

**GELİŞTİRİLMİŞ DEĞİŞKEN ENDEKSLİ SABİT YANLIŞ
ALARM ORANLI RADAR İŞLEMCİSİ**

**IMPROVED VARIABLE INDEX CONSTANT FALSE
ALARM RATE RADAR PROCESSOR**

YAŞAR CAN ÜN

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
ELEKTRİK ve ELEKTRONİK Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

2010

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından ELEKTRİK ve ELEKTRONİK Mühendisliği ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : _____
Prof. Dr. Orhan ARIKAN

Üye : _____
Prof. Dr. A. Salim KAYHAN

Üye : _____
Yrd. Doç. Dr. Yakup S. ÖZKAZANÇ

Üye : _____
Yrd. Doç. Dr. Cenk TOKER

Üye (Danışman) : _____
Yrd. Doç. Dr. Mücahit K. ÜNER

ONAY

Bu tez/...../2010 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Adil DENİZLİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

GELİŞTİRİLMİŞ DEĞİŞKEN ENDEKSLİ SABİT YANLIŞ ALARM ORANLI
RADAR İŞLEMCİSİ
YAŞAR CAN ÜN
ÖZ

Radar çalışma ortamındaki çevresel yansımaların istatistiksel parametrelerinin bilinmediği durumlarda, sabit yanlış alarm oranlı radar işlemcileri kullanılabilir. Çevresel yansımaların Gauss dağılıma sahip olduğu tektür ortamda Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı işlemcisi en iyi başarıyı gösterir. Çevresel yansımaların içinde karıştırıcı hedeflerin veya güç değişiminin bulunduğu durumlarda Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı işlemcisinin başarıyı azalmaktadır. En Büyük Sabit Yanlış Alarm Oranı işlemcisi, radar menzili içerisinde çevresel yansıma güç değişiminin yer aldığı ortamlarda (tektür olmayan çevresel yansıma) yanlış alarm oranındaki artışı daha iyi kontrol eder. Buna karşılık, karıştırıcı hedeflerin bulunduğu ortamlarda sezim başarımındaki kayıpları engelleyememektedir. En Küçük Sabit Yanlış Alarm Oranı işlemcisi, karıştırıcı hedeflerin bulunduğu ortamda sezim başarımını kabul edilebilir değerlerde tutar. Fakat çevresel yansıma güç değişiminin olduğu ortamlarda yanlış alarm oranındaki artışı engelleyememektedir. Değişken Endeksli Sabit Yanlış Alarm Oranı işlemcisi; Hücre Ortalamalı, En Büyük ve En Küçük Sabit Yanlış Alarm Oranı tekniklerini kullanan bileşik bir algoritma ile çalışır. Değişken Endeksli Sabit Yanlış Alarm Oranı işlemcisi tektür ortamda istenilen sabit yanlış alarm oranını sağlamanın yanında, farklı tektür olmayan ortamlarda hem sezimde hem de yanlış alarm oranının kontrolünde yukarıda belirtilen işlemcilere göre daha başarılıdır. Bu çalışmada önerilen, Geliştirilmiş Değişken Endeksli Sabit Yanlış Alarm Oranı İşlemcisi, birçok senaryoya dayanarak modellenmiş tektür olmayan ortamlarda, Değişken Endeksli Sabit Yanlış Alarm Oranı işlemcisine göre başarımların artışı göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Değişken Endeks, SYAO, Radar, İşaret İşleme

Danışman: Yrd. Doç Dr. Kani Mücahit ÜNER, Hacettepe Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

IMPROVED VARIABLE INDEX CONSTANT FALSE ALARM RATE

RADAR PROCESSORS

YAŞAR CAN ÜN

ABSTRACT

In the cases when the statistical distribution of range return samples are not known, constant false alarm rate radar processors can be used. Cell Averaging Constant False Alarm Rate radar processor performs best in Gaussian homogeneous environments. In the presence of an interfering target or in region of abrupt change in the clutter power transition, Cell Averaging Constant False Alarm Rate radar processor exhibits performance degradation. The Greatest of Constant False Alarm Rate radar processor controls the false alarm rate during the clutter power transition in the reference window better (non-homogeneous environment). On the other hand, it is unable to prevent detection performance degradation in the presence of interfering targets in the reference window. The Smallest of Constant False Alarm Rate radar processor sustains detection performance at an acceptable level. However, it is unable to prevent excessive false alarm in non-homogeneous environments. Variable Index Constant False Alarm Rate processor employs an algorithm which select Cell Averaging, The Smallest of, The Greatest of Constant False Alarm Rate dynamically. In addition to providing desired false alarm rate in homogeneous environments, Variable Index Constant False Alarm Rate processor shows a better performance in detection and false alarm rate control in different non-homogenous environments when compared to the processors mentioned above.

In this study, the proposed processor (Improved Variable Index Constant False Alarm Rate processor) shows performance enhancement in various non-homogeneous environment scenarios compared to Variable Index Constant False Alarm Rate processor.

Keywords: Variability Index, CFAR, Radar, Signal Processing

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Kani Mücahit ÜNER, Hacettepe University, Department of Electrical and Electronics Engineering

TEŐEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım süresince bana yol gösteren, her zaman destek olan Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Mücahit Kani ÜNER'e,

Gösterdiği güven, sabır ve sevgi için Funda ÖZTÜRK'e,

Sağlanan olanaklar ve gösterilen anlayış için ASELSAN A.Ő.'ye ve tüm çalışma arkadaşlarıma,

Her zaman yanımda olduklarını hissettiren bütün dostlarıma,

Desteklerini esirgemeyen Annem Aynur ÜN ve Babam Fevzi ÜN'e,

Teőekkür Ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

1 GİRİŞ	13
2 SABİT YANLIŞ ALARM ORANI	16
2.1 Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı (HO-SYAO) İşlemcisi	17
2.2 En Büyük Sabit Yanlış Alarm Oranı (EB-SYAO) İşlemcisi	19
2.3 En Küçük Sabit Yanlış Alarm Oranı (EK-SYAO) İşlemcisi	19
3 DEĞİŞKEN ENDEKSLİ SABİT YANLIŞ ALARM ORANI	21
3.1 Tanım ve İşleyiş	24
3.2 Değişken Endeks	25
3.2.1 Değişken Endeks Yetenekleri	26
3.2.2 Matematiksel Çıkarım	26
3.2.3 Tektür Ortamda Değişken Endeks İstatistiği	28
3.2.4 Değişken Endeks Olasılık Dağılımı	29
3.2.5 Değişken Endeks İstatistiğinin Benzetim ile Elde Edilmesi	29
3.2.6 Değişken Endeks Sabit Eşik Değerleri (K_{DE})	30
3.2.7 Tektür Olmayan Ortamlarda Değişken Endeks İstatistiği	31
3.3 Ortalama Oran	45
3.3.1 Ortalama Oranı İstatistiği	46
3.3.2 Tektür Ortamda Ortalama Oranı Olasılık Dağılımı	47
3.3.3 Ortalama Oranı Sabit Eşik Değerleri (K_{OO})	49
3.3.4 Tektür Olmayan Ortamlarda Ortalama Oran İstatistiği	51
3.4 Pencere Seçim Algoritması	54
3.4.1 Seçim İşlemi	54
3.4.2 Tektür Ortamda Algoritma Başarımı	55
3.4.3 Tektür Olmayan Ortamlarda Algoritma Başarımı	57
3.4.4 Seçim Algoritması Başarım Sonuçları	57
4 GELİŞTİRİLMİŞ DEĞİŞKEN ENDEKSLİ SABİT YANLIŞ ALARM ORANI	61
4.1 Değişken Endeks Analiz Çalışmaları	62
4.2 Ortalama Oranı ve En Büyük Ortalama Oranı Analiz Çalışmaları	67
4.3 Pencere Seçim Algoritması	69
5 KARŞILAŞTIRMALI BAŞARIM ANALİZİ	77
5.1 GDE-SYAO ve DE-SYAO İşlemci Sabitleri	77
5.2 Benzetim Tabanlı Başarım Sonuçları	80
5.3 Farklı Çevresel Yansıma Ortamlarında Başarım Sonuçları	81

5.3.1 Yüksek Güçlü Çevresel Yansımanın Referans Pencereyi Doldurması.	82
5.3.2 k Hücreli Yüksek Güçlü Çevresel Yansıma Ortamı	85
5.3.3 Karıştırıcı Hedeflerin Bulunduğu Ortamda Sezim Başarımı.....	91
5.3.3.1 Bir Karıştırıcı Hedefli Ortam.....	91
5.3.3.2 İki Karıştırıcı Hedefli Ortam.....	93
5.3.3.3 Üç Karıştırıcı Hedefli Ortam.....	99
5.3.3.4 Dört Karıştırıcı Hedefli Ortam	108
5.4 Farklı Alt Pencere Uzunluklarının GDE-SYAO İşlemci Başarıma Etkisi...	119
6 SONUÇ	132
EK-1.....	134
7 KAYNAKÇA	135

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1, SYAO İşlemcisi Blok Diyagramı	16
Şekil 3.1, DE-SYAO İşlemcisi Blok Diyagramı	21
Şekil 3.2, Tektür Ortamda N Hücreli Referans Pencerenin DE Dağılımı	31
Şekil 3.3, 16 Hücreli SYAO, TKHO DE Olasılık Dağılımı	33
Şekil 3.4, 16 Hücreli SYAO, TKHO $P[DE > K_{DE}]$	33
Şekil 3.5, 32 Hücreli SYAO, TKHO DE Olasılık Dağılımı	34
Şekil 3.6, 32 Hücreli SYAO, TKHO $P[DE > K_{DE}]$	34
Şekil 3.7, 64 Hücreli SYAO, TKHO DE Olasılık Dağılımı	35
Şekil 3.8, 64 Hücreli SYAO, TKHO $P[DE > K_{DE}]$	35
Şekil 3.9, 16 Hücreli SYAO, İKHO DE Olasılık Dağılımı	36
Şekil 3.10, 16 Hücreli SYAO, İKHO $P[DE > K_{DE}]$	36
Şekil 3.11, 32 Hücreli SYAO, İKHO DE Olasılık Dağılımı	37
Şekil 3.12, 32 Hücreli SYAO, İKHO $P[DE > K_{DE}]$	37
Şekil 3.13, 64 Hücreli SYAO, İKHO DE Olasılık Dağılımı	38
Şekil 3.14, 64 Hücreli SYAO, İKHO $P[DE > K_{DE}]$	38
Şekil 3.15, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı.....	39
Şekil 3.16, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$	39
Şekil 3.17, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı.....	40
Şekil 3.18, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$	40
Şekil 3.19, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı.....	41
Şekil 3.20, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$	41
Şekil 3.21, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı.....	42
Şekil 3.22, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$	42
Şekil 3.23, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı.....	43
Şekil 3.24, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$	43
Şekil 3.25, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı.....	44
Şekil 3.26, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$	44
Şekil 3.27, Tektür Ortamda N Hücreli Referans Pencerelelerin OO_{EB} Dağılımı.....	50
Şekil 3.28, 24 Hücreli SYAO, r tane 10dB YGÇY Ortamında $P[OO > K_{OO}]$	53
Şekil 3.29, 36 Hücreli SYAO, r tane 10dB YGÇY Ortamında $P[OO > K_{OO}]$	53
Şekil 3.30, DE-SYAO YGÇY Ortamında PSA $\alpha_0 = 0.01, \beta_0 = 0.01$	58
Şekil 3.31, DE-SYAO YGÇY Ortamında PSA $\alpha_0 = 0.01, \beta_0 = 0.001$	58

Şekil 3.32, DE-SYAO YGÇY Ortamında PSA $\alpha_0 = 0.001, \beta_0 = 0.001$	59
Şekil 3.33, DE-SYAO YGÇY Ortamında PSA $\alpha_0 = 0.001, \beta_0 = 0.01$	59
Şekil 3.34, DE-SYAO YGÇY Ortamında PSA $\alpha_0 = 0.05, \beta_0 = 0.01$	60
Şekil 3.35, DE-SYAO YGÇY Ortamında PSA $\alpha_0 = 0.01, \beta_0 = 0.05$	60
Şekil 4.1, GDE-SYAO İşlemcisi Blok Diyagramı	61
Şekil 4.2, 6 Hücre, Tektür Ortam odf(DE)	64
Şekil 4.3, 6 Hücre, 3 YGÇY (20dB) odf(DE)	64
Şekil 4.4, 6 Hücre, 1 YGÇY (20dB) odf(DE)	64
Şekil 4.5, 6 Hücre, 4 YGÇY (20dB) odf(DE)	64
Şekil 4.6, 6 Hücre, 2 YGÇY (20dB) odf(DE)	64
Şekil 4.7, 6 Hücre, 5 YGÇY (20dB) odf(DE)	64
Şekil 4.8, 12 Hücre, Tektür Ortam odf(DE)	65
Şekil 4.9, 12 Hücre, 6 YGÇY (20dB) odf(DE)	65
Şekil 4.10, 12 Hücre, 1 YGÇY (20dB) odf(DE)	65
Şekil 4.11, 12 Hücre, 7 YGÇY (20dB) odf(DE)	65
Şekil 4.12, 12 Hücre, 2 YGÇY (20dB) odf(DE)	65
Şekil 4.13, 12 Hücre, 8 YGÇY (20dB) odf(DE)	65
Şekil 4.14, 12 Hücre, 3 YGÇY (20dB) odf(DE)	66
Şekil 4.15, 12 Hücre, 9 YGÇY (20dB) odf(DE)	66
Şekil 4.16, 12 Hücre, 4 YGÇY (20dB) odf(DE)	66
Şekil 4.17, 12 Hücre, 10 YGÇY (20dB) odf(DE)	66
Şekil 4.18, 12 Hücre, 5 YGÇY (20dB) odf(DE)	66
Şekil 4.19, 12 Hücre, 11 YGÇY (20dB) odf(DE)	66
Şekil 4.20, 6 Hücre, Tektür Ortam odf(OO _{EB})	68
Şekil 4.21, 6 Hücre, 1 YGÇY odf(OO _{EB})	68
Şekil 4.22, 12 Hücre, Tektür Ortam odf(OO _{EB})	68
Şekil 4.23, 12 Hücre, 1 YGÇY odf(OO _{EB})	68
Şekil 4.24, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-I	71
Şekil 4.25, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-II	72
Şekil 4.26, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-III	73
Şekil 4.27, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-IV	74
Şekil 4.28, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-IV.A.....	75
Şekil 4.29, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-IV.B.....	76

Şekil 5.1, YGÇY'nın Pencereye Girişi.....	82
Şekil 5.2, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-I.....	83
Şekil 5.3, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-II.....	83
Şekil 5.4, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-III.....	83
Şekil 5.5, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-IV	83
Şekil 5.6, ÇYGF = 10dB, Yanlış Alarm Kontrolü.....	84
Şekil 5.7, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü.....	84
Şekil 5.8, k=3 adet YGÇY'nın Test Hücrelerinden Geçişİ	85
Şekil 5.9, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-I	86
Şekil 5.10, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-II	86
Şekil 5.11, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-III	86
Şekil 5.12, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-IV.....	86
Şekil 5.13, k=5, ÇYGF = 10dB, Yanlış Alarm Kontrolü	87
Şekil 5.14, k=5, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü	87
Şekil 5.15, k=6, ÇYGF = 10dB, Yanlış Alarm Kontrolü	88
Şekil 5.16, k=6, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü	88
Şekil 5.17, k=7, ÇYGF = 10dB, Yanlış Alarm Kontrolü	89
Şekil 5.18, k=7, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü	89
Şekil 5.19, k=8, ÇYGF = 10dB, Yanlış Alarm Kontrolü	90
Şekil 5.20, k=8, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü	90
Şekil 5.21, 1 Hedef, P _s Durum1	92
Şekil 5.22, 1 Hedef, P _s Durum2	92
Şekil 5.23, 2 Hedef, P _s Durum1	94
Şekil 5.24, 2 Hedef, P _s Durum2	94
Şekil 5.25, 2 Hedef, P _s Durum3	95
Şekil 5.26, 2 Hedef, P _s Durum4	95
Şekil 5.27, 2 Hedef, P _s Durum5	96
Şekil 5.28, 2 Hedef, P _s Durum6	96
Şekil 5.29, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Ağırlıklandırılmış Sezim Başarımı	98
Şekil 5.30, 3 Hedef, P _s Durum1	100
Şekil 5.31, 3 Hedef, P _s Durum2	100
Şekil 5.32, 3 Hedef, P _s Durum3	101
Şekil 5.33, 3 Hedef, P _s Durum4	101
Şekil 5.34, 3 Hedef, P _s Durum5	102

Şekil 5.35, 3 Hedef, P_s Durum6	102
Şekil 5.36, 3 Hedef, P_s Durum7	103
Şekil 5.37, 3 Hedef, P_s Durum8	103
Şekil 5.38, 3 Hedef, P_s Durum9	104
Şekil 5.39, 3 Hedef, P_s Durum10	104
Şekil 5.40, Üç Karıştırıcı Hedefli Ortamda Ağırlıklandırılmış Sezim Başarımı	107
Şekil 5.41, 4 Hedef, P_s Durum1	109
Şekil 5.42, 4 Hedef, P_s Durum2	110
Şekil 5.43, 4 Hedef, P_s Durum3	110
Şekil 5.44, 4 Hedef, P_s Durum4	111
Şekil 5.45, 4 Hedef, P_s Durum5	111
Şekil 5.46, 4 Hedef, P_s Durum6	112
Şekil 5.47, 4 Hedef, P_s Durum7	112
Şekil 5.48, 4 Hedef, P_s Durum8	113
Şekil 5.49, 4 Hedef, P_s Durum9	113
Şekil 5.50, 4 Hedef, P_s Durum10	114
Şekil 5.51, 4 Hedef, P_s Durum11	114
Şekil 5.52, 4 Hedef, P_s Durum12	115
Şekil 5.53, 4 Hedef, P_s Durum13	115
Şekil 5.54, 4 Hedef, P_s Durum14	116
Şekil 5.55, 4 Hedef, P_s Durum15	116
Şekil 5.56, 4 Hedef, P_s Durum16	117
Şekil 5.57, 4 Hedef, P_s Durum17	117
Şekil 5.58, 4 Hedef, P_s Durum18	118
Şekil 5.59, 4 Hedef, P_s Durum19	118
Şekil 5.60, GDE-SYAO Sürüm1 (GDE1-SYAO) Blok Diyagram	119
Şekil 5.61, GDE-SYAO Sürüm2 (GDE2-SYAO) Blok Diyagram	120
Şekil 5.62, GDE-SYAO Sürüm1, ÇYGF = 10dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	121
Şekil 5.63, GDE-SYAO Sürüm1, ÇYGF = 20dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	121
Şekil 5.64, GDE-SYAO Sürüm1, $k=5$, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	122
Şekil 5.65, GDE-SYAO Sürüm1, $k=8$, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	122
Şekil 5.66, Sürüm1, 2 Hedef, P_s Durum1	123
Şekil 5.67, Sürüm1, 2 Hedef, P_s Durum2	123
Şekil 5.68, Sürüm1, 2 Hedef, P_s Durum3	124

Şekil 5.69, Sürüm1,2 Hedef, P_s Durum4.....	124
Şekil 5.70, Sürüm1,2 Hedef, P_s Durum5.....	125
Şekil 5.71, Sürüm1,2 Hedef, P_s Durum6.....	125
Şekil 5.72 GDE-SYAO Sürüm2, ÇYGF = 10dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	126
Şekil 5.73 GDE-SYAO Sürüm2, ÇYGF = 20dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	126
Şekil 5.74, GDE-SYAO Sürüm2, k=5, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	127
Şekil 5.75, GDE-SYAO Sürüm2, k=8, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}	127
Şekil 5.76, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum1.....	128
Şekil 5.77, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum2.....	128
Şekil 5.78, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum3.....	129
Şekil 5.79, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum4.....	129
Şekil 5.80, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum5.....	130
Şekil 5.81, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum6.....	130

ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo 3.1, Tektür Ortamda α_0 'ı Sağlayan K_{DE} Değerleri (N=8, 16, 32)	30
Tablo 3.2, Tektür Ortamda β_0 'ı Sağlayan K_{OO} Değerleri (N=16, 32, 64)	50
Tablo 3.3, DE-SYAO Pencere Seçim Algoritması	55
Tablo 5.1, GDE-SYAO İşlemcisi Uyarlanır Eşik Değeri Sabit Çarpanları.....	78
Tablo 5.2, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedefin Olası Konumları ...	91
Tablo 5.3, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Olası Konumları..	93
Tablo 5.4, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Simetrik Konumları	97
Tablo 5.5, Üç Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Olası Konumları .	99
Tablo 5.6, Üç Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Simetrik Konumları	105
Tablo 5.7, Dört Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Olası Konumları	108

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SYAO	: Sabit Yanlış Alarm Oranı
HO-SYAO	: Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı
EK-SYAO	: En Küçük Sabit Yanlış Alarm Oranı
EB-SYAO	: En Büyük Sabit Yanlış Alarm Oranı
İS-SYAO	: İstatistiksel Sıralı Sabit Yanlış Alarm Oranı
ÇYGF	: Çevresel Yasıma Güç Farkı
YGÇY	: Yüksek Güçlü Çevresel Yansıma
SÇYO	: Sinyal Çevresel Yansıma Oranı
ÇYGF	: Çevresel Yansıma Güç Farkı
MGF	: Moment Üretici Fonksiyon
S	: İşaret Gürültü Oranı
P_s, P_d	: Sezim Olasılığı
P_{ya}, P_{fa}	: Yanlış Alarm Oranı
N	: Referans Pencere Uzunluğu
λ	: Üstel Dağılım Parametresi
Γ	: Gamma Fonksiyonu
DE	: Değişken Endeks
OO	: Ortalama Oranı
OO_{EB}	: En Büyük Ortalama Oranı
K_{DE}	: Değişken Endeks Hipotez Testi Eşik Değeri
K_{OO}	: Ortalama Oranı Hipotez Testi Eşik Değeri
$\hat{\sigma}^2$: Standart Sapma Kestirimi
$\hat{\mu}$: Ortalama Kestirimi
pdf, odf	: Olasılık Dağılım Fonksiyonu

1 GİRİŞ

Sabit eşik değerli radar işlemcileri, çalışma ortamına ait çevresel yansımaların istatistiksel dağılımının, parametreleri ile bilindiği kabul edilerek tasarlanır. Çevresel yansıma istatistiklerinin değişmesi durumunda sabit eşik değeri kullanmalarının bir sonucu olarak, işlemcilerin başarımlarında azalma gözlenir. Bu tip değişken ortamlardan kaynaklı başarımların ortadan kaldırmak için sabit yanlış alarm oranlı uyarlanır radar işlemcileri geliştirilmiştir [1]. Sabit yanlış alarm oran (SYAO) işlemcisi, radar bakış doğrultusunda yer alan menzil hücrelerine ait çevresel yansıma örneklerini sıralı geciktirme yongasında saklar. Geciktirme yongasında, radarın baktığı hedef noktaya ait olan örnek dışında kalan örnekler uyarlanır eşik değeri belirleme işleminde kullanılır. Eşik değeri belirlemede kullanılan örnekler, referans pencere olarak adlandırılan bloklarda yer alır. Uyarlanır eşik değeri, referans penceredeki örneklerin toplamının sabit çarpan ile çarpılması sonucunda elde edilir. Sabit çarpan C , uyarlanır eşik değeri T ile gösterilir.

Referans penceredeki çevresel yansımaların eşit güçlü ve bağımsız Gauss (tektür ortam) rasgele değişkenler olması durumunda, istenilen yanlış alarm oranını sağlayan en iyi doğrusal yansız algoritma (linear unbiased algorithm), hücre ortalamalı (HO) SYAO olarak adlandırılır [2]. Çalışma anında tektür olmayan çevresel yansıma ortamları oluşabilmektedir. Referans pencerede karıştırıcı hedefin yer alması veya referans pencere içinde çevresel yansımaların gücünün değişmesi bu duruma örnek gösterilebilir (tektür olmayan ortam). HO-SYAO işlemcisi bu tip ortamlarda başarımların azalması göstermektedir. Literatürde, tektür olmayan ortamlardan kaynaklı başarımların hafifletmek için en küçük (EK) SYAO [3] ve en büyük (EB) SYAO [4][5] işlemcileri önerilmiştir.

EK-SYAO ve EB-SYAO işlemcileri referans penceresini “baştaki” ve “sondaki” olmak üzere iki parçaya ayırır. EK-SYAO işlemcisi, uyarlanır eşik değerini ortalaması küçük olan referans penceredeki örnekleri kullanarak hesaplar; EB-SYAO işlemcisi, ortalaması büyük olan referans penceredeki örnekleri kullanır. Karıştırıcı hedeflerin bulunduğu ortamlarda EK-SYAO işlemcisi, HO-SYAO işlemcisine göre sezim başarımında artış gösterir. EK-SYAO işlemcisi, çevresel yansıma güç değişiminin bulunduğu ortamlarda, yanlış alarm oranındaki artışı engelleyememektedir. Çevresel yansıma güç değişiminin referans pencere

içerisinde yer aldığı durumlarda, EB-SYAO işlemcisi yanlış alarm oranındaki artışı engelleyebilir. Fakat karıştırıcı hedeflerin bulunduğu ortamlarda, EB-SYAO işlemcisi HO-SYAO işlemcisine göre sezim başarımında azalma göstermektedir. Sonuç olarak EB-SYAO ve EK-SYAO işlemcileri farklı tektür olmayan ortamlardaki başarımlarını önleyememektedir. Farklı tektür olmayan ortamlardaki başarımlarını hafifletebilmek için İstatistiksel Sıralı (İS) SYAO [6][7] işlemcileri önerilmiştir. İS-SYAO işlemcisi, uyarlanır eşik değerini, referans penceredeki örneklerin seviyelerini küçükten büyüğe sıralı durumundan k'nıncısını ağırlıklandırarak hesaplar. Karıştırıcı hedef sayısının k'dan küçük olduğu durumlarda İS-SYAO sezim başarımını korur, k ve k'dan fazla sayıda karıştırıcı hedefin bulunduğu ortamlarda, sezim başarımında düşüş gösterir. İS-SYAO işlemcisi, çevresel yansıma güç değişiminin yer aldığı ortamlarda, HO-SYAO göre yanlış alarm başarımında azalma gösterir.

Yakın bir zamanda bu teknikleri (EK-SYAO, EB-SYAO, HO-SYAO) etkin bir şekilde kullanan değişken endeks (DE) SYAO işlemcisi önerilmiştir [8]. DE-SYAO işlemcisi, çalışma ortamındaki çevresel yansımalarla göre HO-SYAO, EK-SYAO, EB-SYAO tekniklerini dinamik olarak kullanır. DE-SYAO işlemcisi, uyarlanır eşik değerini referans pencerenin bir bölümünde veya tamamında yer alan çevresel yansımalar ile hesaplar. Referans pencerenin hangi bölümünün kullanılacağına pencere seçim algoritmasında karar verir. Pencere seçim algoritması çevresel yansımaları kullanarak değişken endeks ve ortalama oran istatistiklerini hesaplar. Bu girdiler ile çalışan algoritma sonucunda referans pencerenin hangi bölümünün kullanılacağı belirlenir. Pencere seçim algoritması referans pencerenin eşit güçlü ve tektür çevresel yansıma ile dolu olduğu durumlarda, referans pencerenin tamamını seçer. Karıştırıcı hedeflerin bulunduğu ortamlarda tektür olan referans pencerenin seçilmesi hedeflenmektedir. Çevresel yansıma güç değişiminin yer aldığı ortamlarda da yüksek güçlü yansımanın yer aldığı bölüm seçilerek yanlış alarm kontrolü hedeflenmektedir.

DE-SYAO işlemcisi tektür ortamlarda istenilen sabit yanlış alarm oranını sağlamanın yanında, karıştırıcı hedeflerin bulunduğu durumlarda sezim başarımını ve çevresel yansımaların tektür olmadığı durumlarda da yanlış alarm oranını istenilen değerlerde tutmak üzere tasarlanmıştır.

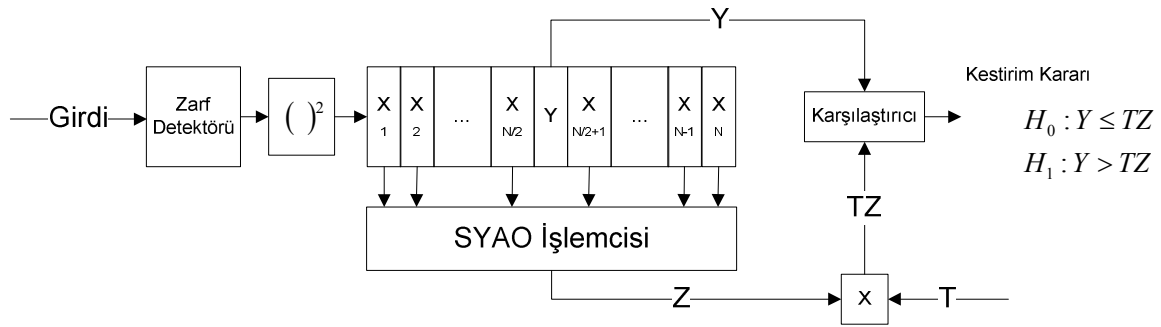
Bizim çalışmamızda, DE-SYAO temel alınarak tasarlanan geliştirilmiş değişken endeksli (GDE) SYAO tekniği önerilmiş ve başarımların analizi yapılmıştır. Bu

algoritma çalışma ortamını tanımlama işlemine, detaylandırarak gerçekleştirir. Bunun bir sonucu olarak daha fazla sayıda farklı çevresel yansıma ortamını tanımlayabilecek yetenektedir. GDE-SYAO işlemcisi, uyarlanır eşik değeri belirleme işlemindeki hatayı azaltır. Bu sayede istenilen sabit yanlış alarm oranını ve sezim başarımını DE-SYAO'a göre daha iyi gerçekleştirir.

SYAO işlemcilerinin analitik zmlmeleri bölüm 2'de, DE-SYAO işlemcisi bölüm 3'de, GDE-SYAO işlemcisi bölüm 4'de anlatılmaktadır. GDE-SYAO, DE-SYAO ve HO-SYAO işlemcilerinin farklı çevresel yansıma ortamında gösterdiği başarım sonuçları karşılaştırmalı olarak bölüm 5'de yer almaktadır.

2 SABİT YANLIŞ ALARM ORANI

Sabit Yanlış Alarm Oranı (SYAO) ile çalışan radar işlemcilerinde yanlış alarm oranının üst limitinin sabitlenmesi hedeflenir. Test hücrelerini çevreleyen referans pencerelerdeki örneklerin gürültü seviyesinin kestirimi ile uyarıları eşik değeri belirlenir. Bu sayede yanlış alarm oranı çevresel yansıma gürültü gücünden bağımsız olur [1]. Tipik bir SYAO işlemcisinin blok şeması Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Radar almacına gelen işaret, zarf detektöründen geçtikten sonra örneklenir. Karesi alınan örnekler N+1 uzunluğundaki sıralı bir geciktirme yongasında saklanır. İçeriği Y olan hücre, test hücresi; içeriği X ile gösterilen N adet hücre referans hücreler olarak adlandırılır. Referans hücredeki örnekler üzerinden yapılan gürültü kestirimi Z, istenilen SYAO için gürültü kestirimi sabit çarpanı T ile çarpılır.



Şekil 2.1, SYAO İşlemcisi Blok Diyagramı

Tektür ortamda zarf detektörüne gelen işaretin Gauss dağılımına sahip olduğu varsayıldığında, sıralı geciktirme yongasındaki örnekler üstel dağılıma sahip olur [9]. Üstel dağılımın fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{1}{2\lambda} \exp(-x/2\lambda). \quad (2.1)$$

Test hücrelerinde hedefin bulunmadığı H_0 hipotezi altında, λ , çevresel yansıma ve ısı gürültüden kaynaklanan toplam gürültü gücü olan μ değerini alır. Swerling I [10] modeline sahip hedeften gelen işaretin test hücrelerinde yer aldığı H_1 hipotezi altında, λ , $\mu(1+S)$ değerini alır. S , hedef gücünün gürültü gücüne oranını gösterir. Test hücrelerindeki λ değeri:

$$\lambda = \begin{cases} \mu & , H_0 \\ \mu(1+S) & , H_1 \end{cases} \quad (2.2)$$

Tektür ortamda referans penceredeki hücreler için λ değeri μ 'ye eşittir. Referans penceredeki örneklerin istatistiksel olarak bağımsız oldukları varsayılmaktadır. Tektür çevresel yansıma ortamında, SYAO işlemcisinin yanlış alarm oranı, ortamın gürültü gücünden bağımsızdır. Referans pencere içinde tektür olmayan çevresel yansıma veya çevresel yansıma gürültü gücü değişimi işlemcinin başarımını etkilemektedir. SYAO işlemcilerinin başarımları sezim ve yanlış alarm olasılıkları üzerinden değerlendirilir. $E_Z(\cdot)$, Z rasgele değişkeninin ortalamasını veren fonksiyondur. Yanlış alarm olasılığı:

$$\begin{aligned}
 P_{fa} &= E_Z \{ P[Y > TZ | H_0] \} \\
 &= E_Z \left\{ \int_{TZ}^{\infty} (1/2\mu) \exp(-y/2\mu) dy \right\} \\
 &= E_Z \{ \exp(-TZ/2\mu) \} \\
 &= MGF_Z(T/2\mu)
 \end{aligned} \tag{2.3}$$

$MGF_Z(\cdot)$, Z rasgele değişkeninin moment üretici fonksiyonudur ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$MGF_Z(v) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(z) e^{-vz} dz \tag{2.4}$$

Benzer biçimde sezim olasılığı:

$$P_d = P(Y > TZ | H_1) \tag{2.5}$$

H_1 hipotezi altında Denklem (2.3)'de μ yerine $\mu(1+S)$ yazılarak, sezim olasılığı elde edilir.

$$P_d = MGF_Z[T/2\mu(1+S)] \tag{2.6}$$

Yanlış alarm (P_{fa}) ve sezim (P_d) olasılıkları referans pencere istatistiğine göre hesaplanır.

2.1 Hücre Ortalamalı Sabit Yanlış Alarm Oranı (HO-SYAO) İşlemcisi

HO-SYAO işlemcisinin çalışma prensibi çevresel yansıma gürültü seviyesinin kestirilmesi için referans hücrelerdeki örneklerin aritmetik ortalamasını almaya dayalıdır. Üstel dağılıma sahip örneklerin gürültü kestirimi [2]:

$$Z = \sum_{i=1}^N X_i \tag{2.7}$$

X_i referans penceredeki hücrelerde yer alan çevresel yansımaları gösterir. Üstel dağılım, Gamma dağılımının özel bir durumudur ($\alpha = 1$). Gamma olasılık dağılım fonksiyonu

$$f_X(x) = \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} \exp(-x/\beta) / \Gamma(\alpha), \quad x \geq 0, \alpha \geq 0, \beta \geq 0. \quad (2.8)$$

Yukarıdaki dağılımda $\Gamma(\cdot)$, gamma fonksiyonu olup,

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (2.9)$$

şeklinde tanımlanır [9]. Denklem (2.9)'da α 'nın tam sayı değerleri için parçalı integral yöntemi kullanılarak gamma fonksiyonu hesaplanabilir.

$$\Gamma(n) = (n-1)\Gamma(n-1) = (n-1)! \quad (2.10)$$

Gamma dağılıma sahip rasgele değişkenin ($X \sim G(\alpha, \beta)$) moment üretici fonksiyonu

$$MGF_X(v) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)\beta^\alpha} \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{1}{\beta} + v\right)x} dx. \quad (2.11)$$

Denklem (2.11)'deki integral hesaplandığında moment üretici fonksiyon elde edilir.

$$MGF_X(v) = (1 + \beta v)^{-\alpha} \quad (2.12)$$

Referans penceredeki üstel dağılıma sahip örneklerin toplamı olan Z rasgele değişkeninin dağılımı $G(N, 2\mu)$ olur. Denklem (2.12)'deki sonuç kullanılarak HO-SYAO işlemcisinin sezim olasılığı hesaplanır.

$$P_d = M_Z[T/2\mu(1+S)] = \left[1 + 2\mu \left(\frac{T}{2\mu(1+S)} \right) \right]^{-N} = \left(1 + \frac{T}{1+S} \right)^{-N} \quad (2.13)$$

Bu eşitlikte sinyal gürültü gücü $S = 0$ olduğunda yanlış alarm oranı elde edilir [11].

$$P_{fa} = (1 + T)^{-N} \quad (2.14)$$

Denklem (2.14)'de N hücreli referans pencereye sahip HO-SYAO işlemcisi için istenilen yanlış alarm oranına karşılık gelen T çarpan değeri analitik olarak hesaplanabilir.

$$T = (P_{fa})^{-1/N} - 1 \quad (2.15)$$

Denklem (2.14)'de görüldüğü gibi yanlış alarm oranı çevresel yansıma gürültü gücünden bağımsızdır.

2.2 En Büyük Sabit Yanlış Alarm Oranı (EB-SYAO) İşlemcisi

EB-SYAO işlemcisinin çalışma prensibi çevresel yansıma gürültü seviyesinin kestirilmesi için ortalaması büyük olan referans penceredeki örneklerin aritmetik ortalamasını almaya dayalıdır. Bu sayede yanlış alarm oranı kontrolü açısından HO-SYAO işlemcisine göre daha iyi başarımlar gösterirken, sezim başarımında kayıp vardır. Üstel dağılıma sahip örneklerin gürültü kestirimi

$$Z = \max(\Sigma_A, \Sigma_B) \quad (2.16)$$

$$\Sigma_A = \sum_{i=1}^n X_i \quad \text{ve} \quad \Sigma_B = \sum_{i=n+1}^N X_i \quad (2.17)$$

Σ_A ve Σ_B referans pencerelerdeki örneklerin toplamını gösterir. Denklem (2.16)'da Z rasgele değişkeninin olasılık dağılımı:

$$f_Z(z) = f_1(z)F_2(z) + f_2(z)F_1(z) \quad (2.18)$$

Bağımsız rasgele Σ_A ve Σ_B değişkenleri için; f , olasılık dağılım fonksiyonunu, F , yığımsal olasılık dağılım fonksiyonunu simgeler. Tektür ortamda çevresel yansımaların toplamının dağılımı $F_i = G(n, 2\mu)$ (i : referans pencere numarasını, n : referans penceredeki hücre sayısını gösterir.) eşittir. Yanlış alarm oranı, Z rasgele değişkeninin moment üretici fonksiyonu hesaplanarak elde edilir [5].

$$P_{fa} = 2(1+T)^{-n} - 2 \sum_{i=0}^{n-1} \binom{n+i-1}{i} (2+T)^{-(n+i)} \quad (2.19)$$

Sabit çarpan değeri T , istenilen SYAO ve pencere uzunluk bilgisine göre denklem (2.19) kullanılarak elde edilir. Denklem (2.19)'da T yerine $T/(1+S)$ yazılırsa sezim olasılığı elde edilir.

$$P_d = 2(1+T/(1+S))^{-n} - 2 \sum_{i=0}^{n-1} \binom{n+i-1}{i} (2+T/(1+S))^{-(n+i)} \quad (2.20)$$

2.3 En Küçük Sabit Yanlış Alarm Oranı (EK-SYAO) İşlemcisi

EK-SYAO işlemcisinin çalışma prensibi çevresel yansıma gürültü seviyesinin kestirilmesi için ortalaması küçük olan referans penceredeki örneklerin aritmetik ortalamasını almaya dayalıdır. Bu sayede çalışma ortamında birbirlerine yakın mesafede yer alan hedeflerin sezim olasılığında artış sağlanır. Fakat çevresel yansıma gürültü gücü değişiminin meydana gelmesi durumunda yanlış alarm kontrolü başarımında azalmalar gözlenir. EK-SYAO işlemcisinin gürültü seviyesi kestirimi

$$Z = \min(\Sigma_A, \Sigma_B) \quad (2.21)$$

Σ_A ve Σ_B denklem (2.17)'de tanımlanmıştır. Z rasgele değişkeninin olasılık dağılımı:

$$\begin{aligned} f_Z(z) &= f_1(z)[1 - F_2(z)] + f_2(z)[1 - F_1(z)] \\ &= f_1(z) + f_2(z) - [f_1(z)F_2(z) + f_2(z)F_1(z)] \end{aligned} \quad (2.22)$$

Denklem (2.22)'de köşeli parantez içinde yazılan kısım, EB-SYAO işlemcisi için Z rasgele değişkenine ait olasılık dağılım fonksiyonunu gösterir. Moment üretici fonksiyon hesaplandığında yanlış alarm oranı elde edilir.

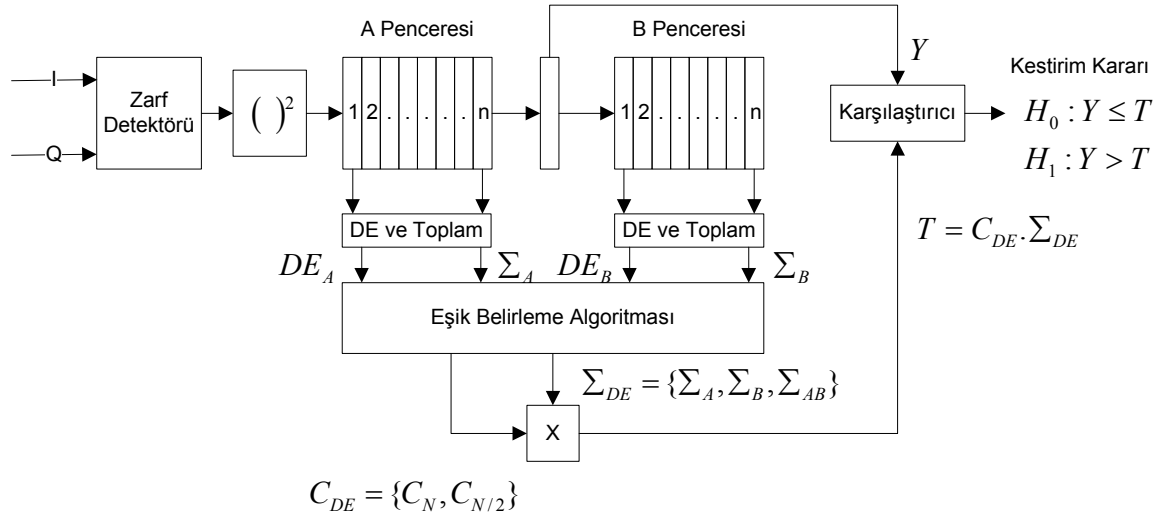
$$P_{fa} = M_{\Sigma_A}(T/2\mu) + M_{\Sigma_B}(T/2\mu) - P_{fa}^{EB} \quad (2.23)$$

$M_{\Sigma_A}(T/2\mu)$ ve $M_{\Sigma_B}(T/2\mu)$, Σ_A ve Σ_B 'ye ait moment üretici fonksiyonları gösterir. P_{fa}^{EB} , denklem (2.19)'daki yanlış alarm oranına aittir. Bu sonuç EK-SYAO ile EB-SYAO başarımları arasındaki ilişkiyi de gösterir. EB-SYAO sezim olasılığı denklem (2.23)'de T yerine $T/(1+S)$ yazılırsa elde edilir.

$$P_{fa} = M_{\Sigma_A}((T/(1+S))/2\mu) + M_{\Sigma_B}((T/(1+S))/2\mu) - P_d^{EB} \quad (2.24)$$

3 DEĞİŞKEN ENDEKSLİ SABİT YANLIŞ ALARM ORANI

DE-SYAO tekniği birden çok SYAO tekniğini kullanan bileşik bir yöntemdir. DE-SYAO radar işlemcisinin blok diyagramı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Radar almacının I ve Q kanallarına gelen işaret, radarın çalışma ortamındaki bakış doğrultusunda yer alan menzil hücrelerine ait çevresel yansımalarıdır. Gelen işaret zarf detektöründen geçtikten sonra örneklenir. Karesi alınan örnekler N+1 uzunluğundaki sıralı bir geciktirme yongasında saklanır. Yongada saklanan N+1 adet örneğin N/2 tanesi A referans penceresine, N/2 tanesi B referans penceresine, geriye kalan bir örnek de test hücreğine aittir. Test hücreсі radarın baktığı hedef noktayı göstermektedir. A ve B referans pencereleri; hedef hücresinin radar bakış açısı doğrultusunda öncesinde ve sonrasında bulunan komşu hücrelerden gelen sinyallerin örneklerini içerir.



Şekil 3.1, DE-SYAO İşlemcisi Blok Diyagramı

DE-SYAO işlemcisi HO-SYAO işlemcisinin geliştirilmiş bir sürümüdür. DE-SYAO ve HO-SYAO radar işlemcileri çalışma ortamındaki gürültü seviyesinin kestirimini, test hücresinin etrafında yer alan referans pencerelerdeki örneklerin aritmetik ortalaması ile elde ederler. HO-SYAO işlemci, kestirim işleminde referans pencerenin tamamını kullanırken, DE-SYAO işlemcisi gürültü seviyesinin kestiriminde kullandığı referans pencere seçimini dinamik bir şekilde değiştirmektedir. DE-SYAO işlemcisi referans pencere seçim işleminde değişken endeks ve ortalama oran parametrelerinin istatistiklerinden yararlanır.

Değişken endeks ikinci derece istatistiksel bir parametredir. Değişken endeks, rasgele bir değişkenin olasılık dağılımının biçim parametresinin kestiriminin bir fonksiyonudur.

$$DE = 1 + \frac{1}{(M-1)} \sum_{i=1}^M \left[\frac{(X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}^2} \right] \quad (3.1)$$

Değişken endeks parametresinin olasılık dağılımı, karıştırıcı hedeflerin referans pencere içinde yer aldığı veya referans pencerenin bir bölümünün farklı güç seviyesindeki çevresel yansıma içinde olduğu durumlarda tektür ortamdaki dağılımına göre farklılık gösterir. DE-SYAO işlemcisi referans penceresinde, daha önce anlatılan A (“baştaki”) ve B (“sondaki”) referans pencerelerini ayrı ayrı inceler. Her iki referans pencere için değişken endeks parametresi hesaplar. A referans penceresinde yer alan örneklerin toplamını B referans penceresindeki örneklerin toplamına oranlayarak ortalama oran parametresini hesaplar. DE-SYAO işlemcisi radarın baktığı bütün hedef noktalar için hesapladığı iki değişken endeks ve bir ortalama oran parametrelerini kullanarak “pencere seçim algoritması” çalıştırılır. Pencere seçim algoritması çevresel yansımalara ait gürültü seviyesinin kestiriminde, yalnız “baştaki”, yalnız “sondaki” veya referans pencerenin tamamında yer alan örneklerin kullanılacağını belirlemektedir. Seçim algoritması değişken endeks ve ortalama oran parametrelerini sabit eşik değerleri ile karşılaştıran ayrı hipotez testlerinden oluşmaktadır. Hipotez testlerinde, her bir yarım referans penceredeki örneklerin tektür çevresel yansıma ortamı olup olmadığının ve referans pencerelerin ortalamalarının benzer olup olmadığının sonuçlarına ulaşılır. Referans pencere seçimi yapıldıktan sonra, seçilen penceredeki örneklerin toplam değeri istenilen SYAO sağlamak için sabit katsayı ile çarpılır ve uyarlanır eşik değeri elde edilir. Eşik değeri ile test hücreindeki çevresel yansımanın değeri karşılaştırılarak hedef olup olmadığının kararı verilir. Bu işlem her bir hedef hücre için tekrarlanır. DE-SYAO farklı ortamlarda (tektür, birden fazla karıştırıcı hedefli, farklı güç seviyesinde olan tektür çevresel yansıma) iyi başarımlar gösterebilecek yetenekte tasarlanmıştır. DE-SYAO işlemcisinin pencere seçim algoritması test hücresi ile en benzer çevresel yansımaları içeren referans pencereyi belirlemeye çalışan bir mantık ile çalışır. Değişken endeks ve ortalama oranı parametrelerinin hipotez testlerinde kullanılan sabit eşik değerleri; tektür ortamda, her bir yarım pencere için tektür ve ortalamalarının aynı kararını verme olasılığını yüksek tutabilecek değerler seçilerek belirlenmiştir. Bunun bir

sonucu olarak, tektür ortamlarda çevresel yansıma gürültü seviyesi belirlemek için yüksek bir olasılık ile referans pencerenin tamamı kullanılabilir. Referans pencerenin tamamının kullanıldığı durumlarda DE-SYAO, HO-SYAO ile aynı başarıyı gösterir.

Karıştırıcı hedeflerin, “baştaki” veya “sondaki” referans pencerenin bir tanesinde yer aldığı durumlarda, karıştırıcı hedefin yer aldığı referans pencere yüksek bir olasılık ile tektür olmayan ortam olarak tanımlanır. Bu durumda, çevresel yansıma gürültü seviyesi tektür olan referans penceredeki örnekler kullanılarak elde edilir. Karıştırıcı hedeflerin “baştaki” ve “sondaki” referans pencerelerin her ikisinde de yer aldığı durumda, pencereler tektür olmayan ortam olarak tanımlanır. Ortalama değeri küçük olan pencerede yer alan örnekler gürültü seviyesi kestiriminde kullanılır. Bu durumda DE-SYAO, EK-SYAO ile aynı başarıyı gösterir.

Referans pencere içerisinde farklı güç seviyesinde olan birden fazla tektür çevresel yansıma hücre gruplarının yer aldığı ortamlar oluşabilir. Yüksek güç seviyesine sahip çevresel yansımaların referans pencereyi doldurmaya başladığı ilk durum, karıştırıcı hedefler ile benzerlik göstermektedir. Bu durumda referans pencerelerden biri tektür olmayan ortam diğeri tektür ortam olarak kabul edilebilir. Yüksek güçlü çevresel yansımalar referans pencerelerden birini tamamen doldurduğunda, her iki referans pencere de tektür ortam haline gelir. Fakat ortalama değerleri farklıdır. Pencere seçim algoritması bu durumda yanlış alarm kontrolü için ortalama değeri büyük olan pencereyi seçer. Bu durum EB-SYAO ile benzerlik gösterir. Ortalama değeri büyük olan referans pencerenin seçilmesi, sezim başarımında azalmaya neden olur, fakat yüksek güçlü çevresel yansıma örneklerinin test hücresini doldurması durumunda sezim başarıımı yükselir. Yüksek güçlü çevresel yansımalar ikinci referans pencereyi doldurmaya başladığında, ikinci referans pencere tektür olmayan ortam olarak tanımlanır. Bu durumda pencere seçim algoritması tektür olan birinci pencereyi seçer. Sonunda yüksek güçlü çevresel yansımalar referans pencerenin tamamını doldurduğunda, her iki referans pencere de tektür ortam olarak tanımlanır.

DE-SYAO; HO-SYAO, EK-SYAO, EB-SYAO tekniklerinin en iyi başarımları gösterdiği koşulları bileşik bir yöntem ile kullanmaktadır. DE-SYAO tektür ortamlarda az kayıplı SYAO sağlarken, tektür olmayan ortamlarda iyi bir başarımları gösterir.

3.1 Tanım ve İşleyiş

DE-SYAO işlemcisinin blok diyagramı Şekil 3.1' de gösterilmiştir. I ve Q kanalları uyumlu seçici çıkışındaki radar çevresel yansımalarını göstermektedir. Çevresel yansımalar zarf detektörünün çıkışında örneklenir ve kare alıcıdan geçtikten sonra N+1 uzunluğundaki sıralı bir geciktirme yongasında saklanır. N+1 adet örnek, bir test hücresi ve N hücreli referans pencereden oluşmaktadır. Referans pencere “baştaki” (A penceresi) ve “sondaki” (B penceresi) olmak üzere iki eşit parçaya ayrılmıştır. Tektür ve eşit güçlü çevresel yansıma ortamında, I ve Q kanalındaki işaretlerin bağımsız özdeşçe dağılmış sıfır ortalamalı Gauss rasgele sürecine ait olduğu kabul edilmiştir. Bunun sonucu olarak, geciktirme yongasında saklanan örnekler üstel dağılıma sahiptir. Referans penceresindeki örnekler birbirlerinden ve test hücresinden bağımsız rasgele değişkenlerdir. DE-SYAO başarımı, yanlış alarm (P_{ya}) ve sezim (P_s) olasılıkları üzerinden değerlendirilir. P_{ya} , test hücresinde hedef olmadığı durumda, hedef var kararını verme olasılığı; P_s , test hücresinde hedefin yer aldığı durumda hedef var kararını verme olasılığı olarak tanımlanmaktadır. DE-SYAO işlemcisi, yanlış alarm olasılığının (P_{ya}) üst limitini sabitlerken, sezim olasılığını (P_s) mümkün olan en yüksek değerlerde tutmak için tasarlanmıştır. Yanlış alarm oranının üst limiti tasarım değeridir ve seçilen değer sistem başarımını doğrudan etkilemektedir. Yanlış alarm oranının azalması durumunda da sezim başarımı düşer, bu durum radarın duyarlılığında azalmaya neden olur. DE-SYAO işlemcisi, çevresel yansımaların güç seviyesinin bilinmediği tektür ortamlarda yanlış alarm kontrolünü, sinyal-çevresel yansıma gürültü oranına göre de sezim başarımını sağlayabilecek yetenektedir. Buna ek olarak DE-SYAO, farklı tektür olmayan ortamlarda gürbüz bir başarım gösterirken HO-SYAO, EB-SYAO, EK-SYAO'a göre nominal değerlerde yanlış alarm oranına sahiptir.

DE-SYAO her bir test hücresi için hedef var/yok kararını, uyarlamalı eşik değeri ile karşılaştırma yaptıktan sonra verir. Uyarlamalı eşik değeri çevresel yansıma sabiti katsayısı ile çevresel yansıma gürültü seviyesinin kestiriminin çarpımına eşittir. DE-SYAO çevresel yansıma gürültü seviyesinin kestirimi için kullanacağı referans pencere bölümünü dinamik olarak seçmektedir. DE-SYAO işlemcisi, referans penceresinin seçilen bölümünde yer alan örneklerin ortalama değerini hesaplayarak kestirim işlemini gerçekleştirir. Referans pencere bölümü, “baştaki”, “sondaki” veya referans pencerenin tamamı olabilir. Çevresel yansıma gürültü seviyesinin kestirimi olarak referans penceredeki örneklerin ortalama değeri

hesaplanabilir (sadece toplam değeri de yeterli istatistik olarak kullanılabilir). Hedef var/yok kararı, test hücresindeki değer uyarlamalı eşik değerinden büyük/küçük durumuna göre verilir. Bu işlem yeni gelen her çevresel yansıma için, referans penceredeki örnekler bir adım kaydırıldıktan sonra tekrarlanır. DE-SYAO işlemcisi referans penceredeki örnekler üzerinden çevresel yansıma gürültü seviyesi kestirimi yaparken, değişken endeks ile ortalama oranından faydalanır. Pencere seçim algoritması, çevresel yansıma gürültü kestirimi için “baştaki”, “sondaki” veya referans pencerenin tamamını seçebilir. Pencere seçim kararı, çalışma ortamının bir fonksiyonudur. Bundan sonraki bölümlerde değişken endeks, ortalama oran istatistikleri ve pencere seçim algoritması anlatılmaktadır. Benzetimler MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir.

3.2 Değişken Endeks

Değişken endeks parametresi referans penceredeki örnekler ile hesaplanan ikinci dereceden istatistiktir. Her test hücresi için “baştaki” ve “sondaki” referans pencerelere ait değişken endeks parametresi hesaplanır. Değişken endeks parametresi, çevresel yansıma örneklerinin ortalama ve standart sapma kestirimlerinin sürekli artan bir fonksiyonudur. DE kestirim fonksiyonunun standart sapması, referans pencere uzunluğu ile ters orantılıdır. Artan örnek sayısı ile kestirimin standart sapması azalır.

Uzunluğu M olan X (X_1, X_2, \dots, X_M) rasgele vektörü için değişken endeks tanımı denklem (3.2)' de gösterilmiştir.

$$DE = 1 + \frac{\sum_{i=1}^M (X_i - \bar{X})^2}{(M-1)\bar{X}^2} \quad (3.2)$$

\bar{X} , X_i rasgele değişkeninin aritmetik ortalamasını gösterir.

$$\bar{X} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i \quad (3.3)$$

Değişken endeks parametresinin istatistiği kullanılarak referans pencerede yer alan örneklerin tektür veya tektür olmayan ortama ait olduğunu gösteren hipotez testi oluşturulabilir. Değişken endeks parametresinin ortalama değeri, karıştırıcı hedeflerin veya çevresel yansıma güç değişiminin yer aldığı ortamlarda artış gösterir. Bu artış sayesinde, hipotez testinde, K_{DE} sabit eşik değeri kullanılabilir.

$$\begin{array}{ll}
DE \leq K_{DE}, & \text{Tektür} \\
DE > K_{DE}, & \text{Tektür Olmayan}
\end{array} \tag{3.4}$$

Belirlenen bir K_{DE} sabiti için, DE istatistiğinin tektür ortamlarda K_{DE} sabitinden büyük olma olasılığı vardır. Bunun bir sonucu olarak, hipotez testinden kaynaklanan tektür ortamları tektür olmayan ortam olarak tanımlama hatası ortaya çıkmaktadır. Bu hatanın olasılığı α_0 olarak tanımlanır.

$$\alpha_0 = P[DE > K_{DE} | \text{Tektür Ortam}] \tag{3.5}$$

3.2.1 Değişken Endeks Yetenekleri

Değişken endeks parametresi, referans pencere içerisindeki çevresel yansımalar üzerinden elde edilen rasgele bir değişkendir. Değişken endeks parametresinin istatistiği çevresel yansımalarındaki ölçek parametresinden bağımsızdır. Diğer bir tanımı ile değişken endeks istatistiği, örneklere sabit bir çarpan eklenmesi durumunda değişmemektedir. Denklem (3.2)'de, bütün X_i değerlerinin aynı olması durumunda değişken endeks bir olmaktadır. Referans penceredeki X_i çevresel yansımalarının bağımsız özdeş ve üstel dağılıma sahip örnekler olması durumunda, değişken endeks değeri sonsuz pencere uzunluğunda birden büyük bir değere yaklaşır. Bu sonuç bir sonraki bölümde anlatılmaktadır. Referans penceresindeki X_i değerlerinin bir kısmının yüksek güçlü olması durumunda, değişken endeks değeri güç seviyesi ile orantılı olarak artış gösterir. Bu sayede değişken endeks parametresi bir örnek kümesinin değişkenliğinin ölçüsü olarak kullanılabilir.

3.2.2 Matematiksel Çıkarım

Referans penceredeki örneklerin olasılık dağılımı ile değişken endeks parametresinin ilişkisini görmek için, değişken endeks tanımı denklem (3.6)'daki gibi düzenlenebilir. Uzunluğu M olan referans pencerede X_1, X_2, \dots, X_M bağımsız özdeş dağılımlı, ortalaması μ , varyansı σ^2 olan rasgele değişkenlerin yer aldığı durumda:

$$DE = 1 + \frac{\sum_{i=1}^M (X_i - \bar{X})^2}{(M-1)\bar{X}^2} = 1 + \frac{\sum_{i=1}^M (X_i - \bar{X})^2}{(M-1)\bar{X}^2} \quad (3.6)$$

$$DE = 1 + \frac{\hat{\sigma}^2}{(\hat{\mu})^2}$$

$\hat{\mu}$ ve $\hat{\sigma}^2$, X_i rasgele değişkeninin ortalama (μ) ve varyansının (σ^2) yansız kestirimleridir.

$$\hat{\mu} = \bar{X} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i, \quad E[\bar{X}] = \mu \quad (3.7)$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^M (X_i - \bar{X})^2}{(M-1)}, \quad E[\hat{\sigma}^2] = \sigma^2$$

Bu durumda değişken endeks, DE, ortamın değişken endeksinin, DE_o , kestirimi olarak tanımlanabilir.

$$DE_o = 1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2} \quad (3.8)$$

$$DE = DE_o$$

Ortamın değişken endeksi, sonsuz sayıda örnek üzerinden hesaplandığında, değişken endeksin istatistiksel değerine eşit olur. Sonlu sayıdaki örnek üzerinden hesaplanan değişken endeks parametresi ile istatistiğinin kestirim değeri elde edilir. Kestirim sonucu:

$$E[DE] = 1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2} = DE_o \quad (3.9)$$

Ortamın değişken endeksi, değişkenlik katsayısı (DK) türünden de ifade edilebilir.

$$DK = \frac{\sigma}{\mu}$$

$$DE_o = 1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2} = 1 + DK^2 \quad (3.10)$$

$$DE = 1 + DK^2$$

Son olarak, ortamın değişken endeksi ve değişken endeks istatistiği dağılımın biçim parametresi (γ) ile ifade edilebilir.

$$\gamma = \left(\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right)$$

$$DE_O = 1 + \frac{\sigma^2}{\mu^2} = 1 + \frac{1}{\gamma} \quad (3.11)$$

$$DE = 1 + \frac{1}{\hat{\gamma}}$$

Çevresel yansılardan gelen örnekler üzerinden yapılan kestirim ile elde edilen biçim parametresi, dağılımın çarpıklık ve basıklık kestirimleri ile beraber, çevresel yansıma sınıflandırmasında kullanılmaktadır [12].

