

**SANSÜRLÜ HÜCRELERİN ORTALAMASINA DAYALI
SABİT YANLIŞ ALARM ORANI İŞLEMCİLERİ**

**CONSTANT FALSE ALARM RATE PROCESSORS BASED ON
CENSORED CELL AVERAGE**

ABDULLAH AKAYDIN

DR. ÖĞR. ÜYESİ MÜCAHİT KANI ÜNER

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

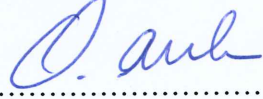
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2019

ABDULLAH AKAYDIN'ın hazırladığı “Sansürlü Hücrelerin Ortalamasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcileri” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

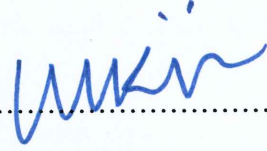
Prof. Dr. Orhan ARIKAN

Başkan



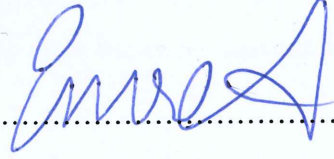
Dr. Öğr. Üyesi Mücahit K. ÜNER

Danışman



Prof. Dr. Emre AKTAŞ

Üye



Doç. Dr. Berkan DÜLEK

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Yakup ÖZKAZANÇ

Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak / /..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

11 / 09 / 2019

ABDULLAH AKAYDIN

YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H. Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ay ertelenmiştir.
- Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmiştir.

11 / 09 / 2019



ABDULLAH AKAYDIN

ÖZET

SANSÜRLÜ HÜCRELERİN ORTALAMASINA DAYALI SABİT YANLIŞ ALARM ORANI İŞLEMCİLERİ

Abdullah AKAYDIN

Yüksek Lisans, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Mücahit K. ÜNER

Eylül 2019, 94 sayfa

Bu çalışmada, tektür olmayan ortamda sezim olasılığını arttırmak için geliştirilen sabit yanlış alarm oranı (SYAO) işlemcilerinin ve sansürleme tekniklerinin başarımları incelenmiştir.

Başarımı incelenen sansürlü hücrelerin ortalamasına dayalı sabit yanlış alarm oranı (SHO-SYAO) işlemcisinin tektür ortam için yanlış alarm ve sezim olasılıkları analitik olarak hesaplanmış ve literatürde verilen diğer sansürleme teknikleriyle birlikte farklı sayıda örnekler sansürleyerek başarımların analizleri analitik olarak yapılmıştır.

Tektür ortamlarda bulunan eşik değerleri kullanılarak, tektür olmayan ortamlar için bilgisayar simülasyonlarıyla farklı sansürleme tekniklerinin başarımlarının analizleri karşılaştırmalı olarak yapılmış ve HO-SYAO işlemcisinin sezim olasılığıyla karşılaştırılmıştır. Tektür olmayan ortamda araya giren hedeflerin, test edilen hedefle aynı ve farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip olduğu durumları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Radar sinyal işleme, Sabit Yanlış Alarm Oranı (SYAO), yanlış alarm olasılığı, sezimleme olasılığı, tektür olmayan ortam, sansürleme teknikleri.

ABSTARCT

CONSTANT FALSE ALARM RATE BASED ON CENSORED CELL AVERAGE

Abdullah AKAYDIN

Master of Science, Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Mücahit K. ÜNER

September 2019, 94 pages

In this study, the performance of constant false alarm rate (CFAR) processors and censorship techniques developed to increase the probability of detection in a nonhomogeneous environment was investigated.

False alarm and detection probabilities of the censored cell averaging false alarm rate (SHO-SYAO) processor whose performance was investigated were calculated analytically and its performance analysis was conducted analytically by censoring different number of samples together with other censorship techniques given in the literature.

The performance analyzes of different censorship techniques for non-homogeneous environments were made comparatively by using the threshold values found for the homogeneous environment and compared with the detection probability of the CA-CFAR processor on computer simulations. The cases where the interfering targets in the non-uniform environment have the same and different signal-to-noise ratio as the tested target were investigated.

Key Words: Radar signal processing, Constant False Alarm Rate (CFAR), false alarm probability, detection probability, non-homogeneous environment, censorship techniques.

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Mücahit Kani ÜNER'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Yüksek lisans eğitimin ve tez çalışmam sürecinde gösterdiği sabır, motivasyon ve her zaman istifadeye açık olan bilgi birikimi sayesinde sadece tezin başarıyla tamamlanmasında değil kişisel, akademik ve profesyonel gelişimimde de ciddi katkılarından dolayı kendisine ayrıca teşekkür ederim.

Tez danıőmanımın yanı sıra tezimi değerlendiren değerli kurul üyeleri Prof. Dr. Orhan ARIKAN, Prof. Dr. Emre AKTAŞ, Doç. Dr. Berkan DÜLEK ve Dr. Öğr. Üyesi Yakup ÖZKAZANÇ'a teşekkür ederim.

Desteklerini her zaman hissettiğim aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTARCT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
SÖZLÜK DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2) SABİT YANLIŞ ALARM ORANI İŞLEMCİSİ	4
2.1) Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi	9
2.2) Uyarlamalı Sezim Algoritmasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi.....	10
2.3) Sansürlü Hücre Ortalamasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi	11
2.4) Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi	12
2.5) Menzil Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi.....	13
3) SABİT YANLIŞ ALARM ORANI İŞLEMCİLERİ ANALİZİ	14
3.1) Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi	14
3.2) Sansürlü Hücre Ortalamasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi	20
3.4) Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi	32
3.5) Menzil Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi	34
4) BAŞARIM ANALİZLERİ	35
4.1) Tektür Ortam Başarım Analizleri.....	36
4.1.1) Farklı k Değerleri İçin Tektür Ortam Başarım Analizleri.....	36
4.1.2) SHO-SYAO İşlemcisinin Farklı c Değerleri İçin Tektür Ortam Başarım Analizleri.	52
4.1.3) SHO-SYAO İşlemcisinin Farklı k Değerleri İçin Tektür Ortam Başarım Analizleri	55
4.2) Tektür Olmayan Ortam Başarım Analizleri.....	57
5. SONUÇ.....	72
6. KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ	76

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 SYAO İşlemcisi Şeması.....	5
Şekil 2.2 HO-SYAO İşlemcisi Şeması.....	9
Şekil 2.3 Uyarlamalı Sezim Algoritmasına Dayalı SYAO İşlemcisi Şeması	10
Şekil 2.4 Sansürlü Hücre Ortalamasına Dayalı SYAO İşlemcisi Şeması	11
Şekil 2.5 Sıralı İstatistik SYAO İşlemcisi Şeması	12
Şekil 2.6 Menzil Sıralı İstatistik SYAO İşlemcisi Şeması.....	13
Şekil 3.1 W rastgele değişkeninin olasılık dağılım fonksiyonunun hesaplanma grafiği	15
Şekil 4.1 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$	38
Şekil 4.2 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$	38
Şekil 4.3 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 22$	39
Şekil 4.4 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 22$	39
Şekil 4.5 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 21$	40
Şekil 4.6 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 21$	40
Şekil 4.7 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$	41
Şekil 4.8 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$	41

Şekil 4.9 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 19$	42
Şekil 4.10 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 19$	42
Şekil 4.11 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 18$	43
Şekil 4.12 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 18$	43
Şekil 4.13 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 23$	44
Şekil 4.14 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 23$	44
Şekil 4.15 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 22$	45
Şekil 4.16 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 22$	45
Şekil 4.17 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 21$	46
Şekil 4.18 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 21$	46
Şekil 4.19 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 20$	47
Şekil 4.20 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 20$	47
Şekil 4.21 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 19$	48

Şekil 4.22 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 19$	48
Şekil 4.23 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 18$	49
Şekil 4. 24 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 18$	49
Şekil 4.25 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam benzetim tabanlı olarak hesaplanan sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$	51
Şekil 4.26 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam benzetim tabanlı olarak hesaplanan sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$	51
Şekil 4.27 Farklı c katsayıları için SYAO işlemcileri sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 18$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı = 15 dB. (SHO-SYAO işlemcisi için $c = N+1-k = 7$)	53
Şekil 4.28 Farklı c katsayıları için SYAO işlemcileri sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı = 15 dB. (SHO-SYAO işlemcisi için $c = N+1-k = 5$)	53
Şekil 4.29 Farklı c katsayıları için SYAO işlemcileri sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 22$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı= 15 dB. (SHO-SYAO işlemcisi için $c = N+1-k = 3$)	54
Şekil 4.30 Farklı k değerleri için SHO-SYAO işlemcileri T eşik değerleri, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$	56
Şekil 4.31 Farklı k değerleri için SHO-SYAO işlemcileri sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı= 15 dB.	56
Şekil 4.32 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$	59
Şekil 4. 33 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$	59
Şekil 4.34 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$	60

- Şekil 4.35 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 60
- Şekil 4.36 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 61
- Şekil 4.37 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 61
- Şekil 4.38 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 62
- Şekil 4.39 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 62
- Şekil 4.40 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 63
- Şekil 4.41 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 63
- Şekil 4.42 Hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranının yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 64
- Şekil 4.43 15(dB) etrafında hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranının yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$ 64
- Şekil 4.44 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 65

- Şekil 4.45 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 65
- Şekil 4.46 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 66
- Şekil 4.47 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 66
- Şekil 4.48 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 67
- Şekil 4.49 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 67
- Şekil 4.50 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 68
- Şekil 4.51 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 68
- Şekil 4.52 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 69
- Şekil 4.53 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 69
- Şekil 4.54 Hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranın yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 70
- Şekil 4.55 15(dB) etrafında hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranın yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $PP_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$ 70

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri tektür ortam $N = 24$ ve $P_{YA} = 10^{-2}$ için T eşik değerleri..... 35

Tablo 4.2 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri tektür ortam $N = 24$, $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $PS = 0.7$ için sinyal-gürültü gücü oranları..... 50

Tablo 4.3 SHO-SYAO işlemcilesi tektür ortam $N = 24$, $P_{YA} = 10^{-2}$ için farklı c değerlerine göre T eşik değerleri ($k = 18$ için $c_{SHO-SYAO} = 7$, $k = 20$ için $c_{SHO-SYAO} = 5$, $k = 22$ için $c_{SHO-SYAO} = 3$).... 52

Tablo 4.4 SHO-SYAO işlemcilesi tektür ortam $N = 24$, $P_{YA} = 10^{-2}$ için T eşik değerleri..... 55



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SYAO	Sabit Yanlış Alarm Oranı
HO-SYAO	Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı
SHO-SYAO	Sansürlü Hücre Ortalamalı Yanlış Alarm Oranı
USA-SYAO	Uyarlamalı Sezim Algoritmalı Sabit Yanlış Alarm Oranı
Sİ-SYAO	Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı
N	Referans Pencere Boyutu
σ_n^2	Gürültü Gücü
P_{YA}	Yanlış Alarm Olasılığı
P_S	Sezimeleme Olasılığı
$g(.)$	Gürültü Kestiriminin Moment Üretici Fonksiyon
$h(.)$	Test Edilen Hücrenin Moment Üretici Fonksiyonu
Ki	Çevrit (Kontur) İntegral
S	Ortalama Sinyal-Gürültü Gücü Oranı

SÖZLÜK DİZİNİ

Arkaplan	: Background
Tektür olmayan	: Nonuniform
Tektür	: Uniform
Çevresel yansıma	: Clutter
Dördün evreli	: Quadrature
Eş evreli	: Inphase
Kestirim	: Estimation
Araya giren hedef	: Interfering target
Hücre ortalamalı (HO)	: Cell averaging (CA)
Sabit yanlış alarm oranı	: Constant false alarm rate
Isıl gürültü	: Thermal noise
Kare alan sezimleyici	: Square law detector
Olasılık dağılım fonksiyonu	: Probability distribution function
Olasılık yoğunluk fonksiyonu	: Probability density function
Çevrit integral	: Contour Integral
Sezimleme	: Detection
Üstel dağılım	: Exponential distribution
Gauss dağılımı	: Gaussian distribution
Uyarlamalı sezim	: Adaptive detection
Eşik değeri	: Threshold value
Sansür	: Censor

1. GİRİŞ

Radarın temel işlevi, nesnelerin uzaklığını, açısını veya hızını belirlemek için radyo dalgaları göndererek, herhangi bir nesne veya hedeften geri dönen sinyalleri algılamaktır.

Radar hedeflerinden gelen sinyal geri dönüşleri genellikle binalar, bulutlar, deniz vb. tarafından alıcıya geri dönen ve istenmeyen sinyal dönüşlerini belirten termal gürültü ve çevresel yansımada gömülüdür. Çevresel yansımaya ve gürültünün toplam gücü herhangi bir yerde bilinmediğinden, yanlış alarm oranı kontrol edilecekse sabit eşik değerli bir sezimleme yöntemi menzile hücrelerindeki radar geri dönüşlerine uygulanamaz. Çevresel yansımaya probleminin üstesinden gelmek için kullanılabilir iyi bir yöntem; eşik değerini toplam gürültü gücünün bölgesel bilgilerine göre uyarlayarak belirleyen sabit yanlış alarm oranı (SYAO) işlemcileridir [1].

Sabit yanlış alarm oranı işlemcileri, test edilen hücreyi çevreleyen menzile hücrelerini, bilinmeyen gürültü gücünün bir kestirimini elde edildiği bir referans kanalı olarak kullanır. Eşik seviyesi, gürültü kestirimi ve istenen yanlış alarm olasılığına ölçekleyen çarpımı olarak hesaplanmaktadır. Sabit yanlış alarm oranı işlemcisi, almış olduğu sinyali bu eşik seviyesi ile kıyaslayarak hedef olup olmadığına karar verir. Dolayısıyla, sistemin başarımı için hedeften geri yansıyan sinyalin gücü kadar, toplam gürültü gücünün kestirimi de büyük önem taşır.

Sabit yanlış alarm oranı işlemcisi, geri dönen sinyal için iki farklı karar verebilir:

1. Hedef var: Test edilen hücredeki sinyal+gürültü gücü seviyesi, hesaplanan eşik değerinden yüksektir.
2. Hedef yok: Test edilen hücredeki sinyal+gürültü gücü seviyesi, hesaplanan eşik değerinden düşüktür [2].

Hedefin durumuna göre, alınmış olan kararlar farklı şekilde tanımlanabilir:

1. Sezim, hedef olduğu durumda, işlemcinin hedef var kararı vermesidir.
2. Kaçırma, hedef olduğu durumda, işlemcinin hedef yok kararı vermesidir.
3. Yanlış alarm, hedef olmadığı durumda, işlemcinin hedef var kararı vermesidir [3].

Referans pencerelerde üstel dağılımdan türetilen (Gauss ortam) birbirinden bağımsız ve birbirinin aynı dağılıma sahip örneklerin bulunduğu tektür ortamlar için hücre ortalamalı sabit yanlış alarm oranı (HO-SYAO) işlemcisi en iyi başarıyı veren SYAO işlemcisidir [4]. Bu durum için referans pencere sayısı yükseldikçe sezim olasılığının başarıyı, gürültü seviyesinin bilindiği en iyi durum olan Neyman-Pearson sezicisinin başarımına yaklaşır [5].

SYAO işlemcilerinin başarımında iki büyük problem bulunmaktadır:

1. Çevresel yansımaların güç geçiş bölgeleri.
2. Çoklu hedef durumu.

İlk durum, tek bir referans penceresinde toplam gürültü gücü aniden değiştiğinde ortaya çıkar. Böyle bir çevresel yansıma güç geçiş bölgesinin varlığı, yüksek yanlış alarmlara veya ciddi hedef maskeleye neden olabilir ve bu durum işlemcide ciddi başarı düşüklüğüne neden olabilir. Menzilde iki veya daha fazla birbirine yakın aralıklarla hedefler olduğunda ikinci durumla karşılaşılır. Referans penceresinde araya giren hedefler olması durumunda, gürültü kestirimi, araya giren sinyalin gücünü içerir ve bu durum toplam eşığın gereksiz bir şekilde yükselmesine neden olur. Bu, sezim olasılığı başarımında ciddi bir düşüşe neden olur.

Tektür olmayan ortam durumu için literatürde bir çok yöntem önerilmiştir. Bu çalışmada karşılaştırmalı başarı analizleri için kullanılan yöntemler;

1. HO-SYAO, referans penceredeki bütün örnekleri kullanarak gürültü kestirimi yapmaktadır [6].
2. SHO-SYAO, referans penceredeki örneklerin bir kısmı sansürlendikten sonra kalan örnekler üzerinden gürültü kestirimi yapmaktadır [5].
3. USA-SYAO, referans penceredeki örneklerin bir kısmı sansürlendikten sonra kalan örnekler üzerinden gürültü kestirimi yapmaktadır [7].
4. Sİ-SYAO, referans penceredeki örneklerden yalnızca bir tanesini kullanarak gürültü kestirimi yapmaktadır [8].

5. MSİ-SYAO, referans penceredeki örneklerden yalnızca iki tanesinin farkını alarak gürültü kestirimi yapmaktadır [9].

şeklinde sıralanmıştır.

Bölüm 2’de sabit yanlış alarm oranı işlemcisinin analitik olarak analizi yapılmış ve kullanılan farklı işlemcilerin yapıları gösterilmiştir.

Bölüm 3’de HO-SYAO ve SHO-SYAO işlemcilerinin analitik analizleri yapılmıştır. USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim ve yanlış alarm olasılıklarının analitik ifadeleri verilmiştir.

Bölüm 4’de tektür ortam için analitik ve tektür olmayan ortam için benzetim tabanlı karşılaştırmalı başarımlar analizleri yapılmıştır.

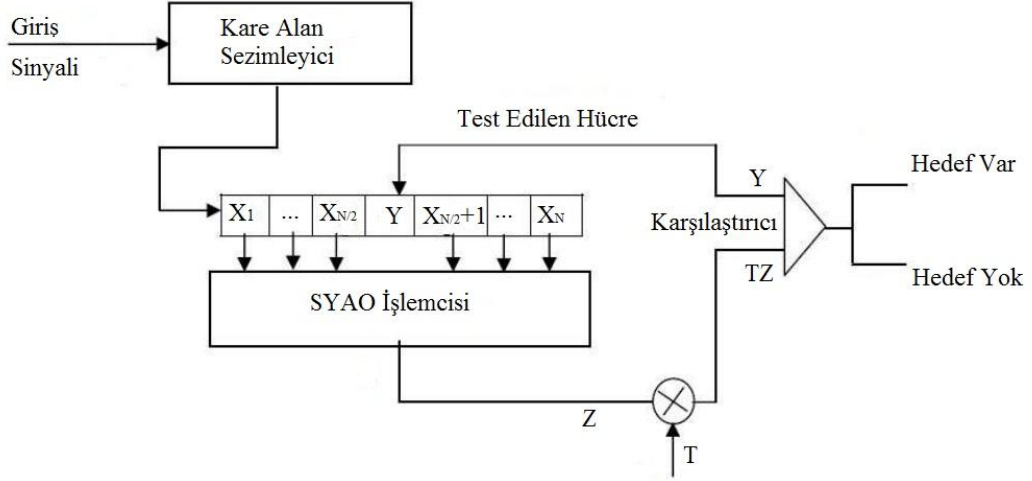
Bölüm 5’de tartışma ve sonuçlar yer almaktadır.

2) SABİT YANLIŞ ALARM ORANI İŞLEMCİSİ

Radar sistemleri hedeflerini belirli bir bölgeye elektromanyetik dalgalar yayarak ararlar. Elektromanyetik dalgaların yayıldığı bölgedeki hedefler ve diğer nesnelere bu dalgaların enerjisinin bir kısmını radara geri yansıtırlar. Radar alıcısının girişindeki sinyal, test edilen hücredeki hedeften radara dönen sinyali, gürültü ve çevresel yansımaları içerir. Radar işlemcilerinde hedef olup olmadığını anlayabilmek için radara dönen sinyalin gücü belirli bir enerji eşik seviyesi ile karşılaştırılır. Eşik seviyesini belirleyebilmek için ortalama gürültü gücü bilgisine sahip olunması gerekir. Ortalama gürültü gücünün bilinmediği ortamlarda sabit bir eşik seviyesi uygulayarak istenilen yanlış alarm olasılığı ile hedef sezimleyebilmek mümkün olmaz.

Eşik seviyesini belirleyebilmek için ortalama gürültü gücünün kestirilmesi gerekmektedir. Bu kestirim işlemi için SYAO (Sabit Yanlış Alarm Oranı) işlemcisi kullanılır. Sabit Yanlış Alarm Oranı (SYAO) işlemcilerinde test hücrelerini çevreleyen referans hücrelerden kestirilen gürültü seviyesine göre uyarlanır bir eşik değeri belirlenir. Bu sayede yanlış alarm olasılığı ortamın gürültü seviyesine bağlı olmamaktadır ve yanlış alarm olasılığı sabit tutulabilmektedir.

Tipik bir SYAO işlemcisi şeması Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Radar alıcısına gelen sinyaller, kare alan sezimleyiciden geçerler. Karesi alınmış sinyal $N+1$ uzunluğundaki sıralı bir geciktirme yongasında saklanır. Geciktirme yongasının ortasında duran ve içeriği Y olan hücre, test hücresidir ve SYAO işlemcisi bu hücrede hedef olup, olmadığına karar vermeye çalışır. Test hücresinin her iki tarafında içeriği X ile gösterilen toplam N adet hücre, referans hücreler olarak adlandırılır. Referans hücre örnekleri üzerinden yapılan gürültü kestirimi Z , istenilen SYAO için gürültü kestirimi sabit çarpanı T ile çarpılır ve TZ eşik seviyesi elde edilir. Test edilen hücrenin hedef içerip içermediği, elde edilen eşik seviyesi ile karşılaştırılarak belirlenir. Eğer test edilen hücre eşik seviyesinden büyük ise hedef var demektir.



Şekil 2.1 SYAO İşlemcisi Şeması

Beyaz Gauss gürültüsüne gömülü olan sinyali sezimleyebilmek için test hücresinin istatistiksel değeri, ölçeklenmiş bilinmeyen gürültünün kestirimi ile karşılaştırılır. Eşleşen filtrenin çıktısını karesinin alınmadığı sistemde test istatistiklerini elde etmek için, problem aşağıdaki hipotez test problemi ile modellenir:

$$\begin{aligned}
 H_0 : \quad Y &= \frac{1}{2} (n_I^2 + n_Q^2) \\
 H_1 : \quad Y &= \frac{1}{2} [(n_I + s_I)^2 + (n_Q + s_Q)^2];
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Rastgele değişkenler n_I ve n_Q bant geçirici sinyalin eş ve tümlev bileşenlerinden gelen ortalama değerleri sıfır ve σ_n^2 varyansa sahip olan bağımsız Gauss dağılımlı gürültü örnekleridir:

$$n_I, n_Q \sim N(0, \sigma_n^2) \tag{2.2}$$

ve test hücresinde gözlenen hedef tipi, dalgalanan hedef tipi (Swerling 1) olduğu varsayılmıştır. Buna göre:

$$s_I, s_Q \sim N(0, \sigma_s^2) \tag{2.3}$$

şeklinde ifade edilmiştir. Buna göre H_1 hipotezi altında,

$$n_I + s_I \sim N(0, \sigma_n^2 + \sigma_s^2) \quad (2.4)$$

ortalama değeri sıfır varyansı $\sigma_n^2 + \sigma_s^2$ olan Gauss dağılımına sahip olmaktadır. Modelimizde test hücresi Y:

$$\begin{aligned} H_0 : \quad Y &= \frac{1}{2} (n_I^2 + n_Q^2) = \frac{1}{2} a_0 \\ H_1 : \quad Y &= \frac{1}{2} [(n_I + s_I)^2 + (n_Q + s_Q)^2] = \frac{1}{2} a_1 \end{aligned} \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilir. a_0 değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f_{a_0}(a_0) = \begin{cases} \frac{1}{2\sigma_n^2} e^{\frac{-a_0}{2\sigma_n^2}}, & a_0 \geq 0 \\ 0, & a_0 < 0 \end{cases} \quad (2.6)$$

ve a_1 değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f_{a_1}(a_1) = \begin{cases} \frac{1}{2(\sigma_n^2 + \sigma_s^2)} e^{\frac{-a_1}{2(\sigma_n^2 + \sigma_s^2)}}, & a_1 \geq 0 \\ 0, & a_1 < 0 \end{cases} \quad (2.7)$$

şeklinde ifade edilir. Test hücresi Y'nin dağılımı eşitlik (2.8), (2.9) ve (2.10) daki adımlarla hesaplanır.

H_0 hipotezi altında,

$$Y = \frac{1}{2} a_0, \quad \frac{dY}{da_0} = \frac{1}{2} \quad (2.8)$$

$$f_Y(y) = \frac{f_{a_0(2y)}}{\frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{2\sigma_n^2} e^{\frac{-2y}{\sigma_n^2}}}{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sigma_n^2} e^{\frac{-y}{\sigma_n^2}} \quad (2.9)$$

benzer bir şekilde H_1 hipotezi altında,

$$f_Y(y) = \frac{1}{\sigma_n^2 + \sigma_s^2} e^{\frac{-y}{\sigma_n^2 + \sigma_s^2}} \quad (2.10)$$

şeklinde ifade edilir. Burada Y rastgele değişkenini üstel olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahip olup, parametresini λ ile ifade edersek,

$$f_Y(y) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{y}{\lambda}}, & y \geq 0 \\ 0, & y < 0 \end{cases} \quad (2.11)$$

şeklinde ifade edilir. Hedeften radara geri dönen sinyallerin Swerling I modelinde olduğu öngörüldüğü zaman ise test edilen hücrede hedef bulunduğunu belirten H_1 hipotezi altında,

$$\lambda = \sigma_n^2 + \sigma_s^2 = \sigma_n^2 \left(1 + \frac{\sigma_s^2}{\sigma_n^2}\right) = \sigma_n^2 (1 + S) \quad (2.12)$$

değerini alır. S ortalama sinyal-gürültü oranını ifade etmektedir. Ayrıca test edilen hücre de dahil olacak şekilde $N+1$ tane hücrenin birbirinden bağımsız olduğu varsayılmıştır. Test edilen hücredeki λ değeri;

$$\lambda = \begin{cases} \sigma_n^2, & H_0 \text{ hipotezi altında} \\ \sigma_n^2 (1 + S), & H_1 \text{ hipotezi altında} \end{cases} \quad (2.13)$$

ve tektür ortamda referans N tane hücre için, λ değeri her zaman σ_n^2 'dir. Gürültünün gücü, σ_n^2 , bir olduğunu varsaydığımızda

$$\lambda = \begin{cases} 1, & H_0 \text{ hipotezi altında} \\ 1 + S, & H_1 \text{ hipotezi altında} \end{cases} \quad (2.14)$$

şeklinde ifade edilir. SYAO işlemcisinin ortalama yanlış alarm oranı P_{YA} tektür ortamda toplam gürültü gücü σ_n^2 'den bağımsızdır. SYAO işlemcisinin performansını referans hücrelerinde ortaya çıkan çevresel yansıma ve çoklu hedefler etkilemektedir.

