитывается кепстр принятого сигнала:

$$C_f(q) = \text{iff}[\ln G_f(\omega)] \cong \text{iff}[\ln G_{u_0}(\omega)] + \text{iff}[\ln G_h(\omega)] = C_{u_0}(q) + C_h(q)$$

Следует отметить, что при больших значениях отношения сигнал-шум кепстр принятого сигнала представляет собой сумму кепстров зондирующего сигнала и ИХ наблюдаемого объекта.

3) рассчитывается кепстр импульсной характеристики наблюдаемого объекта  $C_h(q) = C_f(q) - C_{u_0}(q)$ ;

4) исходя из обратного кепстрального преобразования рассчитывается спектр ИХ цели:  $G_h(\omega) = e^{\ln G_f(\omega) - \ln G_{u_0}(\omega)}$ ;

5) с помощью ОПФ определяется импульсная характеристика наблюдаемого радиолокационного объекта  $h(t) = \text{iff}[G_h(\omega)]$ .

Для оценки точности оценивания ИХ наблюдаемого радиолокационного объекта использовался метод математического моделирования. При этом моделировалась случайная реализация принятого сигнала  $f(t)$  с учетом анализируемого значения отношения сигнал-шум. На рис. 1 представлены результаты моделирования импульсной характеристики цели типа стратегический бомбардировщик.

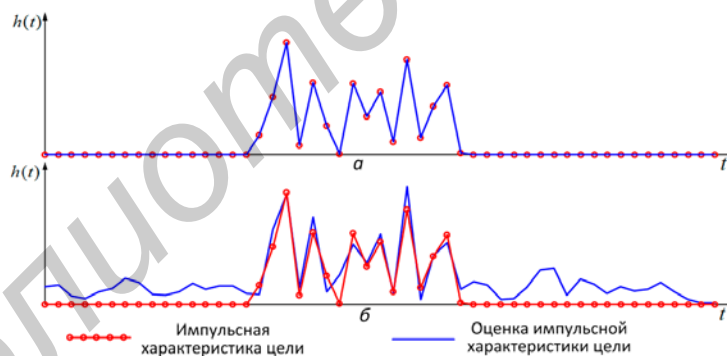


Рис. 1. Результаты моделирования оценки импульсной характеристики цели:  
а – при отсутствии шума; б – при отношении сигнал-шум 25 дБ

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что точность оценивания импульсной характеристики зависит от условий наблюдения радиолокационного объекта. Для правдоподобной оценки ИХ требуется достаточно высокое значение отношения сигнал-шум (>25 дБ).

Следует отметить, что в ряде практических случаев при решении задачи классификации радиолокационных объектов известны координаты и параметры движения целей. В этом случае оценку ИХ цели целесообразно производить в строге дальности, протяженность которого определяется радиальными размерами цели. Отмеченный подход позволяет уменьшить паразитное влияние радиолокационного фона на точность оценивания импульсной характеристики наблюдаемого объекта.