3.2.3 Tektür Ortamda Değişken Endeks İstatistiği

DE-SYAO uygulamasında, radar detektörünün çıkışı her bir çevresel yansıma için I ve Q kanalları ile gösterilebilir. Detektör çıkışındaki I ve Q kanallarına ait işaretler bağımsız, sıfır ortalamalı Gauss sürecine aittir. İşaretlerin standart sapması ve ortamın gürültü gücü σ_n^2 'dir. I ve Q kanalındaki işaretin olasılık dağılım fonksiyonu:

$$p(x) = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma_n^2}\right) \quad (3.12)$$

Referans pencerede yer alan örnekler, zarf detektörünün çıkışındaki sinyalin genliğinin karesine eşittir.

$$X_{KA} = \left(\sqrt{I^2 + Q^2} \right)^2 = I^2 + Q^2 \quad (3.13)$$

Penceredeki örnekler üstel dağılıma sahiptir ($\lambda = 2\sigma_n^2$) [9].

$$p(x) = \frac{1}{2\sigma_n^2} \exp\left(\frac{-x}{2\sigma_n^2}\right), \quad x \geq 0 \quad (3.14)$$

Üstel dağılımın ortalama ve varyansı:

$$\mu = E[x] = 2\sigma_n^2 \quad (3.15)$$

$$\sigma^2 = Var[x] = 4\sigma_n^4 \quad (3.16)$$

Referans pencere örneklerinin üstel ve tektür dağılıma sahip olduğu durumlarda, değişken endeks:

$$\begin{aligned}
DE &= 1 + \frac{\hat{\sigma}^2}{(\hat{\mu})^2} = DE = 1 + \left(\frac{\hat{\sigma}}{\hat{\mu}}\right)^2 \\
\lim_{M \rightarrow \infty} \hat{\sigma}^2 &= \sigma^2, & \lim_{M \rightarrow \infty} \hat{\mu} &= \mu \\
E[DE] &= 1 + \frac{\sigma^2}{(\mu)^2} = 1 + \frac{4\sigma_n^4}{(2\sigma_n^2)^2} = 1 + 1 = 2.
\end{aligned} \tag{3.17}$$

Görüldüğü gibi değişken endeksin beklenen değeri tektür ortamlarda ortamın gürültü gücünden bağımsızdır. Bu sonuç sayesinde, gürültü gücünün bilinmediği tektür çevresel yansıma ortamında sabit yanlış alarm oranı sağlanabilir.

3.2.4 Değişken Endeks Olasılık Dağılımı

Değişken endeks parametresinin tektür üstel dağılıma sahip ortamlardaki olasılık dağılım fonksiyonu, kestirim işleminde kullanılan örnek sayısına bağlıdır. Sonlu sayıda örnek üzerinden yapılan kestirim ile elde edilen ortalama ve varyans değerlerinin kestirim işlemleri bağımsız değildir. Bu nedenle, değişken endeks parametresinin olasılık dağılım fonksiyonu analitik yöntemler ile türetilmemektedir. Değişken endeks parametresi ile ilintili olan değişkenlik katsayısı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır [13]. Bu çalışmada değişken endeks istatistiği benzetim yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir.

3.2.5 Değişken Endeks İstatistiğinin Benzetim ile Elde Edilmesi

Değişken endeksin analitik tanımı yerine, MATLAB benzetim ortamında M (~1.000.000) sayıda tekrar ile üretilen bağımsız özdeş ve üstel dağılıma sahip rasgele örnekler kullanılarak değişken endeks hesaplanabilir. Bu yöntem ile tektür ortamın değişken endeksinin dağılım fonksiyonu kullanılarak, seçilecek bir eşik değerine (K_{DE}) karşılık gelen hata olasılığı (α_0) hesaplanabilir. Referans pencere uzunluğu N hücreden oluşan SYAO işlemcisi için “baştaki” ve “sondaki” pencereler N/2 hücreye sahiptir. Değişken endeksleri:

$$\begin{aligned}
DE_A &= 1 + \frac{\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} (X_i - \bar{X}_A)^2}{\left(\frac{N}{2} - 1\right) \bar{X}_A^2}, & DE_B &= 1 + \frac{\sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N (X_i - \bar{X}_B)^2}{\left(\frac{N}{2} - 1\right) \bar{X}_B^2}
\end{aligned} \tag{3.18}$$

$$\bar{X}_A = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} X_i = \frac{2}{N} \Sigma_A, \quad \bar{X}_B = \frac{2}{N} \sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N X_i = \frac{2}{N} \Sigma_B \quad (3.19)$$

Rasgele sayı üretme tekniği kullanılarak üstel dağılıma sahip değerler üretilir. Referans pencerenin her iki bölümü de aynı yapıda olduğundan dolayı benzetimler sadece DE_A için yapılmıştır.

3.2.6 Değişken Endeks Sabit Eşik Değerleri (K_{DE})

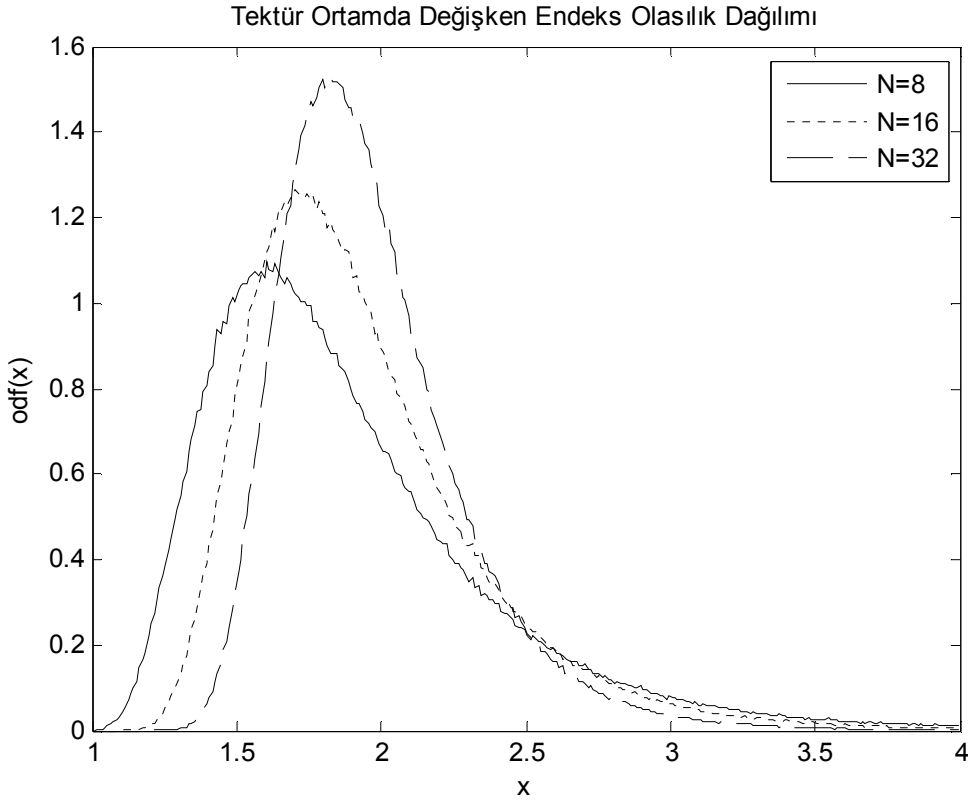
DE-SYAO işlemcisinin tektür ortamdaki başarımı α_0 değeri ile öngörülebilir. Bu değer tektür ortamda, hipotezin tektür değil kararını verme olasılığını gösterir. Bu olasılık K_{DE} değeri ile ters orantılıdır. Tablo 3.1' de α_0 ve K_{DE} 'nin farklı pencere uzunluklarındaki (N) ilişkisi gösterilmiştir. Benzetim sonuçları 1.000.000 tekrar ile elde edilmiştir. Her bir tekrar için referans pencerede yer alan N adet üstel dağılıma ait örnek üretildikten sonra, değişken endeks parametresi hesaplanmıştır. Elde edilen 1.000.000 adet değişken endeks değerinin histogramı hesaplanarak olasılık dağılımı elde edilmiştir. Histogramın altında kalan alan sağdan sola doğru toplanarak α_0 değerine karşılık gelen K_{DE} değerleri belirlenmiştir.

Tablo 3.1, Tektür Ortamda α_0 'ı Sağlayan K_{DE} Değerleri (N=8, 16, 32)

α_0	$K_{DE}, N=8$	$K_{DE}, N=16$	$K_{DE}, N=32$
0.1	2.5250	2.4550	2.3650
0.05	2.8550	2.7150	2.5550
0.01	3.6550	3.3450	2.9950
0.005	4.0050	3.6450	3.2050
0.001	4.7950	4.3550	3.6850
0.0005	5.1150	4.6550	3.8950
0.0001	5.7450	5.4150	4.3950
0.00005	6.0350	5.6650	4.6550
0.00001	6.5750	6.5450	5.1650

Sonuçlar incelendiğinde, seçilen pencere uzunluğunda, artan K_{DE} değerleri için hipotez testi hatasının (α_0) azaldığı görülmektedir.

Tablo 3.1' deki değerler değişken endeks olasılık dağılımlarından elde edilmiştir (Şekil 3.2). Artan pencere uzunluğu ile dağılımın beklenen değeri teorik karşılığına yaklaşırken, dağılımın genişliği daralmaktadır.



Şekil 3.2, Tektür Ortamda N Hücreli Referans Pencerenin DE Dağılımı

3.2.7 Tektür Olmayan Ortamlarda Değişken Endeks İstatistiği

Referans penceresinin tektür olmadığı durumlar farklı koşullar altında gerçekleşebilir. Pencerenin bir bölümünde yüksek güçlü çevresel yansımaların yer aldığı (pencere içinde çevresel yansıma güç değişikliği), veya karıştırıcı hedeflere ait yansımaların referans pencere içinde kalması bu duruma örnek oluşturabilir. DE-SYAO işlemcisi tektür olmayan ortamların belirlenmesinde değişken endeksin beklenen değerinin artışından faydalanır. Tektür olmayan ortamlarda DE-SYAO işlemcisinin ortamı tektür olmayan ortam olarak tanımlama olasılığı α_1 ile tanımlanır.

$$\alpha_1 = P[DE > K_{DE} | \text{Tektür Olmayan Ortam}] \quad (3.20)$$

Benzetimlerde yüksek güçlü çevresel yansımalar üstel dağılımının parametresi değiştirilerek elde edilmiştir. Çevresel yansıma gücündeki değişim desibel (dB) cinsinden ifade edilmiştir. Değişken endeksin olasılık dağılımına ek olarak, değişken endeksin K_{DE} sabitinden büyük olma olasılığının (α_1) çevresel yansıma

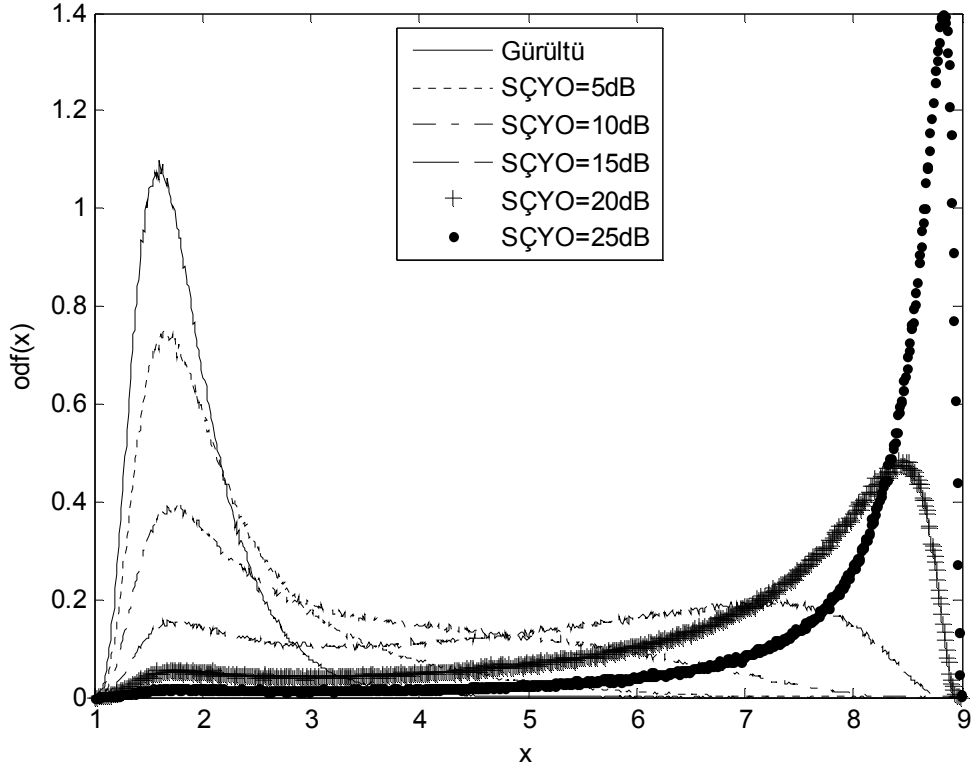
güç farkı ile değişimi de incelenmiştir. Tektür ortamda değişken endeksin K_{DE} sabitinden büyük olma olasılığı (α_0) ile ifade edilir.

Bir karıştırıcı hedefin bulunduğu ortamda değişken endeks parametresinin beklenen değeri, karıştırıcı hedefin çevresel yansıma gücünün artışı ile doğru orantılıdır.

Referans pencere içerisinde güç değişiminin yer alması durumunda değişken endeksin beklenen değeri artış gösterir. Uzunluğu $N/2$ olan bir referans pencerenin sırasıyla %0, %25, %50, %100' lük bölümünün yüksek güçlü çevresel yansıma, diğer bölümünün düşük güçlü çevresel yansıma içinde kalması durumlarında, değişken endeks parametresinin dağılımda değişiklik gözlenir. İlk ve son durum tektür ortamı gösterir. Değişken endeks olasılık dağılımının ortalaması ikinci durumda en büyük değerine ulaşır. Ortalamanın en küçük olduğu durum ortamın tektür olmasıdır.

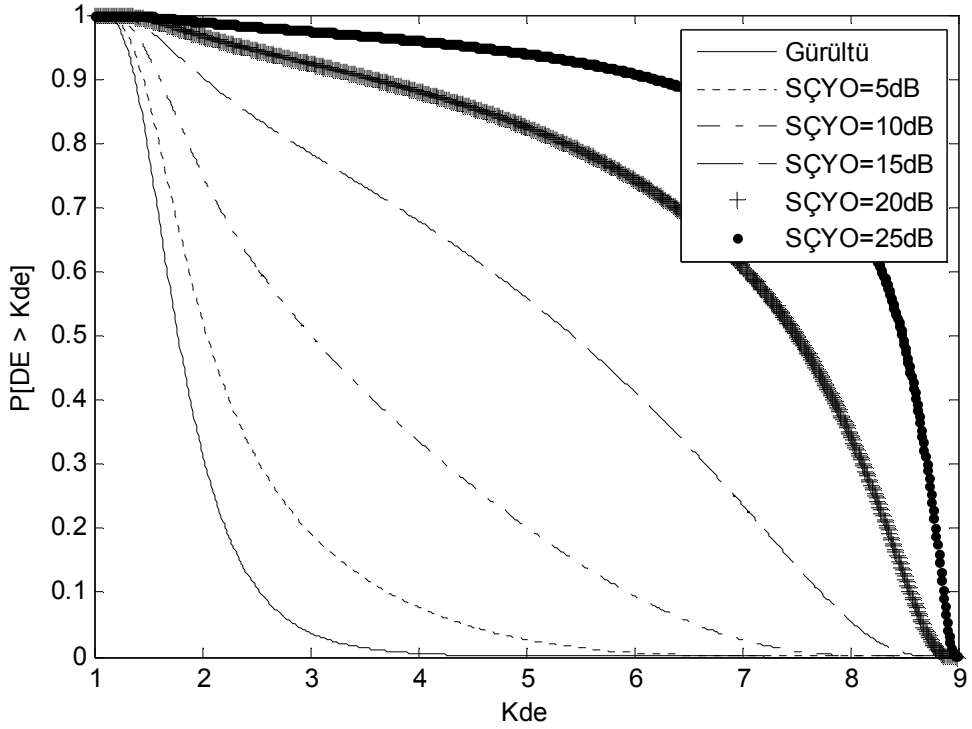
N hücreli SYAO işlemcisinin $N/2$ hücreli referans penceresinin değişken endeks parametresinin tek ve iki karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamdaki dağılımı incelenmiştir ($N=16$, tek (Şekil 3.3); $N=16$, iki (Şekil 3.9); $N=32$ tek (Şekil 3.5); $N=32$ iki (Şekil 3.11); $N=64$ tek (Şekil 3.7); $N=64$ iki (Şekil 3.13)). Karıştırıcı hedeflerin gücü, diğer hücreler ile eşit seviyeden başlanılarak 5dB'lik adımlar ile 25dB'ye kadar arttırılmıştır. Karıştırıcı hedeflerin gücünün artması durumunda DE olasılık dağılımının ortalama değeri de artmaktadır. Değişken endeks hipotez testinde, seçilen K_{DE} sabitine karşılık gelen $P[DE > K_{DE}]$ olasılık değerleri gösterilmiştir ($N=16$ tek (Şekil 3.4); $N=16$ iki (Şekil 3.10); $N=32$ tek (Şekil 3.6); $N=32$ iki (Şekil 3.12); $N=64$ tek (Şekil 3.8); $N=64$ iki (Şekil 3.14)). Seçilen bir K_{DE} değeri için karıştırıcı hedefin gücünün artması ile $P[DE > K_{DE}]$ olasılık değeri de artmaktadır. $N/2$ hücreli referans pencerede, r tane ($r=0, N/8, N/4, 3N/8$), yüksek güçlü (10dB, 20dB) çevresel yansımanın bulunduğu durumda DE dağılımı incelenmiştir ($N=16$ 10dB (Şekil 3.15); $N=16$ 20dB (Şekil 3.21); $N=32$ 10dB (Şekil 3.17); $N=32$ 20dB (Şekil 3.23); $N=64$ 10dB (Şekil 3.19); $N=64$ 20dB (Şekil 3.25)). DE hipotez testinde, seçilen K_{DE} sabitine karşılık gelen $P[DE > K_{DE}]$ olasılık değerleri gösterilmiştir ($N=16$ 10dB (Şekil 3.16); $N=16$ 20dB (Şekil 3.22); $N=32$ 10dB (Şekil 3.18); $N=32$ 20dB (Şekil 3.24); $N=64$ 10dB (Şekil 3.20); $N=64$ 20dB (Şekil 3.26)). DE dağılımının ortalama değeri $r = N/8$ 'de ve $S=20$ dB en büyük değeri almaktadır.

16 Hücreli SYAO, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda Değişken Endeks Olasılık Dağılımı



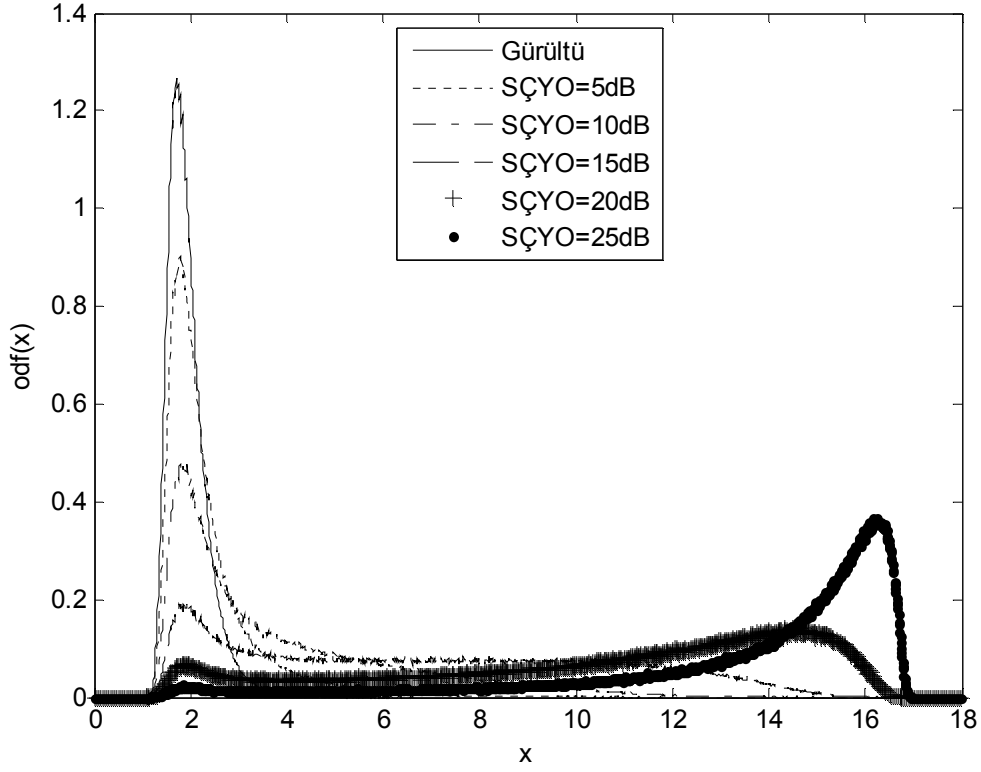
Şekil 3.3, 16 Hücreli SYAO, TKHO DE Olasılık Dağılımı

16 Hücreli SYAO, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda $P[DE > K_{de}]$ Olasılığı



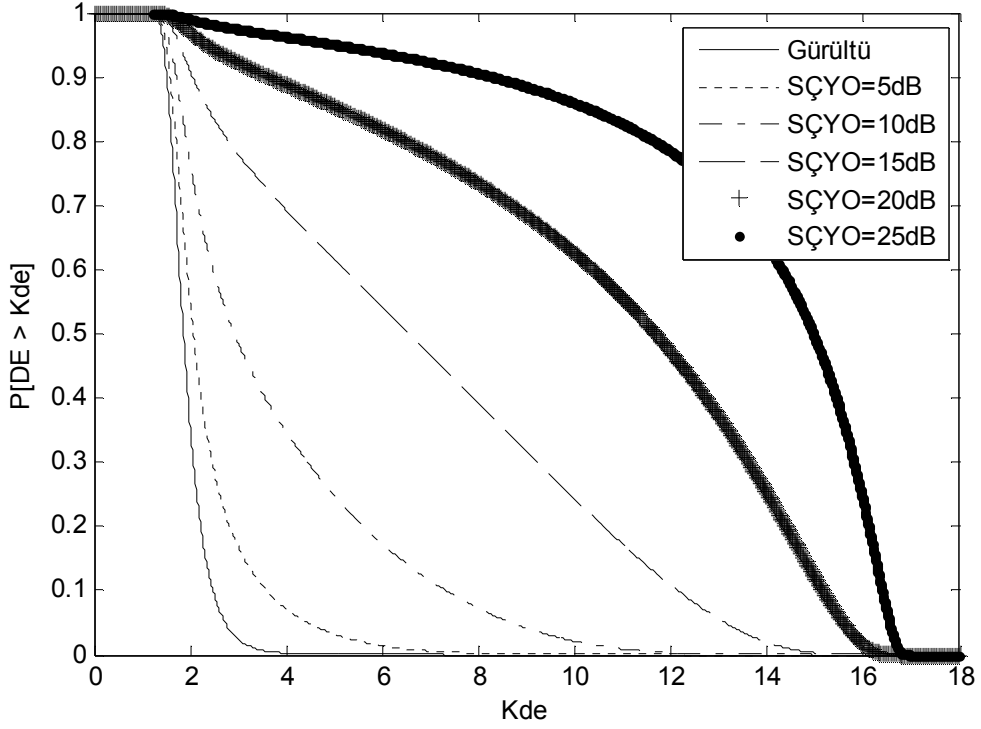
Şekil 3.4, 16 Hücreli SYAO, TKHO $P[DE > K_{DE}]$

32 Hücreli SYAO, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda Değişken Endeks Olasılık Dağılımı



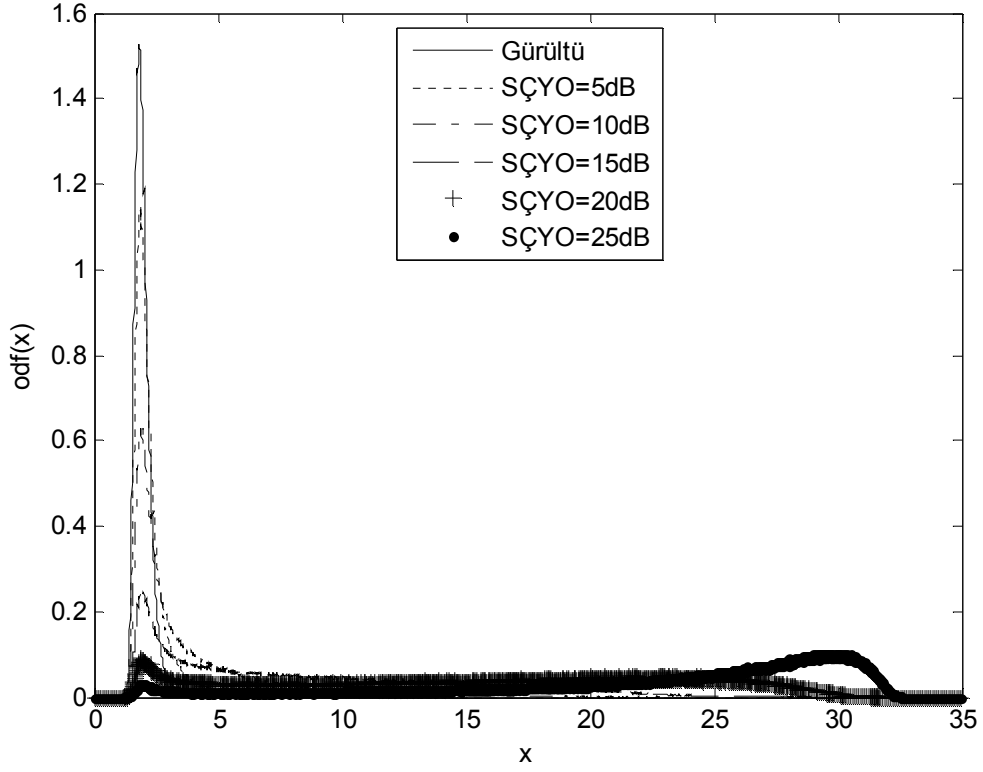
Şekil 3.5, 32 Hücreli SYAO, TKHO DE Olasılık Dağılımı

32 Hücreli SYAO, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda $P[DE > K_{de}]$ Olasılığı



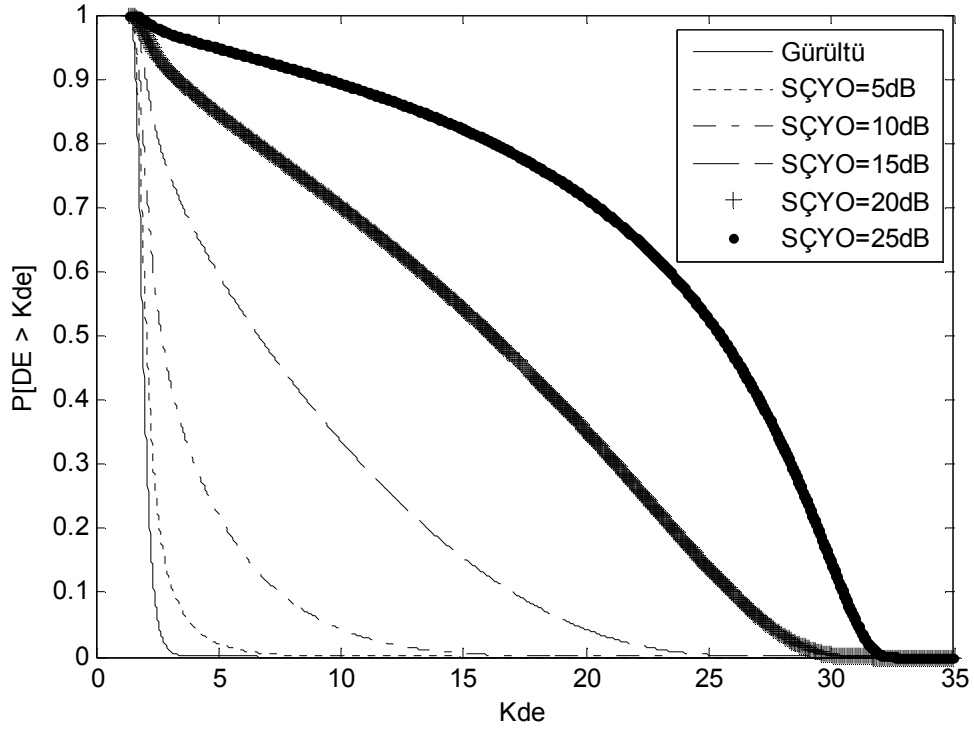
Şekil 3.6, 32 Hücreli SYAO, TKHO $P[DE > K_{DE}]$

64 Hücreli SYAO, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda Değişken Endeks Olasılık Dağılımı



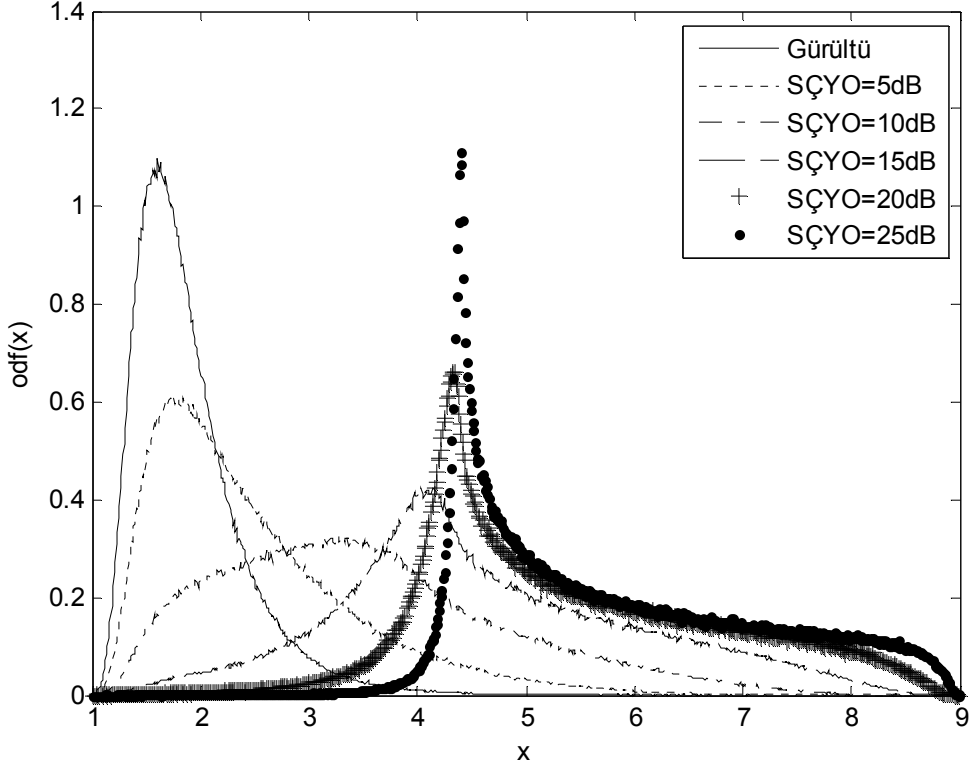
Şekil 3.7, 64 Hücreli SYAO, TKHO DE Olasılık Dağılımı

64 Hücreli SYAO, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda $P[DE > K_{DE}]$ Olasılığı



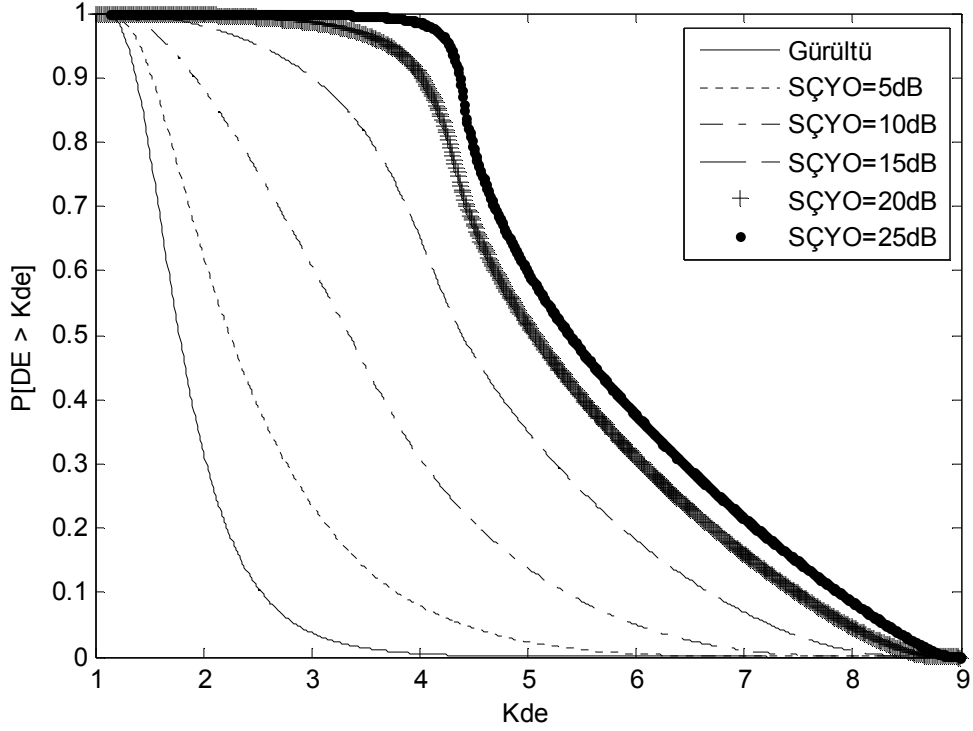
Şekil 3.8, 64 Hücreli SYAO, TKHO $P[DE > K_{DE}]$

16 Hücreli SYAO, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Değişken Endeks Olasılık Dağılımı



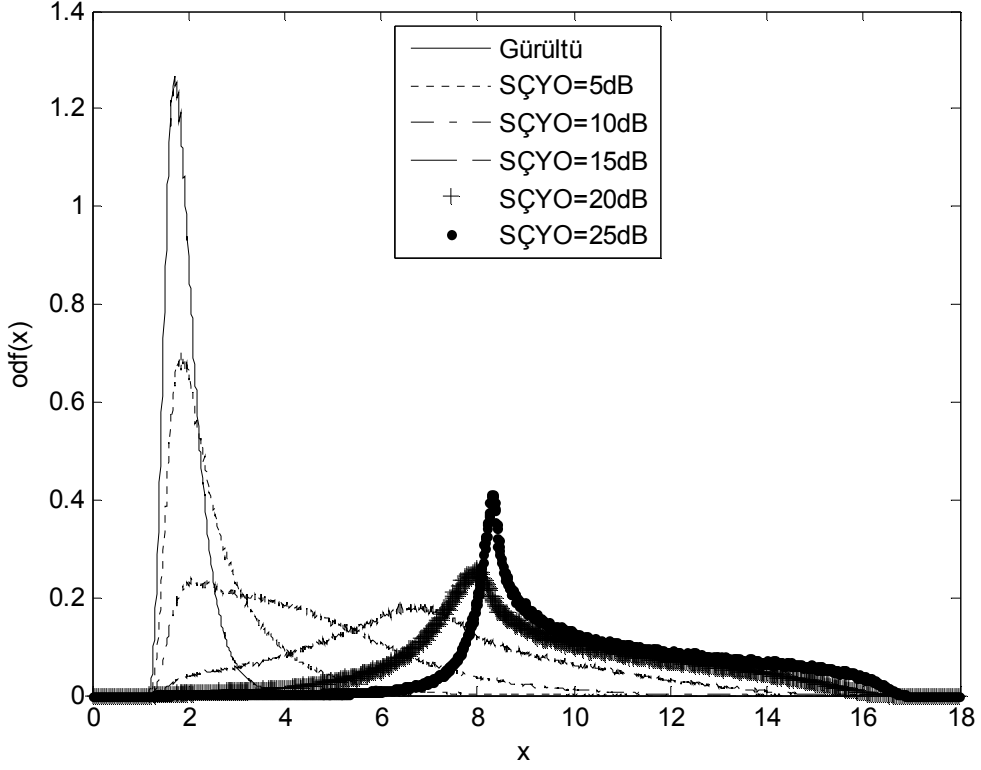
Şekil 3.9, 16 Hücreli SYAO, İKHO DE Olasılık Dağılımı

16 Hücreli SYAO, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda $P[DE > K_{DE}]$ Olasılığı



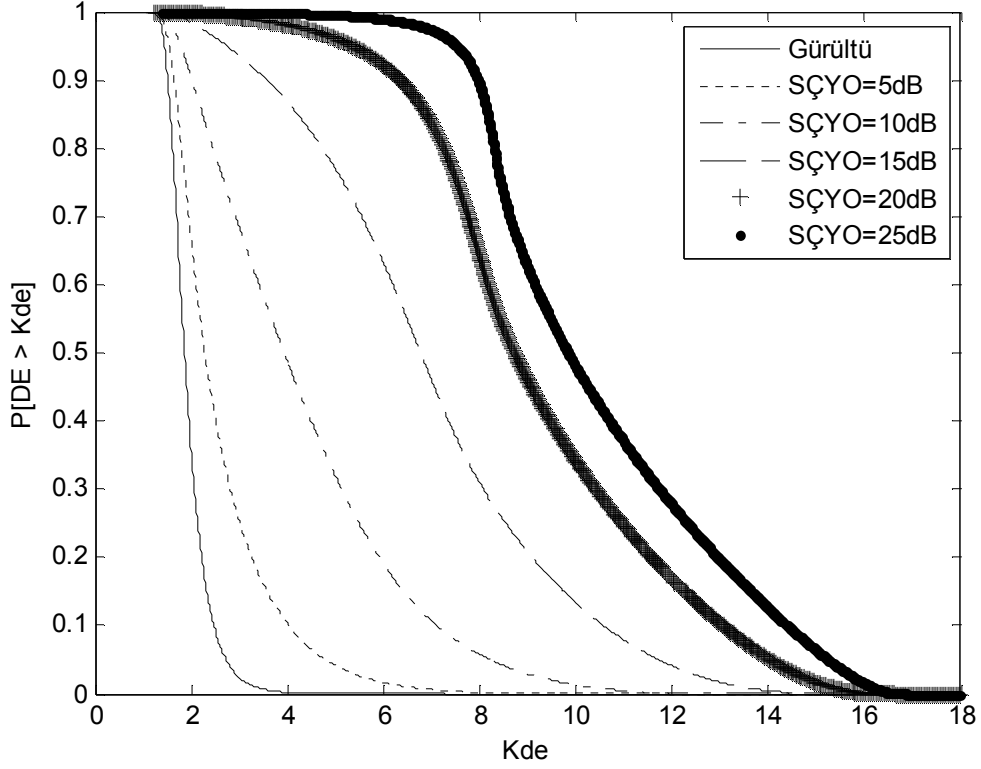
Şekil 3.10, 16 Hücreli SYAO, İKHO $P[DE > K_{DE}]$

32 Hücreli SYAO, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Değişken Endeks Olasılık Dağılımı



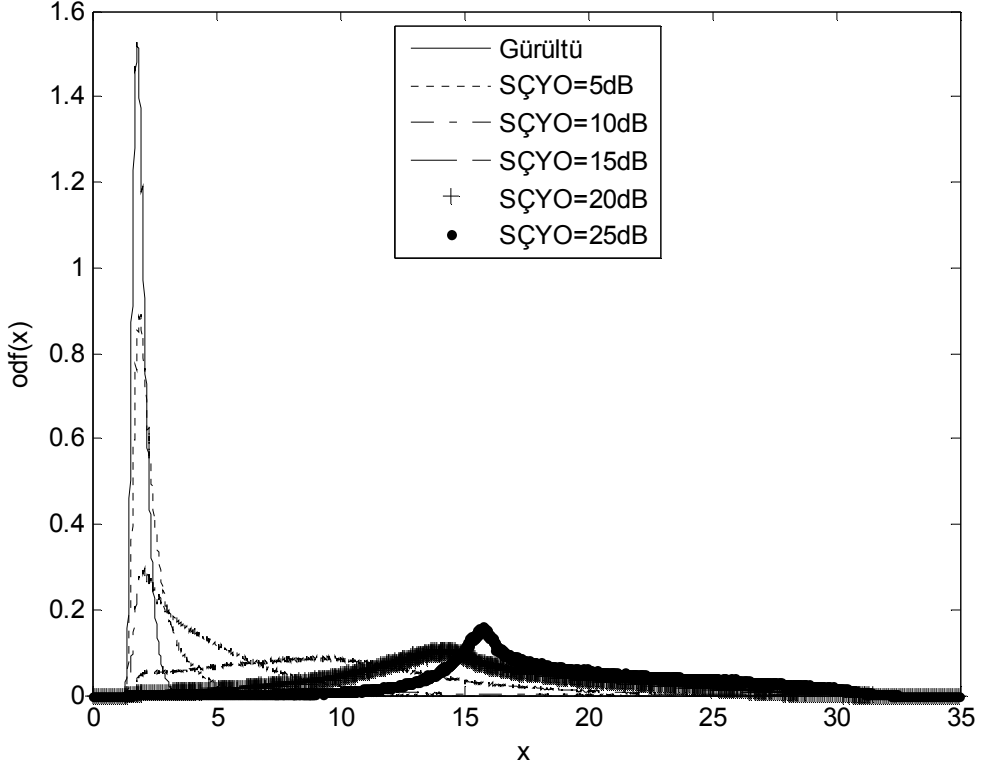
Şekil 3.11, 32 Hücreli SYAO, İKHO DE Olasılık Dağılımı

32 Hücreli SYAO, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda $P[DE > K_{DE}]$ Olasılığı



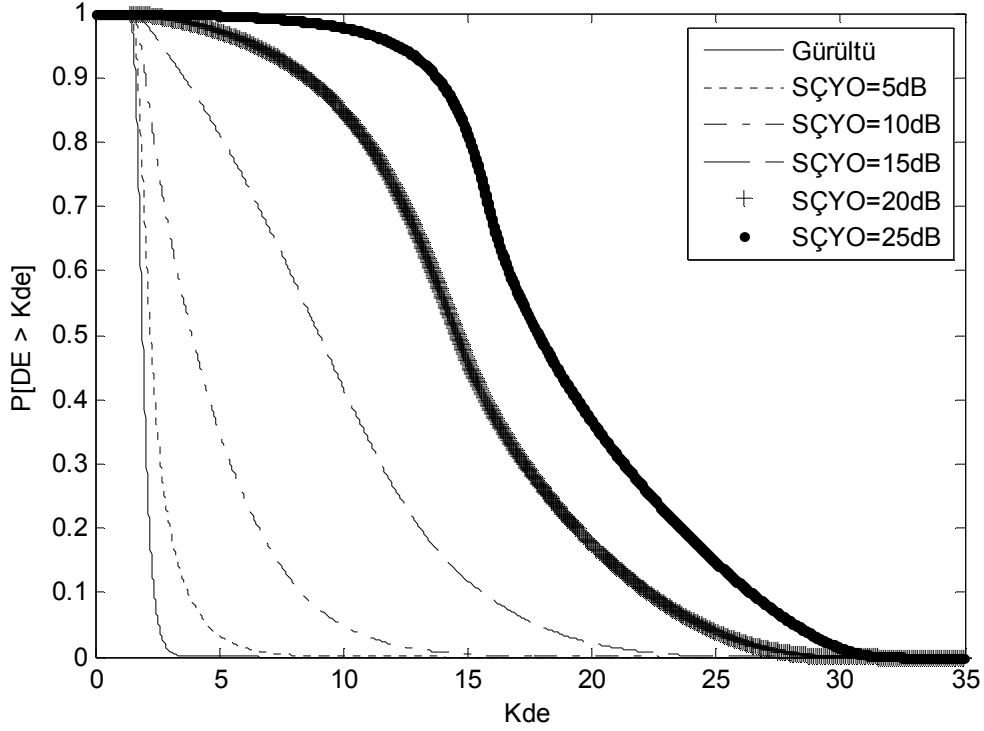
Şekil 3.12, 32 Hücreli SYAO, İKHO $P[DE > K_{DE}]$

64 Hücreli SYAO, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Değişken Endeks Olasılık Dağılımı

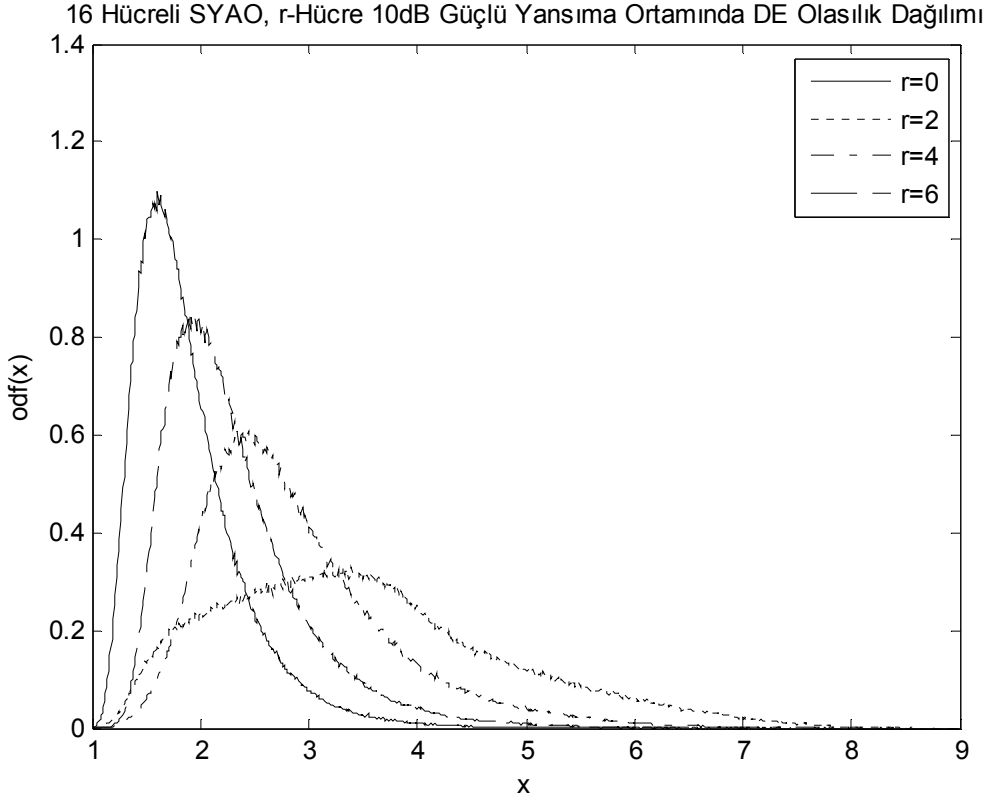


Şekil 3.13, 64 Hücreli SYAO, İKHO DE Olasılık Dağılımı

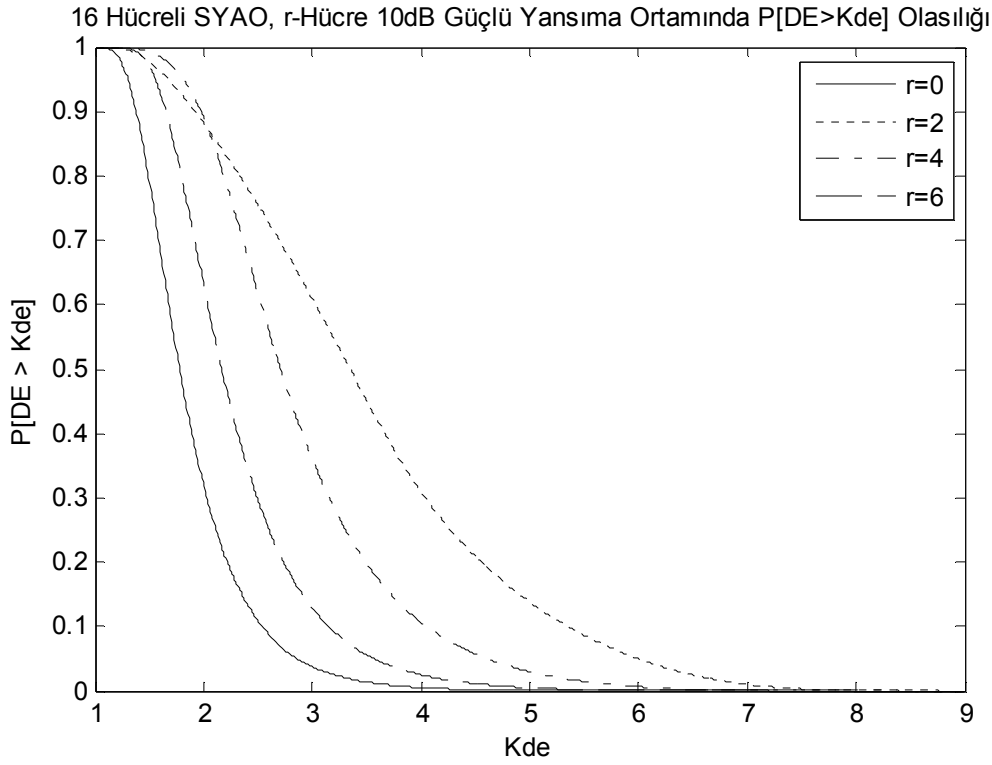
64 Hücreli SYAO, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda $P[DE > K_{DE}]$ Olasılığı



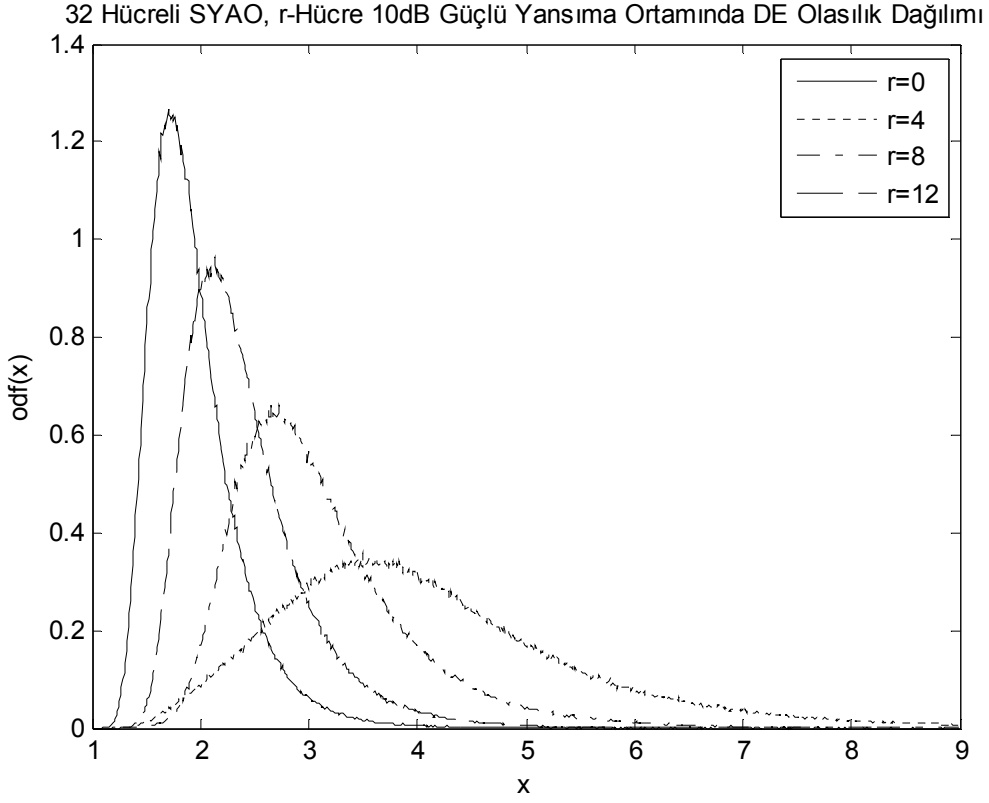
Şekil 3.14, 64 Hücreli SYAO, İKHO $P[DE > K_{DE}]$



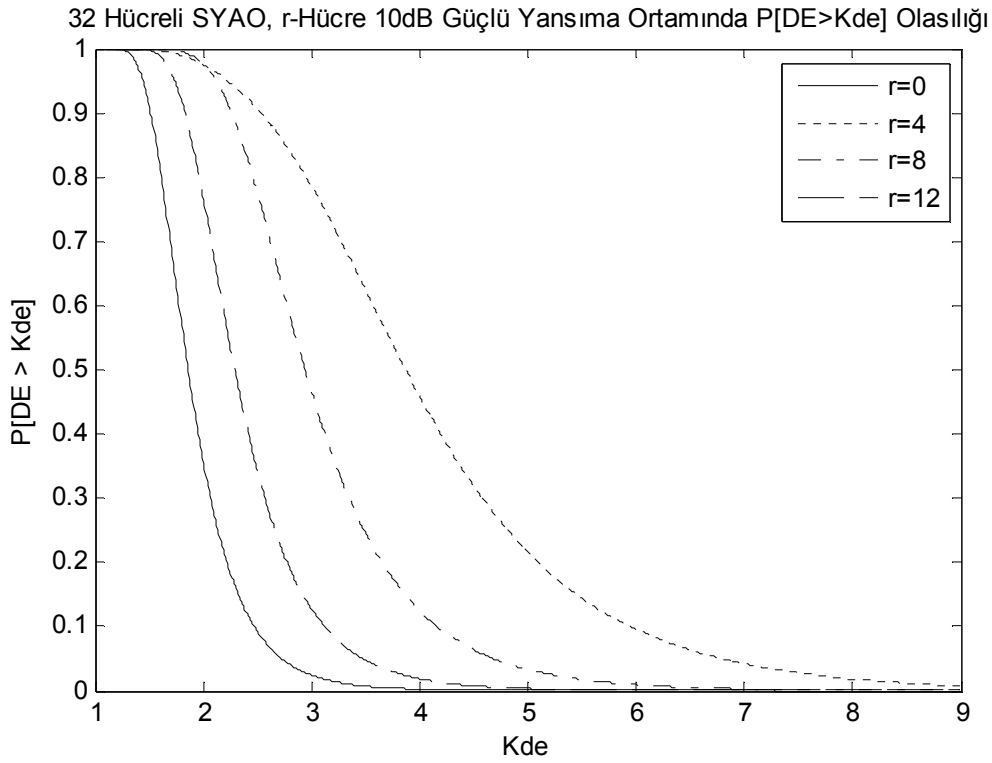
Şekil 3.15, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı



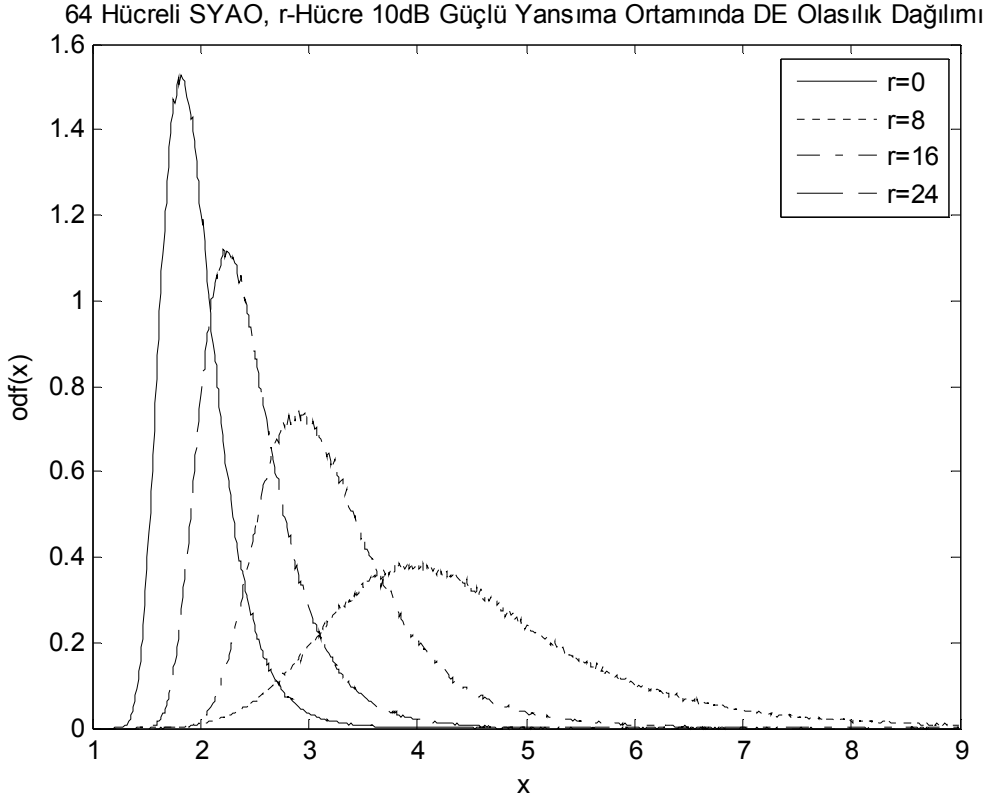
Şekil 3.16, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$



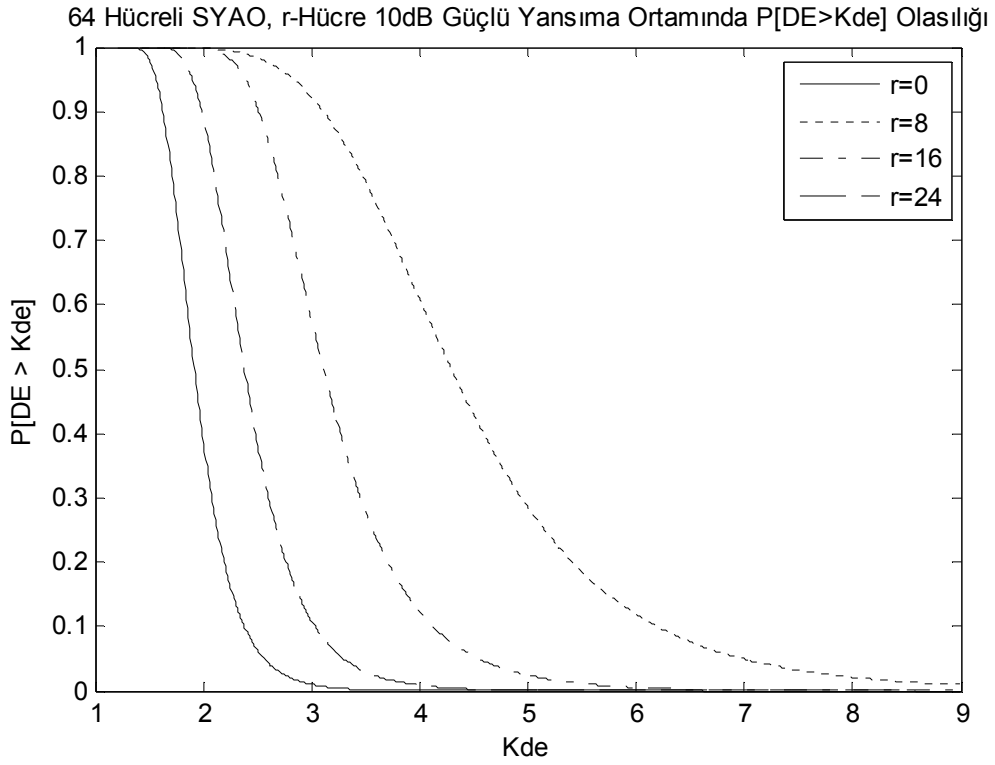
Şekil 3.17, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı



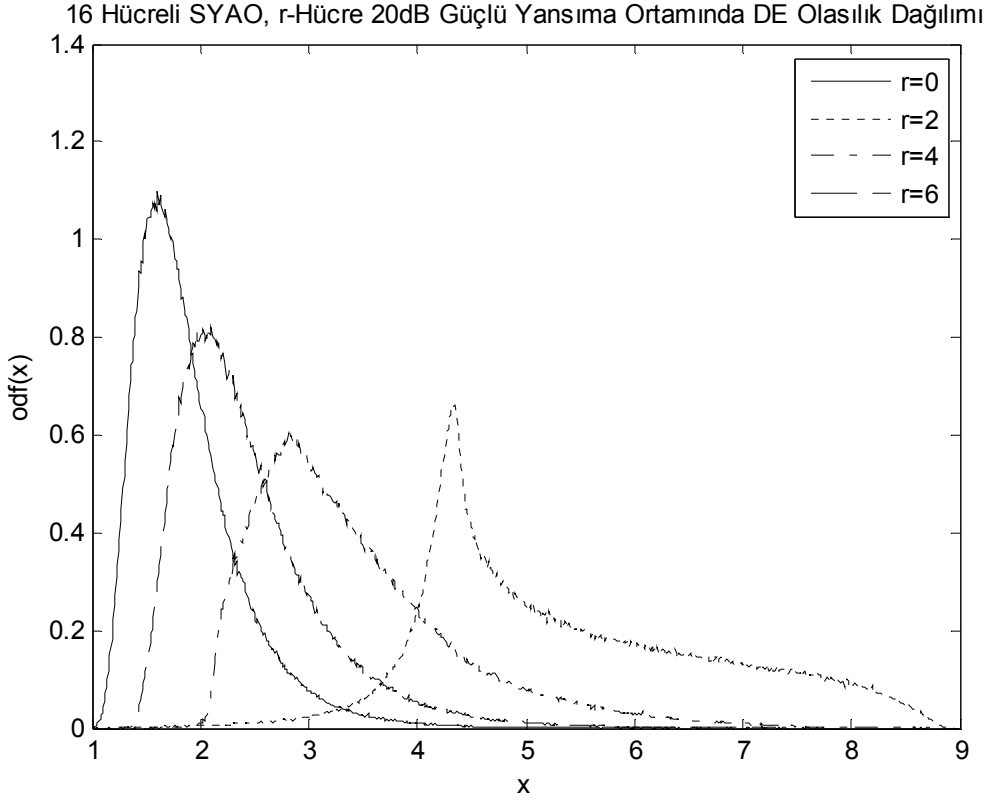
Şekil 3.18, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$