Genelleştirilmiş olabilirlik oranı testini uygulayan sistem, hangi hipotezin doğru olduğunu eşitlik (2.15)'e göre karar verir.

$$\begin{matrix} H_1 \\ Y \geq TZ \\ H_0 \end{matrix} \quad (2.15)$$

Bu eşitlikte Z gürültünün varyansının kestirimini, T ise eşik ölçekleyicisini ifade eder. Genel olarak radar test edilen hücrenin etrafında N adet referans hücre kullanır ve bu hücreleri kullanarak ortalama gürültü kestirimi yapar.

Bütün n_I ve n_Q değerleri ortalama değeri sıfır olan aynı dağılımlı ve birbirinden bağımsız değerlerdir. Ayrıca tektür gürültü ortamında hepsi ortak birim varyansa sahiptir. Başarım analizi için yanlış alarm olasılığı ve sezim olasılığı

$$P_{YA} = E_Z \{ P[Y > TZ \mid H_0] \} = \int_0^\infty f_Z(z) \int_{TZ}^\infty f_Y(y \mid H_0) dy dz \quad (2.16)$$

$$P_S = E_Z \{ P[Y > TZ \mid H_1] \} = \int_0^\infty f_Z(z) \int_{TZ}^\infty f_Y(y \mid H_1) dy dz \quad (2.17)$$

şeklinde ifade edilir. Bu eşitliklerde $f_Z(z)$, Z kestiriminin olasılık yoğunluk fonksiyonudur. $f_Y(y|H_i)$, $i = 0,1$ için test edilen hücrenin her bir hipotez altındaki olasılık yoğunluk fonksiyonunu gösterir.

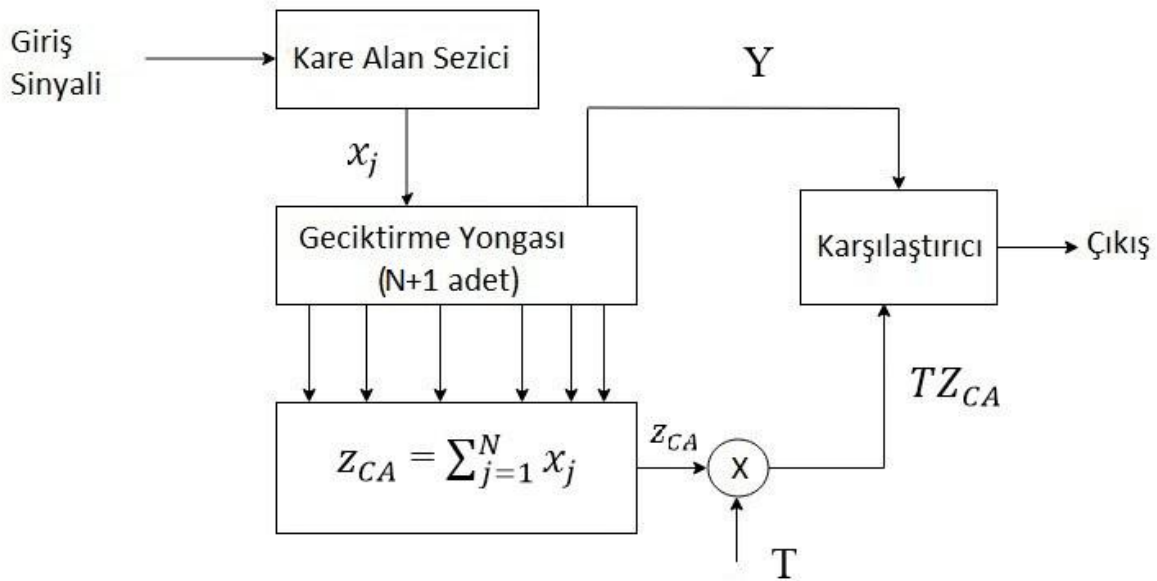
Takip eden alt bölümlerde çeşitli SYAO işlemcilerinin yapıları anlatılmıştır.

2.1) Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi

HO-SYAO işlemcilerde ortamın gürültü seviyesini referans penceresindeki tüm örneklerin aritmetik ortalamasını alarak kestirilir. Üstel dağılıma sahip örneklerin gürültü kestirimi:

$$z_{CA} = \sum_{j=1}^N x_j \quad (2.18)$$

şeklinde ifade edilir. x_j olarak ifade edilen rastgele değişkenler referans penceresi örneklerini ifade eder ve tektür ortamda bütün x_j değişkenleri birbirinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip oldukları kabul edilir. Şekil 2.2’de tipik bir HO-SYAO işlemcisi gösterilmiştir.



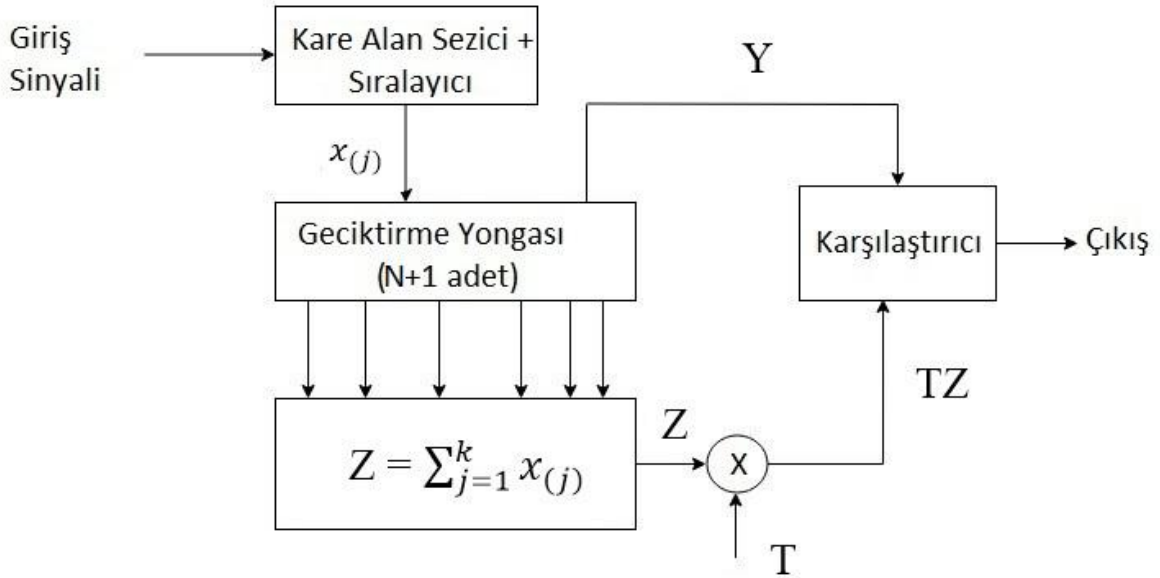
Şekil 2.2 HO-SYAO İşlemcisi Şeması

2.2) Uyarlamalı Sezim Algoritmasına Dayalı Sabit Yanlı Alarm Oranı İşlemcisi

HO-SYAO işlemcisi tektür ortamda başarılı sonuç vermesine rağmen araya giren hedefler veya çevresel yansımalar olunca sezim performansında ciddi bozulmalar ortaya çıkar. Bu performans bozulmalarını engellemek için Rickard ve Dillard uyarlamalı sezim algoritmasına dayalı SYAO işlemcisi önermiştir. Sıralama ve sansürleme tekniklerine dayanan bu SYAO işlemcisi, araya giren hedeflerin varlığında başarılı sezim performansını korur ve geleneksel HO-SYAO işlemcisine donanımda yalnızca küçük bir ekleme gerektirir. Bu alternatif SYAO işlemcisinin üstel dağılıma sahip örneklerinin gürültü kestirimi:

$$Z = \sum_{j=1}^k x_{(j)} \quad (2.19)$$

şeklinde ifade edilir. $x_{(j)}$ olarak ifade edilen rastgele değişkenler referans pencereleri ifade eder ve bu $x_{(j)}$ değişkenleri alıcıya gelen sinyalin örneklendikten sonra sıralanmış halidir. Şekil 2.3’de bu alternatif SYAO işlemcisi gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Uyarlamalı Sezim Algoritmasına Dayalı SYAO İşlemcisi Şeması

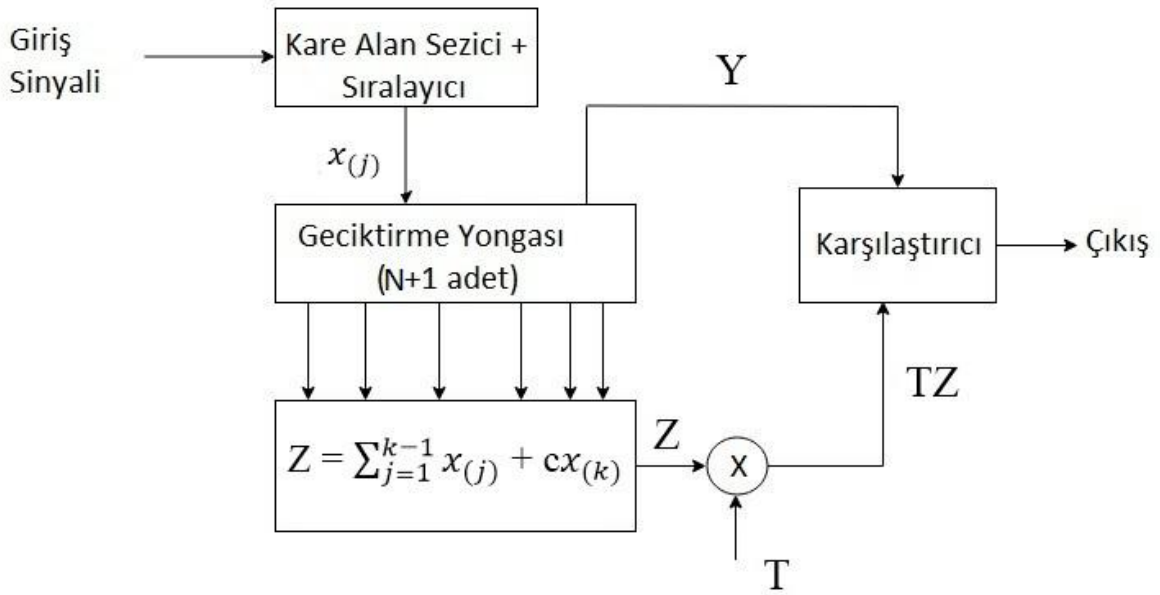
Burada $k < N$ 'dir.

2.3) Sansürlü Hücre Ortalamasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi

Sansürlü hücre ortalamasına dayalı sezici, sıralama ve sansürleme tekniklerini kullanır ve Rickard ve Dillard'ın sezicisine ve hücre ortalamalı seziciye çoklu hedef ortamında alternatif olur. Sansürlü hücre ortalamasına dayalı SYAO işlemcisinin üstel dağılıma sahip örneklerinin gürültü kestirimi:

$$Z = \sum_{j=1}^{k-1} x_{(j)} + cx_{(k)} \quad (2.20)$$

şeklinde ifade edilir. $x_{(j)}$ olarak ifade edilen rastgele değişkenler referans pencere örneklerini ifade eder ve alıcıya gelen sinyalin örneklendikten sonra sıralanmış halidir. Z kestirimini yansız minimum varyansa sahip olarak elde etmek için $x_{(k)}$ bir c katsayısı ile çarpılır. Bu SYAO işlemcisi şekil 2.4'te gösterilmiştir.



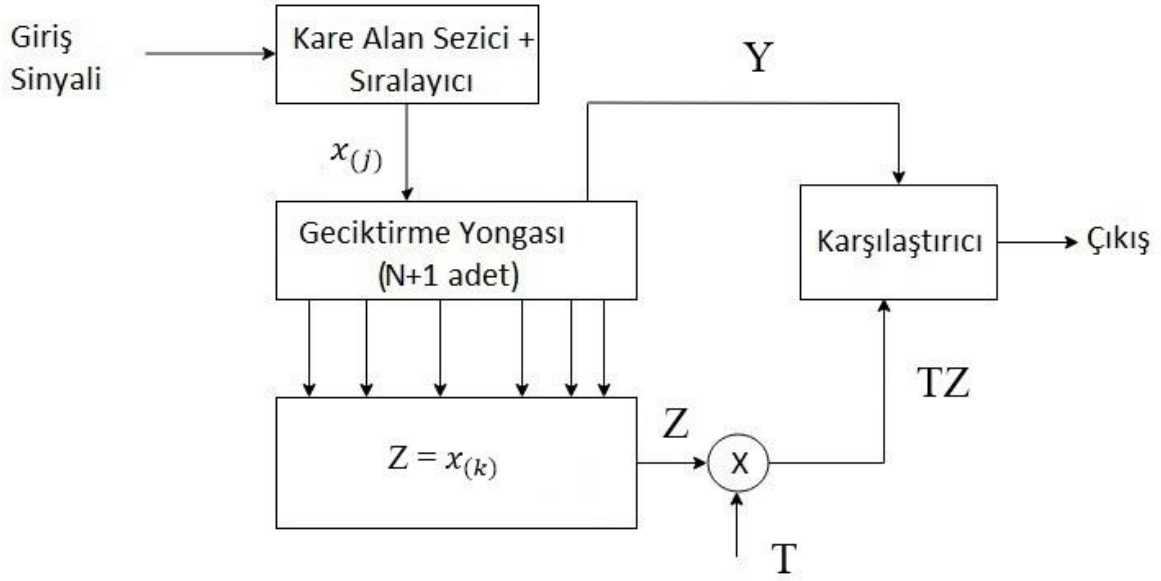
Şekil 2.4 Sansürlü Hücre Ortalamasına Dayalı SYAO İşlemcisi Şeması

2.4) Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi

Rohling [10], ölçeklenmiş eşik değerini referans penceresinin sıralanmış örneklerinden biri olarak aldığı, “sıralı istatistik” (OS) sabit yanlış alarm oranı prosedürü olarak bilinen alternatif bir SYAO prosedürü önermiştir. Referans penceredeki örnekler ilk önce büyüklüklerine göre sıralanır ve Z gürültü kestirimi istatistiği en büyük k ' nıncı örnek olarak alınır.

$$Z = x_{(k)} \quad (2.21)$$

Burada x değişkeninin indisindeki parantez x 'lerin sıralı olduğunu göstermek için kullanılmıştır. Şekil 2.5' sıralı istatistik sabit yanlış alarm oranı (Sİ-SYAO) işlemcisi gösterilmiştir.



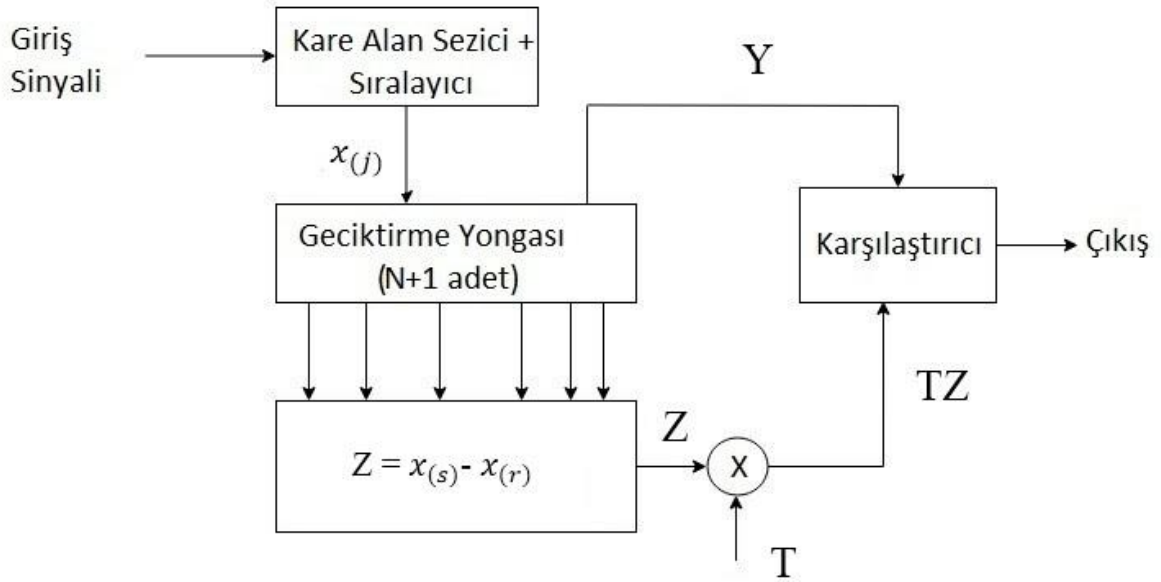
Şekil 2.5 Sıralı İstatistik SYAO İşlemcisi Şeması

2.5) Menzil Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi

Bu yeni önerilmiş olan SYAO işlemcisinde [9], referans penceredeki örnekler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sıralanmış olan referans pencerelerinden menzil alt limiti ve üst limiti belirlenir. Gürültü kestirimi alt limit üst limitten çıkarılarak bulunur.

$$Z = x_{(s)} - x_{(r)} \quad (2.22)$$

Burada $x_{(s)}$ menzil üst limitini, $x_{(r)}$ menzil alt limitini ifade eder ($r < s$). Şekil 2.6'da menzil sıralı istatistik sabit yanlış alarm oranı (MSİ-SYAO) işlemcisi gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Menzil Sıralı İstatistik SYAO İşlemcisi Şeması

3) SABİT YANLIŞ ALARM ORANI İŞLEMCİLERİ ANALİZİ

Bu bölümde, çalışmalarımızda incelediğimiz hücre ortalamalı, uyarlamalı sezim algoritmasına dayalı, sansürlü hücre ortalamasına dayalı SYAO işlemcilerinin tektür ortamlar için yanlış alarm olasılığı ve sezimleme olasılığı hesaplanmıştır. Ayrıca istatistik sıralı ve menzil istatistik sıralı işlemcilerinin yanlış alarm olasılığı ve sezimleme olasılığı değerleri verilmiştir.

3.1) Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi

Hücre ortalamalı sabit yanlış alarm oranı işlemcilerinde ortamın ortalama gürültü gücü referans penceresindeki örneklerin tümü kullanılarak kestirilir. HO-SYAO işlemcisinin çıkışındaki Z gürültü kestirimi istatistiğinin hesaplanması eşitlik (3.1)'de verilmiştir. Burada x_j ' ler referans penceresindeki hücreleri göstermektedir. Kestirilen değerden gelen N^{-1} çarpanı T eşik değerinin içine dahil edilir.

$$Z = \sum_{j=1}^N x_j \quad (3.1)$$

ve eşitlik (2.1)'de tanımlandığı gibi

$$x_j = \frac{1}{2} (n_{I_j}^2 + n_{Q_j}^2) \quad (3.2)$$

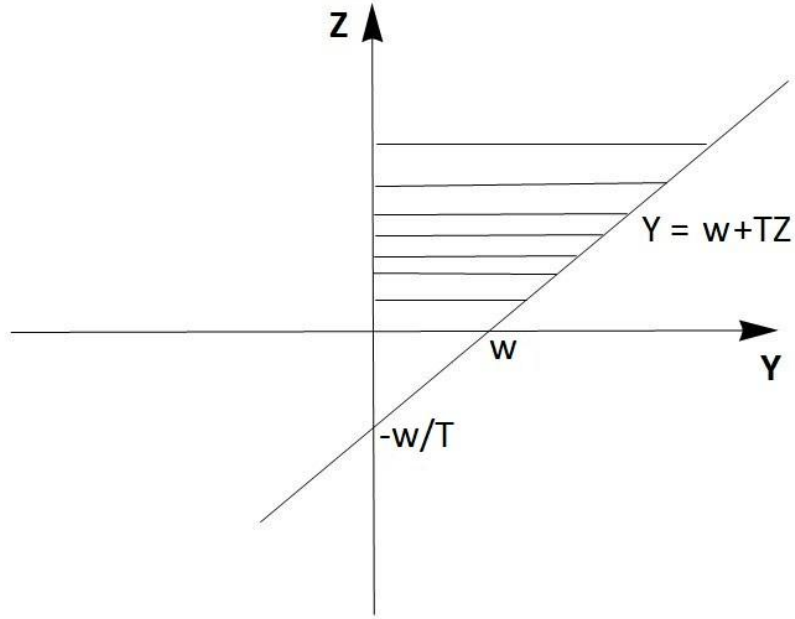
Eşitlik (2.12)'de gösterilen hipotez testine eşdeğer bir hipotez testi için;

$$W = \begin{matrix} H_1 \\ Y - TZ \geq 0 \\ H_0 \end{matrix} \quad (3.3)$$

oluşturulur. W rastgele değerinin birikim dağılım fonksiyonunun hesaplanması için;

$$F_W(w) = P(W \leq w) = P(Y - TZ \leq w) \quad (3.4)$$

şeklinde ifade edilir. Z ve Y rastgele değerleri her zaman pozitif değerler alır.



Şekil 3.1 W rastgele değişkeninin olasılık dağılım fonksiyonunun hesaplanma grafiği

$$F_W(w) = \int_0^{\infty} \int_0^{w+Tz} f_{Y,Z}(y, z) dy dz \quad (3.5)$$

W rastgele değerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (3.6)'daki gibi hesaplanır.

$$f_W(w) = \frac{dF_W(w)}{dw} = \int_0^{\infty} \left(\frac{d}{dw} \int_0^{w+Tz} f_{Y,Z}(y, z) dy \right) dz = \int_0^{\infty} f_{Y,Z}(w + Tz, z) dz \quad (3.6)$$

Y ve Z rastgele değerleri bağımsız olduğu için

$$f_W(w) = \int_0^{\infty} f_Y(w + Tz) f_Z(z) dz \quad (3.7)$$

şeklinde hesaplanabilir. Aşağıda W rastgele değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonunun Laplace dönüşümü, $h_w(u)$ 'nin çıkarımı gösterilmiş ve sonucu eşitlik (3.12)'de belirtilmiştir.

$$h_w(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f_W(w) e^{-uw} dw \quad (3.8)$$

eşitlik (3.7)'yi kullanarak

$$h_w(u) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{\infty} f_Y(w + Tz) f_Z(z) e^{-uw} dz dw \quad (3.9)$$

burada

$$w + Tz = y \quad (3.10)$$

şeklinde ifade edilir.

$$dw = dy \quad (3.11)$$

eşitlik (3.10) ve eşitlik (3.11), eşitlik (3.9)'da yerine yazılır.

$$\begin{aligned} h_w(u) &= \int_0^\infty \int_0^\infty f_Y(y) f_Z(z) e^{-u(y-Tz)} dz dy \\ &= \int_0^\infty f_Y(y) e^{-uy} dy \int_0^\infty f_Z(z) e^{Tzu} dz \end{aligned} \quad (3.12)$$

Olasılık yoğunluk fonksiyonunun Laplace dönüşümü diğer bir şekilde

$$h_w(u) = E[e^{-uw}] = E_Y[e^{-uy}] E_Z[e^{Tzu}] = h(u)g(-Tu) \quad (3.13)$$

şeklinde ifade edilir. $h(u)$ ve $g(u)$ ifadeleri sırasıyla Y ve Z rastgele değişkenlerinin moment üretici fonksiyonlarıdır.

$$\begin{aligned} h(u) &= \int_0^\infty \frac{1}{\lambda} e^{-\frac{y}{\lambda}} e^{-uy} dy = \int_0^\infty \frac{1}{\lambda} e^{-y(u+\frac{1}{\lambda})} dy \\ &= \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\lambda}{\lambda u + 1} = (1 + \lambda u)^{-1} \end{aligned} \quad (3.14)$$

Üstel dağılımdaki λ değeri eşitlik (2.14)'de belirtilmiştir. σ_n^2 'yi bir kabul ederek, $h(u)$ moment üretici fonksiyon

$$h(u) = (1 + bu)^{-1} \quad (3.15)$$

eşitliği ile ifade edilir. Kestirilen Z değeri referans pencerelerindeki örneklerin toplamıdır ve hedef olmayan durumu belirttiği için b değeri bire eşit olur. Referans pencerelerdeki örnekler bağımsız ve birbirinin aynı dağılıma sahip oldukları için Z kestiriminin moment üretici fonksiyonu, N tane örneğin moment üretici fonksiyonlarının çarpımına eşittir.

$$g(u) = (1 + u)^{-N} \quad (3.16)$$

Sezim performansı bu moment üretici fonksiyonları içeren çevrit (kontur) integraller şeklinde yazılabilir.

$$\begin{aligned} P_S &= P_r \{ w > 0 \mid H_1 \} \\ &= \int_0^\infty \int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} h(u) g(-Tu) dw \end{aligned} \quad (3.17)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (3.17)'de çevrit (kontur) integral w değerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu $f_W(w)$ 'nun ters Laplace dönüşümünü ifade eder.

$$\begin{aligned} P_S &= \int_0^\infty \left(\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} h(u) g(-Tu) \right) dw \\ &= \int_0^\infty \left(\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} \frac{1}{1+bu} \frac{1}{(1-Tu)^N} \right) dw \end{aligned} \quad (3.18)$$

Eşitlik (3.18)'de parantez içinde kalan çevrit integral eşitlik (3.19)'da ifade edilmiştir.

$$Ki = \frac{1}{2\pi i} \int_{C_-} e^{uw} \frac{1}{1+bu} \frac{1}{(1-Tu)^N} du \quad (3.19)$$

Eşitlik (3.19)'a göre kutuplar $u = -\frac{1}{b}$ ve $u = \frac{1}{T}$ olarak bulunur. Çevrit integral, negatif gerçekteksenden geçen karmaşık u düzleminde dikey bir yoldan oluşur. Çevrit, sol yarım düzlemde sonsuz bir yarım daire içinde kapalıdır. Çünkü $g(u)$ pozitif rastgele bir değişkenin moment üretici fonksiyonudur ve tekillikleri sol yarım düzlemde yatmaktadır. Bu nedenle, $g(-Tu)$ sol yarım düzlemde analitiktir ve eşitlik (3.19), $u = -\frac{1}{b}$ için Cauchy kalıntı teoremi açısından çözümlenebilir.

$$\int_{C_-} f(z) = 2\pi i \sum_{k=1}^n \text{Res}_{z=z_k} f(z) \quad (3.20)$$

$$\begin{aligned} R = \text{Res}_{u=-\frac{1}{b}} f(u) &= \lim_{u \rightarrow -\frac{1}{b}} (u + \frac{1}{b}) f(u) = \lim_{u \rightarrow -\frac{1}{b}} (u + \frac{1}{b}) \frac{e^{uw}}{(1+bu)(1-Tu)^N} \\ &= \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b(1+\frac{T}{b})^N} \end{aligned} \quad (3.21)$$

Eşitlik (3.21)'de bulunan kalıntı değeri, eşitlik (3.19)' da yerine yazılınca

$$\begin{aligned} \text{Ki} &= \frac{1}{2\pi i} \int_{C_-} e^{uw} \frac{1}{1+bu} \frac{1}{(1-Tu)^N} du = \frac{1}{2\pi i} 2\pi i \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b(1+\frac{T}{b})^N} \\ &= \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b} \frac{1}{(1+\frac{T}{b})^N} \end{aligned} \quad (3.22)$$

şeklinde elde edilir. Sezim olasılık fonksiyonu

$$P_S = \int_0^\infty (\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} h(u) g(-Tu)) dw = \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b} \frac{1}{(1+\frac{T}{b})^N} dw \quad (3.23)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (3.17)'den $g(u) = (1+u)^{-N}$ olduğu için

$$P_S = \frac{1}{b} g\left(\frac{T}{b}\right) \int_0^\infty e^{-\frac{w}{b}} dw = g\left(\frac{T}{b}\right) \quad (3.24)$$

şeklinde elde edilir. $b = 1+S$ olduğundan ve hedef sinyal olmadığı zaman $S = 0$ olur. Yanlış alarm olasılığı

$$P_{YA} = P_r \{w > 0 \mid H_0\} = g(T) = \frac{1}{(1+T)^N} \quad (3.25)$$

şeklinde ifade edilir.

