

FORMING OF RADAR IMAGE OF TARGET, CONSISTING OF BRIGHT POINTS IN ULTRA WIDEBAND RADAR

Dimitar I. Sumulyov

AAD and CIS Faculty, "Vassil Levski" NMU, Shumen, Bulgaria

Abstract: *An algorithm with time-frequency transformation for signal processing and image forming of target is studied. Research on different cores of time-frequency transformation, different signal to noise ratios and different orientation of target are made. Results showed that the certain cores are better for lower signal to noise ratio.*

Keywords: *UWB radar, Time-frequency transforming, Radar image*

ФОРМИРАНЕ НА ИЗОБРАЖЕНИЕ ОТ РАДИОЛОКАЦИОННА ЦЕЛ, СЪСТОЯЩА СЕ ОТ БЛЕСТЯЩИ ТОЧКИ В СВРЪХШИРОКОЛЕНТОВ РАДАР

Димитър И. Сумульов

Факултет „А, ПВО и КИС“, НВУ „В. Левски“, Шумен, България

1. ВЪВЕДЕНИЕ

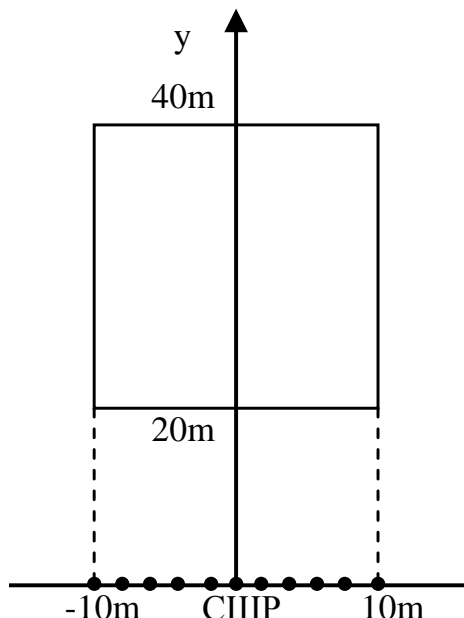
Развитието на свръхшироколентовите (UltraWideBand –UWB) технологии в последните десетилетия, доведе до внедряването на различни радари за откриване на обекти върху и под земната повърхност, системи за формиране на радиолокационно изображение на обекти (включително и през стени), автомобилни радарни системи, комуникационни системи, системи за извършване на измервания, медицински системи и др. Тези системи поставят и нови изисквания както към използваните антени, така и към методите, използвани за анализ и проектиране .

В свръхшироколентовите радари (СШР) се използват различни алгоритми за обработка на сигналите и за формиране на изображения на наблюдавания сектор [1]. За да се определят условията, при които даден алгоритъм е подходящ за използване е необходимо да се извършват изследвания. Изследванията трябва да обхващат използване на различни параметри на алгоритмите и работата на алгоритмите при различни отношения сигнал/шум.

В доклада е изследван алгоритъмът, предложен в [2] при различни условия на работа. Предложен модел на цел, състояща се от няколко блестящи точки, за която може да се задава различна ориентация спрямо радара. Направени са изследвания при използване на различни ядра на преобразуването при различни отношения сигнал/шум и при различна ориентация на целта.

2. ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛГОРИТЪМ ЗА ОБРАБОТКА

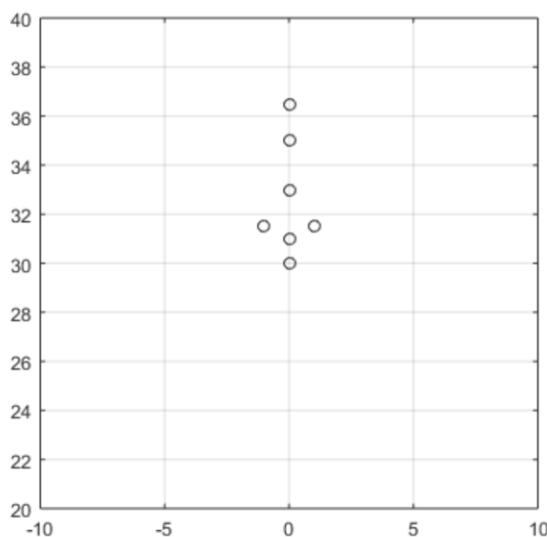
При изследванията е използвана геометричната постановка на разположение на радара и сектора на наблюдение, показана на фигура 1 [2]. Антените на СШР са разположени по оста y през разстояние от 2 метра. Всеки пиксел в изображението отговаря на квадрат от сектора със страна $dx = dy = 0,05m$. Времевият интервал, в който радара приема отразени сигнали, се определя от максималното и минималното разстояние от елемент на антенната система до координатите на точка от наблюдавания сектор [2, 3].