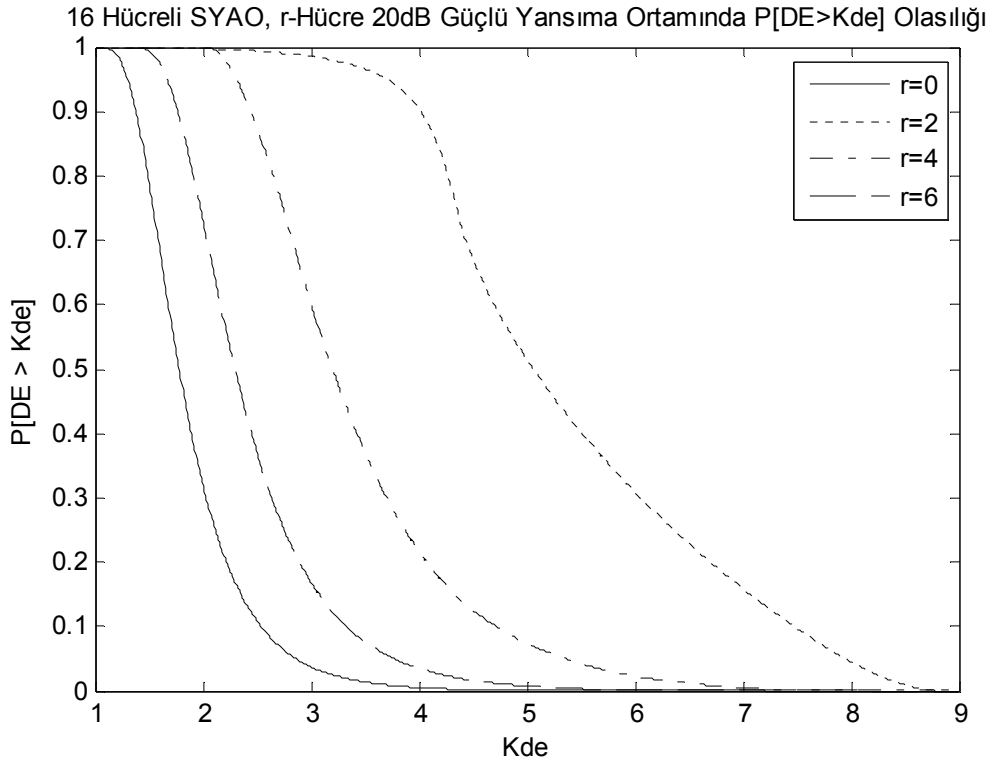
Şekil 3.19, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı



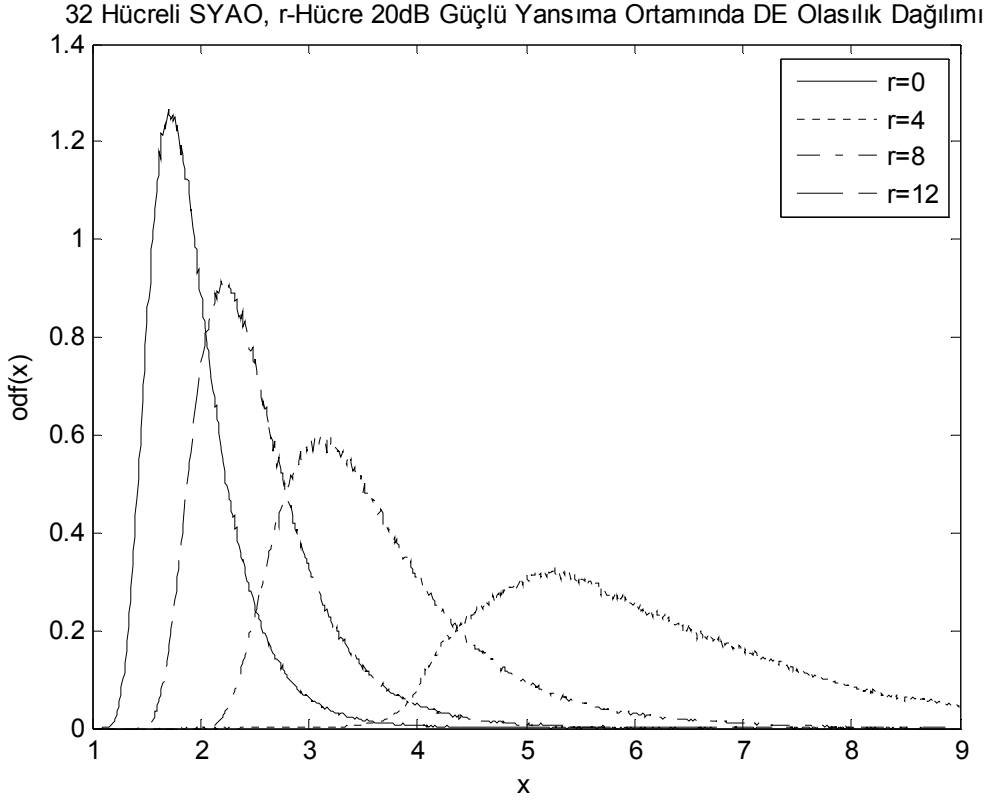
Şekil 3.20, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 10dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$



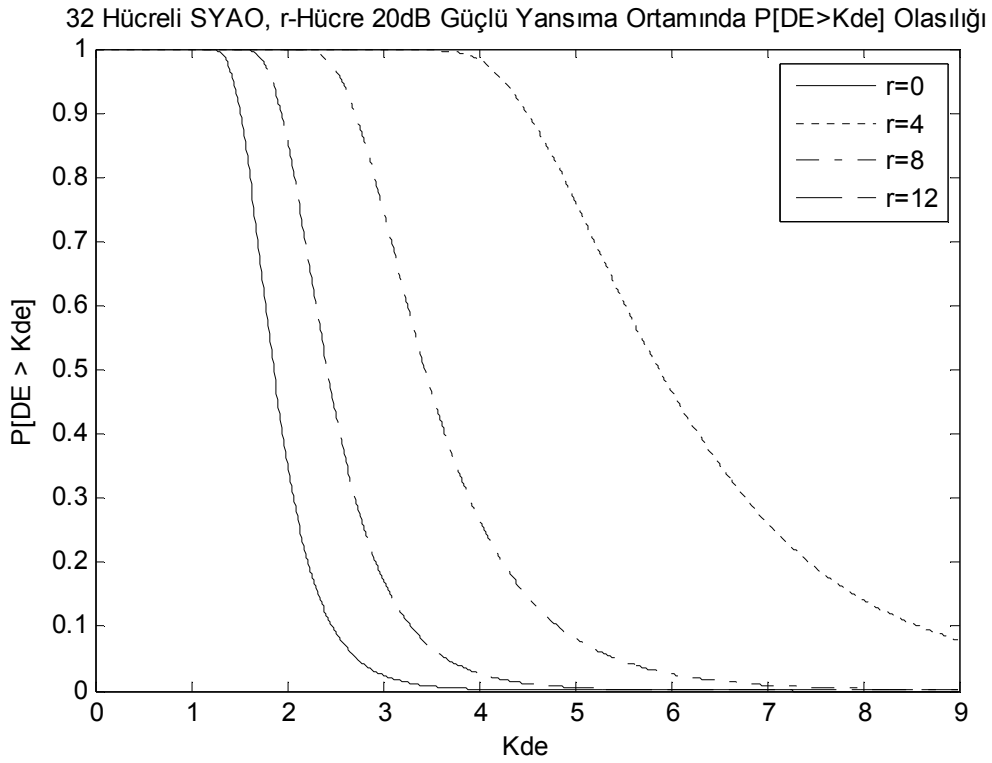
Şekil 3.21, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı



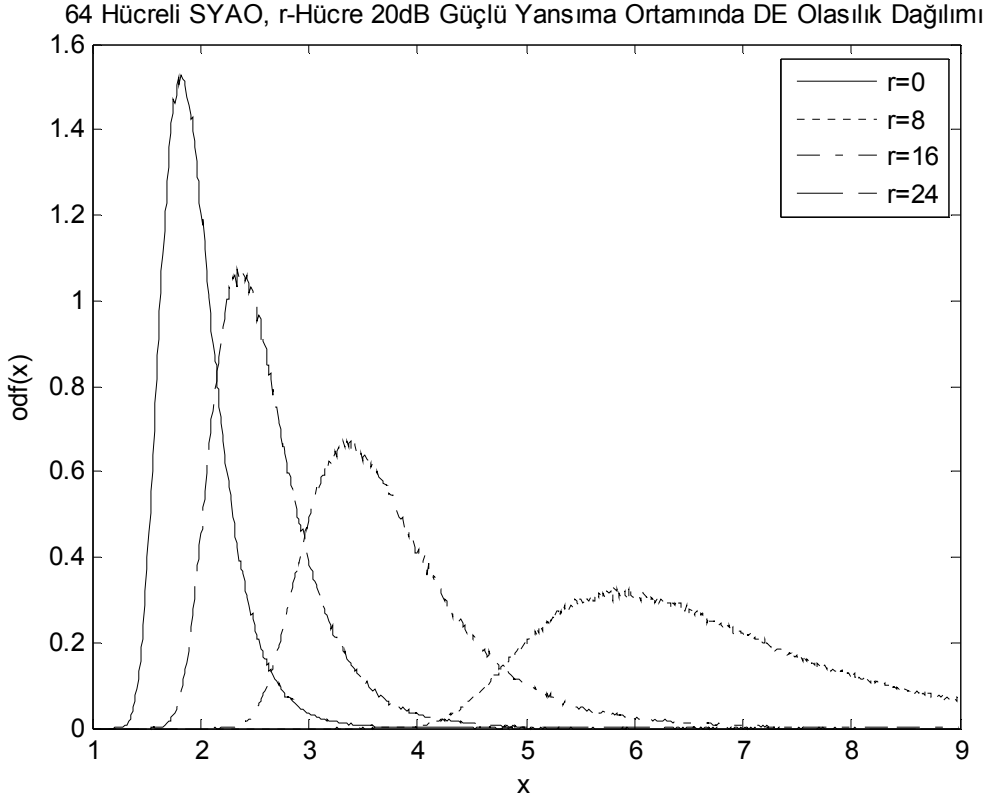
Şekil 3.22, 16 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$



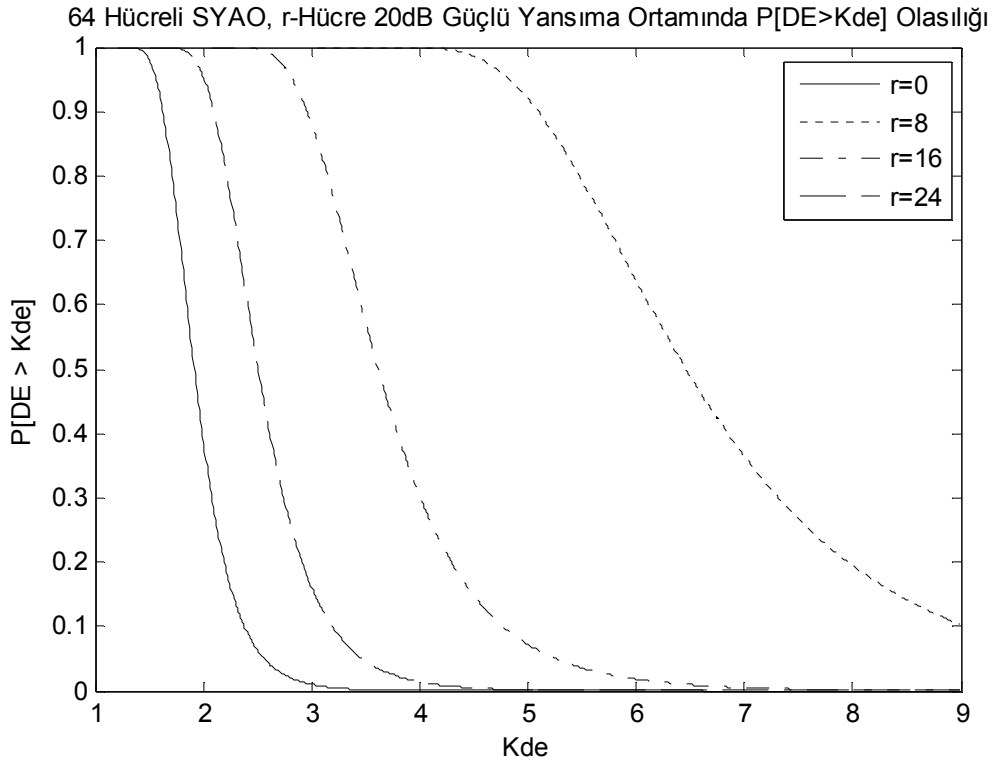
Şekil 3.23, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı



Şekil 3.24, 32 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$



Şekil 3.25, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında DE Dağılımı



Şekil 3.26, 64 Hücreli SYAO, r Hücre 20dB YGÇY Ortamında $P[DE > K_{DE}]$

3.3 Ortalama Oran

DE-SYAO işlemcisi, A (“baştaki”) ve B (“sondaki”) pencereleri için hesapladığı değişken endeks parametresine ek olarak, referans pencerelerdeki örnekler üzerinden ortalama oran ($OO_{A/B}$) parametresini hesaplar. Ortalama oranı, “baştaki” pencerede yer alan örneklerin toplamının “sondaki” pencerede yer alan örneklerin toplamına oranlanması ile elde edilen rasgele bir değişkendir. Referans pencere uzunluğu N olan DE-SYAO işlemcisi için çevresel yansımaların X_1, X_2, \dots, X_N olduğu ortamda ortalama oranı:

$$OO_{A/B} = \frac{\bar{X}_A}{\bar{X}_B} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} X_i}{\frac{N}{2}} \right)}{\left(\frac{\sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N X_i}{\frac{N}{2}} \right)} = \frac{\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} X_i}{\sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N X_i} = \frac{\Sigma_A}{\Sigma_B} \quad (3.21)$$

Ortalama oran tanımı temel alınarak, iki yarım pencerenin ortalama değerlerinin benzer olup olmadığına dair bir hipotez testi oluşturulabilir. İki pencereye ait ortalama değerlerinin benzer olması durumunda ortalama oranı parametresi bir civarındadır diğer koşullarda bu oran birden uzaklaşır. Bu sebepten hipotez testi eşik seviyesi olarak K_{OO} ve $1/K_{OO}$ sabitleri kullanılır.

$$\frac{1}{K_{OO}} \leq OO_{A/B} \leq K_{OO}, \quad \text{Ortalamalar Aynı} \quad (3.22)$$

$$OO_{A/B} > K_{OO} \text{ veya } OO_{A/B} < \frac{1}{K_{OO}}, \quad \text{Ortalamalar Farklı}$$

Tektür bir ortamda, test hücrenin iki yanında yer alan referans pencerelerinin ortalamaları benzerdir. Tektür ortamlarda ortalamaların benzer olmasına rağmen hipotez testinden kaynaklı ortalamalar farklı kararı verme olasılığı vardır. Bu hata olasılığının tanımı:

$$\beta_0 = P[\text{Ortalamlar Farklı} | \text{Tektür Ortam}]$$

$$\beta_0 = P\left[OO_{A/B} > K_{OO} | \text{Tektür Ortam}\right] + P\left[OO_{A/B} < \frac{1}{K_{OO}} | \text{Tektür Ortam}\right] \quad (3.23)$$

$$\beta_0 = 2.P\left[OO_{A/B} > K_{OO} | \text{Tektür Ortam}\right]$$

Son satırdaki sadeleştirme iki taraflı hipotez testinden gelir. Ortalama oran parametresi en büyük ortalama oran parametresi (OO_{EB}) olarak tanımlandığında hipotez testi tek taraflı olur.

$$OO_{EB} = \frac{EB(\Sigma_A, \Sigma_B)}{EK(\Sigma_A, \Sigma_B)} \quad (3.24)$$

Bu tanımdaki hali ile ortalama oranı bir ve birden büyük değerler alan rasgele değişkendir. Tek yanlı hipotez testi:

$$\begin{aligned} OO_{EB} \leq K_{OO}, & \quad \text{Ortalamlar Aynı} \\ OO_{EB} > K_{OO}, & \quad \text{Ortalamlar Farklı} \end{aligned} \quad (3.25)$$

Yeni hipotez testi için tektür ortamlarda ortalamaların farklı olarak tanımlanması hatasının olasılığı

$$\begin{aligned} \beta_0 &= P[\text{Ortalamlar Farklı} | \text{Tektür Ortam}] \\ \beta_0 &= P[OO_{EB} > K_{OO} | \text{Tektür Ortam}] \end{aligned} \quad (3.26)$$

Bu yeni tanımda K_{OO} sabitinin değeri, iki taraflı hipotez testindeki değer ile aynıdır.

3.3.1 Ortalama Oranı İstatistiği

Ortalama oranı ve en büyük ortamla oranı parametreleri, X_i çevresel yansımalarının fonksiyonlarıdır. Her iki parametre de rasgele değişkendir. DE-SYAO uygulamasında ortalama oranı parametresinin farklı çevresel yansıma ortamlarındaki davranışı, ortam tanımlama işleminde kullanılabilir. Tektür ortamda ortalama oranı parametresinin dağılımı çevresel yansıma gürültü gücünden bağımsızdır. Çevresel yansımaların birbirine eşit olması durumunda ortalama oranı değeri bire eşittir. Çevresel yansımaların bağımsız özdeş ve üstel dağılıma sahip örnekler olması durumunda ortalama oranı parametresinin değeri artan pencere uzunluğu ile bire yaklaşır. İki referans pencerenin ortalamalarının farkının artması durumunda ise ortalama oranı parametresi birden uzaklaşır. Çevresel yansıma güç değişiminin referans pencere içerisinde gerçekleşmesi halinde ortalama oranı değeri artış gösterir. Ortalama oranı parametresinin bu yeteneği

eşik değeri belirleme algoritmasında referans pencerenin hangi bölümünün kullanılacağını belirlemek için kullanılabilir.

3.3.2 Tektür Ortamda Ortalama Oranı Olasılık Dağılımı

Referans pencereleri dolduran üstel dağılıma sahip örneklerin olasılık dağılım fonksiyonu

$$p(x) = \frac{1}{2\sigma_n^2} \exp\left(\frac{-x}{2\sigma_n^2}\right), \quad x \geq 0. \quad (3.27)$$

Üstel dağılım, gamma dağılımın özel bir koşuludur ($\xi = 1$). Gamma dağılımı ($G(\xi, \psi)$):

$$f(y) = \psi^{-\xi} y^{\xi-1} \exp\left(\frac{-y}{\psi}\right) / \Gamma(\xi), \quad y \geq 0, \xi \geq 0, \psi \geq 0. \quad (3.28)$$

Yukarıdaki tanımda, $\Gamma(\xi)$ gamma fonksiyonudur ve ξ tam sayı değerleri için $(\xi - 1)!$ e eşittir.

Referans pencerelerdeki örneklerin toplamı:

$$\Sigma_A = \sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} X_i, \quad \Sigma_B = \sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N X_i \quad (3.29)$$

Bu durumda üstel dağılıma sahip örneklerin toplamının olasılık dağılımı [2]

$$\Sigma_A, \Sigma_B \sim G\left(\frac{N}{2}, 2\sigma_n^2\right), \quad X_i = G(1, 2\sigma_n^2) \quad (3.30)$$

Tektür (H_0) ortamlarda en büyük ortalama oran parametresinin yığınsal dağılım fonksiyonu:

$$\begin{aligned} YDF_{OO_{EB}}(K_{OO}, N | H_0) &= P[OO_{EB} \leq K_{OO} | H_0] \\ &= 1 - P[OO_{EB} > K_{OO} | H_0] \\ &= 1 - \beta_0. \end{aligned} \quad (3.31)$$

Yığınsal dağılım fonksiyonu N pencere uzunluğunun fonksiyonudur.

$$\begin{aligned} YDF_{OO_{EB}}(K_{OO}, N | H_0) &= P[OO_{EB} \leq K_{OO} | H_0] \\ &= 1 - \beta_0 \\ &= 1 - 2P[OO_{A/B} > K_{OO} | H_0] \\ &= 1 - 2P\left[\frac{\Sigma_A}{\Sigma_B} > K_{OO} | H_0\right] \\ &= 1 - 2P[\Sigma_A > \Sigma_B \cdot K_{OO} | H_0] \end{aligned} \quad (3.32)$$

Bir rasgele değişkenin başka bir rasgele değişkenden büyük olma olasılığı [14]

$$\begin{aligned}
 P[H \leq G] &= 1 - P[H > G] = \int_{-\infty}^{+\infty} F_H(t) \cdot f_G(t) dt \\
 &= 1 - \int_{-\infty}^{+\infty} F_G(t) \cdot f_H(t) dt
 \end{aligned} \tag{3.33}$$

Yukarıda denklemlerde $F_Z(z)$, z rasgele değişkeninin yığınsal dağılım fonksiyonunu, $f_Z(z)$ olasılık dağılım fonksiyonunu gösterir. Sıfırdan büyük değerler alan rasgele değişken için yığınsal dağılım fonksiyonunun olasılık dağılım fonksiyonu türünden ifadesi

$$F_Z(z) = \int_0^z f_Z(t) dt \tag{3.34}$$

Olasılık dağılım fonksiyonu $f_X(x)$ olan X rasgele değişkeninden sabit bir çarpan ile elde edilen ($Y=a.X$) Y rasgele değişkeninin olasılık dağılımı [14]:

$$f_Y(y) = \frac{1}{|a|} \cdot f_X\left(\frac{y}{a}\right) \tag{3.35}$$

Bu bilgiler doğrultusunda (3.32)'deki ifadeler düzenlenirse:

$$\begin{aligned}
 YDF_{OO_{EB}}(K_{OO}, N | H_0) &= P[OO_{EB} \leq K_{OO} | H_0] \\
 &= 1 - 2P[\Sigma_A > \Sigma_B \cdot K_{OO} | H_0] \\
 &= 1 - 2P[\Sigma_B \geq \Sigma_A \cdot K_{OO} | H_0] \\
 &= 1 - \frac{2}{K_{OO}} \int_{-\infty}^{+\infty} F_{\Sigma_B}\left(\frac{t}{K_{OO}}\right) \cdot f_{\Sigma_A}(t) dt \\
 &= 1 - \frac{2}{K_{OO}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^t f_{\Sigma_B}\left(\frac{u}{K_{OO}}\right) du \cdot f_{\Sigma_A}(t) dt
 \end{aligned} \tag{3.36}$$

Gamma dağılımına göre denklem (3.36)'daki olasılık dağılım fonksiyonları

$$\begin{aligned}
 f_{\Sigma_A}(t) &= \frac{(2\sigma_n^2)^{-\frac{N}{2}} t^{\frac{N}{2}-1} \exp\left(\frac{-t}{2\sigma_n^2}\right)}{\left(\frac{N}{2} - 1\right)!}, & t \geq 0 \\
 f_{\Sigma_B}\left(\frac{u}{K_{OO}}\right) &= \frac{(2\sigma_n^2)^{-\frac{N}{2}} \left(\frac{u}{K_{OO}}\right)^{\frac{N}{2}-1} \exp\left(\frac{-u}{2\sigma_n^2 K_{OO}}\right)}{\left(\frac{N}{2} - 1\right)!}, & u \geq 0.
 \end{aligned} \tag{3.37}$$

Yukarıdaki denklemler sayısal integral ile hesaplanabilir. Sadeleştirme ile integral hesaplamaya gerek olmadan en büyük ortalama oran değişkeninin yığınsal dağılım fonksiyonu elde edilebilir. Sadeleştirme için aşağıdaki eşitlik kullanıldığında yığınsal dağılım fonksiyonu [15]:

$$\int x^m . e^{ax} dx = e^{ax} . \sum_{r=0}^m \frac{(-1)^r m! x^{m-r}}{(m-r)! a^{r+1}} \quad (3.38)$$

$$YDF_{OO_{EB}}(K_{OO}, N | H_0) = \left(\frac{2.K_{OO}^n}{(n-1)!} \sum_{r=0}^{n-1} \frac{(r+n-1)!}{r!(K_{OO}+1)^{r+n}} \right) - 1 \quad (3.39)$$

Yığınsal dağılım fonksiyonunun analitik çıkarımından β_0 hata olasılığı elde edilebilir.

$$\begin{aligned} \beta_0 &= 1 - YDF_{OO_{EB}}(K_{OO}, N \setminus H_0) \\ &= 2 - \left(\frac{2.K_{OO}^n}{(n-1)!} \sum_{r=0}^{n-1} \frac{(r+n-1)!}{r!(K_{OO}+1)^{r+n}} \right) = 2 \left(1 - \frac{K_{OO}^n}{(n-1)!} \sum_{r=0}^{n-1} \frac{(r+n-1)!}{r!(K_{OO}+1)^{r+n}} \right) \end{aligned} \quad (3.40)$$

Ortalama oranı olasılık dağılımı, yığınsal dağılım fonksiyonunun birinci dereceden türevine eşittir.

$$\begin{aligned} ODF_{OO_{EB}}(K_{OO}, N \setminus H_0) &= \frac{\partial}{\partial K_{OO}} \left\{ YDF_{OO_{EB}}(K_{OO}, N \setminus H_0) \right\} \\ &= \frac{\partial}{\partial K_{OO}} \left\{ \left(\frac{2.K_{OO}^n}{(n-1)!} \sum_{r=0}^{n-1} \frac{(r+n-1)!}{r!(K_{OO}+1)^{r+n}} \right) - 1 \right\} \\ &= \frac{2.n.K_{OO}^{n-1}}{(n-1)!} \sum_{r=0}^{n-1} \frac{(r+n-1)!}{r!(K_{OO}+1)^{r+n}} - \frac{2.K_{OO}^{n-1}}{(n-1)!} \sum_{r=0}^{n-1} \frac{(r+n)(r+n-1)!}{r!(K_{OO}+1)^{r+n+1}} \end{aligned} \quad (3.41)$$

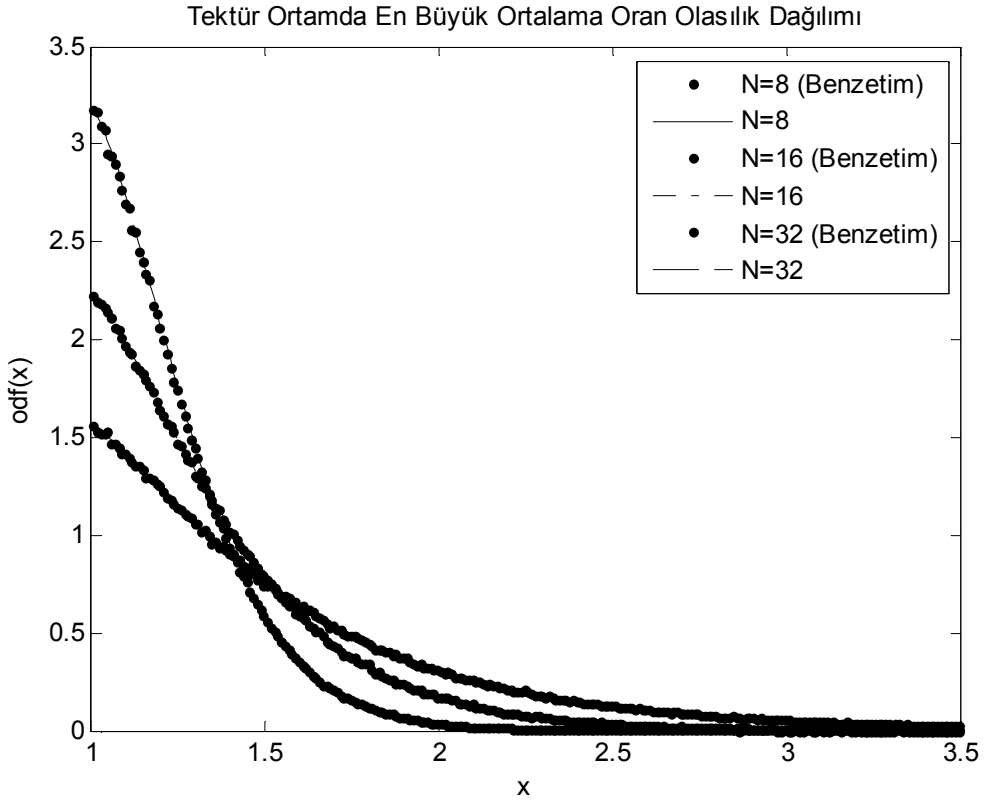
Tektür ortamda en büyük ortalama oranının olasılık dağılım fonksiyonu analitik yöntemler ile elde edilmiştir (Denklem (3.41)).

3.3.3 Ortalama Oranı Sabit Eşik Değerleri (K_{OO})

DE-SYAO işlemcisinin tektür ortamdaki başarımı α_0 ve β_0 hata olasılıklarının değerleri üzerinden öngörülebilir. Tektür ortamda ortalamaların farklı tanımlanma hatasının olasılığı (β_0) ile ortalama oranı sabit eşik değerinin ters orantılı olduğu denklem (3.40)'da görülmektedir. Tablo 3.2'de farklı pencere uzunlukları için β_0 ' a karşılık gelen K_{OO} değerleri verilmiştir. Tablo 3.2'deki sonuçlar benzetimler ile elde edilmiştir. Benzetimler ile analitik sonuçlar Şekil 3.27 'de görüldüğü gibi örtüşmektedir.

Tablo 3.2, Tektür Ortamda β_0 'ı Sağlayan K_{OO} Değerleri (N=16, 32, 64)

β_0	K_{OO} , N=16	K_{OO} , N=32	K_{OO} , N=64
0.1	2.3250	1.7950	1.5050
0.05	2.7450	2.0150	1.6250
0.01	3.8550	2.5250	1.9050
0.005	4.3950	2.7550	1.0350
0.001	5.8050	3.3150	1.2950
0.0005	6.4850	3.5750	1.4150
0.0001	8.3250	4.1950	1.6950



Şekil 3.27, Tektür Ortamda N Hücreli Referans Pencereleerin OO_{EB} Dağılımı

Şekil 3.27'deki olasılık dağılımları incelendiğinde, N'nin artan değerleri ile dağılımın genişliği azalmaktadır. Yatay eksende $x=1$ 'de, 8 hücreli referans pencereleere ait olan OO_{EB} ek küçük değeri alırken, 32 hücreli referans pencereye ait OO_{EB} en büyük değeri alır.

3.3.4 Tektür Olmayan Ortamlarda Ortalama Oran İstatistiği

Referans pencere içinde çevresel yansıma güç değişiminin olması, ortamın tektürlüğünü ortadan kaldırmaktadır. Referans pencerenin “baştaki” kısmının r hücresinde yüksek güçlü, geriye kalan $n-r$ hücresinde düşük güçlü, referans penceresinin “sonraki” kısmının tamamının düşük güçlü çevresel yansıma örnekleri ile dolu olduğunu varsayalım. “Baştaki” referans penceredeki örneklerin beklenen değeri “sonraki” referans penceredeki örneklerin beklenen değerinden daha büyük olur. Bu durumda ortalama oranı ($OO_{A/B}$) parametresinin değeri tektür ortamdaki değerine göre artış gösterir. A penceresindeki örneklerin toplamı:

$$\Sigma_A = \Sigma_{A1} + \Sigma_{A2} \quad (3.42)$$

Toplamların olasılık dağılımı:

$$\Sigma_{A1} \sim G(r, 2\sigma_n^2(1 + CNR)), \quad \Sigma_{A2} \sim G(n-r, 2\sigma_n^2) \quad (3.43)$$

Bağımsız rasgele X ve Y değişkenlerinin toplamına eşit olan W rasgele değişkeninin yığınsal olasılık dağılım ve olasılık dağılım fonksiyonları [14]:

$$\begin{aligned} W &= X + Y \\ F_W(w) &= P[W \leq w] = P[X + Y \leq w] \\ f_W(w) &= \int_{-\infty}^{+\infty} f_Y(y) \cdot f_X(w-y) dy. \end{aligned} \quad (3.44)$$

X ve Y rasgele değişkenleri daima sıfırdan büyük değerler alıyorsa, W rasgele değişkeni

$$\begin{aligned} f_w(w) &= \int_0^w f_Y(y) \cdot f_X(w-y) dy \\ f_w(w) &= f_Y(y) \otimes f_X(x) \end{aligned} \quad (3.45)$$

Bu gösterimde \otimes konvolüsyon işlemini simgeler. Bu bilgiler ışığında A penceresindeki örneklerin toplamının olasılık dağılımı

$$f_{\Sigma_A} = f_{\Sigma_{A1}} \otimes f_{\Sigma_{A2}} \quad (3.46)$$

B referans penceresindeki tektür dağılıma sahip örneklerin toplamının olasılık dağılımı ise

$$\Sigma_B \sim G(n, 2\sigma_n^2) \quad (3.47)$$

ile ifade edilebilir.

Tektür olmayan ortamlarda referans pencerelerin ortalamalarının farklı tanımlanma olasılığı β ile ifade edilir. Bu, tektür olmayan ortamda bir referans penceredeki

örneklerin toplamının diğer referans penceredeki örneklerin toplamından K_{OO} oranında büyük olması koşuludur.

$$\begin{aligned} \beta &= \beta_A + \beta_B \\ &= P[\Sigma_A > K_{OO} \cdot \Sigma_B | \text{Tektür Olmayan Ortam}] + \\ &P[\Sigma_B > K_{OO} \cdot \Sigma_A | \text{Tektür Olmayan Ortam}] \end{aligned} \quad (3.48)$$

Denklem (3.33) ve (3.48) birleştirildiğinde tektür olmayan ortamlarda β değerinin analitik sonucu elde edilir.

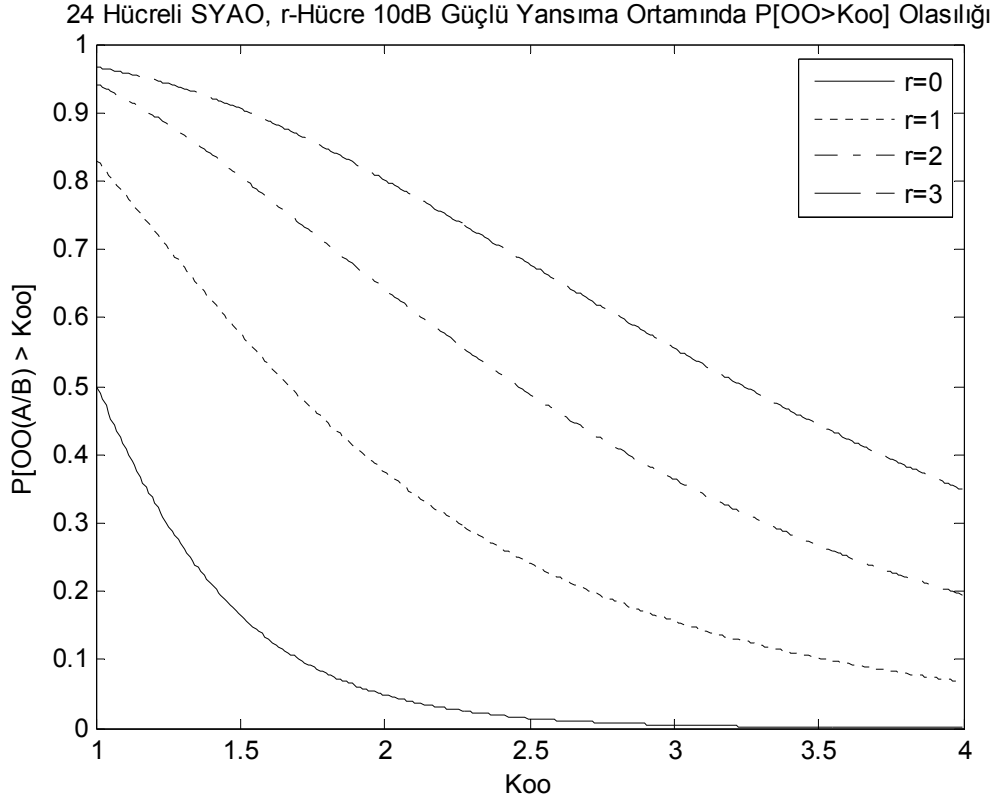
$$\begin{aligned} \beta &= \beta_A + \beta_B \\ &= P[\Sigma_A > K_{OO} \cdot \Sigma_B | \text{Tektür Olmayan Ortam}] + \\ &P[\Sigma_B > K_{OO} \cdot \Sigma_A | \text{Tektür Olmayan Ortam}] \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} F_{\Sigma_A}(t) \cdot f_{K_{OO} \cdot \Sigma_B}(t) dt + \int_{-\infty}^{+\infty} F_{\Sigma_B}(t) \cdot f_{K_{OO} \cdot \Sigma_A}(t) dt \\ &= \frac{1}{K_{OO}} \int_{-\infty}^{+\infty} F_{\Sigma_A}(t) \cdot f_{K_{OO} \cdot \Sigma_B}\left(\frac{t}{K_{OO}}\right) dt + \frac{1}{K_{OO}} \int_{-\infty}^{+\infty} F_{\Sigma_B}(t) \cdot f_{K_{OO} \cdot \Sigma_A}\left(\frac{t}{K_{OO}}\right) dt \\ &= \frac{1}{K_{OO}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^t f_{\Sigma_A}(u) du \cdot f_{\Sigma_B}\left(\frac{t}{K_{OO}}\right) dt + \frac{1}{K_{OO}} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^t f_{\Sigma_B}(u) du \cdot f_{\Sigma_A}\left(\frac{t}{K_{OO}}\right) dt \\ &= \frac{1}{K_{OO}} \left[\int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^t f_{\Sigma_A}(u) du \cdot f_{\Sigma_B}\left(\frac{t}{K_{OO}}\right) dt + \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^t f_{\Sigma_B}(u) du \cdot f_{\Sigma_A}\left(\frac{t}{K_{OO}}\right) dt \right] \end{aligned} \quad (3.49)$$

A referans penceresinin tektür olmadığı durumda bu penceredeki örneklerin toplamının olasılık dağılımı

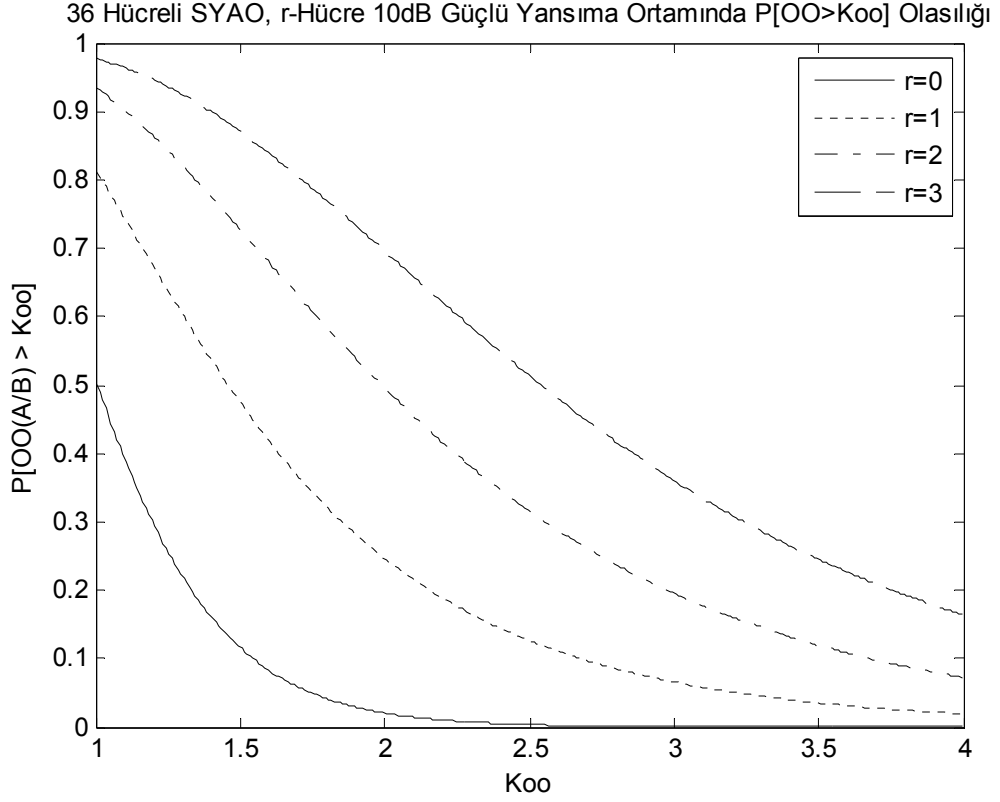
$$\begin{aligned} f_{\Sigma_A}(t) &= \frac{(2 \cdot (1 + CNR))^{-r} \cdot t^{r-1} \cdot \exp\left(\frac{-t}{2 \cdot (1 + CNR)}\right)}{(r-1)!} \otimes \frac{(2)^{-n+r} \cdot t^{n-r-1} \cdot \exp\left(\frac{-t}{2}\right)}{(n-r-1)!}, t \geq 0 \\ f_{\Sigma_A}(t) &= \int_0^t \frac{(2 \cdot (1 + CNR))^{-r} \cdot y^{r-1} \cdot \exp\left(\frac{-y}{2 \cdot (1 + CNR)}\right)}{(r-1)!} \cdot \frac{(2)^{-n+r} \cdot (t-y)^{n-r-1} \cdot \exp\left(\frac{-(t-y)}{2}\right)}{(n-r-1)!} dy \end{aligned} \quad (3.50)$$

Yukarıdaki tanımda ifadeyi sadeleştirmek için gürültü gücünün bire eşit olduğu kabul edilmiştir. Denklem (3.49) analitik olarak hesaplanabilir [2].

A referans penceresinin ortalamasının, B referans penceresinin ortalamasına oranının K_{OO} ile değişimi Şekil 3.28 (N=24) ile Şekil 3.29 (N=36)' da gösterilmiştir. Sabit K_{OO} değeri için A referans penceresindeki yüksek güçlü çevresel yansıma hücre sayısının (r) arttığı durumlarda $P[OO_{A/B} > K_{OO}]$ değeri artış göstermektedir.



Şekil 3.28, 24 Hücreli SYAO, r tane 10dB YGÇY Ortamında $P[OO > K_{oo}]$



Şekil 3.29, 36 Hücreli SYAO, r tane 10dB YGÇY Ortamında $P[OO > K_{oo}]$

3.4 Pencere Seçim Algoritması

DE-SYAO işlemcisi çevresel yansımaların gürültü seviyesi kestiriminde kullandığı referans pencere seçimini dinamik olarak gerçekleştirir. Olası seçimleri “baştaki” (A penceresi), “sondaki” (B penceresi) veya referans penceresinin tamamıdır (AB penceresi). Gürültü seviyesi kestirimi pencere seçim algoritmasının sonuçları kullanılarak yapılır. Pencere seçim algoritması iki aşamalı hipotez testlerinin sonucunda referans pencere içinde istenilen seçimi yapar. Değişken endeks ve ortalama oranı hipotez testleri sırası ile algoritmada kullanılır.

3.4.1 Seçim İşlemi

Değişken endeks ve ortalama oran hipotez testleri:

$$\begin{aligned} DE \leq K_{DE}, & \quad \text{Tektür} \\ DE > K_{DE}, & \quad \text{Tektür Olmayan} \end{aligned} \quad (3.51)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_{OO}} \leq OO_{A/B} \leq K_{OO}, & \quad \text{Ortalamalar Aynı} \\ OO_{A/B} > K_{OO} \text{ veya } OO_{A/B} < \frac{1}{K_{OO}}, & \quad \text{Ortalamalar Farklı} \end{aligned} \quad (3.52)$$

Farklı değişken endeks parametreleri (DE_A ve DE_B) “baştaki” ve “sondaki” referans pencereler için hesaplanır ve bir adet ortalama oranı $OO_{A/B}$ elde edilir. Sabit eşik değerleri K_{DE} ve K_{OO} , değişken endeks ve ortalama oran hipotezinde kullanılır.

ALGORİTMA

- A ve B referans pencerelerinin ikisinin de tektür ve ortalama değeri aynı ise referans pencerenin tamamı, ortalamalar farklı ise ortalama değeri büyük olan pencere seçilir.
- A ve B referans pencerelerinden sadece birinin tektür olmayan bir ortama ait olduğu durumda, tektür olan referans pencere seçilir.
- A ve B referans pencerelerinin ikisinin de tektür olmayan bir ortama ait olduğu durumda, ortalama değeri küçük olan referans pencere seçilir.

Pencere seçim algoritmasının seçtiği referans pencere bölümü Tablo 3.3’de gösterilmiştir. Tektür olmayan ortamlarda pencere seçim olasılıkları, değişken endeks ve ortalama oranı hipotez testlerinin bağımsız olmamasından dolayı analitik olarak türetilmemektedir. Pencere seçim olasılıkları ile ilgili analizler bölüm 3.4.2’de yer almaktadır.

Tablo 3.3, DE-SYAO Pencere Seçim Algoritması

$OO_{A/B} \setminus DE$	$DE_A \leq K_{DE}$	$DE_A > K_{DE}$	$DE_A \leq K_{DE}$	$DE_A > K_{DE}$		
	$DE_B \leq K_{DE}$	$DE_B \leq K_{DE}$	$DE_B > K_{DE}$	$DE_B > K_{DE}$		
$OO_{A/B} < 1/K_{OO}$	A	B	A	A		
$1/K_{OO} \leq OO_{A/B} < 1$	AB			B	A	B
$1 \leq OO_{A/B} \leq K_{OO}$						
$OO_{A/B} > K_{OO}$	A					

3.4.2 Tektür Ortamda Algoritma Başarımı

Algoritmanın A penceresi, B penceresi veya AB penceresini seçme olasılıkları sırasıyla $P[A]$, $P[B]$, $P[AB]$ ile tanımlanır. Pencere seçim olasılıklarının analitik sonuçlarını elde edebilmek için değişken endeks ve ortalama oranı istatistiklerinin bağımlı/bağımsız olduğu değerlendirilmelidir. Referans penceredeki her bir hücrenin bağımsız olduğu kabulüne göre A ve B referans pencereleri için hesaplanan DE_A , DE_B rasgele değişkenleri bağımsızdır. Bunun bir sonucu olarak $P[DE_A > K_{DE}]$ olasılığı, $P[DE_B > K_{DE}]$ olasılığından bağımsızdır. Bu iki durumun aynı anda gerçekleşme olasılığı, ayrık olayların olasılıklarının çarpımına eşittir. Tektür ortamda değişken endeksin sabit eşik değerini geçme olasılığı α_0 ile tanımlanmıştır. Pencere seçim algoritmasında değişken endeks hipotezi ile ilintili olan olayların tanımı:

$$P[DE_A > K_{DE}] = P[DE_B > K_{DE}] = \alpha_0$$

$$P[DE_A \leq K_{DE}] = P[DE_B \leq K_{DE}] = 1 - \alpha_0$$

$$\begin{aligned}
 P[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE})] &= (1 - \alpha_0)^2 \\
 P[(DE_A > K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE})] &= (1 - \alpha_0)\alpha_0 \\
 P[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B > K_{DE})] &= (1 - \alpha_0)\alpha_0 \\
 P[(DE_A > K_{DE}) \cap (DE_B > K_{DE})] &= \alpha_0^2 \\
 P[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE})] &+ P[(DE_A > K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE})] \\
 + P[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B > K_{DE})] &+ P[(DE_A > K_{DE}) \cap (DE_B > K_{DE})] \\
 = (1 - \alpha_0)^2 + (1 - \alpha_0)\alpha_0 &+ (1 - \alpha_0)\alpha_0 + \alpha_0^2 = 1
 \end{aligned} \tag{3.53}$$

Yukarıda gösterilen olasılıkların her biri Tablo 3.3' deki sütunlara karşılık gelmektedir. Tektür ortamlarda ortalama oranı değerinin sabit eşik değerinden büyük olma olasılığı β_0 ile tanımlanmıştır. Tektür ortamda A referans penceresinin ortalamasının B referans penceresinin ortalamasından K_{OO} oranında daha büyük

olma olasılığı B referans penceresinin ortalamasının A referans penceresinin ortalamasından K_{OO} oranında daha büyük olma olasılığına eşittir. Pencere seçim algoritmasında ortalama oranı hipotezi ile ilintili olan olayların tanımı:

$$\begin{aligned}
P\left[OO_{A/B} < \frac{1}{K_{OO}}\right] &= P[OO_{A/B} > K_{OO}] = \frac{\beta_0}{2} \\
P\left[\left(OO_{A/B} < \frac{1}{K_{OO}}\right) \cup \left(OO_{A/B} > K_{OO}\right)\right] &= \frac{\beta_0}{2} + \frac{\beta_0}{2} = \beta_0 \\
P\left[\frac{1}{K_{OO}} < OO_{A/B} < K_{OO}\right] &= 1 - \beta_0 \\
P\left[OO_{A/B} < \frac{1}{K_{OO}}\right] + P[OO_{A/B} > K_{OO}] + P\left[\frac{1}{K_{OO}} < OO_{A/B} < K_{OO}\right] \\
&= \frac{\beta_0}{2} + \frac{\beta_0}{2} + 1 - \beta_0 = 1
\end{aligned} \tag{3.54}$$

Tektür ortamda A referans penceresinin B referans penceresinden büyük olma olasılığı, B referans penceresinin A referans penceresinden büyük olma olasılığına eşittir.

$$P[OO_{A/B} \leq 1] = P[OO_{A/B} > 1] = 0.5 \tag{3.55}$$

Pencere seçim algoritmasında her bir referans penceresinin seçilme durumları:

$$\begin{aligned}
AB &= \left\{ \left[\left[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE}) \right] \right] \right. \\
&\quad \left. \left[K_{OO}^{-1} < OO_{A/B} < K_{OO} \right] \right\} \\
A &= \left\{ \left[\left[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B > K_{DE}) \right] \right] \right. \\
&\quad \left[\left[(DE_A > K_{DE}) \cap (DE_B > K_{DE}) \right] \cap [OO_{A/B} \leq 1] \right] \right. \\
&\quad \left. \left[\left[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE}) \right] \cap [OO_{A/B} > K_{OO}] \right] \right\} \\
B &= \left\{ \left[\left[(DE_A > K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE}) \right] \right] \right. \\
&\quad \left[\left[(DE_A > K_{DE}) \cap (DE_B > K_{DE}) \right] \cap [OO_{A/B} > 1] \right] \right. \\
&\quad \left. \left[\left[(DE_A \leq K_{DE}) \cap (DE_B \leq K_{DE}) \right] \cap [OO_{A/B} > K_{OO}^{-1}] \right] \right\} \\
P[A \cup B \cup AB] &= P[AB] + P[A] + P[B] = 1
\end{aligned} \tag{3.56}$$

Ortalama oranı iki rasgele değişken (Σ_A, Σ_B) kullanılarak hesaplanır. Σ_X, DE_X aynı referans penceredeki örnekler kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle DE_A ve $DE_B, OO_{A/B}$ parametresinden bağımsız değildir. Bu durumda iki hipotez testinin ortak sonuçlarını ayırık olayların olasılıklarının çarpımı şeklinde yazmak mümkün

değildir. Sonuç olarak pencere seçim algoritmasında, pencere seçimlerinin olasılıkları analitik yöntemler ile türetilmemektedir.

3.4.3 Tektür Olmayan Ortamlarda Algoritma Başarımı

Pencere seçim algoritmasının tektür olmayan ortamlardaki başarımının sonuçlarını analitik yöntemlerle belirlemek mümkün değildir. Bu durum, değişken endeks ve ortalama oranı parametrelerinin tektür olmayan ortamlarda bağımlılıklarının her durumda aynı ilintiyi göstermemesinin sonucudur.

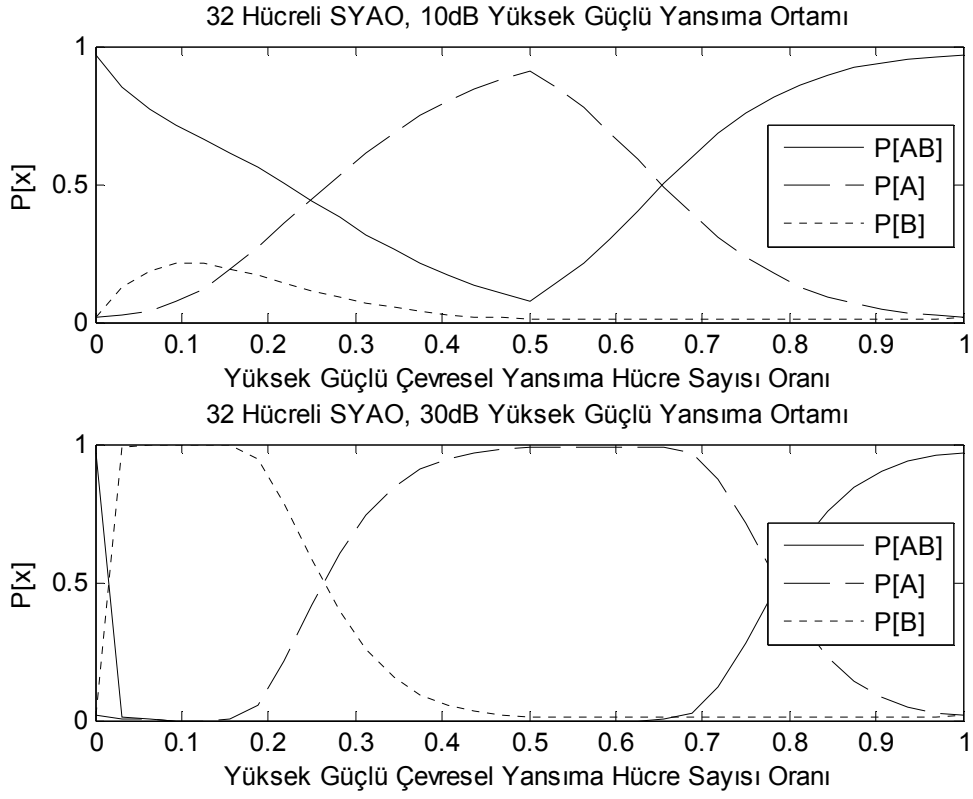
Tektür olmayan bir ortamı, “baştaki” pencerenin yüksek güçlü, “sondaki” pencerenin ise düşük güçlü çevresel yansıma örnekleri ile dolu olduğu durum ile örnekleyebiliriz. Her iki pencere için hesaplanan değişken endeks parametreleri bağımsızdır ve her bir hipotezin hata olasılığı yarım referans pencereler tektür olduğundan dolayı α_0 ’a eşittir. Ortalamaların farklı olarak tanımlanma olasılığı sıfır kabul edilebilir. Bu durumda pencere seçim olasılıkları (EK-1):

$$\begin{aligned} P[A] &= 1 - \alpha_0 \\ P[B] &= \alpha_0 \\ P[AB] &= 0 \end{aligned} \tag{3.57}$$

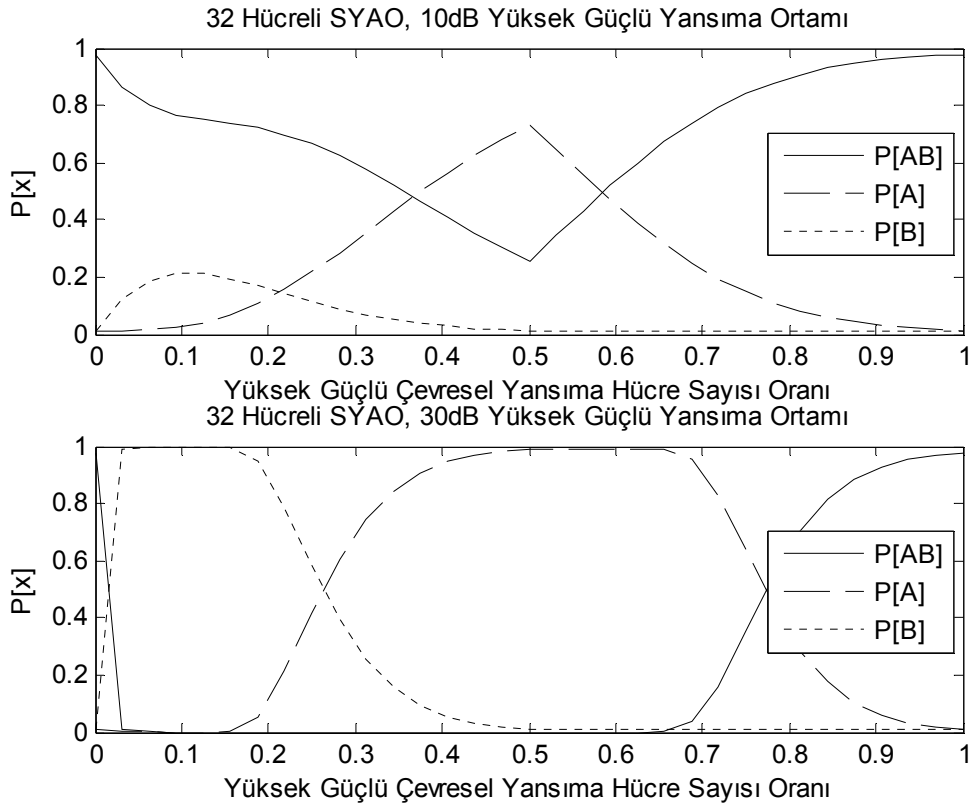
DE-SYAO işlemcisinin böyle bir durumda “baştaki” referans pencereyi seçmesi beklenir, “sondaki” pencerenin seçilmesi hipotez testi hatasıdır. Hipotez testinden kaynaklı hatalar başarımlarına yol açar.

3.4.4 Seçim Algoritması Başarım Sonuçları

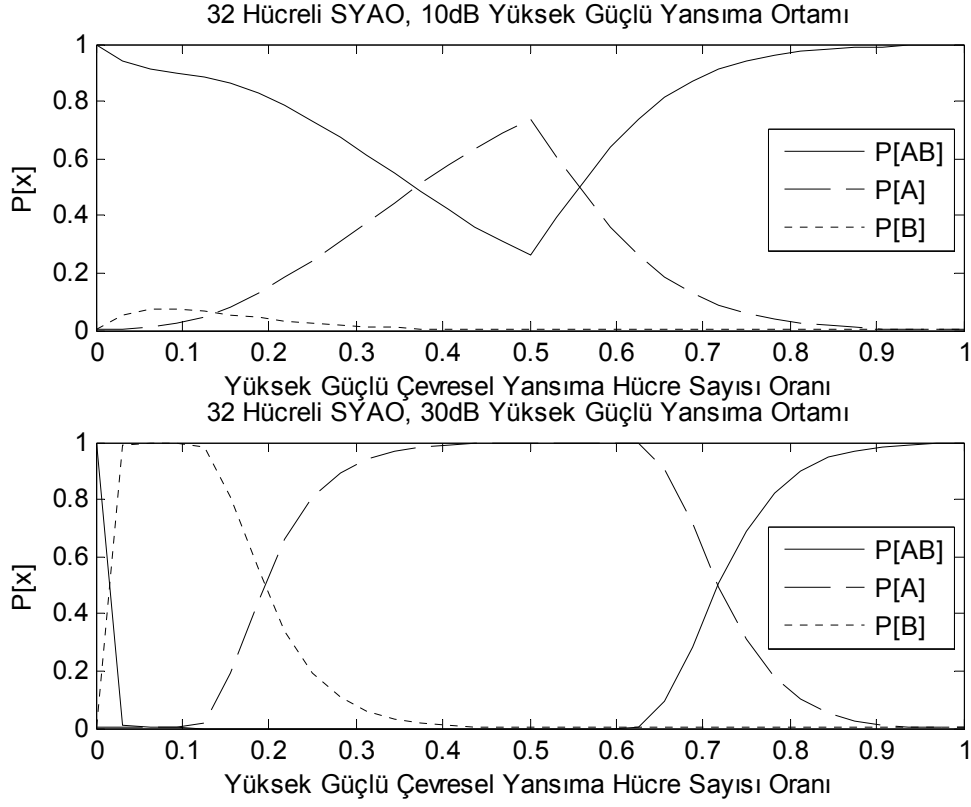
Başarım analizine çevresel yansımaların tektür olduğu durumdan başlanılmaktadır. Referans pencerenin “baştaki” bölümünden itibaren ilk r hücrede yüksek güçlü, geri kalan $N-r$ hücrede düşük güçlü çevresel yansıma örneklerinin yer aldığı durumların analizi yapılmıştır. Yüksek güçlü çevresel yansıma hücre sayısını gösteren r değeri, 0 ile N arasında değişmektedir. İlk ve son durum tektür ortamı gösterirken, $r=N/2$ olduğunda “baştaki” pencerenin yüksek güçlü “sondaki” pencerenin düşük güçlü örnekler ile dolu olduğu durumu gösterir. Analizler $N=32$ DE-SYAO işlemcisinde 10dB ve 30dB çevresel yansıma gürültü farkının yer aldığı durumlarda α_0 ve β_0 ’ın (Şekil 3.30-Şekil 3.35) farklı değerleri için tekrarlanmıştır. Çevresel yansıma güç farkının 30dB olduğu durumlarda pencere seçim olasılıklarındaki değişim 10dB’deki duruma göre çok daha hızlı olmaktadır. Hipotez testi hataları pencere seçim algoritması sonuçlarını doğrudan etkilememektedir.