Çok hedefli bir ortamda araya giren hedefler referans hücrelerin bir kısmında görülebilir.

$$Z = \sum_{j=1}^r x_{I_j} + \sum_{j=r+1}^N x_j \quad (3.26)$$

Homojen bir çevre için verilen gürültü seviyesi kestirimi Z 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonunun moment üretici fonksiyonu eşitlik (3.17)'de ifade edilmiştir. Çevresel menzil hücrelerine x_{I_j} ile ifade edilen r tane hedefin girdiğini varsayarsak, moment üretici fonksiyon, bu r tane araya giren bağımsız ve birbirinin aynı dağılıma sahip hedefin moment üretici fonksiyonlarının çarpımı ve $N-r$ tane bağımsız ve birbirinin aynı dağılıma sahip gürültü örneklerinin moment üretici fonksiyonlarının çarpımına eşittir.

$$g(u) = (1 + u)^{r-N} (1 + pu)^{-r} \quad (3.27)$$

şeklinde ifade edilir. $p = 1+S_I$ ve S_I ortalama araya giren hedef-gürültü gücü oranını belirtir. Burada araya giren hedeflerin aynı S_I değerine sahip olduğu varsayılmıştır. Sezim olasılığı fonksiyonu

$$\begin{aligned} P_S &= \int_0^{\infty} \left(\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} h(u) g(-Tu) \right) dw \\ &= \int_0^{\infty} \left(\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} \frac{1}{1+bu} \frac{1}{(1-Tu)^{N-r}} \frac{1}{(1-pTu)^r} \right) dw \end{aligned} \quad (3.28)$$

olarak bulunur. Eşitlik (3.28)'e göre kutuplar $u = -\frac{1}{b}$, $u = \frac{1}{T}$ ve $u = \frac{1}{pT}$ olarak bulunur. Çevrit (kontur) integral $u = -\frac{1}{b}$ için çözülür.

$$\begin{aligned} R &= Res_{u=-\frac{1}{b}} f(u) = \lim_{u \rightarrow -\frac{1}{b}} \left(u + \frac{1}{b} \right) f(u) = \lim_{u \rightarrow -\frac{1}{b}} \left(u + \frac{1}{b} \right) \frac{e^{uw}}{(1+bu)(1-Tu)^{N-r}(1-pTu)^r} \\ &= \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{\left(1+\frac{T}{b}\right)^{N-r} \left(1+p\frac{T}{b}\right)^r} \frac{1}{b} \end{aligned} \quad (3.29)$$

Sezim olasılık fonksiyonu

$$P_S = \int_0^{\infty} \frac{1}{b} \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{(1+\frac{T}{b})^{N-r}(1+p\frac{T}{b})^r} dw = (1 + \frac{T}{b})^{r-N} (1 + p\frac{T}{b})^{-r} \quad (3.30)$$

şeklinde hesaplanır. Ayrıca

$$P_S = (1 + \frac{T}{b})^{r-N} (1 + p\frac{T}{b})^{-r} = (1 + \frac{T}{1+S})^{r-N} (1 + (1 + S_I)\frac{T}{1+S})^{-r} \quad (3.31)$$

şeklinde ifade edilir.

3.2) Sansürlü Hücre Ortalamasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi

Sansürlü hücre ortalamasına dayanan sabit yanlış alarm oranı işlemcilerinde ortamın ortalama gürültü gücü sıralanmış referans penceresindeki örneklerin istenilen k tanesi kullanılarak kestirilir. SHO-SYAO işlemcisinin çıkışındaki Z gürültüsü kestirimi istatistiğinin hesaplanması eşitlik (3.32)'de verilmiştir.

$$Z = \sum_{j=1}^{k-1} x_{(j)} + cx_{(k)} \quad (3.32)$$

ve

$$x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(k)} \leq \dots \leq x_{(N)} \quad (3.33)$$

eşitlik (3.33)'de gösterilen örnekler x örneklerinin sıralanmış istatistikleridir. Sezim ve yanlış alarm olasılıklarını bulmak için kullanılan çevrit (kontur) integral, Z kestiriminin moment üretici fonksiyonu $g(u)$ 'ya ihtiyaç duyar. Bu sebeple bütün kestirim rastgele bir λ sabiti ile ölçeklendirilebilir. λZ 'nin moment üretici fonksiyonu $g(\lambda u)$ olur. Bu durum için (x_1, x_2, \dots, x_n) 'lerin bağımsız ve aynı dağılıma (i.i.d) sahip rastgele değerler olduğunu göz önünde bulundurmak yeterlidir. Ayrıca bu rastgele değişkenler ortak olasılık yoğunluk fonksiyonuna (pdf) sahiptir. $f(x) = e^{-x}$, $x \geq 0$. Sıralı istatistiklerin birleşik yoğunluk fonksiyonu

$$f(x_{(1)}, \dots, x_{(N)}) = N! e^{-\sum_{j=1}^N x_{(j)}} ; \quad x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(N)} \quad (3.34)$$

şeklinde ifade edilir. Ayrıca David [11]'te geçen haliyle aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$f(x_{(1)}, \dots, x_{(N)}) = N! e^{-\sum_{j=1}^N (N+1-j)(x_{(j)} - x_{(j-1)})} \quad (3.35)$$

Burada $x_{(0)} = 0$ kabul edilmiştir.

Değişken değiştirerek eşitlik (3.36)'deki gibi ifade edebiliriz.

$$y_j = (N + 1 - j)(x_{(j)} - x_{(j-1)}), \quad j = 1, \dots, N \quad (3.36)$$

y rastgele değerlerinin ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir,

$$f_{(Y_1, Y_2, \dots, Y_N)}(y_1, y_2, \dots, y_N) = f_{(X_{(1)}, X_{(2)}, \dots, X_{(N)})}(x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(N)}) \cdot \frac{1}{|J(x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(N)})|} \quad (3.37)$$

ve $J(x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(N)})$ ifadesi Jacobian matrisini ifade eder. Eşitlik (3.36)'deki y_i , $i = 1, 2, \dots, N$, rastgele değişkenleri aşağıda açık bir şekilde ifade edilmiştir.

$$\begin{aligned} y_1 &= N (x_{(1)} - x_{(0)}) \\ y_2 &= (N-1) (x_{(2)} - x_{(1)}) \\ y_3 &= (N-2) (x_{(3)} - x_{(2)}) \\ &\vdots \\ y_N &= (x_{(N)} - x_{(N-1)}) \end{aligned} \quad (3.38)$$

Bu ifadenin Jacobian matrisi

$$J(x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(N)}) = \begin{bmatrix} \frac{dy_1}{dx_{(1)}} & \frac{dy_1}{dx_{(2)}} & \dots & \dots & \frac{dy_1}{dx_{(N)}} \\ \frac{dy_2}{dx_{(1)}} & \frac{dy_2}{dx_{(2)}} & \dots & \dots & \frac{dy_2}{dx_{(N)}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots \\ \frac{dy_N}{dx_{(1)}} & \frac{dy_N}{dx_{(2)}} & \dots & \dots & \frac{dy_N}{dx_{(N)}} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} N & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1-N & N-1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 2-N & N-2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 3-N & \ddots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & & & 2 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.39)$$

şeklinde ifade edilir. Bu matrisin determinanı eşitlik (3.40)'te ifade edilmiştir.

$$\det | J(x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(N)}) | = N! \quad (3.40)$$

Eşitlik (3.35) ve (3.40), eşitlik (3.37)'de yerine yazılarak, y_i , $i = 1, 2, \dots, N$ değişkenlerinin ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu $x_{(j)}$ 'ler cinsinden eşitlik (3.41)'deki gibi bulunur.

$$f_{(Y_1, Y_2, \dots, Y_N)}(y_1, y_2, \dots, y_N) = N! (e^{-\sum_{j=1}^N x_{(j)}}) \frac{1}{N!} = e^{-\sum_{j=1}^N x_{(j)}} \quad (3.41)$$

Eşitlik (3.38)' i j-ninci terime kadar şöyle ifade edersek

$$\frac{y_1}{N} = (x_{(1)} - x_{(0)})$$

$$\frac{y_2}{N-1} = (x_{(2)} - x_{(1)})$$

$$\frac{y_3}{N-2} = (x_{(3)} - x_{(2)}) \quad (3.42)$$

⋮

$$\frac{y_j}{N+1-j} = (x_{(j)} - x_{(j-1)})$$

Eşitlik (3.42)'de eşitliğin solundaki ve sağındaki terimleri kendi içinde toplarsak

$$x_{(j)} = \sum_{i=1}^j \frac{y_i}{(N+1-i)} \quad (3.43)$$

elde edilir. Eşitlik (3.43), N tane terim için yazılır ve eşitliğin solundaki ve sağındaki terimleri kendi içinde toplarsak

$$\begin{aligned} x_{(1)} + x_{(2)} + \dots + x_{(N)} &= N \frac{y_1}{N} + (N-1) \frac{y_2}{N-1} + \dots + y_N \\ &= y_1 + y_2 + \dots + y_N \end{aligned} \quad (3.44)$$

şeklinde ifade edilir. y_j rastgele değişkenlerinin ortak olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (3.45)'deki gibi bulunur.

$$f_{(Y_1, Y_2, \dots, Y_N)}(y_1, y_2, \dots, y_N) = e^{-\sum_{j=1}^N y_j} \quad (3.45)$$

Bütün y_j 'lerin tanımlı olduğu aralık $(0, \infty)$ arasındadır ve x_i , $i = 1, 2, \dots, N$ gözlemleriyle aynı olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahiptir, yani bağımsız ve aynı dağılıma sahiptirler.

Z gürültü kestiriminin moment üretici fonksiyonu

$$\begin{aligned}
g(u) &= E[e^{-uz}] = \int_0^{\infty} e^{-uz} f(z) dz \\
&= \int_0^{\infty} \int_{x_{(1)}}^{\infty} \dots \int_{x_{(N-1)}}^{\infty} e^{-u(\sum_{j=1}^{k-1} x_{(j)} + cx_{(k)})} f_{(X_{(1)}, \dots, X_{(N)})}(x_{(1)}, \dots, x_{(N)}) dx_{(1)} \dots dx_{(N)} \\
&= \int_0^{\infty} \dots \int_0^{\infty} e^{-u(\sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^j \frac{y_i}{N+1-i} + c \sum_{i=1}^k \frac{y_i}{N+1-i})} f_{(Y_1, \dots, Y_N)}(y_1, \dots, y_N) dy_1 \dots dy_N \\
&= \int_0^{\infty} dy_1 e^{-y_1} \dots \int_0^{\infty} dy_N e^{-y_N} e^{-u(\sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^j \frac{y_i}{N+1-i} + c \sum_{i=1}^k \frac{y_i}{N+1-i})} \tag{3.46}
\end{aligned}$$

şeklinde ifade edilir. $e^{-u(\sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^j \frac{y_i}{N+1-i} + c \sum_{i=1}^k \frac{y_i}{N+1-i})}$ ifadesi eşitlik (3.46)'daki integraller hesaplanırken k tane terim için kullanılır. k+1'den N'ye kadar olan ifadeler sadece ortak yoğunluk fonksiyonundan gelen üstel ifadeler için alınır ve sonuç olarak 1 bulunur. Eşitlikte y_1 için integral alınır;

$$g(u) = \int_0^{\infty} dy_1 e^{-y_1} e^{(-u[(k-1)\frac{y_1}{N} + c\frac{y_1}{N}])}. t_1(y_2, \dots, y_N) \tag{3.47}$$

$t_1(y_2, \dots, y_N)$ fonksiyonu y_1 değişkeni çıktıktan sonra kalan değişkenlerin fonksiyonunu ifade eder.

$$\begin{aligned}
g(u) &= t_1(y_2, \dots, y_N) \int_0^{\infty} e^{-y_1(1 + u\frac{(k-1+c)}{N})} dy_1 \\
&= t_1(y_2, \dots, y_N) \left(1 + \frac{1}{(1 + \frac{(k-1+c)u}{N})} \right) \tag{3.48}
\end{aligned}$$

Eşitlik (3.48)'de y_2 için integral alınır;

$$g(u) = t_2(y_3, \dots, y_N) \left(1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{(k-1+c)u}{N}\right)} \right) \int_0^\infty dy_2 e^{-y_2} e^{(-u[(k-2)\frac{y_2}{N-1} + c\frac{y_2}{N-1}])} \quad (3.49)$$

$t_2(y_3, \dots, y_N)$ fonksiyonu $t_1(y_2, \dots, y_N)$ fonksiyonundan y_2 değişkeni çıktıktan sonra kalan fonksiyonu ifade eder.

$$\begin{aligned} g(u) &= t_2(y_3, \dots, y_N) \left(1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{(k-1+c)u}{N}\right)} \right) \int_0^\infty e^{-y_2 \left(1 + u\frac{(k-2+c)}{N-1}\right)} dy_2 \\ &= t_2(y_3, \dots, y_N) \left(1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{(k-1+c)u}{N}\right)} \right) \left(1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{(k-2+c)u}{N-1}\right)} \right) \end{aligned} \quad (3.50)$$

Eşitlik (3.50)'de y_3 'ten y_k 'ya kadar $k-2$ kere integral alınarak ve y_{k+1} 'den y_N 'e kadar sadece bağımsız üstel fonksiyonlar integrallenerek

$$g(u) = \prod_{j=1}^k \left[1 + \left(\frac{c+k-j}{N+1-j} \right) u \right]^{-1} \quad (3.51)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (3.51)'de n tane referans pencerenin sıralandıktan sonra en küçük k tanesi kullanılarak oluşturulan Z gürültü kestiriminin moment üretici fonksiyonu ifade edilmiştir.

Z gürültü kestiriminin ortalama değeri iki yöntemle hesaplanabilir. Birinci yöntemde, eşitlik (3.52)'de gösterilen ifade direkt kullanılır.

$$E[Z] = \int_{-\infty}^{\infty} zf(z)dz$$

$$= \int_0^\infty \left(\sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^j \frac{y_i}{N+1-i} + c \sum_{i=1}^k \frac{y_i}{N+1-i} \right) f_Y(y_1, y_2, \dots, y_N) dy_1 dy_2 \dots dy_N$$

$$= \int_0^{\infty} dy_1 e^{-y_1} \dots \int_0^{\infty} dy_N \cdot e^{-y_N} \left(\sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^j \frac{y_i}{N+1-i} + c \sum_{i=1}^k \frac{y_i}{N+1-i} \right) \quad (3.52)$$

Eşitlikte y_1 için integral alınırsa;

$$E[Z] = \int_0^{\infty} \left(\frac{(k-1+c)}{N} \right) y_1 e^{-y_1} dy_1 + w_1(y_2, \dots, y_N) \quad (3.53)$$

$w_1(y_2, \dots, y_N)$ fonksiyonu y_1 değişkeni çıktıktan sonra kalan fonksiyonu ifade eder.

$$\begin{aligned} E[Z] &= \left(\frac{(k-1+c)}{N} \right) \left(-y_1 e^{-y_1} \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} e^{-y_1} dy_1 \right) + w_1(y_2, \dots, y_N) \\ &= \left(\frac{(k-1+c)}{N} \right) + w_1(y_2, \dots, y_N) \end{aligned} \quad (3.54)$$

Eşitlikte y_2 için integral alınırsa;

$$E[Z] = \left(\frac{(k-1+c)}{N} \right) + \int_0^{\infty} y_2 e^{-y_2} \left(\frac{(k-2+c)}{N-1} \right) dy_2 + w_2(y_3, \dots, y_N) \quad (3.55)$$

$w_2(y_3, \dots, y_N)$ fonksiyonu $w_1(y_2, \dots, y_N)$ fonksiyonundan y_2 değişkenleri çıktıktan sonra kalan fonksiyonu ifade eder.

$$\begin{aligned} E[Z] &= \left(\frac{(k-1+c)}{N} \right) + \int_0^{\infty} \left(\frac{(k-2+c)}{N-1} \right) y_2 e^{-y_2} dy_2 + w_2(y_3, \dots, y_N) \\ &= \left(\frac{(k-1+c)}{N} \right) + \left(\frac{(k-2+c)}{N-1} \right) \left((-y_2 e^{-y_2}) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} e^{-y_2} dy_2 \right) + w_2(y_3, \dots, y_N) \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{(k-1+c)}{N}\right) + \left(\frac{(k-2+c)}{N-1}\right) + w_2(y_3, \dots, y_N) \quad (3.56)$$

Eşitlik (3.53)'te y_3 'ten y_k 'ya kadar $k-2$ kere integral alınarak, kalan terimleri sadece bağımsız üstel fonksiyonlar integrallenerek

$$E[Z] = \sum_{j=1}^k \frac{c+k-j}{N+1-j} \quad (3.57)$$

şeklinde ifade edilir.

Z gürültü kestiriminin ortalama değeri hesaplanması için kullanılan ikinci yöntemde eşitlik (3.51)'de bulunmuş olan $g(u)$ moment üretici fonksiyon kullanılır.

$$E[Z] = -\frac{d}{du}g(u) \Big|_{u=0} = \sum_{j=1}^k \left(\frac{c+k-j}{N+1-j}\right) \left(1 + \frac{c+k-j}{N+1-j}u\right)^{-1} \prod_{i=1}^k \left(1 + \frac{c+k-j}{N+1-j}u\right)^{-1} \Big|_{u=0} \quad (3.58)$$

ve

$$= -\frac{d}{du}g(u) \Big|_{u=0} = \sum_{j=1}^k \left(\frac{c+k-j}{N+1-j}\right) \quad (3.59)$$

'c' değeri $N+1-k$ olarak seçilir ise

$$-\frac{d}{du}g(u) \Big|_{u=0} = \sum_{j=1}^k \left(\frac{N+1-k+k-j}{N+1-j}\right) = k \quad (3.60)$$

elde edilir. Yansız gürültü kestirimi yapabilmek için eşitlik (3.60)'ı $\frac{1}{k}$ ile ölçeklendiririz.

$$\frac{1}{k} E[Z] = \frac{1}{k} \left(-\frac{d}{du} g(u) \Big|_{u=0} \right) = 1 \quad (3.61)$$

Eşitlik (3.57)'de ifade edilen gürültü ortalama değerinde c değeri N+1-k olarak yazılarak ve (1/k) ile ölçeklenerek eşitlik (3.62)'deki gibi ifade edilir.

$$\frac{1}{k} E[Z] = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \frac{c+k-j}{N+1-j} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \frac{N+1-k+k-j}{N+1-j} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k 1 = 1 \quad (3.62)$$

Eşitlik (3.60) ve (3.62) kullanılarak eşitlik (3.61)'in sağlandığı ve $\frac{Z}{k}$ gürültü kestiriminin yansız olduğu görülmüştür.

Böylece $\frac{Z}{k}$

$$\frac{z}{k} = \frac{1}{k} \left[\sum_{j=1}^k x_j + (N - k)x_k \right] \quad (3.63)$$

şeklinde ifade edilir ve burada $\frac{1}{k}$ terimi, eşitlik (2.15)'de $(Y \underset{H_0}{\geq} TZ) T$ 'nin içine yerleştirilebilir.

Eşitlik (3.63)'de bulunan ifadeyle bilinmeyen gürültü oranının yansız kestirimi alternatif olarak ifade edilmiştir. Seçilen $c = N+1-k$ için, eşitlik (3.51)'de hesaplanan moment üretici fonksiyon $g(u)$

$$g(u) = E[e^{-uz}] = (1 + u)^{-k} \quad (3.64)$$

şeklinde ifade edilebilir. Ayrıca eşitlik (3.63) k tane örneğin bilinmeyen gürültü seviyesinin kestiriminin Cramer-Rao alt sınırına ulaştığını gösterebilir. Bu nedenle kestirim yansız ve minimum varyansa sahiptir. Eşitlik (3.63)'te gösterilen moment üretici fonksiyonun sezim performansı k tane örnek kullanan bir hücre ortalamalı sezicinin performansı ile aynıdır.

Rickard ve Dillard'ın önerdiği sezici [5] D_1 'in $c = 1$ değerini kullandığı ve yukarıda belirtilen özelliği göstermediği gözlemlenmiştir.

Tektür ortamda sezim olasılığı eşitlik (3.15) ve (3.64)'de bulunan moment üretici fonksiyonlar içeren çevrit (kontur) integraller şeklinde yazılabilir.

$$P_S = \Pr (w > 0 | H_1)$$

$$= \int_0^\infty \int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} h(u) g(-Tu) dw \quad (3.65)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (3.65)'de çevrit (kontur) integral, w rastgele değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu $f_W(w)$ 'nun ters Laplace dönüşümünü ifade eder.

$$P_S = \int_0^\infty \left(\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} h(u) g(-Tu) \right) dw$$

$$= \int_0^\infty \left(\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} \frac{1}{1+bu} \frac{1}{(1-Tu)^k} \right) dw \quad (3.66)$$

Eşitlik (3.66)'da parantez içinde kalan çevrit integral eşitlik (3.67)'de ifade edilmiştir.

$$Ki = \frac{1}{2\pi i} \int_{C_-} e^{uw} \frac{1}{1+bu} \frac{1}{(1-Tu)^k} du \quad (3.67)$$

Eşitlik (3.67)'ye göre kutuplar $u = -\frac{1}{b}$ ve $u = \frac{1}{T}$ olarak bulunur. Çevrit integral, negatif gerçekte eksenden geçen karmaşık u düzleminde dikey bir yoldan oluşur. Çevrit, sol yarım düzlemde sonsuz bir yarım daire içinde kapalıdır. Çünkü $g(u)$ pozitif rastgele bir değişkenin moment üretici fonksiyonudur ve tekillikleri sol yarım düzlemde yatmaktadır. Bu nedenle, $g(-Tu)$ sol yarım düzlemde analitiktir ve eşitlik (3.67), $u = -\frac{1}{b}$ için Cauchy kalıntı teoremi açısından çözümlenebilir.

$$\int_{C_-} f(z) = 2\pi i \sum_{k=1}^n Res_{z=z_k} f(z) \quad (3.68)$$

$$R = Res_{u=-\frac{1}{b}} f(u) = \lim_{u \rightarrow -\frac{1}{b}} \left(u + \frac{1}{b} \right) f(u) = \lim_{u \rightarrow -\frac{1}{b}} \left(u + \frac{1}{b} \right) \frac{e^{uw}}{(1+bu)(1-Tu)^k}$$

$$= \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b(1+\frac{T}{b})^k} \quad (3.69)$$

Eşitlik (3.69)'da bulunan kalıntı değeri, eşitlik (3.67)' de yerine yazılınca

$$\begin{aligned} \text{Ki} &= \frac{1}{2\pi i} \int_{C_-} e^{uw} \frac{1}{1+bu} \frac{1}{(1-Tu)^k} du = \frac{1}{2\pi i} 2\pi i \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b(1+\frac{T}{b})^k} \\ &= \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b} \frac{1}{(1+\frac{T}{b})^k} \end{aligned} \quad (3.70)$$

şeklinde elde edilir. Sezim olasılık fonksiyonu

$$P_S = \int_0^\infty \left(\int_{C_-} \frac{du}{2\pi i} e^{uw} h(u) g(-Tu) \right) dw = \int_0^\infty \frac{e^{-\frac{w}{b}}}{b} \frac{1}{(1+\frac{T}{b})^k} dw \quad (3.71)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitlik (3.64)'ten $g(u) = (1+u)^{-k}$ olduğu için

$$P_S = \frac{1}{b} g\left(\frac{T}{b}\right) \int_0^\infty e^{-\frac{w}{b}} dw = g\left(\frac{T}{b}\right) = \frac{1}{(1+\frac{T}{b})^k} \quad (3.72)$$

şeklinde elde edilir. $b = 1+S$ olduğundan ve hedef sinyal olmadığı zaman $S = 0$ olur. Yanlış alarm olasılığı

$$P_{YA} = P_r \{ w > 0 \mid H_0 \} = g(T) = \frac{1}{(1+T)^k} \quad (3.73)$$

şeklinde ifade edilir. Eşik parametresi T, eşitlik (3.73) kullanılarak

$$T = -1 + P_{YA}^{-\frac{1}{k}} \quad (3.74)$$

şeklinde hesaplanır.

