

## АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ РСА, ПАРАЗИТИРУЮЩЕГО НА ТЕЛЕВИЗИОННОМ СИГНАЛЕ

О.В. Горячкин<sup>1</sup>, Б.Г. Женгуров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Самара, ПГУТИ oleg.goryachkin@gmail.com;

<sup>2</sup> Самара, "ЦСКБ – Прогресс", loir47@rambler.ru

## ALGORITHM IMAGE INFORMATION FOR BISTATIC PARASITIC SAR BASED ON TV SIGNAL

O. V. Goryachkin, B.G. Zhengurov

В настоящее время актуален вопрос разработки новых методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в СВЧ диапазоне. Одним из перспективных методов получения радиолокационных изображений поверхности Земли является метод многопозиционной радиолокации [1]. Например, может использоваться система, где в качестве зондирующего сигнала используется ТВ сигнал. К положительным моментам подобной реализации многопозиционной системы можно отнести возможность зондирования подстилающей поверхности при различных несущих частотах, в зависимости от выбранного канала ТВ-вещания, дешевизна реализации системы, скрытность. К недостаткам можно отнести сравнительно низкое пространственное разрешение (25-50 метров), низкая помехоустойчивость.

В докладе рассматриваются вопросы разработки алгоритма формирования радиолокационных изображений РСА, паразитирующего на ТВ – сигнале.

Ключевым моментом для формирования качественного радиолокационного изображения является необходимость компенсации синхросигналов ТВ вещания. Для исследования эффективности различных методов компенсации, было проведено имитационное математическое моделирование системы.

Для проведения моделирования рассматривалась геометрическая модель системы, представленная на рисунке 1.

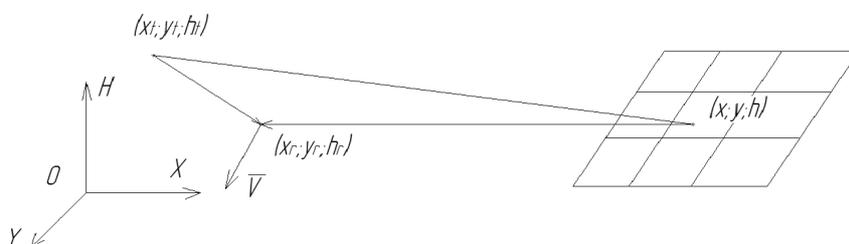


Рис. 1

Здесь, введена система координат, где источник сигнала имеет координаты  $(x_t, y_t, h_t)$ . Приемник имеет начальные координаты  $(x_r, y_r, h_r)$  и движется параллельно оси  $OY$  со скоростью  $V$ .

Сигнал, излучаемый передатчиком ТВ вещания, поступает в приемник, который находится на движущемся объекте по двум каналам: прямой - непосредственно от телецентра; отраженный - после отражения от поверхности Земли.

Сигнал, излученный передатчиком можно записать в виде

$$\dot{s}_{tran}(t) = \dot{u}(t)e^{j\omega_0 t}, \quad t \in [t_1; t_2], \quad (1)$$

где  $\dot{u}(t)$  – комплексная огибающая ТВ- сигнала,

$\omega_0$  – несущая частота сигнала.

Сигнал, принятый по прямому каналу

$$\dot{s}_1(t) = s_{tran}(t - \tau_1) e^{j\omega_0(t - \tau_1)} + n_1(t), \quad (2)$$

где  $n_1(t)$  - комплексный шум прямого канала,

$$\tau_1(t) = \frac{\sqrt{(x_t - x_r)^2 + (y_r + Vt - y_r)^2 + (hr - ht)^2}}{c} \quad (3)$$

Расстояние от передатчика до отражающего элемента поверхности

$$R_c(x, y) = \sqrt{(x_t - x)^2 + (y_t - y)^2 + ht^2} \quad (4)$$

Расстояние от отражающей точки до приемника

$$R(t, x, y) = \sqrt{(x - x_r)^2 + (y - y_r - Vt)^2} \quad (5)$$

Время задержки определяется следующим образом

$$\tau_2(t, x, y) = \frac{R_c(t, x, y) + R(t, x, y)}{c} \quad (6)$$

Сигнал, отраженный от поверхности

$$\dot{s}_2(t) = \iint_D \dot{s}_{tran}(t - \tau_2(t, x, y)) \xi(x, y) dx dy + \dot{n}_2(t) \quad (7)$$

где  $\xi(x, y)$  - коэффициент отражения элемента поверхности,

$n_2(t)$  - комплексный шум отраженного канала,

D - область отражения.

Изображение поверхности формируется в соответствии с правилами корреляционного приема, как корреляционный интеграл между сигналами принятыми по прямому и отраженному каналам с умножением на комплексную экспоненту, учитывающую разность хода сигнала сигналов между обоими каналами.

$$I(x, y) = \int_{t_1}^{t_2} s_2(t) s_1^*(t + \tau_1(t) - \tau_2(t, x, y)) e^{j\omega_0 \tau_1(t, x, y)} dt \quad (8)$$

В ходе моделирования была построена функция рассеяния точки поверхности для системы РСА, паразитирующей на телевизионном сигнала стандарта SECAM (Рисунок 2). На рисунке 3 представлена функция рассеяния ТВ сигнала без синхроимпульсов. Качество радиолокационного тем лучше, чем острее пик функции рассеяния. Следовательно, для получения качественного изображения необходима фильтрация синхроимпульсов.

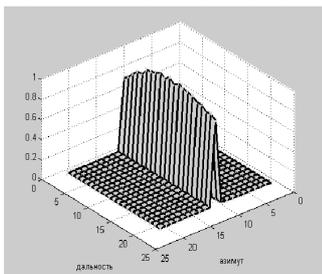


Рис. 2

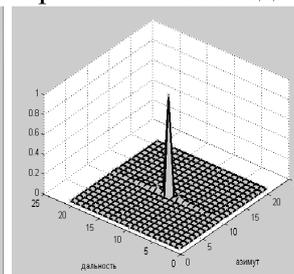


Рис. 3

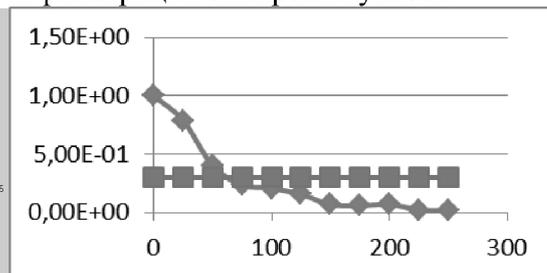


Рис. 4

Для компенсации синхроимпульсов анализировались фильтр верхних частот, череспериодные компенсатор различных порядков. В результате была подобрана оптимальное сочетание данных фильтров и результат подавления показан на рисунке 4. Функция рассеяния отражающей поверхности сигнала после фильтрации представлена на рисунке 4.

Проведенное имитационно математическое моделирование показывает возможность создания радиолокационной системы ДЗЗ, паразитирующего на телевизионном сигнале с пространственным разрешением до 50 метров.

### Литература

1. Басараб М., Волосюк В., Горячкин О. и др. Цифровая обработка сигналов и изображений / под ред. В.Ф. Кравченко // Физматлит, 2008.