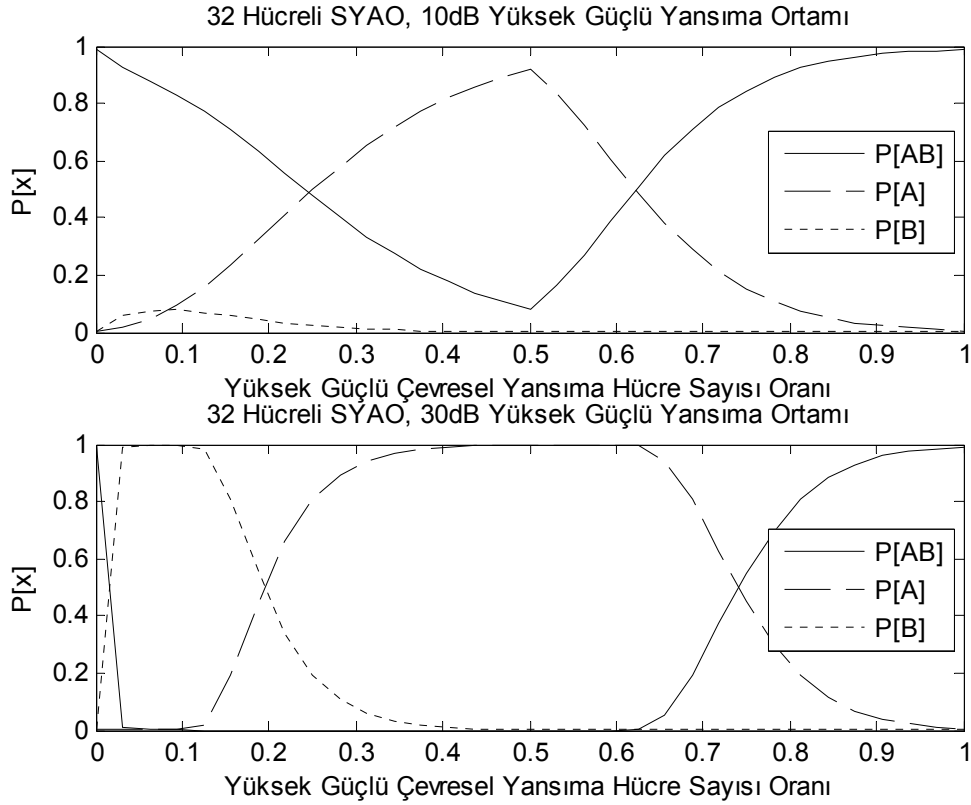
Şekil 3.30, DE-SYAO YGÇY Ortamında $\text{PSA } \alpha_0 = 0.01, \beta_0 = 0.01$



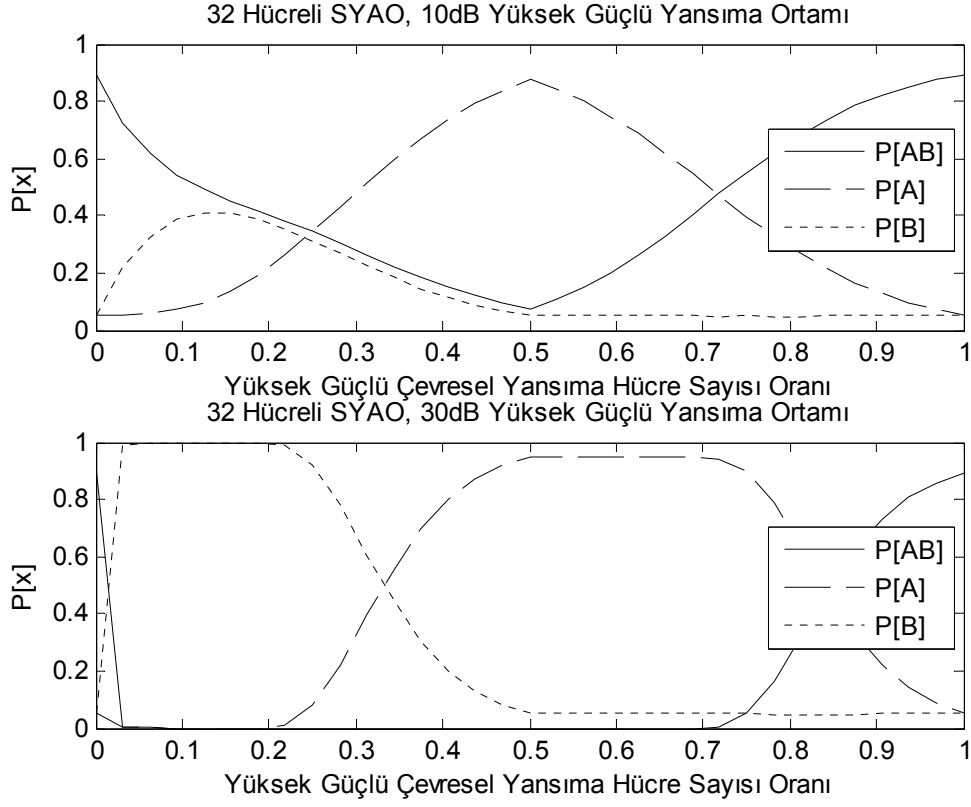
Şekil 3.31, DE-SYAO YGÇY Ortamında $\text{PSA } \alpha_0 = 0.01, \beta_0 = 0.001$



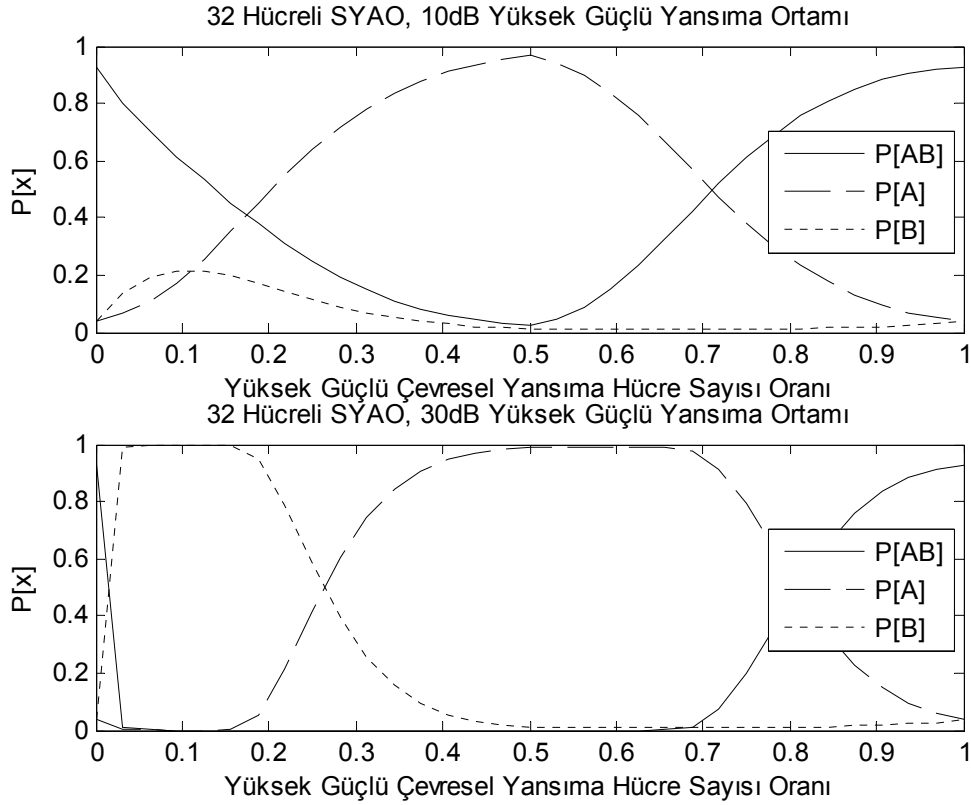
Şekil 3.32, DE-SYAO YGÇY Ortamında $\alpha_0 = 0.001, \beta_0 = 0.001$



Şekil 3.33, DE-SYAO YGÇY Ortamında $\alpha_0 = 0.001, \beta_0 = 0.01$



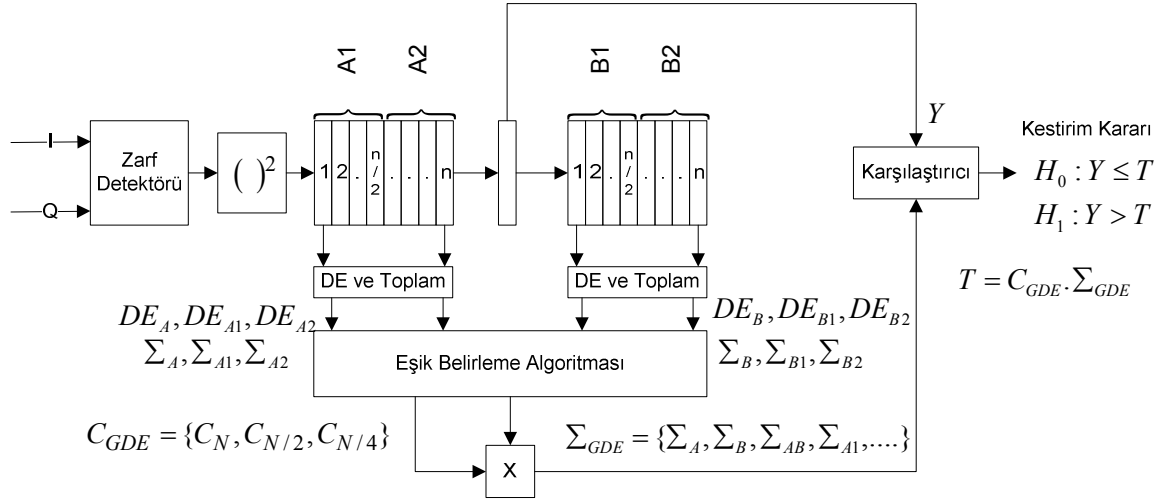
Şekil 3.34, DE-SYAO YGÇY Ortamında $\alpha_0 = 0.05, \beta_0 = 0.01$



Şekil 3.35, DE-SYAO YGÇY Ortamında $\alpha_0 = 0.01, \beta_0 = 0.05$

4 GELİŞTİRİLMİŞ DEĞİŞKEN ENDEKSLİ SABİT YANLIŞ ALARM ORANI

GDE-SYAO, DE-SYAO işlemcisinin geliştirilmiş bir sürümüdür. GDE-SYAO işlemcisi, aynı çalışma ortamında DE-SYAO işlemcisine göre daha iyi başarımlar gösterebilecek yetenekler ile tasarlanmıştır. GDE-SYAO işlemcisinin blok diyagramı Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1, GDE-SYAO İşlemcisi Blok Diyagramı

Radar almacınının I ve Q kanallarına gelen işaret, radarın çalışma ortamındaki bakış doğrultusunda yer alan menzil hücrelere ait çevresel yansımalarıdır. Gelen işaret zarf detektöründen geçtikten sonra örneklenir. Karesi alınan örnekler N+1 uzunluğundaki sıralı geciktirme yongasında saklanır. Yongada saklanan N+1 adet örneğin N/2 tanesi A referans penceresine, N/2 tanesi B referans penceresine, geriye kalan bir örnek de test hücrelerine aittir. Test hücreleri radarın baktığı hedef noktayı göstermektedir. A ve B referans pencereleri; hedef hücrelerinin radar bakış açısı doğrultusunda öncesinde ve sonrasında bulunan komşu hücrelerden gelen sinyallerin örneklerini içerir. A referans penceresindeki N/2 adet örneğin, baştaki N/4 tanesi A1 referans penceresi, sondaki N/4 tanesi A2 referans penceresi, B referans penceresindeki N/2 adet örneğin, baştaki N/4 tanesi B1 referans penceresi, sondaki N/4 tanesi B2 referans penceresi olarak adlandırılır. GDE-SYAO işlemcisi, çalışma ortamındaki gürültü seviyesinin kestirimini referans penceredeki örneklerin tamamı veya bir bölümü üzerinden yapar. GDE-SYAO işlemcisi referans pencerenin hangi bölümünü kullanacağına pencere seçim algoritmasında karar verir. GDE-SYAO işlemcisinin pencere seçim algoritması DE-SYAO işlemcisinin pencere seçim algoritmasına göre daha fazla sayıda,

birbirinden farklı ortamları tanımlayabilecek yetenektedir. GDE-SYAO işlemcisinin pencere seçim algoritması ortalama oran ve değişken endeks istatistiklerinden yararlanır. GDE-SYAO işlemcisi, her bir hedef nokta için A ve B referans pencerelerine ait değişken endeks parametrelerini hesaplar. Herhangi bir referans pencerenin değişken endeks parametresinin sabit eşik değerinden büyük olması durumunda, ilgili pencerenin alt pencerelerine ait değişken endeks parametreleri hesaplanır. Bu sayede ortamın değişkenlik kaynağının referans pencerenin hangi bölümünden kaynaklandığı belirlenir. Değişken olan alt pencere algoritmadan çıkartılır. Pencere seçim algoritması bir karıştırıcı hedef için sadece $N/4$ uzunluğundaki referans pencereyi kestirim işleminden çıkarır. Bunun bir sonucu olarak, bir karıştırıcı hedefli ortamda geri kalan $3N/4$ örnek üzerinden gürültü seviyesi kestirimi yapılabilir. Daha fazla sayıda örnek üzerinden yapılan kestirim işleminde, kestirimin standart sapma değeri azalır. Her bir test hücresi için hesaplanan uyarlanır eşik değeri daha az hata ile belirlenir. Ortalama oranı karşılaştırma işleminde öncelik daima test hücresine yakın olan alt pencerelerdedir. Örneğin A1 ve B1 alt pencerelerinde karıştırıcı hedeflerin yer aldığı durumda, her iki pencere de algoritmadan çıkarılır. Geriye kalan A2 ve B2 alt pencerelerinin ortalamaları karşılaştırılır. Ortalamalar aynı ise her iki penceredeki, ortalamalar farklı ise daima A2 penceresindeki örnekler eşik değer belirlemede kullanılır. Test hücresine yakın olan alt penceredeki örneklerin test hücresi ile olan benzerliğinin daha fazla olduğu kabul edilir. GDE-SYAO pencere seçim algoritması bölüm 4.3'de anlatılmıştır.

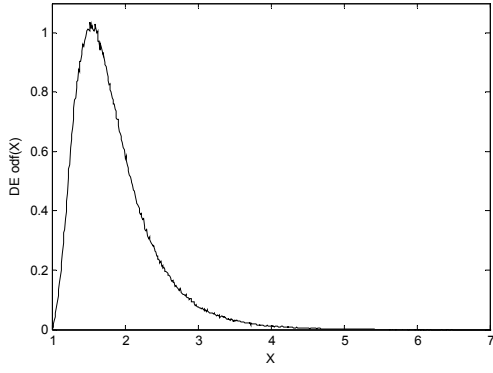
4.1 Değişken Endeks Analiz Çalışmaları

Değişken endeks istatistiği çevresel yansımaların bir fonksiyonudur. Tektür ortamda değişken endeks parametresi, çalışma ortamındaki gürültü gücünden bağımsızdır. Karıştırıcı hedeflerin bulunduğu ortamlarda, karıştırıcı hedef sayısı ve karıştırıcı hedef çevresel yansıma gürültü gücü oranına bağlı olarak olasılık dağılımında değişim gözlenir. Tektür ortamda değişken endeks olasılık dağılımı Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Bir karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda, karıştırıcı hedef çevresel yansıma gürültü gücü oranına göre, değişken endeks olasılık dağılımı, sağa doğru kayar. Aynı güç seviyesindeki karıştırıcı hedeflerin sayısının artması durumunda tektür ortamdaki dağılımına yaklaşır. $N/2$ uzunluğundaki referans pencerenin bir adet yüksek güçlü çevresel yansıma, $(N/2)-1$ adet düşük güçlü

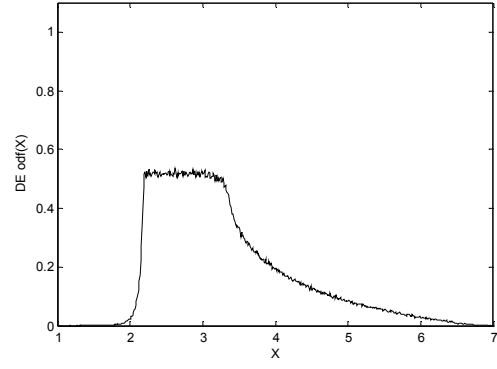
çevresel yansımadan oluşması durumu ile bir adet düşük güçlü çevresel yansıma, (N/2)-1 adet yüksek güçlü çevresel yansımadan oluşması durumu değişken endeks istatistiği açısından farklılık göstermektedir. 24 hücreli SYAO (N/2=12) işlemcisi için 20dB güçlü çevresel yansımanın referans penceredeki hücreleri doldurduğu her bir adımda 12 hücreli ve 6 hücreli pencerelere ait değişken endeks olasılık dağılımları Şekil 4.2'den başlayarak Şekil 4.19'a kadar devam etmektedir. Değişken endeks parametresinin olasılık dağılımı 6 hücreli A1 alt penceresi (Şekil 4.2-Şekil 4.7) ile 12 hücreli A referans pencerelerine (Şekil 4.8-Şekil 4.19) aittir.

A1 alt penceresine ait grafikler (Şekil 4.2-Şekil 4.7) incelendiğinde, tektür ortamda DE dağılımı (Şekil 4.2) ortalama değeri en küçük değerini alır. DE dağılımının en büyük değerini referans pencerede bir karıştırıcı hedefin yer alması durumunda alır (Şekil 4.4). Dağılımın ortalama değeri sırasıyla 2 (Şekil 4.6), 3 (Şekil 4.7), 4 (Şekil 4.8) ve 5 (Şekil 4.9) karıştırıcı hedefin bulunduğu durumlarda azalmaktadır. Seçilen K_{DE} eşik değeri için, değişken endeks hipotez testi bir karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamı en yüksek olasılık ile tanımlayabilir.

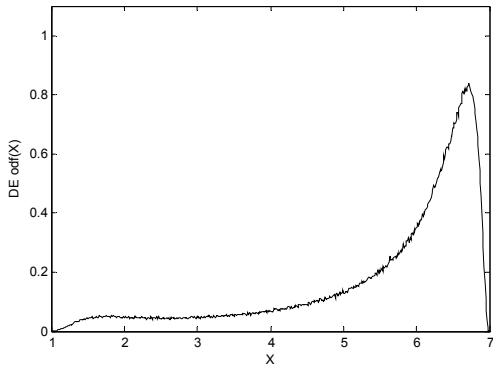
A referans penceresine ait grafikler (Şekil 4.8-Şekil 4.19) incelendiğinde, tektür ortamda DE dağılımı (Şekil 4.8) ortalama değeri en küçük değerini alır. DE dağılımının en büyük değerini referans pencerede bir karıştırıcı hedefin yer alması durumunda alır (Şekil 4.10). Dağılımın ortalama değeri sırasıyla 2 (Şekil 4.12), 3 (Şekil 4.14), 4 (Şekil 4.16), 5 (Şekil 4.18), 6 (Şekil 4.9), 7 (Şekil 4.11), 8 (Şekil 4.13), 9 (Şekil 4.15), 10, (Şekil 4.17) ve 11 (Şekil 4.19) karıştırıcı hedefin bulunduğu durumlarda azalmaktadır. Seçilen K_{DE} eşik değeri için, değişken endeks hipotez testi bir karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamı en yüksek olasılık ile tanımlayabilir.



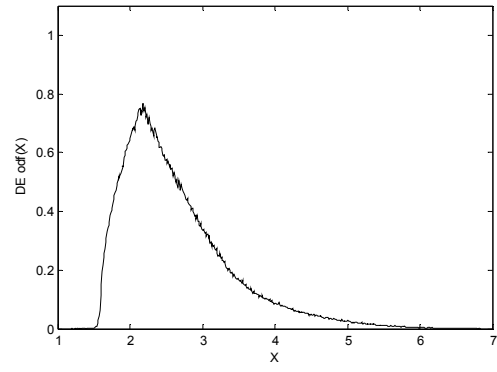
Şekil 4.2, 6 Hücre, Tektür Ortam odf(DE)



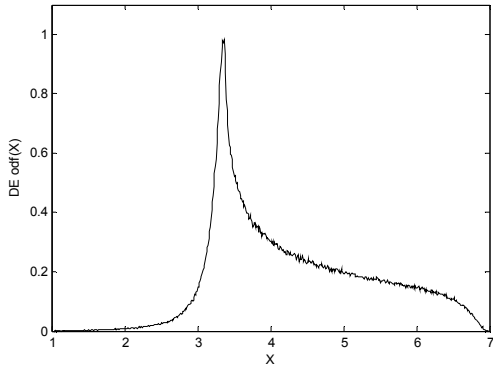
Şekil 4.3, 6 Hücre, 3 YGÇY (20dB) odf(DE)



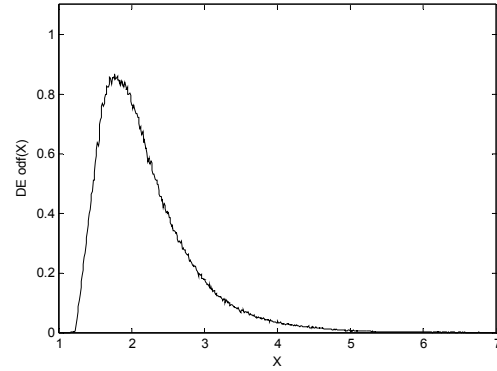
Şekil 4.4, 6 Hücre, 1 YGÇY (20dB) odf(DE)



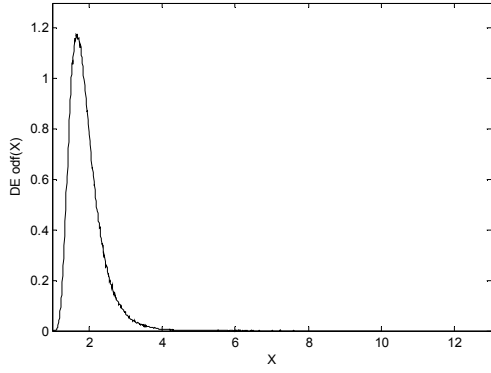
Şekil 4.5, 6 Hücre, 4 YGÇY (20dB) odf(DE)



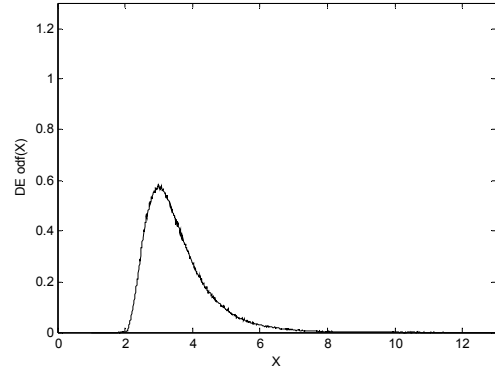
Şekil 4.6, 6 Hücre, 2 YGÇY (20dB) odf(DE)



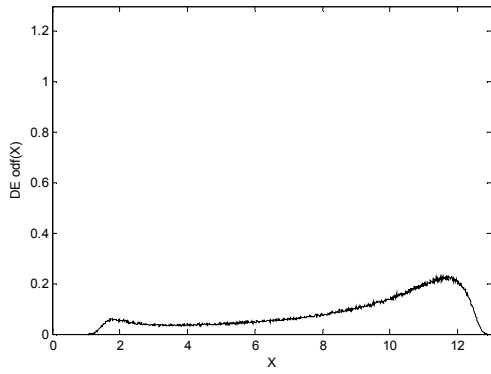
Şekil 4.7, 6 Hücre, 5 YGÇY (20dB) odf(DE)



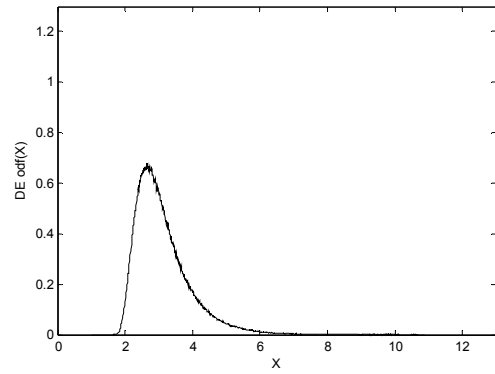
Şekil 4.8, 12 Hücre, Tektür Ortam odf(DE)



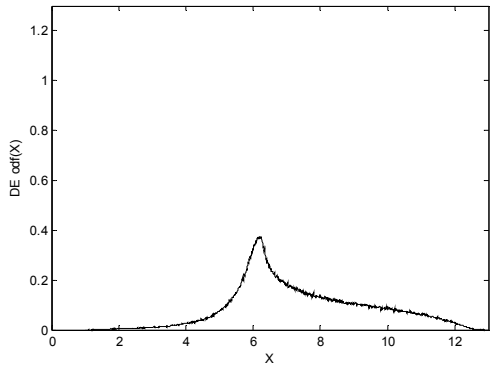
Şekil 4.9, 12 Hücre, 6 YGÇY (20dB) odf(DE)



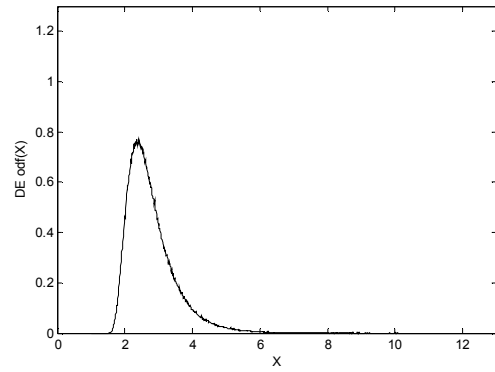
Şekil 4.10, 12 Hücre, 1 YGÇY (20dB) odf(DE)



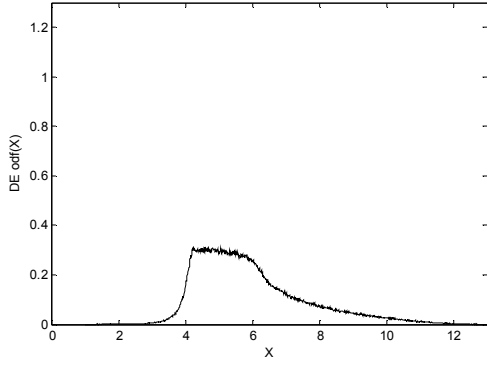
Şekil 4.11, 12 Hücre, 7 YGÇY (20dB) odf(DE)



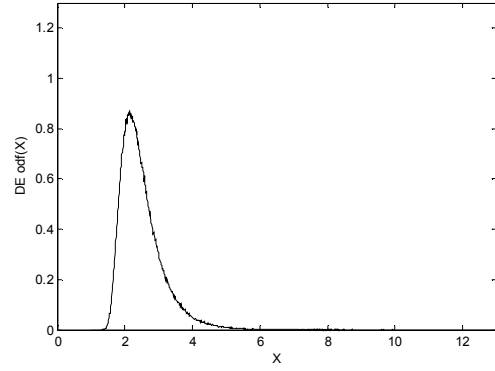
Şekil 4.12, 12 Hücre, 2 YGÇY (20dB) odf(DE)



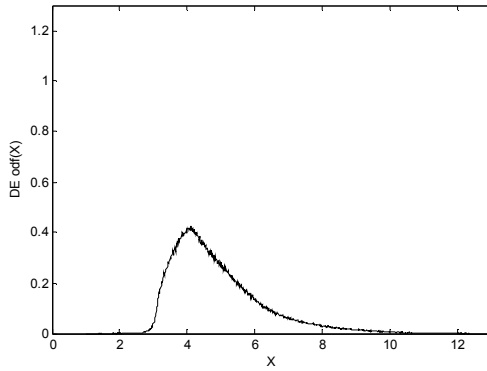
Şekil 4.13, 12 Hücre, 8 YGÇY (20dB) odf(DE)



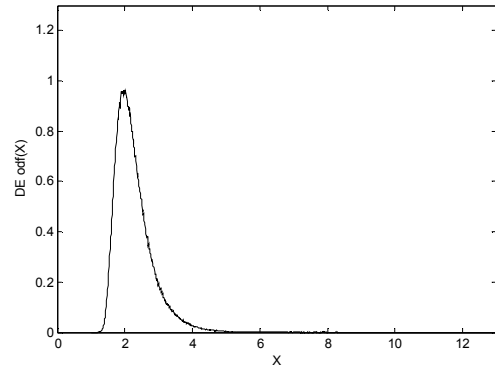
Şekil 4.14, 12 Hücre, 3 YGÇY (20dB) odf(DE)



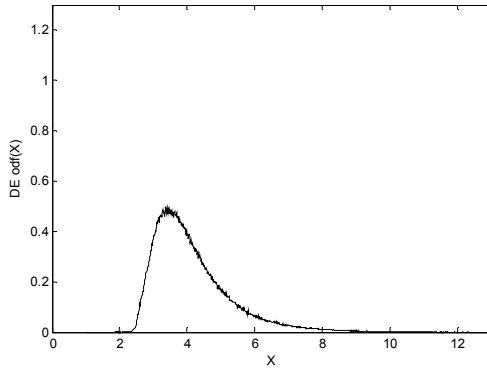
Şekil 4.15, 12 Hücre, 9 YGÇY (20dB) odf(DE)



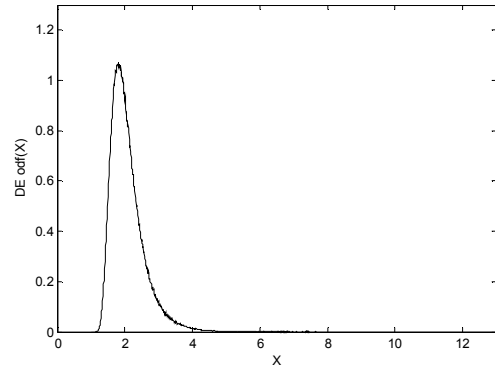
Şekil 4.16, 12 Hücre, 4 YGÇY (20dB) odf(DE)



Şekil 4.17, 12 Hücre, 10 YGÇY (20dB) odf(DE)



Şekil 4.18, 12 Hücre, 5 YGÇY (20dB) odf(DE)



Şekil 4.19, 12 Hücre, 11 YGÇY (20dB) odf(DE)

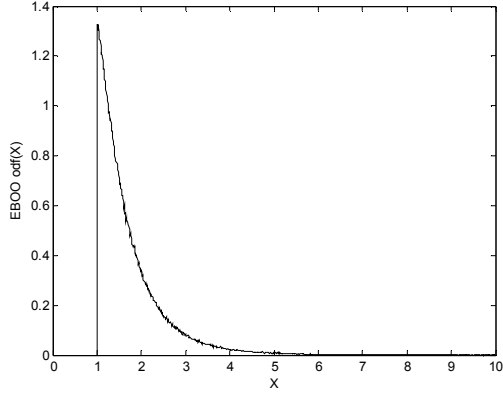
4.2 Ortalama Oranı ve En Büyük Ortalama Oranı Analiz Çalışmaları

Ortalama Oranı ve En Büyük Ortalama Oranı istatistikleri çevresel yansımaların bir fonksiyonudur.

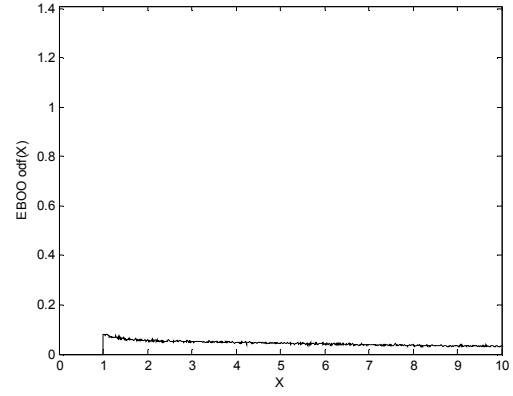
$$OO_{A/B} = \frac{\bar{X}_A}{\bar{X}_B} = \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} X_i}{\frac{N}{2}} \right)}{\left(\frac{\sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N X_i}{\frac{N}{2}} \right)} = \frac{\sum_{i=1}^{\frac{N}{2}} X_i}{\sum_{i=\frac{N}{2}+1}^N X_i} = \frac{\Sigma_A}{\Sigma_B} \quad (4.1)$$

$$OO_{EB} = \frac{EB(\Sigma_A, \Sigma_B)}{EK(\Sigma_A, \Sigma_B)} \quad (4.2)$$

Tektür ortamda ortalama oranı olasılık dağılımı bir etrafındadır, en büyük ortalama oranı bire eşit veya birden büyük değerler alır. Tektür ortamda olasılık dağılımları, çalışma ortamındaki gürültü gücünden bağımsızdır. Tektür olmayan ortamlarda oranlama yapılan referans pencerelerdeki karıştırıcı hedef sayısı farkı ve karıştırıcı hedef çevresel yansıma gürültü gücü oranına bağlı olarak olasılık dağılımlarında değişim gözlenir. Tektür ortamda en büyük ortalama oranı olasılık dağılımı Şekil 3.27'de gösterilmiştir. Referans pencerelerden sadece bir tanesinde bir karıştırıcı hedefin yer alması durumunda, karıştırıcı hedef çevresel yansıma gürültü gücü oranına göre en büyük ortalama oranı olasılık dağılımı sağa doğru kayar. Dağılımın ortalama değeri artar. Aynı referans pencerede daha fazla sayıda karıştırıcı hedef olması durumunda en büyük ortalama oranı parametresinin beklenen değeri artış gösterir. 24 hücreli SYAO (N/2=12) işlemcisi için 20dB güçlü çevresel yansımanın referans penceredeki bir hücrede yer aldığı durumda en büyük ortalama oranı olasılık dağılımları aşağıda gösterilmiştir. En büyük ortalama oranı dağılımı 6 hücreli A1 ve B1 alt pencereleri (Şekil 4.20 - Şekil 4.21) ile 12 hücreli A ve B referans pencerelerine (Şekil 4.22 - Şekil 4.23) aittir.

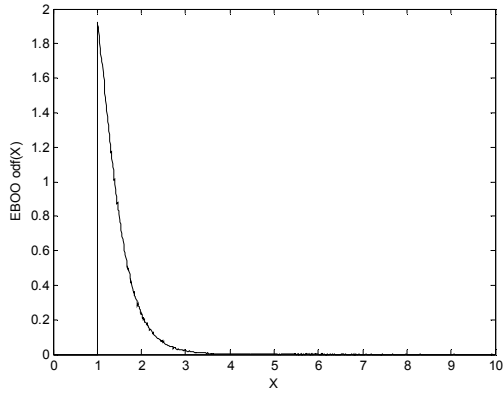


Şekil 4.20, 6 Hücre, Tektür Ortam odf(OO_{EB})

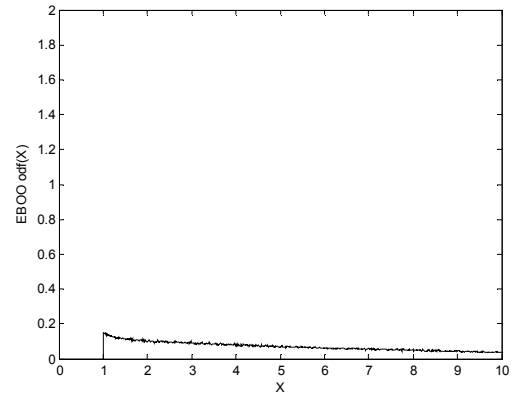


Şekil 4.21, 6 Hücre, 1 YGÇY odf(OO_{EB})

Altı hücreli A1 ve B1 pencerelerini tektür çevresel yansımaların doldurduğu durumda en büyük ortalama oranı olasılık dağılımının beklenen değeri en düşüktür (Şekil 4.20). Dağılımın beklenen değeri A1 alt penceresinde bir karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda artış gösterir (Şekil 4.21). Karıştırıcı hedeflerin sayısının artışı ile en büyük ortalama oranının artışı doğru orantılıdır. Bu durumda altı hücreli referans pencere için, ortalama oranı hipotez testi bir kesişen hedefi en düşük olasılık ile ayırt edebilecektir.



Şekil 4.22, 12 Hücre, Tektür Ortam odf(OO_{EB})



Şekil 4.23, 12 Hücre, 1 YGÇY odf(OO_{EB})

On iki hücreli A ve B pencerelerini tektür çevresel yansımaların doldurduğu durumda en büyük ortalama oranı olasılık dağılımının beklenen değeri en düşüktür (Şekil 4.22). Dağılımın beklenen değeri A penceresinde bir karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda artış gösterir (Şekil 4.23). Karıştırıcı hedeflerin sayısının artışı ile en büyük ortalama oranının artışı doğru orantılıdır. Bu durumda on iki hücreli referans pencere için, ortalama oranı hipotez testi bir kesişen hedefi en düşük olasılık ile

ayırt edebilecektir. Karıştırıcı hedef sayısının artması, ortalama oranı hipotez testi hatasını azaltır.

4.3 Pencere Seçim Algoritması

GDE-SYAO işlemcisi çevresel yansımalara ait gürültü seviyesi kestiriminde kullandığı referans pencere seçimini dinamik olarak gerçekleştirir. Seçim algoritmasının sonucunda 15 farklı pencere seçimi yapılabilmektedir. Gürültü seviyesi kestirimi pencere seçim algoritmasının sonuçları kullanılarak yapılır. Pencere seçim algoritması dört hipotez testini farklı pencere girdileri ile gerçekleştirmektedir. Farklı uzunluktaki referans pencereleri için ortalama oranı ve değişken endeks hipotez testleri tanımlanmıştır. N hücreli SYAO işlemcisi için, N/2 hücreli A ve B referans pencerelerine ait hipotez testleri:

$$\begin{aligned} DE_1 &\leq K_{DE1}, & \text{Tektür} \\ DE_1 &> K_{DE1}, & \text{Tektür Olmayan} \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_{OO_1}} &\leq OO_{A/B} \leq K_{OO_1}, & \text{Ortalamalar Aynı} \\ OO_{A/B} &> K_{OO_1} \text{ veya } OO_{A/B} < \frac{1}{K_{OO_1}}, & \text{Ortalamalar Farklı} \end{aligned} \quad (4.4)$$

N/4 hücreli A1, B1, A2 ve B2 referans pencerelerine ait hipotez testleri:

$$\begin{aligned} DE_2 &\leq K_{DE2}, & \text{Tektür} \\ DE_2 &> K_{DE2}, & \text{Tektür Olmayan} \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_{OO_2}} &\leq OO_{X_x/Y_y} \leq K_{OO_2}, & \text{Ortalamalar Aynı} \\ OO_{X_x/Y_y} &> K_{OO_2} \text{ veya } OO_{X_x/Y_y} < \frac{1}{K_{OO_2}}, & \text{Ortalamalar Farklı} \end{aligned} \quad (4.6)$$

N/2 uzunluğundaki referans pencerelerin değişken endeks hipotez testi sonuçlarına göre eşik belirleme algoritması dört başlık altında incelenebilir.

- A ve B tektür ortam
- A tektür, B tektür olmayan ortam
- A tektür olmayan, B tektür ortam
- A ve B tektür olmayan ortam

İlk durumda DE-SYAO tekniği ile benzer adımlar takip edilir. İkinci ve üçüncü durumlarda, tektür olmayan pencereler için alt pencere analizi yapılır. İkinci ve üçüncü durum analiz açısından test hücresine göre simetri göstermektedir. İkinci

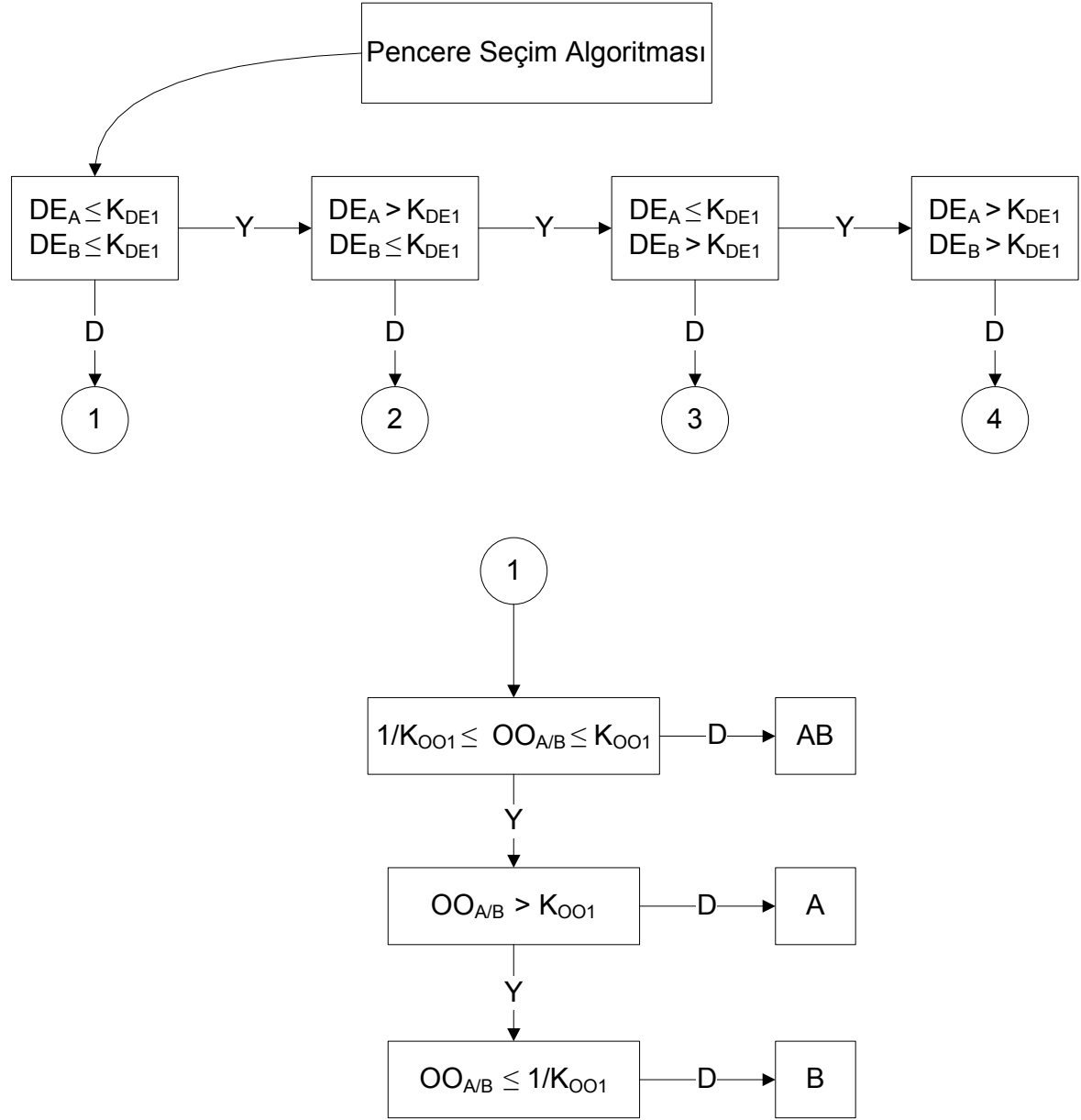
durumda B1 alt penceresinin tektür olmayan ortam olarak tanımlanması ile üçüncü durumda A2 alt penceresinin tektür olmayan ortam olarak tanımlanması, aynı durumun test hücresine göre simetrik halini göstermektedir. İkinci durum için DE_{B1} ve DE_{B2} istatistikleri hesaplanır. İlgili alt pencerelerin değişken endeks parametrelerinden, hangileri alt pencerenin tektür olmadığını gösteriyor ise, tektür olmayan alt pencere eşik değer belirleme algoritmasından çıkartılır. B1 alt penceresinin tektür, B2 alt penceresinin tektür olmayan ortam çıkması durumunda; A2 alt penceresi ile B1 alt penceresinin ortalama oran parametresine bakılır. Ortalamaların yakın olması durumunda, her iki pencerede yer alan örnekler eşik değer belirleme algoritmasında kullanılır (A ve B1). Ortalamaların farklı olması durumunda, yanlış alarm kontrolünü sağlamak için, ortalama değeri büyük olan pencere eşik değer belirlemede kullanılır (A veya B1). B2 alt penceresinin tektür, B1 alt penceresinin tektür olmayan ortam çıkması durumunda; A penceresi ile B2 alt penceresinin ortalama değerleri karşılaştırılır. Ortalamaların yakın olması durumunda her iki pencere de algoritmada kullanılır. Ortalamaların farklı olması durumunda ise test hücresine yakın olan A penceresi eşik değer belirleme algoritmasında kullanılır. Her iki alt pencerenin de tektür olmayan ortam çıkması durumunda iki pencere birden algoritmadan çıkartılır.

Dördüncü durumda ise her iki pencerede toplam dört adet olan alt pencereler için değişken endeks parametreleri hesaplanır. Ortaya çıkan farklı alt durumlardan her biri için yukarıda anlatılan adımlar takip edilir. Tektür olmayan alt pencere veya pencereler algoritmadan çıkartılır. Geriye kalan pencerelerin ortalama değerleri karşılaştırılarak eşik değer belirleme işlemine devam edilir. Ortalama değeri karşılaştırmalarında, ortalama değeri farklı çıkan pencereler için, öncelik daima test hücresine yakın olan pencereye aittir. Bu seçim, işlemcinin yanlış alarm kontrolüne yöneliktir. Test hücresindeki değerlerin, yakınında yer olan komşu hücrelerdeki değerler ile benzerliğinin daha fazla olduğu kabul edilir.

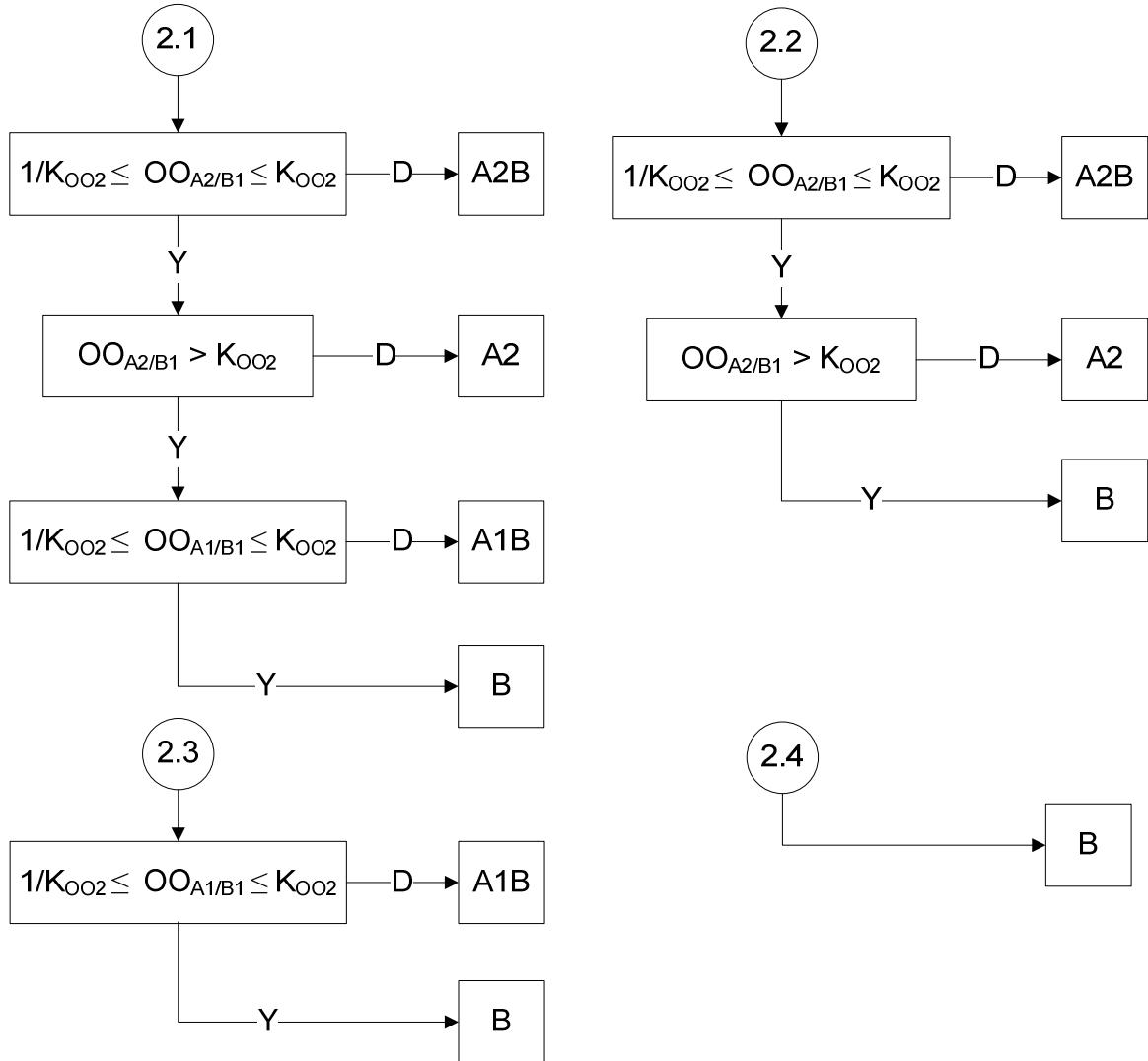
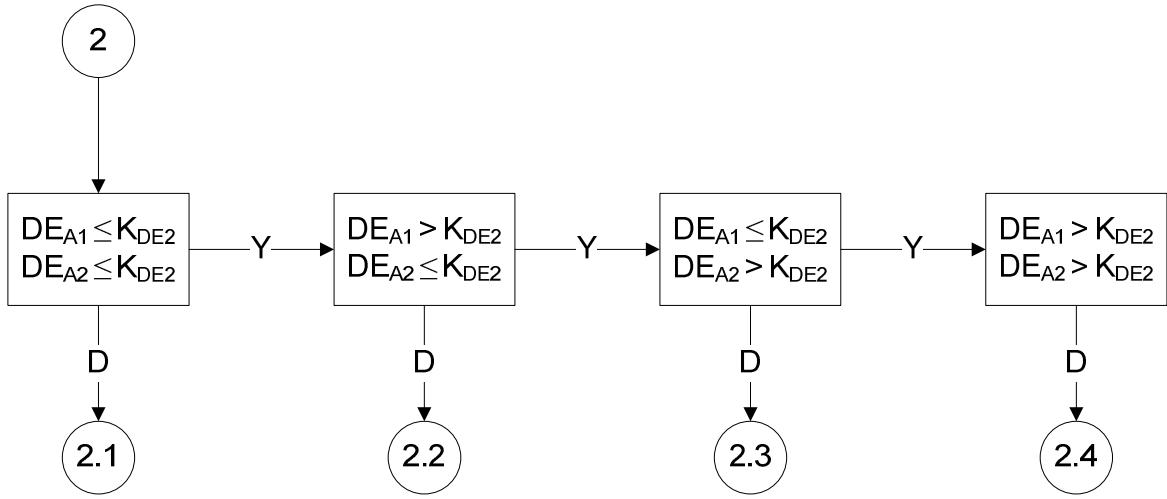
Örneğin A1 ve B1 pencerelerinde birer adet karıştırıcı hedefin yer aldığını varsayalım. Bu durumda A ve B tektür olmayan ortam olarak tanımlanır. Alt pencere analizinde A1 ve B1 pencereleri tektür olmayan ortam olarak belirlenir. Alt pencere analizinden sonra her iki pencere de eşik belirleme algoritmasından çıkartılır. Geriye kalan A2 ve B2 pencereleri için ortalama oran parametresi hesaplanır. Ortalamaların benzer çıkması durumunda her iki pencere de eşik

değer belirlemede kullanılır. Ortalamaların farklı olması durumunda ise test hücresine yakın olan A2 seçilir.

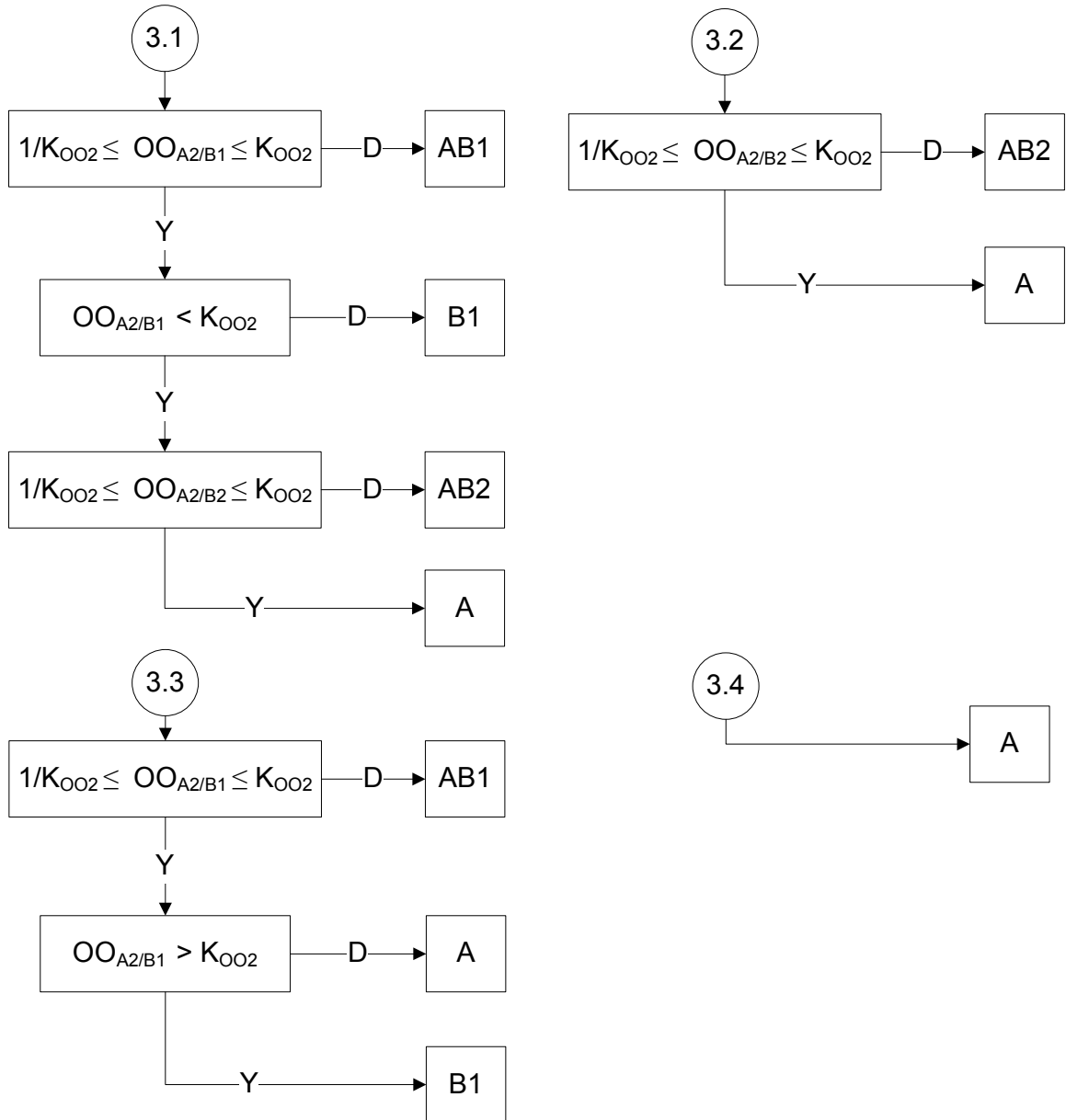
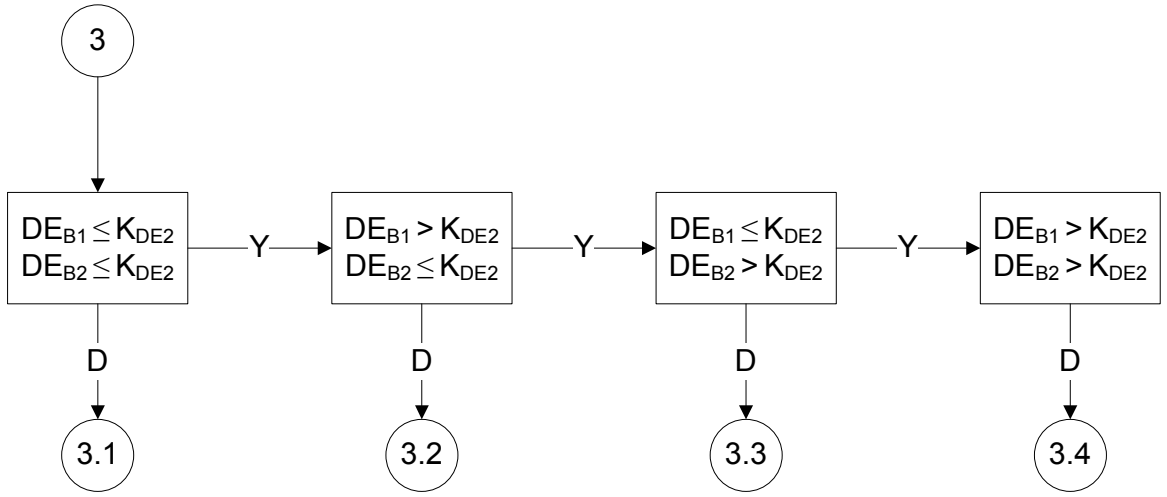
Eşik değer belirleme algoritmasının sonucunda dört farklı uzunlukta pencere seçimi yapılabilmektedir. Seçilen penceredeki örneklerin toplamı ile elde edilen değer, pencere uzunluk bilgisine göre ilgili katsayılar ile çarpılır ve karşılaştırma yapmak için gerekli eşik değeri belirlenmiş olur. Pencere seçim algoritmasının akış diyagramı Şekil 4.24 'den başlayarak Şekil 4.29'a kadar devam etmektedir.



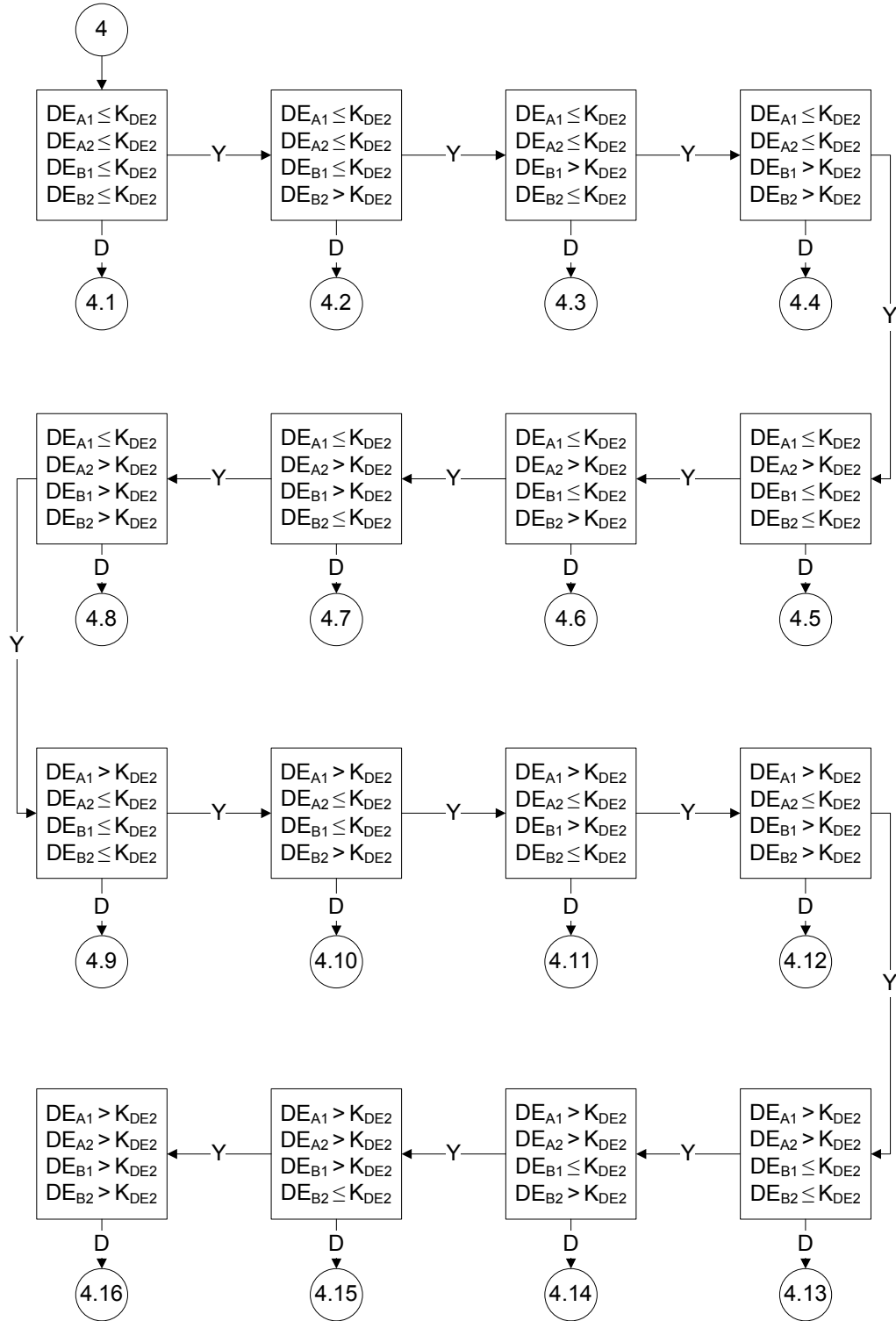
Şekil 4.24, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-I



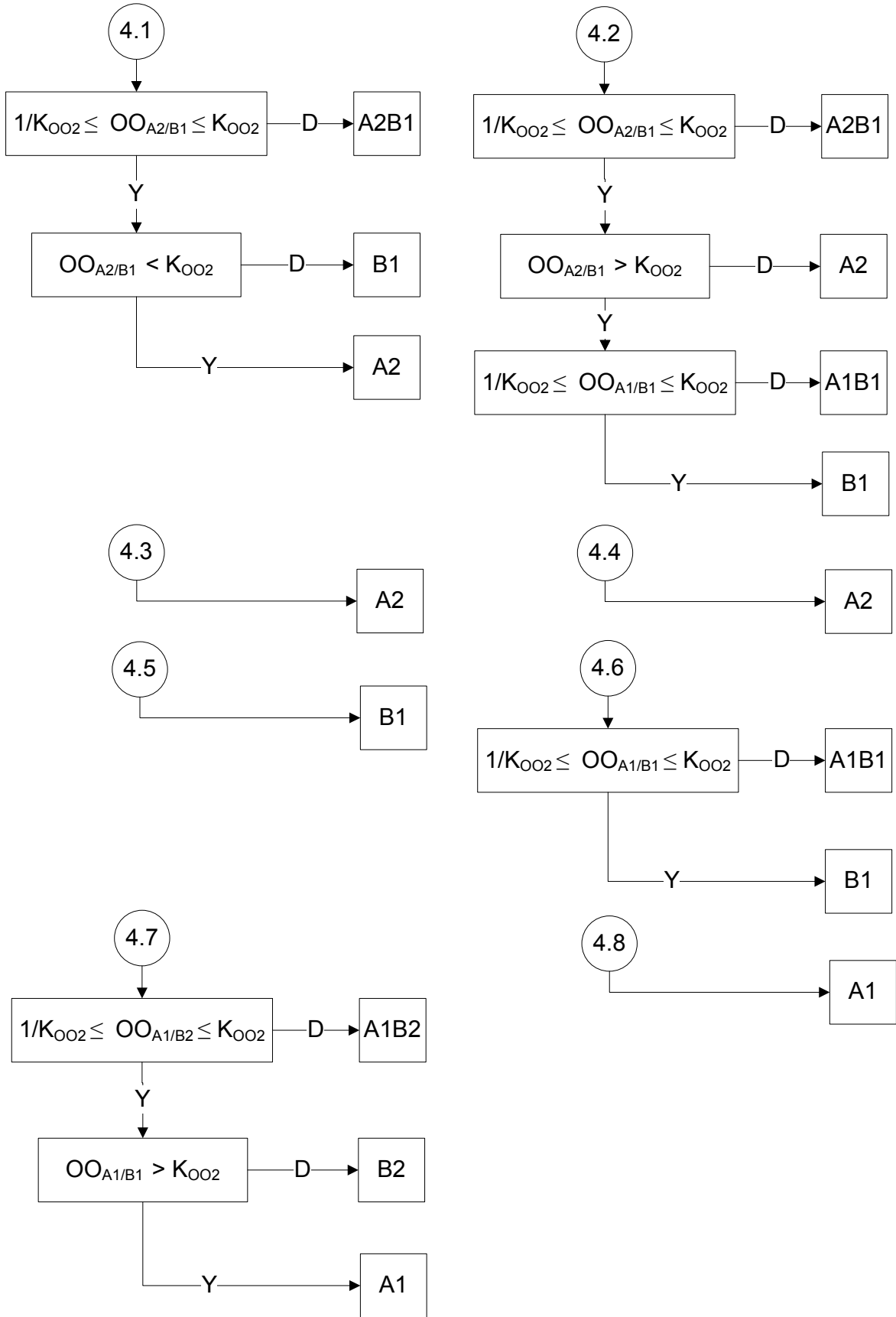
Şekil 4.25, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-II



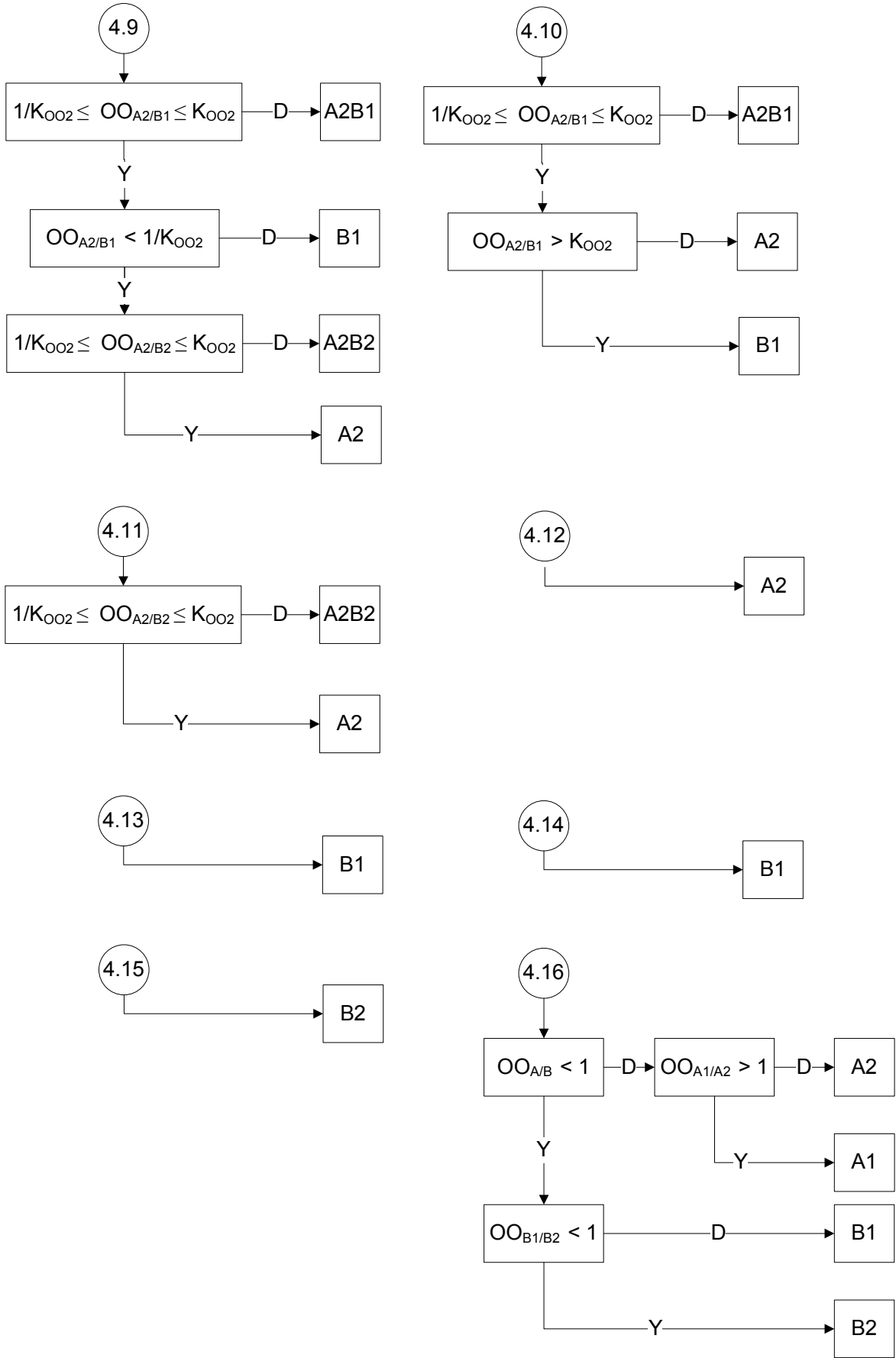
Şekil 4.26, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-III



Şekil 4.27, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-IV



Şekil 4.28, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-IV.A



Şekil 4.29, Pencere Seçim Algoritması DE ve OO Hipotezleri-IV.B

5 KARŞILAŞTIRMALI BAŞARIM ANALİZİ

DE-SYAO ve GDE-SYAO tekniklerinin, ortalama oranı ve değişken endeks istatistiklerini pencere seçim algoritmalarındaki kullanımları önceki bölümlerde yer almaktadır. Bu bilgiler ile SYAO işlemcilerinin başarımları sezim ve yanlış alarm olasılıkları türünden incelenebilir. Sezim ve yanlış alarm olasılıkları:

$$\begin{aligned} P_{ya} &= P[Y > T \mid \text{Test Hücresinde Hedef Yok}] = P[Y_0 > T \mid H_0] \\ P_s &= P[Y > T \mid \text{Test Hücresinde Hedef Var}] = P[Y_1 > T \mid H_1] \end{aligned} \quad (5.1)$$

Bu tanımda, Y test hücresindeki yansımayı, T pencere seçim algoritmasının sonucuna göre elde edilen uyarlanır eşik değerini gösterir. Test hücresinde hedef var/yok durumu Y_1/Y_0 ile ifade edilmiştir. Uyarlanır eşik değeri, pencere seçim algoritmasında seçilen referans pencere bölümünde yer alan örneklerin toplamı ile sabit C (referans pencere uzunluğuna göre farklı değerler alır) katsayısının çarpımı ile elde edilir.

