## ÇOKFAZLI VE ÇOKZAMANLI LPI RADAR SİNYALLERİNİN ÖZİMGE YÖNTEMLERİ İLE SINIFLANDIRILMASI

# CLASSIFICATION OF POLYPHASE AND POLYTIME LPI RADAR SIGNALS WITH EIGENIMAGE METHODS

ENGİN KOCAADAM

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

ELEKTRİK ve ELEKTRONİK Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2009

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

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

Başkan	Prof. Dr. Salim KAYHAN
Üуе	Prof. Dr. Orhan ARIKAN
Üye (Danışman)	Yrd. Doç. Dr. Yakup ÖZKAZANÇ
Üye	Yrd. Doç. Dr. Mücahit ÜNER
Üye	Yrd. Doç. Dr. Semih BİNGÖL

ONAY

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

...../...../.....

Prof. Dr. Erdem YAZGAN Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Eşim Duygu'ya...

### ÇOKFAZLI VE ÇOKZAMANLI LPI RADAR SİNYALLERİNİN ÖZİMGE YÖNTEMLERİ İLE SINIFLANDIRILMASI

### Engin KOCAADAM

### ÖΖ

LPI (Low Probability of Intercept, Tespit Olasılığı Düşük, TOD) radarlar, kodlanmış gelişmiş teknolojiye sahip radarlardır. yapıda çalışan, Kodlama, sinyal frekansındaki değişim ile olabildiği gibi bilgisi faz üzerinden de gerçekleştirilmektedir. Her iki koşulda da sinyalin doppler çözünürlüğünden ödün verilmeden menzil çözünürlüğü iyileştirilebilmektedir. LPI radarların düsük olasılıkla tespit edilebilme özelliği, aynı zamanda düşük tepe güçlerinde çalışıyor olmalarından da kaynaklanmaktadır.

LPI radar sinyallerinin tespitinin güç olmasının sebebi, bu sinyallerin düşük SNR değerlerinde çalışıyor olmalarının yanında kodlama yapısının bilinmemesidir. Bu çalışmada, LPI radar sinyallerinin sınıflandırılmasına yönelik bazı metotlar geliştirilmiştir. Özellikle sabit bir frekansa sahip ve kodlamanın faz bilgisi üzerinden gerçekleştirildiği çokfazlı ve çokzamanlı kodlamalı LPI radar sinyalleri ele alınmış ve bu sinyallerin sınıflandırma teknikleri incelenmiştir.

Çokfazlı ve çokzamanlı kodlamalı sinyaller, sabit bir frekansa ve süreye sahip sınırlı sayıdaki örnekten oluşmaktadır. Bu sinyallerin sınıflandırılabilmesi için çeşitli yapıdaki zaman-frekans dönüşümleri incelenmiştir. Bunlar; Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü, Wigner-Ville Dağılımı ve Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme metotlarıdır. İki boyutta simgelenen sinyaller, özimge yöntemlerinde sınıflandırma amacıyla kullanılmak üzere birer imge olarak ele alınmıştır. Özimge yöntemi olarak, özimge yaklaşımı ve fisher yaklaşımı kullanılmıştır. Algoritmaların ve iki boyuttaki dağılımların sınıflandırma başarımları, MATLAB ortamında yazılan bilgisayar simülasyonları ile incelenmiştir. **Anahtar Kelimeler:** TOD radar, Çokfazlı Kodlama, Çokzamanlı Kodlama, Frekans Kiplenimli Sürekli Dalga (FKSD), İkili Faz Kaydırmalı Kiplenim (BPSK), Frekans Kaydırmalı Kiplenim (FSK), Hibrid Kiplenim, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD), Wigner-Ville Dağılımı (WVD), Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme (ÇDSİ), İmge İşleme, Özimge, Fisher Yaklaşımı, Sıradüzensel öbekleme.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yakup ÖZKAZANÇ, Hacettepe Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü.

# CLASSIFICATION OF POLYPHASE AND POLYTIME LPI RADAR SIGNALS WITH EIGENIMAGE METHODS

### Engin KOCAADAM

### ABSTRACT

LPI (Low Probability of Intercept) radars are based on an advanced architecture which makes use of coded pulses. Coding of pulses can be done either in frequency or in phase domains. In either case, LPI radar signals achieve high range resolution without compromising the doppler resolution performance. As a synergetic byproduct, a low probability of intercept is also achieved due to the low power levels of LPI radars.

Uncooperative detection of LPI radar signals is a difficult task not only because of the low SNR but also because of the unknown structure of the coding. In this thesis, some classification based methods for the uncooperative detection of LPI radar pulses are proposed. We specialized on polyphase and polytime type LPI signal pulses and developed methods for the automatic identification of these types of signals.

Polyphase and Polytime pulses of a given frequency and duration are characterized according to coding structure in to a finite family of classes. For the classification of given polyphase or polytime signal into one of these classes is studied via various time-frequency transformations. Short Time Fourier Transform, Wigner-Ville Distribution, and Cyclostationary Signal Processing Method are the time-frequency methods used. Two dimensional time frequency data associated with signals are treated as an image and eigenimage methods are used for the classification algorithms. As eigenimage methods, two methods making use of eigenface and fisherface methodology are used. Classification performances of the various algorithms proposed are studied via simulation studies.

**Keywords:** LPI radar, Polyphase Coding, Polytime Coding, Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW), Binary Phase Shift Keying (BPSK), Frequency Shift Keying (FSK), Hybrid Keying, Short Time Fourier Transform (STFT), Wigner-Ville Distribution (WVD), Cyclostationary Signal Processing (CSP), Image Processing, Eigenface, Fisherface, Hierarchical Clustering

Advisor: Asst. Prof. Dr. Yakup ÖZKAZANÇ, Hacettepe University, Department of Electrical and Electronics Engineering

### TEŞEKKÜR

Çalışmamın ortaya çıkması için değerli görüş ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen tez danışmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Yakup ÖZKAZANÇ'a,

Yüksek lisans çalışmalarıma vermiş olduğu destekten ötürü TÜBİTAK BİDEB'e,

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

Desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili annem Gülseren KOCAADAM, babam Nurullah KOCAADAM, kardeşim Ersin KOCAADAM ve değerli eşim Duygu KOCAADAM'a teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

### İÇİNDEKİLER DİZİNİ

### <u>Sayfa</u>

1.	GİR	İŞ	1
2.	LPI	RADAR SİNYALLERİ	4
2	2.1.	LPI Radar Sinyallerinin Menzil ve Doppler Çözünürlüğü	4
	2.2.	LPI Radar Sinyal Türleri	7
	2.2.	1. Frekans Kiplenimli Sürekli Dalga (FKSD)	7
	2.2.	2. İkili Faz Kaydırmalı Kiplenim (BPSK)	11
	2.2.	3. Çokfazlı Kodlama (Polyphase Coding)	13
	2.2.	4. Çokzamanlı Kodlama (Polytime Coding)	15
	2.2.	5. Frekans Kaydırmalı Kiplenim (FSK)	17
	2.2.	6. Hibrid Kiplenim (FSK/PSK)	18
3.	LPI	RADAR SİNYALLERİNİN ANALİZİ	20
	3.1.	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD)	20
	3.2.	Wigner – Ville Dağılımı (WVD)	26
	3.3.	Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme (ÇDSİ)	30
	3.3.	1. Zaman iyileştirmeli ÇDSİ (FAM)	33
	3.3.	2. Frekans iyileştirmeli ÇDSİ (DFSM)	38
4.	ÖZİ	MGE YÖNTEMLERİ İLE SINIFLANDIRMA YAKLAŞIMLARI	43
2	4.1.	Özimge Yaklaşımı	43
2	1.2.	Fisher Yaklaşımı	49
	4.2.	1. Sıradüzensel Öbekleme (Hierarchical Clustering)	56
5. SII	LPI NIFLA	RADAR SİNYALLERİNİN ÖZİMGE YÖNTEMLERİ İLE NDIRILMASI	64
Ę	5.1. Sınıfla	LPI Sinyallerinin KZFD Üzerinden Özimge Yöntemleri ile andırılması.	65

5 S	5.2. LPI Sinyallerinin WVD Üzerinden Özimge Yöntemleri ile Siniflandırılması.	
5 S	5.3. LPI Sinyallerinin FAM Üzerinden Özimge Yöntemleri ile Sinıflandırılması	
5 S	6.4. LPI Sinyallerinin DFSM Üzerinden Özimge Yöntemleri ile Sinıflandırılması	83
5	5.5. Dağılımların ve Yöntemlerin Tespit Performans Karşılaştırması	91
	5.5.1. KZFD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması	
	5.5.2. WVD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması	
	5.5.3. FAM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması	95
	5.5.4. DFSM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması	
	5.5.5. Dağılımların tespit performansının karşılaştırılması	
	5.5.6. Dağılımların ağırlık matrislerinin elde edilme süresinin karşılaştırılması	100
6.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	102
7.	EKLER DİZİNİ	105
KA	YNAKLAR	273
ÖΖ	GEÇMİŞ	275

### ŞEKİLLER DİZİNİ

### <u>Sayfa</u>

Şekil 1.1 Yayılı izge sinyalinin frekans ve zaman bölgesi gösterimleri	2
Şekil 2.1 (a) Kodlanmamış ve (b) kodlanmış bir sinyale ait genlik - zaman grafiği .	5
Şekil 2.2 Durağan bir hedef için gönderilen ve alınan FKSD radar sinyalinin frekans – zaman grafiği ve vuru frekansı – zaman grafiği	8
Şekil 2.3 Durağan olmayan bir hedef için gönderilen ve alınan FKSD radar sinyalinin frekans – zaman grafiği ve vuru frekansı – zaman grafiği	10
Şekil 2.4 Sayısal giriş dizisi ve BPSK sinyali çıkışı 1	11
Şekil 2.5 (a) Barker kod (B <sub>7</sub> ) ve (b) İlinti fonksiyonu çıkışı	12
Şekil 2.6 (a) Barker kod (B <sub>13</sub> ) ve (b) İlinti fonksiyonu çıkışı 1	13
Şekil 2.7 64 bit çokfazlı kodlamalı sinyallere ait faz-zaman grafikleri (a) P1 Kodlama, (b) P2 Kodlama, (c) P3 Kodlama, (d) P4 Kodlama	15
Şekil 2.8 Çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait faz-zaman grafikleri (a) T1(2) Kodlama (k=4), (b) T2(2) Kodlama (k=4), (c) T3(2) Kodlama (ΔF=750), (d) T4(2) Kodlama (ΔF=750)	17
Şekil 2.9 Kiplenim Matrisi (m=7, n=8) 1	18
Şekil 2.10 LPI Sinyallerinin Yapılandırması 1	19
Şekil 3.1 KZFD'de zaman-frekans çözünürlüğü ödünleşimi (a) yüksek zaman çözünürlüğü, (b) yüksek frekans çözünürlüğü2	21
Şekil 3.2 Farklı frekanslara sahip sinyalin KZFD (a) sinyalin zaman eksenindeki deseni, (b) sinyalin frekans eksenindeki deseni, (c) kısa pencere kullanımı ile KZFD, (d) uzun pencere kullanımı ile KZFD	22
Şekil 3.3 P1 sinyalinin KZFD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 2	23
Şekil 3.4 P1 sinyalinin (M*M=64) KZFD'sinin yakından incelenmesi 2	<u>2</u> 4
Şekil 3.5 PT1 sinyalinin KZFD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4	25
Şekil 3.6 PT1 sinyalinin (k=4) KZFD'sinin yakından incelenmesi 2	26
Şekil 3.7 P1 sinyalinin WVD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 2	<u>2</u> 7
Şekil 3.8 P1 sinyalinin (M=8) WVD'sinin yakından incelenmesi 2	<u>28</u>

Şekil 3.9 PT1 sinyalinin WVD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4	29
Şekil 3.10 PT1 sinyalinin (k=4) WVD'sinin yakından incelenmesi	30
Şekil 3.11 ÇDSİ desenindeki frekans ve çevrim frekansı çözünürlükleri[Lima, 2	2002] 33
Şekil 3.12 FAM blok şeması [Lima, 2002]	34
Şekil 3.13 Kodlanmamış P1 sinyalinin (M=1) FAM ÇDSİ'si	35
Şekil 3.14 P1 sinyalinin (M=4) FAM ÇDSİ'si	36
Şekil 3.15 PT1 sinyalinin (k=2) FAM ÇDSİ'si	37
Şekil 3.16 DFSM blok şeması [Lima, 2002]	39
Şekil 3.17 Kodlanmamış P1 sinyalinin (M=1) DFSM ÇDSİ'si	39
Şekil 3.18 P1 sinyalinin (M=4) DFSM ÇDSİ'si	40
Şekil 3.19 PT1 sinyalinin (k=2) DFSM ÇDSİ'si	41
Şekil 4.1 DFSM dağılımlarından elde edilen en büyük özdeğere sahip özimgel	er 46
Şekil 4.2 Özimge yaklaşımı ile sınıflandırma işlevsel blok şeması	48
Şekil 4.3 Fisher yaklaşımı ile sınıflandırma işlevsel blok şeması	52
Şekil 4.4 PCA ve LDA yöntemlerinin birlikte uygulanması	53
Şekil 4.5 İki boyutlu uzaydaki veriler ve sınıf yapısı	57
Şekil 4.6 Sıradüzensel öbekleme için iki boyutlu veri matrisi örneği	58
Şekil 4.7 Sıradüzensel öbekleme yapısı	59
Şekil 4.8 Veri matrisinin dendrogram yapısı	60
Şekil 4.9 Veri matrisinin sınıflara bölümlenmesi	61
Şekil 4.10 LPI sinyallerinin dendrogram yapısı	62
Şekil 5.1 LPI radar sinyallerinin analiz blok şeması	64
Şekil 5.2 P1 çokfazlı sinyale ait KZFD'nin özimge yöntemi ile elde edilen dağılımının küçük imgelere bölümlenmesi	67
Şekil 5.3 KZFD Dağılımları üzerinden LPI Radar siyallerinin tespit performansı karşılaştırılması	nın 93

Şekil 5.4 WVD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması
Şekil 5.5 FAM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması
Şekil 5.6 DFSM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması
Şekil 7.1 P1 sinyalinin KZFD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 113
Şekil 7.2 P2 sinyalinin KZFD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 114
Şekil 7.3 P3 sinyalinin KZFD'si (a) N <sub>c</sub> =1, (b) N <sub>c</sub> =2, (c) N <sub>c</sub> =4, (d) N <sub>c</sub> =8 115
Şekil 7.4 P4 sinyalinin KZFD'si (a) $N_c$ =1, (b) $N_c$ =2, (c) $N_c$ =4, (d) $N_c$ =8 117
Şekil 7.5 PT1 sinyalinin KZFD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4 119
Şekil 7.6 PT2 sinyalinin KZFD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4 120
Şekil 7.7 PT3 sinyalinin KZFD'si (a) $\Delta$ F=250, (b) $\Delta$ F=500, (c) $\Delta$ F=750 121
Şekil 7.8 PT4 sinyalinin KZFD'si (a) $\Delta$ F=250, (b) $\Delta$ F=500, (c) $\Delta$ F=750 122
Şekil 7.9 P1 sinyalinin WVD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 123
Şekil 7.10 P2 sinyalinin WVD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 124
Şekil 7.11 P3 sinyalinin WVD'si (a) Nc=1, (b) Nc=2, (c) Nc=4, (d) Nc=8 125
Şekil 7.12 P4 sinyalinin WVD'si (a) Nc=1, (b) Nc=2, (c) Nc=4, (d) Nc=8 127
Şekil 7.13 PT1 sinyalinin WVD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4 129
Şekil 7.14 PT2 sinyalinin WVD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4 130
Şekil 7.15 PT3 sinyalinin WVD'si (a) $\Delta$ F=250, (b) $\Delta$ F=500, (c) $\Delta$ F=750 131
Şekil 7.16 PT4 sinyalinin WVD'si (a) $\Delta$ F=250, (b) $\Delta$ F=500, (c) $\Delta$ F=750 132
Şekil 7.17 P1 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 133
Şekil 7.18 P2 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 134
Şekil 7.19 P3 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) N <sub>c</sub> =1, (b) N <sub>c</sub> =2, (c) N <sub>c</sub> =4, (d) N <sub>c</sub> =8 135
Şekil 7.20 P4 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) N <sub>c</sub> =1, (b) N <sub>c</sub> =2, (c) N <sub>c</sub> =4, (d) N <sub>c</sub> =8 137
Şekil 7.21 PT1 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4 139
Şekil 7.22 PT2 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4 140
v

Şekil 7.23 PT3 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750 .... 141 Şekil 7.24 PT4 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750 .... 142 Şekil 7.25 P1 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 ..... 143 Şekil 7.26 P2 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8 ..... 144 Şekil 7.27 P3 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) N<sub>c</sub>=1, (b) N<sub>c</sub>=2, (c) N<sub>c</sub>=4, (d) N<sub>c</sub>=8 ... 145 Şekil 7.28 P4 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) N<sub>c</sub>=1, (b) N<sub>c</sub>=2, (c) N<sub>c</sub>=4, (d) N<sub>c</sub>=8 ... 147 Şekil 7.29 PT1 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4 ...... 149 Şekil 7.30 PT2 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) ΔF=250, (b) ΔF=500, (c) ΔF=750... 151 Şekil 7.32 PT4 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) ΔF=250, (b) ΔF=500, (c) ΔF=750... 152

### ÇİZELGELER DİZİNİ

### <u>Sayfa</u>

Çizelge 2.1 Barker Kodları 12
Çizelge 4.1 Sıradüzensel öbekleme uzaklık matrisi 58
Çizelge 4.2 Sıradüzensel öbekleme bağlantı matrisi 59
Çizelge 4.3 LPI sinyallerinin sıradüzensel öbekleme ile oluşan sınıfları
Çizelge 5.1 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.2 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.3 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.4 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.5 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.6 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi71
Çizelge 5.7 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.8 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.9 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.10 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.11 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 5.12 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Çizelge 5.13 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	77
Çizelge 5.14 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	78
Çizelge 5.15 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	80
Çizelge 5.16 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	81
Çizelge 5.17 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi	82
Çizelge 5.18 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi	82
Çizelge 5.19 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimç yaklaşımı ile tespit performans analizi	je 84
Çizelge 5.20 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	85
Çizelge 5.21 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	( 87
Çizelge 5.22 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	88
Çizelge 5.23 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fishe yaklaşımı ile tespit performans analizi	r 89
Çizelge 5.24 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi	90
Çizelge 5.25 KZFD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması	91
Çizelge 5.26 WVD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması	94
Çizelge 5.27 FAM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması	96

Çizelge 5.28 DFSM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması
Çizelge 5.29 Dağılımların tespit performansının karşılaştırılması 100
Çizelge 5.30 Ağırlık matrisi oluşturma süreleri 100
Çizelge 7.1 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.2 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.3 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.4 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.5 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.6 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.7 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.8 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.9 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.10 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.11 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.12 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.13 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.14 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Çizelge 7.15 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.16 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.17 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.18 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 174
Çizelge 7.19 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 176
Çizelge 7.20 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.21 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.22 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.23 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 184
Çizelge 7.24 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 185
Çizelge 7.25 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.26 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.27 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.28 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 189
Çizelge 7.29 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.30 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 191

Çizelge 7.31 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.32 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.33 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.34 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.35 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.36 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.37 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.38 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.39 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.40 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.41 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 202
Çizelge 7.42 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 203
Çizelge 7.43 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.44 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 205
Çizelge 7.45 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.46 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Çizelge 7.47 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.48 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.49 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 210
Çizelge 7.50 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 211
Çizelge 7.51 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 212
Çizelge 7.52 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 214
Çizelge 7.53 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.54 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.55 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.56 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.57 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.58 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.59 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.60 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.61 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.62 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 227

Çizelge 7.63 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.64 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.65 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 230
Çizelge 7.66 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 231
Çizelge 7.67 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 232
Çizelge 7.68 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 234
Çizelge 7.69 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.70 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.71 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.72 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.73 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 240
Çizelge 7.74 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 241
Çizelge 7.75 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 242
Çizelge 7.76 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 243
Çizelge 7.77 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.78 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Çizelge 7.79 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 247
Çizelge 7.80 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi 249
Çizelge 7.81 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.82 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.83 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.84 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.85 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.86 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.87 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.88 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.89 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 261
Çizelge 7.90 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.91 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.92 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi 264
Çizelge 7.93 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi
Çizelge 7.94 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Çizelge 7.95 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarını	n
Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi	. 269

Çizelge 7.96 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarınır	۱
Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi	271

### KISALTMALAR DİZİNİ

BG	:	Bant Genişliği
BPSK	:	Binary Phase Shift Keying
ÇDSİ	:	Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme
DAA	:	Doğrusal Ayraç Analizi
DFSM	:	Direct Frequency-Smoothing Method
ED	:	Elektronik Destek
FAM	:	Time-Smoothing FFT Accumulation Method
FKSD	:	Frekans Kiplenimli Sürekli Dalga
FMCV	V:	Frequency Modulated Continuous Wave
FSK	:	Frequency Shift Keying
KZFD	:	Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
LDA	:	Linear Discriminant Analysis
LPI	:	Low Probability of Intercept
PCA	:	Principal Components Analysis
PSK	:	Phase Shift Keying
RİA	:	Radar İkaz Almacı
SCD	:	Spectral Correlation Density
SİY	:	Spektral İlinti Yoğunluğu
SNR	:	Signal to Noise Ratio
STFT	:	Short Time Fourier Transform
TBA	:	Temel Bileşenler Analizi
ТО	:	Tespit Olasılığı
TOD	:	Tespit Olasılığı Düşük
WVD	:	Wigner-Ville Dağılımı

### SÖZLÜKÇE

Bant Genişliği : Bandwidth Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme : Cyclostationary Signal Processing Doğrusal Ayraç Analizi : Linear Discriminant Analysis Elektronik Destek : Electronic Support Measures Frekans Kaydırmalı Kiplenim : Frequency Shift Keying Frekans Kiplenimli Sürekli Dalga : Frequency Modulated Continuous Wave İkili Faz Kaydırmalı Kiplenim : Binary Phase Shift Keying Karmaşık eşlenik : Complex conjugate Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü : Short Time Fourier Transform Önsel sınıf olasılığı : Prior class probability Özimge : Eigenface Radar İkaz Almacı : Radar Warning Receiver Saçılma : Scatter Sıradüzensel Sınıflandırma : Hierarchical Clustering Spektral İlinti Yoğunluğu : Spectral Correlation Density Temel Bileşenler Analizi : Principal Components Analysis Tespit Olasılığı : Probability of Detection Tespit Olasılığı Düşük : Low Probability of Intercept Yan kulakçık : Side Lobe

### 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar süre gelen, birçok askeri uygulamada, radar sinyalleri kısa darbe süreli ve yüksek tepe güçlü olarak karakterize edilmiştir. Bu tip radarların, Radar İkaz Almacı (RİA) ve Elektronik Destek (ED) sistemleri tarafından tespit edilebilmesi, bu özelliklerinden dolayı oldukça kolay olmuştur.

Low Probability of Intercept (LPI, Tespit Olasılığı Düşük-TOD) radarların, düşük tepe gücü, geniş bant genişliği ve frekans/faz kodlama özelliğine sahip olmaları nedeni ile RİA ve ED sistemleri tarafından tespit edilebilmesi oldukça güçtür. LPI radarlar, düşman radarları tarafından tespit edilmeden hedefi tespit edebilme yeteneğine sahiptirler [Pace, 2004].

LPI radarların tipik bazı özellikleri aşağıda sıralandığı gibidir:

- i. Düşük çıkış tepe gücü (1mW ile 1W aralığında)
- ii. Enerjinin geniş frekans bandında yer alması
- iii. Yüksek çözünürlüklü zaman ve frekans bilgisi için yüksek zaman-bant genişliği çarpımı [Gau, 2002].

LPI radar vericisi, hedef tespiti için gönderilen sinyalin frekans ya da faz karakteristiğini kodlama yapısı ile değiştirerek, sinyalin frekans alanında kapsadığı alanı genişletmektedir. Bu yapıda olan sinyallere yayılı izge (spread spectrum) sinyaller de denilmektedir. Kodlama yapısına sahip olmayan bir radar alıcısı, geniş frekans bandında yer alan enerjiyi dar bir banda, kısa süre içerisinde darbe sıkıştırma yöntemi kullanarak toplayamayacağı için, bu tip sinyallerin tespit olasılıkları oldukça düşüktür. Kodlama yapısına sahip olan radar almacı ise, kısa süre içerisinde enerjiyi sezinleyerek hedef menzil ve doppler bilgilerini elde etmiş olur. LPI radarların "görülmeden görme" özellikleri, bu kodlama yapısı sayesinde gerçekleşmektedir.

Yayılı izge bir sinyalin zaman eksenindeki yapısının frekans eksenindeki yansıması Şekil 1.1'de verilmektedir. Kalın çizgi ile verilen sinyal ( $T_s$ ) kodlanmamış bir darbeyi simgelerken, ince çizgi ile verilen sinyal ( $T_c$ ) zaman alanında kodlama yapısına sahip bir sinyali simgelemektedir. Kodlamanın kullanılması, sinyali gürültü

seviyesine yaklaştırmakta, hatta sinyalin gürültü seviyesinin altına saklanmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 1.1 Yayılı izge sinyalinin frekans ve zaman bölgesi gösterimleri

Bu tez çalışmasında, çeşitli yapılar ile elde edilen LPI radar sinyalleri incelenmiş ve bu sinyallerin kodlama yapısına sahip olmayan bir radar almacı tarafından tespit edilebilmesine yönelik bazı yöntemler geliştirilmiştir.

Bu amaca yönelik olarak, ilk aşamada LPI radar sinyalleri, çalışma prensipleri ve yapıları, çalışmanın 2. bölümünde verilmiştir.

3. bölümde, sinyallerin zaman-frekans ve frekans-çevrim frekansı eksenlerinde iki boyutta incelenmesine yönelik olarak önerilen yöntemler incelenmiş ve bu yöntemler ilgili LPI radar sinyallerinin tespit edilmesinde kullanılmıştır.

Çalışmanın 4. bölümü, elde edilen dağılımların birer imge olarak ele alınmasına yöneliktir. Bu bölümde her bir LPI radar sinyaline ait dağılımlar imge işleme yöntemleri ile teşhis edilmeye çalışılmıştır ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

5. bölüm, yapılan analiz çalışmalarının bir bütün halinde verildiği ve sonuçların tartışıldığı bölümdür. Yapılan analiz çalışmaları sırasında birçok şekil ve çizelge ortaya çıkmıştır. Metin bütünlüğünü bozmamak adına bu şekiller ve çizelgeler eklerde sunulmuştur.

