

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕСОВЫХ ОКОН В СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

Горбатенко П.К.

Тулский филиал ФГУП «Конструкторское бюро машиностроения»

При анализе доплеровских (или псевдодоплеровских) сигналов, полученных от различных объектов, имеются усложняющие процедуру обработки факторы, а именно:

- начиная от момента формирования зондирующего сигнала, на всем пути его распространения в сигнал вносятся шумовые искажения, которые, в частности, «размывают» основные спектральные компоненты сигнала;

- в результате отражения от объекта сигнал может получить несколько доплеровских (или псевдодоплеровских) спектральных компонент, которые могут быть расположены на частотной оси достаточно близко друг к другу;

- при использовании сложнокодированного зондирующего сигнала возникает необходимость дополнительных преобразований отраженного от объекта сигнала с целью выделения из него доплеровского сигнала, что вносит коррективы в алгоритм дальнейшей обработки.

В общем виде для решения задачи выделения признаков сигнал требуется подвергнуть фильтрации с помощью «гребенки» полосовых фильтров. При этом дальнейшая обработка осуществляется на основе результатов фильтрации.

При использовании цифровой обработки сигналов классическим средством расчета спектра сигнала является дискретное преобразование Фурье. Процедура обобщенной фильтрации сигнала в этом случае состоит в умножении сигнала на весовую функцию, или функцию весового окна, спектр которой определяет параметры фильтрации сигнала. Окно прямоугольной формы неоптимально при анализе стационарных сигналов ввиду потенциальной разрывности на соединяемых друг с другом концах обрабатываемой реализации. Более удобная для применения весовая функция должна иметь нулевые значения на обоих концах и плавно изменяющиеся значения в пределах заданной длины реализации анализируемого сигнала.

В качестве примера рассмотрим два объекта – грузовой автомобиль и человека. В спектре грузового автомобиля (рис. 1, а) доминирующее положение занимает доплеровская частота кузова. Однако в спектре присутствуют и частоты от колес, и частоты от других независимо изменяющих свое положение в пространстве деталей автомобиля.

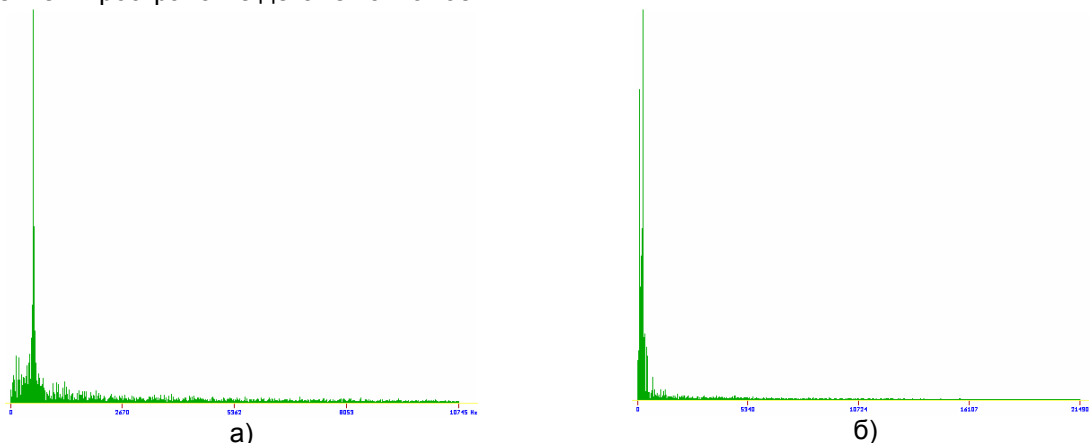


Рис. 1. Спектры сигналов от различных объектов:

- а) – от грузового автомобиля (автомобиль движется в направлении от РЛС, боковая проекция, длина волны зондирующего сигнала 2 см, 1024-точечное ДПФ, частота дискретизации 22050 Гц)
- б) – от человека (человек бежит в направлении от РЛС, тыловая проекция, длина волны зондирующего сигнала 2 см, 1024-точечное ДПФ, частота дискретизации 44100 Гц)

Частоты, вносимые в спектр не кузовом автомобиля, различить достаточно сложно, особенно в области, расположенной выше доминирующей частоты. В спектре отраженного сигнала от движущегося человека (рис. 1, б) имеется несколько наиболее значимых компонент, что обусловлено как движением корпуса, так и движением конечностей человека. И в этом случае возможно различить лишь доминирующие компоненты спектра.