5.1 GDE-SYAO ve DE-SYAO İşlemci Sabitleri

SYAO radar işlemcilerinin başarımları, tasarım aşamasında seçilen sabit değerlere bağlı olarak değişmektedir. Farklı referans pencere uzunluğuna sahip işlemcilerin benzer başarımlar göstermesi sabitlerin farklı seçilmesi ile gerçekleştirilebilir. Referans pencere uzunluğu öncelikli olarak belirlenmesi gereken sabittir. Artan referans pencere uzunluğu veya gürültü seviyesinin bilindiği ortamlarda işlemcinin başarımları optimum değerlere yaklaşır. Pencere uzunluğunun artırılması işlemcinin yükünü arttırmasının yanında artan örnek sayısı tektür ortamın tektür olarak kalma olasılığını azaltmaktadır. DE-SYAO işlemcisi için $N > 24$ olması durumunda başarımlar sonuçları kabul edilebilir değerlerdedir [15]. Belirlenmesi gereken ikinci sabit, C çarpan değeridir. Bu sabit seçilen pencere uzunluk bilgisine göre değişiklik göstermektedir. DE-SYAO işlemcisi iki farklı çarpan değeri kullanır. Referans pencerenin tümünü seçtiğinde C_N , “baştaki” veya “sondaki” referans pencereyi seçtiğinde $C_{N/2}$ sabitini kullanır. GDE-SYAO işlemcisi dört farklı uzunlukta pencere seçimi (N , $3N/4$, $N/2$, $N/4$) yapabilir fakat üç farklı çarpan sabiti kullanmaktadır (C_N , $C_{N/2}$, $C_{N/4}$). GDE-SYAO işlemcisinin referans pencere seçimlerine karşılık gelen sabit çarpanlar Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1, GDE-SYAO İşlemcisi Uyarlanıır Eşik Değeri Sabit Çarpanları

Sabit Çarpan	Pencere Seçim Algoritması Sonucu
C_N	AB
$C_{N/2}$	A, B, A1B1, A1B2, A2B1, A2B2 AB1*, AB2*, A1B*, A2B*
$C_{N/4}$	A1, A2, B1, B2 AB1*, AB2*, A1B*, A2B*
* $3N/4$ uzunluğundaki pencere seçimlerinde, $N/2$ uzunluğundaki penceredeki örneklerin toplamı $C_{N/2}$, $N/4$ uzunluğundaki penceredeki örneklerin toplamı $C_{N/4}$ sabiti ile çarpılır. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması ile uyarlanıır eşik değeri elde edilir.	

GDE-SYAO işlemcisinin tasarım çalışmalarında, pencere seçim algoritmasının $3N/4$ uzunluğunda referans pencere seçmesi durumunda, seçilen referans penceredeki örneklerin toplamı ile $C_{3N/4}$ sabitinin çarpımı sonucunda elde edilen eşik değerin beklenenden düşük olduğu gözlenmiştir. Örneğin A1 referans penceresinin tamamının yüksek güçlü tektür, diğer referans pencerelerin düşük güçlü ve tektür çevresel yansıma ortamında yer alması durumunda, pencere seçim algoritması yüksek bir istatistik ile A2B penceresini seçer. Yapılan analizlerde, A2B penceresinde yer alan örneklerin toplamı ile $C_{3N/4}$ sabitinin çarpılması sonucunda elde edilen uyarlanıır eşik değerinin daha iyi yanlış alarm kontrolü sağladığı gözlenmiştir. Bu durumda her bir referans pencere ve alt penceredeki örneklerin toplamı ilgili sabit çarpanlar ile çarpıldıktan sonra elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınarak uyarlanıır eşik değeri elde edilir. Sabit çarpanlar, HO-SYAO işlemcisinin denklemi kullanılarak elde edilir [2]:

$$P_{fa}^{HO}(N, C_N) = (1 + C_N)^{-N} = P_{fa, nominal}^{HO} \quad (5.2)$$

$$C_N = (P_{fa, nominal}^{HO})^{-\frac{1}{N}} - 1$$

$$P_{fa}^{HO}\left(\frac{N}{2}, C_{N/2}\right) = (1 + C_{N/2})^{-\frac{N}{2}} = P_{fa, nominal}^{HO} \quad (5.3)$$

$$C_{N/2} = (P_{fa, nominal}^{HO})^{-\frac{2}{N}} - 1$$

$$P_{fa}^{HO} \left(\frac{N}{4}, C_{N/4} \right) = \left(1 + C_{N/4} \right)^{-\frac{N}{4}} = P_{fa,nominal}^{HO} \quad (5.4)$$

$$C_{N/4} = \left(P_{fa,nominal}^{HO} \right)^{-\frac{4}{N}} - 1$$

Ortalama oranı ve değişken endeks hipotez testlerinde kullanılan sabit eşik değerleri, DE-SYAO ve GDE-SYAO başarımlarında etkin parametredir. Bu sabitler pencere seçim algoritmasının sonucuna doğrudan etki eder. Tektür ortamlarda hipotez testi hatalarından kaynaklı başarımların azalmalarını sınırlandırmak için α_0 ve β_0 değerlerinin küçük olması gerekmektedir.

$$\alpha_0 = P[DE > K_{DE} | \text{Tektür Ortam}] \quad (5.5)$$

$$\beta_0 = P[OO_{EB} > K_{OO} | \text{Tektür Ortam}] \quad (5.6)$$

Sabit referans pencere uzunluğunda α_0 ve β_0 , K_{DE} ve K_{OO} ile ters orantılıdır. Sonuç olarak, hipotez testi sabitlerini arttırmak tektür ortamı tektür olarak tanımlama olasılığını artırır. Fakat bu durum tektür olmayan ortamın tektür olmayan ortam olarak tanımlanma olasılığını azaltmaktadır.

Yüksek güçlü ve tektür çevresel yansımaların A referans penceresini, düşük güçlü ve tektür çevresel yansımaların B referans penceresini doldurduğu durumda test hücresinde yüksek güçlü çevresel yansımanın olduğunu varsayalım. DE-SYAO işlemcisi B veya AB pencerelerini seçmesi halinde yanlış alarm oranını yükseltir. A referans penceresinin seçilmesi durumunda tutarlı bir gürültü seviyesi kestirimi yapılabilir. Pencere seçim algoritması hatası, P_{ya} değerini α_0 ve β_0 türünden elde edebilmek için kullanılabilir. Bu koşul altında pencere seçim olasılıkları (EK-1 bknz.):

$$\begin{aligned} P[A] &= 1 - \alpha_0 \\ P[B] &= \alpha_0 \\ P[AB] &= 0 \end{aligned} \quad (5.7)$$

Pencere seçim algoritmasının B referans penceresini seçmesi durumunda yanlış alarm oranı bire yakın değerler alır. A referans penceresini seçmesi durumunda ise yanlış alarm oranı nominal değerlere yaklaşır. Yanlış alarm oranının ağırlıklı ortalaması:

$$\begin{aligned} P_{fa}^{DE} &= P[A \text{ Penceresi}] P_{fa,nominal}^{HO} + P[B \text{ Penceresi}] \cdot 1 \\ P_{fa}^{DE} &= (1 - \alpha_0) P_{fa,nominal}^{HO} + \alpha_0 \end{aligned} \quad (5.8)$$

Yanlış alarmın, nominal değerine oranı:

$$\frac{P_{fa}^{DE}}{P_{fa,nominal}^{HO}} = 1 + \alpha_0 \cdot \left(\frac{1}{P_{fa,nominal}^{HO}} - 1 \right) \quad (5.9)$$

$$\frac{P_{ya}^{DE}}{P_{fa,nominal}^{HO}} \cong 1 + \frac{\alpha_0}{P_{fa,nominal}^{HO}}$$

α_0 'ın nominal yanlış alarm oranına eşit olması durumunda, yukarıda tanımlanan çevresel yansıma ortamında yanlış alarm oranı nominal değerinin iki katına çıkar. Tektür ortamda ortalama oranı ve değişken endeks hipotez testlerinin bağımsız olduğu kabul edilebilir. Bu durumda yanlış alarm oranı:

$$\begin{aligned} P_{fa}^{DE} &= P_{fa}^{HO} \cdot (1 - \beta_0)(1 - \alpha_0)^2 \rightarrow AB \text{ Penceresi} \\ &+ P_{fa}^{HO} \cdot \alpha_0(1 - \alpha_0)^2 \rightarrow B \text{ Penceresi} \\ &+ P_{fa}^{HO} \cdot \alpha_0(1 - \alpha_0)^2 \rightarrow A \text{ Penceresi} \\ &+ P_{fa}^{EK} \cdot \alpha_0^2 \rightarrow AB \text{ Penceresi} \\ &+ P_{fa}^{EB} \cdot \beta_0(1 - \alpha_0)^2 \rightarrow AB \text{ Penceresi} \end{aligned} \quad (5.10)$$

Denklem (5.10) HO-SYAO, EB-SYAO, EK-SYAO tekniklerinin tektür ortamdaki analitik sonuçları kullanılarak çözüldüğünde, β_0 'ın 0 ile 0.2 arasında değişen değerler alabildiği görülmüştür [15]

GDE-SYAO işlemcisi ortalama oranı ve değişken endeks hipotezlerini N/2 ve N/4 uzunluğundaki referans pencere ve alt pencerelere uygulamaktadır. N/2 uzunluğundaki referans pencereler için kullanılan K_{DE1} ve K_{OO1} sabitleri DE-SYAO işlemcisinin sabitleri ile aynıdır. Alt pencereler için oluşturulan hipotez testlerinde kullanılan K_{DE2} ve K_{OO2} sabitleri, değişken endeks ve ortalama oranı analizleri sonucunda belirlenmiştir. N/4 uzunluğundaki alt referans pencerede bir karıştırıcı hedefin yer alması durumunda, ortamı tektür olmayan ortam olarak tanımlama olasılığını %85'in üzerinde tutabilecek K_{DE2} değerleri seçilmiştir. Aynı koşul altında ortalamaların farklı olarak tanımlanma olasılığını %90'nın üzerinde tutabilecek K_{OO2} değerleri seçilmiştir.

5.2 Benzetim Tabanlı Başarım Sonuçları

DE-SYAO ve GDE-SYAO işlemcilerinin analitik çözümlenmeleri, ortalama oranı ve değişken endeks hipotez testlerinin bağımsız olduğu kabul edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu varsayımın sonucunda gerçek başarım ile hesaplanan başarım arasında fark oluşur. DE-SYAO işlemcisinin analitik çözümlenmelerine

göre pencere seçim algoritmasının karar olasılıkları mevcuttur. Fakat değişken endeks hipotez testinin tektür ve tektür olmayan ortamlardaki analitik sonuçları elde edilememektedir. İşlemcilerin başarımlarını karşılaştırmak için benzetim yöntemi kullanılmıştır.

Benzetim işlemlerinde radarın baktığı sabit hedef nokta için referans pencerede yer alan örnekler M tekrar ile üretilmiştir. Başarım sonucunu, M tekrar sonrasında aritmetik ortalama ile elde edilmiştir. Üretilen rasgele örnekler birbirlerinden bağımsızdır ve çevresel yansıma ortamına uygun dağılıma sahiptir (tektür, tektür olmayan, yüksek güçlü vb.). Yanlış alarm ve sezim olasılıkları, referans pencerelerdeki örnekler ile hesaplanan T uyarlanır eşik değerinin bir fonksiyonu olduğu için benzetimler sırasında test hücresine ait rasgele değişken üretilmemektedir. Referans pencerelerdeki örnekler kullanılarak değişken endeks ve ortalama oranı parametreleri hesaplanır. Pencere seçim algoritması değişken endeks, ortalama oranı ve sabit eşik değerlerini kullanarak hipotez testlerini çalıştırır. Pencere seçim algoritmasının sonucunda seçilen referans pencere bölümünde yer alan örneklerin toplam değeri uzunluk bilgisine karşılık gelen sabit çarpanlar ile çarpılarak uyarlanır eşik değeri elde edilir. Bir tekrar için elde edilen eşik değeri T_i , denklem (5.11) ve denklem (5.12)'da kullanılarak yanlış alarm ve sezim olasılıkları elde edilir.

$$P_{fa}^{DE,GDE} \approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M P_{fa}^{DE,GDE}(i) \quad (5.11)$$

$$\approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \exp\left(\frac{-T_i}{2\sigma^2}\right)$$

$$P_d^{DE,GDE} \approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M P_d^{DE,GDE}(i) \quad (5.12)$$

$$\approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \exp\left(\frac{-T_i}{2\sigma^2(1+SÇYO)}\right)$$

Çevresel yansıma ortamı M tekrar ile oluşturulduktan sonra her bir adımda hesaplanan sezim ve yanlış alarm olasılıklarını ortalaması alınarak işlemcinin başarımları elde edilir.

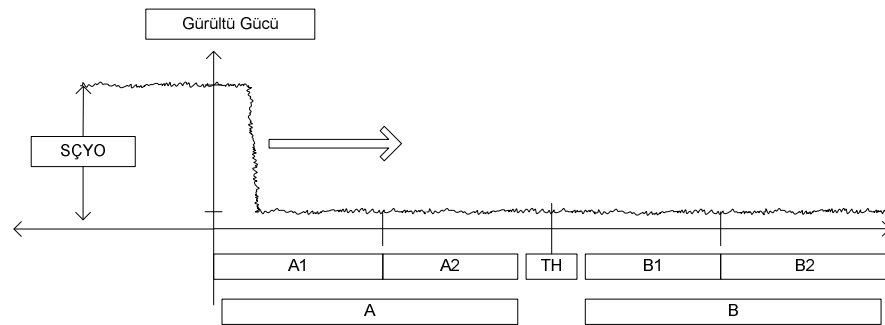
5.3 Farklı Çevresel Yansıma Ortamlarında Başarım Sonuçları

Sezim ve yanlış alarm başarımları farklı çevresel yansıma ortamlarında DE-SYAO, GDE-SYAO ve HO-SYAO işlemcileri için elde edilmiştir. HO-SYAO işlemcisinin

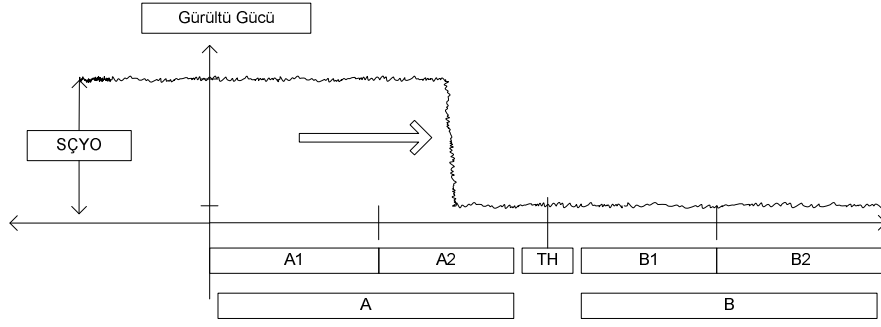
başarımı analitik sonuçlar kullanılarak hesaplanmıştır. DE-SYAO ve GDE-SYAO işlemcilerinin başarımlarında benzetim yöntemi kullanılmıştır. Benzetimlerde pencere uzunluğu $N=24$, yanlış alarm oranının nominal değeri $(10)^{-4}$, ortalama oranı ve değişken endeks hipotez testlerinin birinci (DE-SYAO, GDE-SYAO) ve ikinci (GDE-SYAO) sabit eşik değerleri $K_{DE1}=5.4$, $K_{OO2}=2.1$, $K_{DE2}=4.0$, $K_{OO2}=3.0$ alınmıştır. Benzetimlerde hedef modelinin Swerling I olduğu kabul edilmiştir.

5.3.1 Yüksek Güçlü Çevresel Yansımanın Referans Pencereyi Doldurması

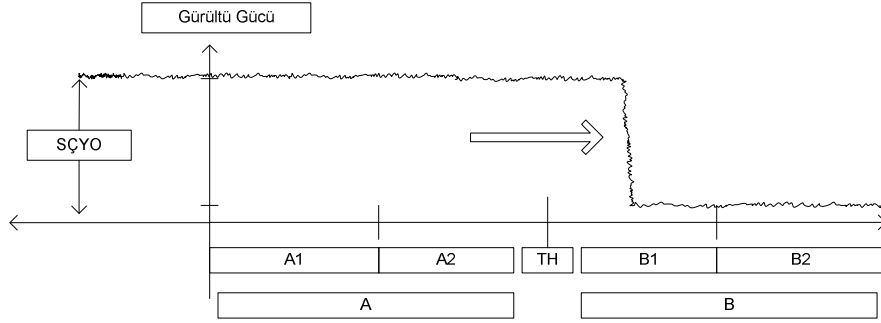
Bu senaryoda, tektür çevresel yansıma ortamından başlanılarak her bir adımda referans pencerenin sol tarafındaki hücrelerde yüksek güçlü ve tektür yansımaların referans pencereyi doldurduğu durumda yanlış alarm oranının analizi yapılmıştır. Referans pencerede yer alan yüksek güçlü çevresel yansımaların test hücrelerini doldurması durumunda yanlış alarm oranı nominal değerlerin üstüne çıkmaktadır. Yüksek güçlü yansımaların referans pencerenin tamamını doldurduğunda ve referans pencerede sadece düşük güçlü çevresel yansımaların yer aldığı durumda yanlış alarm oranı nominal değerlerdedir. Çevresel yansıma ortamının değişimi Şekil 5.1-Şekil 5.5 arasında gösterilmiştir. GDE-SYAO, DE-SYAO ve HO-SYAO işlemcilerinin yanlış alarm olasılıkları 10dB çevresel yansıma gürültü gücü farkında Şekil 5.6, 20dB çevresel yansıma gürültü gücü farkında Şekil 5.7'de yer almaktadır. Referans penceredeki yüksek güçlü çevresel yansımaların sayısı arttıkça yanlış alarm oranı nominal değerlerin altına inmektedir. Yüksek güçlü çevresel yansımanın test hücrelerini doldurması durumunda yanlış alarm olasılıkları nominal değerlerin üstüne çıkar. GDE-SYAO işlemcisi test hücrelerinde yüksek güçlü çevresel yansımanın yer aldığı durumda diğer işlemcilere göre en iyi yanlış alarm kontrolünü sağlamaktadır.



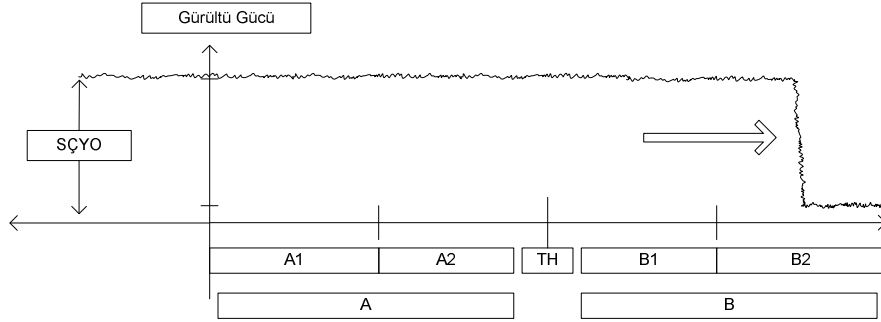
Şekil 5.1, YGÇY'nin Pencereye Girişi



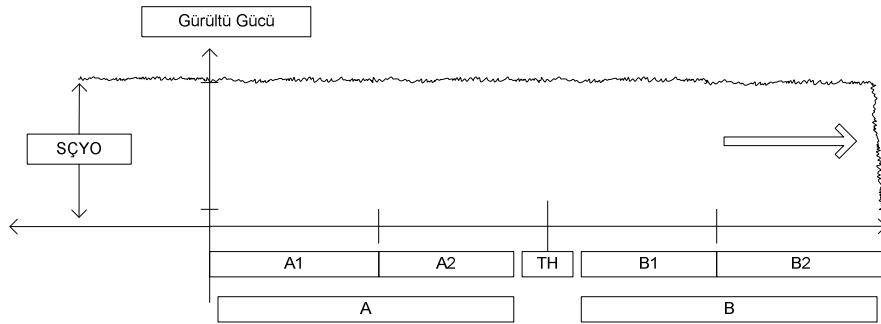
Şekil 5.2, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-I



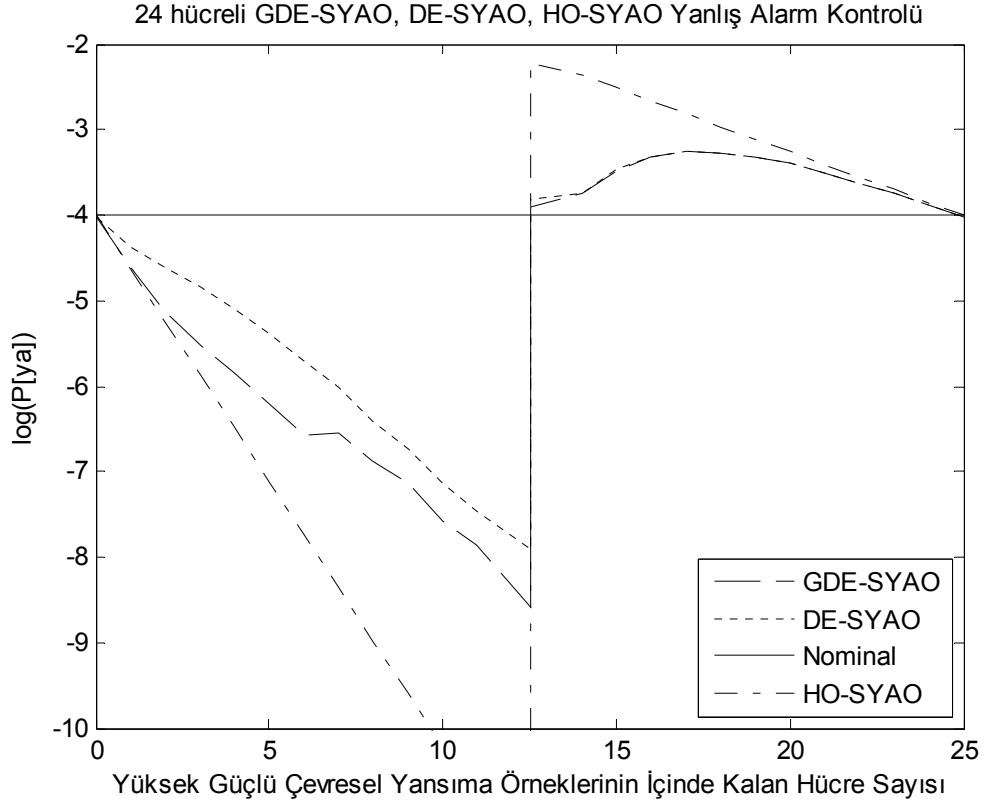
Şekil 5.3, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-II



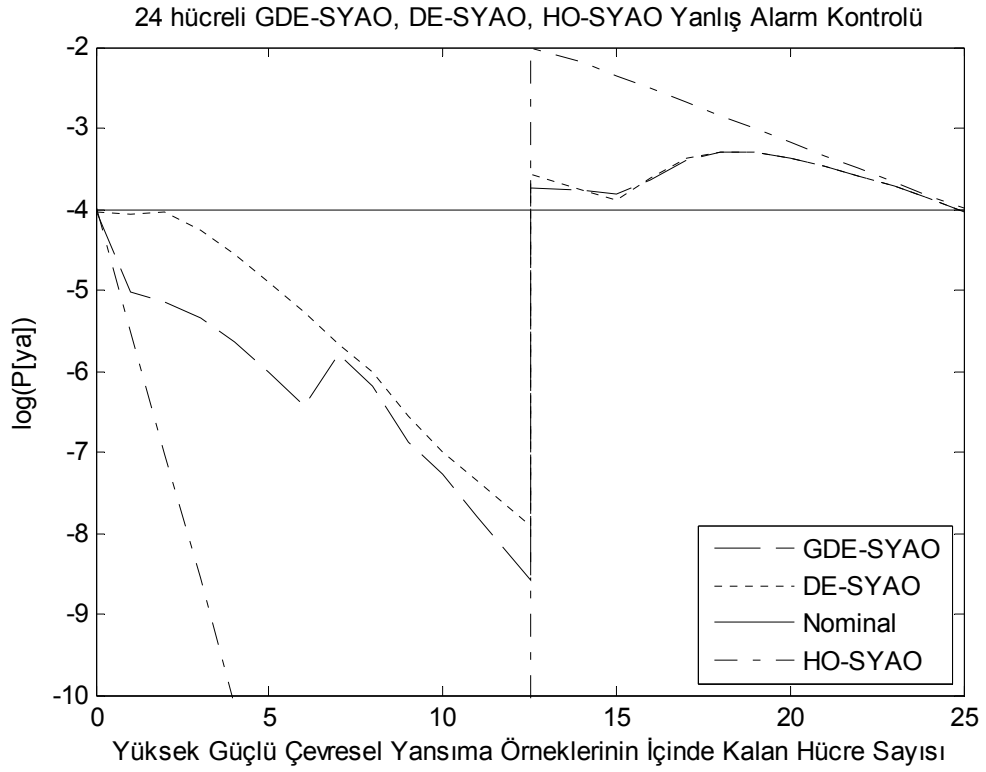
Şekil 5.4, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-III



Şekil 5.5, YGÇY'nın Pencereyi Doldurması-IV



Şekil 5.6, ÇYGF = 10dB, Yanlış Alarm Kontrolü



Şekil 5.7, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü

5.3.2 k Hücreli Yüksek Güçlü Çevresel Yansıma Ortamı

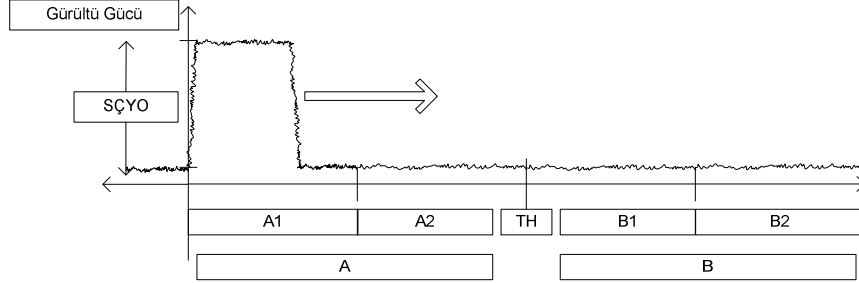
Bu senaryo, referans penceresinde yer alan ilk k adet hücrede yüksek güçlü ve tektür, diğer bütün hücrelerde düşük güçlü ve tektür dağılıma sahip çevresel yansıma örneklerinin bulunduğu durumdan başlamaktadır. Her bir adımda k adet yüksek güçlü hücrenin konumu kaydırılarak yanlış alarm oranının analizi yapılmıştır. İlerleme sırasında yeni gelen örneklerin düşük güçlü ve tektür dağılıma sahip çevresel yansıma örnekleri olduğu varsayılır. k tane yüksek güçlü çevresel yansımanın test hücresinin en yakınında yer alan hücrelerde yer almasından bir adım sonra yüksek güçlü yansımanın test hücresini doldurduğu kabul edilir. Test hücresinde yüksek güçlü yansımanın bulunduğu durumda da referans pencerede k adet yüksek güçlü yansıma mevcuttur. Şekil 5.8'de 3 adet yüksek güçlü çevresel yansımanın test hücresinden geçişi gösterilmiştir. Taralı olan hücreler yüksek güçlü yansımanın bulunduğu hücrelerdir. Yüksek güçlü yansımaların test hücresinin en yakın komşuluğunda olan hücrelerde bulunmasından bir adım sonrasında referans pencerede yer alan yüksek güçlü yansıma sayısının değişmediği kabul edilmiştir.

A Penceresi							Test Hücresi	B Penceresi						
1	2	N/2	T	1	2	N/2
.
.
.
.
.
.
.
.

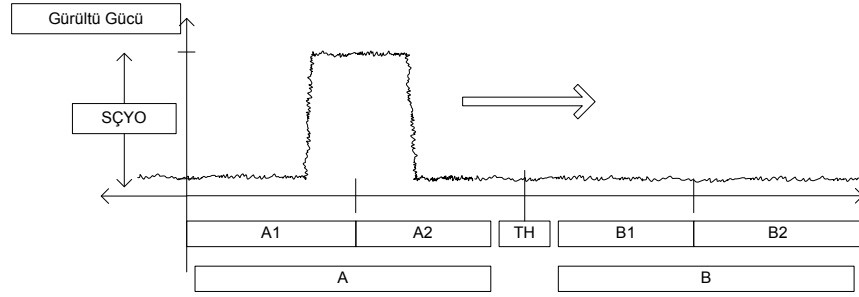
Şekil 5.8, k=3 adet YGÇY'nın Test Hücresinden Geçiş

Referans pencerede yer alan yüksek güçlü çevresel yansımaların test hücresini doldurması durumunda yanlış alarm oranı nominal değerlerin üstüne çıkar. GDE-SYAO işlemcisi bu durumda yanlış alarm oranının kontrolünde DE-SYAO ve HO-SYAO'a göre üstünlük göstermektedir. Bu durum k'nın farklı değerlerinde (5, 6, 7,

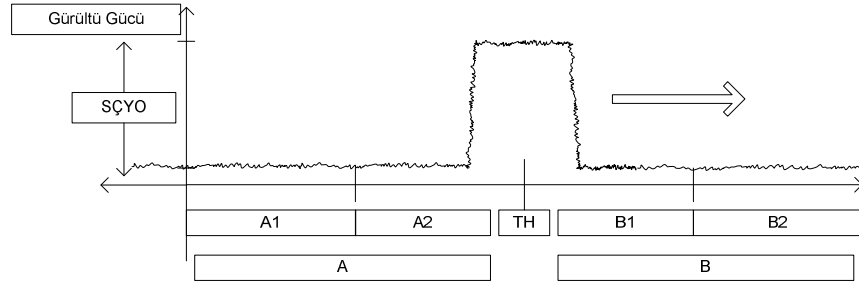
8) 10dB ve 20dB'lik çevresel yansımaya güç farkının olduğu ortamlarda da geçerlidir. Çevresel yansımaya ortamının değişimi Şekil 5.9-Şekil 5.12 arasında gösterilmiştir. Çevresel yansımaya gürültü gücü farkının 10dB ve 20dB olduğu ortamlarda farklı k değerleri için gerçekleştirilen benzetimlerde Şekil 5.13-Şekil 5.20 arasında yer alır.



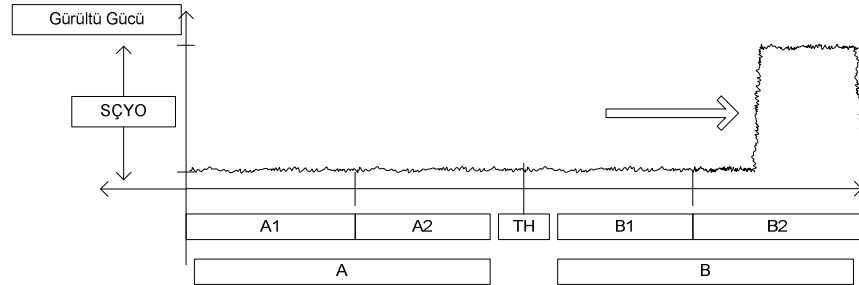
Şekil 5.9, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-I



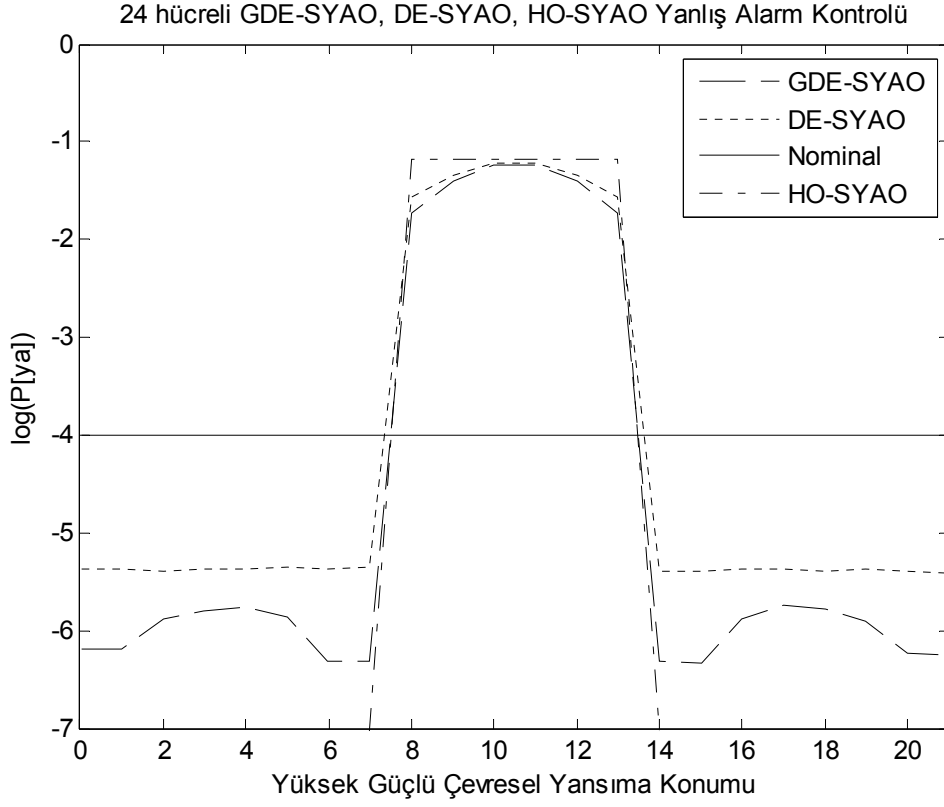
Şekil 5.10, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-II



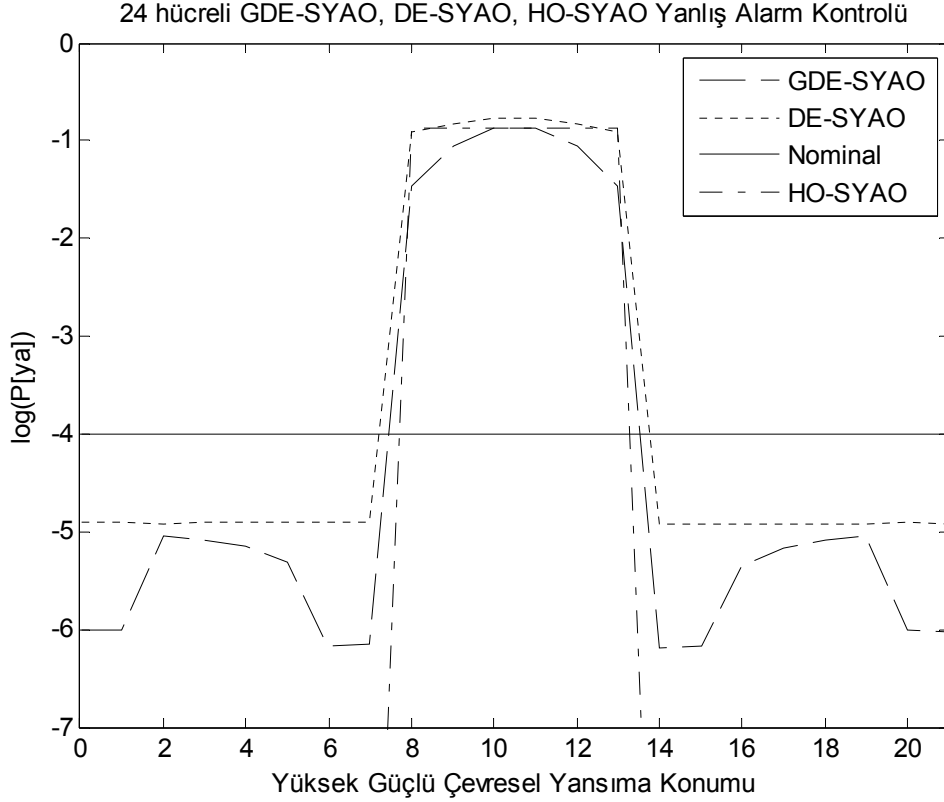
Şekil 5.11, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-III



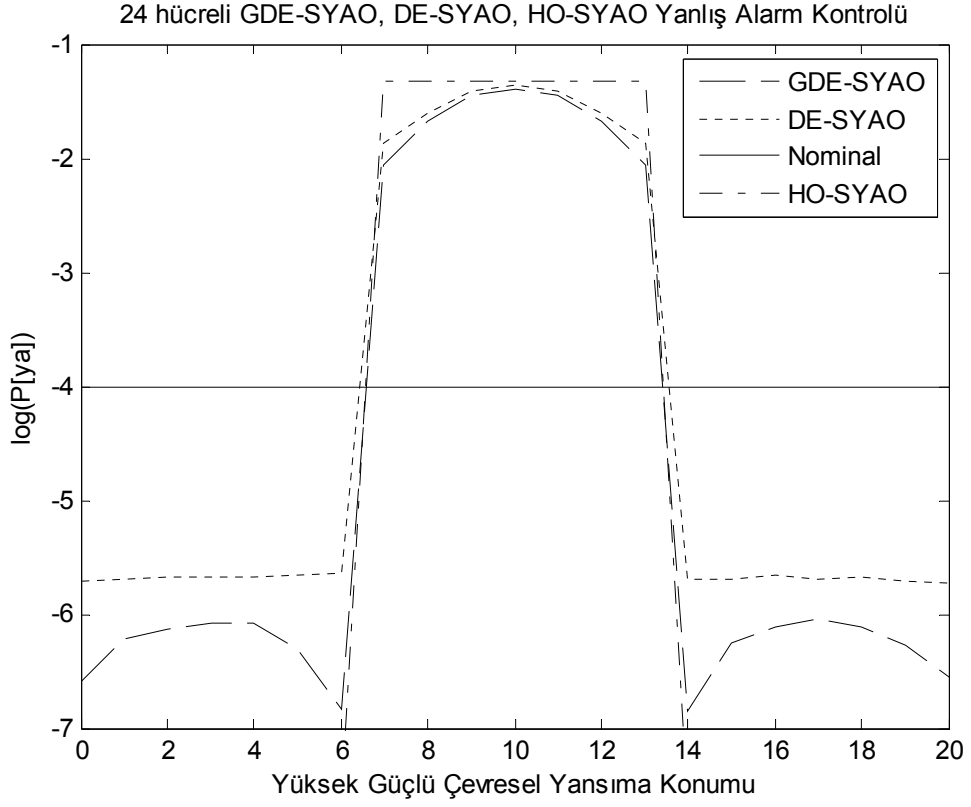
Şekil 5.12, k Hücreli YGÇY'nın Pencerede Yer Alması-IV



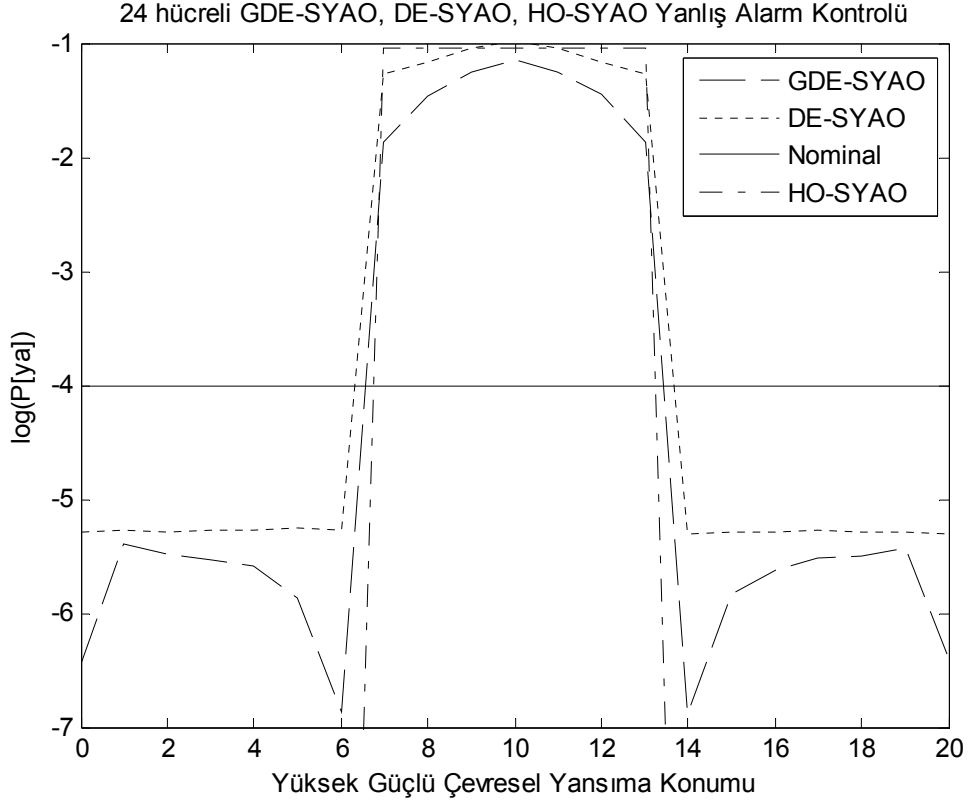
Şekil 5.13, $k=5$, $\text{ÇYGF} = 10\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü



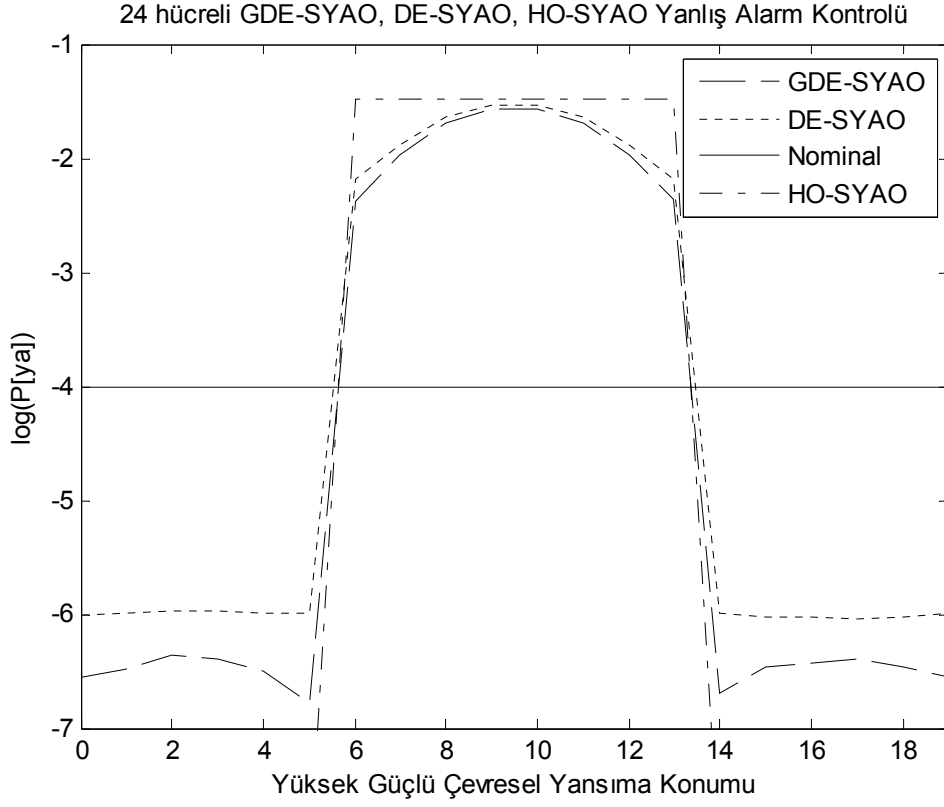
Şekil 5.14, $k=5$, $\text{ÇYGF} = 20\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü



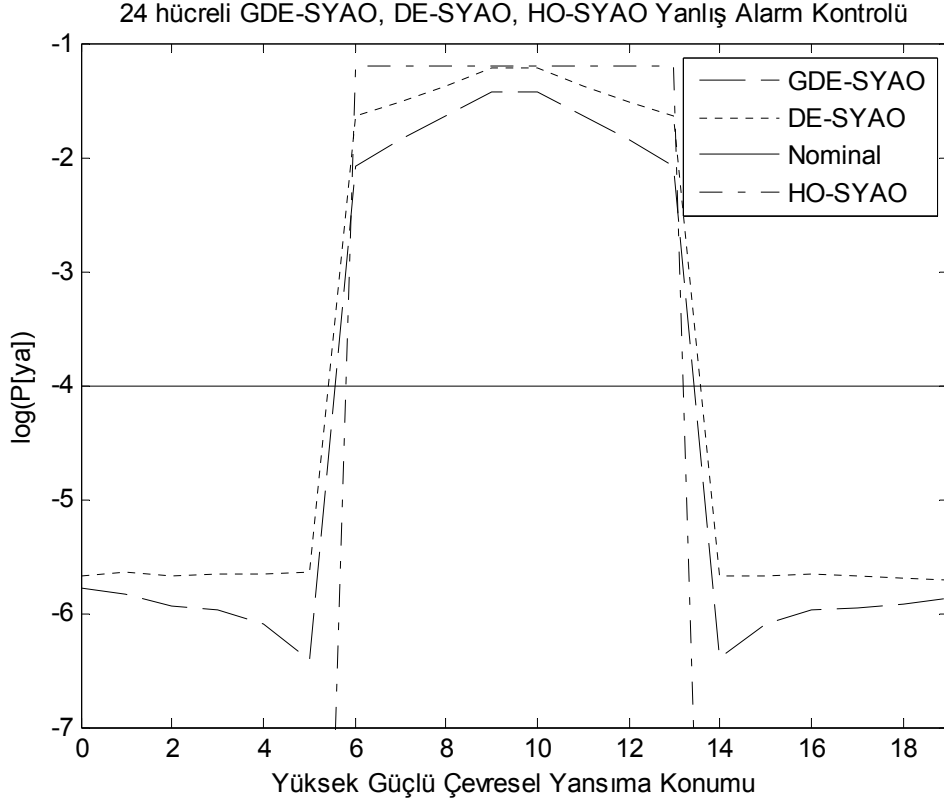
Şekil 5.15, $k=6$, $\text{ÇYGF} = 10\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü



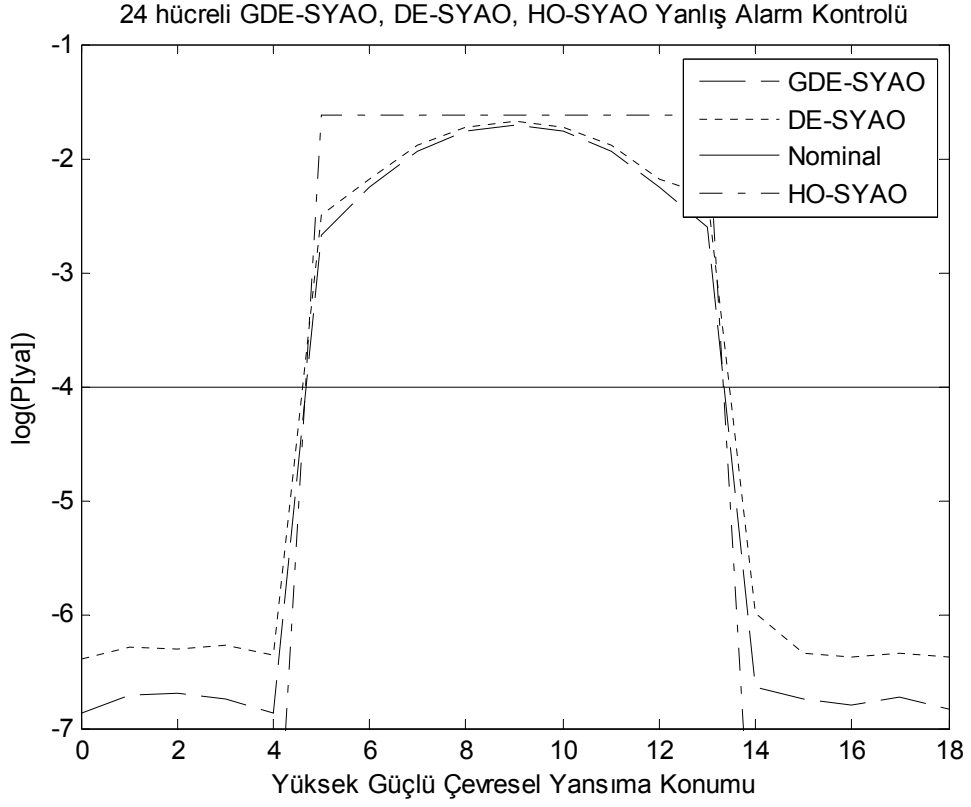
Şekil 5.16, $k=6$, $\text{ÇYGF} = 20\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü



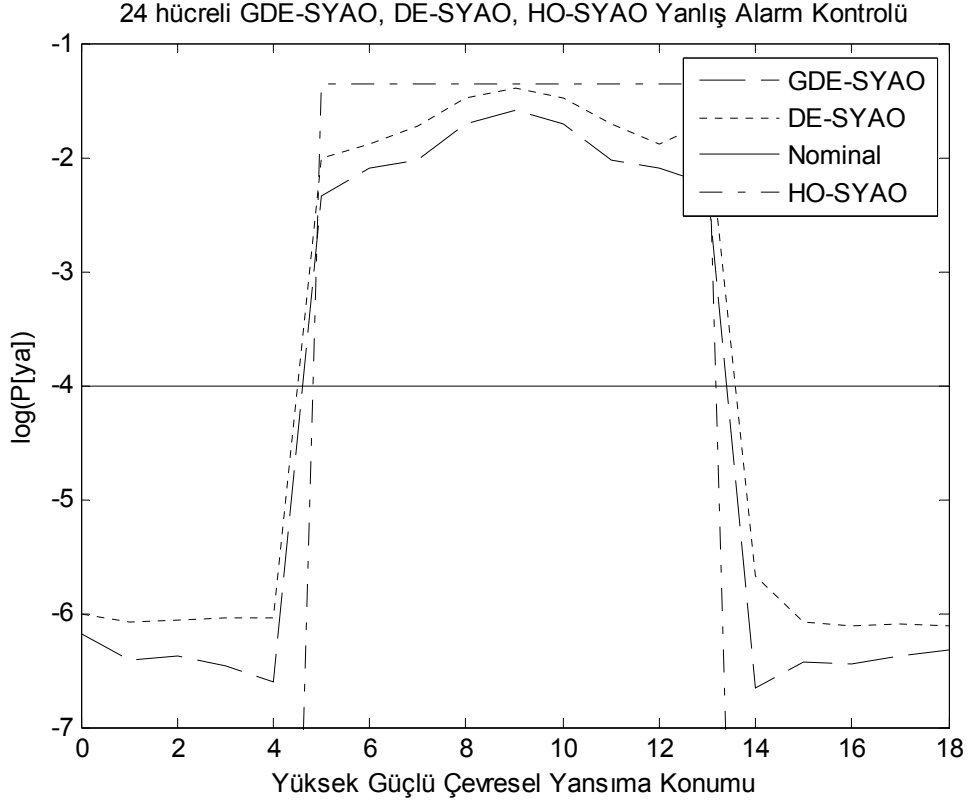
Şekil 5.17, k=7, ÇYGF = 10dB, Yanlış Alarm Kontrolü



Şekil 5.18, k=7, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü



Şekil 5.19, $k=8$, $\text{ÇYGF} = 10\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü



Şekil 5.20, $k=8$, $\text{ÇYGF} = 20\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü

5.3.3 Karıştırıcı Hedeflerin Bulunduğu Ortamda Sezim Başarımı

Bu senaryo çevresel yansımaların içinde karıştırıcı hedeflerin bulunduğu durumları içermektedir. Bir ve birden fazla karıştırıcı hedefin referans pencere içinde yer alması durumunda SYAO işlemcilerinin sezim başarımları incelenmektedir. HO-SYAO işlemcisi uyarlanır eşik değerini referans pencerenin tümünde yer alan örnekleri kullanarak yapmaktadır. İki karıştırıcı hedefin referans pencerede yer alması durumu DE-SYAO ve GDE-SYAO işlemcileri için birden farklı koşulda gerçekleşebilirken, HO-SYAO işlemcisi için koşullar değişmemektedir. DE-SYAO ve GDE-SYAO işlemcileri için karıştırıcı hedeflerin referans pencerenin farklı bölümlerinde yer alması sezim başarımını doğrudan etkilemektedir. Sezim başarımı analizlerinde karıştırıcı hedefler ile test hücresindeki hedefin gücünün eşit olduğu kabul edilmiştir.

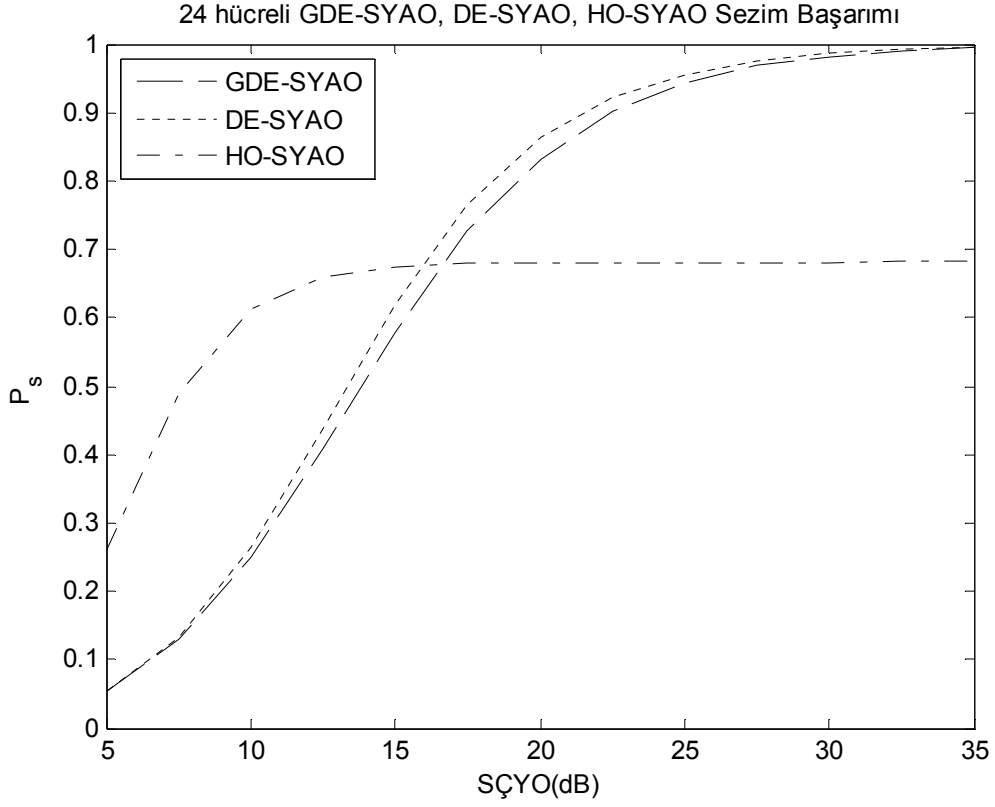
5.3.3.1 Bir Karıştırıcı Hedefli Ortam

GDE-SYAO işlemcisi için iki farklı koşulda oluşan bir karıştırıcı hedefli ortam durumu, HO-SYAO ve DE-SYAO işlemcilerinde bir koşulda gerçekleşebilir. HO-SYAO ve DE-SYAO işlemcileri için “baştaki” veya “sonraki” referans pencerede bir karıştırıcı hedefin yer alması durumunda başarımlar açısından fark yoktur. GDE-SYAO işlemcisi için bir karıştırıcı hedefin birinci veya ikinci alt pencerede yer alması sezim başarımını doğrudan etkiler. Bir karıştırıcı hedefin olası durumları Tablo 5.2’de gösterilmiştir. Diğer durumlar simetrik başarımlar gösterir.