Фигура 1. Геометрично разположение на радара и наблюдавания сектор.

Номерата на дискретите от времевия маргинал, които съответстват на даден пиксел от изображението се определят отделно за всеки елемент от антенната решетка по алгоритъма, предложен в [3]. Индексите за всеки пиксел се изчисляват предварително и се запамятват, като по този начин по време на обработката не е необходимо те да бъдат изчислявани.

На фигура 2 е показано геометричното разположение на блестящите точки на тестовата цел при ориентация по оста y .



Фигура 2. Цел, състояща се от блестящи точки.

При симулациите се използва сигнал във вид на нормиран гаусов импулс, като отразения сигнал е сума от отразените сигнали от блестящите точки на целта:

$$(1) \quad s_k(n) = \sum_{i=1}^7 A_i (nt_s - t_{ki}) e^{-\pi \frac{(nt_s - t_{ki})^2}{\tau_u^2}},$$

където $t_{ki} = 2 \left[\sqrt{y_i^2 + (x_i - x_k)^2} - R_{min} \right] / c$ е времезакъснението на сигнала, отразен от i -та блестяща точка, при работа на k -тия елемент на антенната система; x_i и y_i са координатите на i -та

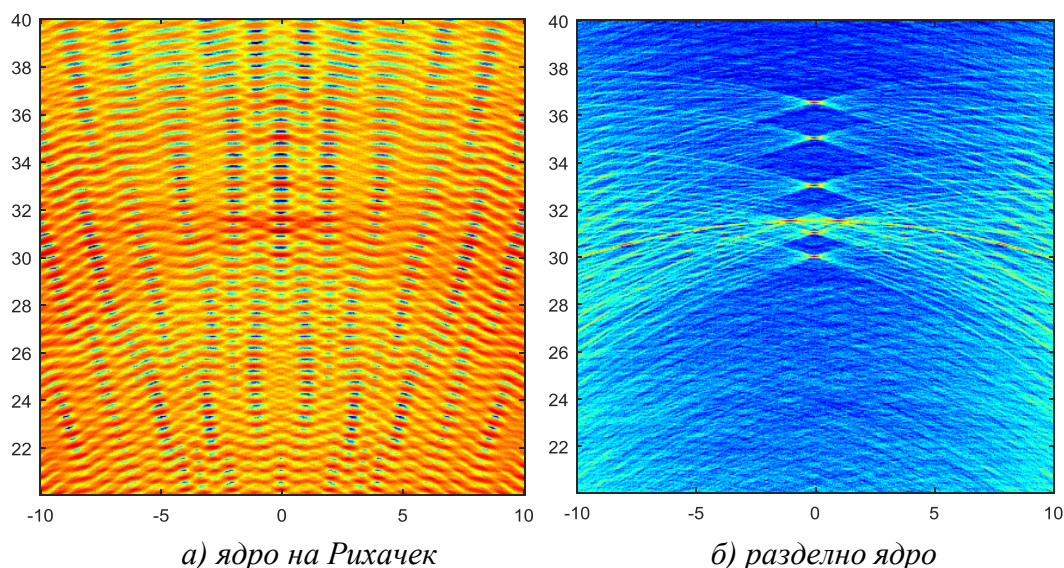
блестяща точка; x_k е координатата по оста x на k -тия елемент на антенната система;

$A = \sqrt[4]{t_s^2 32\pi^2 / \tau_u^6}$ е амплитудата на импулса; $\tau_u = 0,2ns$ е продължителността на импулса.

Амплитудата на сигнала в (1) е подбрана така, че енергията на дискретизирания сигнал да бъде равна на единица.