### 2. LPI RADAR SİNYALLERİ

Darbeli radar sinyalleri ile karşılaştırıldığında, LPI radar sinyalleri uzun süreli taşıyıcı bir sinyalin çeşitli periyotlarla kodlanması ile elde edilmektedir. Kodlama, frekans bilgisi üzerinden yapılabileceği gibi, tek bir sabit frekansa sahip sinyalin faz bilgisi üzerinden de gerçekleştirilmektedir. Daha karmaşık yapıdaki LPI radar sinyallerinde bu kodlama, frekans ve faz atlamalarının birlikte gerçekleştirilmesi ile de yapılabilmektedir. Bu kodlama yapısını bilen bir ED sistemi, sinyalin kendisi ile uyumlu olan süzgecin çıkışında yüksek ilinti (correlation) gösterir. Kodlama yapısının bilinmediği durumlarda ise, sinyalin gürültü içerisinden sezinlenebilmesi oldukça güçtür.

### 2.1. LPI Radar Sinyallerinin Menzil ve Doppler Çözünürlüğü

Darbeli radarlarda menzil ve doppler çözünürlüğü, darbenin zaman eksenindeki süresi ile ilintilidir. Darbe süresi zaman ekseninde ne kadar kısa süreli ise, menzil çözünürlüğü o denli iyi olmaktadır. Öte yandan, sinyalin zaman ekseninde kısa tutulması, frekans alanındaki imzasını belirsizleştireceğinden, doppler çözünürlüğünü kötüleştirmektedir. Tam tersi koşulda, doppler çözünürlüğündeki iyileştirme menzil çözünürlüğünden ödün verilmesine neden olmaktadır. Zaman ekseninde T saniye süreli bir radar darbesi için menzil çözünürlüğü Eş. 2.1'de tanımlanmaktadır.

$$\Delta R = \frac{c.T}{2}$$
(2.1)

( $\Delta R$ : menzil çözünürlüğü, c: ışık hızı, T: darbe süresi)

Menzil çözünürlüğü, menzilde yakın olan hedeflerin birbirinden ne kadar iyi ayırt edilebileceğinin bir ölçütüdür.

Doppler çözünürlüğü ise, darbenin zaman eksenindeki süresi ile ters orantılıdır (Eş. 2.2). Sinyalin bant genişliği ile bire bir ilişkili olan ifade, hedefin hızının doğru olarak kestirilebilmesi için önem arz etmektedir.

$$\Delta f = \frac{1}{T}$$
(2.2)

#### (∆f: bant genişliği, T: darbe süresi)

Darbeli radarlardaki menzil ve doppler çözünürlüklerindeki bu ödünleşim, LPI radar sinyalleri için geçerli değildir. LPI radarlarda, menzil ve doppler çözünürlükleri kod uzunluğuna bağlı olarak birbirinden bağımsız iyileştirilebilmektedir. Taşıyıcı sinyale ait sürenin uzun tutulması doppler çözünürlüğünü, sinyalin frekans ya da faz bilgisini değiştiren kod atlama aralıklarının kısa tutulması ise menzil çözünürlüğünü iyileştirmektedir. Şekil 2.1'de yaklaşık 100 milisaniye süreli sabit frekansa sahip taşıyıcı sinyalin, kodlanmamış ve faz bilgisi üzerinden kodlanmış yapısı verilmektedir.



Şekil 2.1 (a) Kodlanmamış ve (b) kodlanmış bir sinyale ait genlik - zaman grafiği

Taşıyıcı sinyalin süresi  $T_b$  ile simgelenirse, sinyale ait frekans ekseninde elde edilen doppler çözünürlüğü,  $\Delta f \approx 1 / T_b$  ile orantılı olarak elde edilmektedir. Benzer şekilde sinyale ait menzil çözünürlüğü ( $\Delta R$ ) ise sinyalin bant genişliğinin tersi ile orantılı olarak iyileştirilmektedir ( $\Delta R \approx 1 / F_b$ ). LPI radar sinyallerinde, menzil ve doppler çözünürlüklerinin ayarlanabilmesi için Eş. 2.1 ve Eş. 2.2 birbirinden bağımsız olarak kullanılmaktadır. Eş. 2.1 yardımı ile menzil çözünürlüğü, kod uzunluğuna bağlı olarak, Eş. 2.2 yardımı ile de doppler çözünürlüğü, sinyal süresine bağlı olarak belirlenmektedir [Mahafza, 2000]. Buna göre;

 a) Menzil çözünürlüğünün 15 metre olmasını sağlayabilmek için, kod atlama aralıklarının,

$$\Delta \mathsf{R} = \frac{\mathsf{C}.\,\tau}{2} \Rightarrow \tau = \frac{2.\Delta \mathsf{R}}{\mathsf{c}} = \frac{2.15}{3.10^8} = 100 \text{ ns}$$
(2.3)

( $\Delta R$ : menzil çözünürlüğü, c: ışık hızı,  $\tau$ : kod atlama aralıklarının süresi)

olması gerekmektedir. Benzer şekilde,

b) Doppler çözünürlüğünün 1 KHz olmasını sağlayabilmek için sinyal süresinin,

$$\Delta f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{1.10^3} = 1 \text{ ms}$$
(2.4)

( $\Delta$ f: doppler çözünürlüğü, T: tek periyotluk sinyal süresi)

olması gerekmektedir.

Bu verilerden, LPI radar sinyalleri için önemli bir parametre olan İşleme Kazancı (İK) elde edilmiş olur. Darbeli radarlar için birim değerine sahip olan zaman – bant genişliği çarpımı olarak da bilinen İK, LPI radar sinyalleri için birim değerden oldukça büyüktür. İK'nın yüksek tutulması radar sinyallerine LPI özelliği kazandırmaktadır.

Yukarıdaki örnek için zaman – bant genişliği çarpımı,

$$iK=T.\frac{1}{\tau}=10000$$
 (2.5)

olarak bulunur. Bu değer LPI radarın çıkış tepe gücünde, radarın tespit performansından ödün vermeksizin, 10000 katlık bir düşüm yapılabilme şansını vermektedir.

Örneğin; darbeli radarlar için gereken yaklaşık 10<sup>4</sup> watt değerindeki bir çıkış tepe gücü, kodlama yapısına sahip bir LPI radar almacının 10<sup>4</sup>'lük işleme kazancı ile 1 watt seviyelerine çekilebilmektedir. Bu da LPI radarlara, yüksek bant genişliği ve düşük tepe güçleri ile çalışabilme yeteneği sağlamakta; LPI radarların diğer ED sistemleri tarafından tespit edilmesini zorlaştırmaktadır [Pace, 2004].

### 2.2. LPI Radar Sinyal Türleri

LPI radar sinyalleri, uzun süreli taşıyıcı sinyalin frekans ya da faz bilgisinin belirli aralıklarla kiplenimi sonucunda ortaya çıkan dalga şeklidir. Bu kiplenim çeşitleri:

- i. Frekans Kiplenimli Sürekli Dalga (FKSD)
- ii. İkili Faz Kaydırmalı Kiplenim (BFSK)
- iii. Çokfazlı Kodlama (Polyphase Coding)
- iv. Çokzamanlı Kodlama (Polytime Coding)
- v. Frekans Kaydırmalı Kiplenim (FSK)
- vi. Hibrid Kiplenim (FSK/PSK)

olarak sıralanabilir.

### 2.2.1. Frekans Kiplenimli Sürekli Dalga (FKSD)

Frekans Kiplenimli Süreki Dalga (FKSD, Frequency Modulated Continuous Wave, FMCW) radar sinyalleri, hedefin menzil ve doppler bilgisini sürekli dalga üzerindeki frekans değişimi yöntemi ile tespit eder. Sinyalin frekansındaki değişimin süreklilik göstermesi nedeniyle, dalga deseni frekans ekseninde doğrusal olarak gözlemlenebilir. Kiplenim, frekansın en düşük değeri ile en yüksek değeri arasında doğrusal olarak yapılabileceği gibi; sinuzoidal ya da 'chirp' yapısında olabilir.

Şekil 2.2'de taşıyıcı sinyal, f<sub>0</sub> frekansı ile f<sub>0</sub>+ $\Delta$ f frekansı arasında doğrusal olarak üçgen kiplenime tâbi tutulmuştur. Düz çizgi, radar vericisinden gönderilen sinyali; kesikli çizgi ise, durağan haldeki hedeften yansıyan ve alıcıya gelen sinyali göstermektedir. Hedefin sabit konumda yer alması, taşıyıcı sinyalin frekansında herhangi bir değişiklik olmamasını sağlamıştır. Şekil üzerindeki  $\Delta$ t süresi giden, yansıyan ve geri dönen sinyalin gecikmesini betimlemekte olup bu bilgiden hedefin menzil bilgisi elde edilebilir.





Genellikle kipleme frekansı, to süresi ile Eş. 2.6'da gösterildiği gibi ilişkili seçilir.

$$f_m = \frac{1}{2t_0}$$
 (2.6)

(f<sub>m</sub>: kiplenim frekansı, t<sub>0</sub>: sinyal kiplenim süresi)

Frekansın değişim hızı, grafiğin eğimi ile,

$$\dot{f} = \frac{\Delta f}{t_0} = \frac{\Delta f}{(1/2f_m)} = 2f_m \Delta f$$
(2.7)

(f<sub>m</sub>: kiplenim frekansı,  $\Delta$ f: frekans değişim aralığı)

olarak bulunur.

Vuru frekans değeri, gönderilen sinyal frekansı ile alınan sinyalin farkını ifade etmekte olup frekans değişim hızı ve zaman farkı bilgileri yardımıyla Eş. 2.8'de ifade edildiği gibi bulunabilir.

$$f_{b} = \Delta t.\dot{f} = \frac{2R}{c}.\dot{f}$$
(2.8)

$$\dot{f} = \frac{c}{2R} f_{b}$$
(2.9)

(R: menzil, c: ışık hızı,  $\Delta t$ : zaman farkı, f<sub>b</sub>: vuru frekansı,  $\dot{f}$ : hız değişim değeri)

Eş. 2.7 ve Eş. 2.9 yardımı ile vuru frekansı,

$$f_{\rm b} = \frac{4\,{\rm R}f_{\rm m}\,\Delta\,f}{{\rm C}} \tag{2.10}$$

olarak elde edilir.

Durağan olmayan bir hedef için, radar vericisi tarafından gönderilen FKSD sinyalinin frekansı ile alınan sinyalin frekansı birbirine göre farklılık gösterir. Bu fark bilgisinde, hedefin hızına yönelik bilgi gizlidir. Alınan sinyal, zaman gecikmesinin neden olduğu frekans değişiminin yanı sıra, hedefin hızına bağlı olarak doppler kaymasına uğramaktadır (Şekil 2.3). Doppler kayması, vuru frekansının aşağı ve yukarı yönde ötelenmesine neden olur. Her iki durumdaki vuru frekansı sırasıyla f<sub>alt</sub> ve f<sub>üst</sub> olarak tanımlanırsa, eşitlikler aşağıda verildiği gibi olmaktadır.

$$f_{alt} = \frac{2R}{c}\dot{f} + \frac{2R}{\lambda}$$
(2.11)

$$f_{ust} = \frac{2R}{c}\dot{f} - \frac{2R}{\lambda}$$
(2.12)

(R: menzil,  $\dot{R}$  : menzil değişim (hız) değeri,  $\dot{f}$  : hız değişim değeri c: ışık hızı,  $\lambda$ : sinyal dalga boyu)

Eş. 2.11 ve Eş. 2.12'de, eşitliğin sağ tarafındaki ilk terim menzilden kaynaklanan, ikinci terim ise doppler frekansından kaynaklanan kaymaları ifade etmektedir.



Şekil 2.3 Durağan olmayan bir hedef için gönderilen ve alınan FKSD radar sinyalinin frekans – zaman grafiği ve vuru frekansı – zaman grafiği

Hedefin menzil bilgisi, Eş. 2.11 ve Eş. 2.12 eşitliklerinin toplanmasıyla elde edilir (Eş. 2.13). Benzer şekilde hedefin menzil değişim ya da diğer bir ifade ile hız bilgisi, Eş. 2.11 ve Eş. 2.12 eşitliklerinin çıkarılmasıyla elde edilir (Eş. 2.14) [Mahafza, 2000].

$$R = \frac{c}{4f} (f_{alt} + f_{ust})$$
(2.13)

$$\dot{R} = v = \frac{\lambda}{4} (f_{alt} - f_{ust})$$
(2.14)

(R: menzil, v: hız,  $f_{alt}$ : alt vuru frekansı,  $f_{ust}$ : üst vuru frekansı,  $\lambda$ : sinyal dalga boyu)

#### 2.2.2. İkili Faz Kaydırmalı Kiplenim (BPSK)

İkili Faz Kaydırmalı Kiplenim (BPSK), tek bir sabit frekansa sahip taşıyıcı sinyalin faz bilgisinin iki farklı değerde kiplenmesi ile elde edilmektedir. Faz değerleri 0 ve  $\pm \pi$  radyan arasında değişiklik göstermektedir. Sinyalin bant genişliği, faz atlama aralıklarının sıklığı ile doğru orantılıdır. Yüksek kod hızına sahip bir kiplenimin bant genişliği de o oranda fazladır. Sayısal giriş dizisine bağlı olarak BPSK sinyalinin genlik-zaman grafiği Şekil 2.4'teki örnekte gösterildiği gibidir.



Şekil 2.4 Sayısal giriş dizisi ve BPSK sinyali çıkışı

BPSK yöntemi ile T uzunluğuna sahip bir radar darbesinin, menzil çözünürlüğünü iyileştirmeye ve bant genişliğini artırmaya yönelik olarak kodlanması sinyale LPI özelliğini kazandırır. En bilindik BPSK sinyalleri, Barker kod ailesidir. Barker kodlarının en önemli özelliği, kod yapısının kendisi ile tam ilintisi sonucunda yüksek bir değer verirken, diğer yerlerde düşük değer vermesidir. Kod uzunluğunun yüksek tutulması, yan kulakçık seviyelerinin düşük olmasını sağlar. Barker kodlarının önemli bir dezavantajı, aile yapısının sınırlı sayıda olmasıdır. Kod uzunluğu sadece 2, 3, 4, 5, 7, 11 ve 13 değerlerinden birini alabilir.
Uzunluğuna bağlı olarak Barker kod aileleri Çizelge 2.1'de verilmektedir [Mahafza, 2000].

Kod uzunluğu N olan bir BPSK sinyalinin Barker Kodu olarak tanımlanabilmesi için, sinyalin öz ilintisinde yan kulakçıkların N kat bastırılabilmesi gereklidir. Yalnızca N = 2, 3, 4, 5, 7, 11 ve 13 tam sayıları bu özelliği sağlamaktadır.

Kod Sembolü	Kod Uzunluğu	Kod Yapısı	Yan Kulakçık Bastırma (dB)
B <sub>2</sub>	2	+ - + +	6.0
B <sub>3</sub>	3	+ + -	9.5
B <sub>4</sub>	4	+ + - + + + - +	12.0
B <sub>5</sub>	5	+ + + - +	14.0
B <sub>7</sub>	7	+ + + + -	16.9
B <sub>11</sub>	11	++++-	20.8
B <sub>13</sub>	13	+++++-+++++++++++++++++++++++++++++++++	22.3

Çizelge 2.1 Barker Kodları

Barker kod ailesinden kod uzunluğu 7 ve 13 olan diziler için ilinti fonksiyonunun çıkışı Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da verilmektedir.



Şekil 2.5 (a) Barker kod (B7) ve (b) İlinti fonksiyonu çıkışı



Şekil 2.6 (a) Barker kod (B<sub>13</sub>) ve (b) İlinti fonksiyonu çıkışı

### 2.2.3. Çokfazlı Kodlama (Polyphase Coding)

Çokfazlı kodlamalı sinyaller, BPSK sinyallerine göre daha karmaşık yapıdadırlar. Sabit frekanstaki taşıyıcı sinyalin faz bilgisi, zamana bağlı olarak değiştirilmektedir. Sinyalin hangi fazlar arasında kaydırılacağı ve faz atlama süreleri her bir kod ailesine özgü yapıda olarak, Eş. 2.15, Eş. 2.16, Eş. 2.17 ve Eş. 2.18 eşitlikleri ile belirlenmektedir [Pace, 2004]. Çokfazlı kodlamalı LPI radar sinyalleri için işlem kazancı kod uzunluğu ile ilintilidir. Buna göre, P1 ve P2 Kod aileleri için, işlem kazancı (M\*M) iken, P3 ve P4 Kod aileleri için N<sub>c</sub>'dir.

M\*M P1Kod 
$$\Rightarrow \theta_{i,j} = -\frac{\pi}{M} [M - (2j - 1)][(j - 1)M + (i - 1)]$$
 (2.15)

(M = 1, 2, 3, ..., i = 1, 2, 3, ..., M, j = 1, 2, 3, ..., M)

M\*M P2 Kod 
$$\Rightarrow \theta_{i,j} = -\frac{\pi}{2M} [2i-1-M] [2j-1-M]$$
 (2.16)

$$N_c \qquad P3 \text{ Kod } \Rightarrow \theta_i = \frac{\pi}{N_c} (i-1)^2$$
 (2.17)

$$N_c \qquad P4 \text{ Kod } \Rightarrow \theta_i = \frac{\pi (i-1)^2}{N_c} - \pi (i-1)$$
 (2.18)

$$(N_c = 1, 2, 3, ..., i = 1, 2, 3, ..., N_c)$$

Çokfazlı kod ailelerinin kodlama yapısının, zamana bağlı olarak değişimi Şekil 2.7'de görülmektedir. Faz atlamaları arasındaki farklılığın daha rahat anlaşılabilmesi için, sinyallerin uzunlukları eşit tutulacak şekilde, İK=M\*M=N<sub>c</sub>=64 olarak seçilmiştir.

Şekil 2.7 incelendiğinde çokfazlı sinyallerin fazının, yaklaşık olarak, kuadratik şekilde değiştiği gözlenmektedir. Bu, çokfazlı sinyallerin frekansının doğrusal olarak değiştiğini göstermektedir. Gerçekte, çokfazlı sinyaller Doğrusal FKSD sinyallerini, faz atlaması ile elde etmek için tanımlanmışlardır.



Şekil 2.7 64 bit çokfazlı kodlamalı sinyallere ait faz-zaman grafikleri (a) P1 Kodlama, (b) P2 Kodlama, (c) P3 Kodlama, (d) P4 Kodlama

Şekil 2.7'de, her bir kod ailesinden kod uzunluğu 64 bit olacak şekilde örnekler seçilmiştir. Kod uzunluğunun daha uzun ya da daha kısa tutulması ile farklı yapılarda olan LPI radar sinyalleri oluşturulabilmektedir.

### 2.2.4. Çokzamanlı Kodlama (Polytime Coding)

Çokzamanlı kodlamalı sinyaller, çokfazlı kodlamalı sinyallerin özel bir durumundan ortaya çıkmaktadırlar. Çokfazlı yapıda olduğu gibi, sabit bir frekansa sahip olan taşıyıcı sinyalin fazının birden fazla değerde kaydırılması ile oluşturulmaktadır. Fakat; burada faz atlama aralıkları önceden belirlenmektedir. Sinyale LPI özelliği, belirlenen fazda kalma süresinin zaman eksenindeki değişimi ile sağlanmaktadır. Sinyalin bant genişliğini belirleyen unsur, fazlar arasındaki değişimin en hızlı olduğu aralığın süresidir. T1(n) ve T2(n) kod aileleri, kodlama süresini P1 ve P2 kodlarında olduğu gibi eşit aralıklı bölmelere ayırır ve her bölme içinde bit süreleri eşittir. T3(n) ve T4(n) kod ailelerinde ise bölmeler yoktur. En kısa bit süresini belirleyen unsur, bant genişliği değeridir. Çokfazlı kodlamada, kodlama süresi boyunca bit süreleri karesel olarak değişir (Şekil 2.8).

Çokzamanlı sinyallerin oluşturulmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmektedir (Eş. 2.19, Eş. 2.20, Eş. 2.21, Eş. 2.22). Buradaki n değeri, sinyale ait fazın kaç farklı aralıkta değiştirileceğinin simgesidir [Pace, 2004]. Örneğin, iki faz (0 ve  $\pi$ ) değerindeki yapı için kullanılan sinyaller T1(2), T2(2), T3(2) ve T4(2)'dir. Bölme sayısı, sinyalin bant genişliğini ve LPI özelliğini belirlemektedir. Bölme sayısının yüksek tutulması en kısa bit süresinin azalmasını ve sinyalin bant genişliğinin artmasını sağlamaktadır.

$$\theta_{T1}(t) = \mod\left\{\frac{2\pi}{n} INT\left[\left(kt - jt\right)\frac{jn}{T}\right], 2\pi\right\}$$
(2.19)

$$\theta_{T2}(t) = mod\left\{\frac{2\pi}{n}INT\left[\left(kt-jt\right)\left(\frac{2j-k+1}{T}\right)\frac{n}{2}\right], 2\pi\right\}$$
(2.20)

(T: toplam kod süresi, k: bölme sayısı, n: faz sayısı, j = 1, 2, ..., k-1)

$$\theta_{T3}(t) = mod\left\{\frac{2\pi}{n}INT\left[\frac{n\Delta Ft^{2}}{2T}\right], 2\pi\right\}$$
(2.21)

$$\theta_{T4}(t) = \mod\left\{\frac{2\pi}{n} INT\left[\frac{n\Delta Ft^2}{2T} - \frac{n\Delta Ft}{2}\right], 2\pi\right\}$$
(2.22)

(T: toplam kod süresi,  $\Delta$ F: bant genişliği, n: faz sayısı, j = 1, 2, ..., k-1)



Şekil 2.8 Çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait faz-zaman grafikleri (a) T1(2) Kodlama (k=4), (b) T2(2) Kodlama (k=4), (c) T3(2) Kodlama ( $\Delta$ F=750), (d) T4(2) Kodlama ( $\Delta$ F=750)

### 2.2.5. Frekans Kaydırmalı Kiplenim (FSK)

Frekans Kaydırmalı Kiplenim (FSK), taşıyıcı sinyal frekansının birden çok ayrık (discrete) değer arasında değiştirilmesi ile elde edilmektedir. Frekans atlamalı (frequency hopping) sinyaller olarak da adlandırılırlar. Taşıyıcı frekans, her bir zaman aralığında (t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, ...., t<sub>n</sub>), daha önce belirlenmiş frekans değerleri (f<sub>1</sub>, f<sub>2</sub>, ...., f<sub>m</sub>) arasında değiştirilmektedir. Taşıyıcı sinyalin hangi anda, hangi frekansta olduğunun bilinmesi, m x n boyutundaki bir matris (Costas Matris) ile ilintilidir (Şekil 2.9). Bu değerlerin yüksek tutulması sinyalin frekans alanındaki belirsizliğini artırır ve sinyale LPI özelliğini kazandırır.

Frekans atlama sırası, sinyalin frekans bant genişliğini maksimize edecek şekilde seçilerek menzil çözünürlüğü artırılmış olur.



Şekil 2.9 Kiplenim Matrisi (m=7, n=8)

# 2.2.6. Hibrid Kiplenim (FSK/PSK)

Hibrid Kiplenim (FSK/PSK), Costas matrisine dayanan frekans kaydırmalı kiplenim ile ilgili frekans içerisinde, Barker kodları yardımıyla faz bilgisindeki kiplenimin birlikte kullanımıyla ortaya çıkan sinyal ailesidir [Jiangang et al., 2004].

Örneğin; B<sub>5</sub> Barker kod dizisi ile (4, 7, 1, 6, 5, 2, 3) Costas dizisinin birlikte kullanılmasıyla ortaya çıkan Hibrid Kiplenim dizisi, S = 4+, 4+, 4+, 4+, 4+, 7+, 7+, 7+, 7+, 7+, 1+, 1+, 1+, 1+, 1+, 6+, 6+, 6+, 6+, 5+, 5+, 5+, 5+, 5+, 2+, 2+, 2+, 2+, 2+, 2+, 3+, 3+, 3+, 3+, 3-, 3+'dır. Burada N<sub>F</sub> sayıda frekans kiplenimi ve N<sub>P</sub> sayıda faz kiplenimi kullanılması durumunda ortaya çıkan Hibrid kiplenimin kod uzunluğu,

$$N = N_{\rm F} * N_{\rm P} \tag{2.23}$$

olmaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde, sınıflandırma analizleri yapılacak olan LPI radar sinyalleri yalnızca çokfazlı ve çokzamanlı kodlamalı sinyaller olacaktır. Bu sinyallerden her bir aileye ait farklı kod uzunluğunda olanlar ele alınacaktır. İlgili sinyallerin kod dizileri, kod uzunlukları, vb. bilgilerinin tek bir simge ile belirtilebilmesi için, Şekil 2.10'da yer alan yapı kullanılmıştır.



Şekil 2.10 LPI Sinyallerinin Yapılandırması

Sinyallerin yapılandırılmasında, kod uzunluğu ve faz başına periyot sayısı (cpp) ilintili seçilmiştir. Farklı ailelere ait sinyallerin tespit performans analizlerinin tutarlı şekilde yapılabilmesi için, her bir aileye ait sinyallerin LPI radar alıcısına gelen ayarlanmıştır. uzunluğu aynı olacak şekilde Örneğin,  $M*M=N_c=16$ bit uzunluğundaki bir kod dizisi için kullanılan faz başına periyot sayısı 4 iken, M\*M=N<sub>c</sub>=64 bit uzunluğundaki bir kod dizisi için kullanılan faz başına periyot sayısı 1'dir. Bu sayede,  $N_c^*$ cpp = 64 birim uzunlukta sabit tutulmuş olur. Sinyallerin tümünde kullanılan taşıyıcı frekans 1 KHz, örnekleme frekansı ise 7 KHz olarak alınmıştır.

## 3. LPI RADAR SİNYALLERİNİN ANALİZİ

LPI radarların kullandıkları kodlama yapısı ile sinyal enerjisini geniş bir frekans bandına yaymaları, bu radarların ED sistemleri tarafından tespit edilebilmesini oldukça güçleştirmektedir. Kodlama yapısına sahip olmayan bir alıcı, darbe sıkıştırma yöntemi ile geniş frekans bandındaki bilgiyi yorumlayamaz. Fakat; sinyallerin analizlerine yönelik yapılan çalışmalar, gürültüden farklı olarak belirli bir düzen içeren sinyallerin zaman-frekans ya da frekans-çevrim frekansı imzalarının, bu tip radar sinyallerin özelliklerini ortaya çıkarmakta kullanılabileceğini göstermiştir.

Çalışmanın bu bölümünde, LPI radar sinyallerinin zaman-frekans düzlemindeki analizine yönelik olarak, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD, Short-Time Fourier Transform, STFT) ve Wigner-Ville Dağılımı (WVD, Wigner-Ville Distribution), frekans-çevrim frekansı düzlemindeki analizine yönelik olarak ise, Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme (ÇDSİ, Cyclostationary Signal Processing, CSP) yöntemleri incelenecektir. ÇDSİ yöntemleri, frekans iyileştirmeli (Direct Frequency-Smoothing Method, DFSM) ve zaman iyileştirmeli (Time-Smoothing FFT Accumulation Method, FAM) olarak iki yöntem ile incelenecektir. Analiz sonuçları, iki boyutlu dağılımlar üzerinde rahat anlaşılır şekilde gösterilecektir [Pace Toolbox, 2004].