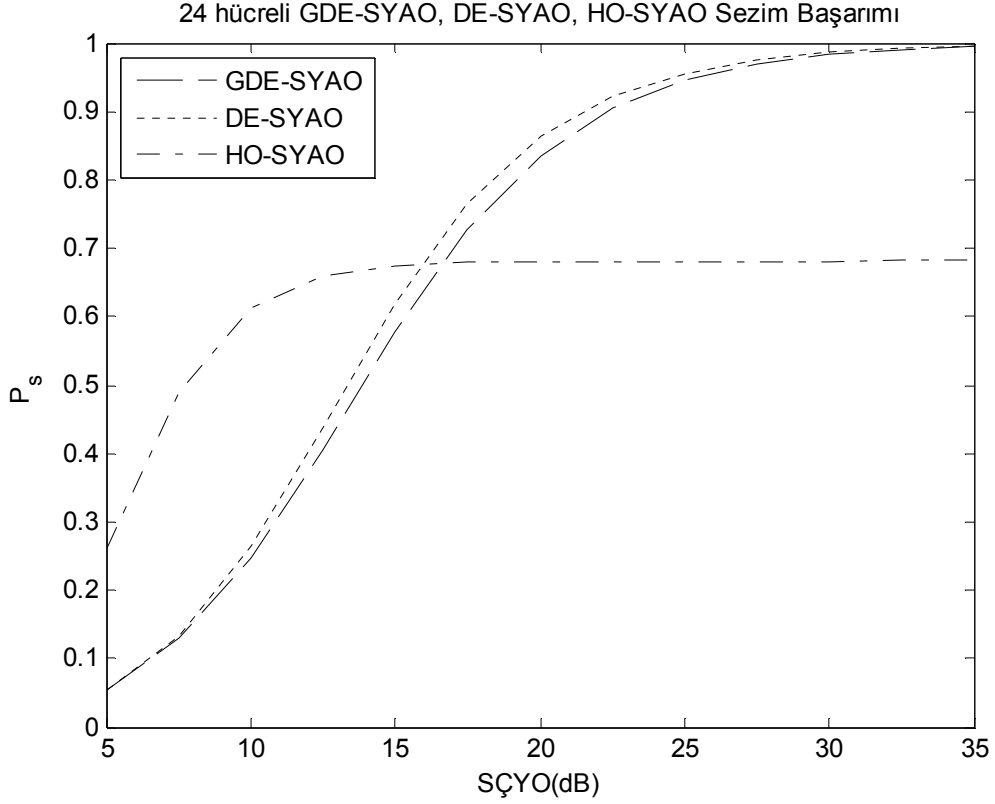
Tablo 5.2, Tek Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedefin Olası Konumları

Durum\Pencere	A1	A2	B1	B2
1 (Şekil 5.21)	X	--	--	--
2 (Şekil 5.22)	--	X	--	--
X: Karıştırıcı Hedef,		--: Hedef Yok		

GDE-SYAO işlemcisi ilk durumda yüksek olasılık ile A2B penceresini, ikinci durumda A1B penceresini seçer. DE-SYAO işlemcisi her iki durumda da yüksek olasılık ile B penceresini seçmektedir. İşlemcilerin başarımlarındaki fark GDE-SYAO işlemcisinin 3N/4 uzunluğundaki referans pencereyi seçmesi durumunda uyarlanır eşik değerindeki artıştan kaynaklanır. GDE-SYAO ve DE-SYAO işlemcileri, referans pencere içerisinde bir karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda gösterdikleri sezim başarımları Şekil 5.21 ve Şekil 5.22’de yer almaktadır.



Şekil 5.21, 1 Hedef, P_s Durum1



Şekil 5.22, 1 Hedef, P_s Durum2

5.3.3.2 İki Karıştırıcı Hedefli Ortam

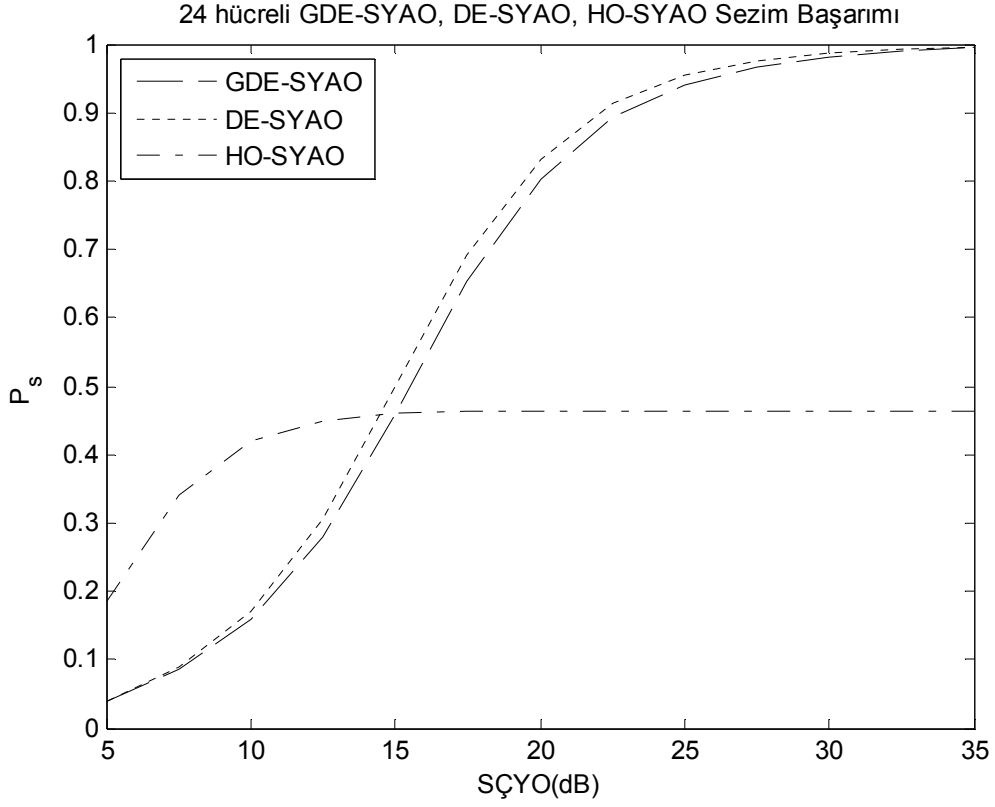
Sezim başarımı karşılaştırmasında, çevresel yansımalar içinde iki karıştırıcı hedefin yer aldığı ortam, GDE-SYAO işlemcisi için altı farklı durumda gerçekleşebilir. İki karıştırıcı hedefli ortamın olası konumları Tablo 5.3'da gösterilmiştir.

Tablo 5.3, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Olası Konumları

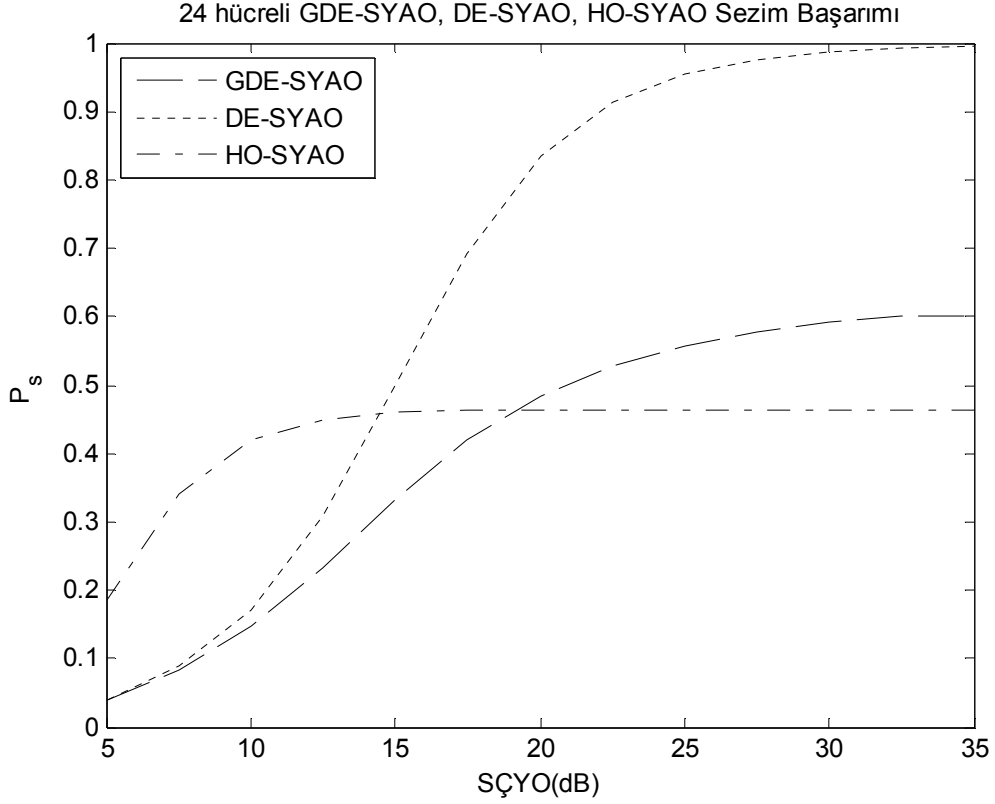
Durum\Pencere	A1	A2	B1	B2
1 (Şekil 5.23)	XX	--	--	--
2 (Şekil 5.24)	--	XX	--	--
3 (Şekil 5.25)	X	X	--	--
4 (Şekil 5.26)	X	--	X	--
5 (Şekil 5.27)	X	--	--	X
6 (Şekil 5.28)	--	X	X	--
XX: İki Karıştırıcı Hedef, X: Tek Karıştırıcı Hedef, --: Hedef Yok				

İşlemcilerin başarımları birinci (Şekil 5.23) ve üçüncü (Şekil 5.25) durumda benzerdir. İkinci durumda (Şekil 5.24) GDE-SYAO başarımları azalması referans pencereye yakın olan A2 penceresinde iki karıştırıcı hedefin yer aldığı durumda işlemcinin yanlış alarm oranını kontrol etmeye çalışmasından kaynaklanır. Karıştırıcı hedefin test hücrenin farklı tarafında yer alan referans pencerelerde yer aldığı durumlarda (Şekil 5.26, Şekil 5.27, Şekil 5.28) DE-SYAO sezim başarımını azalır. GDE-SYAO işlemcisi alt pencere analizi ile karıştırıcı hedefin bulunduğu pencereyi eşik belirlemeden çıkararak sezim başarımını korur.

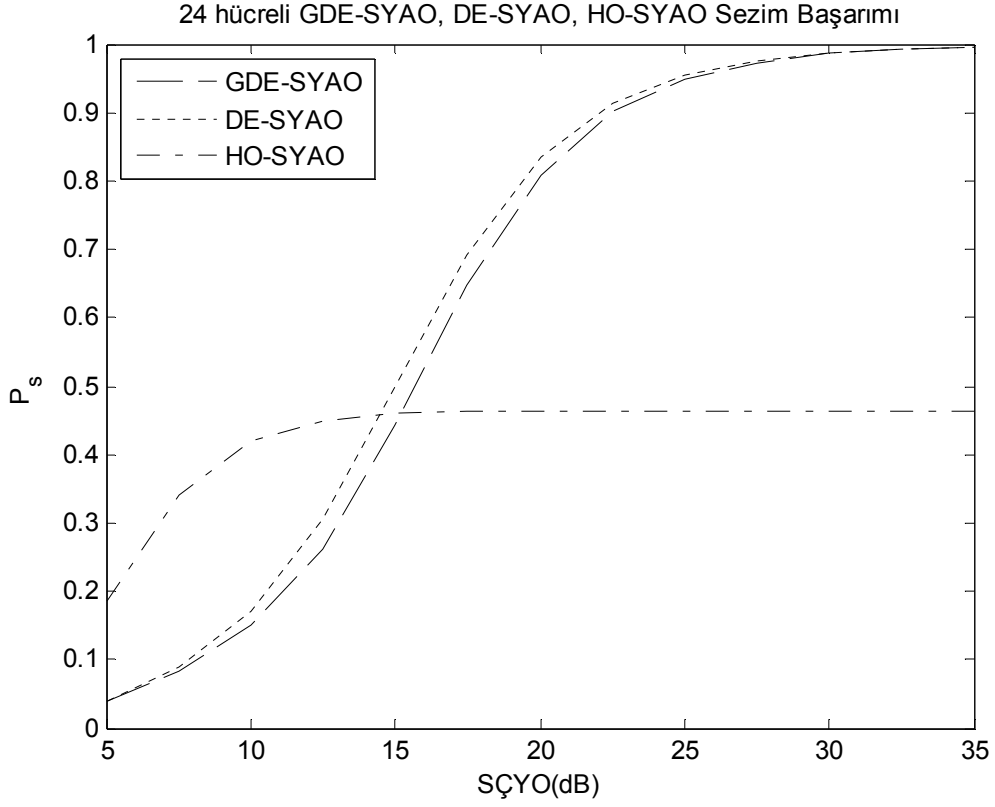
İki karıştırıcı hedefin bulunduğu ortamda sezim başarımında GDE-SYAO işlemcisi, altı farklı durumun beşinde iyi başarımları (kabul edilebilir başarımları) gösterirken, DE-SYAO işlemcisi altı durumun sadece üçünde iyi başarımları göstermektedir.



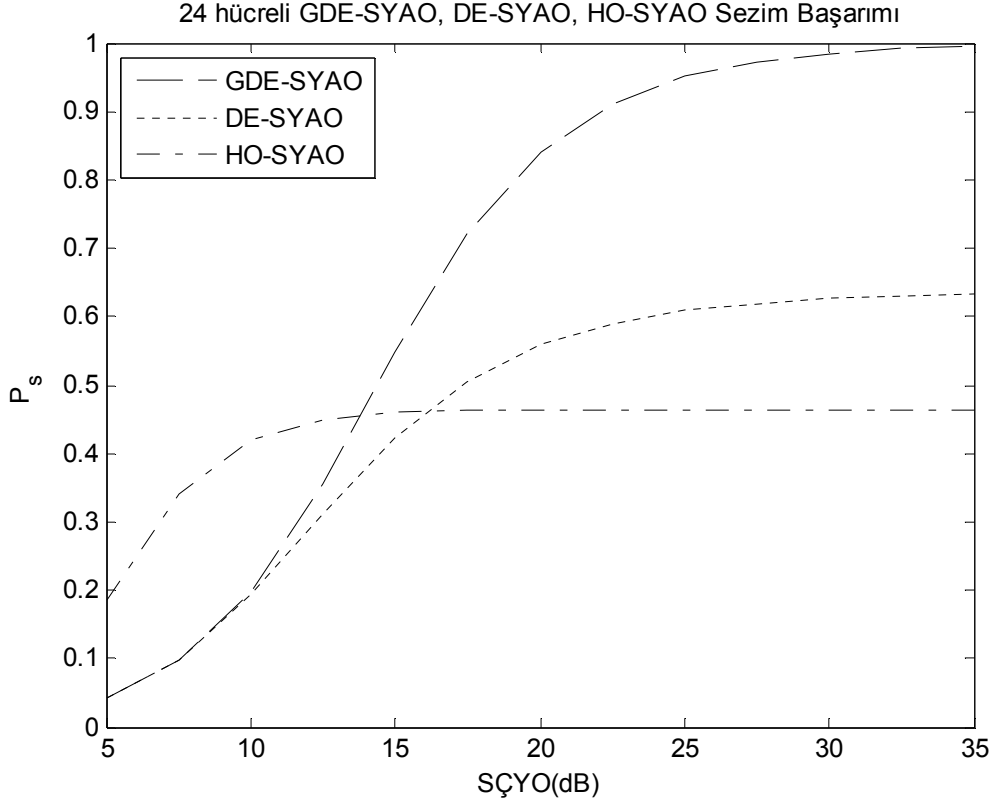
Şekil 5.23, 2 Hedef, P_s Durum1



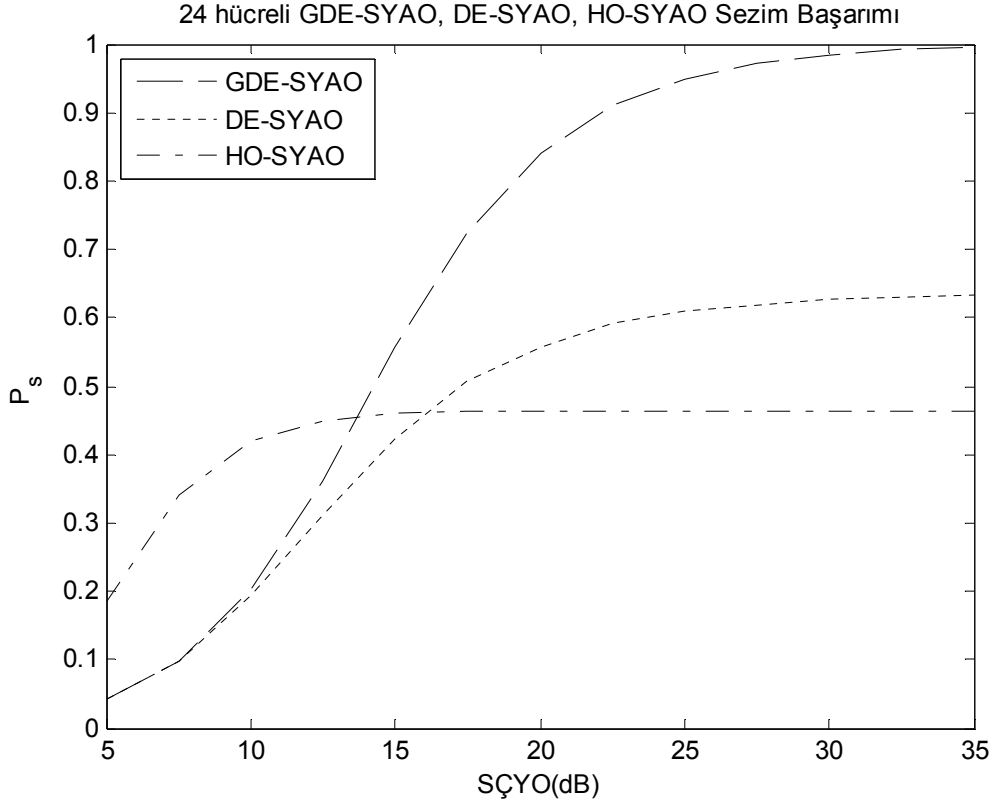
Şekil 5.24, 2 Hedef, P_s Durum2



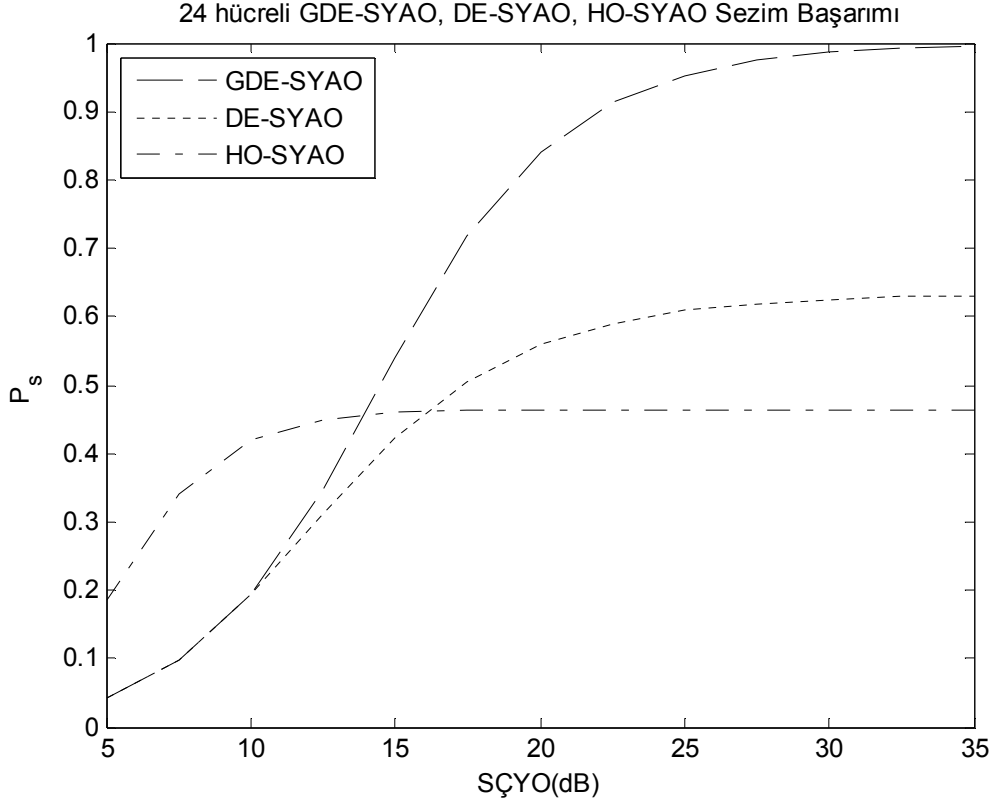
Şekil 5.25, 2 Hedef, P_s Durum3



Şekil 5.26, 2 Hedef, P_s Durum4



Şekil 5.27, 2 Hedef, P_s Durum5



Şekil 5.28, 2 Hedef, P_s Durum6

N (N=24) uzunluğundaki bir referans pencerede, iki karıştırıcı hedefin farklı hücrelerde yer alması $N*(N-1)$, ($24*23=552$) farklı konumda gerçekleşebilir. İki karıştırıcı hedefin referans pencerede yer aldığı koşullar, GDE-SYAO işlemcisinin başarımı açısından Tablo 5.3'deki durumlardan birine denk gelmektedir. Olası bütün koşullar incelendiğinde, Tablo 5.3'deki her bir durum eşit olasılık ile gerçekleşmemektedir. Her bir durumdaki sezim başarımı, ilgili durumun gerçekleşme olasılığı ile ağırlıklandırılarak, iki karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda ortalama sezim başarımı hesaplanabilir.

Durum1 ve Durum2'de, iki karıştırıcı hedef aynı alt pencerede yer almaktadır. Durum1, iki karıştırıcı hedefin A1 alt pencerede yer alması veya B2 alt penceresinde yer alması koşullarına karşılık gelir. İki karıştırıcı hedefin A1 veya B2 alt referans pencerede yer alması GDE-SYAO işlemcisi başarımı açısından simetrik koşullardır. Tablo 5.3'deki durumların simetrik karşılıkları Tablo 5.4'de gösterilmiştir.

Tablo 5.4, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Simetrik Konumları

Durum\Pencere	A1	A2	B1	B2
Simetrik Durum1 (Şekil 5.23)	--	--	--	XX
Simetrik Durum2 (Şekil 5.24)	--	--	XX	--
Simetrik Durum3 (Şekil 5.25)	-	-	X	X
Simetrik Durum4 (Şekil 5.26)	--	X	--	X
Simetrik Durum5 (Şekil 5.27)	Simetri Yok			
Simetrik Durum6(Şekil 5.28)	Simetri Yok			
XX: İki Karıştırıcı Hedef, X: Tek Karıştırıcı Hedef, --: Hedef Yok				

İki karıştırıcı hedefin aynı alt pencerede($N/4$: alt referans pencere uzunluğu) yer alması $(N/4)*((N/4)-1)$ farklı koşulda gerçekleşebilir. Durum1 için simetrik koşulların eklenmesi halinde bu sayı iki katına çıkar. Durum2'nin gerçekleşebileceği koşul sayısı da bu yöntem ile hesaplanabilir.

İki karıştırıcı hedefin farklı alt pencerelerde yer alması $(N/4)*(N/4)$ koşul altında gerçekleşebilir. Durum3 ve Durum4'de simetrik koşulların eklenmesi ile bu sayı iki katına çıkar. Durum5 ve Durum6 için simetrik koşullar bulunmamaktadır.

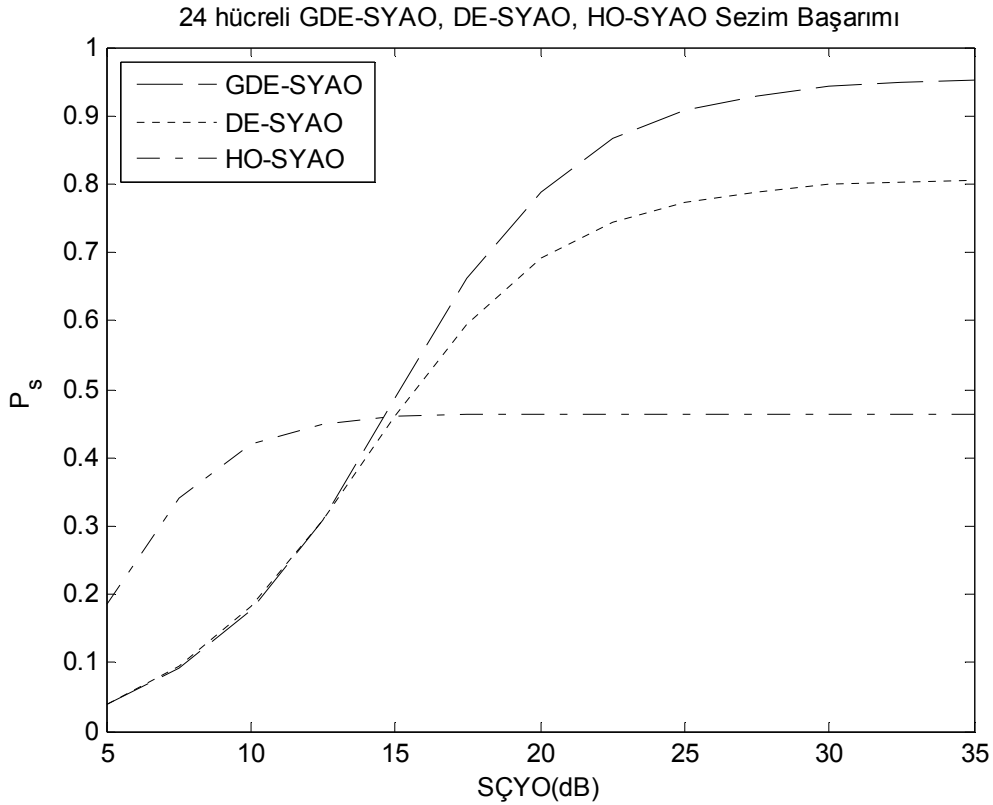
Bütün durumların gerçekleşebileceği koşul sayısı ayrı ayrı hesaplanarak, toplam koşul sayısına oranlandığında durumların gerçekleşme olasılıkları elde edilir.

$$\begin{aligned}
P[\text{Durum1}] &= [(N/4) * ((N/4) - 1)^2] / [N * (N - 1)] &= 60/552 \\
P[\text{Durum2}] &= [(N/4) * ((N/4) - 1)^2] / [N * (N - 1)] &= 60/552 \\
P[\text{Durum3}] &= [(N/4) * (N/4)^2] / [N * (N - 1)] &= 144/552 \\
P[\text{Durum4}] &= [(N/4) * (N/4)^2] / [N * (N - 1)] &= 144/552 \\
P[\text{Durum5}] &= [(N/4) * (N/4)] / [N * (N - 1)] &= 72/552 \\
P[\text{Durum6}] &= [(N/4) * (N/4)] / [N * (N - 1)] &= 72/552
\end{aligned}$$

Bu olasılıklar ile her bir duruma karşılık gelen sezim başarımları ağırlıklandırılarak, iki karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda, ortalama sezim başarımları elde edilebilir.

$$\begin{aligned}
P[\text{İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Sezim}] &= P[\text{Durum1}] * P[\text{Durum1'deki Sezim}] + \\
&P[\text{Durum2}] * P[\text{Durum2'deki Sezim}] + \\
&\dots + \\
&P[\text{Durum6}] * P[\text{Durum6'daki Sezim}]
\end{aligned}$$

İki karıştırıcı hedefli ortamdaki ortalama sezim başarımları Şekil 5.29'da gösterilmiştir.



Şekil 5.29, İki Karıştırıcı Hedefli Ortamda Ağırlıklandırılmış Sezim Başarımı GDE-SYAO işlemcisi, iki karıştırıcı hedefin referans pencerede yer aldığı bütün koşullar incelendiğinde, DE-SYAO işlemcisini göre sezim başarımlarında artış göstermektedir.

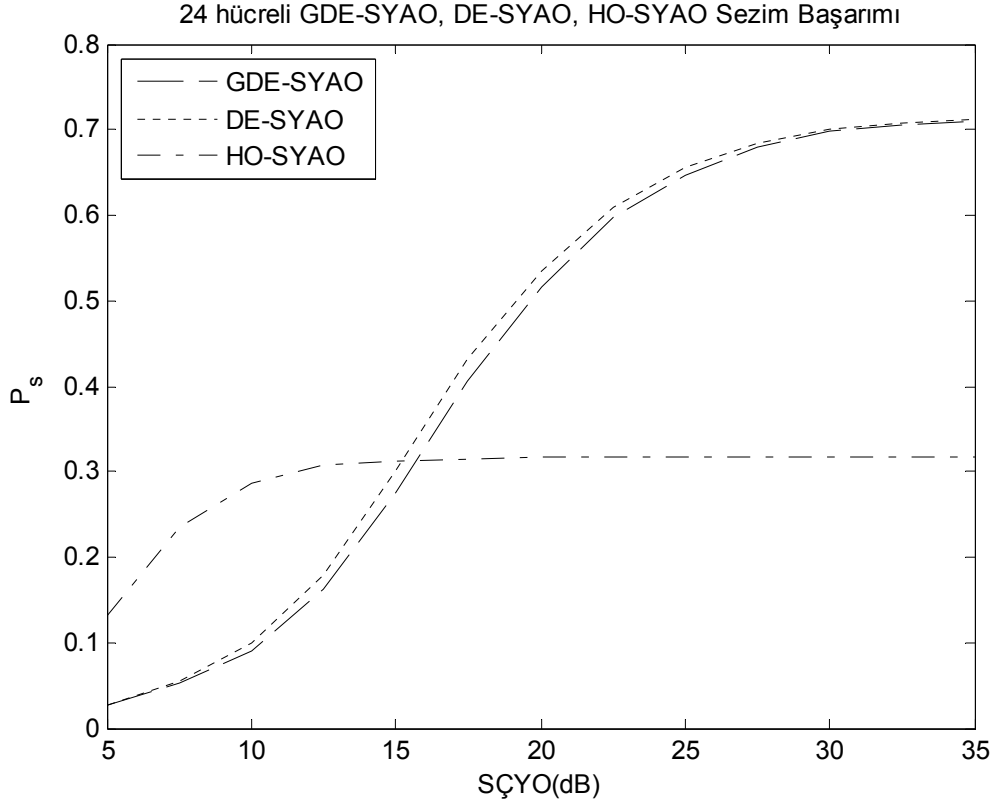
5.3.3.3 Üç Karıştırıcı Hedefli Ortam

Sezım başarımı karşılaştırmasında, çevresel yansımalar içinde üç karıştırıcı hedefin yer aldığı ortam, GDE-SYAO işlemcisi için on farklı durumda gerçekleşebilir. Üç karıştırıcı hedefli ortamın olası konumları Tablo 5.5’de gösterilmiştir.

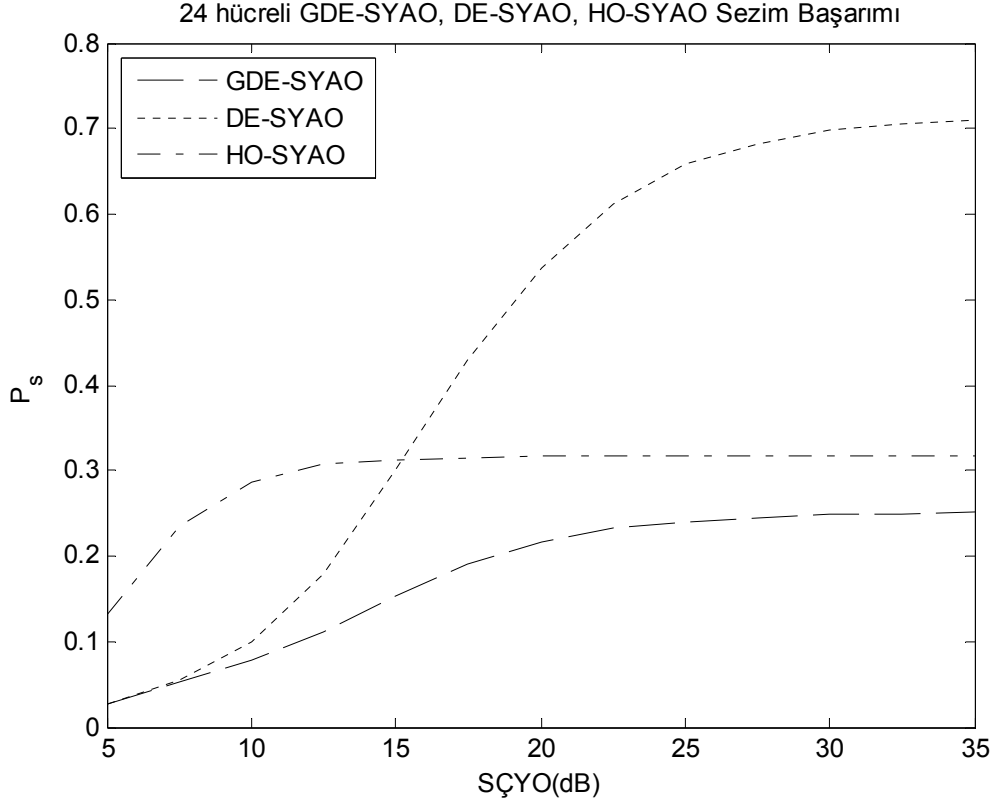
Tablo 5.5, Üç Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Olası Konumları

Durum\Pencere	A1	A2	B1	B2
1 (Şekil 5.30)	XXX	--	--	--
2 (Şekil 5.31)	--	XXX	--	--
3 (Şekil 5.32)	XX	X	--	--
4 (Şekil 5.33)	X	XX	--	--
5 (Şekil 5.34)	XX	--	X	--
6 (Şekil 5.35)	XX	--	--	X
7 (Şekil 5.36)	--	XX	X	--
8 (Şekil 5.37)	--	XX	--	X
9 (Şekil 5.38)	X	X	X	--
10 (Şekil 5.39)	X	X	--	X
XXX: Üç Karıştırıcı Hedef, XX: İki Karıştırıcı Hedef, X: Tek Karıştırıcı Hedef, --: Hedef Yok				

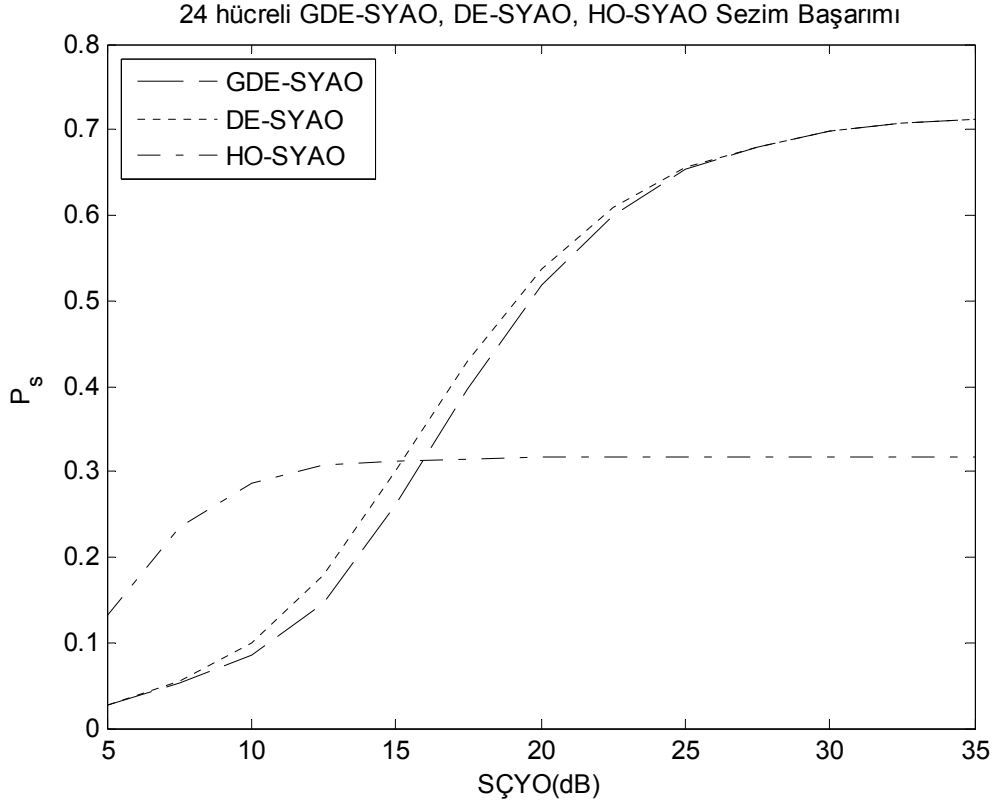
Üç karıştırıcı hedefin referans pencere içerisinde yer aldığı on farklı durumun altısında (Durum 5 (Şekil 5.34) Durum 6(Şekil 5.35), Durum 7 (Şekil 5.36), Durum 8 (Şekil 5.37), Durum 9 (Şekil 5.38), ,Durum 10 (Şekil 5.39)) GDE-SYAO, DE-SYAO işlemcisine göre daha iyi başarımları göstermektedir. Durum 1 (Şekil 5.30) ve Durum 3 (Şekil 5.32)’teki sezım başarımları benzerdir. Diğer durumlarda (Durum 2 (Şekil 5.31) ve Durum 4 (Şekil 5.33)) GDE-SYAO işlemcisi yanlış alarm kontrolü sağlayabilmek için sezım başarımında azalma göstermektedir.



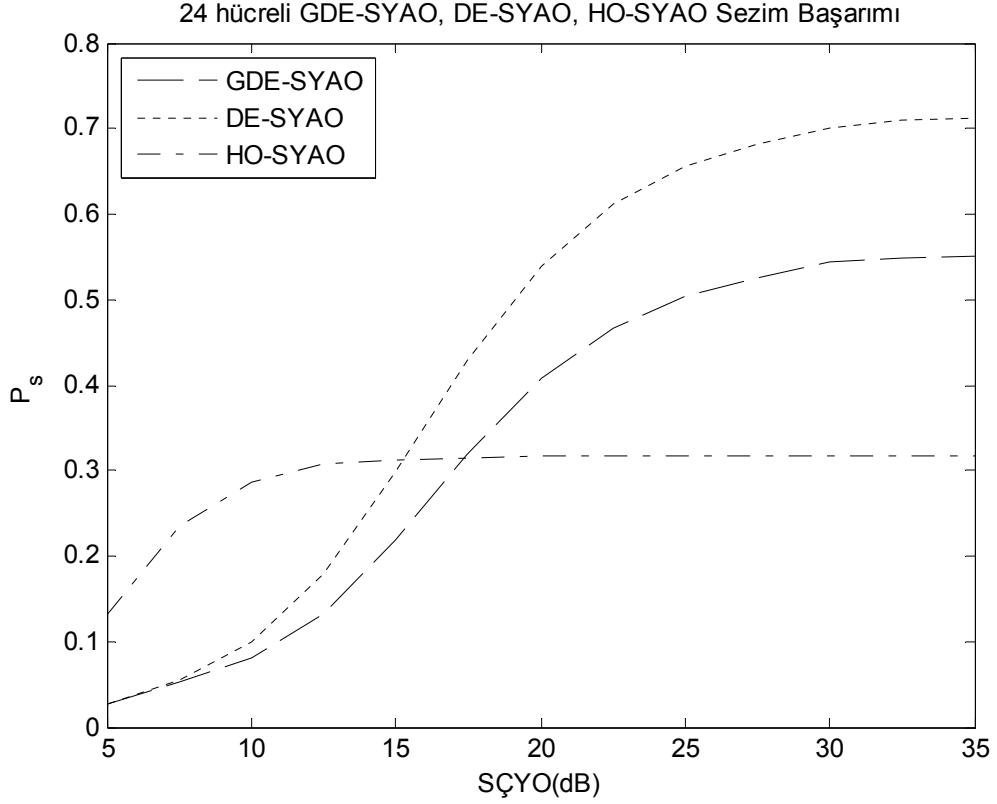
Şekil 5.30, 3 Hedef, P_s Durum1



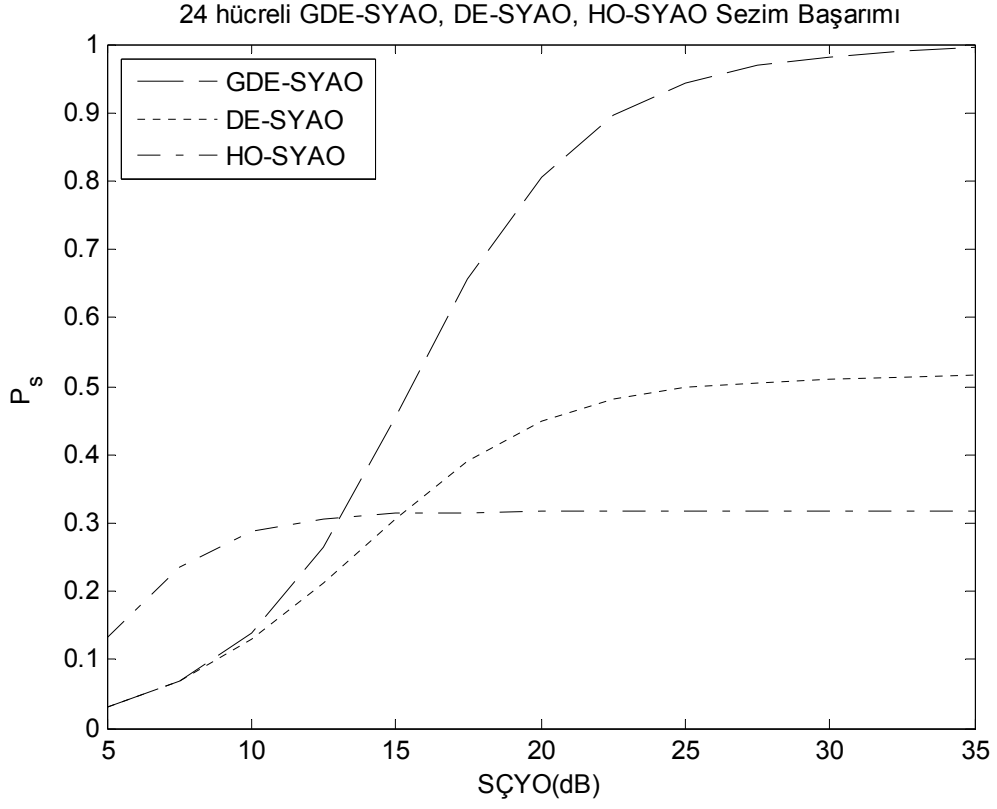
Şekil 5.31, 3 Hedef, P_s Durum2



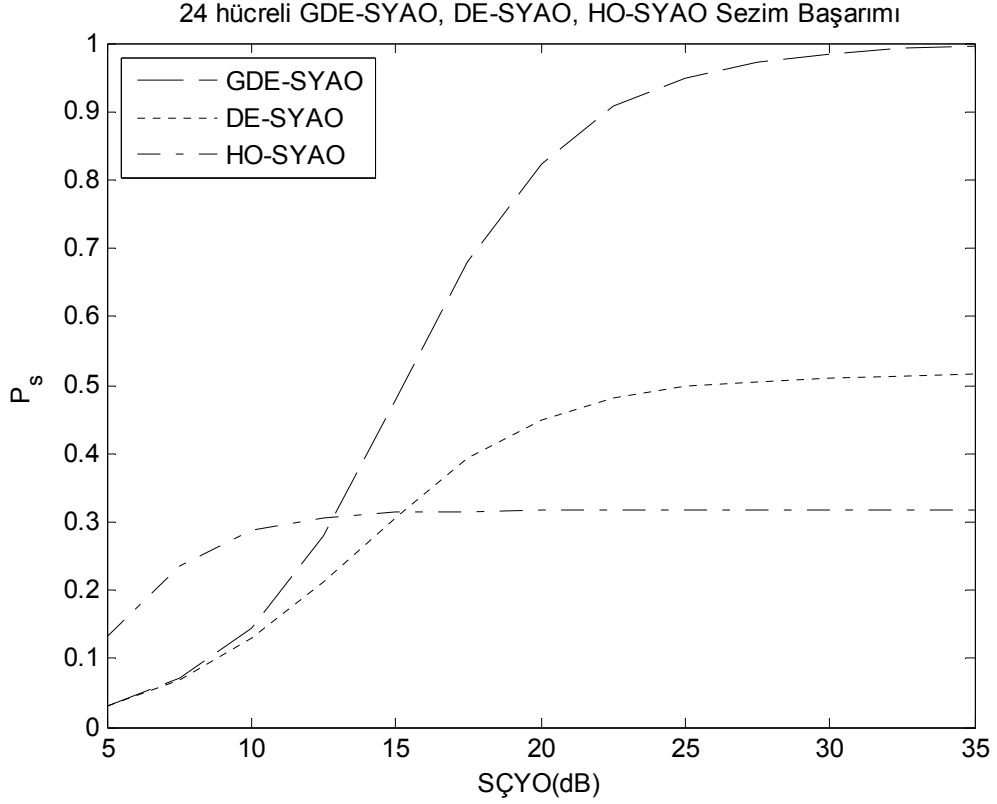
Şekil 5.32, 3 Hedef, P_s Durum3



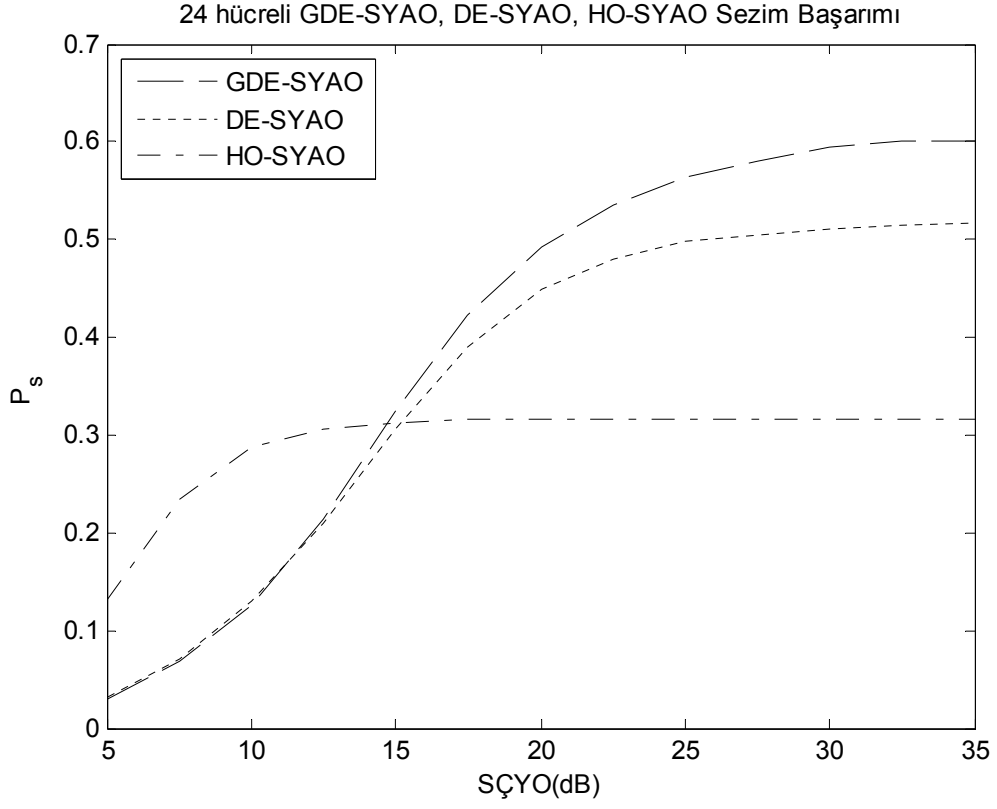
Şekil 5.33, 3 Hedef, P_s Durum4



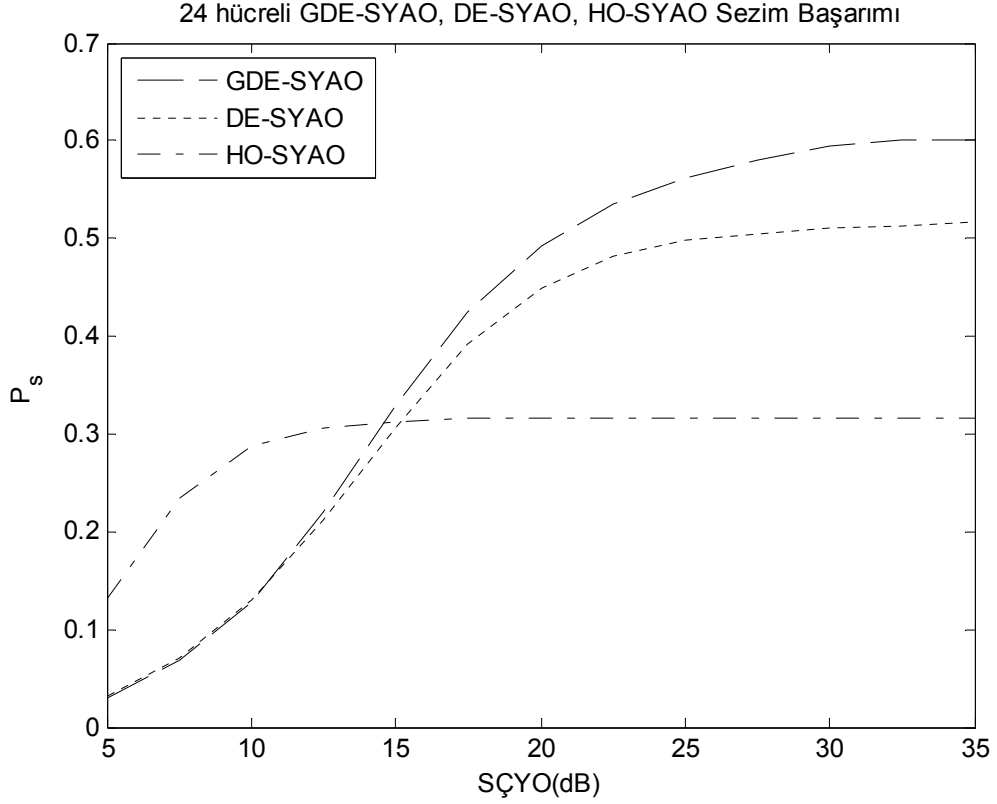
Şekil 5.34, 3 Hedef, P_s Durum5



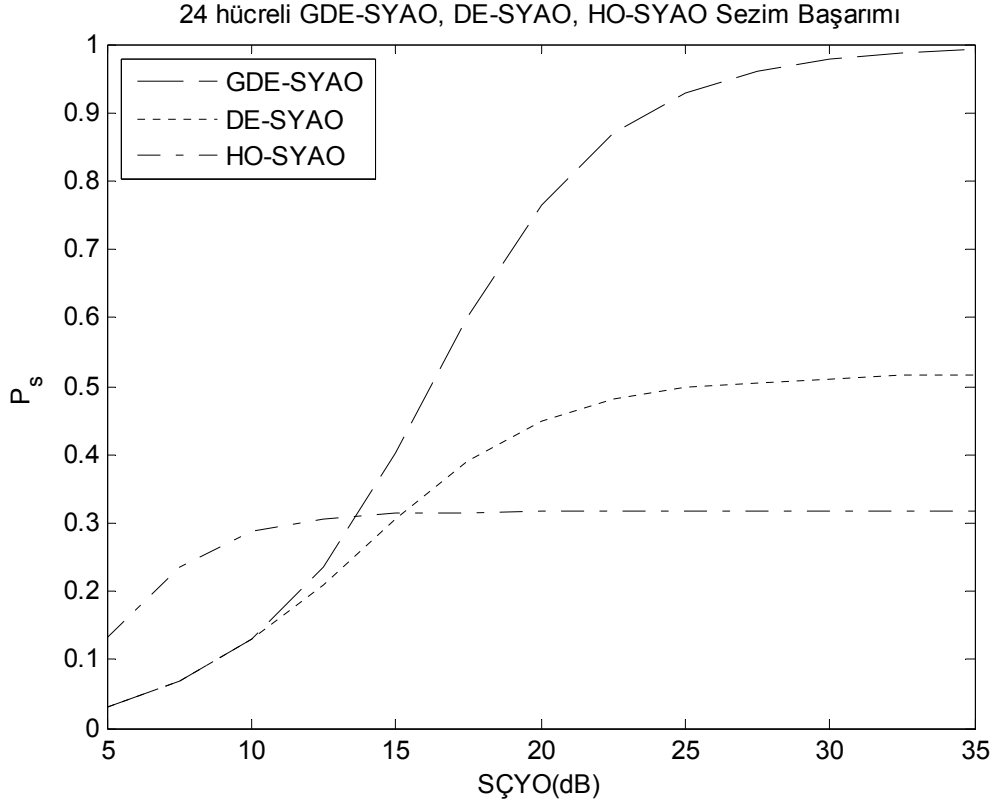
Şekil 5.35, 3 Hedef, P_s Durum6



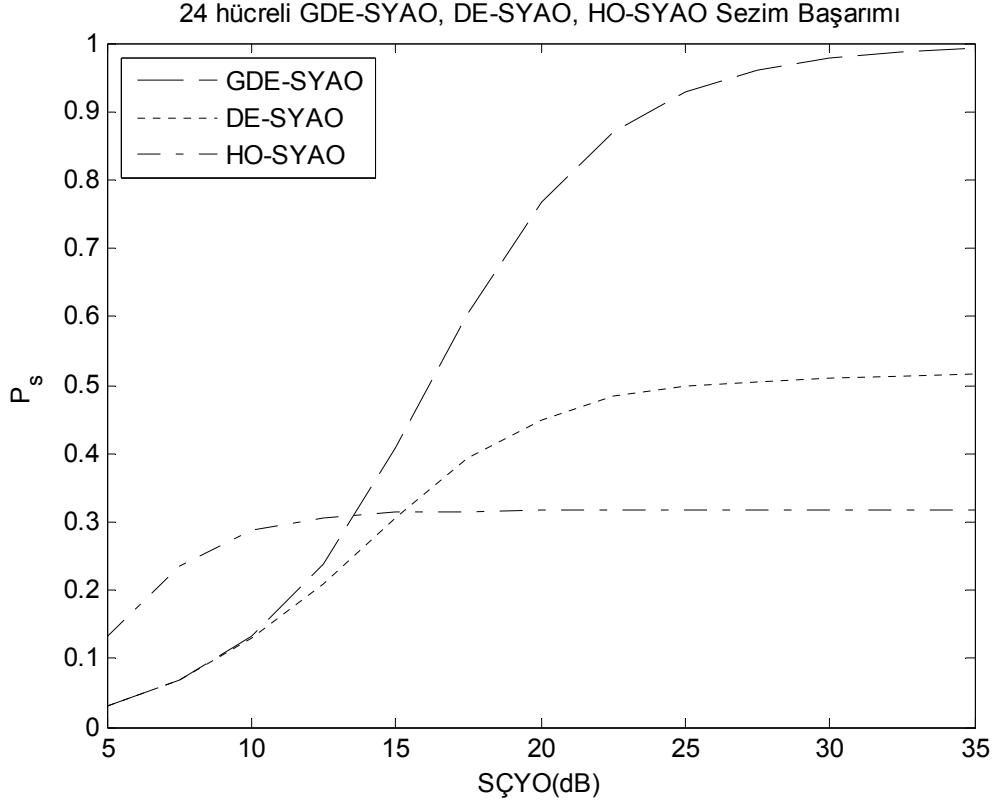
Şekil 5.36, 3 Hedef, P_s Durum7



Şekil 5.37, 3 Hedef, P_s Durum8



Şekil 5.38, 3 Hedef, P_s Durum9



Şekil 5.39, 3 Hedef, P_s Durum10

N (N=24) uzunluğundaki bir referans pencerede, üç karıştırıcı hedefin yer alması $N*(N-1)*(N-2)$, ($24*23*22=12144$) farklı koşulda gerçekleşebilir. Üç karıştırıcı hedefin referans pencerede yer aldığı koşullar, GDE-SYAO işlemcisinin başarımı açısından Tablo 5.5'deki durumlardan birine denk gelmektedir. Olası bütün koşullar incelendiğinde, Tablo 5.5'deki her bir durum eşit olasılık ile gerçekleşmemektedir. Her bir durumdaki sezim başarımı, ilgili durumun gerçekleşme olasılığı ile ağırlıklandırılarak, üç karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda ortalama sezim başarımı hesaplanabilir.

Durum1 ve Durum2'de, üç karıştırıcı hedef aynı alt pencere altında yer almaktadır. Durum1, üç karıştırıcı hedefin A1 alt pencerede yer alması veya B2 alt penceresinde yer alması koşullarına karşılık gelir. Üç karıştırıcı hedefin A1 veya B2 alt referans penceresinde yer alması, GDE-SYAO işlemcisi başarımı açısından simetrik koşullardır. Tablo 5.5'deki durumların simetrik karşılıkları Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6, Üç Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Simetrik Konumları

Durum\Pencere	A1	A2	B1	B2
Simetrik Durum1 (Şekil 5.30)	--	--	--	XXX
Simetrik Durum2 (Şekil 5.31)	--	--	XXX	--
Simetrik Durum3 (Şekil 5.32)	--	--	X	XX
Simetrik Durum4 (Şekil 5.33)	--	--	XX	X
Simetrik Durum5 (Şekil 5.34)	--	X	--	XX
Simetrik Durum6 (Şekil 5.35)	X	--	--	XX
Simetrik Durum7 (Şekil 5.36)	--	X	XX	--
Simetrik Durum8 (Şekil 5.37)	X	--	XX	-
Simetrik Durum9 (Şekil 5.38)	--	X	X	X
Simetrik Durum10 (Şekil 5.39)	X	--	X	X
XXX: Üç Karıştırıcı Hedef, XX: İki Karıştırıcı Hedef, X: Tek Karıştırıcı Hedef, --: Hedef Yok				

Üç karıştırıcı hedefin aynı alt pencerede ($N/4$: alt referans pencere uzunluğu) yer alması $(N/4)*((N/4)-1)*((N/4)-2)$ farklı koşulda gerçekleşebilir. Durum1 için simetrik koşulların eklenmesi halinde bu sayı iki katına çıkar. Durum2'nin gerçekleşebileceği koşul sayısı da bu yöntem ile hesaplanabilir.

Üç karıştırıcı hedefin ikisinin aynı, diğerinin farklı alt pencerede yer alması $(N/4)*(N/4)*((N/4)-1)*(3)$ koşul altında gerçekleşebilir. Durum3, Durum4, Durum5, Durum6, Durum7, Durum8'de simetrik koşulların eklenmesi ile bu sayı iki katına çıkar.

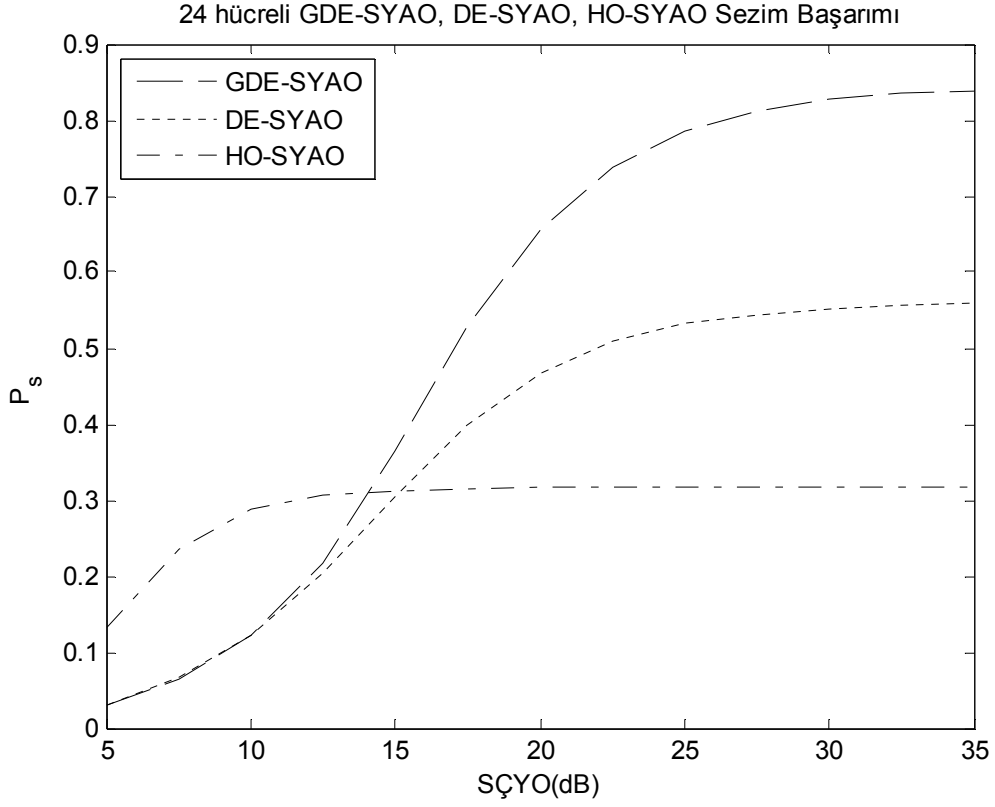
Üç karıştırıcı hedefin, her birinin farklı alt referans pencerede yer alması $(N/4)*(N/4)*(N/4)*(3!)$ koşul altında gerçekleşebilir. Durum9 ve Durum10'da simetrik koşulların eklenmesi ile bu sayı iki katına çıkar.

Bütün durumların gerçekleşebileceği koşul sayısı ayrı ayrı hesaplanarak, toplam koşul sayısına oranlandığında durumların gerçekleşme olasılıkları elde edilir.

$P[\text{Durum1}] = [(N/4)*((N/4)-1)*((N/4)-2)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=240/12144
$P[\text{Durum2}] = [(N/4)*((N/4)-1)*((N/4)-2)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=240/12144
$P[\text{Durum3}] = [(N/4)*(N/4)*((N/4)-1)*(3)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=1080/12144
$P[\text{Durum4}] = [(N/4)*(N/4)*((N/4)-1)*(3)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=1080/12144
$P[\text{Durum5}] = [(N/4)*(N/4)*((N/4)-1)*(3)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=1080/12144
$P[\text{Durum6}] = [(N/4)*(N/4)*((N/4)-1)*(3)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=1080/12144
$P[\text{Durum7}] = [(N/4)*(N/4)*((N/4)-1)*(3)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=1080/12144
$P[\text{Durum8}] = [(N/4)*(N/4)*((N/4)-1)*(3)^2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=1080/12144
$P[\text{Durum9}] = [(N/4)*(N/4)*(N/4)*(3!)*2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=2592/12144
$P[\text{Durum10}] = [(N/4)*(N/4)*(N/4)*(3!)*2] / [N*(N-1)*(N-2)]$	=2592/12144

Bu olasılıklar ile her bir duruma karşılık gelen sezim başarımları ağırlıklandırılarak, üç karıştırıcı hedefin yer aldığı ortamda, ortalama sezim başarımları elde edilebilir.

$$P[\text{Üç Karıştırıcı Hedefli Ortamda Sezim}] = P[\text{Durum1}] * P[\text{Durum1'deki Sezim}] + \\ P[\text{Durum2}] * P[\text{Durum2'deki Sezim}] + \\ \dots + \\ P[\text{Durum10}] * P[\text{Durum10'daki Sezim}]$$



Şekil 5.40, Üç Karıştırıcı Hedefli Ortamda Ağırlıklandırılmış Sezim Başarımı

Şekil 5.40'da üç karıştırıcı hedefli ortamda, GDE-SYAO işlemcisinin ortalama sezim başarımının DE-SYAO işlemcisine göre daha iyi olduğu açıkça görülmektedir.