Направени са изследвания на алгоритъма при използване на две различни ядра – на Рихачек и разделно ядро. Вида и изразите за описание на тези ядра са дадени в [4,5]. В доклада са направени изследвания за две ориентации на целта. Едното е при ориентация на целта по оста y (0°), а другото при ориентация на целта по оста x (90°). Изследвана е работата на алгоритъма при 3 различни отношения сигнал/шум (ОСШ).

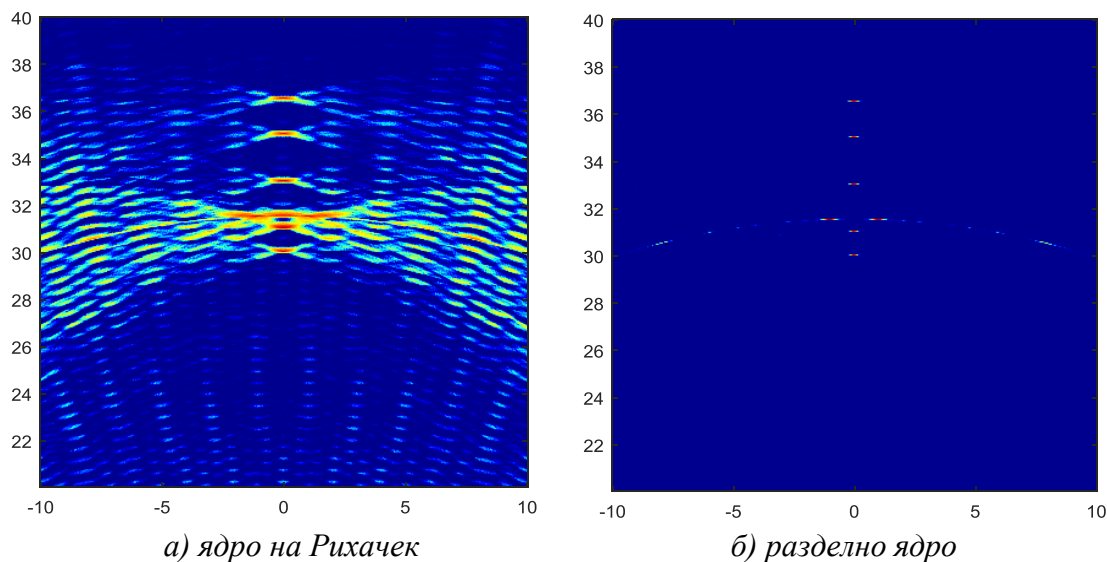
На фигура 3 са показани формираните изображения за цел ориентирана по оста y при обработка с двете ядра и ОСШ 0,1.



Фигура 3. Изображения на цел, ориентирана по оста y , при ОСШ 0,1 (-10dB).

Получените изображения показват, че при ОСШ 0,1 ядро на Рихачек не формира разпознаваем образ на целта, а при използване на разделно ядро изображението е с наличие на много шумове. Следователно алгоритъма не може да бъде използван при толкова малко ОСШ, независимо от използваното ядро.

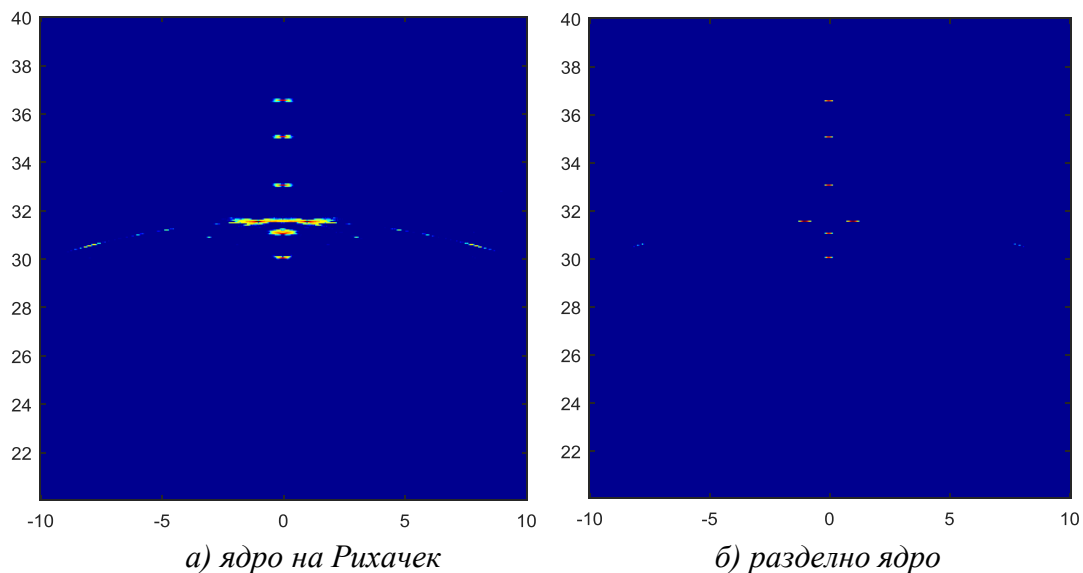
На фигура 4 са показани формираните изображения за цел ориентирана по оста y при обработка с двете ядра и ОСШ 0,5.