## 3.1. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD)

Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD), sinyalin zaman ekseninde belirli uzunluktaki parçalara ayrılması ve her bir parçanın Fourier dönüşümü ile sinyalin zaman ekseninden frekans eksenine yansıtılması işlemidir. Bu işlem Eş. 3.1 ile verilmektedir [Chen, Ling, 2002].

$$\mathsf{KZFD}(\mathsf{t}, \omega) = \int \mathsf{s}(\mathsf{t}') \mathsf{w}(\mathsf{t}'-\mathsf{t}) \exp\{-j\omega\mathsf{t}'\} \mathsf{d}\mathsf{t}'$$
(3.1)

(s: gerçek sinyal, w: pencere fonksiyonu)

KZFD, bilindik Fourier dönüşümünden, pencere fonksiyonu kullanılması yönüyle ayrılmaktadır. Pencere fonksiyonu ile sinyalin belirli kesitlerinin alınması ve o andaki frekans tepkisinin bulunması, sinyalin zamana bağlı frekans değişiminin

gözlenebildiği iki boyutlu bir düzlem vermektedir. KZFD'nin ayrık zamanlı sinyaller için gösterimi ise Eş. 3.2'de verildiği gibidir.

$$\mathsf{KZFD}[\mathsf{n},\,\omega] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \mathsf{s}[\mathsf{m}]\,\mathsf{w}[\mathsf{m}\mathsf{-n}]\,\mathsf{exp}\{\mathsf{-j}\omega m\} \tag{3.2}$$

### (s: gerçek sinyal, w: pencere fonksiyonu)

KZFD'de en önemli unsur, kullanılan pencerenin özelliğidir. Sinyalin kısa zamanlardaki Fourier dönüşümünün net bir şekilde elde edilebilmesi, pencere fonksiyonunun uzunluğuna ve tipine bağlıdır. Kısa pencere kullanmak, sinyalin zaman eksenindeki yapısını netleştirirken frekans eksenindeki yerini belirsizleştireceğinden, frekans çözünürlüğünü kötüleştirmektedir. Geniş pencere kullanmak ise, frekans eksenindeki çözünürlüğü iyileştirmekte; buna karşın sinyalin zaman eksenindeki yeri belirsizleştirmektedir. KZFD'de, zaman-frekans düzlemi elde edilirken iki eksen arasında çözünürlük ödünleşimi söz konusudur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 KZFD'de zaman-frekans çözünürlüğü ödünleşimi (a) yüksek zaman çözünürlüğü, (b) yüksek frekans çözünürlüğü

KZFD'de kullanılan pencerenin diğer önemli bir özelliği ise fonksiyonunun yapısıdır. Kullanılan fonksiyonlardan bazıları Hamming, Hanning, Kaiser-Bessel ya da Gauss pencereleridir. Bu fonksiyonlardan en iyi zaman-frekans çözünürlüğünü sağlayan fonksiyon Gauss penceresidir [Chen, Ling, 2002]. Buna göre çalışmada KZFD elde edilirken kullanılacak olan pencere fonksiyonu Eş. 3.3'te verildiği gibidir.

$$w(t) = \frac{1}{\pi^{1/4} \sqrt{\sigma}} \exp\{-\frac{t^2}{2\sigma^2}\}$$
(3.3)

(o: standart sapma)

Eş. 3.3'te yer alan standart sapma (σ) değeri, KZFD'de pencere uzunluğunu belirlemektedir. Farklı frekanslara sahip bir sinyalin zaman, frekans ve seçilen pencere uzunluğuna göre KZFD ile zaman-frekans düzlemindeki desenleri Şekil 3.2'de verilmektedir.



Şekil 3.2 Farklı frekanslara sahip sinyalin KZFD (a) sinyalin zaman eksenindeki deseni, (b) sinyalin frekans eksenindeki deseni, (c) kısa pencere kullanımı ile KZFD, (d) uzun pencere kullanımı ile KZFD

Şekil 3.2'den de anlaşılacağı üzere, 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz ve 400 Hz frekansa sahip bir sinyalin, doğrudan Fourier dönüşümünün alınması ile frekans eksenine yansıtılması, ilgili frekansa ait zaman bilgisini içermemektedir. Buna karşın, KZFD kullanılması, sinyalin zaman-frekans düzleminde incelenmesini sağlayacağından ilgili frekansın zaman bilgisine de ulaşılmış olacaktır. Seçilen pencere uzunluğunun, sinyalin zaman-frekans eksenindeki desenine etkisi Şekil 3.2.c ve Şekil 3.2.d'de verilmektedir.

Farklı uzunluktaki kod dizileri ile kodlanmış P1 çokfazlı LPI sinyalinin KZFD'si Şekil 3.3'te verilmektedir. Tüm sinyaller için pencere genişliği, en iyi zaman-frekans desenini elde edecek şekilde 8 ms olarak seçilmiş ve çalışma süresince tespit performansı karşılaştırmasının adil biçimde yapılabilmesi için sabit tutulmuştur.



Şekil 3.3 P1 sinyalinin KZFD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8

P1 çokfazlı LPI radar sinyaline ait KZFD incelendiğinde, kod uzunluğundaki artışın sinyalin zaman-frekans eksenindeki desenine etkisi gözlenmektedir (Şekil 3.3). Kod dizisinin uzunluğu, M parametresi ile belirlenmektedir. Sabit süreye sahip bir sinyalin frekans ekseninde kapladığı bant genişliği, kod uzunluğu ile doğru orantılıdır. Örneğin; Şekil 3.3.d incelendiğinde, 1 KHz'lik bant genişliği ile sinyalin kodlanmasında kullanılan bit değişim hızının 1 milisaniye olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 P1 sinyalinin (M\*M=64) KZFD'sinin yakından incelenmesi

Benzer şekilde, PT1 çokzamanlı LPI radar sinyaline ait KZFD incelendiğinde, bölme sayısındaki artışın, sinyalin zaman-frekans eksenindeki desenine etkisi gözlenmektedir (Şekil 3.5). Sinyalin frekans ekseninde kapladığı bant genişliği, bölme sayısı ile doğru orantılıdır. PT1 çokzamanlı LPI radar sinyalinin kod uzunluğu süresi de KZFD'den okunabilmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.5 PT1 sinyalinin KZFD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4



Şekil 3.6 PT1 sinyalinin (k=4) KZFD'sinin yakından incelenmesi

Çokfazlı ve çokzamanlı LPI radar sinyallerinin analizlerine yönelik olarak, KZFD kullanımı ve sinyallerin farklı uzunluktaki diziler ile kodlanmasıyla oluşan zamanfrekans desenleri EK 1'den EK 8'e kadar olan eklerde verilmektedir.

## 3.2. Wigner - Ville Dağılımı (WVD)

Wigner – Ville Dağılımı (WVD), sonlu uzunluktaki sinyallerin zaman-frekans eksenindeki enerjisini en iyi betimleyen analizlerden bir tanesidir. Bu analiz, sinyalin tümü üzerinden, belirli bir uzunluktaki kesitlerine ait ilintinin Fourier dönüşümünün alınması yöntemiyle gerçekleştirilir. Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü'nde olduğu gibi pencereleme fonksiyonuna sahip olmadığı için, WVD'de sinyalin zaman-frekans deseninin elde edilmesinde frekans ya da zaman çözünürlükleri arasında herhangi bir ödünleşim söz konusu değildir. Sürekli bir sinyale ait WVD'nin elde edilmesi,

WVD(t, 
$$\omega$$
) =  $\int_{-\infty}^{\infty} \mathbf{s} \left(t + \frac{\tau}{2}\right) \mathbf{s}^* \left(t - \frac{\tau}{2}\right) \exp\{-j\omega\tau\} d\tau$  (3.4)

(s: gerçek sinyal, s<sup>\*</sup>: gerçek sinyalin karmaşık eşleniği)

eşitliği ile gerçekleştirilir [Pace, 2004] [Chen, Ling, 2002].

Eş. 3.4'ten de anlaşılacağı üzere, sonlu uzunluktaki sinyalin tamamı üzerinden, t anından  $-\tau/2$  kadar gecikmiş kesitinin karmaşık eşleniği ile  $+\tau/2$  önde giden kesitine ait ilintinin Fourier dönüşümü elde edilmektedir. Tüm zaman değerleri için bu işlem yapılarak sinyalin yüksek çözünürlüklü zaman-frekans dağılımı elde edilmiş olur.

WVD'nin ayrık zamanlı sinyaller için gösterimi Eş. 3.5'te verildiği gibidir.

$$WVD[\ell, \omega] = 2\sum_{n=-\infty}^{\infty} s(\ell + n) s^{*}(\ell - n) \exp\{-j2\omega n\}$$
(3.5)

(s: gerçek sinyal, s<sup>\*</sup>: gerçek sinyalin karmaşık eşleniği)

Farklı uzunluktaki kod dizileri ile kodlanmış P1 çokfazlı LPI sinyalinin WVD'si Şekil 3.7'de verilmektedir.



Şekil 3.7 P1 sinyalinin WVD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8

P1 çokfazlı LPI radar sinyaline ait WVD incelendiğinde, kod uzunluğundaki artışın sinyalin zaman-frekans eksenindeki desenine etkisi gözlenmektedir (Şekil 3.7). Sabit süreye sahip bir sinyalin frekans ekseninde kapladığı bant genişliği, kod uzunluğu ile doğru orantılıdır.  $N_c = M^*M = 64$  bit kod uzunluğu ile kodlanan sinyale ait enerjinin yoğunlukla taşıyıcı frekans (fc = 1000 Hz) etrafında toplandığı WVD'den rahatlıkla anlaşılmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 P1 sinyalinin (M=8) WVD'sinin yakından incelenmesi

PT1 çokzamanlı LPI radar sinyaline ait WVD incelendiğinde, bölme sayısındaki artışın sinyalin zaman-frekans eksenindeki desenine etkisi gözlenmektedir (Şekil 3.9). Sinyalin frekans ekseninde kapladığı bant genişliği, bölme sayısı ile doğru orantılıdır.



Şekil 3.9 PT1 sinyalinin WVD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4

PT1 çokzamanlı LPI sinyalinin dört bölme ile kodlanması (k=4) sonucunda oluşan yapısının, WVD deseni üzerinden yakından incelenmesi sinyal özelliklerini ortaya çıkarmaktadır (Şekil 3.10). Buna göre sinyal bant genişliği, en kısa süreli faz atlama aralığı ile ilintili olarak, BG=1500 Hz olarak okunmaktadır. Sinyal uzunluğu ise T = 16 milisaniye olarak belirlenmektedir.



Şekil 3.10 PT1 sinyalinin (k=4) WVD'sinin yakından incelenmesi

Çokfazlı ve çokzamanlı LPI radar sinyallerinin analizlerine yönelik olarak, WVD kullanımı ve sinyallerin farklı uzunluktaki diziler ile kodlanmasıyla oluşan zamanfrekans desenleri, EK 9'dan EK 16'ya kadar olan eklerde verilmektedir.

## 3.3. Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme (ÇDSİ)

Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme (ÇDSİ), Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü ve Wigner – Ville Dağılımından farklı olarak, sinyalleri frekans-çevrim frekansı düzlemi üzerinden incelemeye yarayan bir yöntemdir. LPI sinyallerinin yapısındaki periyodik özellikler, ÇDSİ ile diğer yöntemlere göre daha iyi belirlenmektedir. Gürültünün yapısındaki rastgele olan değişimler, sinyallerin frekans-çevrim frekansı düzleminde büyük oranda bastırılmaktadır. Sinyallerin ÇDSİ yöntemi ile elde edilen dağılımlarına Spektral İlinti Yoğunluğu (SİY, Spectral Correlation Density, SCD) denilmektedir.

Bir s(t) sinyalinin ortalama özilinti fonksiyonu,

$$\mathsf{R}_{\mathsf{s}}(\tau) \triangleq \lim_{\mathsf{T}\to\infty} \frac{1}{\mathsf{T}} \int_{-\mathsf{T}/2}^{\mathsf{T}/2} \mathsf{s}\left(\mathsf{t} + \frac{\tau}{2}\right) \mathsf{s}^{*}(\mathsf{t} - \frac{\tau}{2}) \,\mathsf{d}\mathsf{t}$$
(3.6)

(s: gerçek sinyal, s<sup>\*</sup>: gerçek sinyalin karmaşık eşleniği)

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Benzer şekilde çevrimsel özilinti fonksiyonu ise Eş. 3.7 ile verilmektedir.

$$\mathsf{R}^{\alpha}_{\mathsf{s}}(\tau) \triangleq \lim_{\mathsf{T}\to\infty} \frac{1}{\mathsf{T}} \int_{\mathsf{T}/2}^{\mathsf{T}/2} \mathsf{s}\left(\mathsf{t} + \frac{\tau}{2}\right) \mathsf{s}^{*}(\mathsf{t} - \frac{\tau}{2}) \exp\{-\mathsf{j}2\pi\alpha\mathsf{t}\} \,\mathsf{d}\mathsf{t}$$
(3.7)

(s: gerçek sinyal, s<sup>\*</sup>: gerçek sinyalin karmaşık eşleniği,  $\alpha$ : çevrimsel frekans)

Eş. 3.7 ile T uzunluğundaki s(t) sinyalinin τ kadar gecikmiş halinin, frekansı α olan bileşenlerinin özilinti fonksiyonu tanımlanmaktadır. Çevrimsel özilinti fonksiyonunun Fourier dönüşümünün alınmasıyla SİY fonksiyonu elde edilmiş olur (Eş. 3.8).

$$S_{s}^{\alpha}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{s}^{\alpha}(\tau) \exp\{-j2\pi f\tau\} d\tau = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{T} S_{T}(f + \frac{\alpha}{2}) S_{T}^{*}(f - \frac{\alpha}{2})$$
(3.8)

Burada  $S_T(f)$ , s(u) sinyalinin Fourier dönüşümü olup, Eş. 3.9 ile hesaplanmaktadır.

$$S_{T}(f) = \int_{-T/2}^{T/2} s(u) \exp\{-j2\pi fu\} du$$
 (3.9)

Eş. 3.8 ile, sinyalin frekans-çevrim frekansı düzlemindeki spektral ilinti yoğunluğunun oluşturulabilmesi için sonsuz uzunluktaki sinyalin kaydedilmesi ve işlemciye girilmesi gerekmektedir. Böyle bir durum pratikte mümkün olmadığı için, sinyalin belirli bir uzunluktaki kesiti kaydedilir ve ÇDSİ kestirimi elde edilmiş olur. Kaydedilen kesit ne kadar uzun tutulursa LPI sinyalinin ÇDSİ kestirimi o denli iyi olur. Kestirim işlemi Eş. 3.10 ile gösterilmektedir.

$$S_{s}^{\alpha}(f) \approx S_{s_{T_{W}}}^{\alpha}(t, f)_{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \int_{t-(\Delta t/2)}^{t+(\Delta t/2)} S_{s_{T_{W}}}(u, f) du$$
(3.10)

(Δt: toplam kaydedilen sinyal kesiti)

Burada,

$$S_{s_{T_{W}}}(u, f) = \frac{1}{T_{W}} S_{s_{T_{W}}}(u, f + \frac{\alpha}{2}) S_{s_{T_{W}}}^{*}(u, f - \frac{\alpha}{2})$$
(3.11)

(T<sub>w</sub>: Kısa Zamanlı Fourier Dönüşüm pencere uzunluğu)

ve

$$S_{T_{W}}(t, f) = \int_{t-(T_{W}/2)}^{t+(T_{W}/2)} s(u) \exp\{-j2\pi fu\} du$$
(3.12)

olarak tanımlanmaktadır.

Eş. 3.12 yardımı ile, s(u) sinyalinin T<sub>w</sub> penceresi içerisinde Fourier dönüşümü elde edilir. KZFD elde edilirken kullanılan pencere uzunluğu ile ÇDSİ'nin frekans eksenindeki çözünürlüğü  $\Delta f = 1/T_w$  olarak belirlenmiş olur. Fourier dönüşümünün ve SİY fonksiyonunun sinyalin tamamına uygulanması ile ÇDSİ dağılımı elde edilir.

ÇDSİ yöntemindeki diğer önemli bir parametre ise, sinyalin ÇDSİ dağılımı elde edilirken ortaya çıkan çevrim frekansı çözünürlüğüdür. Bu çözünürlük, kestirim için LPI alıcısına kaydedilen toplam sinyal kesitinin uzunluğu ile ilintilidir. LPI sinyalinden ne kadar uzun kesit alıcıda toplanırsa, sinyalin ÇDSİ desenindeki çevrimsel frekans çözünürlüğü o denli iyi olmaktadır. Çevrimsel frekans çözünürlüğü Eş. 3.13 ile hesaplanmaktadır.

$$\Delta \alpha = \frac{1}{\Delta t} \tag{3.13}$$

(Δα: çevrim frekansı çözünürlüğü, Δt: toplam kaydedilen sinyal kesiti)

ÇDSİ deseninin, frekans ve çevrim frekans eksenlerindeki çözünürlükleri Şekil 3.11'de verildiği gibi simgelenebilir. Burada  $f_0$  ve  $\alpha_0$ , ÇDSİ deseninin bir kesitinden elde edilen frekans ve çevrim frekansıdır [Pace, 2004]. Analizlerde, frekans ve çevrim frekansının ilgili değerleri en iyi çözünürlüklü dağılımı elde edecek şekilde taşıyıcı frekansa uygun olarak seçilmiştir [Lima, 2002].



Şekil 3.11 ÇDSİ desenindeki frekans ve çevrim frekansı çözünürlükleri[Lima, 2002]

Sinyalin ÇDSİ yöntemi ile frekans - çevrim frekansı dağılımının elde edilmesinde iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlar, zaman iyileştirmeli (FAM) ve frekans iyileştirmeli (DFSM) ÇDSİ yöntemleridir [Pace, 2004].

## 3.3.1. Zaman iyileştirmeli ÇDSİ (FAM)

Zaman iyileştirmeli ÇDSİ yöntemi, ayrık zamanlı sinyaller üzerinden frekansçevrim frekansı deseninin elde edilmesinde, hesap yükünün azaltılması için kullanılan bir yöntemdir. FAM dağılımları, sinyalin belirli bir uzunlukta pencere fonksiyonu kullanılarak KZFD'sinin oluşturulması ile elde edilmektedir. FAM, Eş. 3.11 ve Eş. 3.12'nin ayrık zamanlı sinyallere uyarlanması sonucunda oluşan Eş. 3.14 ve Eş. 3.15 yardımı ile elde edilmektedir.

$$S_{s_{N}}^{\gamma}(n, k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} \left[ \frac{1}{N} S_{N}(n, k + \frac{\gamma}{2}) S_{N}^{*}(n, k - \frac{\gamma}{2}) \right]$$
(3.14)

(k: frekans,  $\gamma$ : çevrim frekansı, N': KZFD pencere uzunluğu, N: sinyal uzunluğu)

$$S_{N'}(n, k) = \sum_{n=0}^{N'-1} w(n) s(n) \exp \{ -(j2\pi kn) / N' \}$$
(3.15)

#### (w: pencere fonksiyonu)

FAM yöntemi ile sinyalin ÇDSİ deseninin elde edilmesi, Şekil 3.12'den de anlaşıldığı gibi üç ana bloktan oluşmaktadır [Pace, 2004]. İlk olarak, s(n) sinyalinin pencere fonksiyonundan geçirilerek N' noktadan oluşan Fourier dönüşümü elde edilir. Daha sonra, sinyalin frekans alanındaki dağılımının frekans-çevrim frekansı düzlemindeki deseninin elde edilebilmesi için faz kaydırma çarpımları yapılır. Son olarak ise, iki farklı dağılımdaki Fourier dönüşümlerinin frekans alanındaki düzeltmesi gerçekleştirilerek ÇDSİ deseni elde edilmiş olur [Lima, 2002].



Şekil 3.12 FAM blok şeması [Lima, 2002]

Şekil 3.13'te kodlanmamış bir çokfazlı P1 LPI sinyalinin FAM yöntemi ile elde edilmiş olan ÇDSİ deseni görülmektedir. Sinyalin, frekans ekseninde taşıyıcı frekansta (fc=1000 Hz), çevrim frekansı ekseninde ise ±2fc frekanslarında bileşenler gösterdiği görülmektedir. Sinyalin kodlanmamış olduğu, iz bıraktığı her dört ana frekans bölgesinde de dağılım göstermemesinden anlaşılmaktadır.



Şekil 3.13 Kodlanmamış P1 sinyalinin (M=1) FAM ÇDSİ'si

Benzer şekilde elde edilen, Nc=M\*M=16 uzunluğundaki bir dizi ile kodlanmış çokfazlı P1 LPI sinyalinin ÇDSİ deseni, Şekil 3.14'te verilmektedir. Kodlama yapısı, sinyalin frekans-çevrim frekansı düzleminde incelenmesiyle elde edilmektedir. Desenin, tek tonlu kodlanmamış sinyal deseninde olduğu gibi, taşıyıcı frekans ve çevrim frekansı etrafında toplandığı gözlenmektedir. Kodlamanın, ÇDSİ yardımı ile sinyal bant genişliğini artırdığı, Şekil 3.14.a'da yer alan desenin tek bölgesinin yakından incelenmesiyle anlaşılmaktadır (Şekil 3.14.b). Buna göre sinyal bant genişliği, çevrim frekansı değerinden yaklaşık 250 Hz kadarlık bir sapma değeri ile bulunmaktadır. Bu değer, LPI sinyalinin oluşturulması sırasında kullanılan bit değişim hızı ile ilintilidir. Eş. 2.2 yardımı ile sinyalin her bir ilgili fazda kalma süresinin uzunluğu,

$$\tau = \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{250} = 4 \times 10^{-3} = 4 \text{ ms}$$
 (3.16)

olarak bulunur.

Benzer şekilde, sinyalin FAM yöntemi ile elde edilen ÇDSİ deseninin daha yakından incelenmesiyle periyodik olan bazı unsurlar göze çarpmaktadır. Bu desen, sinyalin kod atlama aralıklarından farklı olarak LPI alıcısı tarafından kaydedilen kod dizisinin uzunluğu ile ilintilidir. Buna göre, Şekil 3.14.c yardımı ile sinyalin toplam uzunluğu,

$$T = \frac{1}{Rkod} = \frac{1}{15} = 66.7 \times 10^{-3} = 66.7 \text{ ms}$$
(3.17)

(Rkod: Kod Hızı)

olarak bulunmuş olur. Sinyale ait işleme kazancını Eş. 3.16 ve Eş. 3.17'yi kullanarak,

 $\dot{I}K$  = 66.7 / 4 = 16.7 ≈ 16 olarak göstermek mümkündür.



Şekil 3.14 P1 sinyalinin (M=4) FAM ÇDSİ'si

Çokzamanlı LPI sinyallerine ait FAM yöntemi ile elde edilen ÇDSİ dağılımların incelenmesi, çokfazlı sinyallerin dağılımları ile benzerlik göstermektedir. Şekil 3.15'te çokzamanlı PT1 kodlamalı bir sinyale ait ÇDSİ deseni görülmektedir.



Şekil 3.15 PT1 sinyalinin (k=2) FAM ÇDSİ'si

Buna göre sinyale ait bant genişliği, frekans-çevrim frekansı dağılımının bir bölgesinin yakından incelenmesi ile 250 Hz olarak bulunur. Bu değer, çokzamanlı PT1 LPI sinyalleri için tanımlanan bölme içerisindeki en kısa faz değişim süresi ile ilintilidir. Fazlar arasındaki geçişin en kısa olduğu süre, bant genişliği değerinin tersinin alınmasıyla, t =  $1 / 250 = 4.10^{-3}$  s olarak bulunur. Sinyal toplam uzunluğu ise, çokfazlı P1 sinyalinin ÇDSİ deseninde incelendiği gibi Eş. 3.17'yi kullanarak kod hızının tersinin alınması ile elde edilir (Eş. 3.18)

$$T = \frac{1}{Rkod} = \frac{1}{60} = 16.7 \times 10^{-3} = 16.7 \text{ ms} \approx 16 \text{ ms}$$
(3.18)

Farklı kod uzunlukları ile elde edilen çokfazlı ve çokzamanlı LPI radar sinyallerinin FAM yöntemi kullanarak elde edilen ÇDSİ dağılımları EK 17'den EK 24'e kadar olan eklerde verilmektedir.

### 3.3.2. Frekans iyileştirmeli ÇDSİ (DFSM)

Frekans iyileştirmeli ÇDSİ yöntemi, FAM yönteminden farklı olarak kısa pencere fonksiyonu kullanmak yerine, sinyalin tamamı üzerinden frekans-çevrim frekansı dağılımını oluşturmaya yönelik geliştirilmiştir. Hesaplama yükü ve karmaşıklığı FAM yöntemine göre daha fazladır. Sinyalin tamamına ait spektral bileşenlerin oluşturularak elde edilmesi nedeniyle, ilk aşamada Wigner-Ville Dağılımı ile benzerlik göstermektedir. Bir başka deyişle; DFSM, WVD ile elde edilen frekans dağılımının kullanılması yoluna gitmektedir.

DFSM yöntemi kullanarak ÇDSİ dağılımlarının elde edilmesi, Eş. 3.19 ve Eş. 3.20 yardımı ile gerçekleştirilmektedir.

$$S_{s_{N}}^{\gamma}(n, k)_{\Delta k} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S_{N}(n, k + \frac{\gamma}{2}) S_{N}^{*}(n, k - \frac{\gamma}{2})$$
(3.19)

(k: frekans,  $\gamma$ : çevrim frekansı, N: sinyal uzunluğu,  $\Delta$ t: toplam gözlem süresi)

$$S_{N}(n, k) = \sum_{n=0}^{N-1} w(n) s(n) \exp \{ -(j2\pi kn) / N \}$$
(3.20)

(w: pencere fonksiyonu)

Eş. 3.20'de kullanılan pencere fonksiyonu sinyalin tamamını kapsamakta olup kısa zamanlı pencereleme işlemi kullanmak yerine tüm sinyalin Fourier dönüşümü elde edilmektedir. DFSM yöntemine ait blok şema Şekil 3.16'da verilmektedir [Pace, 2004].



Şekil 3.16 DFSM blok şeması [Lima, 2002]

Şekil 3.17'de kodlanmamış bir çokfazlı P1 LPI sinyalinin DFSM yöntemi ile elde edilmiş olan ÇDSİ deseni görülmektedir. Sinyalin, frekans ekseninde taşıyıcı frekansta (fc=1000 Hz), çevrim frekansı ekseninde ise ±2fc frekanslarında bileşenler gösterdiği görülmektedir. Sinyalin kodlanmamış olduğu, FAM yönteminde olduğu gibi, iz bıraktığı her dört ana frekans bölgesinde de dağılım göstermemesinden anlaşılmaktadır.



