

Алгоритъм за моделиране на собствените шумове и отразения сигнал от целта на изхода на видеодетектора

Венцислав Василев

Consecution about modeling of the own noises and the reflected signal from the target of the video detector's exit: In this issue is presented consecution about modeling own noises and reflected signal by a target at the video detector's exit. Modeling signals reflected by target is forming matrix which contents voltage's values depending on distance (time) and azimuth. The noise at the video detector's exit is represented as sequence by realizations by chance quantity distributed by summary Relay law.

Key words: radar images coordinate transform, matrix operations, video signal, azimuth, distance

ВЪВЕДЕНИЕ

Изобразяването на радиолокационната информация в зоната на действие на една радиолокационна станция (РЛС) е последният етап от обработката на информацията. В РЛС на въоръжение в Българската армия радиолокационната информация се изобразява на индикатор за кръгов обзор (ИКО), който формира радиално-кръгова развивка, създавана от въртящото се магнитно поле с индикация на ехо-сигналите по яркост. Интерес представлява преобразуването на видеосигнала от изхода на приемното устройство във цифров вид и неговото изобразяване на монитора на РС. Преобразуването на видеосигналът на изхода на приемника на РЛС в цифров вид преминава през следните етапи: дискретизация, квантоване [1,3] и записване на числата в матрица с $M \times N$ (M реда, N стълба), условно обозначена с A :

$$A = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1N} \\ A_{21} & A_{32} & \dots & A_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{M1} & A_{M2} & \dots & A_{MN} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Елементите на тази матрица представляват числов израз на градаците на сивото. Ако РЛС открива целта до 320km, редовете на матрицата формират през $0,2^\circ$ по азимут (1800 реда) и 500m по разстояние, то нейния размер е 1800×640 елемента. Допуска се, че е решена задачата по преобразуването на матрицата A в матрица B (квадратна) с размер $2K-1 \times 2K-1$, като елементът B_{kk} представлява центъра на полярната координатна система. Такова преобразуване се налага поради факта, че всички графични системи на съвременните ЕИМ са растрови (изображението се формира като последователност от редове). Всички съставлящи на сигналите от матрицата се задават аналитично като функции на две променливи (азимут и разстояние).

В настоящата статия се предлага алгоритъм за моделирането на собствения шум на изхода на приемника и сигналите, отразени от целите.

ИЗЛОЖЕНИЕ

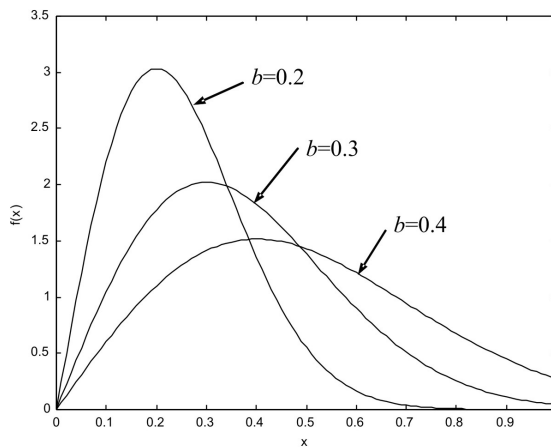
Допускат се следните изходни условия:

- напрежението на изхода на видеодетектора се изменя в интервала $(0,1)$, като всички сигнали с по-голяма амплитуда се ограничават на ниво $1V$;
- видеосигналът се разглежда като алгебрична сума от изброените по-горе компоненти и матрицата A на изображението се формира чрез тяхното последователно наслагване (сумиране на определени елементи).

Шумът на изхода на видеодетектора се разглежда като последователност от реализации на случайна величина, разпределена по обобщения закон на Релей. При обобщения закон на Релей плътността на разпределение $f_x(x)$ на случайната величина x се дава с израза [2]:

$$f_x(x) = \frac{x}{b^2} e^{-\frac{x^2}{2b^2}}, \quad (2)$$

където b е средноквадратичното отклонение (за този закон то съвпада с математическото очакване). Функцията $f_x(x)$ се дефинира в интервала $(0, +\infty)$. Параметърът b изразява стойността на x , при която функцията $f_x(x)$ има абсолютен максимум. На фиг.1 са показани три графики на функцията $f_x(x)$ за $x \in (0,1)$ съответно при $b=0,2$; $b=0,3$ и $b=0,4$.