Фигура 4. Изображения на цел, ориентирана по оста y , при ОСШ 0,5 (-3dB).

Резултатите от изследванията показват, че формираното изображение при използване на ядро на Рихачек е с много шумове и практически е невъзможно да се различи целта. При използване на разделно ядро се формира ясно изображения на целта. Върху него се наблюдават известен брой зашумени пиксели, но те не пречат на категоричното разпознаване на целта. Сравнението с фигура 2 показва, че местоположението и ориентацията на целта върху формираното изображение съвпада с истинските.

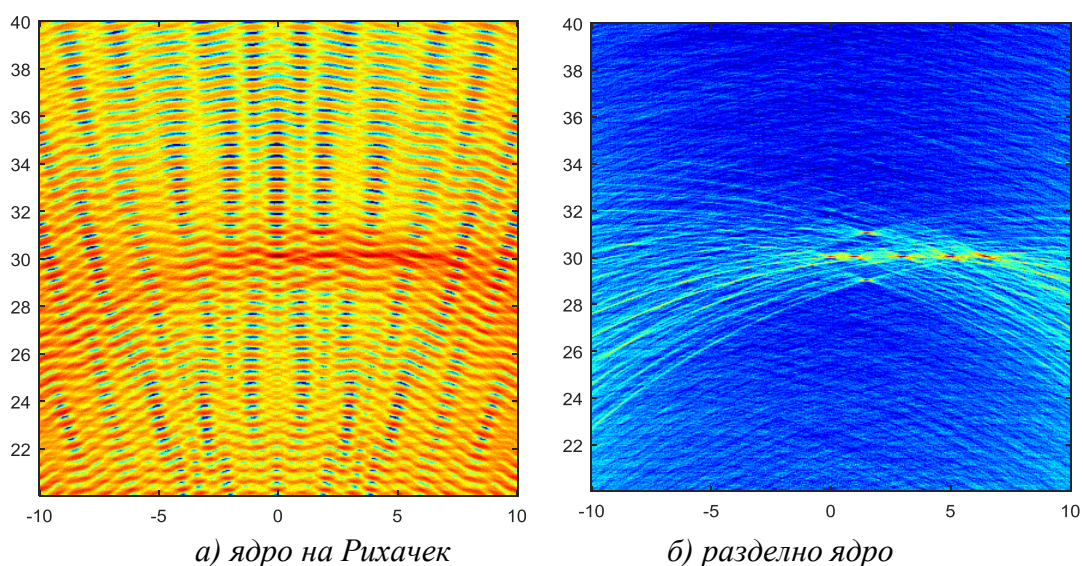
На фигура 5 са показани формираните изображения за цел ориентирана по оста y при обработка с двете ядра и ОСШ 2.



Фигура 5. Изображения на цел, ориентирана по оста y , при ОСШ 2 (3dB).

Получените резултати показват, че и при двете ядра се различава формата и ориентацията на целта. При използване на разделно ядро изображението е със значително по-високо качество и върху него не се забелязват шумове. Вижда се, че бележите от блестящите точки са с по-големи размери върху изображението при обработка с ядро на Рихачек.

На фигура 6 са показани формираните изображения за цел, ориентирана по оста x , при обработка с двете ядра и ОСШ 0,1.