3.3) Uyarlamalı Sezim Algoritmasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi

Bu bölümde, araya giren hedeflerin olduğu durum için HO-SYAO işlemcisine alternatif bir sezim algoritması önerilmiştir [5]. Radar alıcısına gelen sinyaller örneklendikten sonra büyüklüklerine göre sıralanır. D_k sezicisi için, en büyük $(k+1, k+2, \dots, N)$ sıralamasına sahip örnekler sansürlenir ve kalan çıkışlardan yeni bir gürültü kestirimi Z_k oluşturulur. Bu alternatif sezim algoritmasının amacı, sinyal-gürültü oranı yüksek olan araya giren hedefleri, toplam gürültü kestiriminden çıkarmaktır.

Bu işlemci için eşitlik (3.51)'de ifade edilen

$$g(u) = \prod_{j=1}^k \left[1 + \left(\frac{c+k-j}{N+1-j} \right) u \right]^{-1}$$

moment üretici fonksiyon kullanılır. Ancak bu işlemci için $c = 1$ olarak kabul edilir. USA-SYAO işlemcisinin moment üretici fonksiyonu

$$g(u) = \prod_{j=1}^k \left[1 + \left(\frac{k+1-j}{N+1-j} \right) u \right]^{-1} \quad (3.75)$$

şeklinde ifade edilir. Bu işlemcinin sezim olasılık fonksiyonu eşitlik (3.65)'ten eşitlik (3.72)'ye kadar olan adımlarla hesaplanır. Bu işlemcinin sezim olasılık fonksiyonu

$$\begin{aligned} P_S &= \Pr (w > 0 | H_1) = g\left(\frac{T}{b}\right) \Big|_{b=1+S} = \prod_{j=1}^k \left[1 + \left(\frac{k+1-j}{N+1-j} \right) \frac{T}{b} \right]^{-1} \Big|_{b=1+S} \\ &= \prod_{j=1}^k \left[1 + \left(\frac{k+1-j}{N+1-j} \right) \frac{T}{1+S} \right]^{-1} \end{aligned} \quad (3.76)$$

şeklinde hesaplanır. Bu işlemcinin yanlış alarm olasılık fonksiyonu eşitlik (3.77)'de ifade edilmiştir. ($S = 0, b = 1$)

$$P_{YA} = \Pr (w > 0 | H_0) = g(T) = \prod_{j=1}^k [1 + \left(\frac{k+1-j}{N+1-j} \right) T]^{-1} \quad (3.77)$$

Verilen referans hücre sayısı N, sansür değeri k ve yanlış alarm olasılığı, P_{YA} için eşitlik (3.77)'den T değeri hesaplanır.

3.4) Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi

Rohling [6], ölçeklenmiş eşik değerini referans penceresinin sıralanmış örneklerinden biri olarak aldığı, “sıralı istatistik” (OS) sabit yanlış alarm oranı prosedürü olarak bilinen alternatif bir SYAO prosedürü önermiştir. Referans penceredeki örnekler ilk önce büyüklüklerine göre sıralanır ve Z gürültü kestirimi istatistiği en büyük k'nıncı örnek olarak alınır.

Eşitlik (3.25) ve (3.26)'den görülebileceği üzere HO-SYAO işlemcisinin başarımı üstel gürültü modelinde σ_n^2 gürültü gücünden bağımsızdır. Bu genel olarak doğru değildir, ancak varsayılan gürültünün dağılımının türüne bağlıdır. Rohling [6], sıralı istatistiklerin üstel gürültü modeli için gürültü gücünden bağımsız olan SYAO işlemcileri sınıfına girdiğini göstermiştir.

Sİ-SYAO işlemcileri için, $Z = x_{(k)}$ gürültü kestirimi olarak alınmıştır ve $x_{(k)}$ rastgele değerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu $f_{(k)}(z)$ ile ifade edilir.

$$f_{(k)}(z) = k \binom{N}{k} [1 - F(z)]^{N-k} [F(z)]^{k-1} f(z) \quad (3.78)$$

referans pencerelerdeki örneklerin olasılık yoğunluk fonksiyonu ve olasılık dağılım fonksiyonu sırasıyla

$$f(z) = e^{-z}, \quad z > 0 \quad (3.79)$$

ve

$$F(z) = 1 - e^{-z} \quad z > 0 \quad (3.80)$$

belirtilmiştir. Eşitlik (3.79) ve eşitlik (3.80), eşitlik (3.78)'de yerine yazılarak $x_{(k)}$ rastgele değerinin olasılık yoğunluk fonksiyonu eşitlik (3.81) elde edilir.

$$f_{(k)}(z) = k \binom{N}{k} [1 - e^{-z}]^{k-1} e^{-(N-k+1)z} \quad (3.81)$$

şeklinde ifade edilir. Sezim olasılığı P_S

$$\begin{aligned} P_S &= E_Z \{P(Y > TZ \mid H_1)\} = k \binom{N}{k} \int_0^\infty (1 - e^{-z})^{k-1} e^{-(N-k+1+\frac{T}{1+S})z} dz \\ &= \prod_{i=0}^{k-1} \frac{N-i}{N-i+\frac{T}{1+S}} \end{aligned} \quad (3.82)$$

şeklinde ifade edilir [9]. Yanlış alarm olasılığı P_{YA}

$$\begin{aligned} P_{YA} &= E_Z \{P(Y > TZ \mid H_0)\} = k \binom{N}{k} \int_0^\infty (1 - e^{-z})^{k-1} e^{-(N-k+1+T)z} dz \\ &= \prod_{i=0}^{k-1} \frac{N-i}{N-i+T} \end{aligned} \quad (3.83)$$

şeklinde ifade edilmiştir [9].

3.5) Menzil Sıralı İstatistik Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi Analizi

Bu sabit yanlış alarm oranı işlemcisinde, referans penceredeki örnekler küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sıralanmış olan referans pencerelerinden menzil alt limiti ve üst limiti belirlenir. Gürültü kestirimi alt limit üst limitten çıkarılarak bulunur.

$$Z = x_{(s)} - x_{(r)} \quad (3.84)$$

Burada $x_{(r)}$ menzil alt limitini, $x_{(s)}$ menzil üst limitini ifade eder ($r < s$). Yanlış alarm olasılığı P_{YA} ve sezim olasılığı P_S , sırasıyla eşitlik (3.82) ve (3.83)'de ifade edilmiştir [7].

$$P_{YA} = \left(\frac{N!}{(N-s)!} \sum_{i=0}^{r-1} \frac{1}{(r-1-i)!(i)!} (-1)^{r-i-1} \frac{1}{N-i} \right) * \left(\sum_{j=0}^{s-r-1} \frac{1}{(T+N-r-j)(s-r-1-j)!(j)!} (-1)^{(s-r-1-j)} \right) \quad (3.85)$$

$$P_S = \left(\frac{N!}{(N-s)!} \sum_{i=0}^{r-1} \frac{1}{(r-1-i)!(i)!} (-1)^{r-i-1} \frac{1}{N-i} \right) * \left(\sum_{j=0}^{s-r-1} \frac{1}{\left(\frac{T}{1+S} + N - r - j\right)(s-r-1-j)!(j)!} (-1)^{(s-r-1-j)} \right) \quad (3.86)$$

4) BAŞARIM ANALİZLERİ

Bu bölümde, HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin, tektür ortamlarda ve araya giren hedeflerin olduğu ortamlarda sezimleme olasılığı başarımları incelenmiştir. Yapılan analizlerde referans pencere boyutu $N=24$, istenen yanlış alarm olasılığı 10^{-2} ve 10^{-6} olarak seçilmiştir.

Tektür ortamlar için başarımların analitik olarak hesaplanan sezim olasılığı ve yanlış alarm olasılığı denklemleriyle bulunmuştur. Tektür olmayan ortamlar için başarımların analitik olarak MATLAB ortamında Monte Carlo simülasyonu kullanılarak yapılmıştır.

Tektür ortamda HO-SYAO işlemcisi ve $k = 18, 19, 20, 21, 22, 23$ için SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezimleme olasılığı başarımları karşılaştırılmıştır. Bu analizlere ait T eşik değerleri Bölüm 3’de verilen yanlış alarm olasılıkları denklemleri (eşitlik (3.25), (3.73), (3.77), (3.80) ve (3.82)) kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 4.1’de verilmiştir.

T	SHO-SYAO	USA-SYAO	Sİ-SYAO	MSİ-SYAO	HO-SYAO
k = 23	0.22167	0.25246	1.96049	2	0.21152
k = 22	0.23284	0.29459	2.35242	2.40853	0.21152
k = 21	0.24519	0.34121	2.73910	2.81462	0.21152
k = 20	0.25892	0.39435	3.13291	3.23773	0.21152
k = 19	0.27427	0.45601	3.56410	3.69126	0.21152
k = 18	0.29154	0.52859	4.02539	4.18752	0.21152

Tablo 4.1 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri tektür ortam $N = 24$ ve $P_{YA} = 10^{-2}$ için T eşik değerleri

4.1) Tektür Ortam Başarım Analizleri

Bu bölümde tektür ortamlar için belirtilmiş olan HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları analitik olarak kullanılarak başarım analizleri karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Ayrıca SHO-SYAO işlemcisinin gürültü kestirimi yapılırken kullanılan c katsayısının farklı değerleri için başarım analizi yapılmıştır. Ayrıca SHO-SYAO işlemcisinin farklı sayıda sansürlemiş örnekleri için başarım analizi yapılmıştır.

4.1.1) Farklı k Değerleri İçin Tektür Ortam Başarım Analizleri

Bu bölümde HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları başarımları yanlış alarm olasılığı 10^{-2} ve 10^{-6} olduğu zaman $k = 23, 22, 21, 20, 19$ ve 18 için karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Sistemlerin başarımları birbirlerine çok yakın olduğu için, grafikler ayrıca 15 ± 0.05 dB bölgesinde daha ayrıntılı tekrar çizilmiştir.

Şekil 4.1 ve 4.2'de $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $k = 23$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.3 ve 4.4'de $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $k = 22$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.5 ve 4.6'da $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $k = 21$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.7 ve 4.8'de $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $k = 20$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.9 ve 4.10'da $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $k = 19$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.11 ve 4.12'de $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $k = 18$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.13 ve 4.14'de $P_{YA} = 10^{-6}$ ve $k = 23$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

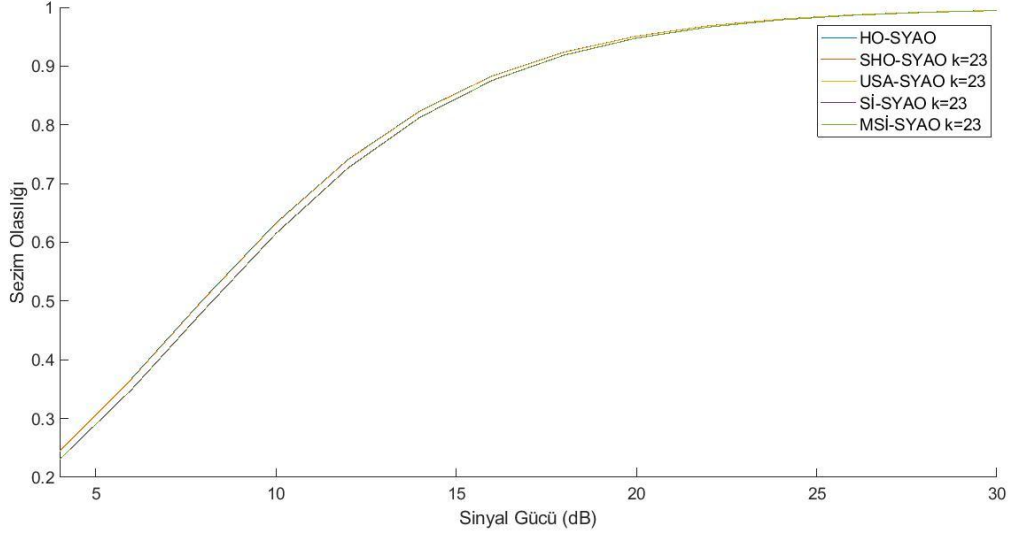
Şekil 4.15 ve 4.16'da $P_{YA} = 10^{-6}$ ve $k = 22$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

Şekil 4.17 ve 4.18'de $P_{YA} = 10^{-6}$ ve $k = 21$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

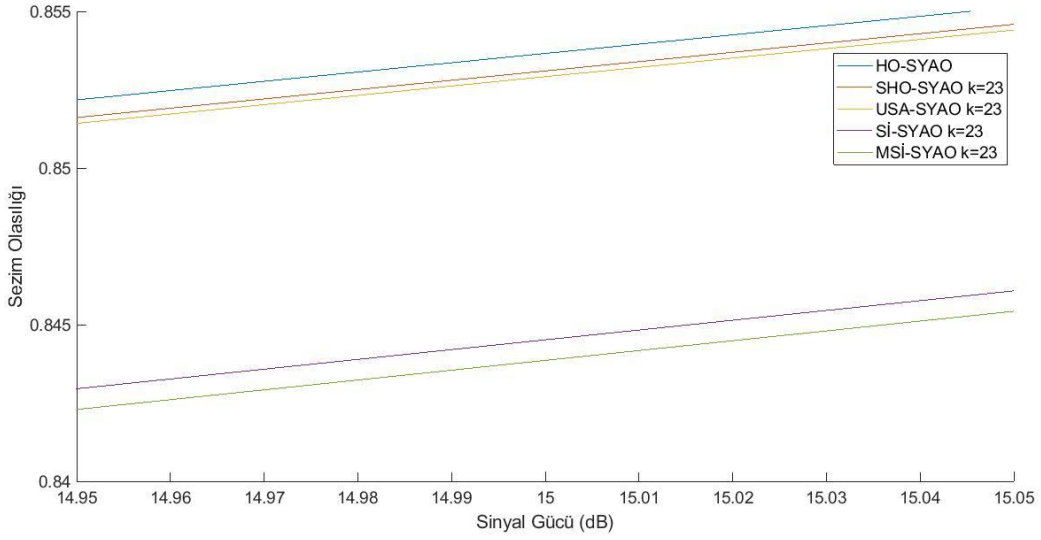
Şekil 4.19 ve 4.20'de $P_{YA} = 10^{-6}$ ve $k = 20$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

Şekil 4.21 ve 4.22'de $P_{YA} = 10^{-6}$ ve $k = 19$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

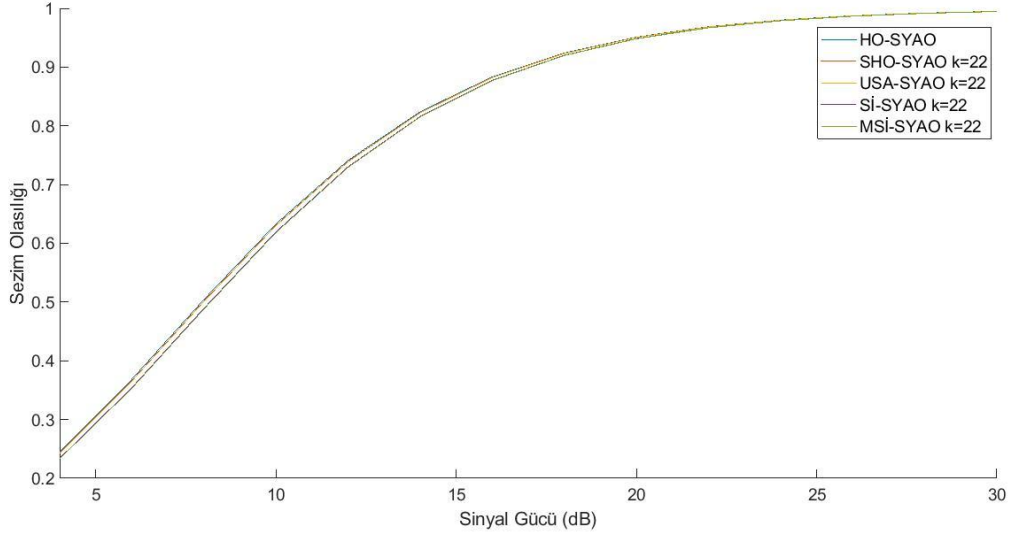
Şekil 4.23 ve 4.24'de $P_{YA} = 10^{-6}$ ve $k = 18$ için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.



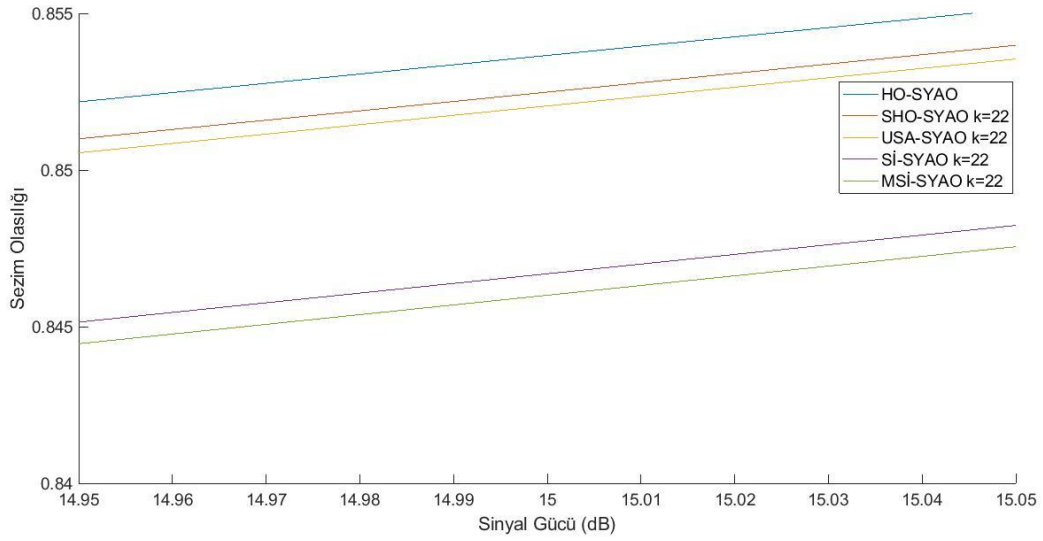
Şekil 4.1 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



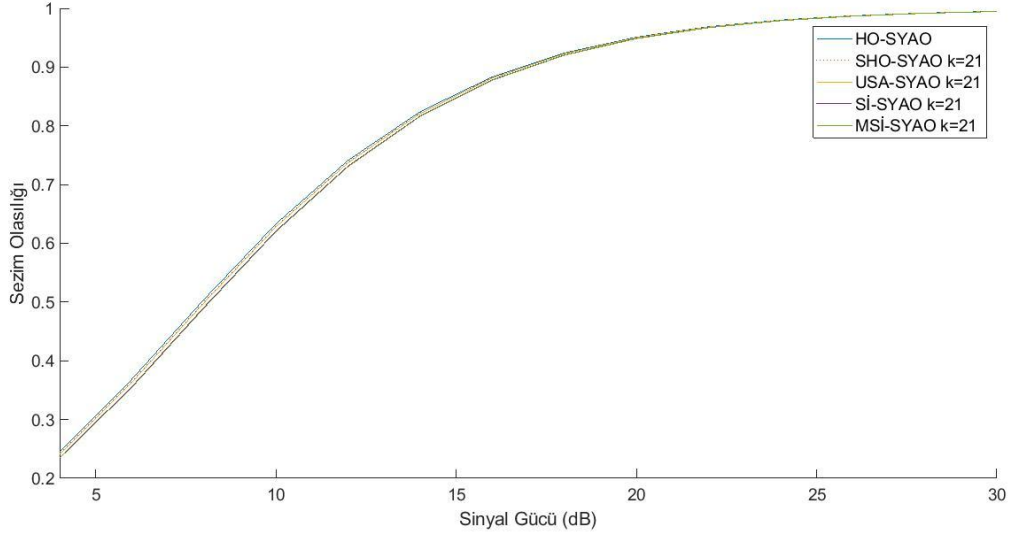
Şekil 4.2 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



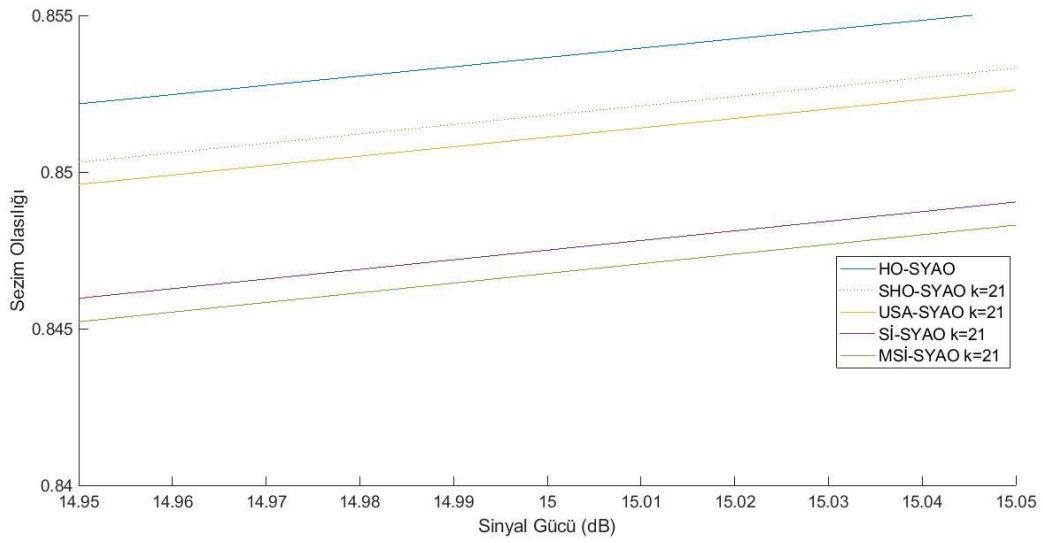
Şekil 4.3 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlecilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 22$



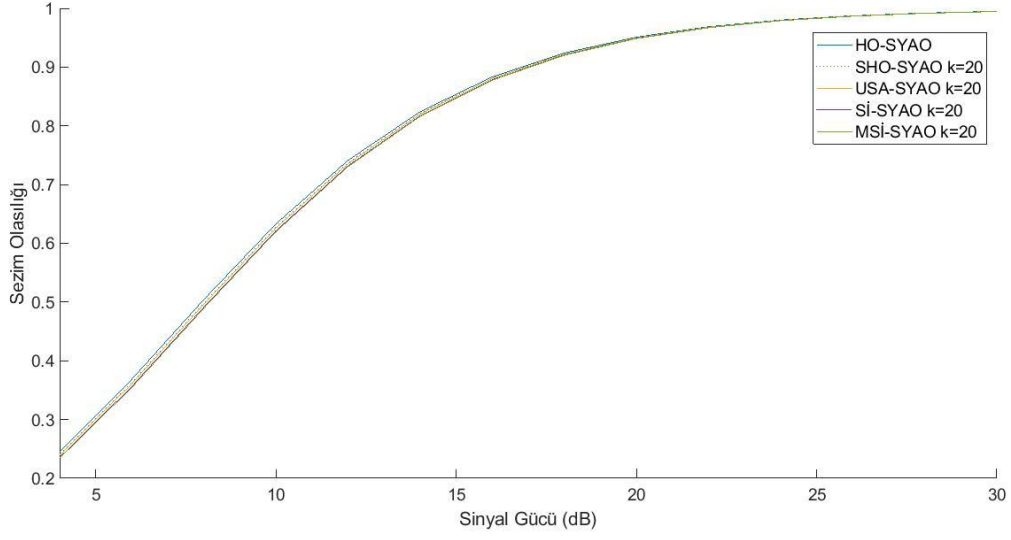
Şekil 4.4 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlecilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 22$



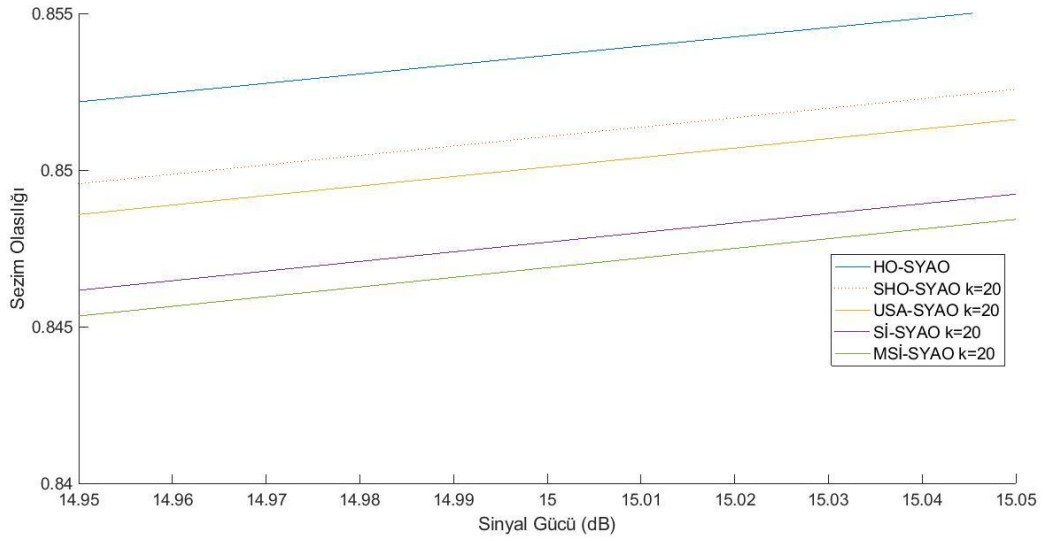
Şekil 4.5 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 21$



