

Fișa suspiciunii de plagiat / Sheet of plagiarism's suspicion	Indexat la: 0162/06
--	--------------------------------

Opera suspicionată (OS)	Opera autentică (OA)
Suspicious work	Authentic work

OS	MUNTEANU, Radu, MITRAN, Radu, BECHET, Paul. <i>Metode numerice pentru detecția semnalelor radio</i> . Cluj-Napoca: Mediamira. 2013. ISBN 978-973-713-309-0.
OA	MITRAN, R.G. Cercetări privind metodele de analiză și prelucrare a semnalelor utilizate în sisteme de interceptare cu aplicații speciale. Teză de doctorat. Conducător științific: Prof.Radu MUNTEANU. Universitatea tehnică, Cluj-Napoca. 2010.

Incidența minimă a suspiciunii / Minimum incidence of suspicion	
p.028:01-p.040:00	p.034:13-p.043:05
p.028:Figura 2.1	p.034:Figura 3.1
p.032:Figura 2.3	p.036:Figura 3.3
p.041:00-p.045:00	p.043:06-p.046:00
p.061:03-p.088:00	p.070:04-p.089:00
Fișa întocmită pentru includerea suspiciunii în Indexul Operelor Plagiate în România de la Sheet drawn up for including the suspicion in the Index of Plagiarized Works in Romania at www.plagiate.ro	

Notă: p.285:00 semnifică „pagina 285 până la capăt”. **Note:** p.285:00 means „page 285 to the end”.

RADU MUNTEANU

RADU MITRAN

PAUL BECHET

**METODE NUMERICE PENTRU
DETECȚIA SEMNALELOR
RADIO**

EDITURA MEDIAMIRA

CLUJ-NAPOCA

2013

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

MUNTEANU, RADU

Metode numerice pentru detecția semnalelor radio / Munteanu Radu,
Mitran Radu, Bechet Paul. - Cluj-Napoca : Mediamira, 2013

Bibliogr.

ISBN 978-973-713-309-0

I. Mitran, Radu

II. Bechet, Paul

2. DETECȚIA SEMNALELOR RADIO PRIN MĂSURAREA ENERGIEI

2.1. Aspecte generale

Datorită avantajelor oferite de prelucrarea numerică a semnalelor, radiometrul digital prezintă performanțe superioare comparativ cu varianta analogică. Principiul utilizat pentru detecția semnalelor constă în măsurarea energiei într-o bandă W de frecvență pentru o durată de achiziție T a semnalului (Bechet, 2008; Bechet, 2007). Dacă acești parametri corespund cu caracteristicile semnalului căutat, radiometrul va fi capabil să determine cu acuratețe energia semnalului. Radiometrul digital este util în aplicații în care caracteristicile semnalului interceptat (*modulație utilizată, rata de simbol, forma impulsului în banda de bază, etc.*) nu sunt disponibile la recepție (de exemplu: cercetare radio, monitorizarea și controlul spectrului electromagnetic).

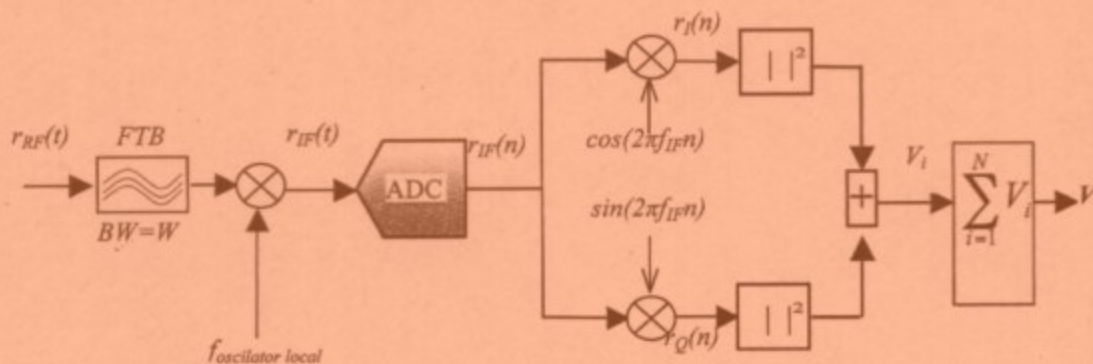


Figura 2.1. Schema bloc a radiometrului digital.

Din punct de vedere funcțional schema bloc a radiometrului digital este prezentată în figura 2.1. Semnalul recepționat $r_{RF}(t)$ este translatat pe frecvența intermediară IF . Semnalul astfel obținut $r_{IF}(t)$ este transformat în format digital de către convertorul analog-digital (ADC). Semnalul numeric rezultat în urma conversiei este descompus în componentele I și Q . Prin ridicarea la pătrat și însumarea acestora se obține energia semnalului V_i pentru o durată egală cu durată de eșantionare T_s . În urma operației de însumare a valorilor pentru N durate de eșantionare se obține energia semnalului recepționat pentru o durată de achiziție a semnalului NT_s .

Performanțele radiometrului digital pot fi descrise prin intermediul probabilității de alarmă falsă (Pfa) și prin intermediul probabilității de detecție (Pd). Alarma falsă apare în cazurile în care semnalul țintă nu este prezent la intrarea radiometrului și nivelul zgomotului depășește pragul impus, ceea ce înseamnă că algoritmul de decizie semnalizează eronat prezența semnalului de interes.

Poison (2004) a realizat o comparație a diferitelor modele matematice ce descriu performanțele radiometrului în cazul semnalului util „corupt” cu zgomot de tip AWGN. Pe baza acestor modele s-a demonstrat că energia V la ieșirea radiometrului este caracterizată de o distribuție χ^2 (“chi square”) centrată cu 2γ grade de libertate pentru cazul absenței semnalului și o distribuție χ^2 necentrată cu 2γ în cazul prezenței semnalului util.

Pornind de la modelul analitic al radiometrului au fost deduse expresiile pentru probabilitatea de alarmă falsă și probabilitatea de detecție (Torrieri, 2005):

Probabilitatea de alarmă falsă:

$$P_{fa} = 1 - \Gamma\left(\frac{2V_t}{N_0}, \gamma\right) \quad (2.1)$$

Probabilitatea de detecție:

$$P_d = Q_\gamma(\sqrt{2E/N_0}, \sqrt{2V_t/N_0}) \quad (2.2)$$

Pentru valori ale lui $\gamma > 100$, distribuția energiei V la ieșirea radiometrului poate fi aproximată ca fiind o variabilă aleatoare cu distribuție Gaussiană. În acest caz probabilitatea de detecție este aproximată prin:

$$P_d = Q\left[\frac{V_t - N_0 TW - E}{(N_0^2 TW + 2N_0 E)^{1/2}}\right] \quad (2.3)$$

unde:

- ✓ V_t - pragul de detecție;
- ✓ N_0 - densitatea spectrală de zgomot;
- ✓ γ - numărul de eșantioane utilizate pentru calcularea energiei;
- ✓ E - energia semnalului util pentru durată egală cu γT_s (T_s - durată de eșantionare);
- ✓ Γ - funcția gamma incompletă;
- ✓ Q_a - funcția Marcum generalizată.

2.2. Evaluarea prin simulare a performanțelor radiometrului pentru semnale sinusoidale

Modelul unui radiometru digital, în banda de bază, a fost realizat sub forma unor funcții în mediul de programare MATLAB. Schema bloc este prezentată în figura 2.2.

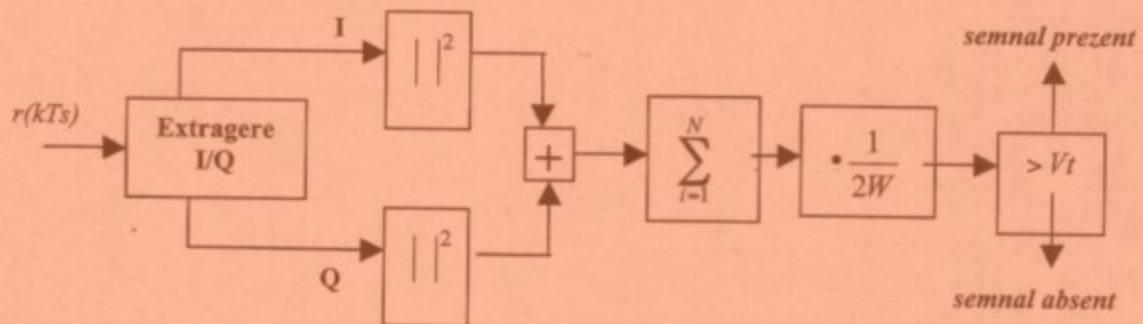


Figura 2.2. Model MATLAB utilizat pentru implementarea radiometrului digital în banda de bază.

Parametrii utilizați de către modelul de simulare sunt următorii:

- ✓ W - banda semnalului recepționat în banda de bază;
- ✓ T_s - perioada de eșantionare; $T_s = \frac{1}{2W}$;

- ✓ N – numărul de eșantioane utilizate pentru estimarea puterii și luarea unei decizii;
- ✓ V_t – nivelul de prag;
- ✓ N_0 – densitatea spectrală de zgomot.

Pe baza numărului de detecții s-a realizat estimarea probabilității de alarmă falsă și estimarea probabilității de detecție.

Semnalul prelucrat de către radiometru se poate găsi în una din următoarele 2 situații:

- ✓ H_0 – semnalul recepționat conține doar zgomot: $r(t)=n(t)$;
- ✓ H_1 – semnalul recepționat conține semnalul util și zgomot: $r(t)=s(t)+n(t)$.

Probabilitatea de detecție este dată de expresia 2.4:

$$Pd = P(V > V_t | H_1); \quad Pd = \frac{Nr_detectii}{Nr_total_de_decizii} \quad (2.4)$$

Iar probabilitate de alarmă falsă este dată de expresia:

$$Pfa = P(V > V_t | H_0); \quad Pfa = \frac{Nr_detectii_false}{Nr_total_decizii} \quad (2.5)$$

Pentru verificarea modului de prelucrare a semnalului în diferite puncte de pe traseul radiometrului, a fost estimată densitatea spectrală de putere a semnalului util, a zgomotului și a semnalului recepționat ($r(t)=s(t)+n(t)$). Estimarea spectrală a fost realizată prin metoda WELCH. Totodată a fost reprezentată grafic energia semnalului (V) în funcție de timp atât pentru semnalul $r(t)$ cât și pentru zgomot $n(t)$. Pe graficul energiei a fost marcat nivelul de prag pentru a indica poziția acestuia în raport cu energia semnalului util și cu energia semnalului recepționat. Rezultatele obținute pentru cazul unui semnal sinusoidal sunt reprezentate în graficul din figura 2.3.

Pentru verificarea performanțelor modelului radiometrului digital, probabilitățile de alarmă falsă și cea de detecție au fost comparate cu valorile teoretice deduse în conformitate cu modelul analitic. Semnalul de test utilizat a fost de tip sinusoidal. Toți parametrii modelului sunt identici cu cei

utilizați în simularea anterioară. Pragul folosit a fost modificat într-un interval de valori, iar pentru fiecare valoare a pragului au fost estimate probabilitățile de alarmă falsă și cea de detecție.

Conform rezultatelor reprezentate grafic în figura 2.4 rezultă că modelul analitic aproximează foarte bine funcționarea radiometrului digital realizat. Deoarece probabilitățile estimate reprezintă variabile aleatoare care iau valori în jurul valorii probabilității teoretice s-au calculat media și dispersia acestor variabile aleatoare. Din valoarea medie a fost scăzută valoarea probabilității teoretice, astfel s-a obținut deplasarea estimatului. Valorile deplasării, așa cum se observă în figura 2.5, sunt de ordinul 10^{-3} atât pentru probabilitatea de detecție cât și pentru probabilitatea de alarmă falsă.

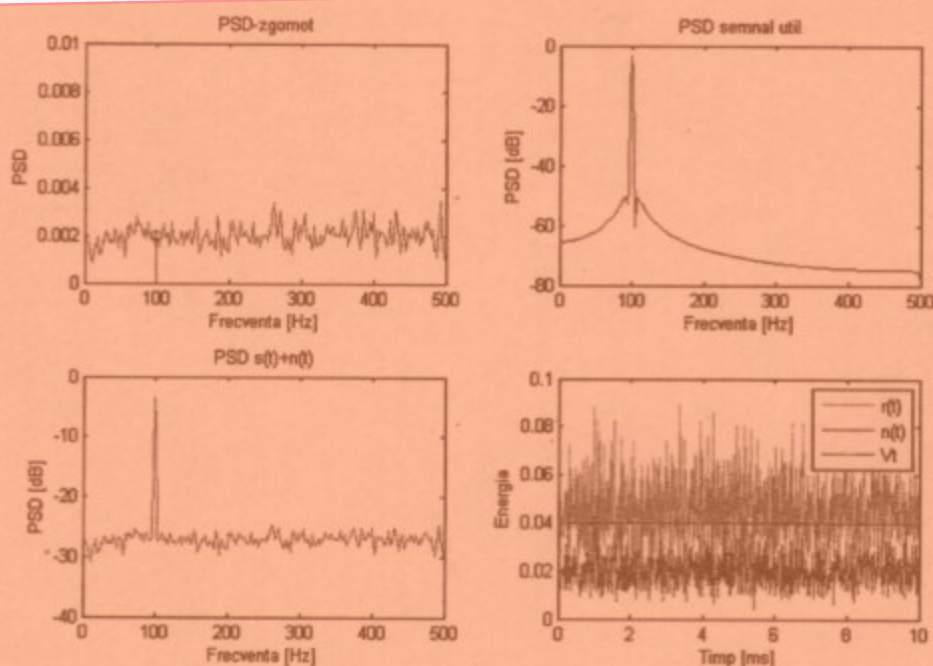


Figura 2.3. Densitatea spectrală de putere (PSD) pentru semnalele prelucrate de radiometru și energia calculată pentru semnalul recepționat (verde) și pentru semnalul de zgomot. (Parametrii: semnal sinusoidal $f=100$ Hz, frecvența de eșantionare $F_s=1000$ Hz, $n_{\text{eșantioane}}=10000$, $W=500$ Hz, $N_0=0.002$ W/Hz, $\text{SNR}=1$ dB, $N=10$). PSD estimată prin metoda WELCH, fereastra Hamming, $N_{\text{fft}}=512$, $N=19$, $\text{Noverlap}=0$.