5.3.3.4 Dört Karıştırıcı Hedefli Ortam

Sezim başarımı karşılaştırmasında, çevresel yansımalar içinde dört karıştırıcı hedefin yer aldığı ortam, GDE-SYAO işlemcisi için on dokuz farklı durumda gerçekleşebilir. Dört karıştırıcı hedefli ortamın olası konumları Tablo 5.7’da gösterilmiştir.

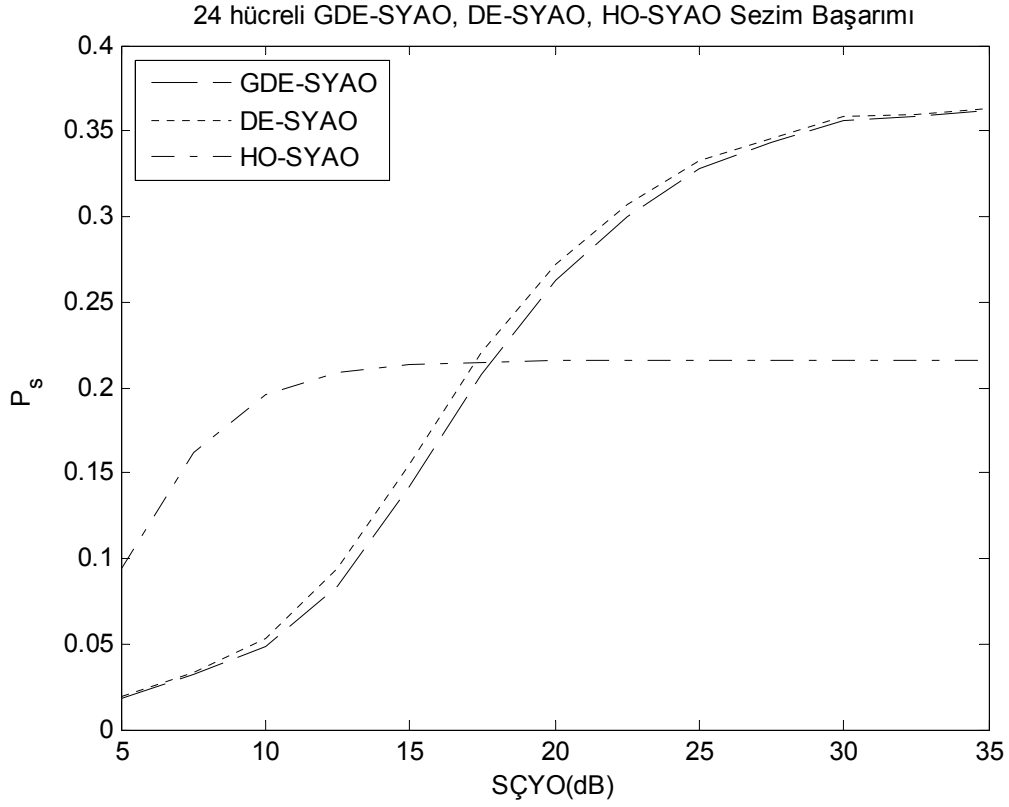
Tablo 5.7, Dört Karıştırıcı Hedefli Ortamda Karıştırıcı Hedeflerin Olası Konumları

Durum\Pencere	A1	A2	B1	B2
1 (Şekil 5.41)	XXXX	--	--	--
2 (Şekil 5.42)	--	XXXX	--	--
3 (Şekil 5.43)	XXX	X	--	--
4 (Şekil 5.44)	XX	XX	--	--
5 (Şekil 5.45)	X	XXX	--	--
6 (Şekil 5.46)	XXX	--	X	--
7 (Şekil 5.47)	XXX	--	--	X
8 (Şekil 5.48)	--	XXX	X	--
9 (Şekil 5.49)	--	XXX	--	X
10 (Şekil 5.50)	X	XX	X	--
11 (Şekil 5.51)	X	XX	--	X
12 (Şekil 5.52)	XX	X	X	--
13 (Şekil 5.53)	XX	X	--	X
14 (Şekil 5.54)	XX	--	XX	--
15 (Şekil 5.55)	XX	--	--	XX
16 (Şekil 5.56)	--	XX	XX	--
17 (Şekil 5.57)	X	X	XX	--
18 (Şekil 5.58)	X	X	--	XX
19 (Şekil 5.59)	X	X	X	X

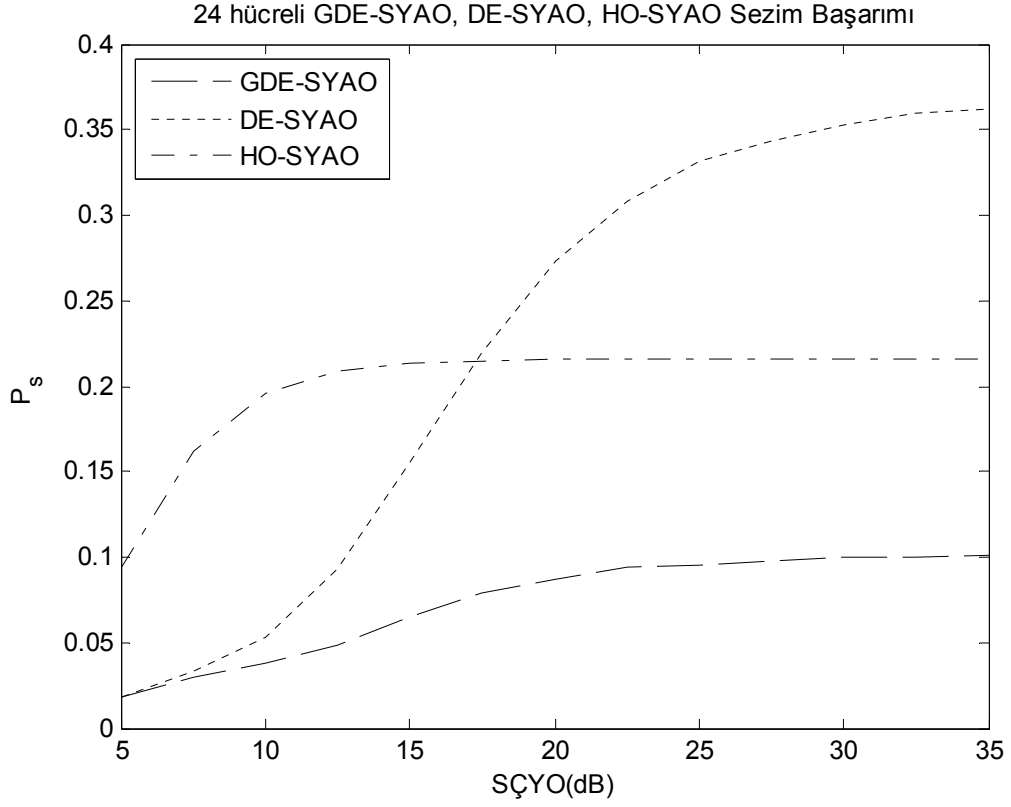
XXXX: Dört Karıştırıcı Hedef, XXX: Üç Karıştırıcı Hedef,
XX: İki Karıştırıcı Hedef, X: Tek Karıştırıcı Hedef, --: Hedef Yok

Dört karıştırıcı hedefin referans pencere içerisinde yer aldığı 19 farklı durumun 12’sinde (Durum 6 (Şekil 5.46), Durum 7 (Şekil 5.47), Durum 10 (Şekil 5.50), Durum 11 (Şekil 5.51), Durum 12 (Şekil 5.52), Durum 13 (Şekil 5.53), Durum 14 (Şekil 5.54), Durum 15 (Şekil 5.55), Durum 16 (Şekil 5.56), Durum 17 (Şekil 5.57),

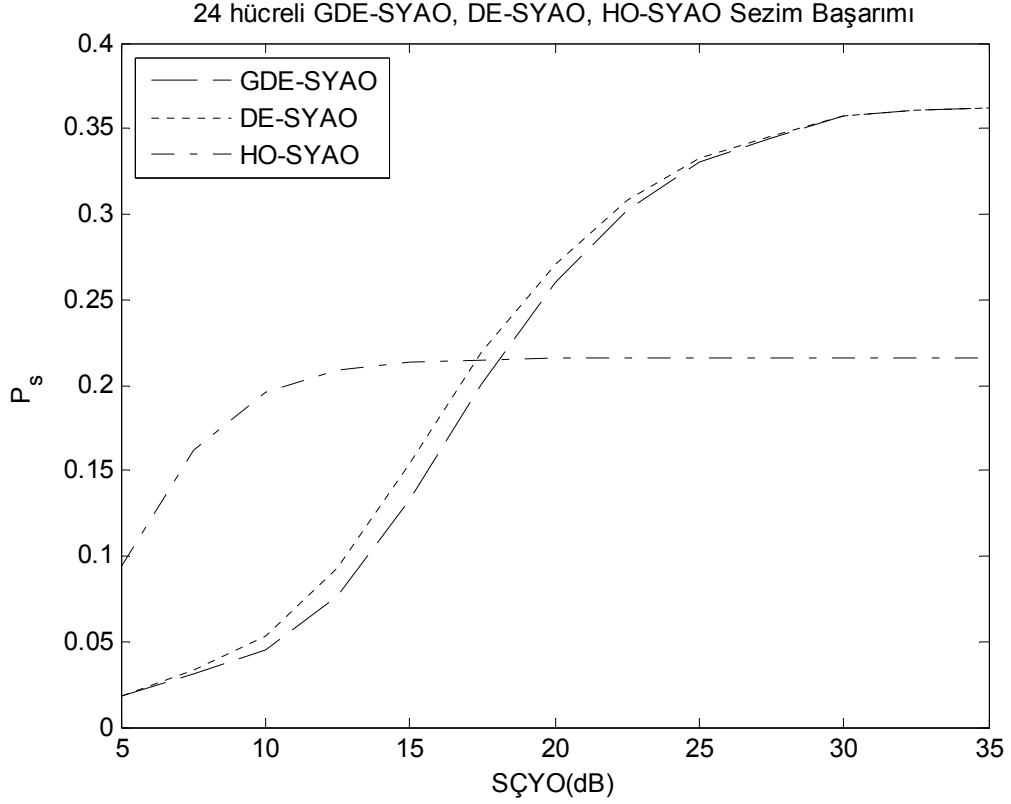
Durum 18 (Şekil 5.58), Durum 19 (Şekil 5.59)) GDE-SYAO, DE-SYAO işlemcisine göre daha iyi başarımlar göstermektedir. Durum 1 (Şekil 5.41) ve Durum 3 (Şekil 5.43)'teki sezim başarımları benzerdir. Diğer durumlarda (Durum 2 (Şekil 5.42), Durum 4 (Şekil 5.44), Durum 5 (Şekil 5.45), Durum 8 (Şekil 5.48), Durum 9 (Şekil 5.49)) GDE-SYAO işlemcisi yanlış alarm kontrolü sağlayabilmek için sezim başarımında azalma göstermektedir.



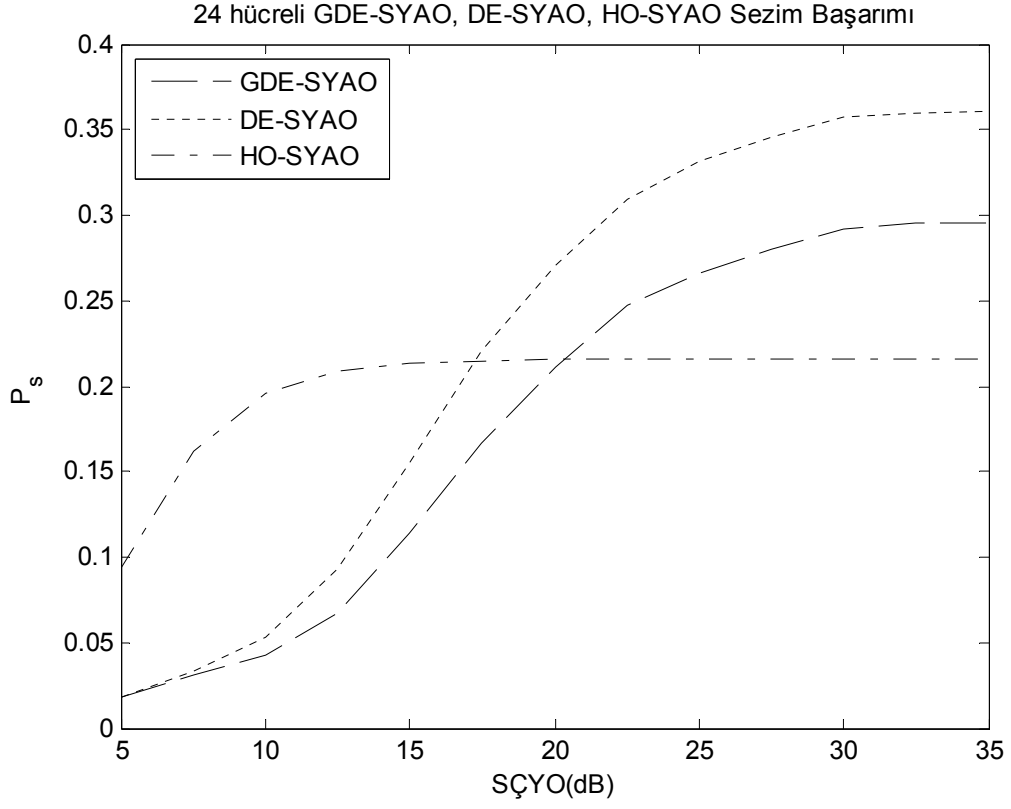
Şekil 5.41, 4 Hedef, P_s Durum1



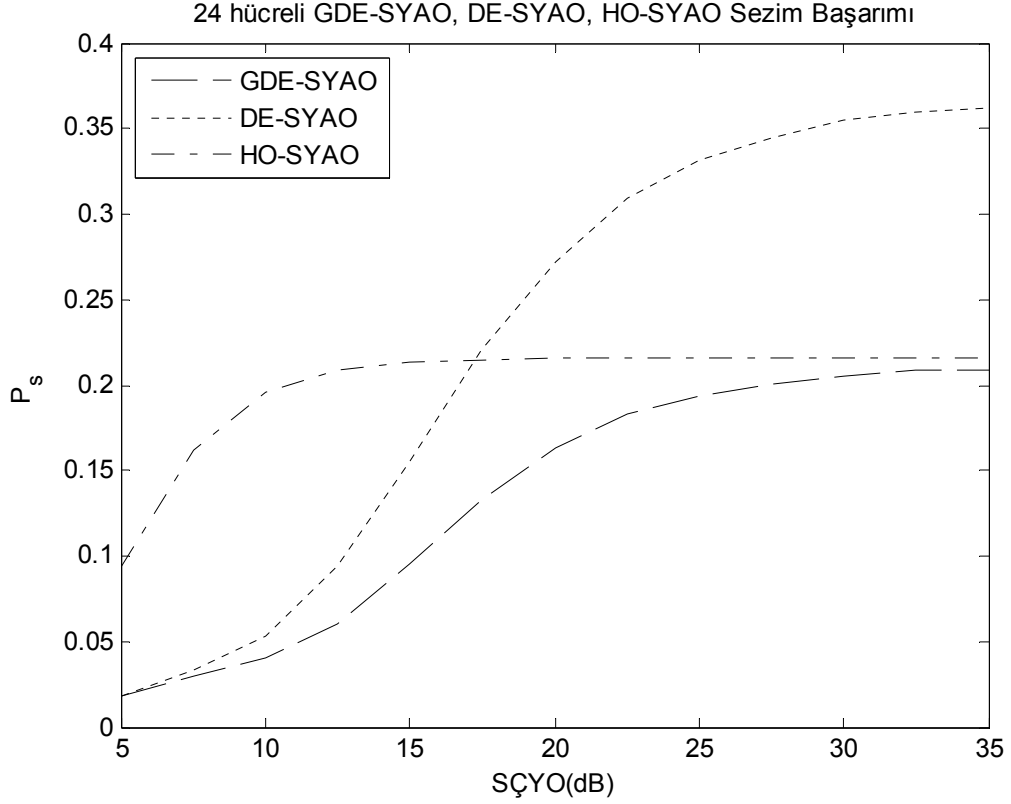
Şekil 5.42, 4 Hedef, P_s Durum2



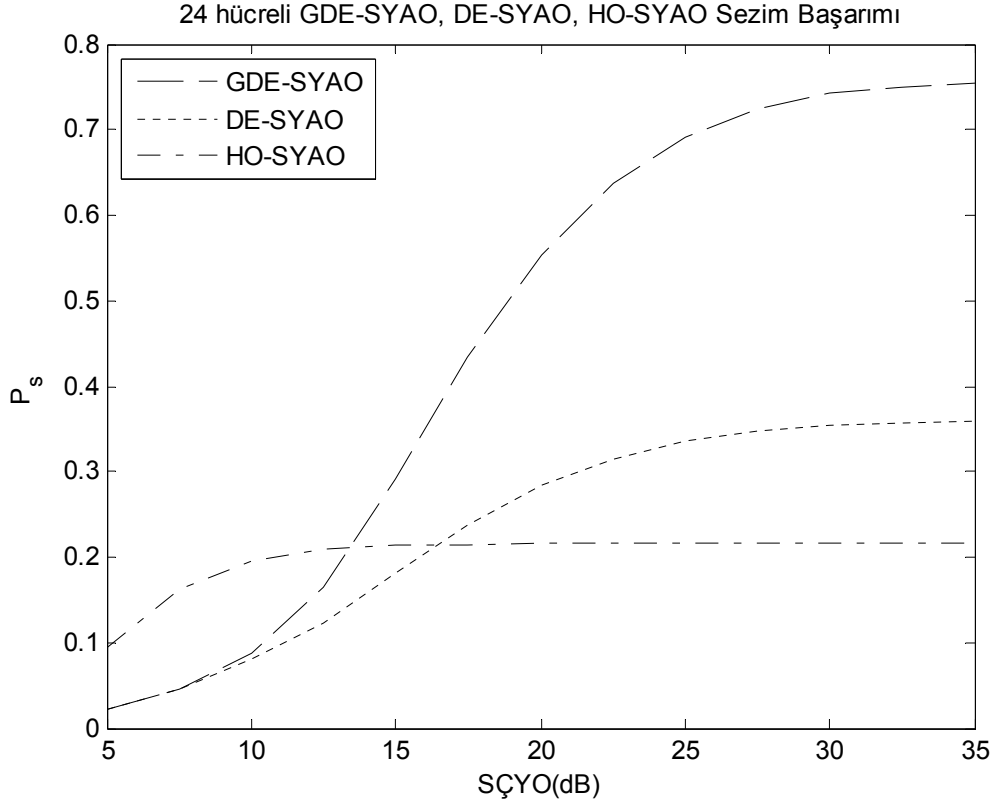
Şekil 5.43, 4 Hedef, P_s Durum3



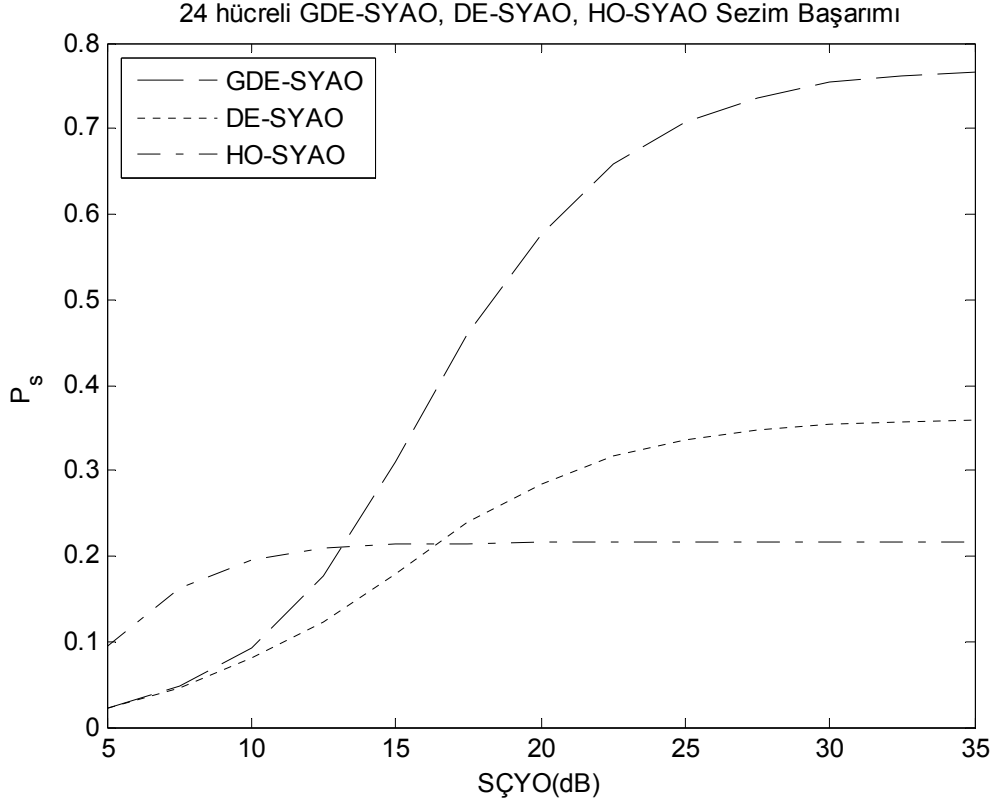
Şekil 5.44, 4 Hedef, P_s Durum4



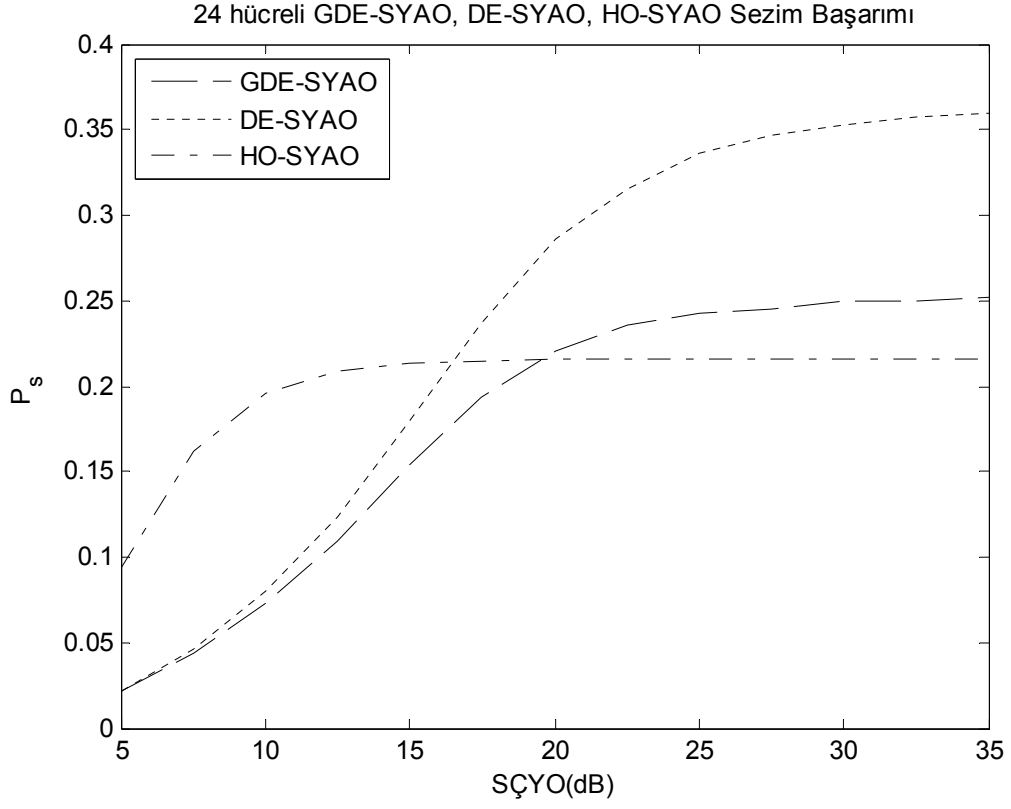
Şekil 5.45, 4 Hedef, P_s Durum5



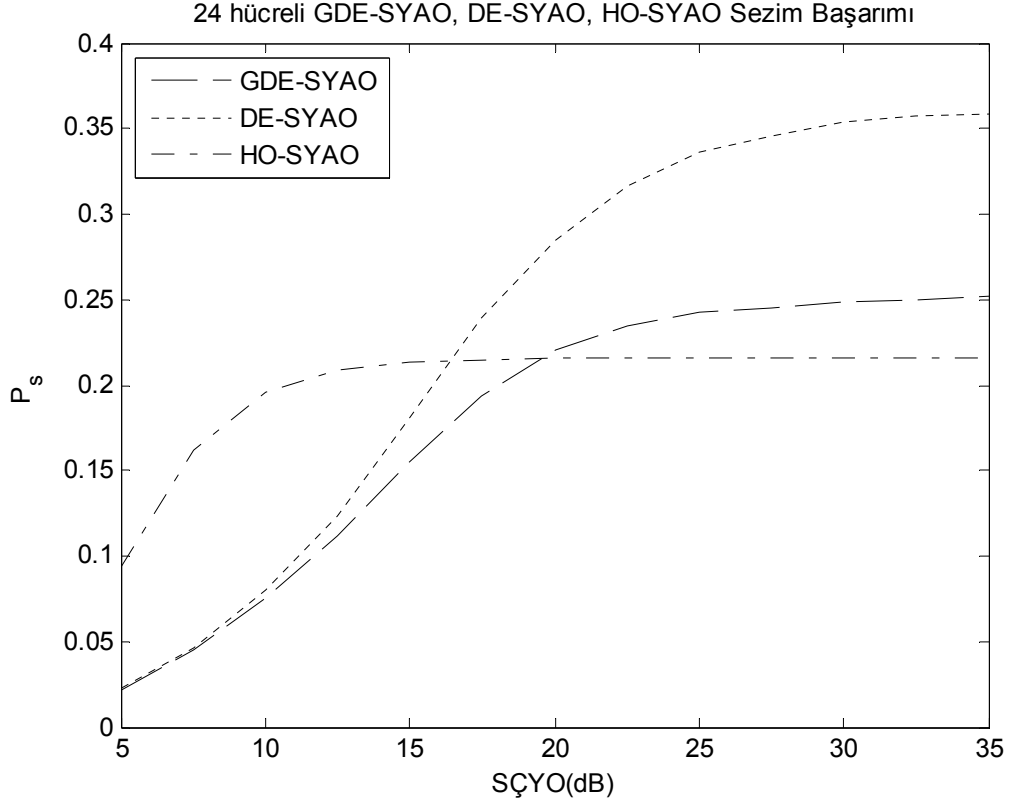
Şekil 5.46, 4 Hedef, P_s Durum6



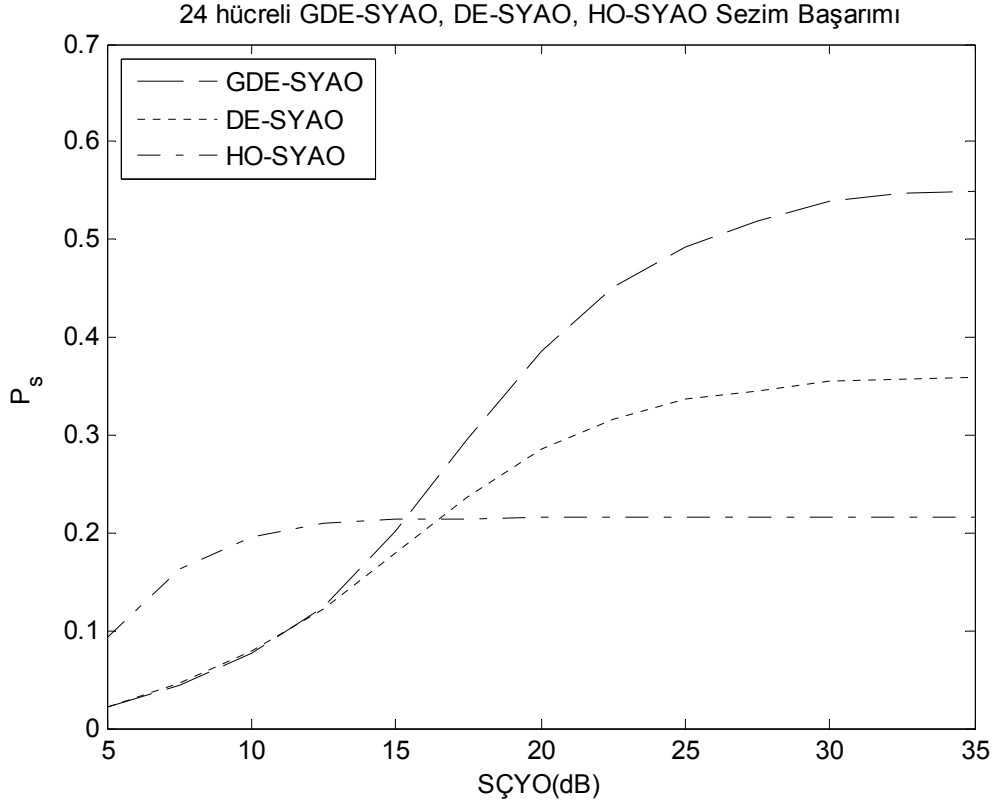
Şekil 5.47, 4 Hedef, P_s Durum7



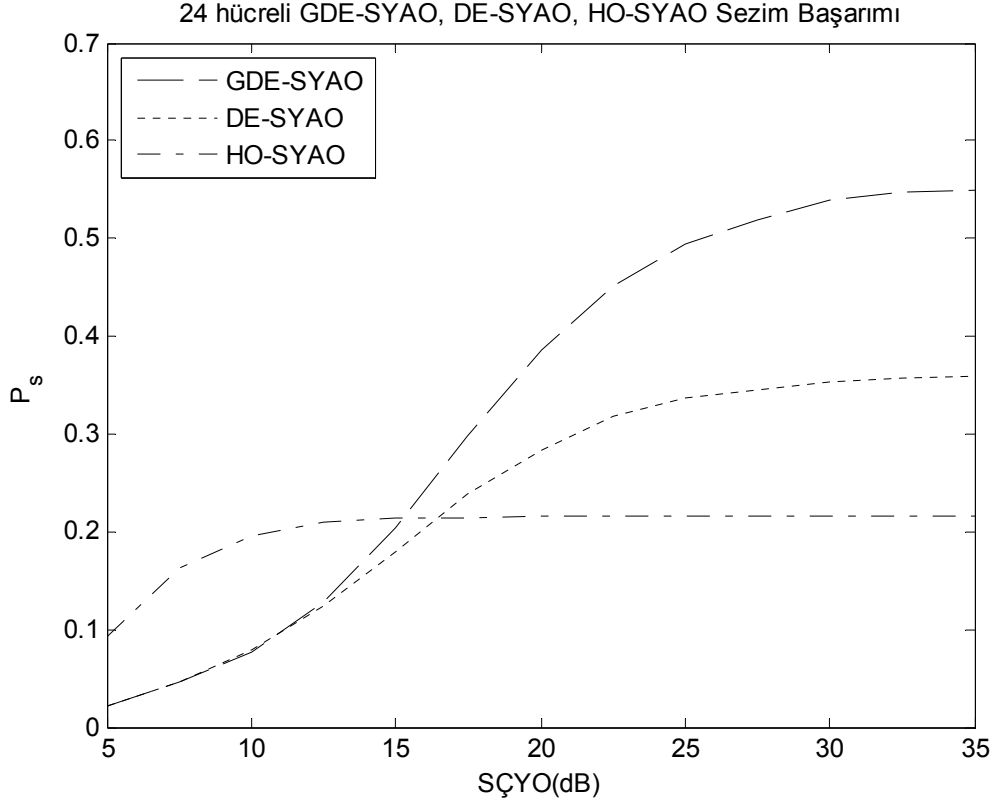
Şekil 5.48, 4 Hedef, P_s Durum8



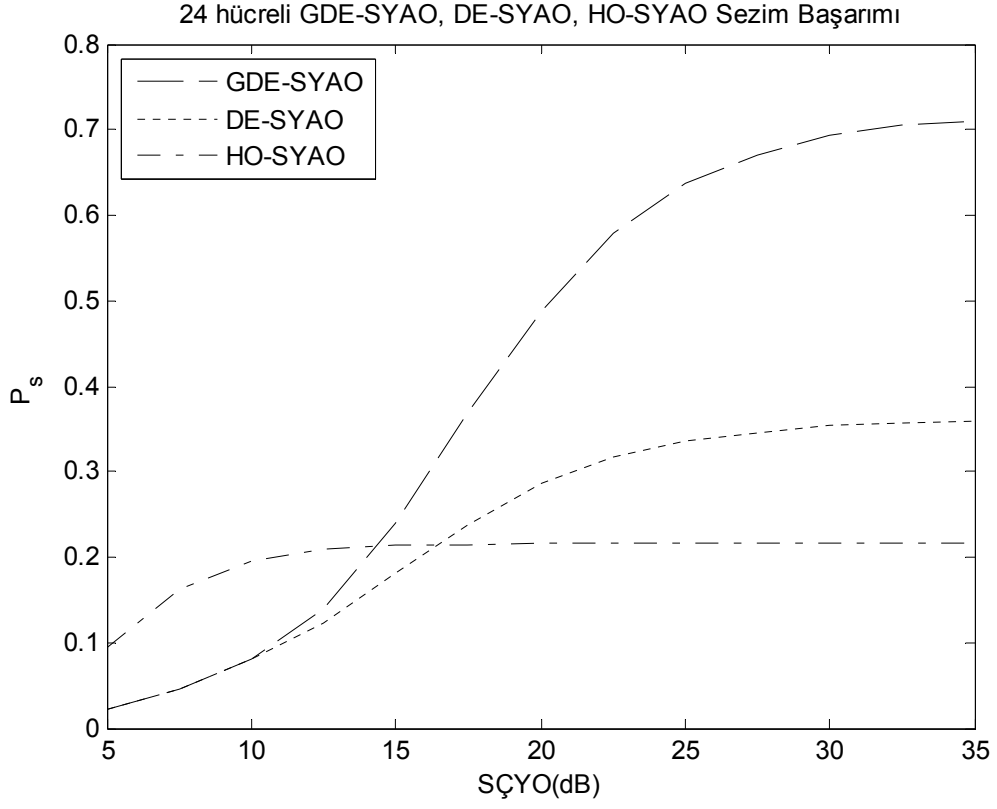
Şekil 5.49, 4 Hedef, P_s Durum9



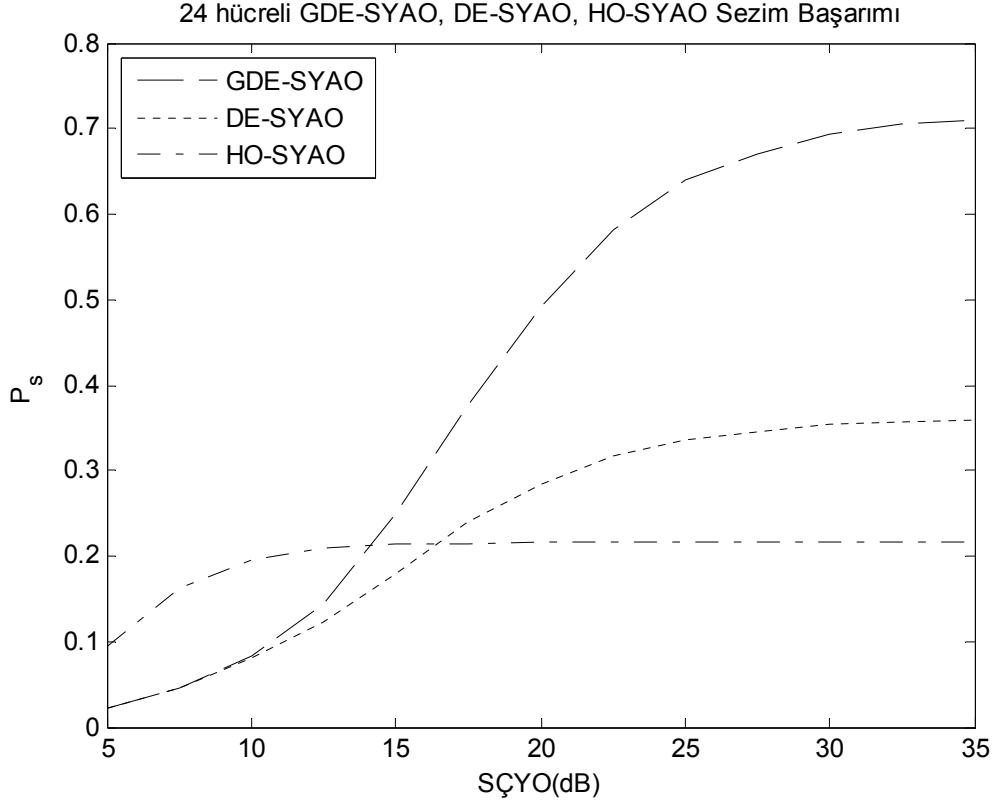
Şekil 5.50, 4 Hedef, P_s Durum10



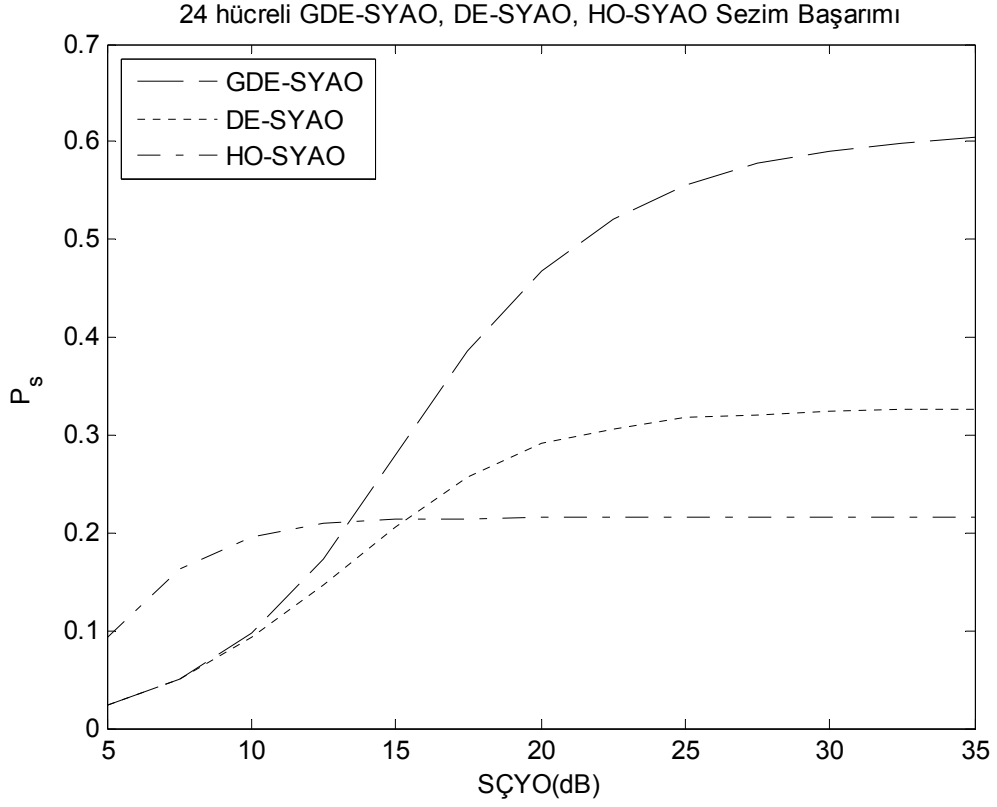
Şekil 5.51, 4 Hedef, P_s Durum11



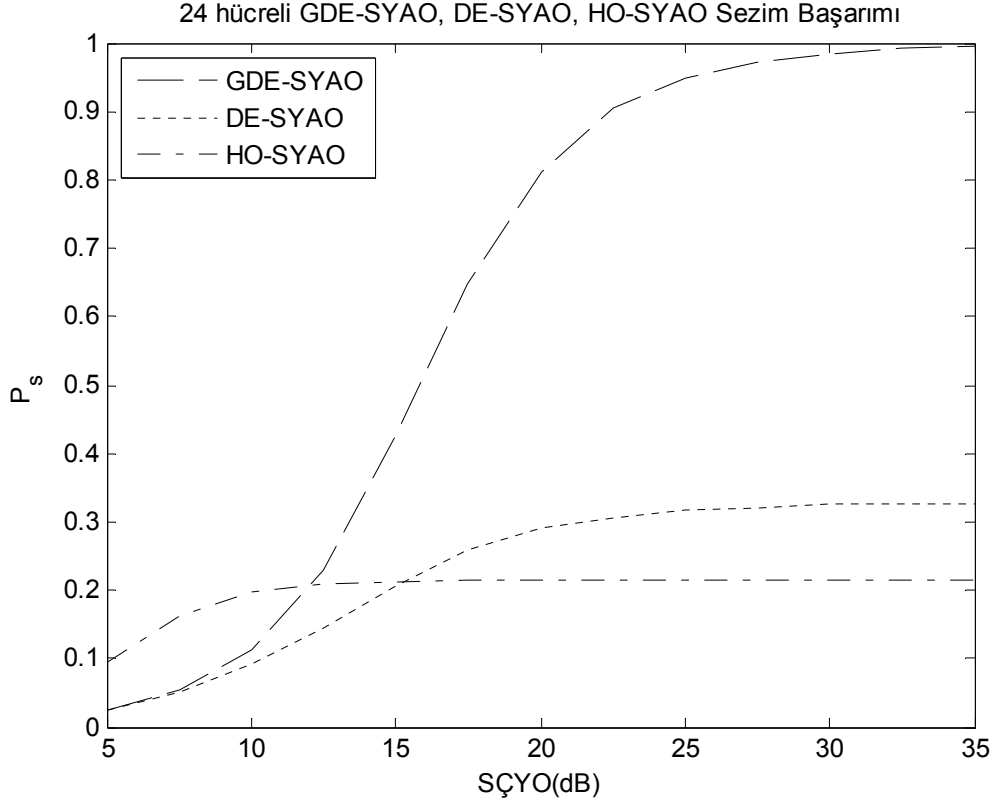
Şekil 5.52, 4 Hedef, P_s Durum12



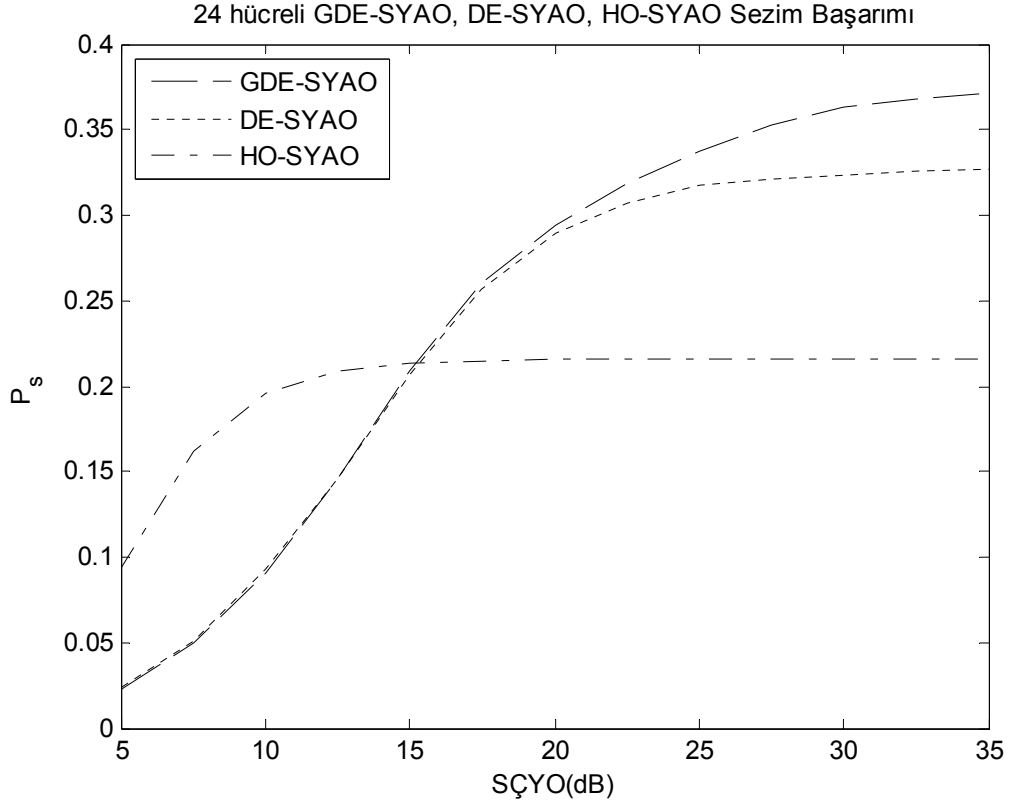
Şekil 5.53, 4 Hedef, P_s Durum13



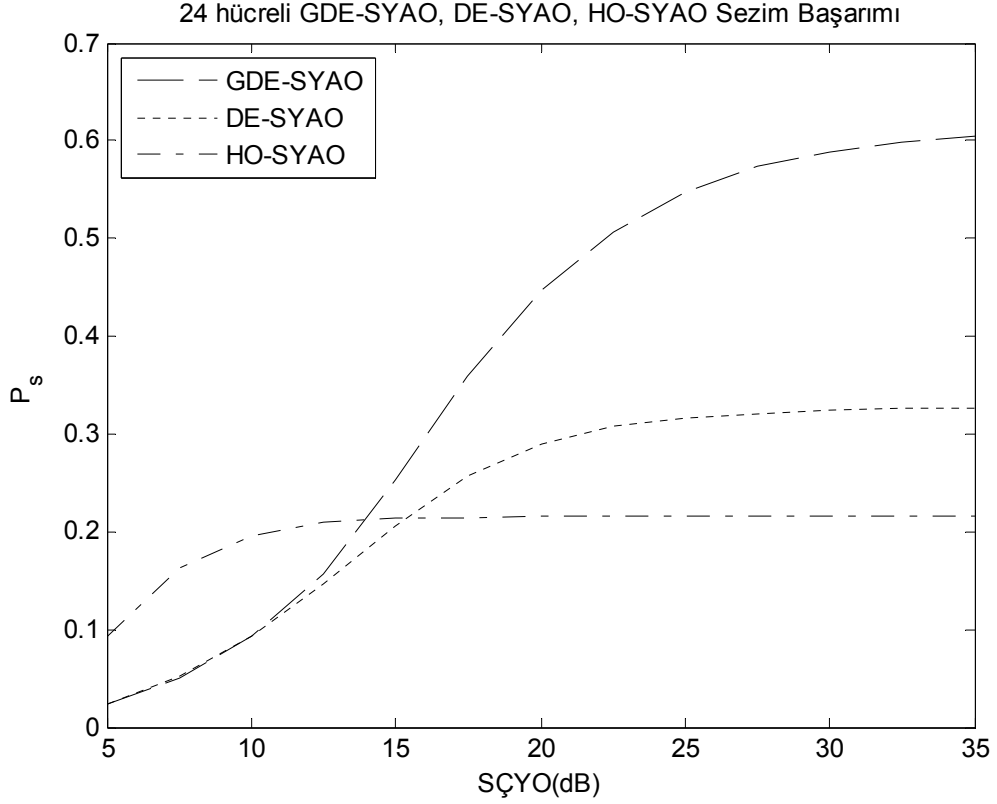
Şekil 5.54, 4 Hedef, P_s Durum14



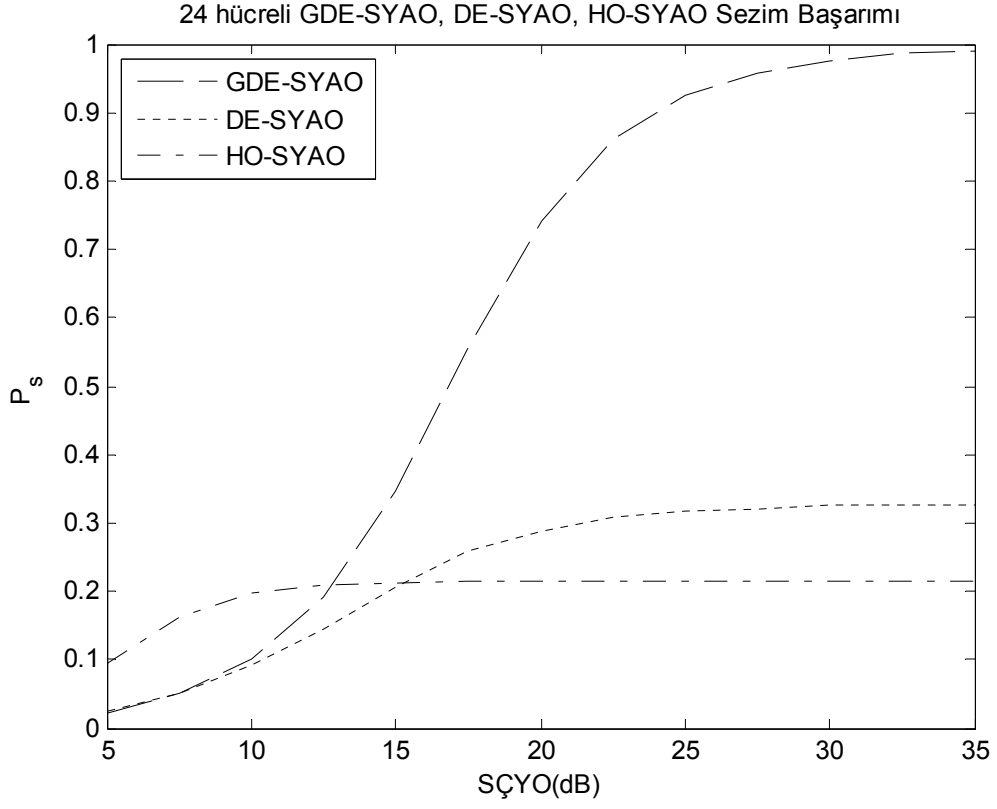
Şekil 5.55, 4 Hedef, P_s Durum15



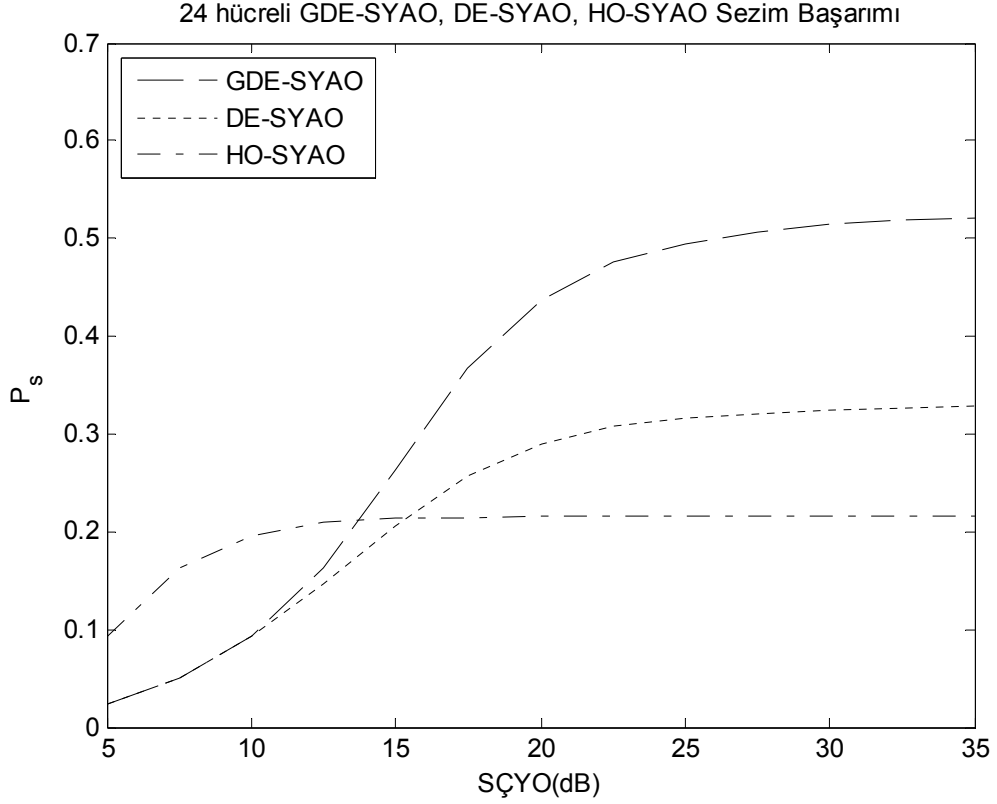
Şekil 5.56, 4 Hedef, P_s Durum16



Şekil 5.57, 4 Hedef, P_s Durum17



Şekil 5.58, 4 Hedef, P_s Durum18

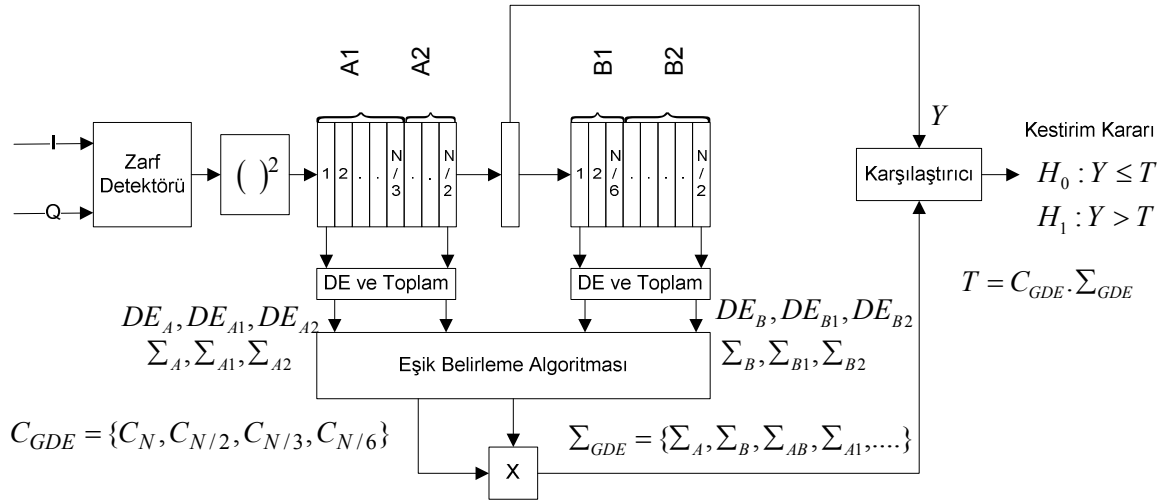


Şekil 5.59, 4 Hedef, P_s Durum19

5.4 Farklı Alt Pencere Uzunluklarının GDE-SYAO İşlemci Başarıma Etkisi

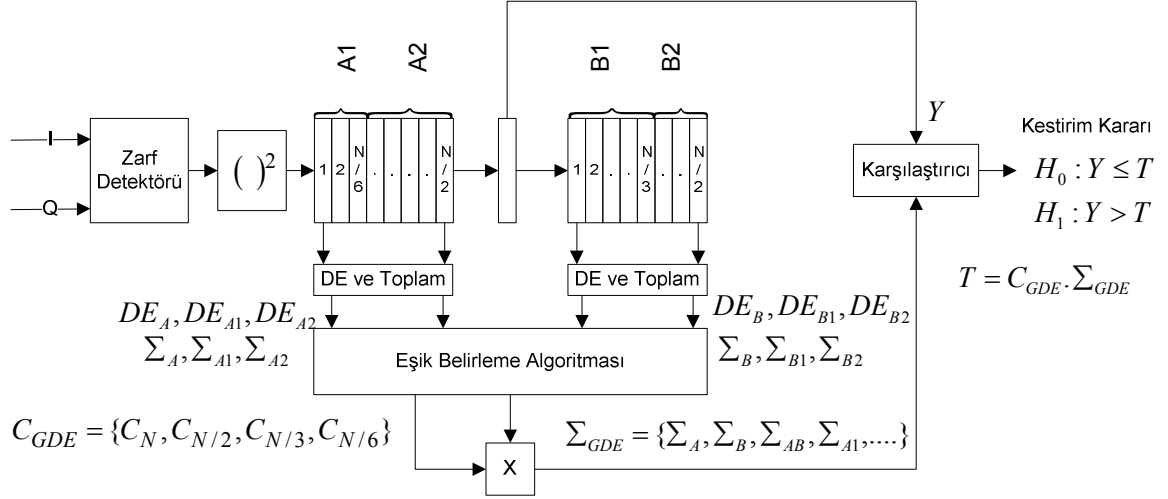
Daha önceki bölümde, GDE-SYAO işlemcisi, A ve B referans pencerelerini eşit uzunluklardaki alt referans pencerelere ayırmaktadır. A referans penceresindeki $N/2$ adet örneğin, baştaki $N/4$ tanesi A1 referans penceresi, sondaki $N/4$ tanesi A2 referans penceresi, B referans penceresindeki $N/2$ adet örneğin, baştaki $N/4$ tanesi B1 referans penceresi, sondaki $N/4$ tanesi B2 referans penceresi olarak adlandırılmıştır.

Bu bölümde, alt referans pencereleri farklı uzunluklarda olan GDE-SYAO işlemcilerinin başarımları incelenmiştir. Bu işlemcilerin iki farklı sürümünün başarımları incelenmiştir. 24 hücreli GDE-SYAO işlemcisi için birinci sürümde, A2 ve B1 alt referans pencereleri 4 hücre, A1 ve B2 alt referans pencereleri 8 hücre uzunluğundadır. İkinci sürümde ise, A2 ve B1 alt referans pencereleri 8 hücre, A1 ve B2 alt referans pencereleri 4 hücre uzunluğundadır. İki yeni sürümün blok diyagramları sırası ile Şekil 5.60 ve Şekil 5.61'de gösterilmiştir.



Şekil 5.60, GDE-SYAO Sürüm1 (GDE1-SYAO) Blok Diyagram

Sürüm1'de test hücrelerine yakın olan A2 ve B1 alt referans pencerelerinin uzunlukları $2/3$ oranında azaltılırken, test hücrelerine daha uzak olan A1 ve B2 alt referans pencerelerinin uzunlukları $4/3$ oranında artırılmıştır.

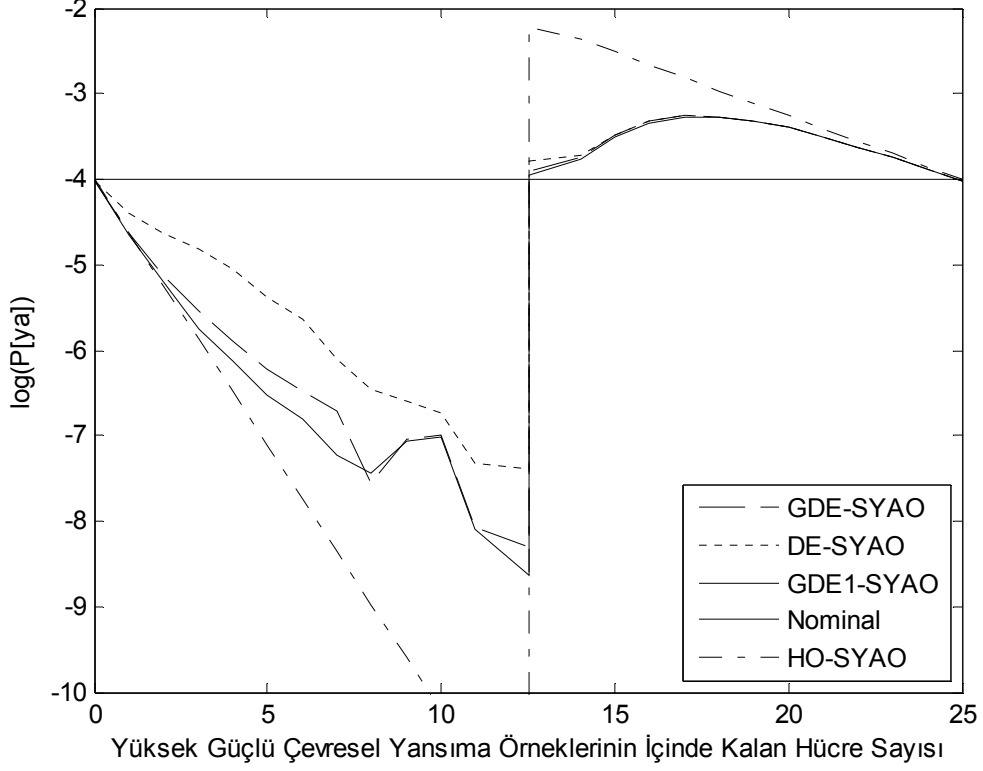


Şekil 5.61, GDE-SYAO Sürüm2 (GDE2-SYAO) Blok Diyagram

Sürüm2’de test hücrelerine yakın olan A2 ve B1 alt referans pencerelerinin uzunlukları 4/3 oranında arttırılırken, test hücrelerine daha uzak olan A1 ve B2 alt referans pencerelerinin uzunlukları 2/3 oranında azaltılmıştır.