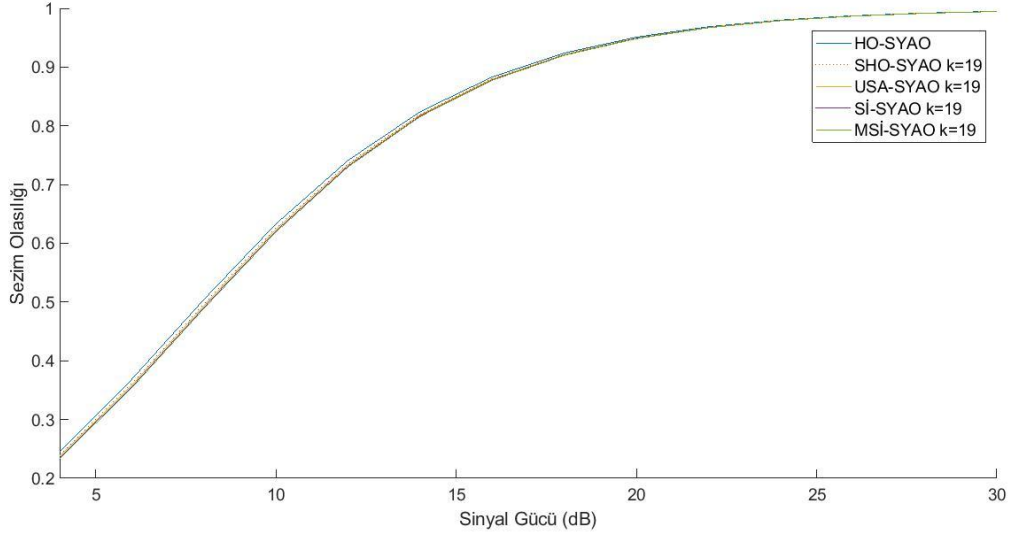
Şekil 4.6 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 21$



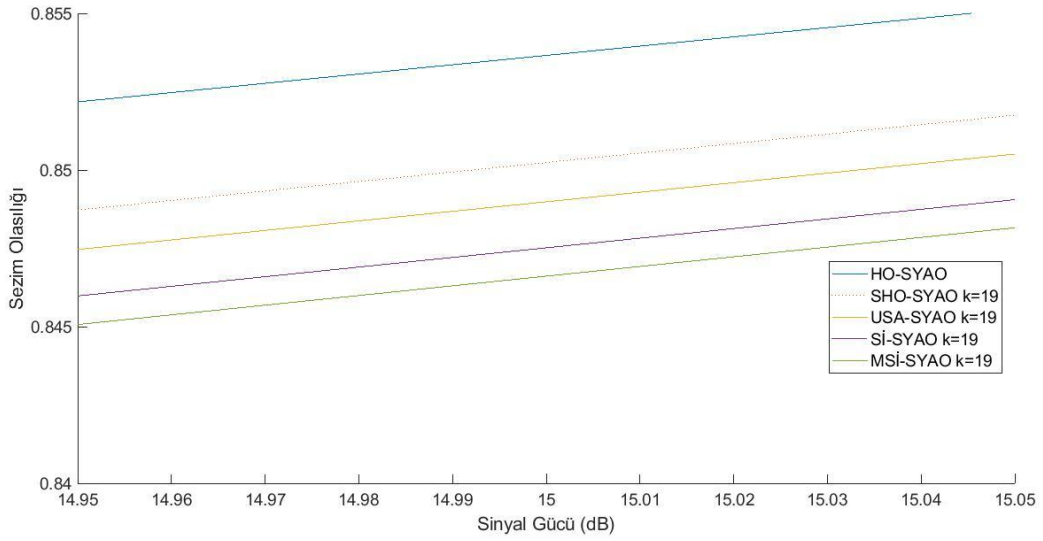
Şekil 4.7 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



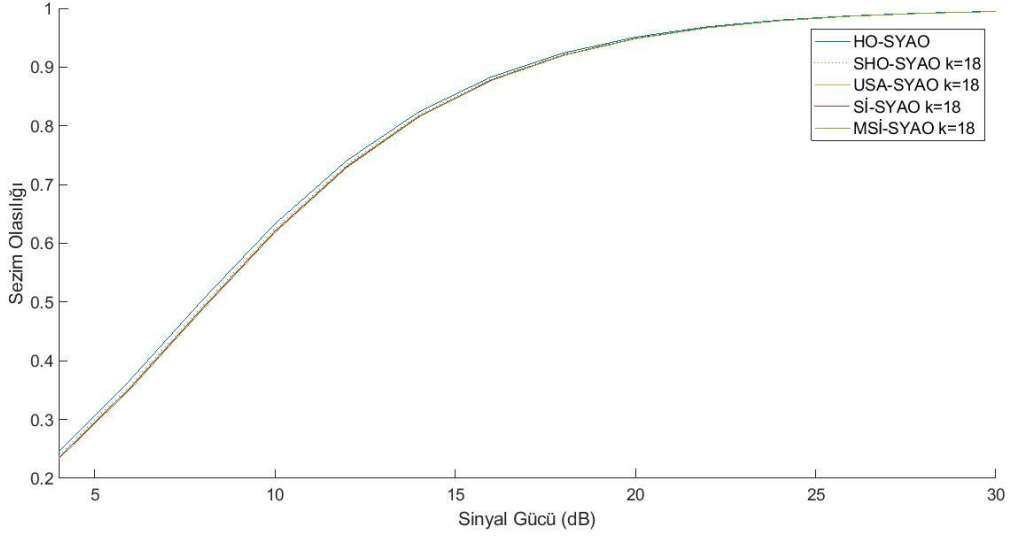
Şekil 4.8 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



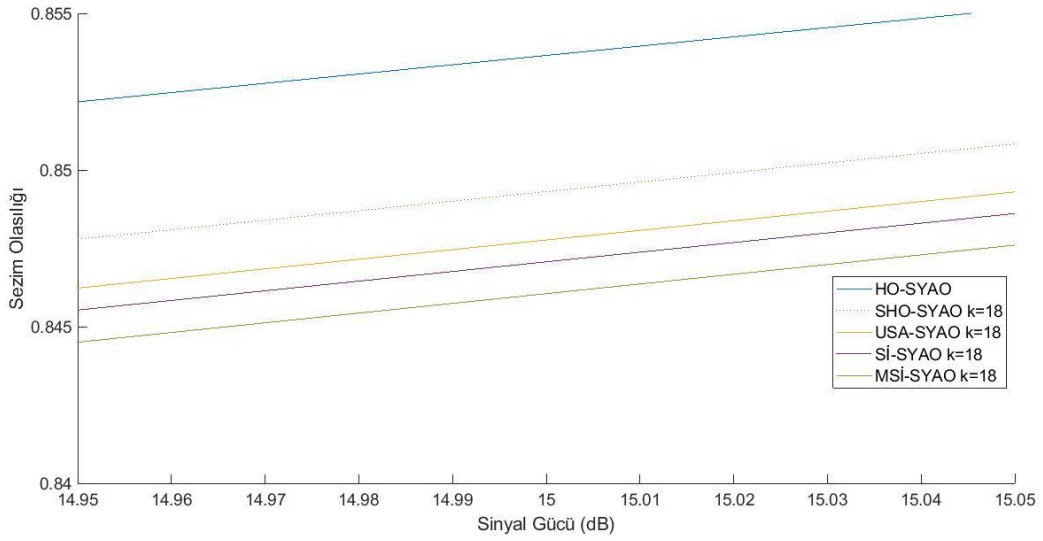
Şekil 4.9 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 19$



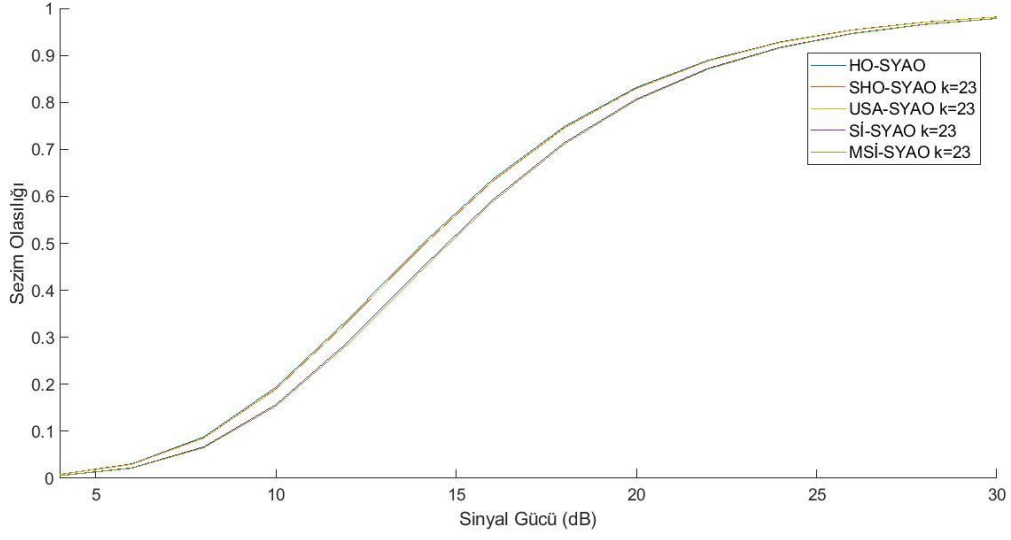
Şekil 4.10 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 19$



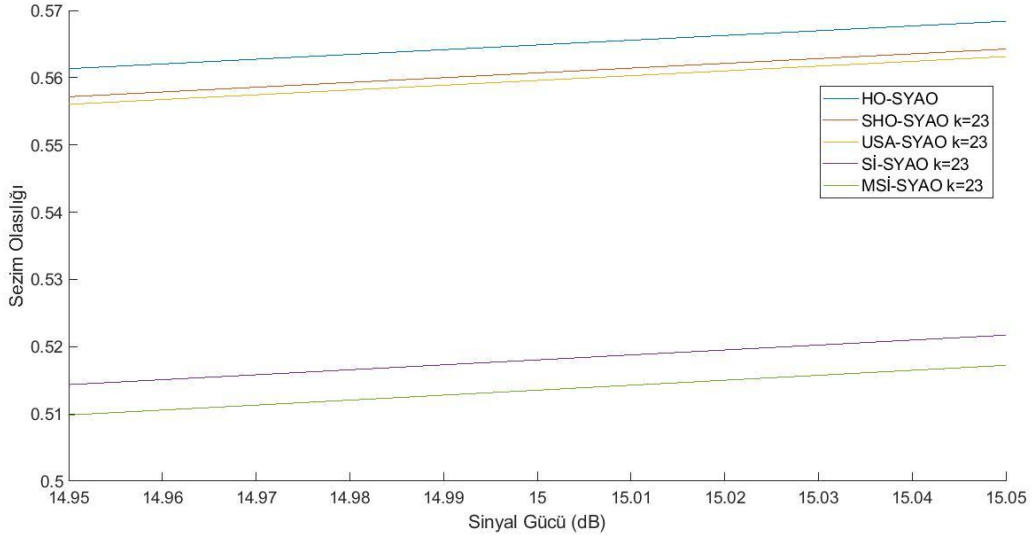
Şekil 4.11 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 18$



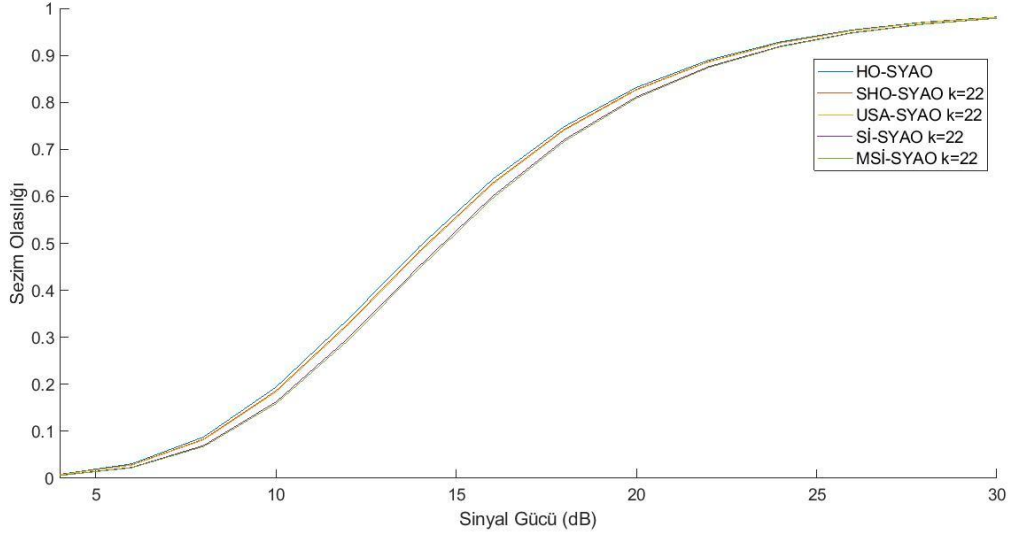
Şekil 4.12 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 18$



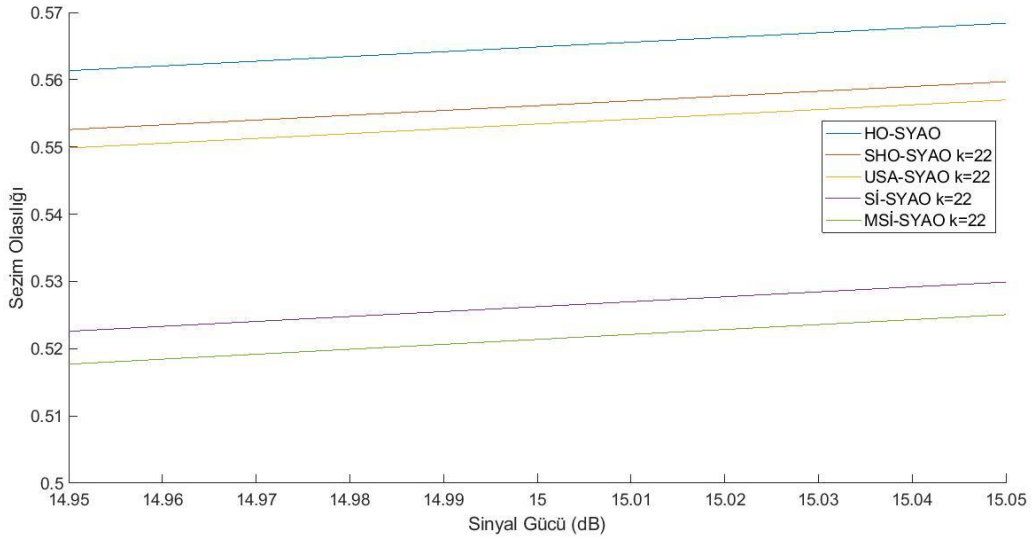
Şekil 4.13 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlecilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 23$



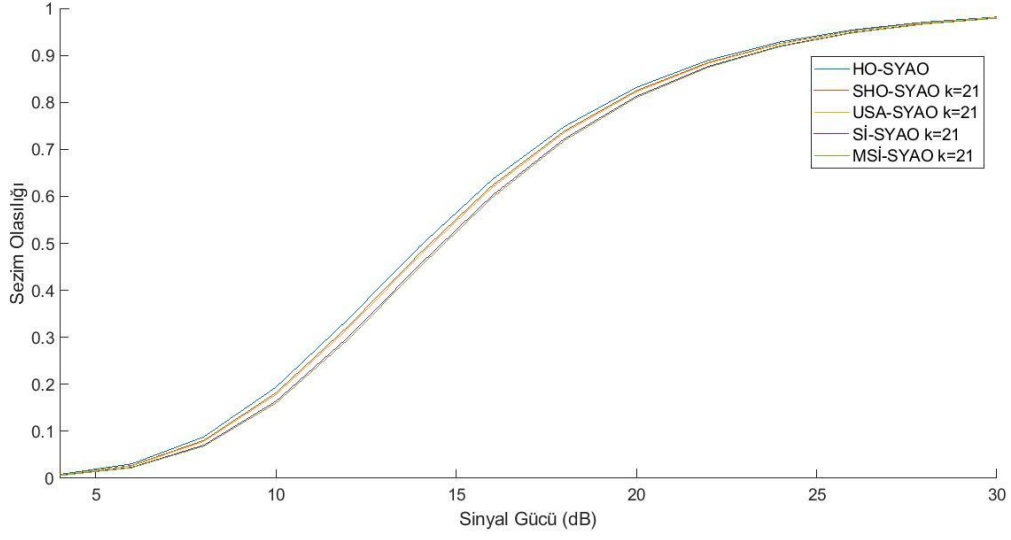
Şekil 4.14 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlecilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 23$



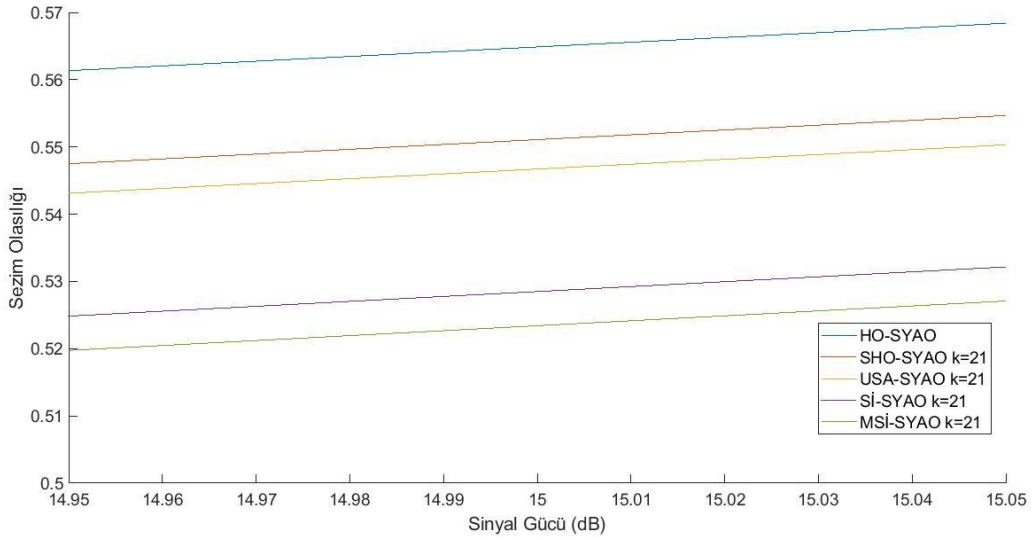
Şekil 4.15 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 22$



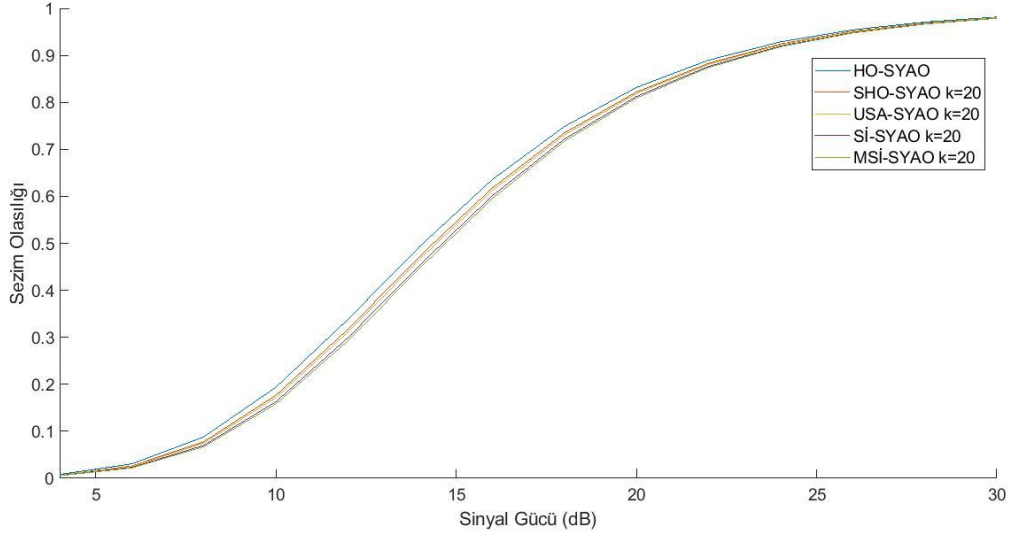
Şekil 4.16 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezım olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 22$



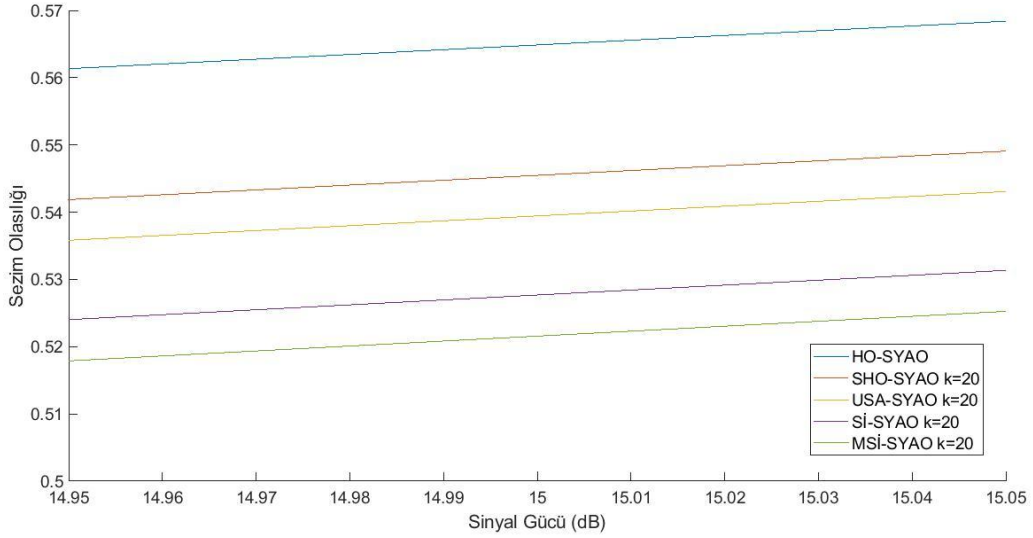
Şekil 4.17 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 21$



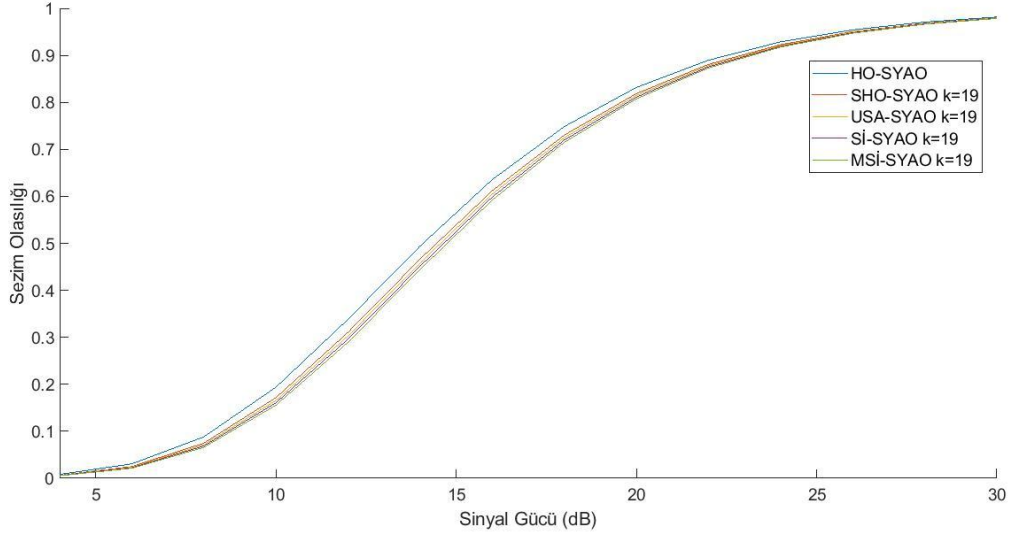
Şekil 4.18 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 21$



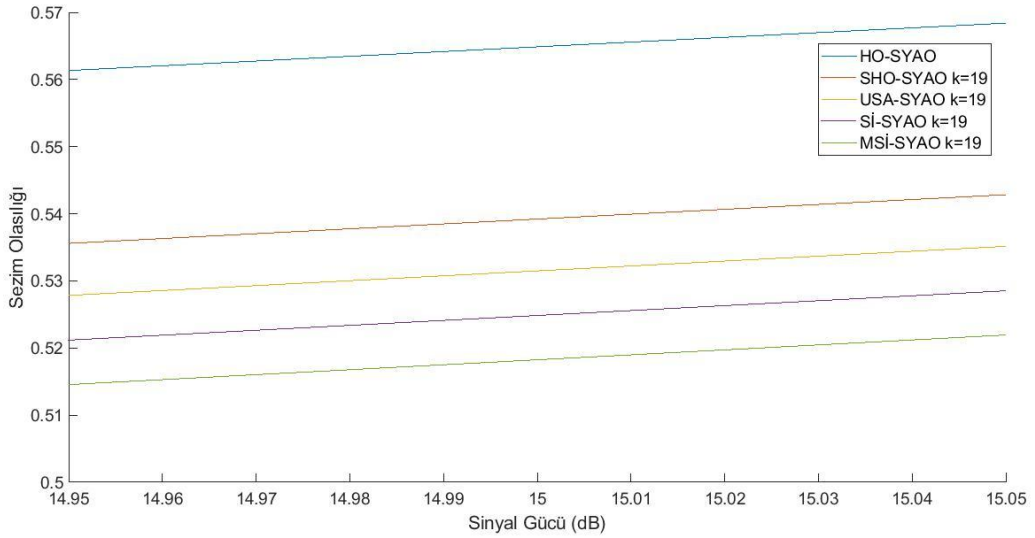
Şekil 4.19 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, SI-SYAO ve MSI-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 20$



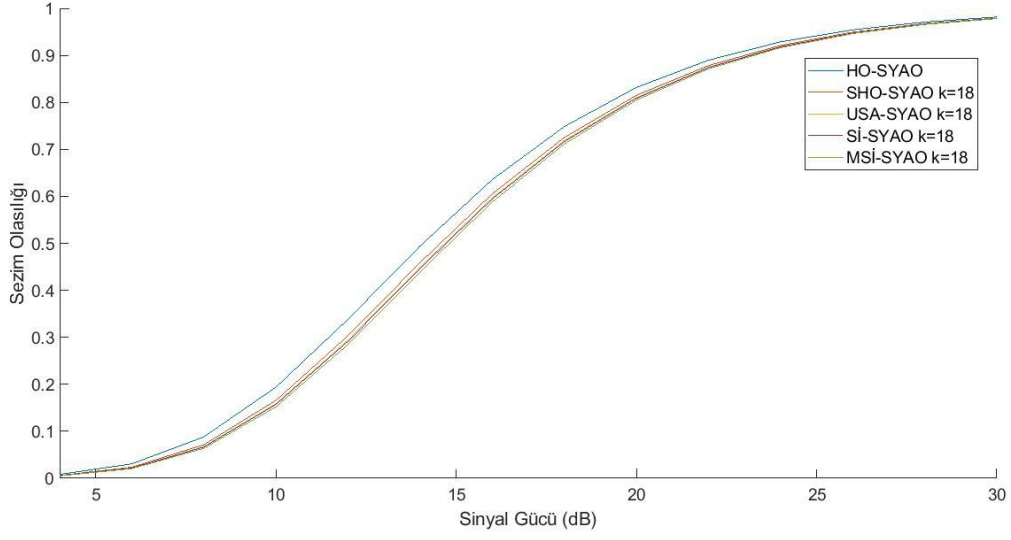
Şekil 4.20 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, SI-SYAO ve MSI-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 20$



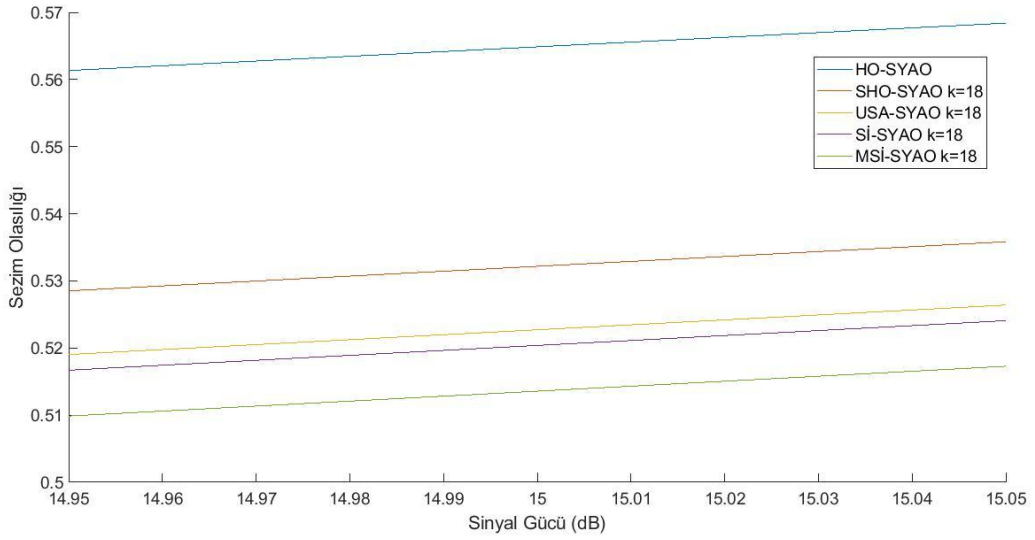
Şekil 4.21 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 19$



Şekil 4.22 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 19$



Şekil 4.23 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 18$



Şekil 4. 24 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-6}$, $N = 24$, $k = 18$

Bölüm 4.1.1’de verilen şekillerde tektür ortamda sezim olasılıkları karşılaştırılmıştır. HO-SYAO işlemcisinin sezim olasılığı beklendiği üzere $k = 23,22,21,20,19$ ve 18 için en yüksek değeri vermiştir. Bu işlemciyi sırasıyla SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri takip etmiştir. k değerleri 23 ’ten 18 ’e doğru azaldıkça SHO-SYAO ve USA-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları azalıp, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıklarına yaklaşmıştır. Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri en iyi performansı $k = 20$ için göstermiştir.