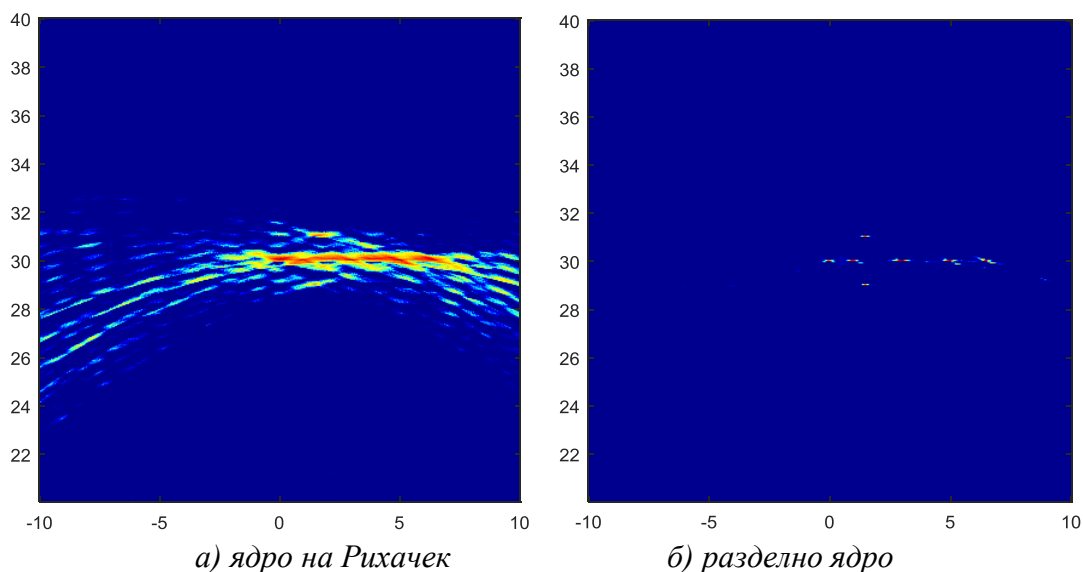


Фигура 6. Изображения на цел, ориентирана по оста x , при ОСШ 0,1 (-10dB).

При използване на ядро на Рихачек изображението на целта от фигура 6 е много слабо различимо, като на фона на смущенията, тя се наблюдава само като силует. При използване на раздел-

но ядро се формира по-ясна картина на целта, може да се определи нейната ориентация, но не и конкретното разположение на блестящите точки.

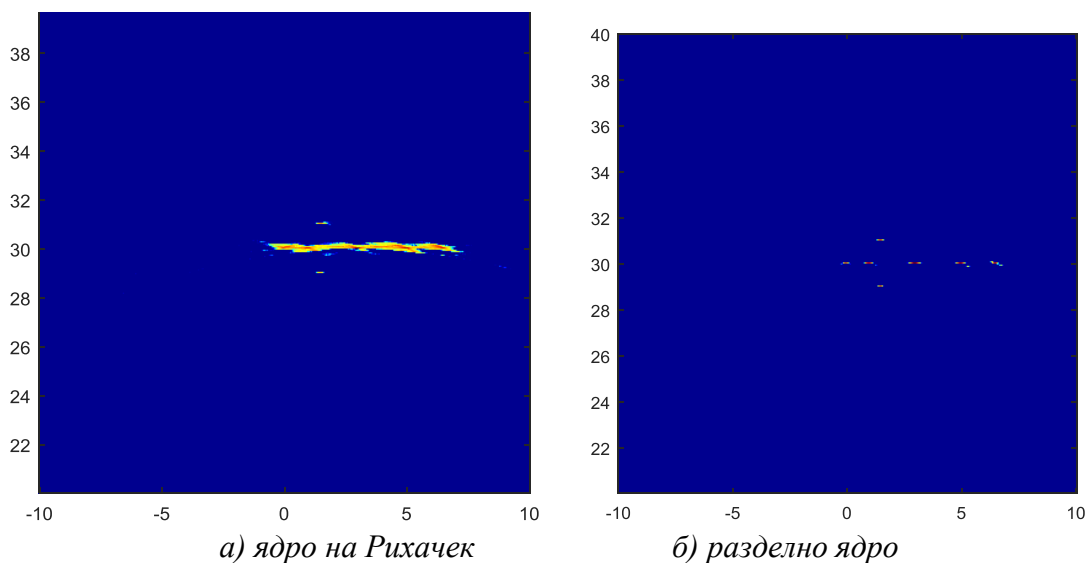
На фигура 7 са показани формираните изображения за цел, ориентирана по оста x , при обработка с двете ядра и ОСШ 0,5.