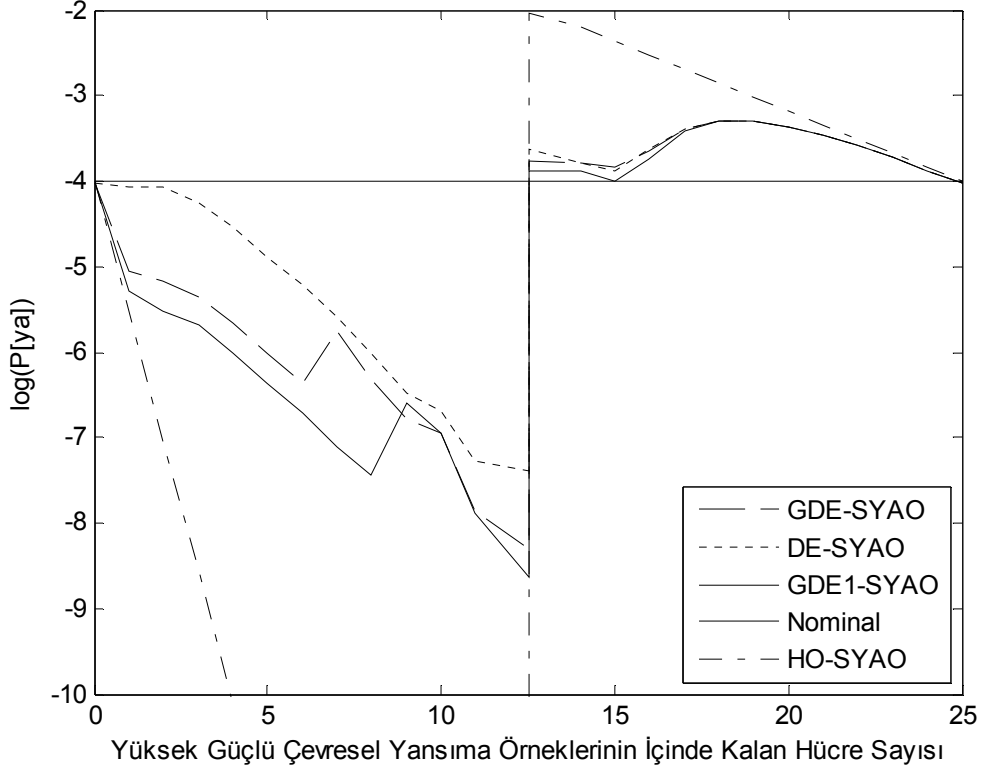
Referans pencereyi, yüksek güçlü çevresel yansımanın doldurduğu (Şekil 5.62, Şekil 5.63, Şekil 5.72, Şekil 5.73) ve k hücreli yüksek güçlü yansımanın referans pencereden yer aldığı durumlarda (Şekil 5.64, Şekil 5.65, Şekil 5.74, Şekil 5.75), her iki sürümün yanlış alarm oranı başarımları elde edilmiştir. İki karıştırıcı hedefin referans pencerede yer aldığı durumda (Şekil 5.66 - Şekil 5.71, Şekil 5.76 - Şekil 5.81) sezim başarımları incelenmiştir.

24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE1-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü



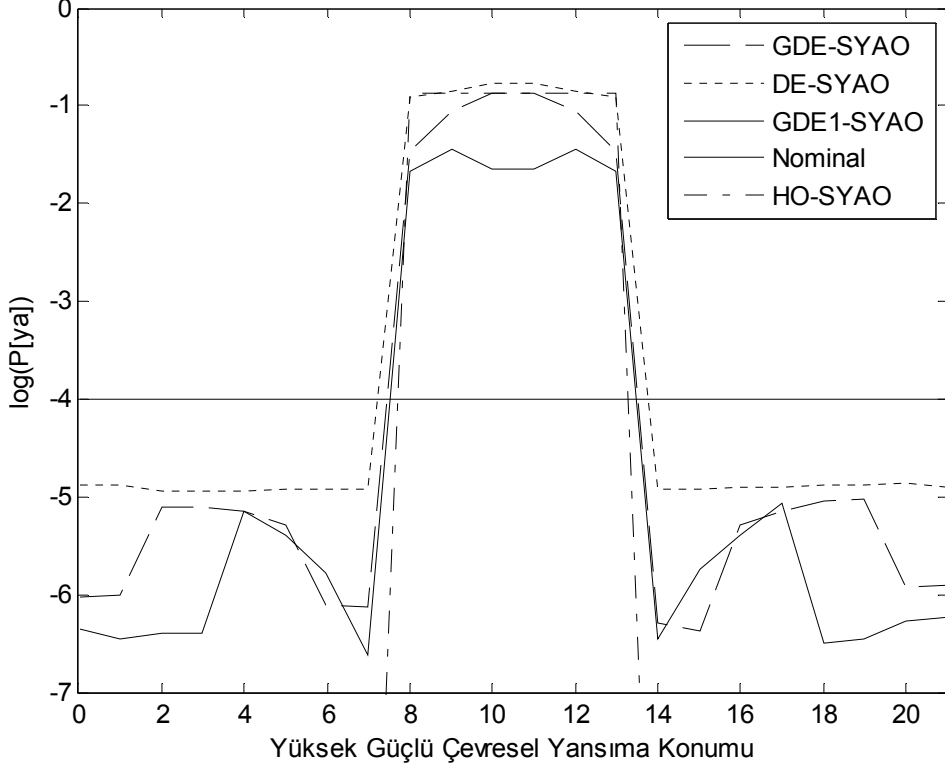
Şekil 5.62, GDE-SYAO Sürüm1, ÇYGF = 10dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}

24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE1-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü



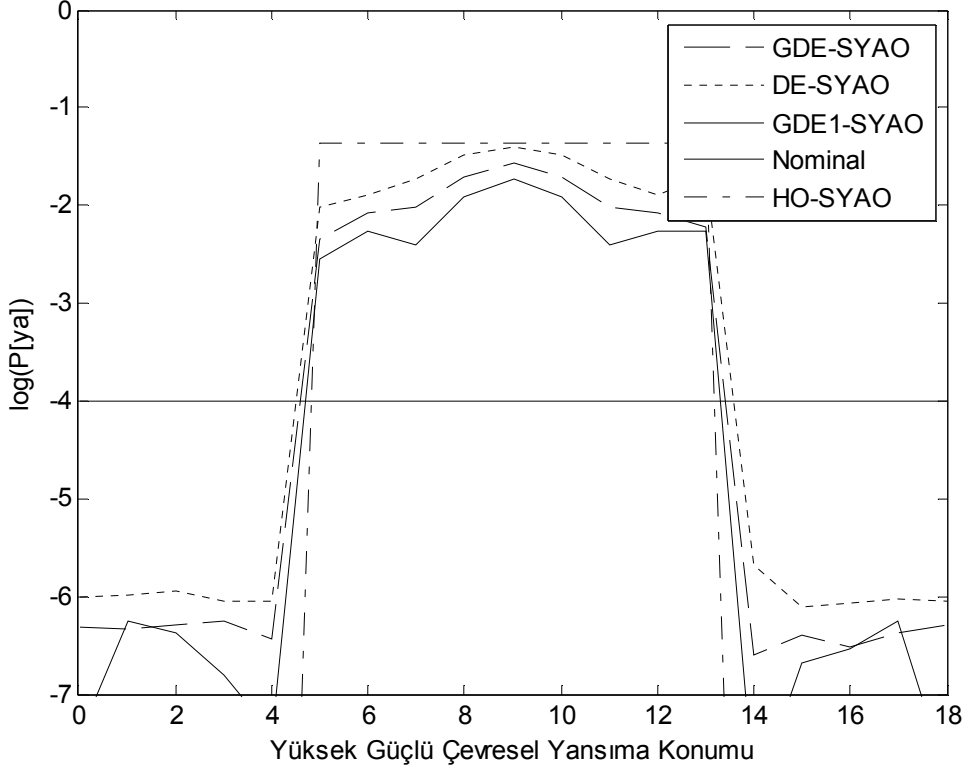
Şekil 5.63, GDE-SYAO Sürüm1, ÇYGF = 20dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}

24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE1-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü

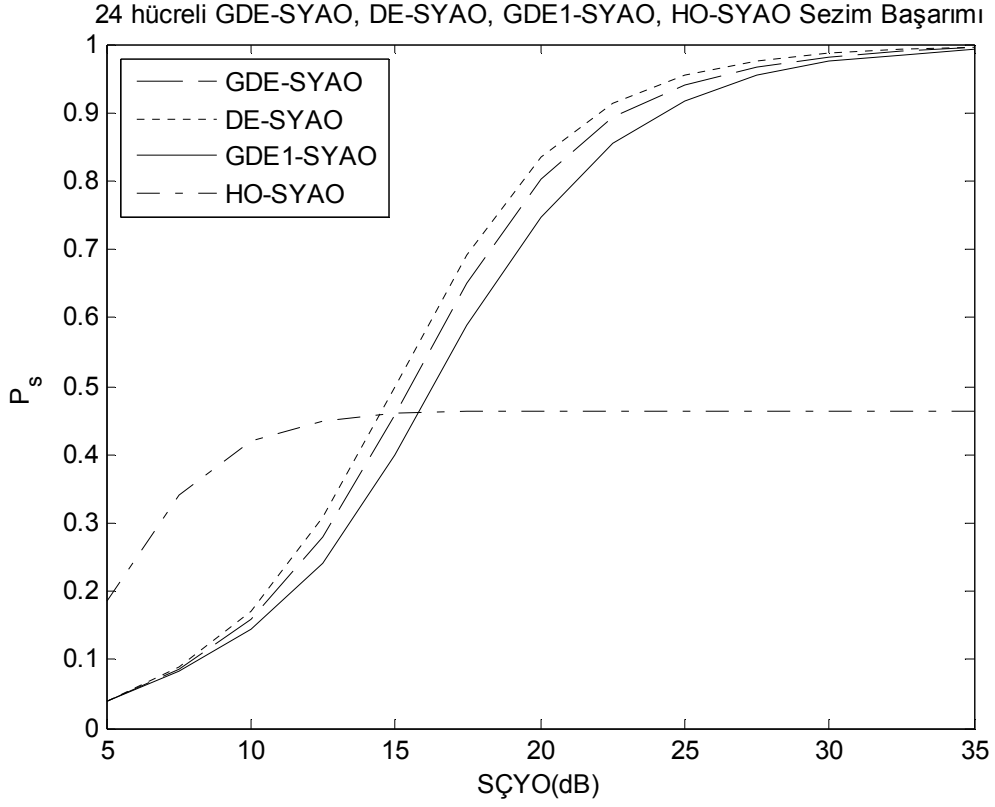


Şekil 5.64, GDE-SYAO Sürüm1, k=5, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}

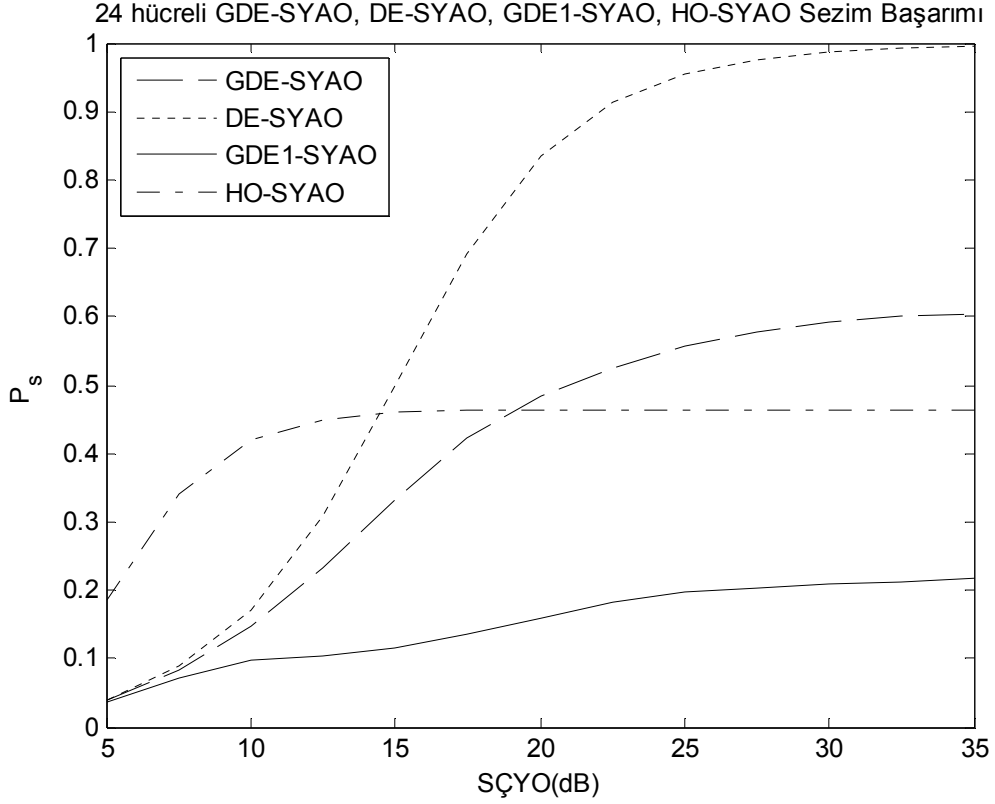
24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE1-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü



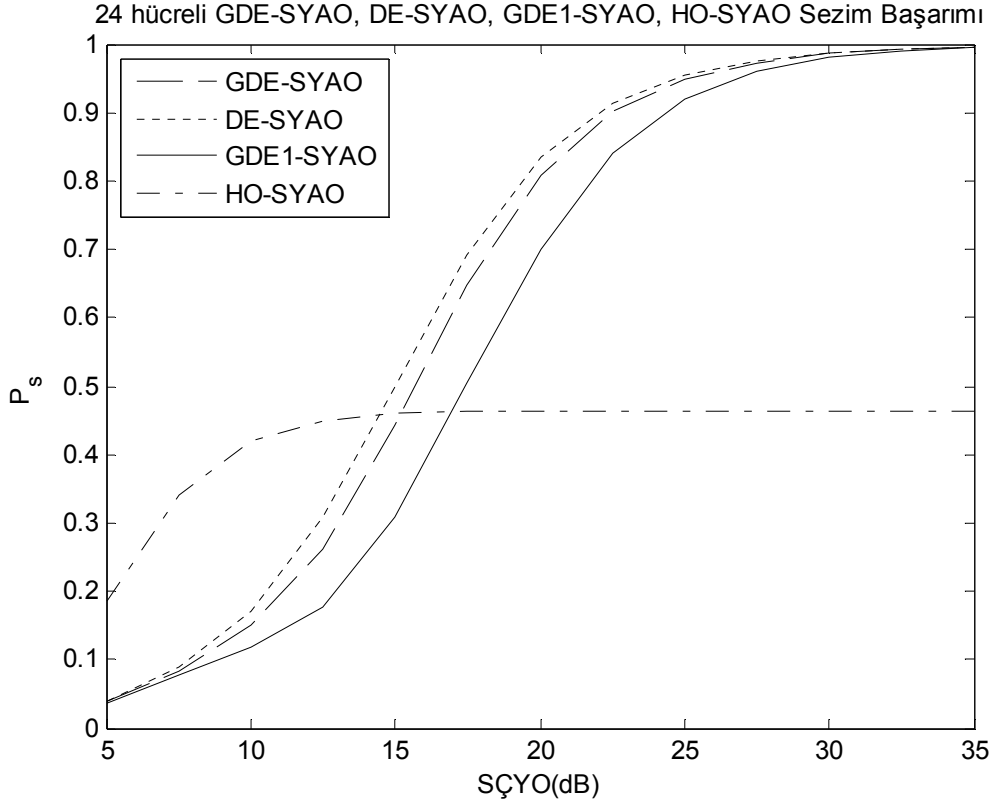
Şekil 5.65, GDE-SYAO Sürüm1, k=8, ÇYGF = 20dB, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}



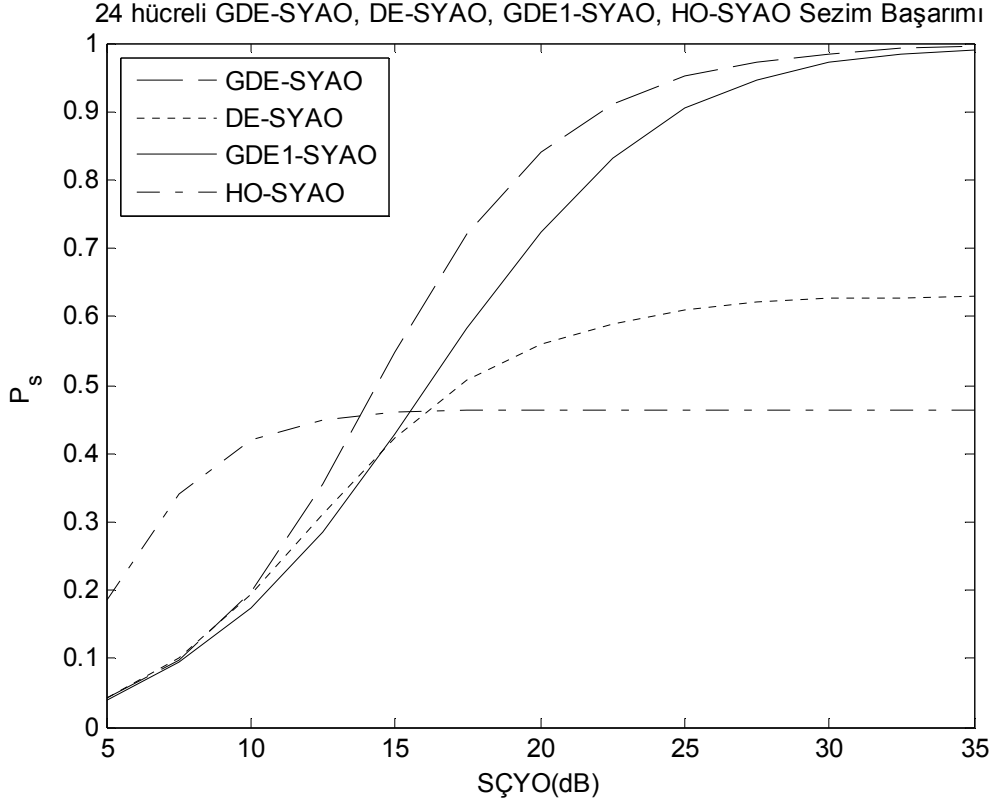
Şekil 5.66, Sürüm1, 2 Hedef, P_s Durum1



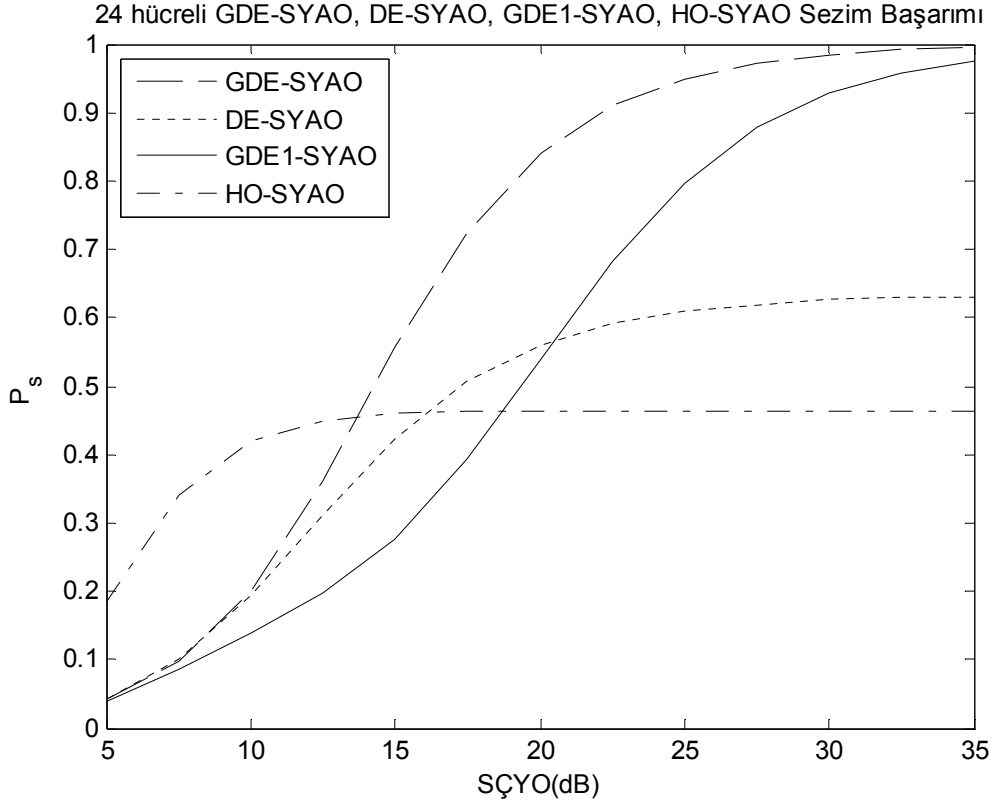
Şekil 5.67, Sürüm1, 2 Hedef, P_s Durum2



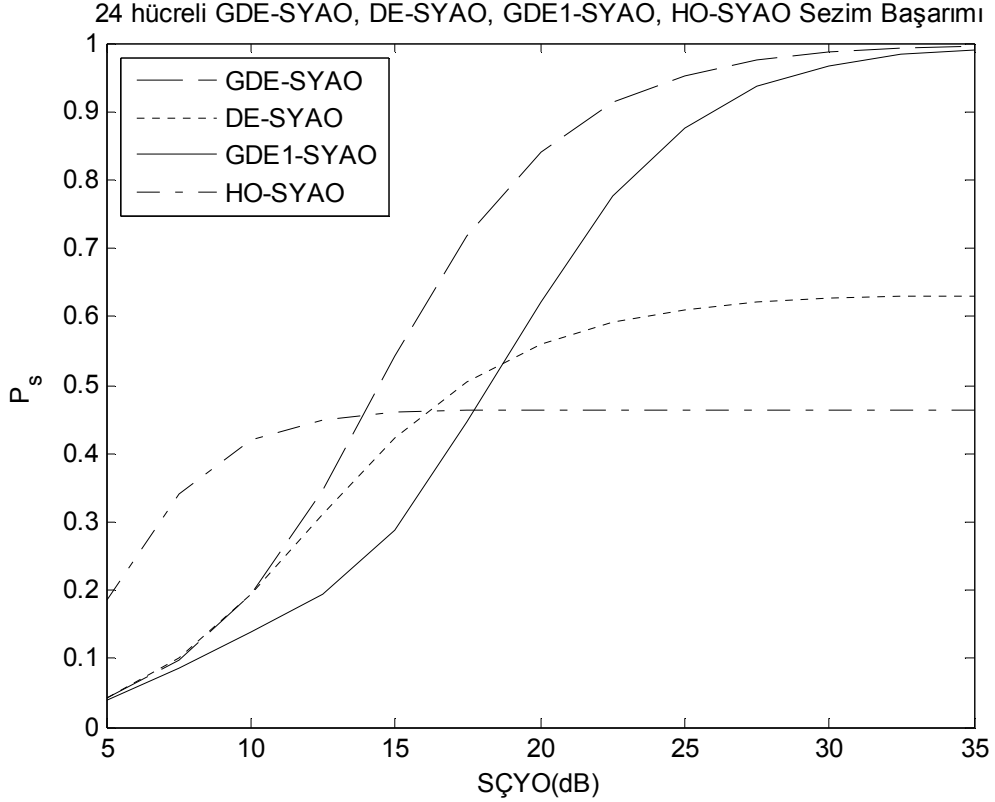
Şekil 5.68, Sürüm1, 2 Hedef, P_s Durum3



Şekil 5.69, Sürüm1,2 Hedef, P_s Durum4

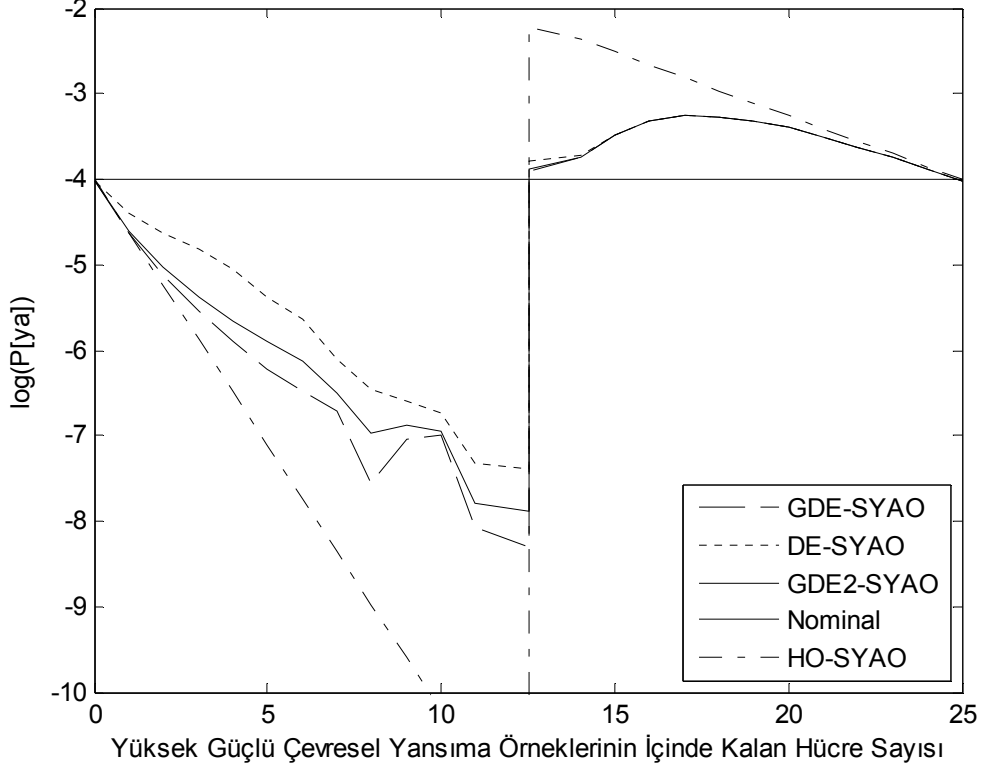


Şekil 5.70, Sürüm1,2 Hedef, P_s Durum5



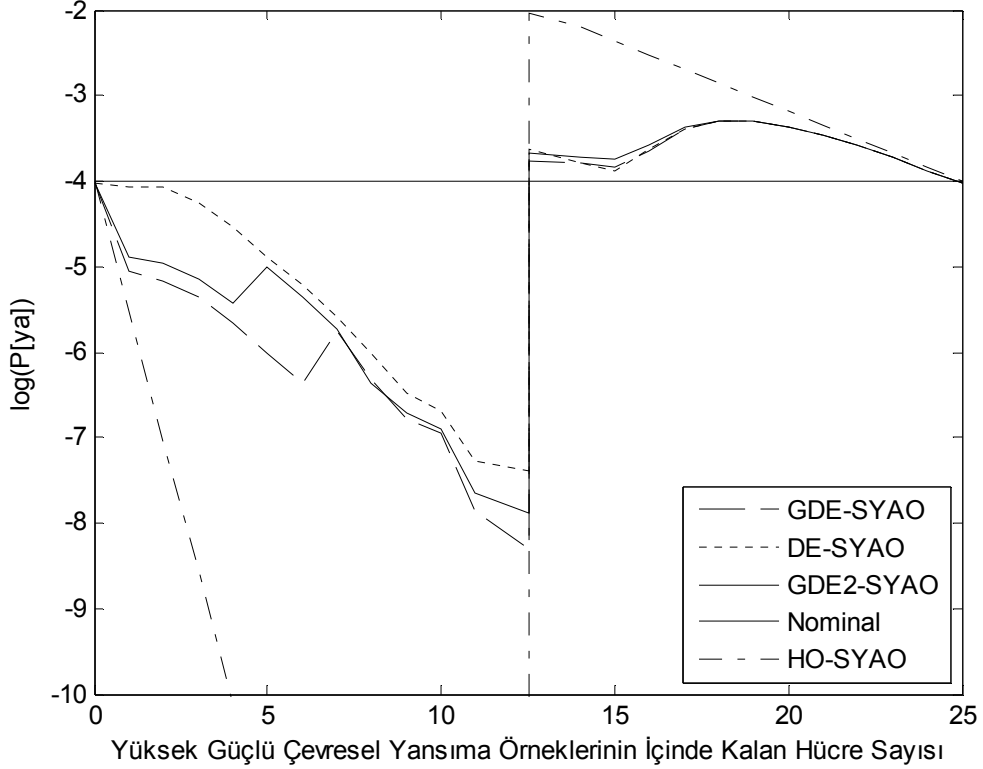
Şekil 5.71, Sürüm1,2 Hedef, P_s Durum6

24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE2-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü



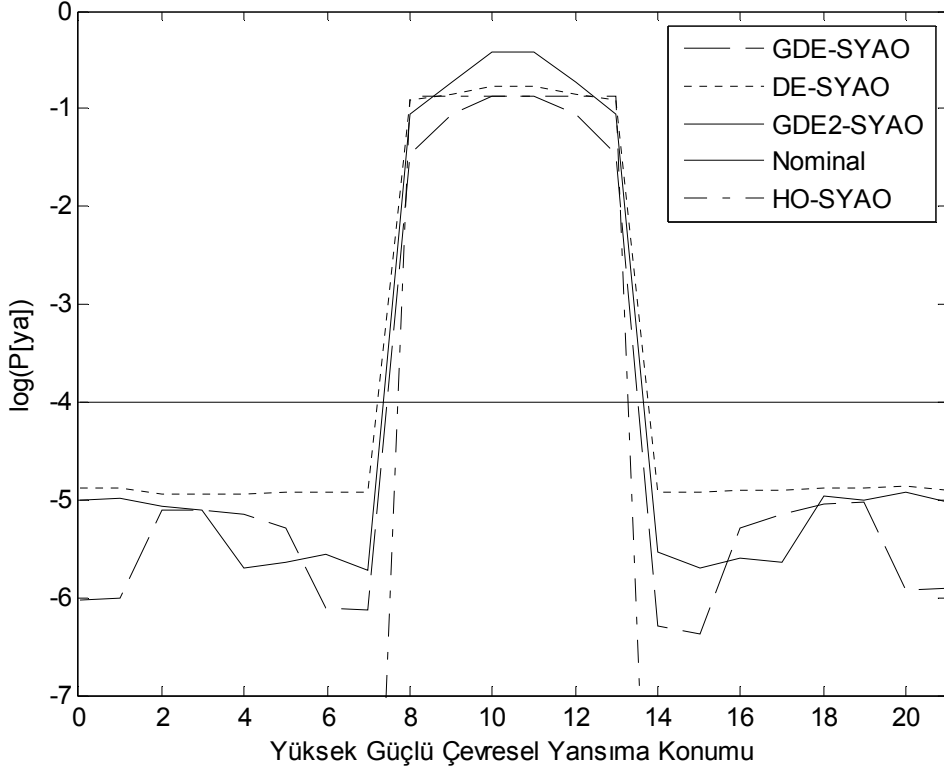
Şekil 5.72 GDE-SYAO Sürüm2, ÇYGF = 10dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}

24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE2-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü



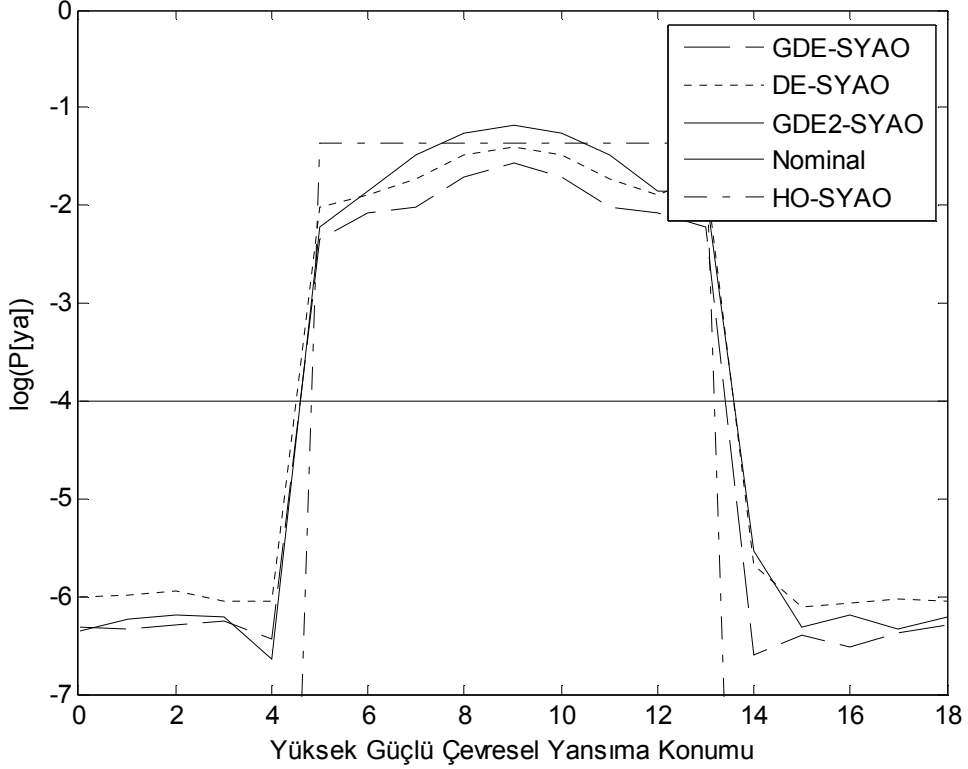
Şekil 5.73 GDE-SYAO Sürüm2, ÇYGF = 20dB Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}

24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE2-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü

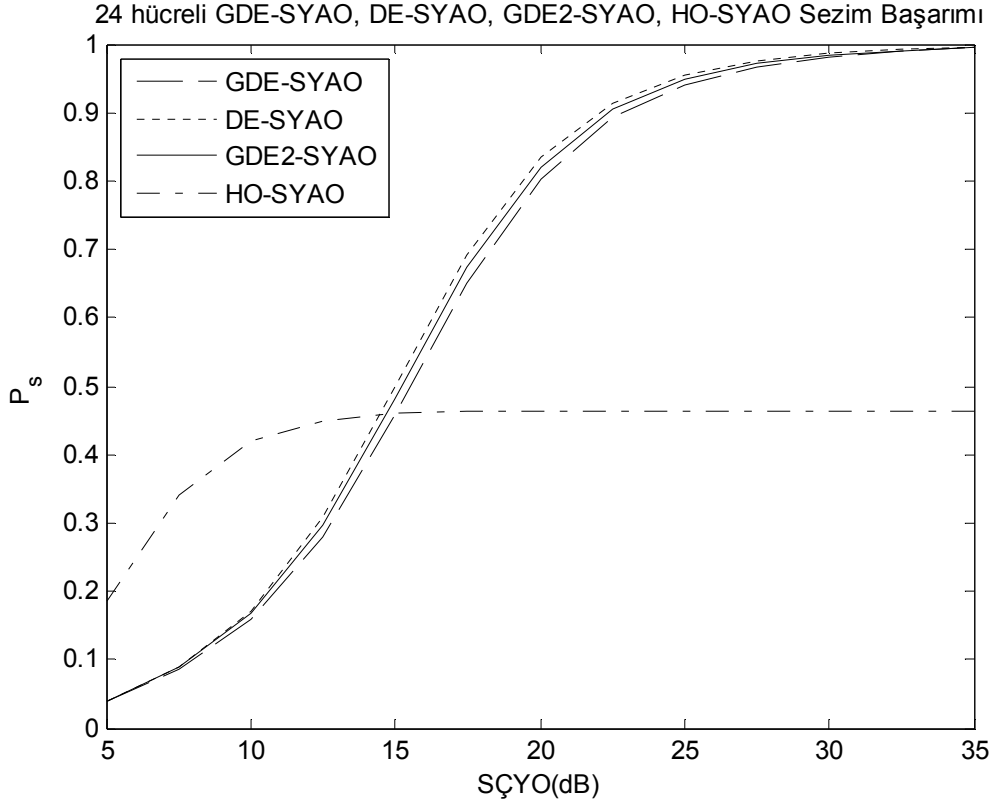


Şekil 5.74, GDE-SYAO Sürüm2, $k=5$, $\text{ÇYGF} = 20\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}

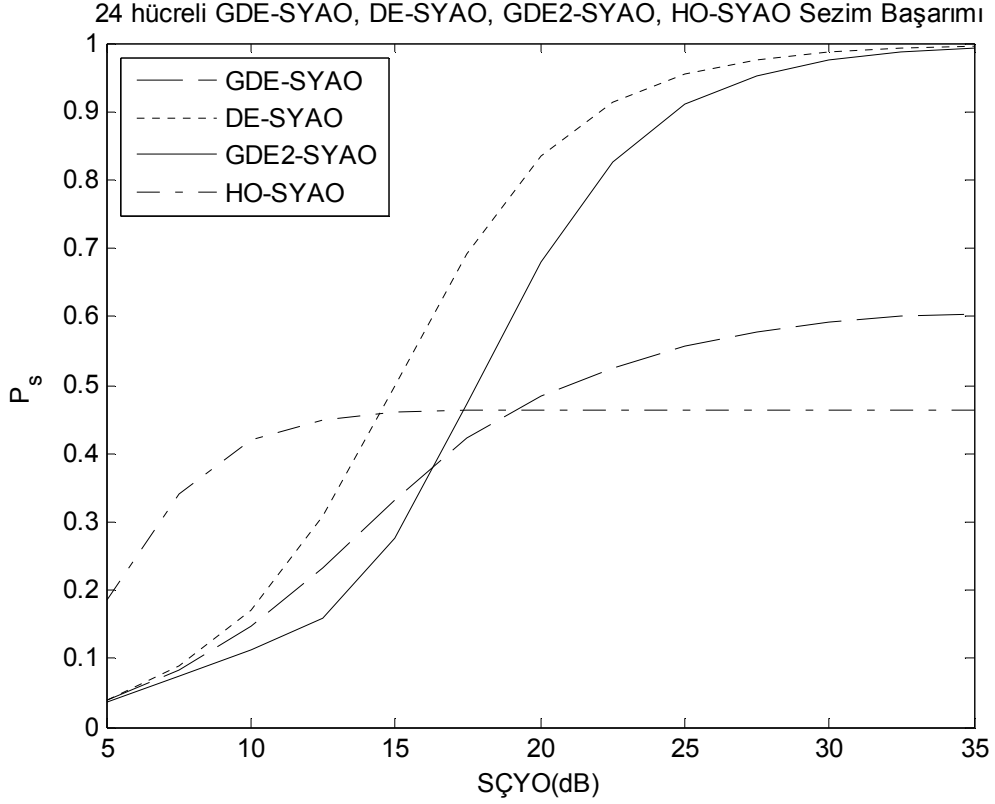
24 hücreli GDE-SYAO, DE-SYAO, GDE2-SYAO HO-SYAO Yanlış Alarm Kontrolü



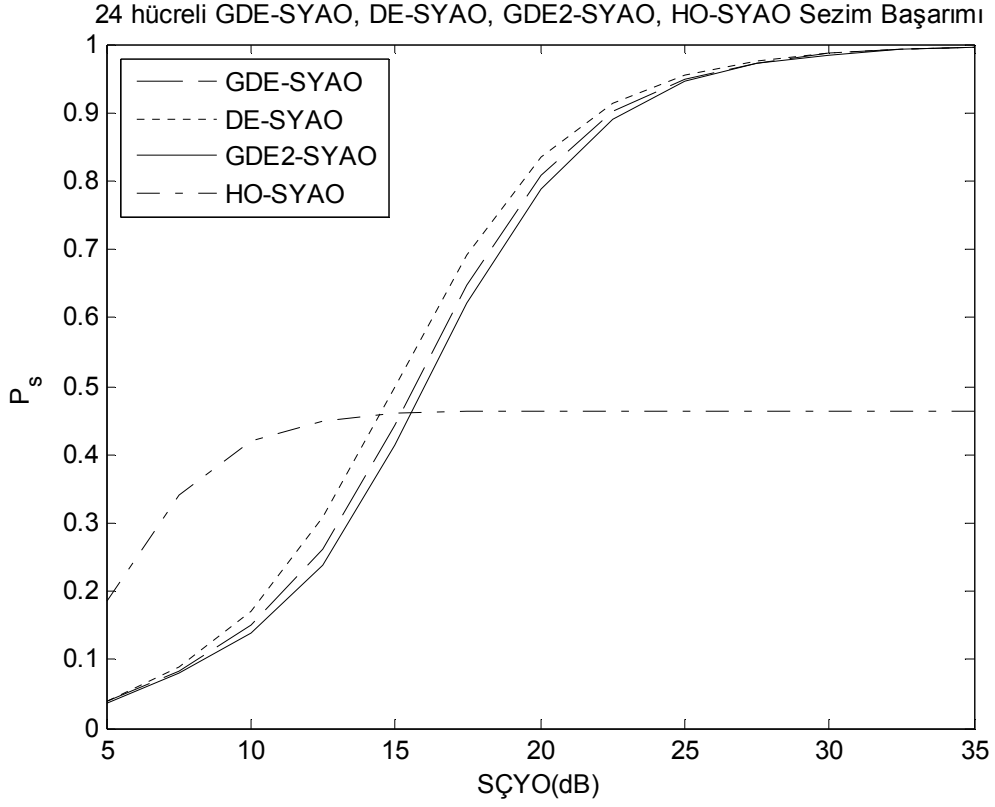
Şekil 5.75, GDE-SYAO Sürüm2, $k=8$, $\text{ÇYGF} = 20\text{dB}$, Yanlış Alarm Kontrolü P_{ya}



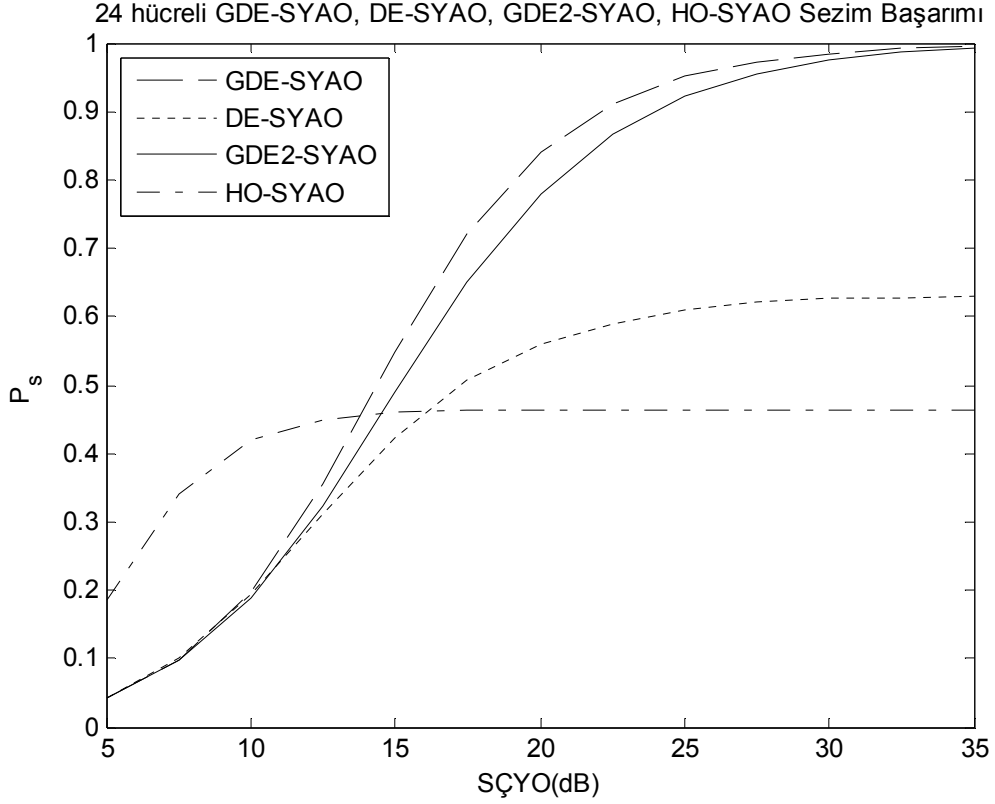
Şekil 5.76, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum1



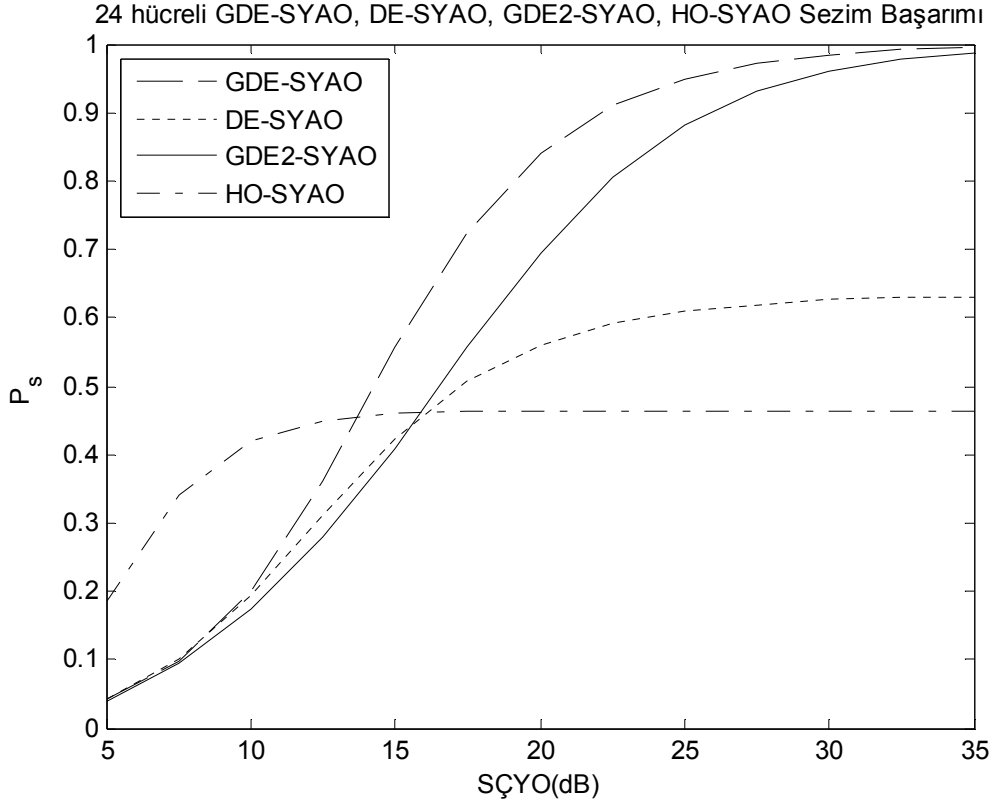
Şekil 5.77, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum2



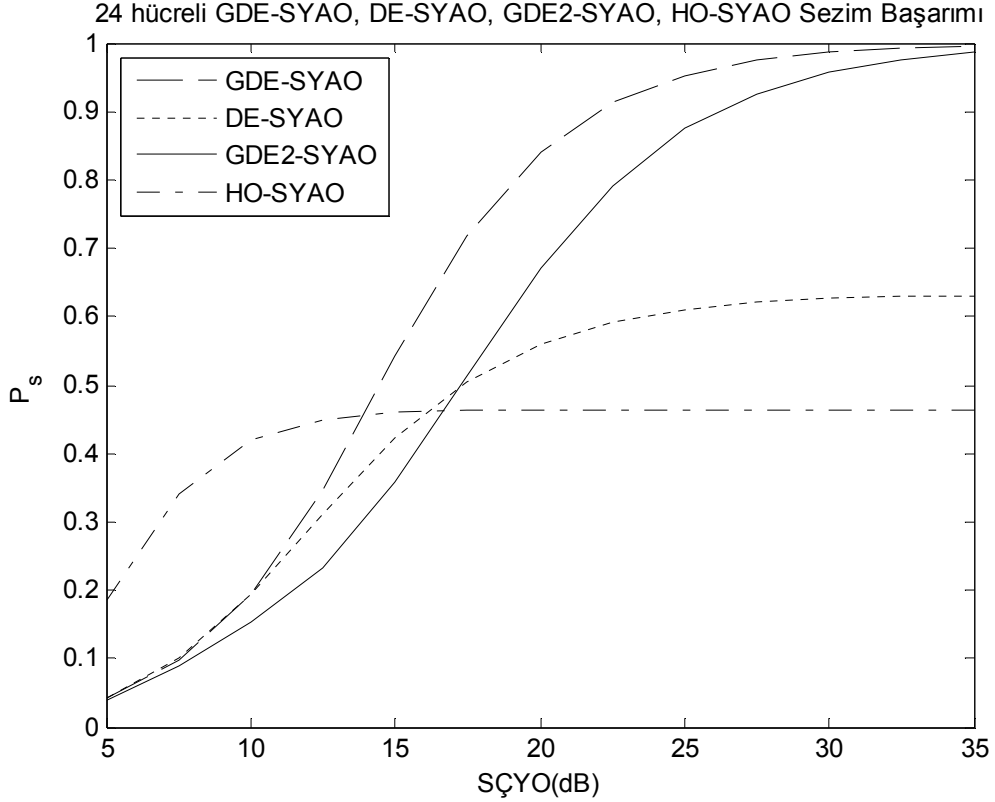
Şekil 5.78, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum3



Şekil 5.79, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum4



Şekil 5.80, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum5



Şekil 5.81, Sürüm2, 2 Hedef, P_s Durum6

Yeni sürümlerde, ortalama oranı ve değişken endeks ikinci hipotez testleri, N/6 ve N/3 uzunluğundaki alt referans pencereler için yapılmaktadır. Bu hipotez testlerinin sonuçları kullanılarak, Sürüm1 (GDE1-SYAO) ve Sürüm2 (GDE2-SYAO) işlemcileri GDE-SYAO ile aynı adımları takip eden pencere seçim algoritmalarını çalıştırmaktadır.

GDE1-SYAO, yüksek güçlü çevresel yansımaların referans pencereyi doldurduğu (Şekil 5.62, Şekil 5.63) ve referans pencerede k hücreli yüksek güçlü yansımanın yer aldığı (Şekil 5.64, Şekil 5.65) durumlarda, GDE-SYAO'a göre yanlış alarm oranı kontrolünde üstünlük gösterir. Referans pencere içerisinde iki karıştırıcı hedefin yer aldığı altı farklı durumda (Şekil 5.66 - Şekil 5.71), GDE1-SYAO'nun sezim başarımında GDE-SYAO'a göre tüm durumlarda azalma gözlenir.

Yüksek güçlü çevresel yansımaların referans pencereyi doldurduğu (Şekil 5.72, Şekil 5.73) ve referans pencerede k hücreli yüksek güçlü yansımanın yer alması (Şekil 5.74, Şekil 5.75) durumlarında, GDE2-SYAO'nun yanlış alarm oranı, GDE-SYAO'a göre daha yüksektir. Referans pencere içerisinde iki karıştırıcı hedefin yer aldığı altı farklı durumun beşinde (Şekil 5.76, Şekil 5.78, Şekil 5.79, Şekil 5.80, Şekil 5.81) GDE2-SYAO'nun sezim başarımı GDE-SYAO'a göre daha düşüktür. Durum2'de, GDE-SYAO'nun sezim başarımında, belirgin bir azalma gözlenirken, GDE2-SYAO sezim başarımını kabul edilebilir değerlerde tutabilmektedir.

GDE1-SYAO ve GDE2-SYAO'nun başarımları farklı koşullar altında incelendiğinde; GDE1-SYAO, GDE-SYAO'a göre sezim başarımında azalma gösterirken, yanlış alarm oranı kontrolünde üstünlük göstermektedir. GDE2-SYAO ise, GDE-SYAO'a göre yanlış alarm oranı kontrolünde başarımların azalması gösterirken, toplam sezim başarımında üstünlük göstermektedir. Bu sonuçlar, yanlış alarm oranı - sezim olasılığı ödünleşmesi (trade-off) olarak açıklanabilir.

6 SONUÇ

Bu çalışmada sabit yanlış alarm oranlı (SYAO) radar işlemcileri incelenmiştir. Değişken endeks ve ortalama oranı parametrelerini kullanan Değişken Endeksli (DE) SYAO işlemcisinin çalışması analiz edilmiştir. DE-SYAO işlemcisi temel alınarak, Geliştirilmiş Değişken Endeksli (GDE) SYAO işlemcisi tasarlanmıştır. Değişken endeks ve ortalama oranının farklı çevresel yansıma ortamlarında istatistiklerinin değişimleri elde edilmiştir. Parametrelerin farklı çevresel yansımalar altındaki davranışları kullanılarak pencere seçim algoritması oluşturulmuştur. GDE-SYAO işlemcisinin farklı çevresel yansıma ortamlarında gösterdiği sezim ve yanlış alarm oranı başarımları Hücre Ortalamalı (HO) SYAO, DE-SYAO işlemcileri ile beraber karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. GDE-SYAO işlemcisi iki farklı tektür olmayan çevresel yansıma ortamında (yüksek güçlü çevresel yansımanın referans pencereyi bir yönden doldurması ve k adet yüksek güçlü çevresel yansımanın referans pencerede yanyana herhangi bir konumda yer alması) yanlış alarm kontrolü başarımında DE-SYAO ve HO-SYAO işlemcilerine göre üstünlük göstermektedir. Sezim başarımları referans pencerede bir, iki, üç veya dört karıştırıcı hedefin yer aldığı durumlarda incelenmiştir. Karıştırıcı hedeflerin, test hücresinin yakınında yer alan referans pencerelerde bulunması durumunda, GDE-SYAO işlemcisinin sezim başarımında azalma gözlenmektedir. Bu, yanlış alarm oranını korumaya çalışmasının bir sonucudur. GDE-SYAO işlemcisinin HO-SYAO ve DE-SYAO işlemcilerine göre daha düşük sezim başarımı gösterdiği koşullar olmasına rağmen, bütün koşullar incelendiğinde GDE-SYAO daha iyi sezim başarımı göstermektedir.

GDE-SYAO'a ek olarak, alt referans pencereleri farklı uzunluklarda olan iki yeni sürümün başarımları da incelenmiştir. GDE1-SYAO, GDE-SYAO'a göre sezim başarımında azalma gösterirken, yanlış alarm oranı kontrolünde üstünlük göstermektedir. GDE2-SYAO ise, GDE-SYAO'a göre yanlış alarm oranı kontrolünde başarımların azalması gösterirken, toplam sezim başarımında üstünlük göstermektedir. Bütün koşullar incelendiğinde, GDE-SYAO'nun başarımları GDE1-SYAO ve GDE2-SYAO'a göre daha üstündür. İki yeni sürümün başarımları, yanlış alarm - sezim olasılıkları ödünleşmesi (trade-off) olarak açıklanabilir.

GDE-SYAO işlemcisi DE-SYAO ve HO-SYAO işlemcilerine göre daha fazla hesaplama ve karşılaştırma yapmaktadır. Artan işlem yükü sistemin tepki süresini

arttırabilir. Günümüzde yüksek hızlı işlemcilerin yerine paralel işlem yapabilen FPGA'ların kullanılması ile artan işlem yükünün ortaya çıkardığı zaman kayıpları ortadan kaldırılabilir. Böylelikle sezim ve yanlış alarm oranında başarımların artışı sağlayan GDE-SYAO işlemcisi radar sistemlerinde kullanılabilir bir yöntem olmaktadır.

EK-1

Denklem (3.57)'nin Çıkarımı

A referans penceresinin yüksek güçlü ve tektür, B referans penceresinin düşük güçlü ve tektür çevresel yansıma ortamında yer alması durumunda DE-SYAO pencere seçim algoritmasının pencere seçim olasılıkları:

- İki Pencere Tektür ve Ortalamalar Aynı [AB]:

$$P[DE_A < K_{DE}]P[DE_B < K_{DE}]P[1/K_{OO} < OO_{A/B} < K_{OO}]$$

- İki Pencere Tektür, Ortalamalar Farklı [A]:

$$P[DE_A < K_{DE}]P[DE_B < K_{DE}]P[1/K_{OO} > OO_{A/B} \cup OO_{A/B} > K_{OO}]$$

- A Tektür, B Tektür Olmayan Ortam [A]:

$$P[DE_A < K_{DE}]P[DE_B > K_{DE}]$$

- A Tektür Olmayan, B Tektür Ortam [B]:

$$P[DE_A > K_{DE}]P[DE_B < K_{DE}]$$

- A ve B Tektür Olmayan Ortam [B]:

$$P[DE_A > K_{DE}]P[DE_B > K_{DE}]$$

Bu koşulda A ve B penceresi tektür çevresel yansıma ortamındadır ve tektür olmayan ortam olarak tanımlanma olasılıkları α_0 'a eşittir. Ortalamaların farklı olarak tanımlanma olasılığı sıfır kabul edilebilir.

- İki Pencere Tektür ve Ortalamalar Aynı [AB]: $P[AB] = (1 - \alpha_0)^2 \cdot 0 = 0$
- İki Pencere Tektür, Ortalamalar Farklı [A]: $P[A] = (1 - \alpha_0)^2$
- A Tektür, B Tektür Olmayan Ortam [A]: $P[A] = (1 - \alpha_0)^2 \cdot \alpha_0$
- A Tektür Olmayan, B Tektür Ortam [B]: $P[B] = (1 - \alpha_0) \cdot \alpha_0$
- A ve B Tektür Olmayan Ortam [B]: $P[B] = \alpha_0^2$

Pencere Seçim Olasılıkları:

$$P[A] = (1 - \alpha_0)^2 \cdot \alpha_0 + (1 - \alpha_0)^2 = (1 - \alpha_0)$$

$$P[B] = (1 - \alpha_0) \cdot \alpha_0 + \alpha_0^2 = \alpha_0$$

$$P[AB] = 0 \quad \text{elde edilir.}$$

7 KAYNAKÇA

- [1] H.M.Finn and R.S.Johnson 1968, Adaptive detection mode with threshold control as a function of spatially sampled clutter estimates, RCA Review, 29 (Sept. 1968), p414–464.
- [2] Ghandhi, P.P. and Kassam, S.A. (1988), Analysis of CFAR Processors in Nonhomogeneous Background, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 24 No. 4 p427-445.
- [3] Trunk, G.V. (1978) Range resolution of targets using automatic detectors. IEEE Transactions on Aerospace. and Electronic Systems, AES-14 (Sept. 1978), p750–755.
- [4] Hansen, V.G. (1973) Constant false alarm rate processing in search radars. In Proceedings of the IEEE 1973 International Radar Conference, London, 1973, p325–332.
- [5] Hansen. V.G. and Sawyers. J.H. (1980) Detectability loss due to greatest of selection in a cellaveraging CFAR. IEEE Transactions on Aerospace. and Electronic Systems, AES-16 (Jan. 1980), p115–118.
- [6] Rohling, H. (1983) Radar CFAR thresholding in clutter and multiple target situations. IEEE Transactions on Aerospace. and Electronic Systems, AES-19 (July 1983). p608–621.
- [7] Rohling, H. (1984) New CFAR processor based on ordered statistic. In Proceedings of the International Radar Conference, Paris, 1984. p38–42.
- [8] Smith, M.E., Varshney, P.K, (1998) Intelligent CFAR Processor Based on Data Variability, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems AES-3 (July 1998), p. 837-847.
- [9] Papoulis, A., Pillai S.U. Probability, Random Variables, and Stochastic Process, Fourth Edition, McGraw Hill
- [10] Skolnik, M.I., (2001) Introduction to Radar Systems Third Edition, McGraw Hill International Edition, New York, NY, 2001.
- [11] Steenson, B.O. (1968) Detection performance of mean-level threshold. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-4 (July 1968), p.529-534.
- [12] Miller, J.M. (1984), Characterization of clutter & its use in maintaining CFAR Operation Electromagnetics, Vol. 4, No. 2-3, p185-203.

- [13] Dudewicz, Edward and Mishra, Satya (1988), Modern Mathematical Statistics, John Wiley and Sons, Inc., New York, 1988.
- [14] Peebles, Peyton Z., Jr. (1980), Probability, Random Variables, and Random Signal Principles, McGraw-Hill New York, NY, 1980.
- [15] Smith, M.E. (1997), Application of the Variability Index (VI) Statistic to Radar CFAR Processing, Ph.D. Dissertation, Syracuse University, NY

TÜRKÇE – İNGİLİZCE TERİMLER SÖZLÜĞÜ

almaç	: receiver
bağımsız özdeş dağılımlı	: independent identically distributed
basıklık	: kurtosis
başarım	: performance
baştaki	: leading
beklenen değer	: expected value
benzerlik	: correlation
benzetim	: simulation
biçim parametresi	: shape parameter
çarpandan bağımsız	: scale invariant
çarpılık	: skewness
çevresel yansıma	: range return
çevresel yansıma güç değişimi	: clutter power transition
çıkartım	: derivation
ÇYGF	: CNR
değişken endeks	: variability index
değişkenlik katsayısı	: coefficient of variation
DE-SYAO	: VI-CFAR
EB-SYAO	: GO-CFAR
EK-SYAO	: EK-SYAO
eşik	: threshold
GDE-SYAO	: IVI-CFAR (Improved VI-CFAR)
geliştirilmiş	: improved
göndermeç	: transmitter
hata olasılığı	: probability of error
HO-SYAO	: CA-CFAR
karıştırıcı hedef	: interfering target
kestirim	: estimate
konvolüsyon	: convolution
olasılık dağılım fonksiyonu	: probability distribution function
ortalama oran	: mean ratio
ortam	: environment

pencere seçim algoritması	: window selection algorithm
rasgele değişken	: random variable
referans pencere	: reference window
sapma	: deviation
SÇYO	: SNR
sezim	: detection
sınırlayıcı dağılım	: limiting distribution
sıralı geciktirme yongası	: tapped delay line
sondaki	: lagging
tekrar	: iteration
tektür	: homogeneous, non-variable
tektür olmayan	: non-homogeneous, variable
test hücresi	: test cell
uyarlanır	: adaptive
üstel dağılım	: exponential distribution
üst limit artışı	: overflow
yaklaşım	: approximation
yanlış alarm oranı	: false alarm rate
yığınsal dağılım fonksiyonu	: cumulative distribution function
zarf detektörü	: envelope detector

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : YAŞAR CAN ÜN

Doğum Yeri : İZMİR

Doğum Tarihi : 09.10.1984

Medeni Hali : Bekâr

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise 1998–2002 : İZMİR ATATÜRK LİSESİ, İZMİR

Lisans 2003–2007 : Hacettepe Üniversitesi

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, ANKARA

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi

Şubat 2007-... : ASELSAN A.Ş., ANKARA

Radar, Elektronik Harp ve İstihbarat Sistemleri

Grup Başkanlığı (REHİS)

Almaç Göndermeç Teknolojileri Müdürlüğü

Sayısal Tasarım Mühendisi