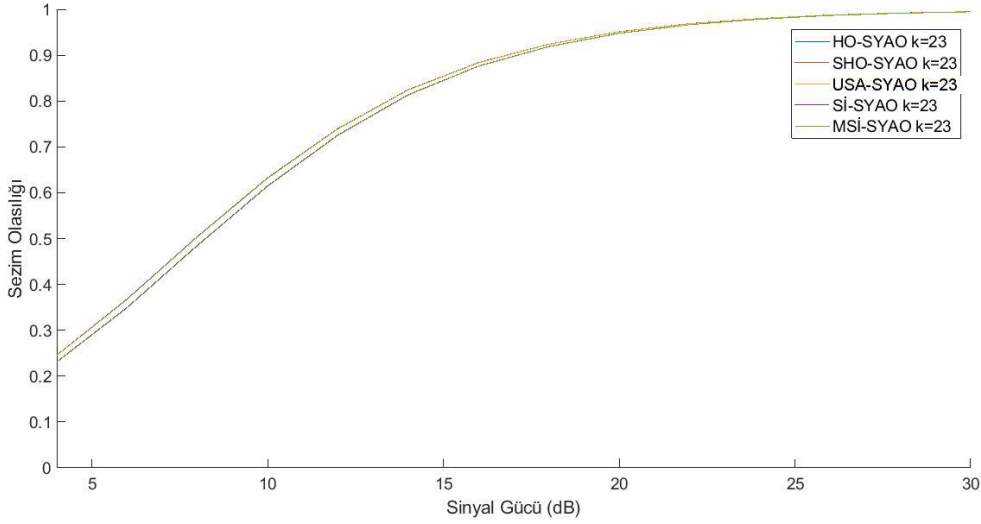
Tektür ortamda HO-SYAO işlemcisi ve $k = 18,19,20,21,22, 23$ için SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezimleme olasılığı $P_S = 0.7$ ’ye eşit olduğu durumda sinyal-gürültü gücü oranları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Sinyal- Gürültü Gücü Oranı	HO-SYAO	SHO-SYAO	USA-SYAO	Sİ-SYAO	MSİ-SYAO
k=23	11.24 dB	11.26 dB	11.27 dB	11.52 dB	11.54 dB
k=22	11.24 dB	11.28 dB	11.29 dB	11.46 dB	11.48 dB
k=21	11.24 dB	11.29 dB	11.32 dB	11.42 dB	11.45 dB
k=20	11.24 dB	11.32 dB	11.35 dB	11.42 dB	11.45 dB
k=19	11.24 dB	11.34 dB	11.38 dB	11.43 dB	11.46 dB
k=18	11.24 dB	11.38 dB	11.42 dB	11.45 dB	11.47 dB

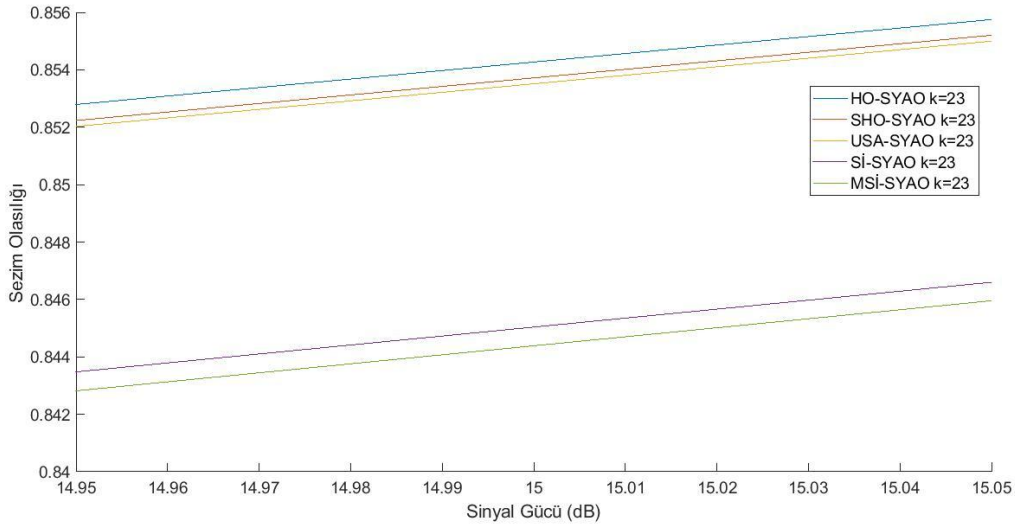
Tablo 4.2 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri tektür ortam $N = 24$, $P_{YA} = 10^{-2}$ ve $P_S = 0.7$ için sinyal-gürültü gücü oranları

Tablo 4.2’ye göre HO-SYAO işlemcisinden sonra en iyi başarıma sahip olan SHO-SYAO işlemcisinin HO-SYAO işlemcisinin performansına sahip olabilmesi için $k = 23$ durumunda 0.02 dB, $k = 22$ durumunda 0.04 dB, $k = 21$ durumunda 0.05 dB, $k = 20$ durumunda 0.08 dB, $k = 19$ durumunda 0.1 dB ve $k=18$ durumunda 0.14 dB daha fazla sinyal-gürültü gücü oranına sahip olması gerekir. En düşük başarıma sahip olan MSİ-SYAO işlemcisinin HO-SYAO işlemcisinin performansına sahip olabilmesi için $k = 23$ durumunda 0.3 dB, $k = 22$ durumunda 0.24 dB, $k = 21$ durumunda 0.21 dB, $k = 20$ durumunda 0.21 dB, $k = 19$ durumunda 0.22 dB ve $k = 18$ durumunda 0.23 dB daha fazla sinyal-gürültü gücü oranına ihtiyaç duyar.

Bu bölümdeki karşılaştırmalı başarımlar analitik olarak hesaplanarak yapılmıştır. Bu analizlerin tutarlılığını göstermek için benzetim tabanlı karşılaştırma yapılmış ve kullanılmış olan işlemcilerin başarımlarının, analitik olarak hesaplanan analizlerle aynı sıralamada olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.25 ve 4.26'da $k = 23$ ve $P_{YA} = 10^{-2}$ için benzetim tabanlı başarımlar analizleri verilmiştir.



Şekil 4.25 HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam benzetim tabanlı olarak hesaplanan sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



Şekil 4.26 15(dB) etrafında HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin tektür ortam benzetim tabanlı olarak hesaplanan sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$

4.1.2) SHO-SYAO İşlemcisinin Farklı c Değerleri İçin Tektür Ortam Başarım Analizleri

SHO-SYAO işlemcisinin gürültü kestirimi eşitlik (3.57)'de verilmiştir.

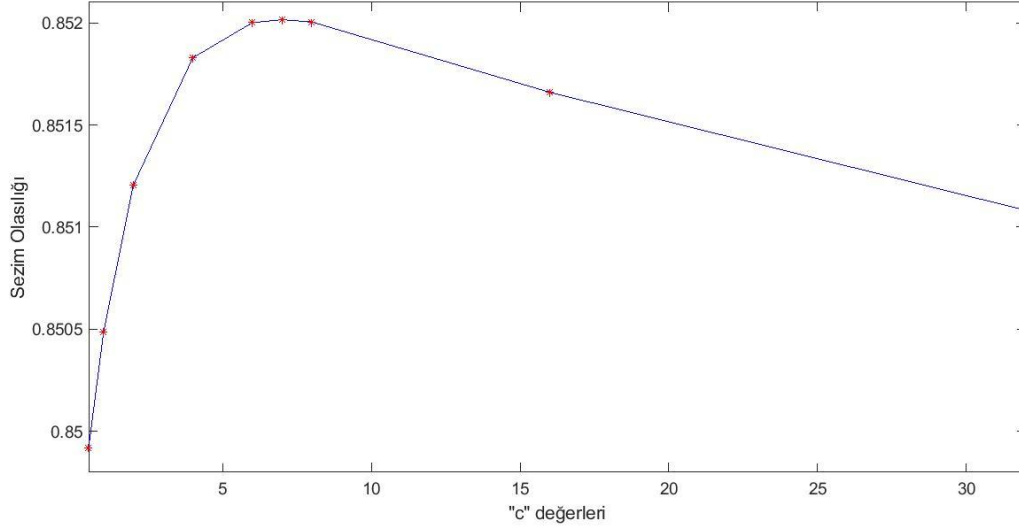
$$Z = \sum_{j=1}^{k-1} x_{(j)} + cx_{(k)}$$

Bu gürültü kestiriminde k'nıncı terim c sabit katsayısı ile çarpılır. Aşağıda farklı c katsayıları için k = 18, k = 20 ve k = 22 senaryolarının 'T' eşik değerleri verilmiş ve sezim olasılıkları incelenmiştir.

T	k = 18	k = 20	k = 22
c = 0.5	0.568367	0.422767	0.316027
c = 1	0.528598	0.394353	0.294590
c = 2	0.464408	0.348151	0.259883
c = 4	0.374779	0.282930	0.211104
c = 6	0.314769	0.238761	0.178157
c = 8	0.271569	0.206720	0.154281
c = 16	0.175795	0.134904	0.100774
c = 32	0.103335	0.079807	0.059682
$c_{SHO-SYAO}$	0.291549	0.258925	0.232840

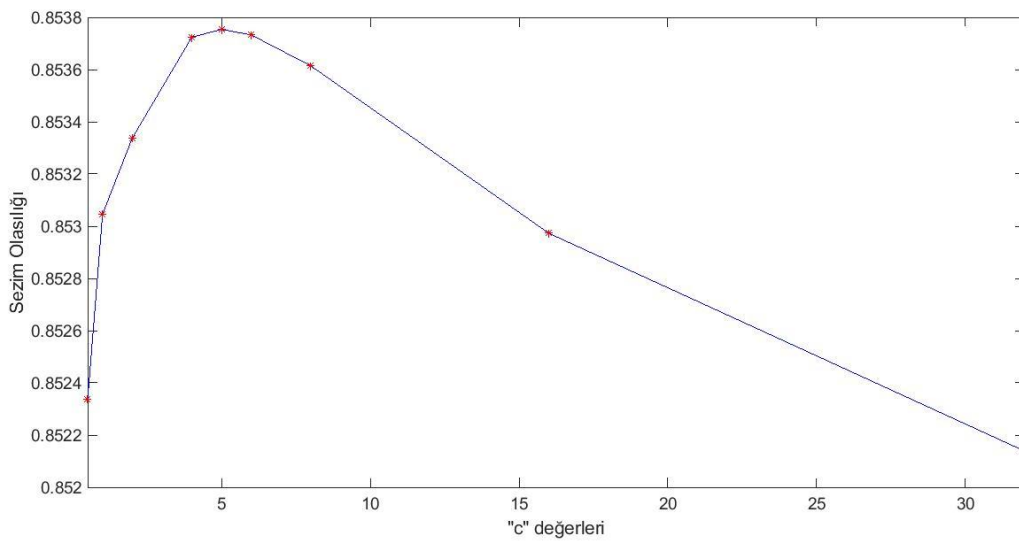
Tablo 4.3 SHO-SYAO işlemcisi tektür ortam $N = 24$, $P_{YA} = 10^{-2}$ için farklı c değerlerine göre T eşik değerleri (k = 18 için $c_{SHO-SYAO} = 7$, k = 20 için $c_{SHO-SYAO} = 5$, k = 22 için $c_{SHO-SYAO} = 3$)

Şekil 4.27’de $c = 0.5, 1, 2, 4, 6, 7, 8, 16$ ve 32 için sezim olasılıkları verilmiştir. SHO-SYAO işlemcisi $k = 18$ için $c = N+1-k = 7$ değerine eşittir ve en yüksek sezim olasılığına sahiptir.



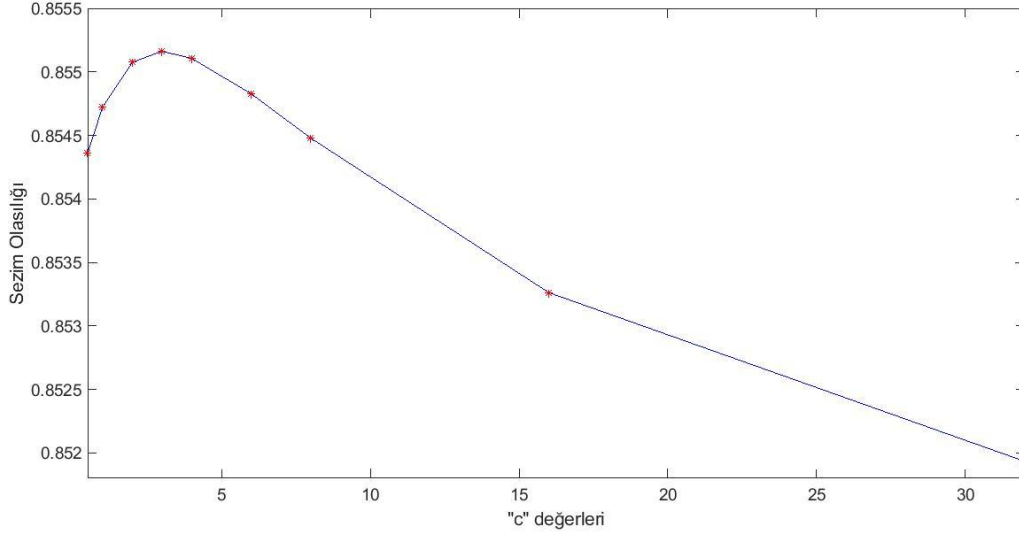
Şekil 4.27 Farklı c katsayıları için SYAO işlemcileri sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 18$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı = 15 dB. (SHO-SYAO işlemcisi için $c = N+1-k = 7$)

Şekil 4.28’de $c = 0.5, 1, 2, 4, 5, 6, 8, 16$ ve 32 için sezim olasılıkları verilmiştir. SHO-SYAO işlemcisi $k = 20$ için $c = N+1-k = 5$ değerine eşittir ve en yüksek sezim olasılığına sahiptir.



Şekil 4.28 Farklı c katsayıları için SYAO işlemcileri sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı = 15 dB. (SHO-SYAO işlemcisi için $c = N+1-k = 5$)

Şekil 4.29'da $c = 0.5, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 16$ ve 32 için sezim olasılıkları verilmiştir. SHO-SYAO işlemcisi $k = 22$ için $c = N+1-k = 3$ değerine eşittir ve en yüksek sezim olasılığına sahiptir.



Şekil 4.29 Farklı c katsayıları için SYAO işlemcileri sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 22$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı= 15 dB. (SHO-SYAO işlemcisi için $c = N+1-k = 3$)

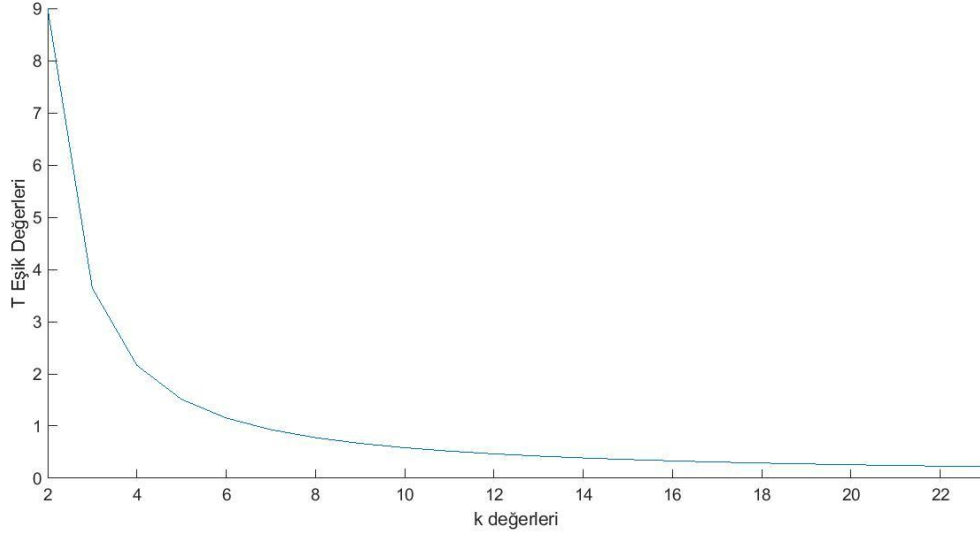
SHO-SYAO işlemcisinin tektür ortamda farklı c değerleri için sezim olasılığı başarımları yapılmış ve $k = 18$, $k = 20$ ve $k = 22$ durumları için en yüksek başarımın $c = N+1-k$ için elde edildiği görölmüştür. $c = N+1-k$ civarında değerler aldığında sezim olasılığı en iyi değere yakın gelmektedir ancak $N+1-k$ değerinden uzaklaştıkça sezim olasılığının düştüğü gözlemlenmiştir.

4.1.3) SHO-SYAO İşlemcisinin Farklı k Değerleri İçin Tektür Ortam Başarım Analizleri

SHO-SYAO işlemcisi farklı k değerleri için eşik değerleri Tablo (4.2)'de verilmiştir.

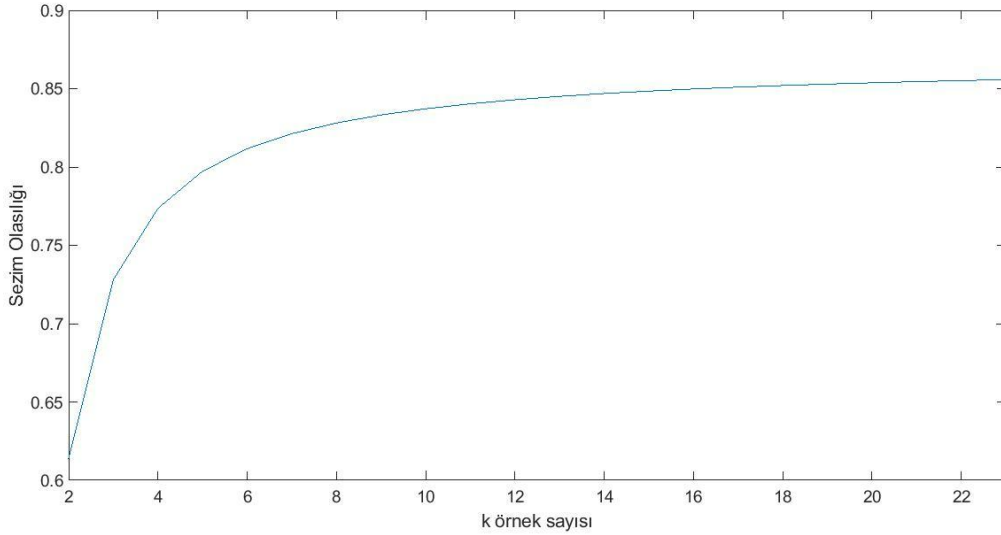
k	T
2	9
3	3.64158
4	2.16227
5	1.51188
6	1.15443
7	0.93069
8	0.77827
9	0.66810
10	0.58489
11	0.51991
12	0.46779
13	0.42510
14	0.38949
15	0.35935
16	0.33352
17	0.31113
18	0.29154
19	0.27427
20	0.25892
21	0.24519
22	0.23284
23	0.22167

Tablo 4.4 SHO-SYAO işlemcisi tektür ortam $N = 24$, $P_{YA} = 10^{-2}$ için T eşik değerleri



Şekil 4.30 Farklı k değerleri için SHO-SYAO işlemcileri T eşik değerleri, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$

Tektür ortam için Tablo (4.2)'de verilen eşik değerlerinden hesaplanan sezim olasılığı Şekil (4.31)'de gösterilmiştir.



Şekil 4.31 Farklı k değerleri için SHO-SYAO işlemcilesi sezim olasılığı, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, Sinyal-Gürültü Gücü Oranı= 15 dB.

Tektür ortam için SHO-SYAO işlemcisinde örnek sayısı artıkça, yanlış alarm oranını sabit tutabilmek için 'T' eşik değeri azalmaktadır. Örnek sayısının arttığı durumda sezim olasılığı

başarımı artmaktadır ve işlemcinin sezim olasılığı başarımı ideal durum olan HO-SYAO işlemcisinin başarımına yaklaşmaktadır.

4.2) Tektür Olmayan Ortam Başarım Analizleri

Bu bölümde tektür olmayan ortamlar için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları başarımı $k = 23$ ve $k = 20$ durumları için Monte-Carlo simülasyonu kullanılarak karşılaştırmalı olarak yapılmıştır. Bu bölümde test edilen hücredeki hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren hedef sayısı beş adete oluncaya kadar başarım analizleri yapılmıştır. Ayrıca test edilen hücredeki hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip iki adet hedefin olduğu durum incelemiştir. İki hedeften birinin sinyal-gürültü gücü oranı test edilen hücredeki hedefin yarısıyken diğeri iki katı büyüklüğündedir. Bu analizlerde kullanılan eşik değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Sistemlerin başarımları birbirlerine çok yakın olduğu için, grafikler ayrıca 15 ± 0.01 dB bölgesinde daha ayrıntılı tekrar çizilmiştir.

Şekil 4.32 ve 4.33’de $k = 23$ ve bir adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.34 ve 4.35’de $k = 23$ ve iki adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.36ve 4.37’de $k = 23$ ve üç adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.38 ve 4.39’da $k = 23$ ve dört adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarım analizleri verilmiştir.