Şekil 3.17 Kodlanmamış P1 sinyalinin (M=1) DFSM ÇDSİ'si

FAM yöntemi ile elde edilen ÇDSİ dağılımının bir benzerine DFSM yöntemi kullanarak Nc=M\*M=16 kodlamalı sinyal için ulaşılmıştır. Sinyal deseninin frekansı ve çevrim frekansı değerlerinde dağılım gösterdiği Şekil 3.18'den anlaşılmaktadır. Desenin yakından incelenmesi ile sinyal bant genişliği ve kod hızı bilgilerine ulaşılıp sinyalin karakteristik özellikleri analiz edilebilir.



Şekil 3.18 P1 sinyalinin (M=4) DFSM ÇDSİ'si

Buna göre, sinyal bant genişliği DFSM ÇDSİ dağılımından  $\Delta f = 250$  Hz olarak okunmaktadır. Sinyalin her bir fazda kalma süresi Eş. 3.21 ile 4 ms olarak bulunur. Bu değer FAM yöntemi ile elde edilen değerin aynısıdır.

$$\tau = \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{250} = 4 \times 10^{-3} = 4 \text{ ms}$$
 (3.21)

Benzer şekilde, sinyalin toplam uzunluğu Şekil 3.18.c'den okunan 15 Hz'lik kod hızı yardımı ile,

$$T = \frac{1}{\text{Rkod}} = \frac{1}{15} = 66.7 \times 10^{-3} = 66.7 \text{ ms}$$
(3.22)

olarak bulunmuş olur. Sinyale ait işleme kazancını Eş. 3.21 ve Eş. 3.22'yi kullanarak,

IK = 66.7 / 4 = 16.7 ≈ 16 olarak göstermek mümkündür.

Çokzamanlı LPI sinyallerine ait DFSM yöntemi ile elde edilen ÇDSİ dağılımların incelenmesi, çokfazlı sinyallerin dağılımları ile benzerlik göstermektedir. Şekil 3.19'da çokzamanlı PT1 kodlamalı bir sinyale ait ÇDSİ deseni görülmektedir.



Şekil 3.19 PT1 sinyalinin (k=2) DFSM ÇDSİ'si

Buna göre sinyale ait bant genişliği, frekans-çevrim frekansı dağılımının bir bölgesinin yakından incelenmesi ile 250 Hz olarak bulunur. Bu değer, çokzamanlı PT1 LPI sinyalleri için tanımlanan bölme içerisindeki en kısa faz değişim süresi ile ilintilidir. Fazlar arasındaki geçişin en kısa olduğu süre, bant genişliği değerinin tersinin alınmasıyla, t =  $1 / 250 = 4.10^{-3}$  s olarak bulunur. Sinyal toplam uzunluğu ise çokfazlı P1 sinyalinin ÇDSİ deseninde incelendiği gibi Eş. 3.22'yi kullanarak kod hızının tersinin alınması ile elde edilir (Eş. 3.23)

$$T = \frac{1}{Rkod} = \frac{1}{60} = 16.7 \times 10^{-3} = 16.7 \text{ ms} \approx 16 \text{ ms}$$
(3.23)

Farklı kod uzunlukları ile elde edilen çokfazlı ve çokzamanlı LPI radar sinyallerinin DFSM yöntemi kullanarak elde edilen ÇDSİ dağılımları EK 25'ten EK 32'ye kadar olan eklerde verilmektedir.

## 4. ÖZİMGE YÖNTEMLERİ İLE SINIFLANDIRMA YAKLAŞIMLARI

Yüz ve parmak izi tanımlama gibi birçok görüntü işleme algoritmalarında sıkça kullanılan özimge (eigenimage) yöntemleri, veri tabanındaki sinyal boyutlarının daha düşük boyuta indirgenmesini sağlamaktadır. Kullanılan veri boyutunun düşük olması, işlem karmaşıklığının ve tanımlama için kullanılan sürenin azalmasını sağlamaktadır. Veri tabanındaki boyut indirgenmesi, sinyallere ait bilgilerin en az şekilde kaybedilmesini sağlayacak şekilde yapılmaktadır.

Bu konuda sıkça kullanılan yöntemlerden ilki Temel Bileşenler Analizi (TBA, Principal Components Analysis-PCA)'dir. Bu analizin iki boyutlu dağılımlar üzerinde kullanılması "özimge yaklaşımı" olarak adlandırılmaktadır [Turk, Pentland, 1991].

İkinci önemli yaklaşım ise sınıflandırma yöntemini temel alarak boyut indirgeme yolunun kullanıldığı Doğrusal Ayraç Analizi (DAA, Linear Discriminant Analysis-LDA)'dir. Bu analizin iki boyutlu dağılımlar üzerinde kullanılması ise Fisher yaklaşımı olarak adlandırılmaktadır [Belhumeur et al., 1997].

## 4.1. Özimge Yaklaşımı

Özimge yaklaşımı (eigenimage/eigenface approach), yüksek boyutlu verilerin PCA kullanılarak daha düşük boyutta simgelenebilmesi için, iki boyutlu matrislere uyarlanmış özel bir uygulamadır. PCA'da, veri tabanındaki sinyallerin kovaryans matrisinin özdeğer ve özvektörlerinin bulunması, yüksek özdeğerlere karşılık gelen özvektörlerin yeni veri tabanında saklanması esastır. Bu sayede düşük özdeğere karşılık gelen özvektörler ihmal edilerek veri tabanında boyut azaltımı sağlanmaktadır. Düşük özdeğerlerin veri tabanındaki enerjiye katkısı yok denecek kadar az olmasından dolayı boyut azaltımı sırasında önemli derecede veri kaybı olmamaktadır.

İki boyutta simgelenebilen imgelerin, özimge yaklaşımı ile yüksek doğrulukla tanımlanması mümkün olmaktadır [Turk, Pentland, 1991]. Bunun için veri tabanındaki imgelere ait kovaryans matrisinin ve bu kovaryans matrisine ait özvektörlerin elde edilmesi gerekmektedir. En büyük özdeğere karşılık gelen özvektörler, veri tabanından elde edilen özimgelere karşılık gelmektedir. Ortaya

çıkan özvektörler, kovaryans matrisinin simetrik olmasından dolayı imge uzayında birbirine ortogonal vektörleri simgelemektedir. Bu nedenle veri tabanındaki her imge, özimgelerin doğrusal bileşiminden oluşturulabilmektedir. Oluşturulan her bir özvektörün, veri tabanındaki imgeler üzerine izdüşümünün alınması ile her bir imgeye ait ağırlık vektörü elde edilmiş olur. Bu vektör, imgelerin tanımlanmasında kullanılmak üzere oluşturulmaktadır.

Özimge yaklaşımında, her biri N x N boyutunda olan imgeler N<sup>2</sup>'lik vektörler haline getirilmekte ve veri tabanındaki tüm imgelerden ortalama imge vektörü bulunmaktadır (Eş. 4.1).

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^{M} \Gamma_n \tag{4.1}$$

(Γ: imge vektörü, Ψ: ortalama imge vektörü, M: toplam imge sayısı)

Ortalama imge vektörünün, her bir imge vektöründen çıkarılması ile sıfır ortalamaya sahip bir veri tabanı matrisi (A) elde edilmiş olur (Eş. 4.2, Eş. 4.3).

$$\Phi_{i} = \Gamma_{i} - \Psi \tag{4.2}$$

(Φ: ortalama imgeden farkı alınmış imge vektörü, i=1, 2, ..., M)

$$\mathsf{A} = [\Phi_1 \ \Phi_2 \ \Phi_3 \ \dots \ \Phi_M] \tag{4.3}$$

(A: N<sup>2</sup> x M boyutundaki imge veri tabanı matrisi)

Elde edilen imge veri tabanından özimgelerin elde edilebilmesi için A matrisi üzerinde kovaryans işlemi gerçekleştirilmektedir (Eş. 4.4).

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^{M} \Phi_n \Phi_n^{\mathsf{T}} = A A^{\mathsf{T}}$$
(4.4)

### (C: kovaryans matrisi)

Eş. 4.4 ile elde edilen kovaryans matrisinin boyutu, imge vektörünün uzunluğu ile ilintilir. N<sup>2</sup>'lik imge vektörlerinden elde edilecek olan kovaryans matrisi N<sup>2</sup> x N<sup>2</sup>

boyutundadır. Resim vektör boyutunun, toplam imge sayısından fazla olduğu koşulda (N<sup>2</sup>>>M), bu büyüklükteki bir matrisin elde edilmesi, özdeğer ve özvektörlerinin oluşturulması oldukça güçtür. N<sup>2</sup> x N<sup>2</sup>'lik kovaryans matrisinden elde edilecek olan N<sup>2</sup> adet özvektörden sadece M-1 tanesi anlamlı olacaktır. Anlamlı olan özvektör sayısı veri tabanındaki imge sayısı ile ilintilidir. Oluşturulan diğer özvektörler, sıfır değerine sahip özdeğerlere karşılık gelmektedir. Bu nedenle, N<sup>2</sup> x N<sup>2</sup> boyutundaki bir matrisin çözülmesi yerine M x M boyutundaki matrisin elde edilmesi ve işlenmesi daha anlamlı olacaktır.

Kovaryans matrisinin daha düşük boyutta elde edilebilmesi ve kullanılabilmesi için Eş. 4.4 yerine, Eş. 4.5 kullanılabilir.

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^{M} \Phi_n^{\mathsf{T}} \Phi_n = A^{\mathsf{T}} A$$
(4.5)

Eş. 4.5 ile elde edilen kovaryans matrisin özdeğer ve özvektörlerinden, Eş. 4.4'ün kovaryans matrisinin özdeğer ve özvektörlerine basit bir matris uzayı değişimi ile ulaşılabilmektedir. Eş. 4.5 ile elde edilen kovaryans matrisinin özvektörleri v<sub>i</sub> olarak kabul edilerek,

$$A^{T}A v_{i} = \mu_{i} v_{i}$$

$$(4.6)$$

eşitliğine ulaşılmaktadır. Eşitliğin her iki tarafı da A ile çarpılarak,

$$A A' A v_i = \mu_i A v_i \tag{4.7}$$

AA<sup>T</sup> matrisinin özvektörleri Av<sub>i</sub> olarak bulunur.

Eş. 4.5 ile elde edilen özvektörler A matrisi ile çarpılarak istenen özvektörlere ulaşılmış olacaktır. Bu sayede işlem yükü, N<sup>2</sup> x N<sup>2</sup>'lik kovaryans matrisi elde etmekten, M x M' lik kovaryans matrisi oluşturmaya indirgenmektedir. Ortaya çıkan M tane özvektörden M' kadar olanı, uzay enerjisini en iyi simgeleyecek şekilde,

özimge değerlerine göre saklanmaktadır. Şekil 4.1'de DFSM dağılımlarından elde edilen, en büyük özdeğere sahip ilk dört özimge örnek olarak verilmektedir.





Oluşturulan özvektörler, özimge; özimgelerin oluşturduğu matris ise imge uzayı olarak ifade edilmektedir. Tanımlamanın yapılabilmesi için, her bir imgenin, imge uzayı üzerindeki izdüşümünün bulunması ve ağırlık vektörünün oluşturulması gerekmektedir (Eş. 4.8).

$$\omega_{k} = v_{k}^{T} A \tag{4.8}$$

(ω: ağırlık vektörü (1 x M), k = 1, 2, ..., M')

46

Ağırlık vektörleri her bir imge için veri tabanında,  $\Omega$  matrisinde saklanmaktadır (Eş. 4.9).  $\Omega$  matrisi, tanımlama için esas olan ağırlık matrisidir.

$$\Omega = [\omega_1^{\mathsf{T}} \ \omega_2^{\mathsf{T}} \ \dots \ \omega_{\mathsf{M}'}^{\mathsf{T}}] \tag{4.9}$$

Yeni bir imgeye tanımlama için uygulanacak yöntem, veri tabanında yer alan imgeler ile aynıdır. İmgenin ortalama imgeden farkı alınarak (Eş. 4.10) her bir özimge üzerine düşürülmesiyle (Eş. 4.11) ağırlık vektörü oluşturulur (Eş. 4.12).

$$\Phi_{\rm T} = \Gamma_{\rm T} - \Psi \tag{4.10}$$

( $\Gamma_T$ : test imgesi,  $\Psi$ : ortalama imge vektörü)

$$\omega_{k} = \mathbf{v}_{k}^{\mathsf{T}} \ \Phi_{\mathsf{T}} = \mathbf{v}_{k}^{\mathsf{T}} \ (\boldsymbol{\Gamma}_{\mathsf{T}} - \boldsymbol{\Psi}) \tag{4.11}$$

( $\omega$ : her bir özimgeye ait ağırlıklar, k = 1, 2, ..., M')

$$\Omega_{\rm T} = [\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_{\rm M}] \tag{4.12}$$

### ( $\Omega_T$ : test imgesine ait ağırlık vektörü (1 x M'))

Tanımlama, imge uzayına düşürülen her bir imgenin, ağırlık matrisinden ne kadar uzak olduğu ölçütüne göre gerçekleştirilmektedir. Yakınlık ölçütü, öklit mesafesi ile tanımlanmaktadır (Eş. 4.13).

$$\varepsilon_{k}^{2} = \| (\Omega - \Omega_{k}) \|^{2}$$

$$(4.13)$$

Ağırlık matrisine göre öklit mesafesi elde edilen test imgesinin, en küçük öklit değerine karşılık gelen imge olduğu kabul edilerek tanımlanması gerçekleştirilmektedir [Turk, Pentland, 1991]. Özimge yaklaşımına ilişkin işlevsel blok şema Şekil 4.2'de verilmektedir.


Şekil 4.2 Özimge yaklaşımı ile sınıflandırma işlevsel blok şeması

#### 4.2. Fisher Yaklaşımı

Fisher yaklaşımı (Fisherface approach), sınıflandırma tabanlı tanımlama için kullanılan diğer bir yöntemdir [Belhumeur et al., 1997]. Yüz, parmak izi gibi iki boyutlu imgeleri tanımlamada kullanılmak üzere, Doğrusal Ayraç Analizi (DAA, Linear Discriminant Analysis, LDA)'nin iki boyutlu verilere uyarlanması sonucunda oluşturulmuştur. Aynı sinyal ailesi ya da kişiye ait birden fazla, farklı imgenin veri tabanına tanıtılarak sınıf içi dağılımın en aza, sınıflar arası dağılımın ise en fazlaya ulaşabilmesi için geliştirilmiştir. Bu sayede, Fisher yaklaşımında tanımlama başarım oranında artış gözlenmektedir.

Fisher yaklaşımında, her biri N x N boyutunda olan imgeler N<sup>2</sup>'lik vektörler haline getirilmekte ve veri tabanındaki tüm imgelerden ortalama imge vektörü bulunmaktadır (Eş. 4.14).

$$\Psi = \frac{1}{M_t} \sum_{k=1}^{M_t} \Gamma_k$$
(4.14)

( $\Gamma$ : imge vektörü,  $\Psi$ : ortalama imge vektörü,  $M_t$ : toplam imge sayısı)

Veri tabanında, c farklı sınıfa ait toplam  $M_t$  adet imge vektörü kaydedilmektedir. Ortalama imge vektörü hem tüm veri tabanı içerisinde hem de her bir sınıf için ayrı ayrı bulunmaktadır. Sınıf içi ortalama imge vektörü,  $\Psi_{Ci}$  olarak simgelenmektedir.

$$\Phi_{i} = \Gamma_{i} - \Psi_{Ci} \tag{4.15}$$

(Φ: ortalama imgeden farkı alınmış sınıf içi imge vektörü, i = 1, 2, ..., c)

Oluşturulan vektörlerden sınıf içi ve sınıflar arası saçılma matrisleri elde edilmektedir. Sınıf içi saçılma matrisi,

$$S_w = \sum_{i=1}^{c} P(C_i) \Sigma_i$$
 (4.16)

(S<sub>w</sub>: sınıf içi saçılma matrisi, P(C<sub>i</sub>): önsel sınıf olasılığı)

eşitliği ile bulunmaktadır. Burada,

$$P(C_i) = \frac{1}{c}$$
 (4.17)

ve

$$\Sigma_{i} = \mathsf{E}\left[\Phi_{i} \ \Phi_{i}^{\mathsf{T}}\right] = \mathsf{E}\left[\left(\Gamma_{i} - \Psi_{Ci}\right) \left(\Gamma_{i} - \Psi_{Ci}\right)^{\mathsf{T}}\right]$$
(4.18)

olarak tanımlanmaktadır.

Sınıflar arası saçılma matrisi ise,

$$S_{b} = \sum_{i=1}^{c} P(C_{i}) (\Psi_{ci} - \Psi) (\Psi_{ci} - \Psi)^{T}$$
(4.19)

#### (S<sub>b</sub>: sınıflar arası saçılma matrisi)

eşitliği ile bulunmaktadır. Eş. 4.16 ve Eş. 4.19'dan elde edilen saçılma matrisleri Eş. 4.20'de kullanılarak en iyi W matrisi bulunması amaçlanmaktadır. Bu sayede, sınıflar arası saçılma en fazlaya, sınıf içi saçılma en aza indirgenmektedir [Martinez, Kak, 2001].

$$W = \operatorname{argmax}_{T} (J(T)) \Longrightarrow \max(J(T)) = \frac{\left| T^{T} S_{b} T \right|}{\left| T^{T} S_{w} T \right|} |_{T=W}$$
(4.20)

W matrisinin çözümü genelleştirilmiş özdeğer çözümü ile yapılmaktadır (Eş. 4.21).

$$S_{b}W = S_{w}W \lambda_{w}$$
(4.21)

Tanımlama için kullanılacak olan W matrisi,  $S_b$  ve  $S_w$  matrislerinden elde edilen özvektör matrisidir. Özvektör matrisi, anlamlı özdeğerlere göre sıralandığında en fazla c-1 adet özimgeden oluşmaktadır [Belhumeur et al., 1997]. Bu değer, veri tabanında yer alan birbirinden farklı sınıf sayısı ile ilintilidir. Özimge yaklaşımına benzer şekilde, her bir imgenin özvektörler ya da imge uzayına yansıtılması ile o imgeye ait ağırlık vektörü elde edilmiş olacaktır (Eş. 4.22).

$$g(\Phi_i) = W^T \Phi_i$$
(4.22)

(g: ağırlık vektörü (c-1) x 1, i = 1, 2, ..., M<sub>t</sub>)

Her bir imgeye ait ağırlık vektörü, tanımlama için kullanılmak üzere veri tabanında tutulmaktadır. Test amaçlı olarak kullanılacak olan imgenin, ortalama imgeden farkı alınarak ve imge uzayına yansıtılarak ağırlık vektörü elde edilmektedir (Eş. 4.23, Eş. 4.24).

$$\Phi_{\rm T} = \Gamma_{\rm T} - \Psi \tag{4.23}$$

( $\Gamma_T$ : test imgesi,  $\Psi$ : ortalama imge vektörü)

$$g(\Phi_{T}) = W^{T} \Phi_{T}$$
(4.24)

(g: ağırlık vektörü (c-1) x 1)

Tanımlama, imge uzayına düşürülen imgenin, ağırlık matrisinden ne kadar uzak olduğu ölçütüne göre gerçekleştirilmektedir. Yakınlık ölçütü öklit mesafesi ile tanımlanmaktadır (Eş. 4.25).

$$\epsilon_{Ti}^{2} = \| (g(\Phi_{T})-g(\Phi_{i})) \|^{2}$$
(4.25)

$$(i = 1, 2, ..., M_t)$$

Ağırlık matrisine göre öklit mesafesi elde edilen test imgesinin tanımlanması, en küçük öklit uzaklığına karşılık gelen imge olduğu kabul edilerek gerçekleştirilmektedir [Gül, 2003][Belhumeur et al., 1997]. Fisher yaklaşımına ilişkin işlevsel blok şema Şekil 4.3'te verilmektedir.



Şekil 4.3 Fisher yaklaşımı ile sınıflandırma işlevsel blok şeması

Fisher yaklaşımına ilişkin algoritmanın yüksek boyutlu matrisler üzerinde yürütülmesi, hesaplama karmaşıklığı ve yükü açısından oldukça güç olmaktadır. Toplam imge sayısının, imge boyutundan düşük olduğu koşulda ( $M_t << N^2$ ), Fisher uzayının bulunmasından önce, PCA yöntemi ile her bir imgeye ait ağırlıkların oluşturulup bu değerlerin LDA yöntemine girilmesi gerekmektedir [Roth][Belhumeur et al., 1997]. Bu sayede, Fisher algoritmasına giriş yapılan matris boyutu N<sup>2</sup>'den M<sub>t</sub>'ye indirgenmektedir. Yöntemin uygulanmasına yönelik blok şema Şekil 4.4'te verilmektedir.



Şekil 4.4 PCA ve LDA yöntemlerinin birlikte uygulanması

Fisher uzayının elde edilmesi için özimge uzayına ait ağırlıkların kullanılması, boyut indirgenmesinin yanı sıra, tüm veri tabanının kullanıldığı durumu kıyasla tanımlamanın başarım performasını da artırmaktadır [Zhao, Chellappa].

PCA yöntemi ile elde edilen ağırlıkların LDA yönteminde kullanılmasıyla Fisher yaklaşımındaki yeni veri matrisi Eş. 4.9'da verilen ağırlık matrisidir.

$$\Omega = [\omega_1^{\mathsf{T}} \ \omega_2^{\mathsf{T}} \ \dots \ \omega_{\mathsf{M}_t}^{\mathsf{T}}] = [\Omega_1^{\mathsf{T}} \ \Omega_2^{\mathsf{T}} \ \dots \ \Omega_c^{\mathsf{T}}]$$
(4.26)

$$\Omega'_{i} = [\omega_{1} \ \omega_{2} \ \dots \ \omega_{q_{i}}]$$

$$(4.27)$$

(q: sınıfın toplam imge sayısı, i = 1, 2, ..., c, c: sınıf sayısı, ω: PCA ağırlık vektörü) Buna göre, sınıf içi ortalama imge ve toplam ortalama imge,

$$m_{i} = \frac{1}{q_{i}} \sum_{k=1}^{q_{i}} \omega_{k}$$
(4.28)

$$m_o = \frac{1}{M_t} \sum_{k=1}^{M_t} \omega_k$$
 (4.29)

(Mt: toplam imge sayısı)

olarak simgelenmektedir.

Yeni veri matrisinden elde edilecek olan sınıf içi saçılma matrisi ise Eş. 4.30 ile bulunmaktadır.

$$S_w = \sum_{i=1}^{c} P(C_i) \Sigma_i$$
 (4.30)

(S<sub>w</sub>: sınıf içi saçılma matrisi, P(C<sub>i</sub>): önsel sınıf olasılığı)

Burada,

$$\mathsf{P}(\mathsf{C}_{\mathsf{i}}) = \frac{1}{\mathsf{c}} \tag{4.31}$$

ve

$$\Sigma_{i} = \mathsf{E}\left[\left(\Omega_{i}^{'} - m_{i}\right)\left(\Omega_{i}^{'} - m_{i}\right)^{\mathsf{T}}\right]$$
(4.32)

olarak tanımlanmaktadır.

Sınıflar arası saçılma matrisi ise,

$$S_{b} = \sum_{i=1}^{c} P(C_{i}) (m_{i} - m_{o}) (m_{i} - m_{o})^{T}$$
(4.33)

(S<sub>b</sub>: sınıflar arası saçılma matrisi)

eşitliği ile bulunmaktadır.

Genelleştirilmiş özdeğer çözümü yöntemi ile Eş. 4.21'in kullanılması sonucunda elde edilen özvektörler, W matrisinde saklanmaktadır. Fisher ağırlıklarının elde

edilmesi için, veri tabanını oluşturan ağırlık matrisinin özvektörler üzerine yansıtılması gerekmektedir (Eş.4.34)

$$g(\Phi_i) = W^{\top} \Omega_i$$
(4.34)

(g: ağırlık vektörü (c-1) x 1, i = 1, 2, ..., M<sub>t</sub>)

Her bir imgenin PCA yöntemi ile elde edilen ağırlıklarının kullanılmasıyla elde edilen Fisher ağırlık vektörü, tanımlama için kullanılmak üzere veri tabanında tutulmaktadır. Test amaçlı olarak kullanılacak olan imgenin ortalama imgeden farkı alınarak ve PCA yönteminden elde edilen ağırlıkları Fisher uzayına yansıtılarak ağırlık vektörü elde edilmektedir (Eş. 4.35, Eş. 4.36, Eş. 4.38).

$$\Phi_{\rm T} = \Gamma_{\rm T} - \Psi \tag{4.35}$$

( $\Gamma_T$ : test imgesi,  $\Psi$ : ortalama imge vektörü)

$$\omega_{k} = \mathbf{v}_{k}^{\mathsf{T}} \, \boldsymbol{\Phi}_{\mathsf{T}} = \mathbf{v}_{k}^{\mathsf{T}} \, (\boldsymbol{\Gamma}_{\mathsf{T}} - \boldsymbol{\Psi}) \tag{4.36}$$

( $\omega$ : PCA ağırlık değeri, k = 1, 2, ..., M<sub>t</sub>)

$$\Omega_{\mathrm{T}} = \left[\omega_{1} \ \omega_{2} \ \dots \ \omega_{\mathrm{M}}\right]^{\mathrm{T}} \tag{4.37}$$

( $\Omega_T$ : PCA ağırlık vektörü M<sub>t</sub> x 1)

$$g(\Omega_{T}) = W^{T} \ \Omega_{T}$$
(4.38)

(g: LDA ağırlık vektörü (c-1) x 1)

Tanımlama, imge uzayına düşürülen imgenin, ağırlık matrisinden ne kadar uzak olduğu ölçütüne göre gerçekleştirilmektedir. Yakınlık ölçütü, öklit mesafesi ile tanımlanmaktadır (Eş. 4.39).

$$\varepsilon_{\mathrm{Ti}}^2 = \| \left( g(\Omega_{\mathrm{T}}) - g(\Omega_{\mathrm{i}}) \right) \|^2$$
(4.39)

 $(i = 1, 2, ..., M_t)$ 

Ağırlık matrisine göre öklit mesafesi elde edilen test imgesinin, en küçük öklit değerine karşılık gelen imge olduğu kabul edilerek tanımlanması gerçekleştirilmektedir [Turk, Pentland, 1991].

Fisher yaklaşımı kullanarak tanımlamanın gerçekleştirilebilmesi için, veri sınıflarının algoritma öncesinde belirlenmesi gerekmektedir. Yüz ve parmak izi tanımlama gibi yöntemlerde, bir kişiye ait birden fazla imgenin veri tabanına kaydedilmesi ile sınıflar oluşturulmaktadır. Aynı kişiye ait imgeler yardımıyla sınıf içi saçılma matrisi, farklı kişilere ait imgeler yardımıyla da sınıflar arası saçılma matrisi elde edilmektedir.

Fisher yönteminin LPI radar sinyallerinin analizine yönelik uygulanması, veri tabanına tanıtılan her bir sinyalin dağılımının tek olması yönünden farklılık göstermektedir. Her biri başka sinyale ilişkin olan, iki farklı sınıftaki dağılımlar oluşturulmuş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Öbekleme, dağılımların uzayda birbirlerine olan uzaklıklarına göre sıradüzensel öbekleme algoritması kullanılarak gerçekleştirilecektir. Bu yöntemle elde edilecek olan sınıflar, kendi içinde en uygun çözümü sağlayacak şekilde olacaktır.