Задачи обобщенного фильтра – выделение имеющих наибольшее влияние спектральных компонент вблизи доминирующей компоненты, различение наиболее значимых компонент (или областей) спектра, обеспечение возможности наблюдения за изменением значений выделенных

компонент. Для решения указанных задач спектральная характеристика обобщенного фильтра должна быть представлена в виде набора выраженных спектральных областей – «лепестков». Подобному требованию удовлетворяет весовое окно Кайзера-Бесселя:

$$w(n) = \frac{I_0 \left( \beta \sqrt{1 - \left( \frac{2n}{N-1} - 1 \right)^2} \right)}{I_0(\beta)}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1.$$

Преимущество этого весового окна состоит еще и в том, что, изменяя значение параметра  $\beta$ , можно изменить спектральное представление весового окна (рис. 2).

Результаты фильтрации сигналов от грузового автомобиля и человека представлены на рис. 3 и рис. 4.

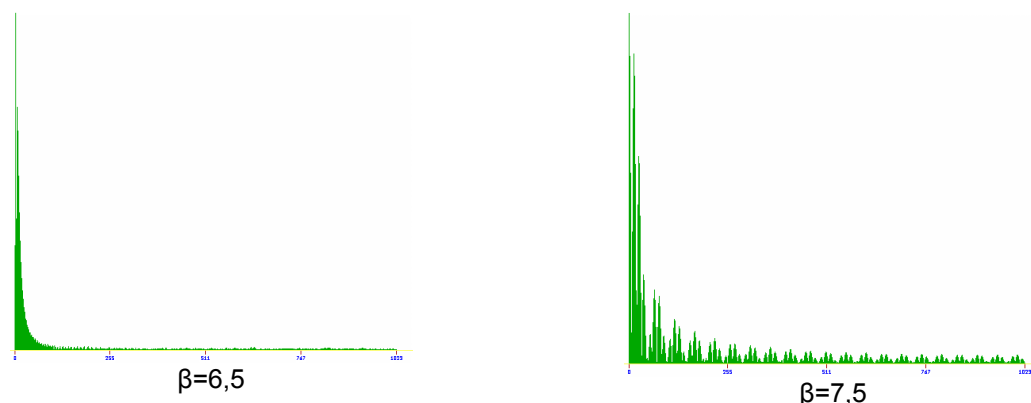


Рис. 2. Спектральное представление весового окна Кайзера-Бесселя (1024-точечное ДПФ)