Şekil 4.40 ve 4.41’de $k = 23$ ve beş adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

Şekil 4.42 ve 4.43’de $k = 23$ ve iki adet hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

Şekil 4.44 ve 4.45’de $k = 20$ ve bir adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

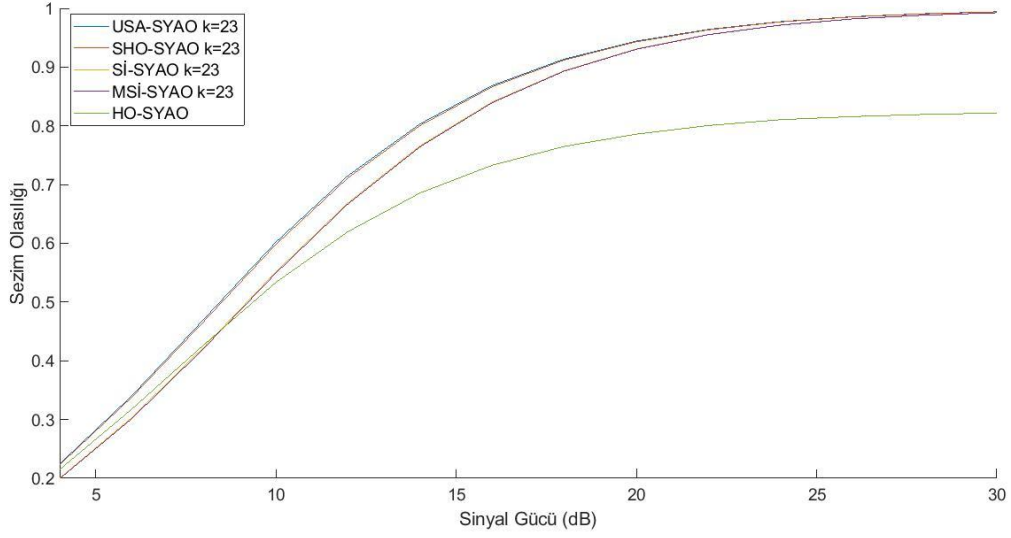
Şekil 4.46 ve 4.47’de $k = 20$ ve iki adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

Şekil 4.48 ve 4.49’de $k = 20$ ve üç adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

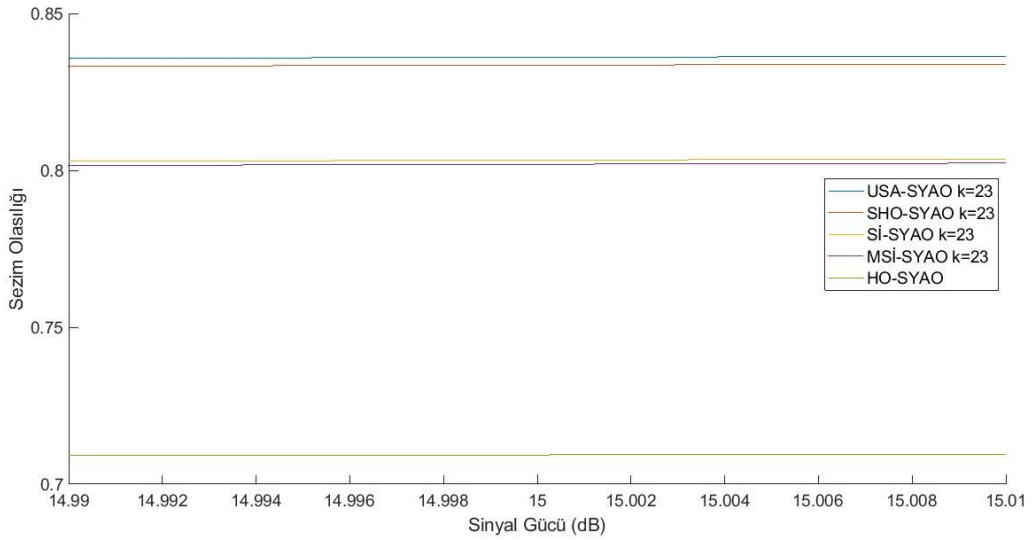
Şekil 4.50 ve 4.51’de $k = 20$ ve dört adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

Şekil 4.52 ve 4.53’de $k = 20$ ve beş adet araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.

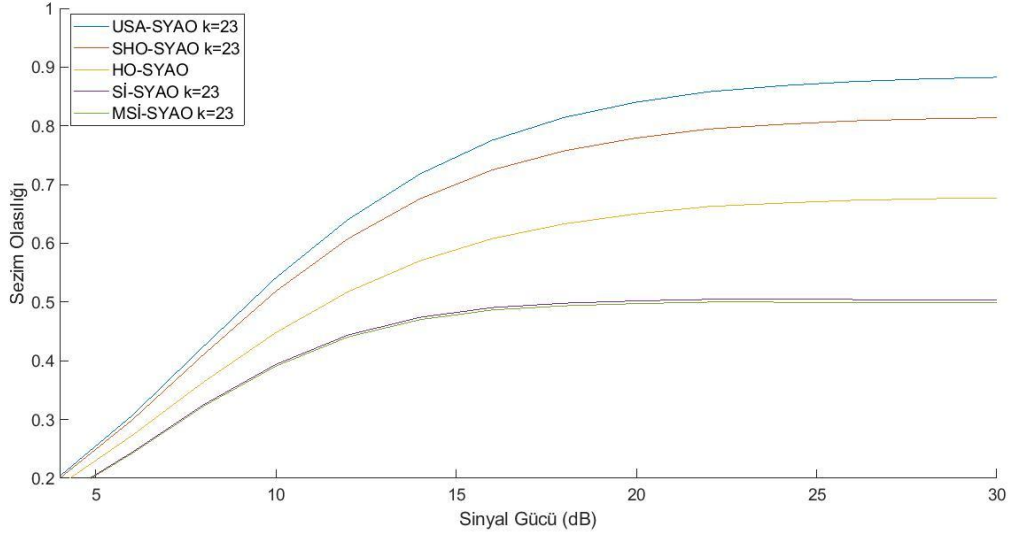
Şekil 4.54 ve 4.55’de $k = 23$ ve iki adet hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren hedefin olduğu durum için HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri sezim olasılıklarının başarımları analizleri verilmiştir.



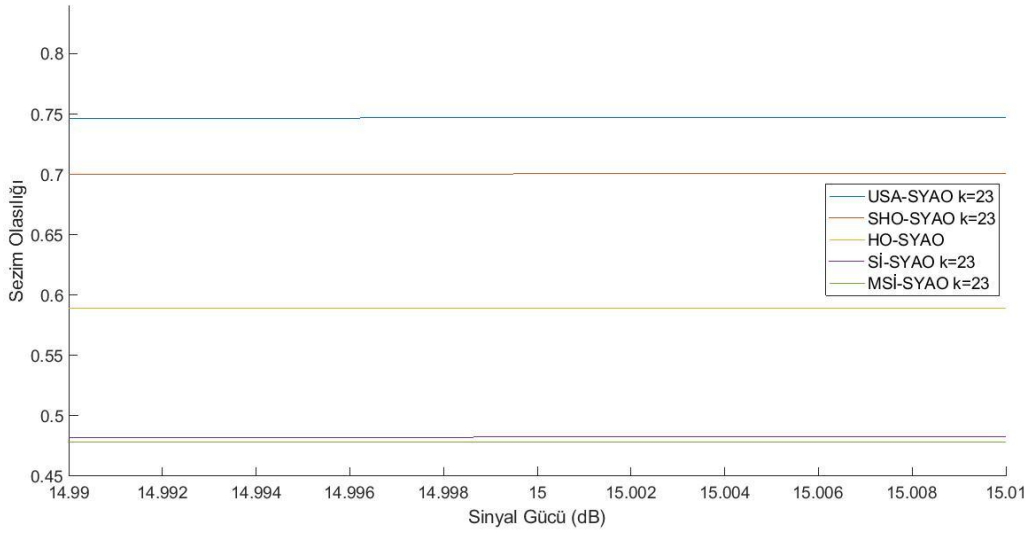
Şekil 4.32 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



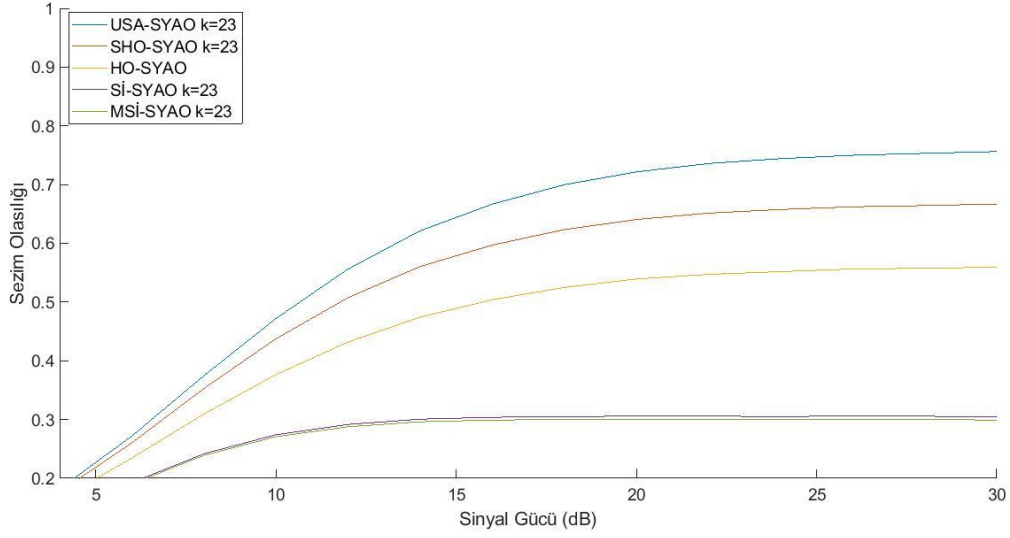
Şekil 4.33 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



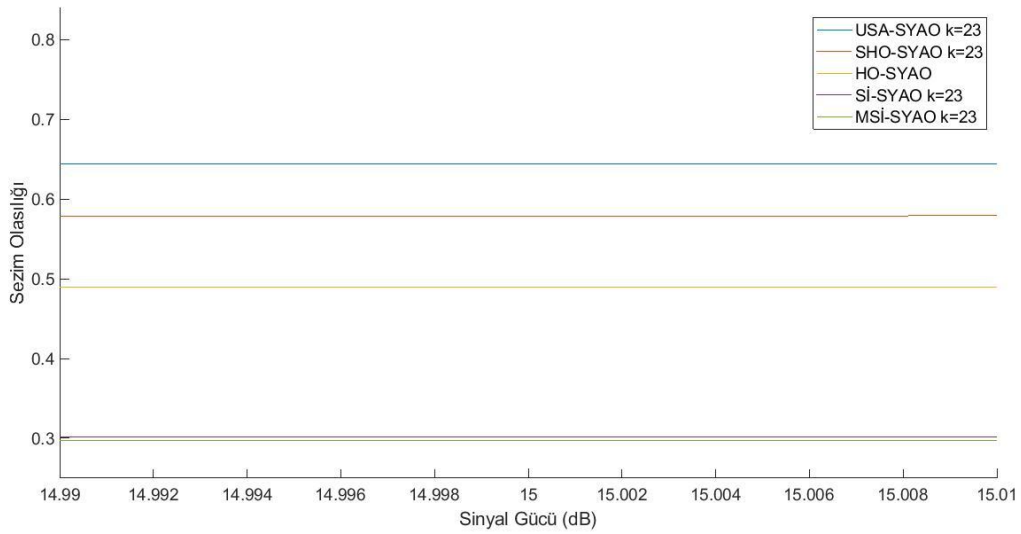
Şekil 4.34 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



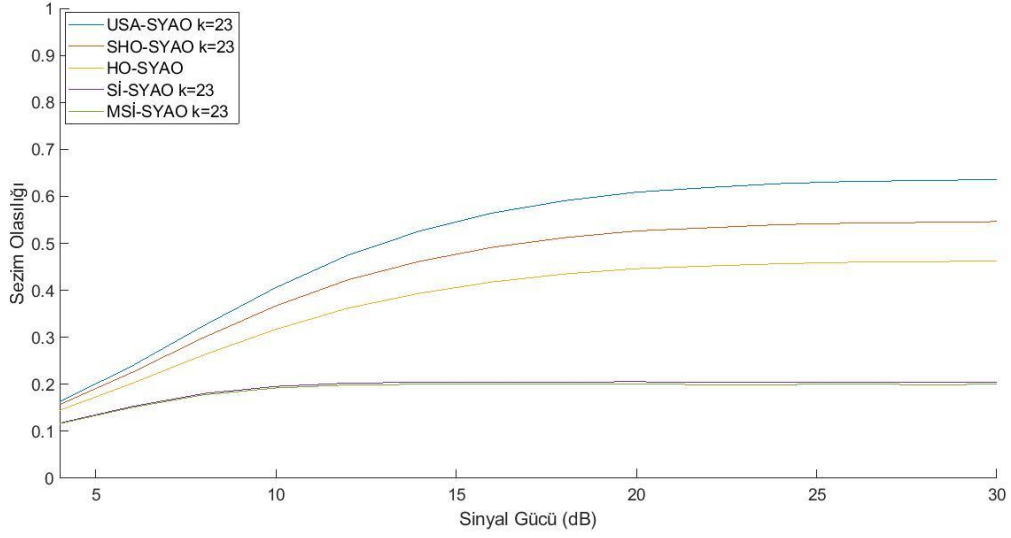
Şekil 4.35 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



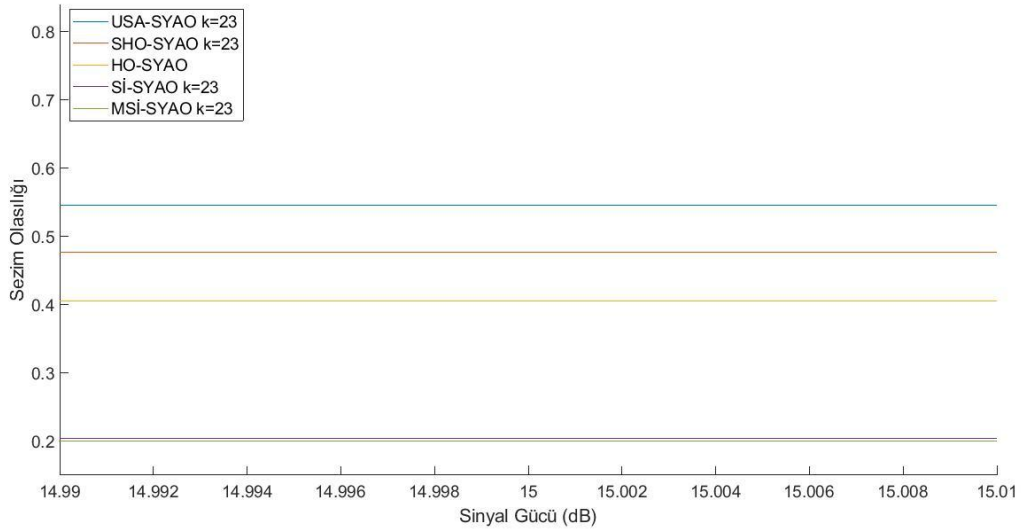
Şekil 4.36 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



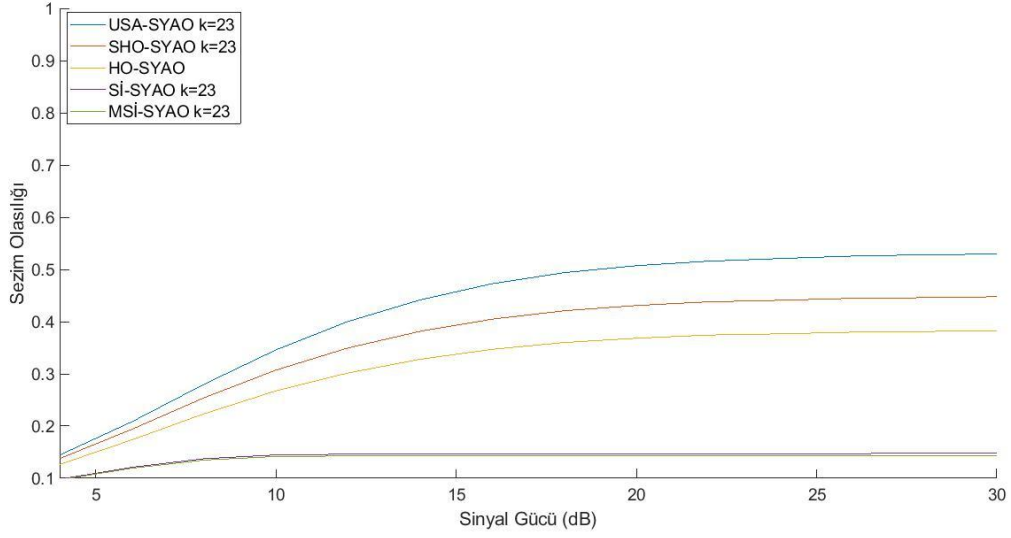
Şekil 4.37 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



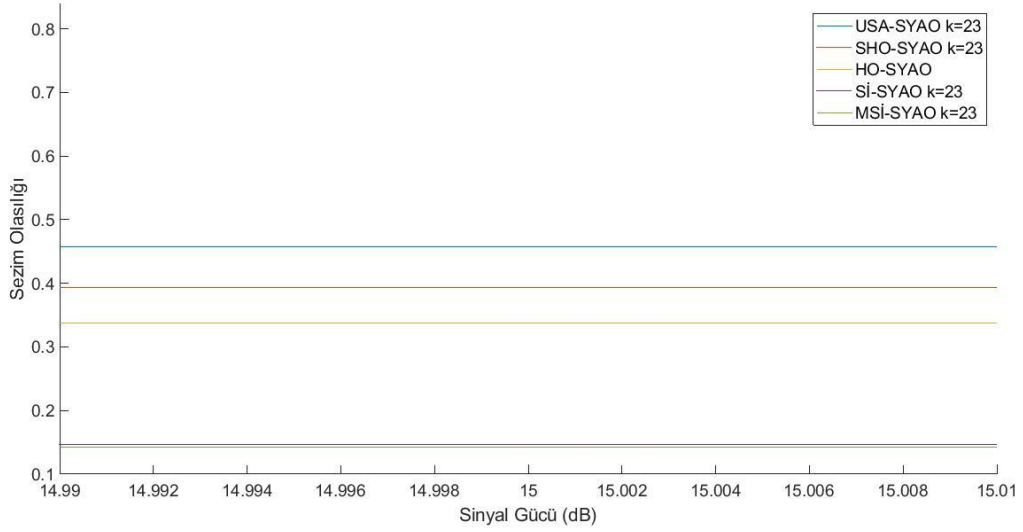
Şekil 4.38 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



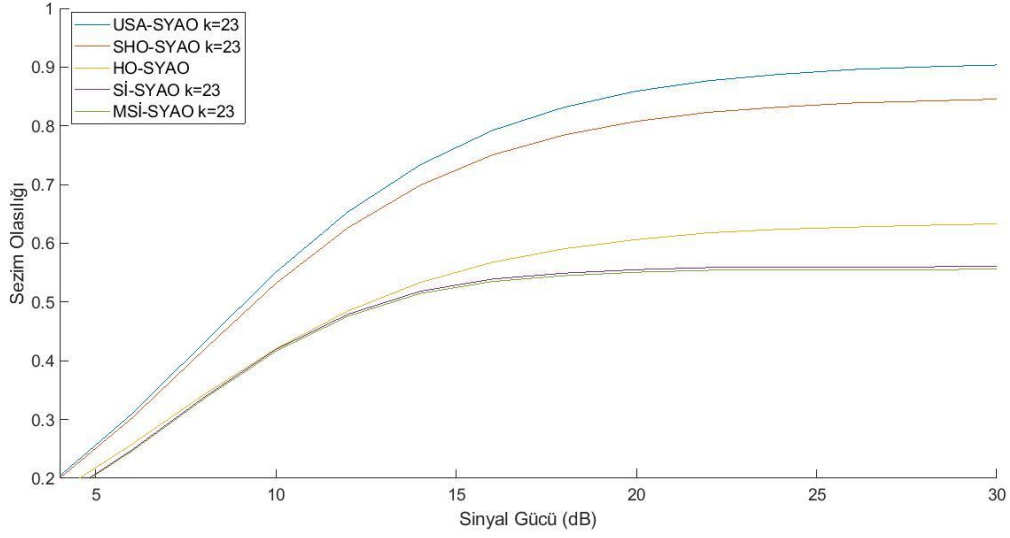
Şekil 4.39 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



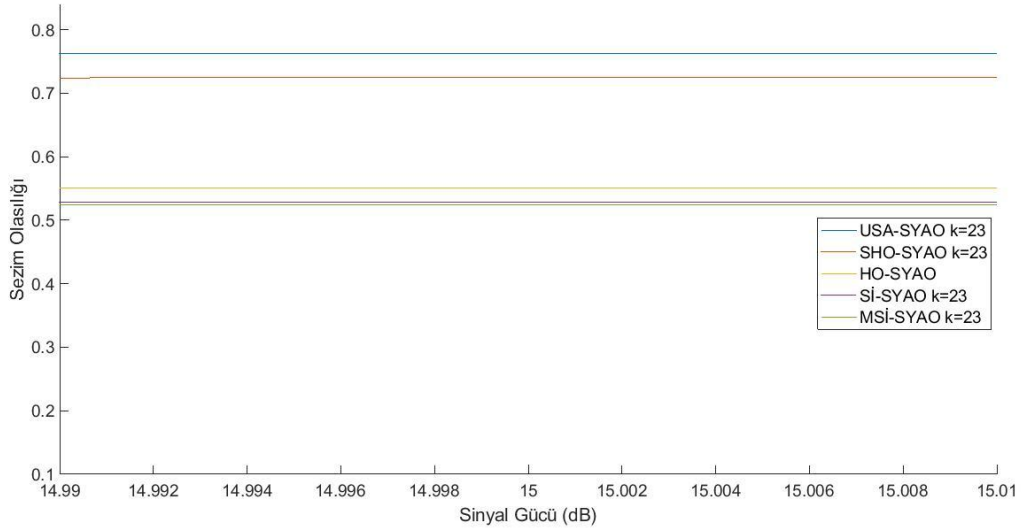
Şekil 4.40 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



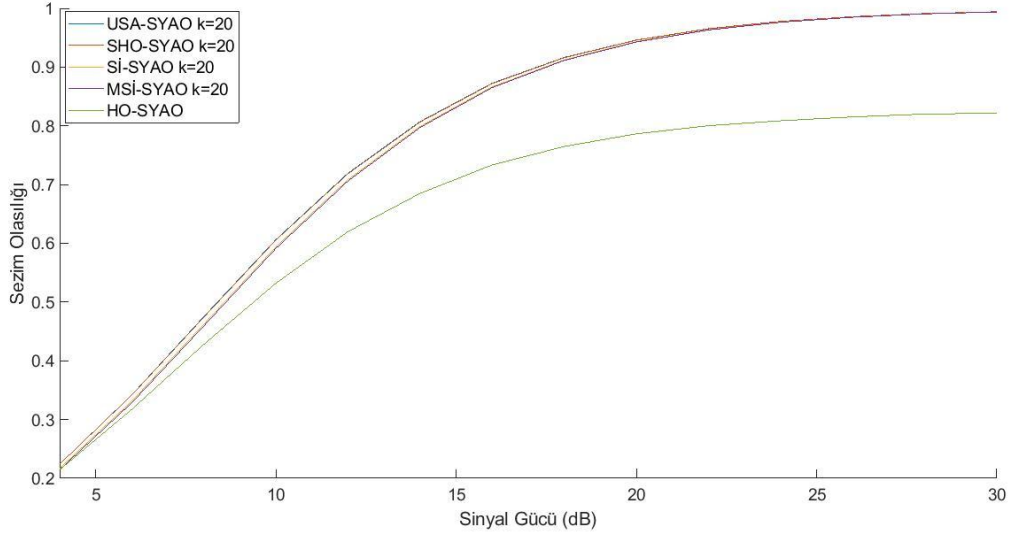
Şekil 4.41 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



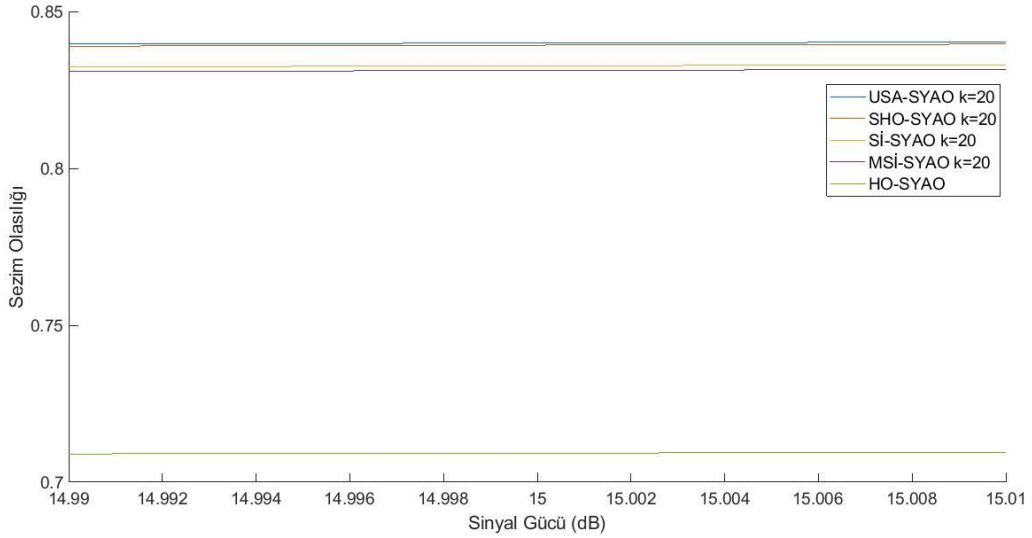
Şekil 4.42 Hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranının yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



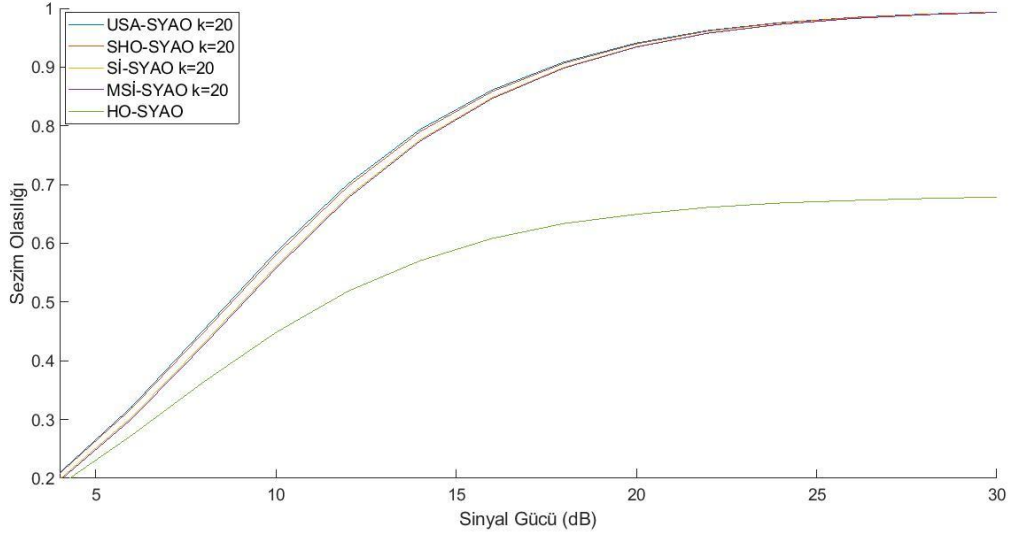
Şekil 4.43 15(dB) etrafında hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranının yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 23$