### 4.2.1. Sıradüzensel Öbekleme (Hierarchical Clustering)

Sınıflandırma algoritmaları, en önemli öğreticisiz öğrenme (unsupervised learning) yöntemidir. Bu yöntem, veri tabanını oluşturan birbirine benzer ögelerin, bir sınıfın elemanı olarak belirlenmesini sağlamaktadır. Bu sayede, birbirine benzeyen ve benzemeyen ögelerin oluşturduğu düzende sınıflama yapısı oluşmaktadır. Şekil 4.5'te verilen yapıya göre, uzayda birbirinde yakın uzaklıkta bulunan ögeler aynı sınıfın elemanı olarak atanırken, birbirinden görece daha uzakta yer alan ögeler farklı sınıfların elemanı olarak atanmıştır.



Şekil 4.5 İki boyutlu uzaydaki veriler ve sınıf yapısı

Sınıflandırma çeşitli yöntemlerle yapılabileceği gibi, en bilindik yöntem olarak sıradüzensel öbekleme (hierarchical clustering) algoritması kullanılmaktadır. Sıradüzensel öbekleme, bölümlemeli (divisive) ya da bütünlemeli (agglomerative) yapıda olabilmektedir. Bölümlemeli yapıda, bütün ögeler ilk aşamada tek bir sınıf olarak kabul edilmektedir. Algoritma adımlarında, birbirine görece olarak uzak olan ögeler bölümlenerek sınıflar oluşturulmaktadır. Bütünlemeli yapıda, bütün ögeler ilk aşamada her biri tek başına bir sınıf olarak kabul edilmektedir. Algoritma adımlarında, birbirine görece olarak uzak olan ögeler bölümlenerek sınıflar oluşturulmaktadır. Bütünlemeli yapıda, bütün ögeler ilk aşamada her biri tek başına bir sınıf olarak kabul edilmektedir. Algoritma adımlarında, birbirine görece olarak yakın olan ögeler bütünlenerek sınıflar oluşturulmaktadır. Bütünlemeli yapıdaki sıradüzensel öbekleme algoritması, sınıfların oluşturulması için uygulama kolaylığı sağlaması ve daha yaygın kullanılan bir yöntem olmasından dolayı tercih edilen bir yöntemdir [Shihab, 2000].

Sıradüzensel öbekleme algoritması, veri tabanındaki N farklı ögenin birbirine olan uzaklıklarından oluşan N x N boyutundaki uzaklık matrisi ve sınıflar arası bağlantının ne şekilde gerçekleştiğini belirten bağlantı matrisini temel almaktadır. Oluşturulan uzaklık matrisine göre, birbirine en yakın olan ögeler ilk aşamada sınıflandırılırken, bağlantı matrisi de eş zamanlı olarak oluşturulmaktadır. Bu şekilde birbirine görece daha yakın olan ögelerden başlayarak tek bir sınıf oluşana kadar algoritma devam etmektedir.

Veri tabanında yer alan ögelerin birbirine göre olan yakınlık ölçütü üç farklı şekilde olabilmektedir. Bunlardan ilki, iki farklı sınıfa ait ögeler arasındaki mesafenin en az olduğu koşulu ele alan ölçüttür. Tekil bağlantı olarak adlandırılan bu yakınlık ölçütü, sıradüzensel öbekleme algoritmalarında sıkça kullanılmaktadır. İkinci tipteki yakınlık ölçütü, toplam bağlantı olarak adlandırılmaktadır. İki farklı sınıfa ait ögeler arasındaki mesafenin en fazla olduğu koşulu ele alınmaktadır. Üçüncü tipteki yakınlık ölçütü ise ortalama bağlantı olarak adlandırılmaktadır. İki farklı sınıfa ait ögeler arasındaki mesafenin ortalama değerini ele alarak gerçekleştirilmektedir [Hierarchical Clustering, 2009].

Tekil bağlantı yakınlık ölçütü kullanılarak gerçekleştirilen bütünlemeli yapıdaki sıradüzensel öbekleme algoritmasına ilişkin bir örnek aşağıda verilmektedir. İki boyutlu uzayda (1, 2), (2.5, 4.5), (2, 2), (4, 1.5) ve (4, 2.5) noktalarında yer alan ögelerin Şekil 4.6'da yer alan düzende sıralandığı varsayılarak ögeler arasındaki uzaklıkların yer aldığı matris elde edilmektedir (Çizelge 4.1).



Şekil 4.6 Sıradüzensel öbekleme için iki boyutlu veri matrisi örneği

Çizelge 4.1 Sıradüzensel öbekleme uzaklık matrisi

	1.Öge	2.Öge	3.Öge	4.Öge	5.Öge
1.Öge	0	2.9155	1.0000	3.0414	3.0414
2.Öge	2.9155	0	2.5495	3.3541	2.500
3.Öge	1.0000	2.5495	0	2.0616	2.0616
4.Öge	3.0414	3.3541	2.0616	0	1.0000
5.Öge	3.0414	2.5000	2.0616	1.0000	0

Her bir ögesi bireysel ve farklı sınıf olarak atanan veri matrisinin, Çizelge 4.1'de verilen birbirine uzaklık değerleri dikkate alınarak belirlenen en yakın iki ögesi yeni

bir sınıfı oluşturur. Her adımda hesaplanan uzaklık matrisi, bütün ögelerin tek bir sınıf altında birleşmesine dek sürmektedir. Sınıfların oluşma yapısı Şekil 4.7'de verilmektedir.



Şekil 4.7 Sıradüzensel öbekleme yapısı

Buna göre, veri matrisinin 4. ve 5. ögeleri ile 1. ve 3. ögeleri ilk aşamada kendi aralarında tek bir sınıf altında birleşmektedirler. Bu sınıflar, sırasıyla A ve B sınıfı olarak adlandırılmıştır. Daha sonra birbirine en yakın elemanlar arasındaki bağlantının kurulmasıyla A ve B sınıflarından tek bir sınıf elde edilmiş ve bu yeni sınıf C sınıfı olarak adlandırılmıştır. Son aşamada, 2. ve C sınıfları birleştirilerek bütünlemeli sıradüzensel yapı uygulanmış olmaktadır. Elde edilen sınıflar ve ögeler arasındaki uzaklıkların hesaplandığı ve bu sonuçlardan ortaya çıkan bağlantı matrisi Çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.2 Sıradüzensel öbekleme bağlantı matrisi

	Sınıf/Öge İsmi	Sınıf/Öge İsmi	Uzaklık Değeri	Oluşan Sınıf İsmi	Uyumsuzluk Katsayısı
1.aşama	4	5	1.0000	Α	0
2.aşama	1	3	1.0000	В	0
3.aşama	A	В	2.0616	С	1.1547
4.aşama	2	С	2.5000	-	0.7071

Çizelge 4.2'de yer alan verilerin şekil üzerinde betimlenmesi Şekil 4.8'de verilmektedir. Bu yapıya sıradüzensel öbekleme yönteminde "dendrogram" denilmektedir. Sınıfların ve sınıfları oluşturan ögelerin, bağlantı uzaklıkları ve yapıları en açıklayıcı şekliyle dendrogramda gözlenmektedir.



Şekil 4.8 Veri matrisinin dendrogram yapısı

Sınıflandırma sonucunda oluşturulan yapının, kendi içinde uygun şekilde sınıflara bölünmesi yöntemin son aşamasıdır. Dendrograma göre bölümleme, yapı içerisinde en fazla olması gereken sınıfı belirleme ya da sınıflandırma sırasında ortaya çıkan uyumsuzluk katsayısına göre yapılmaktadır.

Sınıf sayısını belirlemedeki ilk yöntem, Şekil 4.9'da verildiği gibi gerçekleştirilmektedir. Buna göre, dendrogramdan okunabileceği gibi, veri ögeleri farklı kollardaki ögeleri içerecek şekilde en çok üç sınıf altında toplanmıştır.



Şekil 4.9 Veri matrisinin sınıflara bölümlenmesi

Sınıf sayısını belirlemedeki ikinci yöntem ise, sınıflar arasındaki bağlantılar oluşturulurken ortaya çıkan uyumsuzluk katsayısıdır. Her bir ögenin öbeklenmesi ve yeni sınıfların oluşturulması sırasında ortaya çıkan bu katsayı, bağlantılar arasında ne kadar uzaklık olduğunun bir ölçütüdür. Buna göre, uyumsuzluk katsayısı ne kadar az olursa, o ögeler ya da sınıflar arasındaki bağ o kadar güçlüdür ve bunların tek bir sınıf altında birleşme olasılıkları o kadar fazladır. Benzer şekilde, uyumsuzluk katsayısı arttıkça, öge ya da sınıfların farklı sınıflar altında öbekleşmesi o denli kuvvetli bir ihtimaldir.

Örneği verilen veri matrisi için uyumsuzluk katsayıları Çizelge 4.2'de verilmektedir. Uyumsuzluk katsayısı en büyük değer olan bağlantı A ve B sınıflarının bağlantılarıdır. Birbirine en uyumlu olan ögeler ise, en düşük uyumsuzluk katsayısına sahiptir. Sınıflandırma, uyumsuzluk katsayısının belirlenmesi ve bu değere göre uyumsuzluk katsayısı daha yüksek olan öge ya da sınıfların farklı sınıflarda öbeklenmesi ile gerçekleştirilmektedir.

Veri tabanına kaydedilen LPI sinyallerinin, Fisher yaklaşımı ile tespit edilebilmesi için, belirli bir algoritma ile sınıflandırılması gerekmektedir. Sinyallerin bu amaçla sınıflandırılması bütünlemeli yapıdaki sıradüzensel öbekleme yapısı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen dendrogram yapısı Şekil 4.10'da verilmektedir.



Şekil 4.10 LPI sinyallerinin dendrogram yapısı

Buna göre elde edilen sınıflandırma yapısı, uyumsuzluk katsayısının belirlenmesi ve öbekleme algoritma içerisinde kullanılması ile altı farklı sınıf ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan sınıflar Çizelge 4.3'te verilmektedir. Bu sayede, Fisher yaklaşımında

ihtiyaç duyulan sınıf içi ve sınıflar arası saçılma matrisleri elde edilen sınıflar kullanılarak oluşturulacaktır.

1. Sınıf	2. Sınıf
P1_1_7_1_64_s	P2_1_7_8_1_s
P1_1_7_2_16_s	
P2_1_7_2_16_s	3. Sınıf
P3_1_7_2_32_s	P11744s
P3_1_7_4_16_s	P3 1 7 16 4 s
P3_1_7_8_8_s	P4 1 7 16 4 s
P4_1_7_2_32_s	
P4_1_7_4_16_s	4. Sınıf
P4_1_7_8_8_s	P1 1 7 8 1 s
PT1_1_7_2_1_s	P3 1 7 64 1 s
PT1_1_7_2_2_s	P4 1 7 64 1 s
PT1_1_7_2_4_s	
PT2_1_7_2_2_s	5. Sınıf
PT2_1_7_2_4_s	P3 1 7 32 2 s
PT3_1_7_2_250_s	P4 1 7 32 2 s
PT3_1_7_2_500_s	
PT3_1_7_2_750_s	6. Sınıf
PT4_1_7_2_250_s	P2_1_7_4_4 s
PT4_1_7_2_500_s	
PT4_1_7_2_750_s	

Çizelge 4.3 LPI sinyallerinin sıradüzensel öbekleme ile oluşan sınıfları

## 5. LPI RADAR SİNYALLERİNİN ÖZİMGE YÖNTEMLERİ İLE SINIFLANDIRILMASI

LPI radar sinyallerine yönelik olarak oluşturulan çokfazlı ve çokzamanlı kodlamalı sinvaller, ilk aşamada uygun örnekleme frekansı ile radar almacina kaydedilmektedir. Bu aşamadan sonra, sinyale ilişkin dağılımlar oluşturulup özimge yöntemleri ile tanımlama için gerekli altyapı elde edilmektedir. Veri tabanında önceden yer alan sinyaller ile karşılaştırma sonrasında, sinyalin hangi aileden olduğu ve sinyal çeşiti ortaya çıkmaktadır. Analiz, Bölüm 3'te verilen dört farklı dağılım üzerinden ve Bölüm 4'teki iki farklı yaklaşım ile gerçekleştirilmektedir. Analizin görsel şeması Şekil 5.1'de verilmektedir.



Şekil 5.1 LPI radar sinyallerinin analiz blok şeması

Analizler sırasında, ilgili dağılımların başarım kriterleri incelenmiştir. LPI radar almacına gelen sinyalin Sinyal-Gürültü Oranı (SNR), belirli değerler arasında değiştirilerek her bir sinyale ait yüzde tespit başarımı değerleri, ilgili çizelgeye işlenmektedir. Analizler, özimge ve Fisher yaklaşımları için ayrı ayrı uygulanıp yöntem başarım performansları tespit edilmektedir. Şekil 5.1'den de anlaşılacağı gibi radar almacına gelen LPI sinyali 7 KHz'lik örnekleme frekansı ile ilgili metoda yönlendirilmektedir. Her bir metottan ortaya çıkan iki boyuttaki dağılımlar, 512x512 piksel boyutundaki resimlerden oluşmaktadır.

# 5.1. LPI Sinyallerinin KZFD Üzerinden Özimge Yöntemleri ile Sınıflandırılması

Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü yöntemi ile elde edilen P1 çokfazlı ve PT1 çokzamanlı sinyal ailesine ait dağılımlar, ilk aşamada özimge algoritması kullanılarak tespit performans analizine tabi tutulmuştur. Bunun için, elde edilen dağılımlar sütun vektörü haline getirilmiş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Bölüm 4'te verilen eşitlikler MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir.

İlk olarak 512x512 = 262144'lük uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imgelerden 11 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 5.1 P1 çokfazlı kodlamalı	sinyal ailesine ait KZFI	D'nin özimge yaklaşımı ile
tespit performans analizi		

Çizelge 5.1'e göre, KZFD kullanılarak özimge yaklaşımı ile yapılan tanımlama, başarılı sonuçlar vermemektedir. Veri tabanına daha önceden tanıtılan sinyaller ile

yapılan karşılaştırmada, P1 ailesine ait tüm sinyaller kendisinden başka sinyallere yakınsamaktadır. Bu da, başarım performasını olumsuz etkilemektedir.

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri Çizelge 5.2'de yer almaktadır. P1 çokfazlı sinyallerde olduğu gibi, tespit başarım oranı PT1 çokzamanlı sinyaller için de oldukça düşüktür. Çizelgeden de anlaşılacağı gibi, sadece PT1\_1\_7\_2\_2\_s sinyalinin tespit başarım performansında, bazı SNR değerlerinde olumlu sonuçlar alınmaktadır. Tespit olasılığı, SNR değeriyle orantılı olarak değişmektedir.

Çizelge 5.2 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 92	% 35	% 3	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Elde edilen dağılımların özimge yaklaşımı ile daha detaylı olarak incelenebilmesi için farklı bir yaklaşım önerilmektedir. Her bir imge, kendi içerisinde küçük altimgelere bölünmektedir. Veri tabanına kaydedilen imgeler, sinyallere ait dağılımların küçük imgelerden oluşmaktadır. Bölümleme, Şekil 5.2'de verildiği gibi önceden belirlenen çözünürlüğe göre yapılmaktadır. Karşılaştırmanın adil olarak gerçekleştirilebilmesi için, her bir dağılımdan elde edilecek küçük imgeler NxN = 64x64 boyutunda olacak şekilde seçilmiştir. Tanımlama, dağılımlara ait her bir küçük imgenin öklit mesafesine göre uyumlu olması koşulunda gerçekleşecektir.



Şekil 5.2 P1 çokfazlı sinyale ait KZFD'nin özimge yöntemi ile elde edilen dağılımının küçük imgelere bölümlenmesi

Yeni yaklaşım ile 64x64 = 4096'lık uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan küçük imgelerden 16 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Önerilen yeni yaklaşım ile elde edilen sonuçlar, Çizelge 5.3'e kaydedilmiştir. Sonuçlara göre, dağılımların daha detaylı incelenmesi amacıyla küçük imgelere bölümlenmesi, tanımlama performasını artırmaktadır.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 97	% 55	% 2	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 99	% 94	% 95	% 91	% 85	% 81
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 5.3 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri Çizelge 5.4'te verilmektedir. Sonuçlara göre, PT1 çokzamanlı sinyallere ait KZFD'nin küçük imgelere bölümlenmesi, tanımlamada oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Sinyale ait dağılımın zaman-frekans ekseninde zenginlik göstermesi, tanımlamayı kolaylaştırmakta ve tespit olasılığını artırmaktadır.

Çizelge 5.4 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler	е
bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi	

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 97	% 55	% 2	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
SNR	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 94	% 48	% 12	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 99	% 99	%99	% 97	% 98

Sinyal							
SNR	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 94	% 90	% 89	% 85	% 72	% 57	% 55

Fisher yaklaşımının, KZFD dağılımları üzerinden yürütülmesi için Bölüm 4'te verilen eşitlikler MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için, sıradüzensel öbekleme algoritmasındaki uyumsuzluk katsayısı en yüksek değer olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Bu durumda birbirine görece olarak uzak sinyaller, altı farklı sınıf altında toplanmıştır.

Fisher yaklaşımı kullanılarak, her bir imgeye ait ağırlıklar PCA yöntemi ile elde edilmiştir. Böylece tüm imge yerine ağırlıklardan oluşan uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imge ağırlıklarından 29 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5.5'e kaydedilen P1 çokfazlı sinyallere ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasına ilişkin sonuçlar, özimge yaklaşımı ile karşılaştırıldığında daha başarılı sonuçlar alındığı gözlenmektedir. Sinyale ait dağılımın zaman-frekans ekseninde zenginlik göstermesi, tanımlamayı kolaylaştırmakta ve tespit olasılığını artırmaktadır.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6	% 3
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 5.5 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

(Çizelge 5.5 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 95	% 80	% 62	% 42
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal SNR	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 13	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 93

Sinyal SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 59	% 29	% 5	% 0	% 0	% 0	% 0

Benzer şekilde elde edilen, PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri Çizelge 5.6'da yer almaktadır.

Çizelge 5.6 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6	% 3
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal	4 dB	E dB	6 dB	7 dB	0 4B	0 dB	10 dB
SNR	<u>-4 00</u>	<u>-5 ub</u>	<u>-0 ub</u>	<u>-7 db</u>	<u>-0 ub</u>	<u>-9 ub</u>	<u>-10 ub</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 89	% 64	% 47	% 20	% 10	% 2
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 98	% 92	% 82	% 72	% 61

Sinyal							
SNR	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
UNIX							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 47	% 46	% 32	% 25	% 23	% 19	% 18

P1 çokfazlı sinyal ailesinin KZFD dağılımı üzerinden Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasında olduğu gibi, PT1 çokzamanlı sinyal ailesinin de tanımlanmadaki başarım performansı Fisher yaklaşımı ile artış göstermektedir. Sinyale ait dağılımın zaman-frekans ekseninde zenginlik göstermesi, başarılı tespit olasılığını artırmaktadır.

Diğer çokfazlı ve çokzamanlı sinyal ailelerine ait KZFD dağılım üzerinden özimge yöntemleri ile tespit performas analizleri EK 33'ten EK 56'ya kadar olan eklerde verilmektedir.

### 5.2. LPI Sinyallerinin WVD Üzerinden Özimge Yöntemleri ile Sınıflandırılması

Wigner – Ville Dağılımı yöntemi ile elde edilen P1 çokfazlı ve PT1 çokzamanlı sinyal ailesine ait dağılımlar, ilk aşamada özimge algoritması kullanılarak tespit performans analizine tabi tutulmuştur. Bunun için, elde edilen dağılımlar sütun vektörü haline getirilmiş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Bölüm 4'te verilen eşitlikler, MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir.

İlk olarak 512x512 = 262144'lük uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imgelerden 19 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5.7'ye göre, WVD kullanılarak özimge yaklaşımı ile yapılan tanımlama, yeterince başarılı sonuçlar vermemektedir. Veri tabanına daha önceden tanıtılan sinyaller ile yapılan karşılaştırmada, P1 ailesine ait bazı sinyaller kendisinden başka sinyallere yakınsamaktadır. Bu da, başarım performasını olumsuz etkilemektedir.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 70	% 6	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 5.7 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.8'de yer almaktadır. P1 çokfazlı sinyallerde olduğu gibi, tespit başarım oranı PT1 çokzamanlı sinyaller için de oldukça düşüktür.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 82	% 12	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 5.8 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
SND	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
SINK						
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 98	% 58	% 9	% 0	% 0

Elde edilen dağılımların, özimge yaklaşımı ile daha detaylı olarak incelenebilmesi için, her bir dağılım kendi içerisinde küçük imge parçalarına bölünmektedir. Veri tabanına kaydedilen imgeler, sinyallere ait dağılımların küçük imgelerinden oluşmaktadır. Bölümleme, önceden belirlenen boyuta göre yapılmaktadır. Karşılaştırmanın adil olarak gerçekleştirilebilmesi için, her bir dağılımdan elde edilecek küçük imgeler NxN = 64x64 boyutunda olacak şekilde seçilmiştir. Tanımlama, dağılımlara ait her bir küçük imgenin öklit mesafesine göre uyumlu olması koşulunda gerçekleşecektir.

Yeni yaklaşım ile 64x64 = 4096'lık uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan küçük imgelerden 132 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek

şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Önerilen yeni yaklaşım ile elde edilen sonuçlar, Çizelge 5.9'a kaydedilmiştir. Sonuçlara göre, dağılımların daha detaylı incelenmesi amacıyla küçük imgelere bölümlenmesi ve sinyale ait dağılımın zaman-frekans ekseninde zenginlik göstermesi, tanımlama performasını artırmaktadır.

Çizelge 5.9 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 66	% 2	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 75	% 5	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 66	% 0	% 0

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.10'da verilmektedir. Sonuçlara göre, PT1 çokzamanlı sinyallere ait WVD'nin küçük imgelere bölümlenmesi ve sinyale ait dağılımın zaman-frekans ekseninde zenginlik göstermesi, tanımlamada oldukça başarılı sonuçlar vermektedir.

Çizelge 5.10 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 99	% 54	% 1	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99

Sinyal							
SND	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNK							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 80	% 19	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Fisher yaklaşımının WVD üzerinden yürütülmesi için, Bölüm 4'te verilen eşitlikler MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için, sıradüzensel öbekleme algoritmasındaki uyumsuzluk katsayısı en yüksek değer olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Bu durumda birbirine görece olarak uzak sinyaller, ortaya çıkan altı farklı sınıf altında toplanmıştır.

Fisher yaklaşımı kullanılarak, her bir imgeye ait ağırlıklar PCA yöntemi ile elde edilmiştir. Böylece tüm imge yerine ağırlıklardan oluşan uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imge ağırlıklarından 29 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5.11'e kaydedilen P1 çokfazlı sinyallere ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasına ilişkin sonuçlar, özimge yaklaşımı ile karşılaştırıldığında daha başarılı sonuçlar alındığı gözlenmektedir. Sinyale ait dağılımın zaman-frekans

ekseninde zenginlik göstermesi tanımlamayı kolaylaştırmakta ve tespit olasılığını artırmaktadır.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 87	% 37
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 98	% 77	% 47	% 5
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 98	% 77	% 31	% 3	% 0

Çizelge 5.11 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.12'de yer almaktadır.

Çizelge 5.12 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 90	% 21	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 60	% 4	% 0

P1 çokfazlı sinyal ailesinin WVD üzerinden Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasında olduğu gibi, PT1 çokzamanlı sinyal ailesinin de tanımlanmadaki başarım performansı Fisher yaklaşımı ile artış göstermektedir. Sinyale ait dağılımın zaman-frekans ekseninde zenginlik göstermesi, başarılı tespit olasılığını artırmaktadır.

Diğer çokfazlı ve çokzamanlı sinyal ailelerine ait WVD üzerinden özimge yöntemleri ile tespit performas analizleri EK 57'den EK 80'e kadar olan eklerde verilmektedir.

#### 5.3. LPI Sinyallerinin FAM Üzerinden Özimge Yöntemleri ile Sınıflandırılması

Zaman iyileştirmeli ÇDSİ (FAM) yöntemi ile elde edilen P1 çokfazlı ve PT1 çokzamanlı sinyal ailesine ait dağılımlar, ilk aşamada özimge algoritması kullanılarak tespit performans analizine tabi tutulmuştur. Bunun için, elde edilen dağılımlar sütun vektörü haline getirilmiş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Bölüm 4'te verilen eşitlikler MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir.

İlk olarak 512x512 = 262144'lük uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imgelerden 6 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5.13'e göre, FAM kullanılarak özimge yaklaşımı ile yapılan tanımlama, yeterince başarılı sonuçlar vermemektedir. Veri tabanına daha önceden tanıtılan sinyaller ile yapılan karşılaştırmada, P1 ailesine ait bazı sinyaller kendisinden başka sinyallere yakınsamaktadır. Bu da, başarım performasını olumsuz etkilemektedir.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge	5.13	P1	çokfazlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait	FAM	dağılımlarının	özimge
y	vaklaş	ımı	ile tespit	performan	is anali	zi				

(Çizelge 5.13 devam ediyor)

Sinyal							
	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
SNR							
P1_1_7_1_64_s	% 50	% 37	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.14'te yer almaktadır. PT1\_1\_7\_2\_2\_s sinyali, başka bir sinyale yakınsadığı için başarısız sonuç alınmıştır. Diğer PT1 çokzamanlı sinyallerde tespit başarım oranı yüksektir. FAM yöntemi ile elde edilen dağılımın, gürültüye karşı mukavemetinin oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.14 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 83	% 82	% 89	% 85	% 82	% 87

Sinyal SNR	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 79	% 79	% 82	% 80	% 69	% 73	% 79

(Çizelge 5.14 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 67	% 59	% 53	% 54	% 53	% 53	% 43

Sinyal	-11 dB	-12 dB	-13 dB	-14 dB	-15 dB	-16 dB	-17 dB
SNR		<u> </u>	<u> </u>		<u> </u>		
PT1_1_7_2_1_s	% 50	% 37	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 30	% 28	% 22	% 20	% 22	% 21	% 10

Elde edilen dağılımların özimge yaklaşımı ile daha detaylı olarak incelenebilmesi için, her bir dağılım kendi içerisinde küçük imge parçalarına bölünmektedir. Veri tabanına kaydedilen imgeler, sinyallere ait dağılımların küçük imgelerinden oluşmaktadır. Bölümleme önceden belirlenen boyuta göre yapılmaktadır. Karşılaştırmanın adil olarak gerçekleştirilebilmesi için, her bir dağılımdan elde edilecek küçük imgeler NxN = 64x64 boyutunda olacak şekilde seçilmiştir. Tanımlama, dağılımlara ait her bir küçük imgenin öklit mesafesine göre uyumlu olması koşulunda gerçekleşecektir.