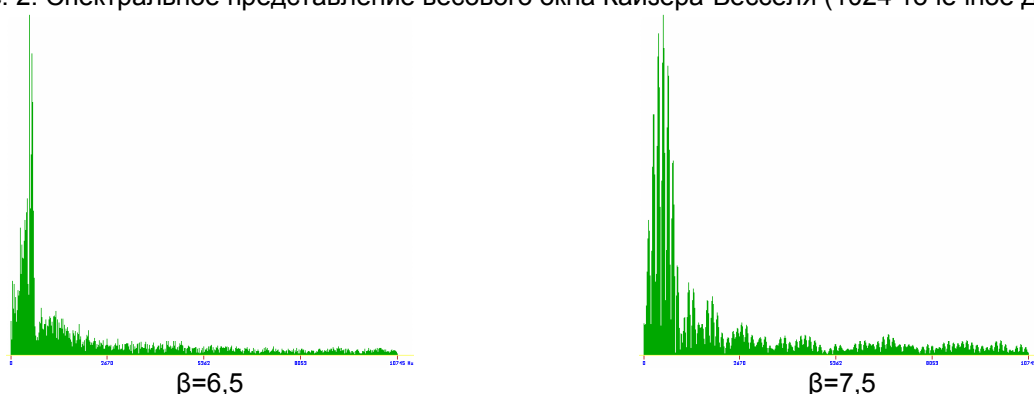


Рис. 3. Спектр сигнала от грузового автомобиля при наложении весового окна

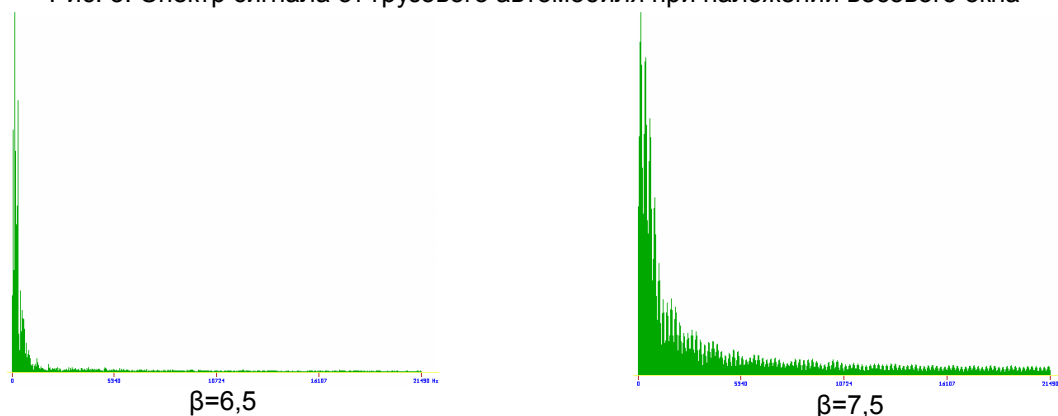


Рис. 4. Спектр сигнала от человека при наложении весового окна

При значении  $\beta=6,5$  становится различимым как высокочастотный «рельеф» спектра, так и характер влияния движущихся частей объектов на спектр сигнала (доплеровская информация). При  $\beta=7,5$  выделяются имеющие наибольшее влияние спектральные компоненты вблизи доминирующих компонент, становятся различимыми наиболее значимые компоненты (или области) в высокочастотной части спектра.

Применение весовых окон в спектральном анализе радиолокационных сигналов позволяет упростить процедуру дальнейшей обработки сигнала, что при сохранении качества результата приводит либо к уменьшению времени обработки, либо к уменьшению аппаратных ресурсов.

### Литература

1. Ермоленко В.П. и др. Учет вида зондирующего сигнала и архитектурных особенностей радиолокационных целей при определении потенциальных возможностей их распознавания // Зарубежная радиоэлектроника, 1996, № 11. – с. 73-76.
2. Бондарев Л.А. Отражающие свойства моделей сложных радиолокационных целей // Радиотехника, 1990, № 7. – с. 8-13.
3. Кравченко В.Ф. и др. Спектральные свойства атомарных функций в задачах цифровой обработки сигналов // Радиотехника и электроника. Том 46. – 2001, № 5. – с. 1-19.
4. Горбатенко П.К. Получение информации об объектах с использованием спектрального анализа радиолокационных сигналов / Доклады 4-й Международной НТК «Цифровая обработка сигналов и ее применение». Том 1. – М.: ИПРЖР, 2002. – с. 175-176.



### USE OF WEIGHT WINDOWS IN THE SPECTRAL ANALYSIS OF RADAR-TRACKING SIGNALS

Gorbatenko P.

At the analysis of radar-tracking signals received from different objects, the procedure of processing becomes complicated, because on path of distribution, exposes noise distortions of a signal, which deform the basic spectral components of a signal; as a result of reflection from object the signal can receive some important spectral components, which closely to each other enough can be located on axes of frequency; application of a wideband coded signal requires of additional transformations of the signal, reflected from object, with the purpose of extraction from him Doppler signal, that brings in corrective amendments to algorithm of the further processing.

For the decision of a task of extraction of attributes the signal is necessary to expose filtrations with the help of a set of bandpass filters. The further processing is carried out on the basis of results of a filtration.

The procedure of the generalized filtration of a signal consists in multiplication of a signal to function of a weight window, which spectrum determines parameters of a filtration of a signal.

Tasks of the generalized filter - selection of the most important spectral components located near to dominant components, distinction the most important component (or areas) spectrum, possibility of supervision of change of meanings extracted components. For the decision of the specified tasks the spectral characteristic of the generalized filter should be submitted as a set of the expressed spectral areas. To the similar requirement satisfies a weight window Kaiser-Bessel.

The application of weight windows in the spectral analysis of radar-tracking signals allows to simplify procedure of the further processing of a signal, that at preservation of quality of result allows to lower time of processing, or to lower of hardware resources.