Фиг.1 Графичен вид на плътността на разпределение по закона на Релей

За да се моделира шумът на изхода на детектора с цел използване в матрицата A е необходимо да се генерират M на брой вектора с дължина N , съдържащи числа в интервала $(0,1)$, разпределени по закона на Релей [4,6].

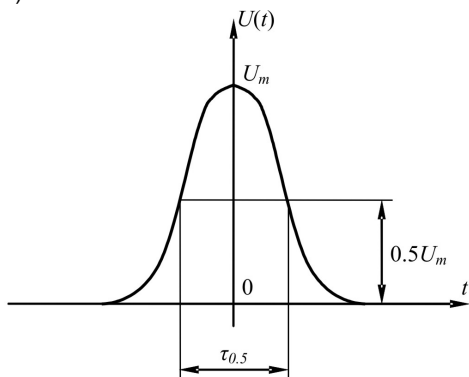
За генериране на случайните числа, разпределени по закона на Релей е използван операторът *raylrnd* в езика **Matlab** (Statistics Toolbox). Този оператор изисква въвеждане на размерите на генерираната матрица и стойността на b [4,5]. За средноквадратичното отклонение задаваме стойност $b = 0,3$.

Моделирането на сигнала, отразен от целта се състои във формирането на матрица, съдържаща стойности на напрежението в зависимост от разстоянието (времето) и азимута.

В импулсната радиолокация се използва Гаусовото представяне на формата на обвиващата на радиоимпулса, при което напрежението във функция на времето $U(t)$ се представя чрез израза [2]:

$$U(t) = U_m \exp\left[-0.7 \frac{(2t)^2}{\tau_{0.5}^2}\right], \quad (3)$$

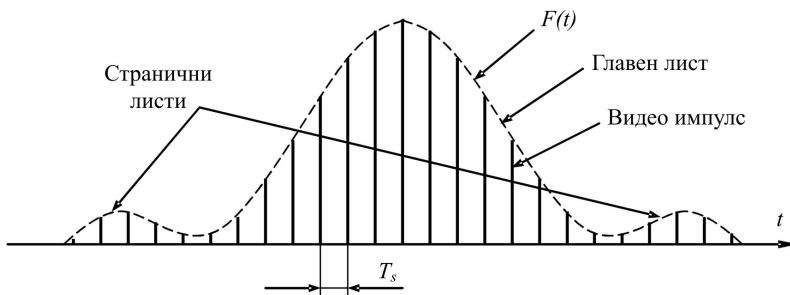
където U_m е амплитудата на импулса, а $\tau_{0.5}$ е неговата продължителност, измерена на ниво $0.5U_m$ (фиг.2).



Фиг.2 Форма на импулса на изхода на детектора

При въртенето на антената, в следствие на многократното облъчване отразените от целта сигнали образуват поредица от импулси от горепосочения вид (пакет), чиято амплитуда и брой зависи от формата на диаграмата на насочено действие (ДНД) на антената и от скоростта и на въртене.

На фиг.3 с $F(t)$ е означена еквивалентната ДНД на антената във времето.



Фиг. 3 Последователност от видео импулси, получена при въртенето на антената

Същата може да се получи от ДНД, изразена чрез ъгъла θ и се отчете скоростта на въртене. Известно е, че ДНД на антена с равномерно разпределение на електрическото поле E в апертурата d_A на антената се изразява с функция от вида $\sin x/x$ [2]:

$$F_E(\theta) = \frac{\sin\left(\pi \frac{d_A}{\lambda} \sin \theta\right)}{\pi \frac{d_A}{\lambda} \sin \theta}. \quad (4)$$

Обикновено дължината на вълната $\lambda \ll d_A$ и поради това $\sin \theta \approx \theta$ е в сила дори и за няколко листа от диаграмата на насоченост. Диаграмата на насоченост по мощност има следния вид [2]:

$$F_P(\theta) = \frac{\sin^2 1.39 \frac{2\theta}{\theta_{0.5}}}{\left(1.39 \frac{2\theta}{\theta_{0.5}}\right)^2}, \quad (5)$$

където θ е ъгълът, отчетен от едната страна на максимума по мощност, а $\theta_{0.5}$ - ширината на ДНД на половината от този максимум. Ако максимумът е равен на единица, то амплитудите на страничните листи ще бъдат равни съответно на 0,047; 0,0164; 0,0083 и в редица случаи тяхното влияние може да се пренебрегне. Освен това, на практика при проектирането на РЛС в повечето случаи се вземат необходимите мерки за ограничаване на приемането на сигнали по страничните листи. В границите на главния лист ДНД достатъчно точно се апроксимира чрез следните два израза:

$$F_P(\theta) = \exp\left[-0.694\left(\frac{2\theta}{\theta_{0.5}}\right)^2\right] \approx \exp\left[-0.7\left(\frac{2\theta}{\theta_{0.5}}\right)^2\right] \quad (6)$$

$$F_P(\theta) = \cos^2 \frac{\pi}{4} \frac{2\theta}{\theta_{0.5}} \quad (7)$$

От ДНД по мощност лесно се получава ДНД по напрежение, тъй като последната е квадратен корен от първата. За настоящият модел е избрано експоненциалното представяне на ДНД (5) и същата по напрежение придобива вида:

$$F_U(\theta) = \sqrt{\exp\left[-0.694\left(\frac{2\theta}{\theta_{0.5}}\right)^2\right]} \quad (8)$$

Амплитудата на сигнала, отразен от целта се представя по следния начин:

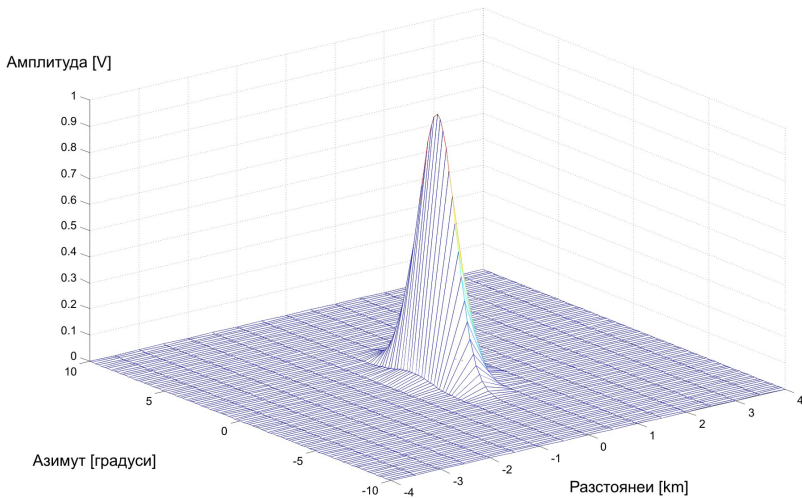
$$U(\theta, t) = U_m \exp\left[-0.7 \frac{(2t)^2}{\tau_{0.5}^2}\right] \sqrt{\exp\left[-0.694\left(\frac{2\theta}{\theta_{0.5}}\right)^2\right]} \quad (9)$$

При импулсната радиолокация времето и разстоянието са еднозначно свързани със съотношението $R = \frac{ct_d}{2}$, където R е разстоянието до целта, t_d е времето на закъснение на сигнала, а $c \approx 3.10^8 \text{ m/s}$ е скоростта на разпространение на радиовълните в приземния слой на атмосферата. Функцията на амплитудата на

сигнала в зависимост от азимута и разстоянието ще бъде следната:

$$U(\theta, R) = U_m \exp\left[-0.7 \frac{(4R)^2}{c^2 \tau_{0.5}^2}\right] \sqrt{\exp\left[-0.694 \left(\frac{2\theta}{\theta_{0.5}}\right)^2\right]} \quad (10)$$