Yeni yaklaşım ile 64x64 = 4096'lık uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan küçük imgelerden 35 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Önerilen yeni yaklaşım ile elde edilen sonuçlar Çizelge 5.15'e kaydedilmiştir. Sonuçlara göre, dağılımların daha detaylı incelenmesi amacıyla küçük imgelere bölümlenmesi, tanımlama performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Çizelge 5.15 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 76	% 66	% 61	% 42	% 41	% 17

Sinyal SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 21	% 10	% 6	% 4	% 2	% 0	% 0

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.16'da verilmektedir. Sonuçlara göre, PT1 çokzamanlı sinyallere ait FAM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi ve sinyale ait dağılımın zaman-frekans ekseninde zenginlik göstermesi tanımlamada oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. FAM yöntemi ile elde edilen dağılımın gürültüye karşı mukavemetinin oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.16 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 98	% 91	% 58	% 39	% 13	% 4
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 99	% 99	% 99	% 98	% 98	% 98

Sinyal							
SNR	<u>-10 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-20 dB</u>	<u>-25 dB</u>	<u>-30 dB</u>	<u>-35 dB</u>	<u>-40 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 86	% 68	% 50	% 51	% 46	% 54	% 53

Sinyal							
SNP	<u>-45 dB</u>	<u>-50 dB</u>	<u>-55 dB</u>	<u>-60 dB</u>	<u>-65 dB</u>	<u>-70 dB</u>	<u>-75 dB</u>
ONIX							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 56	% 53	% 54	% 55	% 50	% 58	% 59

Fisher yaklaşımının, FAM dağılımları üzerinden yürütülmesi için, Bölüm 4'te verilen eşitlikler MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için, sıradüzensel öbekleme algoritmasındaki uyumsuzluk katsayısı en yüksek değer olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Bu durumda birbirine görece olarak uzak sinyaller, ortaya çıkan altı farklı sınıf altında toplanmıştır.

Fisher yaklaşımı kullanılarak, her bir imgeye ait ağırlıklar PCA yöntemi ile elde edilmiştir. Böylece tüm imge yerine ağırlıklardan oluşan uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imge ağırlıklarından 29 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5.17'ye kaydedilen P1 çokfazlı sinyallere ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasına ilişkin sonuçlar, özimge yaklaşımı ile karşılaştırıldığında daha başarılı sonuçlar alındığı gözlenmektedir.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 78	% 63	% 23	% 11	% 3
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 64	% 58	% 33	% 31	% 9	% 4
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 78	% 54	% 32	% 11	% 6	% 2

Çizelge 5.17 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri Çizelge 5.18'de yer almaktadır.

Çizelge 5.18 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 70	% 64	% 50	%49	% 45	% 52
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

(Çizelge 5.18 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 50	% 37	% 34	% 30	% 29	% 12	% 3
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal						00 ID	
SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-20 dB</u>	<u>-25 dB</u>	<u>-30 dB</u>	<u>-35 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 99	% 98	% 98	% 95	% 94	% 98

P1 çokfazlı sinyal ailesinin FAM dağılımı üzerinden Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasında olduğu gibi, PT1 çokzamanlı sinyal ailesinin de tanımlanmadaki başarım performansı Fisher yaklaşımı ile artış göstermektedir.

Diğer çokfazlı ve çokzamanlı sinyal ailelerine ait FAM dağılımları üzerinden özimge yöntemleri ile tespit performas analizleri EK 81'den EK 104'e kadar olan eklerde verilmektedir.

## 5.4. LPI Sinyallerinin DFSM Üzerinden Özimge Yöntemleri ile Sınıflandırılması

Frekans iyileştirmeli ÇDSİ (DFSM) yöntemi ile elde edilen P1 çokfazlı ve PT1 çokzamanlı sinyal ailesine ait dağılımlar, ilk aşamada özimge algoritması kullanılarak tespit performans analizine tabi tutulmuştur. Bunun için, elde edilen dağılımlar sütun vektörü haline getirilmiş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Bölüm 4'te verilen eşitlikler MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir.
İlk olarak 512x512 = 262144'lük uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imgelerden 6 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5.19'a göre, DFSM kullanılarak özimge yaklaşımı ile yapılan tanımlama, yeterince başarılı sonuçlar vermemektedir. Veri tabanına daha önceden tanıtılan sinyaller ile yapılan karşılaştırmada, P1 ailesine ait bazı sinyaller kendisinden başka sinyallere yakınsamaktadır. Bu da, başarım performasını olumsuz etkilemektedir.

Çizelge 5.19 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>20 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 86	% 56	% 32	% 12	% 1

Sinyal	-10 dB	-11 dB	-12 dB	-13 dB	-14 dB	-15 dB	-16 dB
SNR							
P1_1_7_1_64_s	% 90	% 82	% 60	% 34	% 25	% 5	% 3
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.20'de yer almaktadır. PT1\_1\_7\_2\_2\_s sinyali,

başka bir sinyale yakınsadığı için başarısız sonuç alınmıştır. Diğer PT1 çokzamanlı sinyallerde tespit başarım oranı yüksektir. DFSM yöntemi ile elde edilen dağılımın gürültüye karşı mukavemetinin oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 84	% 74	% 64	% 63	% 73	% 65

Çizelge 5.20 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal	1 dB	0 dB	-1 dB	-2 dB	-3 dB	-4 dB	-5 dB
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 71	% 70	% 62	% 70	% 63	% 54	% 50

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 90	% 82	% 60
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 32	% 13	% 2	% 3	% 2	% 0	% 0

(Çizelge 5.20 devam ediyor)

Sinyal							
	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-19 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 34	% 25	% 5	% 3	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Elde edilen dağılımların özimge yaklaşımı ile daha detaylı olarak incelenebilmesi için, her bir dağılım kendi içerisinde küçük imge parçalarına bölünmektedir. Veri tabanına kaydedilen imgeler, sinyallere ait dağılımların küçük imgelerinden oluşmaktadır. Bölümleme önceden belirlenen boyuta göre yapılmaktadır. Karşılaştırmanın adil olarak gerçekleştirilebilmesi için her bir dağılımdan elde edilecek küçük imgeler NxN = 64x64 boyutunda olacak şekilde seçilmiştir. Tanımlama, dağılımlara ait her bir küçük imgenin öklit mesafesine göre uyumlu olması koşulunda gerçekleşecektir.

Yeni yaklaşım ile 64x64 = 4096'lık uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan küçük imgelerden 33 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Önerilen yeni yaklaşım ile elde edilen sonuçlar, Çizelge 5.21'e kaydedilmiştir. Sonuçlara göre, dağılımların daha detaylı incelenmesi amacıyla küçük imgelere bölümlenmesi tanımlama performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Çizelge 5.21 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi sonucu özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 96	% 98	% 97	% 93	% 87	% 77

Sinyal SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 73	% 66	% 65	% 49	% 31	% 19	% 21

Sinyal	2 dD		티슈머	e de	7 dD	0 4 D	0 40
SNR	<u>-3 ub</u>	<u>-4 ub</u>	<u>-5 0 D</u>	<u>-0 UD</u>	<u>-7 ub</u>	<u>-0 UD</u>	<u>-9 00</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 87	% 51	% 23	% 1	% 1	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 12	% 9	% 8	% 7	% 0	% 0	% 0

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.22'de verilmektedir. Sonuçlara göre, PT1

çokzamanlı sinyallere ait DFSM dağılımlarının küçük imgelere bölümlenmesi, tanımlamada görece olarak başarılı sonuçlar vermektedir.

Çizelge	5.22	PT1	çokza	manlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait	DFSM	dağ	jılıml	arının
k	üçük	imge	elere	bölür	nlenmesi	sonucu	ı özimg	е	yaklaşır	nı	ile	tespit
p	perforr	nans	analizi									

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 87	% 51
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 98	% 96	% 72	% 44	% 23
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 95	% 96	% 94	% 93	% 74	% 52

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 23	% 1	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 16	% 5	% 8	% 1	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 29	% 21	% 6	% 2	% 1	% 0	% 0

Fisher yaklaşımının DFSM dağılımları üzerinden yürütülmesi için, Bölüm 4'te verilen eşitlikler MATLAB programı yardımıyla uygulanmış ve sonuçlar ilgili çizelgelere kaydedilmiştir. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için, sıradüzensel öbekleme algoritmasındaki uyumsuzluk katsayısı en yüksek değer olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Bu durumda birbirine görece olarak uzak sinyaller, ortaya çıkan altı farklı sınıf altında toplanmıştır.

Fisher yaklaşımı kullanılarak, her bir imgeye ait ağırlıklar PCA yöntemi ile elde edilmiştir. Böylece tüm imge yerine ağırlıklardan oluşan uzayda tanımlama gerçekleştirilmiştir. Veri tabanında yer alan imge ağırlıklarından 29 tanesi, enerjinin %90'nını temsil edecek şekilde kullanılmıştır. Enerjinin % 10'luk kısmı çalışmada göz ardı edilmiştir. Bu sayade boyut indirgenmesi sağlanmıştır.

Çizelge 5.23'e kaydedilen P1 çokfazlı sinyallere ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasına ilişkin sonuçlar, özimge yaklaşımı ile karşılaştırıldığında, kod uzunluğu yüksek olan sinyallerde daha başarılı sonuçlar alındığı gözlenmektedir.

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 97	% 92	% 92	% 85	% 86	% 71
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 93	% 82	% 72	% 59	% 42	% 25

Çizelge 5.23 P1	çokfazlı kodlamalı	sinyal	ailesine	ait DFSM	dağılımlarının	Fisher
yaklaşımı	ile tespit performan	ns anal	lizi			

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 58	% 41	% 10	% 6	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 29	% 20	% 15	% 9	% 7	% 7	% 6

Benzer şekilde elde edilen PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyallere ait tespit performans değerleri, Çizelge 5.24'te yer almaktadır.

Çizelge 5.24 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 95	% 90	% 81	% 82	% 75	% 73
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal SNR	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 71	% 56	% 45	% 50	% 35	% 29	% 22
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98

Sinyal							
	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 14	% 14	% 6	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 95	% 99	% 89	% 83	% 80	% 68	% 56

Sinyal	0 A D	0 40	10 dP	11 dD	10 dP	12 dD	14 dP
SNR	<u>-6 UB</u>	<u>-9 ub</u>	<u>-10 ub</u>	<u>-11 ub</u>	<u>-12 ub</u>	<u>-15 UD</u>	<u>-14 UD</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 46	% 47	% 34	% 25	% 20	% 21	% 19

P1 çokfazlı sinyal ailesinin DFSM dağılımı üzerinden Fisher yaklaşımı ile tanımlanmasında olduğu gibi, PT1 çokzamanlı sinyal ailesinin de tanımlanmadaki başarım performansı Fisher yaklaşımı ile artış göstermektedir.

Diğer çokfazlı ve çokzamanlı sinyal ailelerine ait DFSM dağılımları üzerinden özimge yöntemleri ile tespit performas analizleri EK 105'ten EK 128'e kadar olan eklerde verilmektedir.

### 5.5. Dağılımların ve Yöntemlerin Tespit Performans Karşılaştırması

Çokfazlı ve çokzamanlı sinyal ailelerine ait dağılımların üç farklı yaklaşım ile tespit performanslarının karşılaştırılması, aynı sinyal türünün dört farklı dağılımının incelenmesi ile yapılmaktadır. Değişen SNR değerine göre elde edilen başarılı tespit değerleri, ilgili çizelgelere işlenmektedir. "Yaklaşım-1", özimge yaklaşımını; "Yaklaşım-2" küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımını; "Yaklaşım-3" ise Fisher yaklaşımını tanımlamaktadır.

# 5.5.1. KZFD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

LPI Radar sinyallerinin üç farklı özimge yaklaşımı ile elde edilen tespit performans karşılaştırması ve ilgili tespit olasılıkları (TO), Çizelge 5.25'e kaydedilmiştir. İlgili çizelgenin grafiksel gösterimi Şekil 5.3'te verilmektedir.

Yöntem			40 -10	45 -10		0.40
SNR	<u>24 dB</u>	<u>21 dB</u>	<u>18 aB</u>	<u>15 dB</u>	<u>12 ab</u>	<u>9 aB</u>
Yaklaşım-1	% 53	% 53	% 53	% 53	% 51	% 50
Yaklaşım-2	% 71	% 72	% 73	% 73	% 74	% 76
Yaklaşım-3	% 94	% 93	% 87	% 87	% 77	% 72

Çizelge	5.25	KZFD	Dağılımları	üzerinden	LPI	Radar	sinyallerinin	tespit
р	erforma	ansının l	karşılaştırılma	ası				

91

(Çizelge 5.25 devam ediyor)

Yöntem SNR	<u>6 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-9 dB</u>
Yaklaşım-1	% 50	% 44	% 36	% 22	% 9	% 5
Yaklaşım-2	% 93	% 88	% 62	% 48	% 19	% 12
Yaklaşım-3	% 67	% 60	% 58	% 50	% 30	% 12

Yöntem SNR	<u>-12 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-21 dB</u>	<u>-24 dB</u>
Yaklaşım-1	% 3	% 2	% 1	% 0	% 0
Yaklaşım-2	% 8	% 5	% 4	% 4	% 4
Yaklaşım-3	% 6	% 4	% 3	% 3	% 3



Şekil 5.3 KZFD Dağılımları üzerinden LPI Radar siyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

Analiz sonuçları Şekil 5.3 yardımı ile incelendiğinde, küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ve Fisher yaklaşımının tanımlamada daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

# 5.5.2. WVD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

LPI Radar sinyallerinin üç farklı özimge yaklaşımı ile elde edilen tespit performans karşılaştırması ve ilgili tespit olasılıkları (TO), Çizelge 5.26'ya kaydedilmiştir. İlgili çizelgenin grafiksel gösterimi Şekil 5.4'te verilmektedir.

Çizelge 5.26 WVD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

Yöntem SNR	<u>24 dB</u>	<u>21 dB</u>	<u>18 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>9 dB</u>
Yaklaşım-1	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
Yaklaşım-2	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
Yaklaşım-3	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Yöntem SNR	<u>6 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-9 dB</u>
Yaklaşım-1	% 100	% 100	% 88	% 32	% 16	% 3
Yaklaşım-2	% 100	% 100	% 94	% 33	% 16	% 3
Yaklaşım-3	% 100	% 100	% 94	% 72	% 17	% 5

Yöntem SNR	<u>-12 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-21 dB</u>	<u>-24 dB</u>
Yaklaşım-1	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
Yaklaşım-2	% 3	% 2	% 0	% 0	% 0
Yaklaşım-3	% 4	% 4	% 2	% 0	% 0



Şekil 5.4 WVD Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

Analiz sonuçları Şekil 5.4 yardımı ile incelendiğinde, Fisher yaklaşımının tanımlamada daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

# 5.5.3. FAM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

LPI Radar sinyallerinin üç farklı özimge yaklaşımı ile elde edilen tespit performans karşılaştırması ve ilgili tespit olasılıkları (TO), Çizelge 5.27'ye kaydedilmiştir. İlgili çizelgenin grafiksel gösterimi Şekil 5.5'te verilmektedir.

Çizelge 5.27 FAM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

Yöntem SNR	<u>24 dB</u>	<u>21 dB</u>	<u>18 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>9 dB</u>
Yaklaşım-1	% 28	% 28	% 28	% 28	% 28	% 28
Yaklaşım-2	% 73	% 73	% 74	% 74	% 77	% 79
Yaklaşım-3	% 71	% 71	% 71	% 71	% 71	% 74

Yöntem SNR	<u>6 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-9 dB</u>
Yaklaşım-1	% 28	% 29	% 30	% 30	% 29	% 24
Yaklaşım-2	% 83	% 82	% 66	% 32	% 14	% 7
Yaklaşım-3	% 75	% 74	% 65	% 28	% 11	% 6

Yöntem SNR	<u>-12 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-21 dB</u>	<u>-24 dB</u>
Yaklaşım-1	% 12	% 5	% 3	% 2	% 0
Yaklaşım-2	% 5	% 4	% 3	% 2	% 0
Yaklaşım-3	% 5	% 4	% 3	% 2	% 0



Şekil 5.5 FAM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

Analiz sonuçları Şekil 5.5 yardımı ile incelendiğinde, küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ve Fisher yaklaşımının tanımlamada daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

# 5.5.4. DFSM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

LPI Radar sinyallerinin üç farklı özimge yaklaşımı ile elde edilen tespit performans karşılaştırması ve ilgili tespit olasılıkları (TO), Çizelge 5.28'e kaydedilmiştir. İlgili çizelgenin grafiksel gösterimi Şekil 5.6'da verilmektedir.

Çizelge 5.28 DFSM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

Yöntem SNR	<u>24 dB</u>	<u>21 dB</u>	<u>18 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>9 dB</u>
Yaklaşım-1	% 28	% 28	% 28	% 28	% 27	% 27
Yaklaşım-2	% 66	% 66	% 66	% 68	% 68	% 70
Yaklaşım-3	% 57	% 57	% 57	% 57	% 56	% 56

Yöntem SNR	<u>6 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-9 dB</u>
Yaklaşım-1	% 28	% 29	% 31	% 34	% 30	% 23
Yaklaşım-2	% 72	% 76	% 76	% 55	% 17	% 5
Yaklaşım-3	% 56	% 55	% 53	% 41	% 17	% 9

Yöntem SNR	<u>-12 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-21 dB</u>	<u>-24 dB</u>
Yaklaşım-1	% 13	% 5	% 4	% 3	% 0
Yaklaşım-2	% 4	% 3	% 2	% 0	% 0
Yaklaşım-3	% 6	% 4	% 4	% 3	% 0



Şekil 5.6 DFSM Dağılımları üzerinden LPI Radar sinyallerinin tespit performansının karşılaştırılması

Analiz sonuçları Şekil 5.6 yardımı ile incelendiğinde, küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ve Fisher yaklaşımının tanımlamada daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmektedir.

#### 5.5.5. Dağılımların tespit performansının karşılaştırılması

LPI Radar sinyallerinin üç farklı özimge yaklaşımı ve dört farklı dağılım ile elde edilen tespit performans karşılaştırması ve ilgili tespit olasılıkları (TO) dört farklı SNR değeri için (SNR = 3, 0, -3, -6 dB), Çizelge 5.29'a kaydedilmiştir. Buna göre, yüksek SNR değerlerinde üç farklı yaklaşım için de WVD yöntemi ve KZFD yöntemi tespit performansında başarılı sonuçlar vermektedir. Fakat her iki dağılımın da gürültüye karşı mukavemeti diğer iki dağılıma göre azdır. Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme yöntemleri ile elde edilen dağılımlar SNR değerinin azaldığı koşulda başarılı tespit performansında ön plana çıkmaktadır.

	Yaklaşım-1	Yaklaşım-2	Yaklaşım-3			
KZFD	% 44	% 88	% 60			
WVD	% 94	% 100	% 100			
FAM	% 29	% 82	% 74			
DFSM	% 29	% 76	% 55			
(SNR = 3 dB)						

Çizelge 5.29 Dağılımların tespit performansının karşılaştırılması

	Yaklaşım-1	Yaklaşım-2	Yaklaşım-3			
KZFD	% 36	% 62	% 58			
WVD	% 88	% 94	% 94			
FAM	% 30	% 66	% 65			
DFSM	% 31	% 76	% 53			
(SNR = 0 dB)						

	Yaklaşım-1	Yaklaşım-2	Yaklaşım-3			
KZFD	% 22	% 48	% 50			
WVD	% 32	% 33	% 72			
FAM	% 30	% 32	% 28			
DFSM	% 34	% 55	% 41			
(SNR = -3 dB)						

	Yaklaşım-1	Yaklaşım-2	Yaklaşım-3			
KZFD	% 9	% 19	% 30			
WVD	% 16	% 16	% 17			
FAM	% 29	% 14	% 11			
DFSM	% 30	% 17	% 17			
(SNR = -6 dB)						

#### 5.5.6. Dağılımların ağırlık matrislerinin elde edilme süresinin karşılaştırılması

Analizler yapılırken her bir dağılıma ait ağırlık matrisinin oluşturulma süreleri, performans analizi için önemli bir kriterdir. Her bir dağılım için bu süreler, çalışmada kullanılan üç yaklaşım için Çizelge 5.30'da verilmektedir.

	Yaklaşım-1 Süresi (sn)	Yaklaşım-2 Süresi (sn)	Yaklaşım-3 Süresi (sn)
KZFD	1.92	1.69	1.88
WVD	67.94	52.28	68.22
FAM	27.89	21.64	27.94
DFSM	92.80	76.25	92.20

Çizelge 5.30 Ağırlık matrisi oluşturma süreleri

Her bir dağılımın ağırlık matrisinin oluşturulma süresi, tanımlamanın yapılma süresi ile ilgili fikir vermektedir. Buna göre, KZFD yönteminin tanımlana süresi oldukça kısadır. Sinyalin tamamı üzerinden Fourier dönüşümünün ve çevrimsel frekansının elde edilmesine dayanan DFSM yöntemi ise üç farklı yaklaşım için de yüksek işlem yüküne sahip olduğu gözlenmektedir.

#### 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kodlanmamış darbeli radarlar, hedef menzil ve hız bilgilerinin kestirimi için yüksek tepe gücünde ve görece dar bant genişliğinde çalışmaktadır. Bu özellikleri, darbeli radarların düşman alıcıları tarafından kestirimini kolaylaştırmakta ve karıştırılmaya karşı mukavemetini azaltmaktadır. Sinyal bant genişliği ve darbe süresi arasında ters orantılı bir ödünleşim söz konusu olduğu için, kodlanmamış darbeli radarlarda menzil ve doppler çözünürlüklerinin birbirinden bağımsız olarak iyileştirilmesi olanaksızdır.

Kodlama yapısına sahip radarlar olarak bilenen LPI radarlar, sürece geniş bir darbeye sahip taşıyıcı sinyalin daha sık aralıklarla faz ya da frekans bilgilerinin değişimi ile çalışmaktadırlar. Menzil çözünürlüğünün kodlama sıklığı ile iyileştirilmesi; doppler çözünürlüğünün ise, darbe süresi ile iyileştirilmesi, hem menzil hem de doppler bilgilerine ait çözünürlüklerin birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilmesine olanak vermektedir. Kodlama aralıklarının daha sık olması, radarın daha geniş bir frekans bandından çalışmasını sağlamaktadır. Kodlama yapısına sahip bir radar alıcısı, darbe sıkıştırma ile enerjiyi dar bir frekansa topladığı ve hedef bilgilerini kestirdiği için, radar vericisinde yüksek çıkış gücüne ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu özelliklerinden dolayı, LPI radar sinyallerinin tespit edilebilmesi oldukça güçtür. Sinyalin kodlanması, zamanın bir fonksiyonu olarak faz ya da frekans bilgisinin değişimi ile gerçekleştirilmektedir.

Çokfazlı kodlama yapısı ile elde edilen LPI radar sinyalleri, sinyale ait faz bilgisinin sabit aralıklarda zamanın bir fonksiyonu olarak değiştirilmesi ile elde edilmektedir. Çokzamanlı kodlama yapısı ile elde edilen LPI radar sinyalleri ise, sinyale ait faz bilgisinin daha önceden belirlenen aralıklarda, değişken zamana göre değiştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Her iki tipteki LPI radar sinyallerinin faz bilgisi, zamanın karesel bir fonksiyonuna benzediği için, frekans alanındaki tepkileri doğrusal olarak değişmektedir. Bu yönüyle çokfazlı ve çokzamanlı LPI radar sinyalleri, Frekans Kiplenimli Sürekli Dalga (FKSD) yöntemiyle elde edilen sinyallere benzemektedirler.

LPI radar sinyallerinin zaman-frekans düzleminde incelenebilmesi için kullanılan en temel yöntem, Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) yöntemidir. Hesap karmaşıklığı en az olan bu yöntemle elde edilen dağılımlar kısa sürede ortaya çıkmaktadır. KZFD yönteminde, sinyale ait dağılımın elde edilmesinde zaman ve frekans çözünürlükleri arasında ters ödünleşim söz konusudur. Fourier dönüşümünün alınması sırasında kullanılan pencerenin genişliği, bu çözünürlükleri belirlemektedir. Çalışma süresince kullanılan pencere genişliği, en iyi frekans ve zaman çözünürlüğünü elde edilecek şekilde seçilmiş ve tüm dağılımlar için sabit tutulmuştur.

Sinyallerin zaman-frekans düzlemindeki tepkilerini inceleyebilmek için diğer bir yöntem Wigner-Ville Dağılımı (WVD) yöntemidir. KZFD yönteminden farklı olarak sinyalin tümü üzerinden bir dönüşüm söz konusu olduğu için, frekans ve zaman çözünürlükleri birbirinden bağımsız olarak iyileştirilebilmektedir.

Çevrimsel Durağan Sinyal İşleme (ÇDSİ) yöntemi, hesap karmaşıklığı diğer dağılımlara oranla yüksek olan bir yöntemdir. Sinyalin, iki kademede hesaplanan frekans-çevrim frekansı düzleminde incelenmesine olanak vermektedir. Gürültü bastırma özelliği, diğer iki dağılıma oranla oldukça fazladır. ÇDSİ, kendi içerisinde zaman iyileştirmeli (FAM) ve frekans iyileştirmeli (DFSM) olarak iki farklı yapı ile incelenmektedir. FAM yöntemi ile elde edilen dağılımlar, sinyalin önce belirli bir pencere fonksiyonu ile Fourier dönüşümünün alınması; daha sonra ise bu dönüşümün çevrim frekansı eksenine yansıtılması ile ortaya çıkmaktadır. DFSM yöntemi ile elde edilen dağılımlar, çevrim frekansı eksenine yansıtılması ile ortaya çıkmaktadır. DFSM yöntemi ile ortaya çıkmaktadır. DFSM, ilk aşamada sinyalin WVD ile frekans tepkisinin elde edilmesine dayanmaktadır. Hesap karmaşıklığı ve işlem yükü DFSM'de daha fazladır.