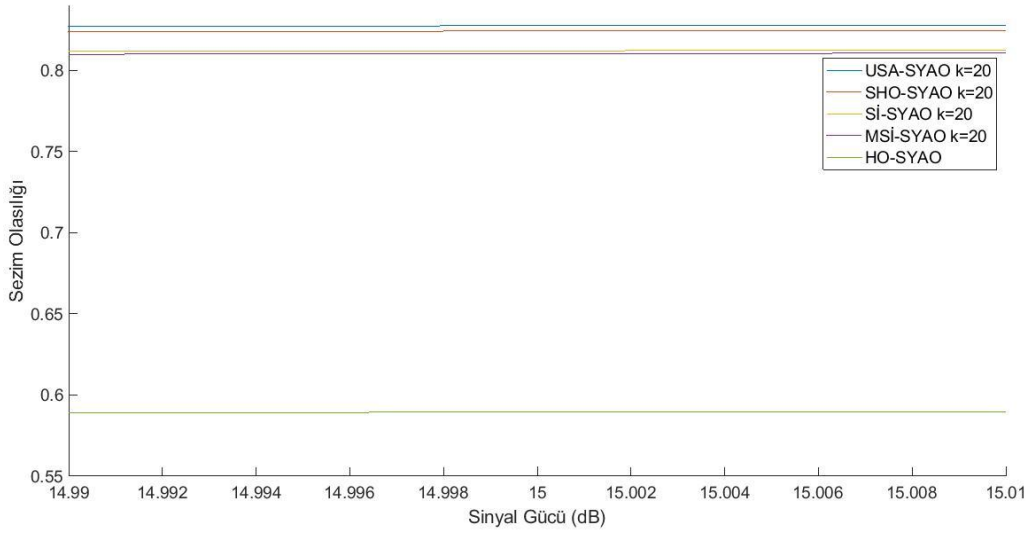
Şekil 4.44 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



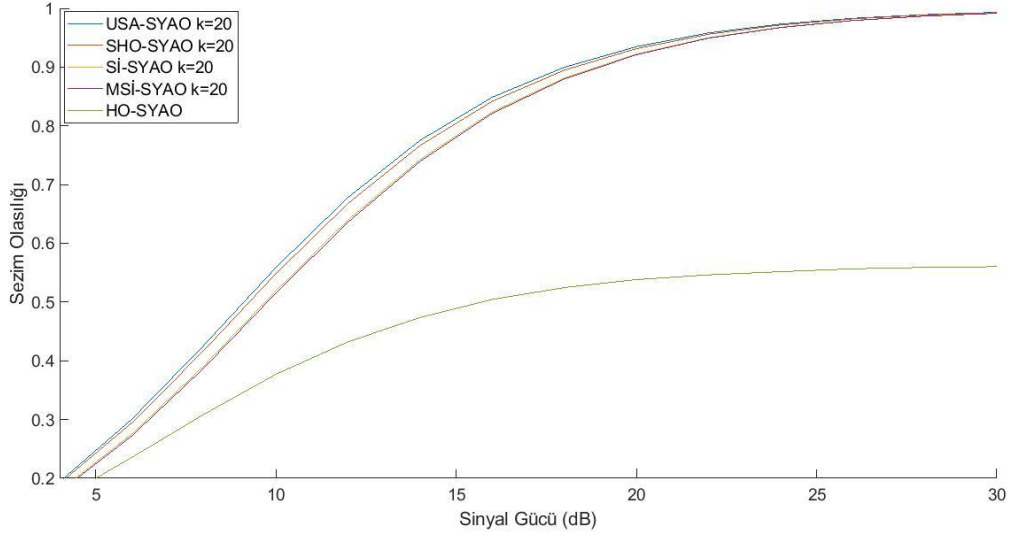
Şekil 4.45 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren bir adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



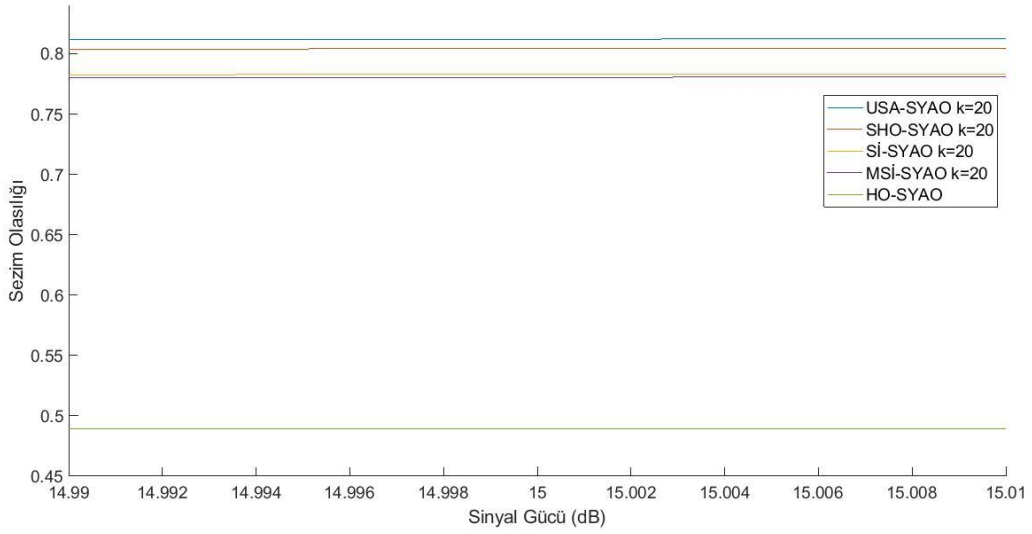
Şekil 4.46 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlecilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



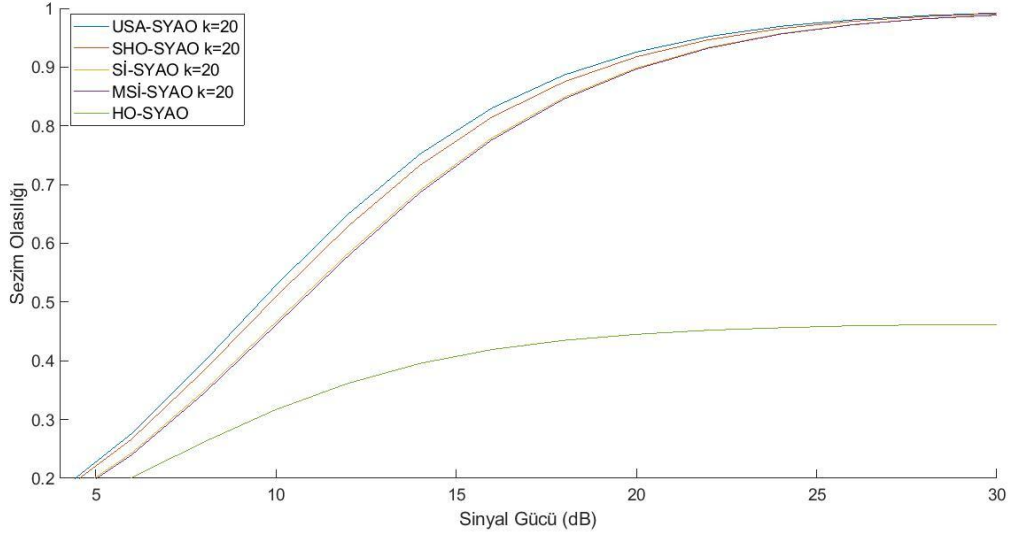
Şekil 4.47 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlecilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



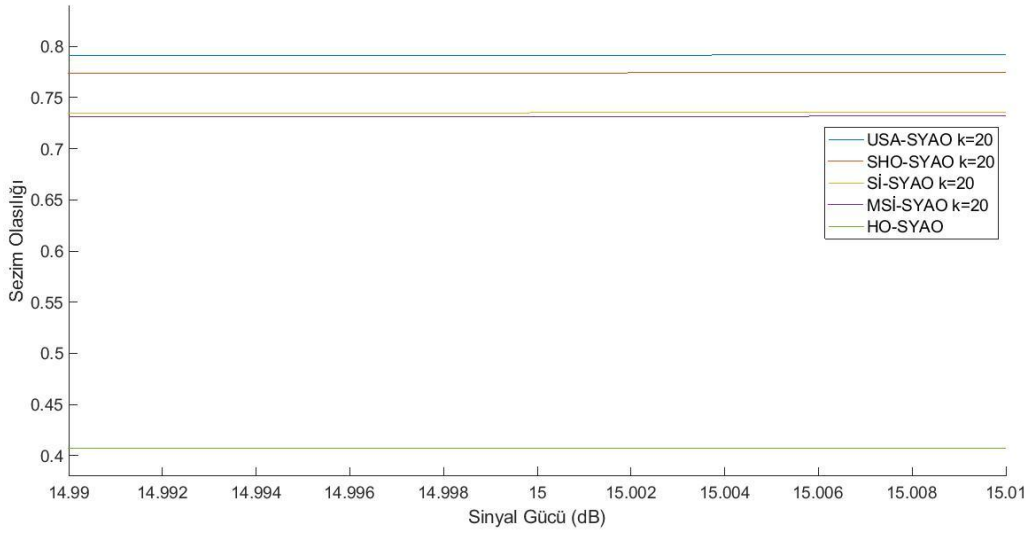
Şekil 4.48 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



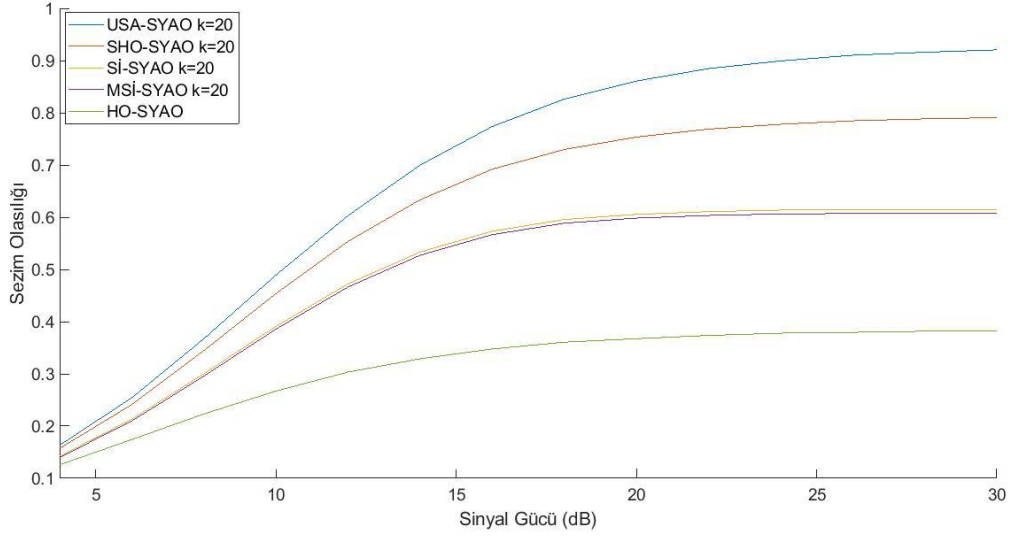
Şekil 4.49 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren üç adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



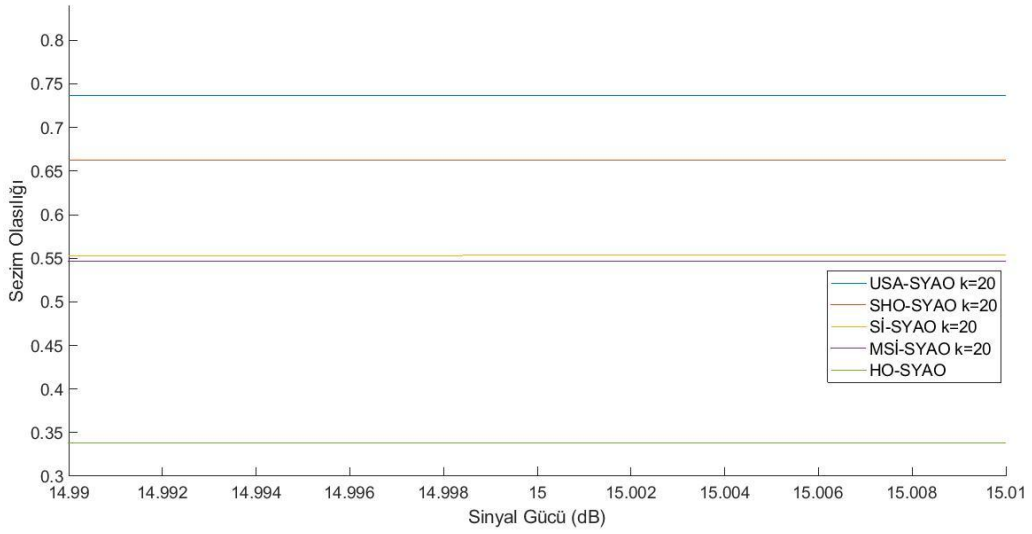
Şekil 4.50 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



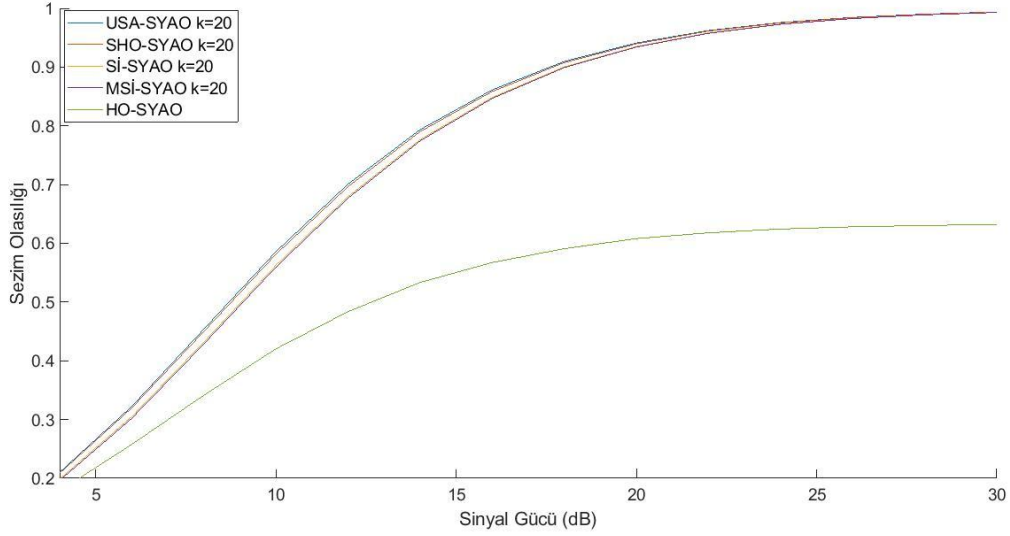
Şekil 4.51 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren dört adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



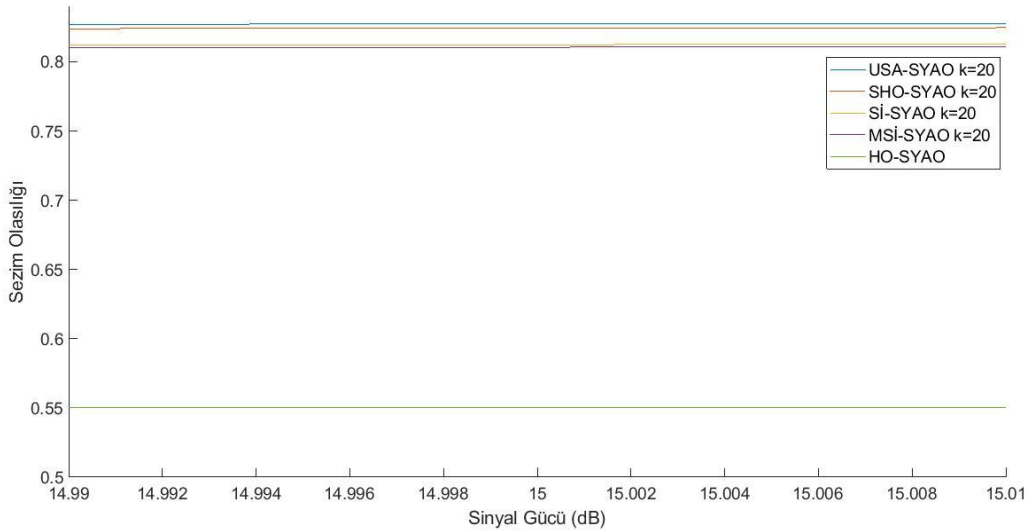
Şekil 4.52 Hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



Şekil 4.53 15(dB) etrafında hedefle aynı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren beş adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



Şekil 4.54 Hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranının yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$



Şekil 4.55 15(dB) etrafında hedeften farklı sinyal-gürültü gücü oranına sahip araya giren iki adet hedefin olduğu durumda HO-SYAO, SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları, araya giren hedeflerden biri hedefin sinyal-gürültü gücü oranının yarısı diğeri iki katı büyüklüğünde sinyal-gürültü gücü oranına sahiptir, $P_{YA} = 10^{-2}$, $N = 24$, $k = 20$

Bölüm 4.2’de verilen şekillerde tektür olmayan ortamda sezim olasılıkları karşılaştırılmıştır. USA-SYAO işlemcisinin sezim olasılığı $k = 23$ ve $k = 20$ için en yüksek değeri vermiştir. Bu işlemciyi SHO-SYAO işlemcisi takip etmiştir.

$k = 23$ için araya giren hedef sayısı arttıkça sezim olasılığı başarımları bütün işlemciler için düşmüştür. İki adetten fazla araya giren hedef olduğu durumlarda HO-SYAO işlemcisi, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinden daha iyi başarımlar göstermiştir. Ayrıca araya giren hedef sayısı arttıkça SHO-SYAO işlemcisi USA-SYAO işlemcisine göre sezim başarımları daha hızlı bozulmaktadır.

$k = 20$ için beş adet araya giren hedef durumuna kadar USA-SYAO, SHO-SYAO, Sİ-SYAO ve SHO-SYAO işlemcilerinin sezim olasılıkları başarımları, araya giren hedefler gürültü kestirimini etkilemediği için $k = 23$ ’e göre daha yüksek çıkmıştır. Beş adet araya giren hedef durumunda bütün işlemcilerin başarımları düşmüştür.

5. SONUÇ

Bu çalışmada sabit yanlış alarm oranı (SYAO) işlemcisi için tektür olmayan ortamda sezim olasılığını arttırabilmek amacıyla literatürde önerilmiş olan bir sansürleme yöntemi incelenmiş, analitik olarak sezim ve yanlış alarm olasılığı denklemleri çıkarılmış ve bu denklemler kullanılarak sezim olasılığının başarımları analizleri yapılmıştır. İncelenen tekniğin, tektür ve tektür olmayan ortam için, literatürde kullanılan diğer teknikler ile karşılaştırmalı başarımları analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bölüm 3'te, HO-SYAO ve SHO-SYAO sezim ve yanlış alarm olasılığının analitik ifadelerinin çıkarımları yapılmıştır. USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim ve yanlış alarm olasılıkları ise verilmiştir. Eşik ölçek çarpan T değerlerini belirlemek için SYAO işlemcilerinin yanlış alarm olasılıkları kullanılmıştır.

Tektür ortam için HO-SYAO işlemcisinin sezim olasılığı beklendiği üzere en yüksek sezim olasılığı başarımlarını vermiştir. Bu işlemciyi sırasıyla SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri takip etmiştir. SHO-SYAO ve USA-SYAO işlemcileri için 'k' sansürlemeden sonra kalan referans pencere sayısını ifade eder ve 23'ten 18'e doğru azaldıkça işlemcilerin sezim olasılıkları azalmaktadır. Bu azalmanın sebebi daha az sayıda referans pencere kullanılmasıdır. Literatürden de bilindiği üzere referans pencere sayısı arttıkça sezim olasılığı artmaktadır. Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri için 'k' değeri seçilmiş olan referans pencereyi ifade eder ve sezim olasılıkları 'k' değeri 20 olduğu zaman en iyi başarımları vermektedir.

SHO-SYAO işlemcisi için gürültü kestirimi yapılırken sıralanmış en küçük 'k-1' referans pencerenin değerleri toplanır ve k'nıncı referans pencere 'c' gibi bir sabit ile çarpılarak toplama eklenir. Bu 'c' katsayısı $N-k+1$ değerine eşittir. Bu 'c' katsayı değerinin farklı değerleri için tektür ortamda analizler yapılmış ve bu analizler sonucunda SHO-SYAO işlemcisi için hesaplanan katsayı kullanıldığında sezim olasılığı başarımlarının en yüksek değere ulaştığı görülmüştür.

Tektür olmayan ortamda 'k' değerinin 23 ve 20 ye eşit olduğu iki durum için beş adete kadar sinyal-gürültü gücü test edilen hücreyle aynı olan araya giren hedefin olduğu durumlar ve iki adet sinyal-gürültü gücü test edilen hücreyle farklı olan araya giren hedefin olduğu durumlar incelenmiştir.

'k' değeri 23 olduğu zaman bir adet araya giren hedef durumunda SHO-SYAO, USA-SYAO, Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcileri araya giren hedeften etkilenmemektedir. Sadece HO-SYAO işlemcisi araya giren hedeften etkilenmekte ve sezim olasılığı başarımında düşüş olmaktadır. Araya giren hedef sayısı iki veya daha fazla olduğu durumlarda bütün işlemcilerin sezim başarımları düşmektedir. İki veya daha fazla hedefin olduğu durumlarda Sİ-SYAO ve MSİ-SYAO işlemcilerinin sezim olasılığı başarımları HO-SYAO işlemcisinin altına düşmekte ve araya giren hedef sayısı arttıkça başarımları azalmaktadır. Bunun sebebi gürültü kestiriminde kullanılan 23'ncü referans pencerede araya giren hedef olmasıdır. Bu senaryoda tüm araya giren hedef durumlarında en yüksek başarımları USA-SYAO işlemcisi vermektedir ve SHO-SYAO işlemcisi bu işlemciyi takip etmektedir. Bu iki işlemcide araya giren hedef sayısı arttıkça HO-SYAO işlemcisinin başarımına yaklaşmaktadır.

'k' değeri 20 olduğu zaman dört adet araya giren hedef durumuna kadar sadece HO-SYAO işlemcisinin sezim olasılığı başarımında büyük bir düşüş olmakta ve diğer işlemcilerin sezim olasılığı başarımlarının çok etkilenmediği görülmüştür. Beş adet araya giren hedef olduğu durumda bütün işlemcilerin sezim olasılığı başarımları düşmektedir. Bu 'k' değeri için bütün araya giren hedef durumlarında en yüksek sezim olasılığı başarımına USA-SYAO işlemcisi sahiptir. Onu sırasıyla SHO-SYAO, Sİ-SYAO, MSİ-SYAO ve HO-SYAO işlemcileri izlemektedir.

Sansürleme algoritması kullanılmış olan SHO-SYAO işlemcisi ve USA-SYAO işlemcisinin başarımları tektür ve tektür olmayan ortamlar için çok yakın çıkmaktadır. Tektür ortam için SHO-SYAO işlemcisinin başarımı daha yüksek çıkmaktadır ancak tektür olmayan ortamda sansürleme işlemi yapıldıktan sonra referans pencerede araya giren hedeflerin olduğu durumlarda SHO-SYAO işlemcisinin sezim olasılığı başarımındaki düşüş USA-SYAO işlemcisine göre daha fazla olmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- [1] Ghandhi, P.P. and Kassam, S.A., Analysis of CFAR Processors in Nonhomogeneous Background, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 24 No. 4 p427-445, 1988.
- [2] Van Tress, Harry L., Detection Estimation and Modulation Theory, Part 1, John Wiley and Sons, New Jersey, 2001.
- [3] Poor, H. V., An Intoduction to Detection and Estimation, Third Edition, Springer, 1994.
- [4] H.M.Finn and R.S.Johnson, Adaptive detection mode with threshold control as a function of spatially sampled clutter estimates, RCA Review, 29 (Sept. 1968), p414–464, 1968.
- [5] Ritcey, James A., Performance Analysis of Censored Mean Level Detector, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES 22 No. 4 p443-454, 1986.
- [6] Steenson, B.O. Detection performance of mean-level threshold. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-4 (July 1968), p.529-534, 1968.
- [7] Rickard, J.T., and Dillard, G.M. Adaptive detection algorithms for multiple-target situations. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-13 (July 1977), 338-343, 1977.
- [8] Rohling, H. Radar CFAR thresholding in clutter and multiple target situations. IEEE Transactions on Aerospace. and Electronic Systems, AES- 19 (July 1983). p608–621, 1983.
- [9] Elihoş, A., Menzil Sıralı İstatistiklere Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2019.
- [10] Rohling, H. New CFAR processor based on ordered statistic. In Proceedings of the International Radar Conference, Paris, 1984. p38–42, 1984.

[11] David, H. A. and Nagaraja, H. N., Ordered Statistics, Third Edition, John Wiley and Sons, New Jersey, 2003.





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 23/09/2019

Tez Başlığı: Sansürlü Hücrelerin Ortalamasına Dayalı Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcileri

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 76 sayfalık kısmına ilişkin, 23/09/2019 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 4'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar dâhil
- 3- 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza
23/09/2019

Adı Soyadı: Abdullah AKAYDIN
Öğrenci No: N14326570
Anabilim Dalı: Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Programı: Elektrik ve Elektronik Mühendisliği
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Dr Öğr. Üyesi Mücahit Üner

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Abdullah AKAYDIN
Doğum yeri : VAN
Doğum tarihi : 23.05.1990
Medeni hali : Bekar
Elektronik posta adresi : abduhahakaydin4@gmail.com
Yabancı dili : İngilizce

EĞİTİM DURUMU

Lise : Gaziantep Anadolu Lisesi
Lisans : İzmir Üniversitesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
İş Tecrübesi
2015- : Araştırma Görevlisi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi