

# GAUSS ORTAMDA SABİT YANLIŞ ALARM ORANI (SYAO - CFAR) RADAR SEZİMİ

Zeynep ARSLAN, Yrd.Doç. Mücahit K. ÜNER \*  
Türkiye İstatistik Kurumu  
Bakanlıklar, Ankara  
zeyarslan@gmail.com

\* Hacettepe Üniversitesi  
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Beytepe, Ankara 06530  
[muco@ee.hacettepe.edu.tr](mailto:muco@ee.hacettepe.edu.tr)

*Bu çalışmada, N darbe üzerinden Sezim Sonrası Toplama (SST) ve İkili Entegrasyon (İE) algoritmalarını kullanan radar işlemcilerinin başarımları incelenmiştir. Ortam ile ilgili dağılım parametrelerinin bilindiği durumlarda ideal ve bilinmediği durumlarda SYAO alıcı kullanılan radar işlemcilerinin başarımları karşılaştırılmış ve tek darbe kullanarak sezim yapan sistemlere göre kazançlar hesaplanmıştır.*

## 1. GİRİŞ

Ortamın istatistiksel yapısının ideal olarak bilindiği durumlarda en iyi başarımları sabit eşik değerli alıcılar sağlar. Ortama ait dağılım türünün bilinip, parametrelerinin bilinmediği durumlarda, çevresel yansıma gücünü kestirilerek sisteme ait yanlış alarm olasılığını ortalama sabit bir değerde tutan adaptif eşik değerli Sabit Yanlış Alarm Olasılığı (SYAO) radar işlemcileri bir çözüm olarak önerilmektedir.[2] SYAO tekniğinde, ortalama çevresel yansıma gücü kestirilerek adaptif bir eşik değeri belirlenir ve böylelikle yanlış alarm olasılığı kontrol altına alınır. Eşik değeri, ortalama yanlış alarm olasılığının istenen değerde olmasını sağlayan sabit bir  $T$  çarpanı ve SYAO işlemcinin çevresel yansıma gücü kestirimi olan  $Z$ 'den oluşmaktadır.  $Z$ , referans hücrelerinde bulunan birbirinden bağımsız örnekleri kullanarak elde edilen çevresel yansıma gücünün kestirimidir. SYAO tekniğinde, çevresel yansımanın dağılım türünün bilindiği, parametrelerinden en az birinin (ölçek) bilinmediği varsayılır. Bu tip alıcılarda yanlış alarm olasılığı, ortamın ölçeklendirme parametresinden bağımsız olarak elde edilir.

Mashade, bilinen aritmetik ortalamalı ve sıralı istatistikli SYAO algoritmalarını  $N$  darbeye uyarlayarak, başarımlarını tektür olmayan ortamlar için incelemiştir.[1] Bu çalışmada,  $N$  darbe kullanılarak, Gauss ortam ve Swerling-1 hedef tipi varsayımıyla söz konusu modellerin başarımları incelenmiştir. Bölüm 2'de, çalışmada kullanılan SST-SYAO ve İE-SYAO modelleri tanımlanmış ve başarımların denklemleri verilmiştir. Bölüm 3'de, modellerin başarımların performansları incelenmiştir.

## 2. SEZİMLEYİCİ MODELLERİ

Radar uygulamalarında gönderilen darbe kadar, alıcı mekanizmada alınan darbenin ne şekilde işlendiği, başarımları ciddi anlamda etkilemektedir. Ortam hakkındaki bilginin yeterliliğine göre, çalışmada kullanılan teknikler, Çizelge 2.1'de verilmiştir.

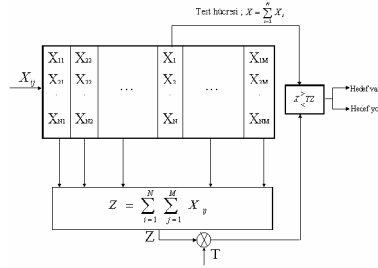
	Gürültü/çevresel yansıma istatistiği parametreleriyle biliniyor (ideal durum)	Gürültü/çevresel yansıma istatistiği biliniyor, parametreler bilinmiyor
Kullanılan sezimleme tekniği	Sezim sonrası toplama (SST)	SST-SYAO
	İkili entegrasyon (İE)	İE-SYAO

Çizelge 2.1. Ortam hakkındaki bilgiye dayalı olarak kullanılan sezimleme teknikleri

### 2.1. SST- SYAO

Şekil 2.1.1'de SST-SYAO modeli tanımlanmıştır.  $X_{ij}$ ; Gauss ortamdan gelen sinyallerin kare alan sezimleyici çıktılarını ifade etmektedir. Burada,  $i$  indeksi darbe numarasını,  $j$  indeksi ise SYAO radar işlemcisinde  $j$ 'ninci referans pencere darbe örnekleme noktasını ifade etmektedir. Bu tip bir alıcıda, yanlış alarm olasılığı,  $P_f$ , Eş. 2.1.1 ifadesi hesaplanarak bulunur:

$$P_f = E_z[\Pr(X > TZ | Z, H_0)] \quad (2.1.1)$$



Şekil 2.1.1 SST-SYAO modeli blok şeması

Eş.2.1.1 ve ortama ait istatistiksel dağılımlar kullanılarak,  $P_f$  ifadesi, Eş. 2.1.2'ye indirgenir.

$$P_f = \frac{T^{N-1}}{(N-1)!(MN-1)!(1+T)^{N(M+1)-1}} \left[ (N(M+1)-2)! + \sum_{k=1}^{N-1} \left( \frac{1+T}{T} \right)^k [(N-1)(N-2) \dots (N-k)] [N(M+1)-k-2]! \right] \quad (2.1.2)$$

Benzer şekilde, sezim olasılığı,  $P_d$ , Eş. 2.1.3 ile ifade edilir. Eş. 2.1.4'de sistemin  $P_d$  başarımı verilmiştir.

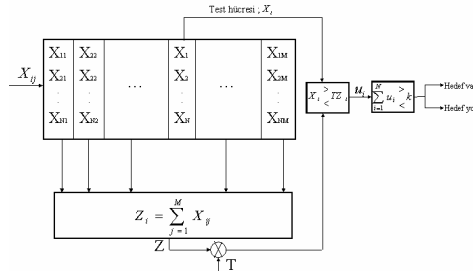
$$P_d = E_z[\Pr(X > TZ | H_1)] \quad (2.1.3)$$

$$P_d = \frac{(1+SNR)^{MN} T^{N-1}}{(N-1)!(MN-1)!(1+SNR+T)^{N(M+1)-1}} \left[ (N(M+1)-2)! + \sum_{k=1}^{N-1} \left( \frac{(1+SNR)+T}{T} \right)^k [(N-1) \dots (N-k)] [N(M+1)-k-2]! \right] \quad (2.1.4)$$

Eş. 2.1.4'de kullanılan SNR sembolü, sinyal gücünün, gürültü gücüne oranını ifade etmektedir.

## 2.2. İE- SYAO

Şekil 2.2.1'de İE-SYAO modeli tanımlanmıştır.



Şekil 2.2.1 İE-SYAO modeli blok şeması

Söz konusu yapıda, her bir sinyalin hata ile ilk eşik değeri  $T$ 'yi geçme olasılığını  $p_{fi}$  ve doğru olarak geçme olasılığını  $p_{di}$  ile ifade edecek olursak,

$$p_{fi} = E_z[\Pr(X_i > TZ_i | Z_i, H_0)] \quad (2.2.1)$$

$$p_{di} = E_z[\Pr(X_i > TZ_i | Z_i, H_1)] \quad (2.2.2)$$

şeklinde ifade edilir. Sisteme ait başarımlar denklemleri  $P_f$  ve  $P_d$ , Eş. 2.2.3'de  $(P, p)$  ikilisi yerine,  $P_f$  için  $(P_f, p_{fi})$  ve  $P_d$  için  $(P_d, p_{di})$  ikilileri kullanılarak elde edilir.

$$P = \sum_{m=k}^N \binom{N}{m} p^m (1-p)^{(N-m)} \quad (2.2.3)$$

Eş. 2.2.1 ve Eş. 2.2.2 kullanılarak, Eş. 2.2.3 denklemi, Eş. 2.2.4 ve Eş.2.2.5'e indirgenir.

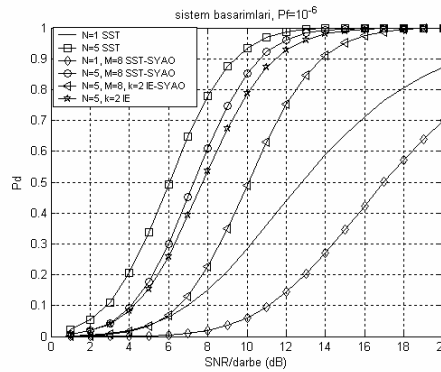
$$P_f = \sum_{j=k}^N \binom{N}{j} (1+T)^{-Mj} \left[ 1 - (1+T)^{-M} \right]^{N-j} \quad (2.2.4)$$

$$P_d = \sum_{j=k}^N \binom{N}{j} \left( \frac{1+SNR}{1+SNR+T} \right)^{Mj} \left[ 1 - \left( \frac{1+SNR}{1+SNR+T} \right)^M \right]^{N-j} \quad (2.2.5)$$

İE modelinin iki aşamada karar alması sebebiyle, sistem optimizasyonu, istenen  $P_f$  değerini sağlayan eşik değerleri  $(T,k)$  ikilisinden en iyi  $P_d$  başarımını sağlayan değerlerin kullanılmasıyla yapılır [3]. Bu çalışmada, optimum  $k$  noktasını seçerken,  $P_d = 0.5$  ve  $P_d = 0.9$  noktalarındaki başarımalar baz alınmıştır.

### 3. SONUÇLAR

Şekil 3.1'de Bölüm 2'de tanıtılmış modellerin  $P_f = 10^{-6}$ ,  $N=1; 5$  ve  $M=8$  değerleri için başarım grafikleri verilmiştir. Aynı şekil üzerinde, ayrıca ideal alıcılara ait sistem performansı yer almaktadır.



Şekil 3.1 Başarım grafikleri

Aynı algoritmayı kullanan alıcılar için, ideal ortamda sabit eşik değerli ideal alıcı sistemleri, ortamın tam olarak tanımlanabilmesi sebebiyle, SYAO sistemlerinden daha iyi başarım sağlamaktadır. Gauss ortam için, en iyi başarımı SST sağlarken, ikinci iyi başarımı SST-SYAO vermektedir. İE sistemlerde, ortam hakkında edinilmiş bilgi, SST sistemlere nazaran daha çok yoğunlaştırılarak kullanıldığından, bilgi kaybı vardır, dolayısıyla başarım olarak SST sistemlerden sonra gelmektedir. Aynı  $N$  ve  $P_d$  değerleri için ideal İE alıcısı, SST-SYAO alıcıya göre yaklaşık 1 dB kayıp göstermektedir. Bununla beraber, aynı  $P_d$ 'yi elde etmek için, tek darbe yerine 5 darbe üzerinden karar vermekle yaklaşık 7 dB kazanç elde edilir. Tüm alıcı modelleri için, tek darbe yerine 5 darbe kullanmakla aynı zamanda işlemcinin karar verme zamanı da yaklaşık 5 katına çıkmaktadır. Başarımları sıralayacak olursak, aynı  $N$  ve  $P_d$  değerleri için en iyi başarımı SST sağlamakta, arkasından sırasıyla, SST-SYAO, İE, İE-SYAO sistemleri gelmektedir.

### 4. KAYNAKLAR

- [1]. El Mashade M.B., Al-Hussani E.K. "Performance of CFAR Detectors for M-sweeps in Presence of Interfering Targets", Signal Processing, 38-2, Temmuz 1994, s.211-222
- [2]. Gandhi P.P., Kassam S.S., "Analysis of CFAR Processors in Nonhomogeneous Background", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Temmuz 1988, Vol.24 No.4, s.427-445
- [3]. Schwartz M., "A Coincidence Procedure for Signal Detection", IRE Transactions on Information Theory, Aralık, s.135-139