Özimge yöntemleri, imge tanıma algoritmalarında sıkça kullanılan yöntemlerdir. Tanımlamanın, veri tabanına daha önceden kaydedilmiş iki ya da daha fazla boyutlu örüntülerden gerçekleştirilmesine dayanmaktadır. Çalışma süresince incelenen özimge yaklaşımı, yöntemlerden ilki olup her bir dağılımın tek başına ele alındığı ve sınıflandırmanın bireysel yapıldığı bir yaklaşımdır. Temel çıkış noktası, veri matrisindeki boyut indirgenmesi yöntemine dayanan Temel Bileşenler Analizi (TBA)' nin görüntü verileri üzerine uygulanmasıdır. İkinci yaklaşım ise, büyük boyuttaki dağılımların daha yakından incelenmesi amacıyla küçük imgelere bölümlenmesi ve tanımlamanın ilgili dağılımın küçük imgelerinden yapılmasına dayanan özimge yaklaşımıdır. Çalışmada kullanılan son yöntem ise, sıradüzensel öbekleme yapısını temel alan Fisher yaklaşımıdır. Fisher yaklaşımı, veri matrisindeki ögelerin belirli sınıflara ayrıştırılması ve saçılma matrislerinin en uygun şekilde ayarlanarak tanımlama performansının artırılmasına yönelik olan yaklaşımdır. Sınıflandırma, LPI radar sinyalleri için veri tabanında yer alan sinyaller bireysel ele alındığından sınıflandırma sıradüzensel öbekleme algoritması kullanılarak kendiliğinden yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında, LPI radar sinyallerinin analizi için birbirinden farklı dört dağılım incelenmiş ve bu dağılımlar üzerinden özimge yöntemleri ile sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan analizlere ait sonuçlar 5. bölümde verilmektedir. İlk karşılaştırma, özimge yöntemleri arasında yapılmıştır. Buna göre; Fisher yaklaşımı, özimge yaklaşımlarına göre daha başarılı sonuçlar vermektedir. Sinyalin dağılımında ortaya çıkan desenlerin çeşitlenmesi ya da diğer bir ifade ile kodlama vapısının uzunluğu, tanımlama performansında genellikle artis sağlamaktadır. Özimge yaklaşımları arasında, dağılımların küçük imgelere bölümlenmesi ve tanımlamanın bu imgeler üzerinden yapılması, tüm imge üzerinden yapılan tanımlamaya göre daha başarılı sonuçlar vermektedir. İkinci karşılaştırma, dağılımların tanımlamaya etkileri üzerine yapılmıştır. LPI radar sinyallerinin ortalama tespit edilebilme olasılıkları üzerinden yapılan karşılaştırmada, FAM ve DFSM yöntemleri ile elde edilen dağılımların genel olarak gürültüye karşı mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Hesap yükü ve işlem süresi açısından yapılan yorumlamada, FAM yöntemi ile elde edilen dağılımların kısa sürede görece daha yüksek performans verdikleri gözlemlenmiştir. Yüksek SNR değerlerine sahip sinyallerin tespit edilebilmesi için daha az işlem yüküne sahip KZFD yöntemi kullanılabileceği, düşük SNR değerlerinde ise işlem yükünün fazlalaştığı ÇDSİ yöntemlerinin tercih edilmesinin sinyal tespitinde başarılı sonuçlar getireceği gözlemlenmiştir.

## 7. EKLER DİZİNİ

EK 1. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	113
EK 2. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	114
EK 3. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	115
EK 4. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	117
EK 5. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	119
EK 6. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	120
EK 7. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	121
EK 8. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ	122
EK 9. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	123
EK 10. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	124
EK 11. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	125
EK 12. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	127
EK 13. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	129
EK 14. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	130
EK 15. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	131
EK 16. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ	132
EK 17. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	133
EK 18. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	134
EK 19. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	135
EK 20. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	137
EK 21. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	139
EK 22. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	140
EK 23. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	141
EK 24. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ	142

EK 25. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 143
EK 26. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 144
EK 27. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 145
EK 28. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 147
EK 29. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 149
EK 30. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 150
EK 31. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 151
EK 32. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ	. 152
EK 33. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 153
EK 34. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 154
EK 35. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 155
EK 36. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 157
EK 37. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 158
EK 38. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 159
EK 39. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 160
EK 40. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	. 161
EK 41. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİML ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	.ER . 162
EK 42. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİML ÜZERINDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	.ER . 163
EK 43. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİML ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ	.ER . 164

EK 44. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 166
EK 45. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 46. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 47. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 48. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 49. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 50. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 51. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 52. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 53. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 180
EK 54. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 182
EK 55. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 56. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 185
EK 57. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 58. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 187
107

EK 59. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 60. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 189
EK 61. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 190
EK 62. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 191
EK 63. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 192
EK 64. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 65. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 194
EK 66. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 195
EK 67. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 196
EK 68. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 197
EK 69. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 70. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 71. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 72. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 73. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 202
108

EK 74. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 75. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 204
EK 76. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 205
EK 77. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 206
EK 78. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 207
EK 79. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 208
EK 80. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 209
EK 81. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 210
EK 82. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 211
EK 83. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 212
EK 84. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 214
EK 85. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 215
EK 86. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 217
EK 87. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 218
EK 88. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 219
EK 89. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

EK 90. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 91. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 92. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 93. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 226
EK 94. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 95. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 228
EK 96. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 229
EK 97. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 98. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 99. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 100. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 234
EK 101. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 236
EK 102. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 103. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 238 110

EK 104. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 105. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 106. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 241
EK 107. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 242
EK 108. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 243
EK 109. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 244
EK 110. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 246
EK 111. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 247
EK 112. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 249
EK 113. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 114. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 115. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 116. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 117. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT

EK 118. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT
PERFORMANS ANALİZİ 258
EK 119. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 120. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 121. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 122. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 123. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 124. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 264
EK 125. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 126. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 127. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ
EK 128. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ 271

## EK 1. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ



Şekil 7.1 P1 sinyalinin KZFD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8





Şekil 7.2 P2 sinyalinin KZFD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8

### EK 3. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ



Şekil 7.3 P3 sinyalinin KZFD'si (a)  $N_c$ =1, (b)  $N_c$ =2, (c)  $N_c$ =4, (d)  $N_c$ =8





P3 sinyalinin KZFD'si (e)  $N_c$ =16, (f)  $N_c$ =32, (g)  $N_c$ =64

### EK 4. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ



Şekil 7.4 P4 sinyalinin KZFD'si (a)  $N_c=1$ , (b)  $N_c=2$ , (c)  $N_c=4$ , (d)  $N_c=8$ 





P4 sinyalinin KZFD'si (e) Nc=16, (f) Nc=32, (g) Nc=64

### EK 5. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ



Şekil 7.5 PT1 sinyalinin KZFD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4
# EK 6. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ



Şekil 7.6 PT2 sinyalinin KZFD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4

# EK 7. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ



Şekil 7.7 PT3 sinyalinin KZFD'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750

## EK 8. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN KZFD'Sİ



Şekil 7.8 PT4 sinyalinin KZFD'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750

## EK 9. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.9 P1 sinyalinin WVD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8

## EK 10. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.10 P2 sinyalinin WVD'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8

### EK 11. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.11 P3 sinyalinin WVD'si (a)  $N_c=1$ , (b)  $N_c=2$ , (c)  $N_c=4$ , (d)  $N_c=8$ 





P3 sinyalinin WVD'si (e)  $N_c$ =16, (f)  $N_c$ =32, (g)  $N_c$ =64

### EK 12. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.12 P4 sinyalinin WVD'si (a)  $N_c=1$ , (b)  $N_c=2$ , (c)  $N_c=4$ , (d)  $N_c=8$ 





P4 sinyalinin WVD'si (e)  $N_c$ =16, (f)  $N_c$ =32, (g)  $N_c$ =64

### EK 13. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.13 PT1 sinyalinin WVD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4

### EK 14. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.14 PT2 sinyalinin WVD'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4

### EK 15. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.15 PT3 sinyalinin WVD'si (a) ΔF=250, (b) ΔF=500, (c) ΔF=750

### EK 16. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN WVD'Sİ



Şekil 7.16 PT4 sinyalinin WVD'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750

# EK 17. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ



Şekil 7.17 P1 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8

# EK 18. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ



Şekil 7.18 P2 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8

# EK 19. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ



Şekil 7.19 P3 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a)  $N_c=1$ , (b)  $N_c=2$ , (c)  $N_c=4$ , (d)  $N_c=8$ 





P3 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (e)  $N_c$ =16, (f)  $N_c$ =32, (g)  $N_c$ =64

# EK 20. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ



Şekil 7.20 P4 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a)  $N_c=1$ , (b)  $N_c=2$ , (c)  $N_c=4$ , (d)  $N_c=8$ 





P4 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (e)  $N_c$ =16, (f)  $N_c$ =32, (g)  $N_c$ =64

# EK 21. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ



Şekil 7.21 PT1 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4

# EK 22. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ



Şekil 7.22 PT2 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4





Şekil 7.23 PT3 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750

# EK 24. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN FAM ÇDSİ'Sİ



Şekil 7.24 PT4 sinyalinin FAM ÇDSİ'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750



# EK 25. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.25 P1 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8



### EK 26. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.26 P2 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) M=1, (b) M=2, (c) M=4, (d) M=8



### EK 27. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.27 P3 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a)  $N_c$ =1, (b)  $N_c$ =2, (c)  $N_c$ =4, (d)  $N_c$ =8

(Şekil 7.27 devam ediyor)



P3 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (e)  $N_c$ =16, (f)  $N_c$ =32, (g)  $N_c$ =64



### EK 28. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.28 P4 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a)  $N_c=1$ , (b)  $N_c=2$ , (c)  $N_c=4$ , (d)  $N_c=8$ 

(Şekil 7.28 devam ediyor)



P4 sinyalinin DFSM CDSI'si (e) N<sub>c</sub>=16, (f) N<sub>c</sub>=32, (g) N<sub>c</sub>=64



# EK 29. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.29 PT1 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4



# EK 30. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.30 PT2 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a) k=1, (b) k=2, (c) k=4



### EK 31. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.31 PT3 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750



# EK 32. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALİN DFSM ÇDSİ'Sİ

Şekil 7.32 PT4 sinyalinin DFSM ÇDSİ'si (a)  $\Delta$ F=250, (b)  $\Delta$ F=500, (c)  $\Delta$ F=750

# EK 33. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.1 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

# EK 34. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 100	% 89	% 38	% 3	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 86
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.2 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 34	% 4	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 97	% 94	% 61	% 39

Sinyal						
SNP	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>
ONK						
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 19	% 4	% 0	% 0	% 0	% 0

# EK 35. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 100	% 90	% 84	% 63	% 42	% 23
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.3 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
SNR						
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 10	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
(Çizelge 7.3 devam ediyor)

Sinyal						
SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 10	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 97	% 66
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal						
SNR	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 10	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 23	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 82	% 46	% 25	% 4	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 99	% 91	% 49	% 29	% 6

# EK 36. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 95	% 67	% 14	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 96
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99

Çizelge 7.4 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
SNR	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 80	% 28	% 5	% 3	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 98	% 94	% 74	% 35	% 13
P4_1_7_64_1_s	% 73	% 30	% 2	% 0	% 0	% 0

# EK 37. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 91	% 45	% 3	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.5 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

# EK 38. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 97	% 89	% 84	% 79

Çizelge 7.6 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
SNR	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 60	% 58	% 40	% 36	% 20	% 4

# EK 39. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 96	% 80	% 47	% 25	% 5
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 99	% 93	% 84	% 75
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 95

Çizelge 7.7 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
SNR						
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 48	% 36	% 34	% 15	% 9	% 8
PT3_1_7_2_750_s	% 89	% 85	% 66	% 52	% 51	% 32

Sinyal						
	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR						
DT2 1 7 2 250 c	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
	70 0	70 0	70 U	70 0	70 0	70 U
PT3_1_7_2_500_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
DT3 1 7 2 750 c	% 22	% 10	% 7	% /	% 0	% 0
	/0 22	70 10	/0 /	/0 4	70 0	70 U

# EK 40. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 97	% 92	% 80	% 75	% 57
PT4_1_7_2_750_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.8 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 62	% 36	% 39	% 25	% 20	% 11
PT4_1_7_2_750_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Sinyal						
	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR						
PT4_1_7_2_250_s	% 99	% 92	% 81	% 66	% 53	% 43
PT4_1_7_2_500_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

#### EK 41. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 97	% 55	% 2	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 99	% 94	% 95	% 91	% 85
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.9 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 87	% 74	% 73	% 54	% 20	% 1
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

#### EK 42. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 97	% 55	% 2	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.10 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 91	% 64	% 8	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 90	% 52

Sinyal	-6 dB	-7 dB	-8 dB	-9 dB	-10 dB	-11 dB
SNR						
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 13	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0

#### EK 43. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.11 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
SNR						
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 2	% 31	% 60	% 88
P3_1_7_4_16_s	% 2	% 9	% 44	% 75	% 93	% 98
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 15	% 46	% 86	% 97	% 100
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

(Çizelge 7.11 devam ediyor)

Sinyal	4 dB	3 dB	2 dB	1 dB	0 dB	-1 dB
SNR	<u></u>	<u></u>		<u></u>	<u></u>	
P3_1_7_1_64_s	% 97	% 55	% 2	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 90	% 83	% 25	% 2	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 99	% 100	% 99	% 62	% 6	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 77	% 24
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
SNR						
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 97	% 80	% 28	% 4	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 95	% 75	% 8	% 2	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 88	% 39	% 5	% 6

### EK 44. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 9	% 29
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 2	% 19	% 42	% 69
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 6	% 52	% 80	% 93
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.12 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
SNR						
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 97	% 55	% 2	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 83	% 96	% 100	% 94	% 50	% 5
P4_1_7_4_16_s	% 97	% 98	% 98	% 91	% 71	% 49
P4_1_7_8_8_s	% 98	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 96	% 99	% 94	% 94
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 96	% 80	% 63

(Çizelge 7.12 devam ediyor)

Sinyal SNR	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 9	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 83	% 32	% 5	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 92	% 90	% 86	% 75	% 38	% 7
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 93	% 57	% 15
P4_1_7_64_1_s	% 14	% 9	% 3	% 0	% 0	% 0

# EK 45. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.13 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 97	% 55	% 2	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 94	% 48	% 12	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 99	% 99	%99	% 97	% 98

Sinyal							
SNR	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 94	% 90	% 89	% 85	% 72	% 57	% 55

# EK 46. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.14 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 97	% 55	% 2	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal SNR	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 92	% 56	% 18	% 1
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal						
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>
SNR						
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 95	% 92	% 89	% 73	% 69	% 61

# EK 47. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.15 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 91	% 64
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99

Sinyal						
SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 17	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 96	% 82	% 59	% 36	% 16	% 2
PT3_1_7_2_750_s	% 91	% 76	% 62	% 47	% 30	% 20

Sinyal						
	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR						
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 16	% 2	% 1	% 0	% 0	% 0

# EK 48. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.16 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 98	% 79
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal						
SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 97	% 95	% 79
PT4_1_7_2_500_s	% 53	% 33	% 13	% 4	% 1	% 1
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 99	% 93	% 94	% 92

Sinyal						
	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR						
PT4_1_7_2_250_s	% 73	% 65	% 40	% 33	% 20	% 28
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 90	% 81	% 74	% 63	% 55	% 73

## EK 49. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6	% 3
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.17 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 95	% 80	% 62	% 42
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
SNR	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 13	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 93

(Çizelge 7.17 devam ediyor)

Sinyal SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 59	% 29	% 5	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 50. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6	% 3
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 24	% 30	% 44	% 48	% 51	% 60
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.18 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
SNR	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 63	% 62	% 59	% 51	% 25	% 13	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal SNR	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 97
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 95	% 62

(Çizelge 7.18 devam ediyor)

Sinyal SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 85	% 70	% 43	% 23	% 8	% 5	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 12	% 4	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 51. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6
P3_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 40	% 40	% 47	% 43	% 49
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.19 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
SNR						
P3_1_7_1_64_s	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 93	% 58	% 29	% 5
P3_1_7_4_16_s	% 45	% 56	% 53	% 51	% 52	% 61
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

(Çizelge 7.19 devam ediyor)

Sinyal SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 56	% 50	% 59	% 47	% 33	% 12
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 5	% 7	% 12	% 24	% 22
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99

Sinyal SNR	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 8	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 16	% 12	% 8	% 5	% 1	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 97	% 83
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 97	% 89	% 58
P3_1_7_64_1_s	% 97	% 56	% 8	% 2	% 0	% 0

## EK 52. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 90	% 90	% 94	% 100	% 97
P4_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 3	% 4	% 7	% 14	% 15
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.20 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
SNR						
P4_1_7_1_64_s	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 93	% 96	% 88	% 83	% 51	% 31
P4_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 97	% 85	% 71	% 44
P4_1_7_8_8_s	% 15	% 16	% 19	% 23	% 25	% 22
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

(Çizelge 7.20 devam ediyor)

Sinyal	1 dB	2 dB	2 dB	1 dB	0 dB	1 dB
SNR	<u>4 ub</u>	<u>3 UB</u>	<u>2 ub</u>	<u>1 ub</u>	<u>0 0B</u>	<u>-1 ub</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 9	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 18	% 8	% 1	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 37	% 26	% 37	% 25	% 15	% 9
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 98	% 94

Sinyal SNR	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 6	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 94	% 81
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98	% 82
P4_1_7_64_1_s	% 82	% 85	% 66	% 22	% 5	% 1

# EK 53. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6	% 3
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.21 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

(Çizelge 7.21 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 89	% 64	% 47	% 20	% 10	% 2
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 98	% 92	% 82	% 72	% 61

Sinyal							
SNR	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 47	% 46	% 32	% 25	% 23	% 19	% 18

# EK 54. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 79	% 41	% 6	% 3
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.22 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
SNR							
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 99	% 95	% 92	% 79	% 66
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

(Çizelge 7.22 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
UNIX							
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 66	% 46	% 36	% 17	% 11	% 10	% 3
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 97	% 100

Sinyal	44 -10	40 40	40 .10	44.40			
SNR	<u>-11 dB</u>	<u>-12 0B</u>	<u>-13 ab</u>	<u>-14 0B</u>	<u>-15 0B</u>	<u>-16 aB</u>	<u>-17 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 3	% 2	% 0	% 4	% 2	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 97	% 97	% 95	% 95	% 93	% 93	% 91

# EK 55. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge	7.23	PT3	çokzamanlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait	KZFD'nin	Fisher
y	aklaşı	mı ile	tespit perforn	nans analizi	i				

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 95	% 83	% 58
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 97	% 88	% 60
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 86	% 64

Sinyal						
SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 19	% 8	% 2	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 29	% 6	% 3	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 42	% 14	% 4	% 0	% 2	% 0

# EK 56. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT KZFD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 98	% 71	% 43	% 8	% 3
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.24 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait KZFD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 99	% 91	% 72	% 43	% 21
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 98	% 97	% 81	% 71	% 51

Sinyal						
	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR						
<u></u>						
PT4_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_500_s	% 7	% 5	% 1	% 1	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 38	% 30	% 20	% 11	% 7	% 7

## EK 57. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 70	% 6	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.25 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

## EK 58. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 73	% 3	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 41	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 31

Çizelge 7.26 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 59. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 50	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 50	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 28	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 61	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.27 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

## EK 60. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 19	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 78	% 1	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 89	% 68	% 38	% 16	% 2	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 89	% 11	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.28 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

# EK 61. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 82	% 12	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.29 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
SNR						
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 98	% 58	% 9	% 0	% 0

# EK 62. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 95	% 17	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 83	% 8	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.30 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
SNR						
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 99	% 68	% 20	% 2	% 1	% 0
## EK 63. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 90	% 19	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.31 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
SND	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
SINK						
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 92	% 32	% 5	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 80	% 34	% 2	% 0

## EK 64. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.32 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						
SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 87	% 41	% 8	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 97	% 62	% 21	% 4	% 0	% 0

### EK 65. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 66	% 2	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 75	% 5	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 66	% 0	% 0

Çizelge 7.33 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

### EK 66. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 44	% 1	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 61	% 2	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 97	% 26	% 0

Çizelge 7.34 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

### EK 67. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 100	% 54	% 1	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 71	% 1	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 100	% 66	% 4	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 87	% 10	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 21	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 55	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.35 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

### EK 68. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 99	% 22	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 75	% 5	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 100	% 90	% 8	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 47	% 1	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.36 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

## EK 69. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.37 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 99	% 54	% 1	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SINR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 80	% 19	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 70. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.38 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 82	% 7	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 70	% 4	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 97

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 66	% 10	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 71. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.39 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 95	% 22	% 2	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 74
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
UNIX							
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 20	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 98	% 63	% 17	% 1	% 0	% 0	% 0

## EK 72. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.40 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 68	% 15	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 69	% 17	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 73. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 87	% 37
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 98	% 77	% 47	% 5
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 98	% 77	% 31	% 3	% 0

Çizelge 7.41 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

### EK 74. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98	% 50
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.42 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 70	% 14	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 79	% 23	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 75. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 95	% 28	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 96	% 69
P3_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 67
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 70	% 7
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 96	% 32	% 1
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 91	% 12	% 0	% 0

Çizelge 7.43 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 13	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 16	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 76. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 75	% 10
P4_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 86
P4_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 73
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.44 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 33	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 100	% 96	% 51	% 22	% 4	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 6	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 77. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 90	% 21	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 60	% 4	% 0

Çizelge 7.45 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

## EK 78. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 89	% 16	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 87	% 19	% 2
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 86	% 35

Çizelge 7.46 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait WVD'nin Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SINK							
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

# EK 79. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge	7.47	PT3	çokzamanlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait	WVD'nin	Fisher
y	aklaşı	mı ile i	tespit perform	nans analizi					

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 97	% 44	% 2	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 87	% 23
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 83

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 24	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

# EK 80. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT WVD'NİN FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge	7.48	PT4	çokzamanlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait	WVD'nin	Fisher
y	aklaşı	mı ile	tespit perform	nans analizi					

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 91	% 33
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98	% 45

Sinyal	e de	7 dB	9 dB	0 dB	10 dB	11 dB	12 dB
SNR	<u>-0 UD</u>	<u>-7 ub</u>	<u>-6 ub</u>	<u>-9 ub</u>	<u>-10 ub</u>	<u>-11 ub</u>	<u>-12 UD</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 6	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 81. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.49 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 50	% 37	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 82. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.50 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 50	% 37	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 83. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 0	% 15	% 13	% 22	% 31	% 27	% 29
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 97	% 96	% 92	% 89	% 92

Çizelge 7.51 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 4	% 2	% 7	% 3
P3_1_7_32_2_s	% 41	% 42	% 47	% 47	% 48	% 49	% 49
P3_1_7_64_1_s	% 87	% 85	% 78	% 77	% 68	% 59	% 53

(Çizelge 7.51 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 2	% 2	% 3	% 10	% 8
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 3	% 3	% 5	% 1	% 1	% 1
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 45	% 31	% 12	% 8	% 1	% 2	% 2
P3_1_7_64_1_s	% 46	% 40	% 30	% 22	% 22	% 20	% 14

Sinyal							
SNR	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 50	% 37	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 6	% 1	% 3	% 2	% 1	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 9	% 16	% 10	% 10	% 8	% 5	% 6

## EK 84. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 2
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 1	% 2	% 3	% 4	% 1
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 4	% 9	% 6	% 12	% 7	% 2
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.52 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
SNR							
P4_1_7_1_64_s	% 50	% 37	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 1	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 2	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 2	% 3	% 1	% 0	% 0	% 1	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 85. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 83	% 82	% 89	% 85	% 82	% 87

Çizelge 7.53 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 79	% 79	% 82	% 80	% 69	% 73	% 79

Sinyal							
	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 67	% 59	% 53	% 54	% 53	% 53	% 43

(Çizelge 7.53 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 50	% 37	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 30	% 28	% 22	% 20	% 22	% 21	% 10

### EK 86. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 1	% 7
PT2_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.54 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 99	% 89	% 70	% 50	% 37
PT2_1_7_2_2_s	% 18	% 37	% 35	% 36	% 23	% 13	% 10
PT2_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Sinyal							
	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-19 dB</u>
SNR							
PT2_1_7_2_1_s	% 12	% 9	% 9	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 7	% 4	% 2	% 1	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 87. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 1	% 4	% 1	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 0	% 66	% 60	% 64	% 65	% 66	% 61

Çizelge 7.55 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 66	% 65	% 50	% 52	% 57	% 43	% 53

Sinyal							
	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-19 dB</u>
SNR							
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 42	% 45	% 47	% 47	% 42	% 32	% 43

### EK 88. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 94	% 97	% 96	% 98	% 98	% 96
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 4	% 3	% 2	% 1	% 2	% 1
PT4_1_7_2_750_s	% 0	% 40	% 46	% 54	% 68	% 63	% 58

Çizelge 7.56 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 95	% 85	% 77	% 73	% 65	% 49	% 52
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 43	% 49	% 31	% 22	% 23	% 13	% 13

Sinyal							
	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-19 dB</u>
SNR							
PT4_1_7_2_250_s	% 43	% 41	% 49	% 39	% 41	% 38	% 44
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 15	% 14	% 10	% 10	% 7	% 9	% 11

# EK 89. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge	7.57	P1	çokfazlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait FAM	dağılımlarının	küçük
ir	ngele	er üz	erinden ö	özimge yak	daşımı	ile tespit	performa	ns analizi	

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 76	% 66	% 61	% 42	% 41	% 17

Sinyal SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 21	% 10	% 6	% 4	% 2	% 0	% 0

# EK 90. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge	7.58	P2	çokfazlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait FAM	dağılımlarının	küçük
i	ngele	er üz	erinden ö	özimge yak	daşımı	ile tespit	performa	ns analizi	

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 100	% 99	% 94	% 76	% 46	% 18
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 78	% 75	% 67	% 56	% 39	% 31

Sinyal SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 7	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 17	% 19	% 17	% 7	% 10	% 1	% 1

# EK 91. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 55	% 59	% 63	% 77	% 70	% 67
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 1	% 4	% 29	% 46	% 77	% 75
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 81	% 93	% 96	% 99	% 99	% 94
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 96	% 99	% 94	% 83
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 99	% 99	% 98	% 97	% 95
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 98	% 99

Çizelge	7.59	P3	çokfazlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait FAM	dağılımlarının	küçük
i	mgele	r üz	erinden ö	özimge yak	laşımı	ile tespit	performa	ns analizi	

Sinyal							
SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 57	% 47	% 16	% 3	% 2	% 1	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 84	% 77	% 44	% 21	% 15	% 1	% 2
P3_1_7_8_8_s	% 91	% 70	% 45	% 26	% 10	% 4	% 3
P3_1_7_16_4_s	% 72	% 77	% 65	% 64	% 32	% 34	% 17
P3_1_7_32_2_s	% 90	% 88	% 73	% 75	% 76	% 66	% 60
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 98	% 96	% 98	% 91	% 89	% 90

(Çizelge 7.59 devam ediyor)

Sinyal	C dD	7 40	0 4 D	0 40	10 dB		40 dD
SNR	<u>-6 ab</u>	<u>-7 0B</u>	<u>-6 0 B</u>	<u>-9 0 B</u>	<u>-10 0B</u>	<u>-11 0B</u>	<u>-12 0B</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 8	% 5	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 48	% 30	% 24	% 17	% 11	% 6	% 1
P3_1_7_64_1_s	% 83	% 86	% 70	% 67	% 55	% 50	% 43

## EK 92. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 1	% 9	% 34	% 63
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 8	% 20	% 51	% 63	% 77	% 64
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 97	% 95	% 92	% 85	% 60	% 51
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 94	% 82	% 81	% 73	% 64	% 64
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 96	% 95	% 90	% 81	% 92	% 82
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 66	% 56	% 52	% 40	% 29	% 30

Çizelge 7.60 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 57	% 38	% 12	% 1	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 44	% 18	% 10	% 1	% 0	% 1	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 29	% 20	% 12	% 4	% 2	% 0	% 1
P4_1_7_16_4_s	% 58	% 40	% 39	% 46	% 29	% 20	% 13
P4_1_7_32_2_s	% 81	% 78	% 78	% 70	% 68	% 54	% 35
P4_1_7_64_1_s	% 15	% 13	% 5	% 5	% 3	% 0	% 3