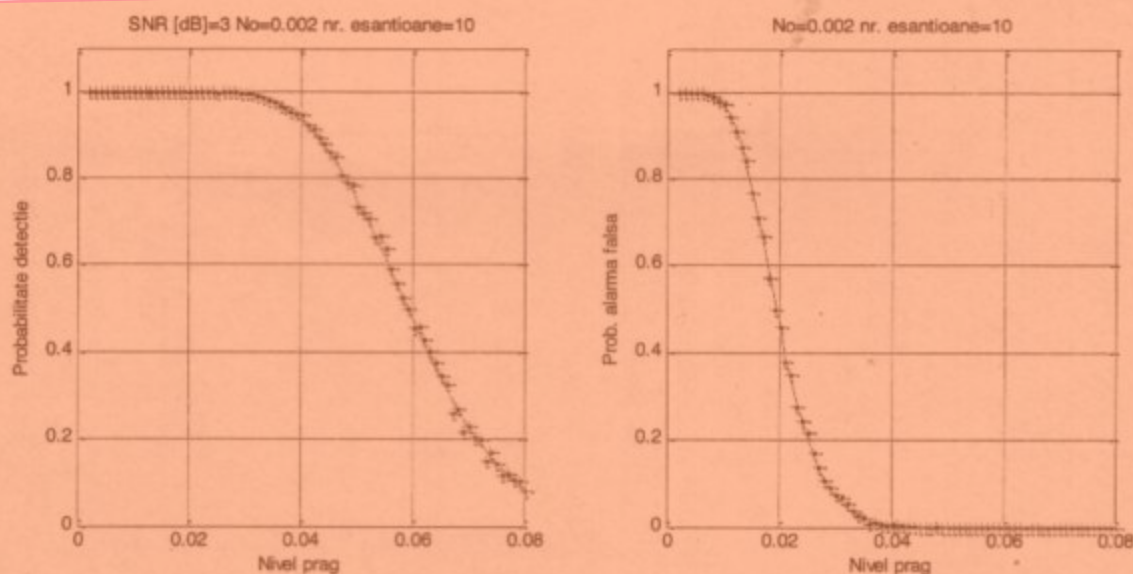


Figura 2.4. Comparație probabilitate de detecție estimată vs. probabilitate de detecție teoretică și probabilitate de alarmă falsă estimată vs. probabilitate de alarmă falsă teoretică. (Parametrii de simulare: semnal sinusoidal $f=100$ Hz, $F_s=1000$ Hz, $n_{\text{esantioane}}=10000$, $W=500$ Hz, $N_0=0.002$ W/Hz, $\text{SNR}=3\text{dB}$, $N=10$).

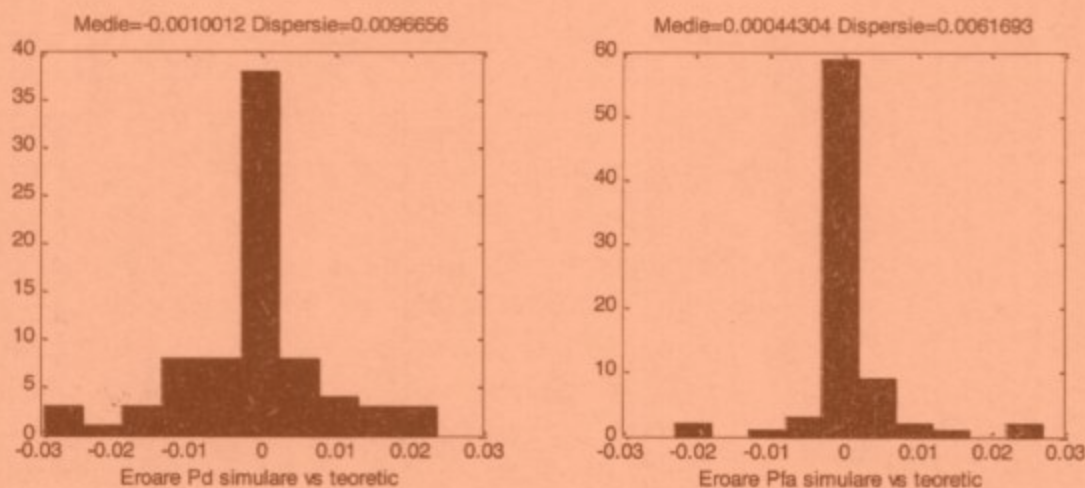


Figura 2.5. Histograma erorii de estimare a P_d și P_{fa} prin simulare.