Фигура 7. Изображения на цел, ориентирана по оста x , при ОСШ 0,5 (-3dB).

Получените резултати показват, че при използване на разделно ядро се получава ясно изображение на целта, като се различават отделните блестящи точки. При използване на ядро на Рихачек може да се определи, че има цел, но не и нейните блестящи точки. При обработката с ядро на Рихачек се наблюдават области със шумове, което се дължи на интерференцията между зоните на неопределеност на радара. Сравнението между фиг. 4 и фиг. 7 показва, че при ориентация на целта по оста x изображенията са с по-малък шум, което се дължи на различните зони на неопределеност, които интерферират. Следователно ориентацията на целта оказва влияние върху качеството на радарното изображение, като това влияние е значително по-голямо за ядро на Рихачек.

На фигура 8 са показани формираните изображения за цел, ориентирана по оста x , при обработка с двете ядра и ОСШ 2.



Фигура 8. Изображения на цел, ориентирана по оста x , при ОСШ 2 (3dB).

Получените резултати показват, че и върху двете изображения се различава силуетът на целта. При ядрото на Рихачек се наблюдава сливане на блестящите точки, разположени по оста x , което показва по-лошата разделителна способност на това ядро.

Получените резултати доказват, че при по-високи ОСШ могат да се използват и двете изследвани ядра, но изображенията, получавани при обработка с разделно ядро, са с по-висока разделителна способност. При по-малки ОСШ разделното ядро осигурява по-високо качество на изображенията. И при двете ядра се наблюдава зависимост на качеството на изображението от ориентацията на целта при по-малки ОСШ, но за разделното ядро тя е слаба, докато при ядрото на Рихачек е значителна.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада е изследван алгоритъм за обработка и формиране на изображение на цел, съставена от няколко блестящи точки, в свръхширококолентов радар, използващ време-честотно преобразуване. При изследванията е разработено математическо описание на геометрията на целта, позволяващо завъртането ѝ на произволен ъгъл. Получени са резултати от обработката на сигналите в радара и формиране на изображение при различни отношения сигнал/шум и различна ориентация на целта.

Получените резултати показват, че изображенията формирани чрез разделно ядро са с по-високо качество в сравнение с тези, получени при използване на ядро на Рихачек. Разделното ядро осигурява формиране на изображение, върху което се различава положението на блестящите точки при по-ниски отношения сигнал/шум.

Сравнението на изображенията при различна ориентация на целта показва, че ориентацията влияе върху качеството на изображението, като при ядрото на Рихачек то е много по-забележимо. За получаване на по-точна информация за това влияние е необходимо да се изследва формирането на изображения при повече положения на ориентация на целта и при използване на по-голям набор от ядра при обработката.

References:

1. Иванова С. И., Изследване на ефективността на методите за обработка на информацията в свръхширококолентовите електронни системи, дисертация, 2012.
2. Сумульов Д. И., Димов Р. С., Маринов М. С., Алгоритъм за обработка на сигнали в свръхширококолентов радар и формиране на радиолокационно изображение, Годишна международна научна конференция, факултет „Авиационен“, 19-20 април 2018.
3. Сумульов Д. И., Маринов М. С., Изследване на алгоритъм за обработка и формиране на изображение на точкова цел в свръхширококолентов радар, Годишна международна научна конференция, факултет „Авиационен“, 19-20 април 2018.
4. Hlawatsch F., G. Matz: "Time-frequency methods for signal estimation and detection in Time-Frequency Signal Analysis and Processing: A Comprehensive Reference", ed. B. Boashash, Oxford, UK: Elsevier, 2003.
5. Jeong J., W. J. Williams: "A new formulation of generalized discrete-time-time frequency distributions", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, volume 5, April 1991.