(Çizelge 7.60 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 4	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 21	% 9	% 4	% 1	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 1	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 93. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.61 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 98	% 91	% 58	% 39	% 13	% 4
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 99	% 99	% 99	% 98	% 98	% 98

Sinyal							
	<u>-10 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-20 dB</u>	<u>-25 dB</u>	<u>-30 dB</u>	<u>-35 dB</u>	<u>-40 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 86	% 68	% 50	% 51	% 46	% 54	% 53

Sinyal							
	<u>-45 dB</u>	<u>-50 dB</u>	<u>-55 dB</u>	<u>-60 dB</u>	<u>-65 dB</u>	<u>-70 dB</u>	<u>-75 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 56	% 53	% 54	% 55	% 50	% 58	% 59

## EK 94. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.62 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 98	% 76	% 25	% 4	% 1	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 81	% 52
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 99	% 87	% 73	% 67	% 46

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 27	% 10	% 5	% 1	% 1	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 43	% 21	% 18	% 9	% 5	% 1	% 0
## EK 95. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.63 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 98	% 99	% 96	% 73	% 28	% 22
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 73	% 58	% 51	% 39	% 21	% 15
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 93	% 87	% 82	% 77	% 59	% 38

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 5	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 8	% 3	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 32	% 14	% 7	% 9	% 5	% 1	% 0

## EK 96. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.64 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 95	% 85	% 80
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 26	% 14	% 19	% 29	% 14	% 18
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 89	% 85	% 72	% 52	% 40

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
	<u> </u>				<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>
PT4_1_7_2_250_s	% 70	% 58	% 38	% 35	% 25	% 16	% 5
PT4_1_7_2_500_s	% 5	% 3	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 31	% 20	% 13	% 14	% 7	% 1	% 0

## EK 97. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 100	% 100	% 78	% 63	% 23	% 11	% 3
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 64	% 58	% 33	% 31	% 9	% 4
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 78	% 54	% 32	% 11	% 6	% 2

Çizelge 7.65 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

### EK 98. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 98	% 90	% 71	% 29	% 9	% 1
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 89	% 62	% 15	% 3	% 1	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 96	% 89	% 81

Çizelge 7.66 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
3111							
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 69	% 64	% 57	% 39	% 38	% 30	% 27

## EK 99. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 8	% 17	% 23	% 51	% 71	% 84
P3_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 100	% 98	% 87	% 82	% 70
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.67 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
SNR							
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 89	% 91	% 96	% 95	% 89	% 80	% 60
P3_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 73	% 31
P3_1_7_8_8_s	% 63	% 52	% 46	% 41	% 32	% 12	% 3
P3_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 86	% 39	% 17
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 99	% 95	% 87	% 57	% 25
P3_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

(Çizelge 7.67 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 23	% 9	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 8	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 1	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 11	% 1	% 5	% 2	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 100. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 38	% 44	% 52	% 67	% 74	% 75
P4_1_7_4_16_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 97
P4_1_7_8_8_s	% 100	% 85	% 80	% 71	% 46	% 39	% 30
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.68 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 78	% 88	% 87	% 84	% 82	% 67	% 54
P4_1_7_4_16_s	% 98	% 95	% 88	% 87	% 77	% 51	% 29
P4_1_7_8_8_s	% 31	% 13	% 22	% 18	% 12	% 7	% 1
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 83	% 41	% 8
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 98	% 96	% 74	% 37	% 8	% 1
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 98	% 96	% 91	% 81	% 62

(Çizelge 7.68 devam ediyor)

Sinyal SNR	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 11	% 4	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 4	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 53	% 36	% 20	% 13	% 2	% 7	% 1

#### EK 101. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 70	% 64	% 50	% 49	% 45	% 52
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.69 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 50	% 37	% 34	% 30	% 29	% 12	% 3
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
	<u>-5 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-20 dB</u>	<u>-25 dB</u>	<u>-30 dB</u>	<u>-35 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 99	% 98	% 98	% 95	% 94	% 98

#### EK 102. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 93	% 76	% 43	% 14	% 4
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 91	% 70

Çizelge 7.70 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 50	% 29	% 17	% 8	% 8	% 5	% 1

## EK 103. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 98	% 93	% 95	% 88	% 89
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98

Çizelge 7.71 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 87	% 70	% 35	% 19
PT3_1_7_2_500_s	% 72	% 50	% 31	% 6	% 1	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 98	% 86	% 77	% 61	% 30	% 19	% 11

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 6	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 1	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 104. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT FAM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 94
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99

Çizelge 7.72 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait FAM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99
PT4_1_7_2_500_s	% 80	% 57	% 35	% 14	% 1	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 97	% 96	% 91	% 81	% 60	% 55	% 29

Sinyal							
SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 97	% 90	% 74	% 65	% 53	% 50	% 47
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 17	% 9	% 4	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 105. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>20 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 86	% 56	% 32	% 12	% 1

Çizelge 7.73 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 90	% 82	% 60	% 34	% 25	% 5	% 3
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 106. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>20 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 96	% 79	% 67	% 60	% 29	% 6

Çizelge 7.74 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR							
P2_1_7_1_64_s	% 90	% 82	% 60	% 34	% 25	% 5	% 3
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

### EK 107. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>20 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 11	% 58	% 17
P3_1_7_64_1_s	% 0	% 2	% 19	% 41	% 54	% 76	% 88

Çizelge 7.75 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR							
P3_1_7_1_64_s	% 90	% 82	% 60	% 34	% 25	% 5	% 3
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 84	% 92	% 96	% 89	% 90	% 87	% 89

### EK 108. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>20 dB</u>	<u>15 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 92	% 58	% 11	% 3	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 1	% 10	% 13	% 9	% 1

Çizelge 7.76 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>
SNR							
P4_1_7_1_64_s	% 90	% 82	% 60	% 34	% 25	% 5	% 3
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0

#### EK 109. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 84	% 74	% 64	% 63	% 73	% 65

Çizelge 7.77 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 71	% 70	% 62	% 70	% 63	% 54	% 50

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 90	% 82	% 60
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 32	% 13	% 2	% 3	% 2	% 0	% 0

(Çizelge 7.77 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-19 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 34	% 25	% 5	% 3	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

## EK 110. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 2	% 5
PT2_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.78 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 90	% 82	% 60
PT2_1_7_2_2_s	% 15	% 30	% 28	% 24	% 13	% 8	% 4
PT2_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Sinyal							
	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>	<u>-15 dB</u>	<u>-16 dB</u>	<u>-17 dB</u>	<u>-18 dB</u>	<u>-19 dB</u>
SNR							
PT2_1_7_2_1_s	% 34	% 25	% 5	% 3	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 2	% 2	% 2	% 1	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

#### EK 111. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 0	% 1	% 1	% 3	% 8	% 7	% 7

Çizelge 7.79 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
SNR	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 2	% 6	% 4	% 10	% 18
PT3_1_7_2_750_s	% 17	% 13	% 20	% 24	% 34	% 29	% 35

Sinyal							
	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
SNR							
PT3_1_7_2_250_s	% 0	% 3	% 6	% 19	% 41	% 53	% 52
PT3_1_7_2_500_s	% 16	% 23	% 24	% 39	% 33	% 37	% 34
PT3_1_7_2_750_s	% 37	% 47	% 48	% 46	% 50	% 42	% 44

(Çizelge 7.79 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 72	% 62	% 47	% 32	% 26	% 23	% 14
PT3_1_7_2_500_s	% 18	% 21	% 15	% 6	% 0	% 1	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 33	% 23	% 11	% 2	% 0	% 0	% 1

## EK 112. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>15 dB</u>	<u>14 dB</u>	<u>13 dB</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 0	% 1	% 5	% 12	% 21	% 25	% 34
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0

Çizelge 7.80 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 40	% 51	% 48	% 57	% 73	% 69	% 77
PT4_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 1	% 1	% 1	% 11	% 3
PT4_1_7_2_750_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 1	% 2

Sinyal							
SNR	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 85	% 84	% 90	% 89	% 95	% 94	% 95
PT4_1_7_2_500_s	% 7	% 6	% 10	% 4	% 5	% 6	% 4
PT4_1_7_2_750_s	% 6	% 11	% 25	% 39	% 38	% 61	% 48

(Çizelge 7.80 devam ediyor)

Sinyal							
SNP	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>
3111							
PT4_1_7_2_250_s	% 91	% 84	% 73	% 48	% 41	% 23	% 13
PT4_1_7_2_500_s	% 6	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 46	% 32	% 39	% 11	% 14	% 5	% 5

# EK 113. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.81 P1	çokfazlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait DFSM	dağılımlarının	küçük
imgeler ü	zerinden	özimge ya	klaşımı	ile tespi	t performa	ns analizi	

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 96	% 98	% 97	% 93	% 87	% 77

Sinyal SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 73	% 66	% 65	% 49	% 31	% 19	% 21

Sinyal SNR	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 100	% 87	% 51	% 23	% 1	% 1	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 12	% 9	% 8	% 7	% 0	% 0	% 0

# EK 114. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.82 P2 ç	çokfazlı kodlama	lı sinyal ailes	ine ait DFSM	dağılımlarının	küçük
imgeler üze	ərinden özimge y	aklaşımı ile te	espit performa	ns analizi	

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 2
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 88	% 88	% 84	% 92	% 88	% 87
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 100	% 99	% 97	% 98	% 94	% 93

Sinyal SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P2_1_7_2_16_s	% 14	% 44	% 61	% 83	% 85	% 64	% 32
P2_1_7_4_4_s	% 81	% 84	% 72	% 64	% 60	% 37	% 30
P2_1_7_8_1_s	% 94	% 91	% 89	% 81	% 81	% 78	% 77

Sinyal SNR	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 100	% 87	% 51	% 23	% 1	% 1	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 11	% 1	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 12	% 3	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 68	% 76	% 58	% 43	% 46	% 41	% 33

# EK 115. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelg	e 7.83	P3	çokfazlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait DFS	Мc	dağılımlarının	küçük
	imgele	er üz	zerinden	özimge ya	aklaşım	ı ile tespi	it perforn	nan	s analizi	

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 3	% 3	% 14
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 4	% 10	% 8	% 21	% 36	% 49
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 69	% 79	% 83	% 87	% 86	% 91
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 97	% 99	% 100	% 98	% 100	% 100
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 97	% 97

Sinyal SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 2	% 12	% 30	% 51	% 56
P3_1_7_4_16_s	% 42	% 67	% 62	% 80	% 75	% 66	% 44
P3_1_7_8_8_s	% 69	% 81	% 72	% 79	% 63	% 39	% 32
P3_1_7_16_4_s	% 91	% 93	% 89	% 78	% 76	% 62	% 58
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 99	% 100	% 96	% 98	% 81	% 62
P3_1_7_64_1_s	% 98	% 100	% 97	% 97	% 92	% 92	% 89

(Çizelge 7.83 devam ediyor)

Sinyal SNR	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 100	% 87	% 51	% 23	% 1	% 1	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 29	% 16	% 2	% 2	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 27	% 8	% 6	% 2	% 1	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 12	% 6	% 5	% 1	% 1	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 29	% 26	% 8	% 5	% 4	% 2	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 47	% 28	% 14	% 8	% 4	% 2	% 4
P3_1_7_64_1_s	% 84	% 85	% 80	% 87	% 75	% 77	% 81

# EK 116. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.8	84 P4 (	çokfazlı	kodlamalı	sinyal	ailesine	ait DFSM	dağılımlarının	küçük
img	eler üz	erinden	özimge ya	klaşımı	i ile tespi	it performa	ns analizi	

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 0	% 2	% 7	% 11	% 30	% 44	% 51
P4_1_7_16_4_s	% 0	% 72	% 74	% 84	% 65	% 73	% 67
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 97	% 95	% 93	% 87	% 77
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 94	% 92	% 89	% 88	% 82	% 72

Sinyal							
SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 1	% 18	% 45	% 73
P4_1_7_4_16_s	% 1	% 4	% 18	% 28	% 61	% 72	% 81
P4_1_7_8_8_s	% 58	% 83	% 87	% 87	% 87	% 79	% 61
P4_1_7_16_4_s	% 50	% 40	% 44	% 31	% 26	% 21	% 13
P4_1_7_32_2_s	% 68	% 78	% 51	% 56	% 51	% 32	% 15
P4_1_7_64_1_s	% 72	% 50	% 57	% 53	% 39	% 37	% 29

(Çizelge 7.84 devam ediyor)

Sinyal	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 100	% 87	% 51	% 23	% 1	% 1	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 76	% 64	% 38	% 27	% 7	% 5	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 56	% 40	% 24	% 12	% 7	% 1	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 37	% 33	% 16	% 3	% 3	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 3	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 11	% 5	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_64_1_s	% 30	% 15	% 16	% 14	% 10	% 13	% 9

## EK 117. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.85 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 87	% 51
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 98	% 96	% 72	% 44	% 23
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 95	% 96	% 94	% 93	% 74	% 52

Sinyal							
SND	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNK							
PT1_1_7_2_1_s	% 23	% 1	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 16	% 5	% 8	% 1	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 29	% 21	% 6	% 2	% 1	% 0	% 0

## EK 118. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.86 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 8	% 13	% 30	% 62	% 68	% 78
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99	% 99

Sinyal							
	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
SNR							
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_2_s	% 91	% 98	% 100	% 100	% 99	% 100	% 100
PT2_1_7_2_4_s	% 99	% 99	% 100	% 99	% 98	% 99	% 91

Sinyal							
SNR	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>
Ontr							
PT2_1_7_2_1_s	% 100	% 87	% 51	% 23	% 1	% 1	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 93	% 82	% 62	% 40	% 22	% 6
PT2_1_7_2_4_s	% 76	% 57	% 34	% 25	% 1	% 3	% 0

## EK 119. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.87 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 98	% 100	% 100	% 99	% 98	% 100
PT3_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 100	% 100	% 95
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 98	% 96	% 98	% 95

Sinyal							
SNR	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 98	% 100	% 98	% 99	% 98	% 98	% 94
PT3_1_7_2_500_s	% 92	% 90	% 87	% 84	% 76	% 65	% 55
PT3_1_7_2_750_s	% 97	% 92	% 96	% 93	% 93	% 91	% 87

Sinyal	-3 dB	-4 dB	-5 dB	-6 dB	-7 dB	-8 dB	-9 dB
SNR	<u> </u>		<u> </u>		102		<u> </u>
PT3_1_7_2_250_s	% 70	% 50	% 20	% 4	% 3	% 4	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 35	% 19	% 13	% 3	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 64	% 52	% 15	% 4	% 4	% 0	% 0

## EK 120. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ KÜÇÜK RESİMLER ÜZERİNDEN ÖZİMGE YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Çizelge 7.88 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının küçük imgeler üzerinden özimge yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 54	% 50	% 46	% 47	% 53	% 49
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 99	% 99	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>
SINK							
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 56	% 47	% 53	% 56	% 50	% 52	% 47
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 100	% 100	% 96

Sinyal	0.15		5 J D	0.JD	7.10	0.15	0. JD
SNR	<u>-3 dB</u>	<u>-4 aB</u>	<u>-5 0B</u>	<u>-6 0B</u>	<u>-7 aB</u>	<u>-8 aB</u>	<u>-9 0B</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 98	% 86	% 67	% 44	% 44	% 13	% 9
PT4_1_7_2_500_s	% 35	% 13	% 7	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 82	% 61	% 54	% 33	% 18	% 10	% 7

### EK 121. P1 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 100	% 97	% 92	% 92	% 85	% 86	% 71
P1_1_7_8_1_s	% 100	% 93	% 82	% 72	% 59	% 42	% 25

Çizelge 7.89 P1 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
P1_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_4_4_s	% 58	% 41	% 10	% 6	% 0	% 0	% 0
P1_1_7_8_1_s	% 29	% 20	% 15	% 9	% 7	% 7	% 6

### EK 122. P2 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 100	% 97	% 91	% 78	% 60	% 21	% 4
P2_1_7_8_1_s	% 100	% 98	% 96	% 91	% 85	% 67	% 55

Çizelge 7.90 P2 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
P2_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_2_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_4_4_s	% 4	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P2_1_7_8_1_s	% 39	% 27	% 17	% 10	% 5	% 4	% 6

### EK 123. P3 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 2	% 4	% 5	% 3	% 1	% 1
P3_1_7_8_8_s	% 100	% 4	% 5	% 4	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 93	% 81	% 51	% 33	% 12
P3_1_7_64_1_s	% 100	% 50	% 32	% 19	% 8	% 0	% 2

Çizelge 7.91 P3 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
P3_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_4_16_s	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_8_8_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_16_4_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_32_2_s	% 2	% 1	% 0	% 1	% 0	% 0	% 0
P3_1_7_64_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
## EK 124. P4 ÇOKFAZLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>0 dB</u>	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 3
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 4	% 4	% 2	% 2	% 1	% 1
P4_1_7_8_8_s	% 100	% 100	% 100	% 98	% 85	% 52	% 20
P4_1_7_16_4_s	% 100	% 100	% 100	% 99	% 76	% 37	% 12
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
P4_1_7_64_1_s	% 100	% 92	% 79	% 75	% 57	% 52	% 33

Çizelge 7.92 P4 çokfazlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>
SNR							
P4_1_7_1_64_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_2_32_s	% 3	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_4_16_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_8_8_s	% 4	% 2	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_16_4_s	% 6	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
P4_1_7_32_2_s	% 100	% 94	% 96	% 89	% 80	% 72	% 76
P4_1_7_64_1_s	% 22	% 16	% 8	% 5	% 7	% 1	% 3

# EK 125. PT1 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 100	% 95	% 90	% 81	% 82	% 75	% 73
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.93 PT1 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal SNR	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
PT1_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_2_s	% 71	% 56	% 45	% 50	% 35	% 29	% 22
PT1_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 98

<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
0/ 1 1	0/ 4.4	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0
% 14	% 14	%6	% 0	% 0	% 0	% 0
% 95	% 99	% 89	% 83	% 80	% 68	% 56
	<u>-1 dB</u> % 0 % 14 % 95	-1 dB -2 dB   % 0 % 0   % 14 % 14   % 95 % 99	-1 dB-2 dB-3 dB% 0% 0% 0% 14% 14% 6% 95% 99% 89	-1 dB-2 dB-3 dB-4 dB% 0% 0% 0% 14% 0% 0% 95% 99% 89	-1 dB-2 dB-3 dB-4 dB-5 dB% 0% 0% 0% 0% 0% 14% 14% 6% 0% 0% 95% 99% 89% 83% 80	-1 dB-2 dB-3 dB-4 dB-5 dB-6 dB% 0% 0% 0% 0% 0% 0% 14% 14% 6% 0% 0% 0% 95% 99% 89% 83% 80% 68

(Çizelge 7.93 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>
PT1 1 7 2 1 s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
	04.0	0( 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0/ 0	0( 0
PI1_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT1_1_7_2_4_s	% 46	% 47	% 34	% 25	% 20	% 21	% 19

## EK 126. PT2 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.94 PT2 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
SNR							
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
	0/ 100	0/ 400	0/ 400	0/ 400	0/ 400	0/ 400	0/ 400
P12_1_7_2_2_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
SND	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
SINK							
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
	0/ 100	0/ 00	0/ 77	0/ 50	0/ 01	0/ E	0/1
P12_1_7_2_2_5	70 100	70 99	70 / /	70 52	70 2 1	70 5	70 1
PT2_1_7_2_4_s	% 100	% 100	% 99	% 84	% 78	% 53	% 26

(Çizelge 7.94 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>
PT2_1_7_2_1_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_2_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT2_1_7_2_4_s	% 18	% 7	% 3	% 2	% 0	% 0	% 0

# EK 127. PT3 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.95 PT3 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal							
SNR	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
onn							
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Sinyal							
SNR	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 100	% 94	% 84	% 56	% 26	% 6	% 3
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 98	% 100	% 96	% 82	% 73	% 49	% 22

(Çizelge 7.95 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>
PT3_1_7_2_250_s	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_500_s	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0	% 0
PT3_1_7_2_750_s	% 25	% 14	% 6	% 0	% 1	% 0	% 0

## EK 128. PT4 ÇOKZAMANLI KODLAMALI SİNYALE AİT DFSM DAĞILIMLARININ FİSHER YAKLAŞIMI İLE TESPİT PERFORMANS ANALİZİ

Sinyal SNR	<u>Gürültüsüz</u> <u>Sinyal</u>	<u>12 dB</u>	<u>11 dB</u>	<u>10 dB</u>	<u>9 dB</u>	<u>8 dB</u>	<u>7 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100

Çizelge 7.96 PT4 çokzamanlı kodlamalı sinyal ailesine ait DFSM dağılımlarının Fisher yaklaşımı ile tespit performans analizi

Sinyal						<i>.</i>	
SNR	<u>6 dB</u>	<u>5 dB</u>	<u>4 dB</u>	<u>3 dB</u>	<u>2 dB</u>	<u>1 dB</u>	<u>0 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100
PT4_1_7_2_750_s	% 100	% 98	% 97	% 98	% 100	% 94	% 87

Sinyal							
SNR	<u>-1 dB</u>	<u>-2 dB</u>	<u>-3 dB</u>	<u>-4 dB</u>	<u>-5 dB</u>	<u>-6 dB</u>	<u>-7 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 99	% 100	% 100	% 100	% 100	% 100	% 99
PT4_1_7_2_500_s	% 100	% 100	% 100	% 86	% 73	% 47	% 19
PT4_1_7_2_750_s	% 86	% 82	% 66	% 41	% 36	% 14	% 4

(Çizelge 7.96 devam ediyor)

Sinyal							
SNR	<u>-8 dB</u>	<u>-9 dB</u>	<u>-10 dB</u>	<u>-11 dB</u>	<u>-12 dB</u>	<u>-13 dB</u>	<u>-14 dB</u>
PT4_1_7_2_250_s	% 92	% 81	% 76	% 62	% 54	% 40	% 28
PT4_1_7_2_500_s	% 11	% 5	% 3	% 0	% 0	% 0	% 0
PT4_1_7_2_750_s	% 1	% 2	% 1	% 0	% 0	% 0	% 0

### KAYNAKLAR

#### Kitaplar:

- [Chen, Ling, 2002] Victor C. Chen, Hao Ling, "Time-Frequency Transforms for Radar Imaging and Signal Analysis", Artech House, 2002
- [Mahafza, 2000] Mahafza, Bassem R., Radar Systems Analysis and Design Using Matlab, Chapman&Hall/CRC, 2000
- [Pace, 2004] Pace, P. E., 2004, Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar, Artech House, Norwood, 2004
- [Theodoridis, Koutroumbas, 2003] Theodoridis, Sergios, Koutroumbas, Konstantinos, Pattern Recognition, Elsevier Academic Press, Second Edition, 2003

#### <u>Tezler:</u>

- [Gau, 2002] Gau, Jen-Yu, September 2002, Analysis of Low Probability of Intercept (LPI) Radar Signals Using The Wigner Distribution, Naval Postgraduate School, Master's Thesis
- [Gül, 2003] Gül, Ahmet Bahtiyar, Holistic Face Recognition by Dimension Reduction, The Middle East Technical University, The Department of Electrical and Electronics Engineering, September 2003
- [Lima, 2002] Lima, Antonio F., Jr., September 2002, Analysis of Low Probability of Intercept (LPI) Radar Signals Using Cyclostationary Processing, Naval Postgraduate School, Master's Thesis
- [Persson, 2003] Persson, Christer, September 2003, Classification and Analysis of Low Probability of Intercept Radar Signals Using Image Processing, Naval Postgraduate School, Master' s Thesis
- [Shihab, 2000] Shihab, Ahmed Ismail, Fuzzy Clustering Algorithms and Their Application to Medical Image Analysis, University of London, Department of Computing, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Doctor of Philosophy, December 2000
- [Tezel, 2005] Tezel, Caner, 2005, LPI Radar Sinyallerinin Analizi, Hacettepe Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi

#### Makaleler:

[Belhumeur et al., 1997] Belhumeur, Peter N., Hespanha, Joao P., Kriegman, David J., Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection, IEEE Transaction On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.19, No.7, July 1997

- [Calvo et al., 2006] Calvo, Rafael A., Partridge, Matthew, Jabri, Marwan A., A Comparative Study of Principal Component Analysis Techniques, University of Sydney, Department of Electrical Enginnering, 2006
- [Jiangang et al., 2004] Hou Jiangang, Tao Ran, Shan Tao, Qi Lin, A novel LPI Radar Signal Based on Hyperbolic Frequency Hopping Combined with Barker Phase Code, ICSP'04 Proceedings, 2004
- [Liu et al., 2001] Liu, GuoSui, Gu, Hong, Su, WeiMin, Sun, HongBo, The Analysis and Design of Modern Low Probability of Intercept Radar, Nanjing University of Science and Technology, Research Center of Electronic Engineering Technology, 2001
- [Martinez, Kak, 2001] Martinez, Aleix M., Kak, Avinash C., PCA versus LDA, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 23, No. 2, February 2001
- [Taboada et al.] Taboada, F., Lima, A., Gau, J., Jarpa, P., Pace, P.E., Intercept Receiver Signal Processing Techniques to Detect Low Probability of Intercept Radar Signals, Center For Joint Services Electronic Warfare, Naval Postgraduate School
- [Turk, Pentland, 1991] Turk, M., Pentland, A., Eigenfaces for recognition, Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 3, pp. 71-86, (1991).
- [Zhao, Chellappa] Zhao, W., Chellappa, R., Discriminant Analysis of Principal Components for Face Recognition
- [Zilberman, Pace, 2006] Zilberman, E.R., Pace, P.E., Autonomous Time-Frequency Morphological Feature Extraction Algorithm for LPI Radar Modulation Classification, Department of Electrical and Computer Engineering, Naval Postgraduate School, 2006

Ders Notları:

[Roth] Roth, Alexander, "Face Recognition"

[Smith, 2002] Smith, Lindsay I., A tutorial on Principal Components Analysis, February 26, 2002

#### CD-ROM:

[Pace Toolbox, 2004] Pace, P. E., 2004, Low Probability of Intercept Toolbox for MATLAB [CDROM], Artech House, Norwood, 2004

Internet (www/ftp) kaynakları:

[Cluster Analysis] Cluster Analysis. http://en.wikipedia.org/wiki/Data\_clustering

[Hierarchical Clustering, 2009] Hierarchical Clustering Algorithms. http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial\_html/hierarchical.html

### ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı : Engin KOCAADAM
- Doğum Yeri : Ankara
- Doğum Yılı : 1983
- Medeni Hali : Evli

### Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise		1994-2001	Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	(Ankara)
------	--	-----------	---------------------------------	----------

Lisans : 2001-2006 Hacettepe Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

### İş Tecrübesi:

2006-... : ASELSAN Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. / MGEO-Hedef Koordinat Sistemleri Tasarım Müdürlüğü / Sistem Mühendisi