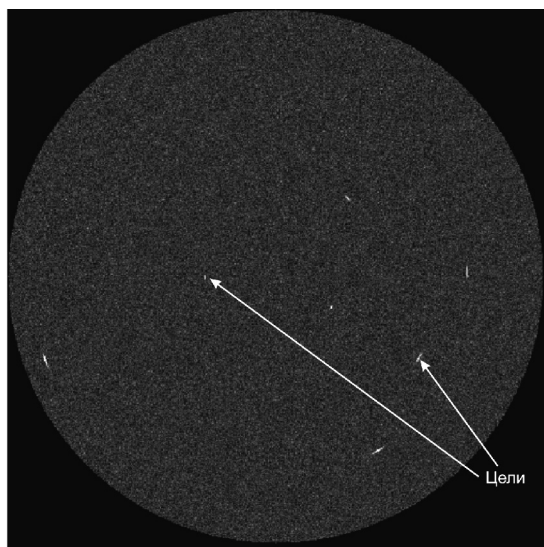
Приемаме, че РЛС е от сантиметров диапазон и задаваме конкретни стойности за ширината на главния лист на ДНД $\theta_{0.5}=2^\circ$ и продължителността на сондиращия импулс $\tau_{0.5}=3\mu s$. На ъгъла θ се задават дискретни стойности в интервала $(-10^\circ, 10^\circ)$ със стъпка $0,2^\circ$, а за разстоянието в интервала $(-4km, +4km)$ със стъпка $0.5km$. Чрез формула (9) се изчислява $U(\theta, R)$ при $U_m = 1$ и се получава матрица C с размери 101×17 . Триизмерния вид на тази матрица е представен на фиг.4.



Фиг.4 Триизмерно изображение на сигнал, отразен от цел

Матрицата C е симетрична в двете си измерения относно средния елемент. Средният елемент $C_{51,8}$ има амплитуда 1, тъй като $\exp(0).\exp(0)=1$. Веднъж изчислена, матрицата C може да се съхрани в паметта на ЕИМ и умножавайки я с някакво число, изразяващо амплитудата на сигнала, отразен от целта и наслагдайки я на произволни места върху матрицата A (на изображението) може да се синтезира определена въздушна обстановка. Наслагването се състои в сумиране на елементите на матриците C и A в зависимост от позицията, където се поставя целта. В този случай амплитудата на сигнала от целта ще съответства на определени нива на яркостите от 0 до 255.

Резултатът след наслагване на шума и сигнали от няколко цели върху матрицата A е представен на фиг. 5.



Фиг. 5 Изображение на матрицата В с моделираните сигнали на собствените шумове и целите

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният алгоритъм е реализиран в средата Matlab и може да се използва при синтезиране на първични радиолокационни изображения, като към матрицата на изображението от фиг.5 се добавят съставните на сигналите от местните предмети (пасивни смущения) и сигналите от активните смущения. Цифровите изображения, подлежащи на обработка могат да бъдат, както изображения на реални обекти, така и синтезирани. При разработването и тестването на нови системи се синтезират изображения, съдържащи разнообразна информация и чрез тях практически се оценяват параметрите на системата в различни ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Венков, Г., Анализ и разпознаване на изображения и сцени. ТУ-София, 1996.
- [2] Финкльштейн М.И. Основы радиолокации, М. Радио и связь, 1983.
- [3] Кузмин С. "Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации", М. Радио и связь, 1986.
- [4] Минчев Ч.Н. "Симуляционно моделиране и проектиране в комуникациите", Учебник, НВУ"В. Левски", 2008.
- [5] Илиев И. В. Автореферат на дисертация „Математическо моделиране на система за наблюдение“, Варна 2007
- [6] Радев Д., Илиев Т., Христов, Г., Компютърно моделиране на телеграфични системи, Учебно пособие, Русенски Университет „Ангел Кънчев“- 2008

За контакти:

инж. д-р Венцислав Василев, НВУ „В. Левски“, факултет „Артилерия, ПВО и КИС“ – гр. Шумен, E-mail: vincivass@abv.bg

Докладът е рецензиран.