

**ELEKTRONİK DESTEK SİSTEMLERİ İÇİN DARBE TEKRAR
ARALIĞI MODULASYONUNUN ALGILANMASI**

MERT CAN AKTAŞ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KASIM 2013

ANKARA

Fen Bilimleri Enstitü onayı

Prof. Dr. NECİP CAMUŞCU
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. MURAT ALANYALI
Anabilim Dalı Başkanı

MERT CAN AKTAŞ tarafından hazırlanan ELEKTRONİK DESTEK SİSTEMLERİ İÇİN DARBE TEKRAR ARALIĞI MODULASYONUNUN ALGILANMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ
Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doc. Dr. İbrahim BAHÇECİ

Üye : Doç. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ

Üye : Yrd. Doc. Dr. Salih TEKİN

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mert Can AKTAŞ

Üniversitesi : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi
Enstitüsü : Fen Bilimleri
Anabilim Dalı : Elektrik Elektronik Mühendisliği
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Kasım 2013

Mert Can AKTAŞ

ELEKTRONİK DESTEK SİSTEMLERİ İÇİN DARBE TEKRAR ARALIĞI MODULASYONUNUN ALGILANMASI

ÖZET

Bu çalışmada Elektronik Destek sistemleri için Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu Algılama Methodu geliştirilmiştir. Ayrıca ilgili Modulasyonun kritik parametrelerini çıkartma çalışmaları yapılmıştır. Elektronik Harp günümüz koşullarında bir kuvvet çarpanı olarak değerlendirilmekte ve önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Yoğun elektromanyetik sinyal ortamında Elektronik Destek sistemlerin radar parametrelerini algılayıp ilgili parametreleri Elektronik Taarruz sistemleri ile paylaşması beklenmektedir. Radar sistemleri Elektronik Korunma altında algılanmasını veya karıştırılmasını engelleyecek yöntemler uygulamaktadır. Bunlardan bir tanesi ise Darbe Tekrar Aralığına çeşitli modulasyonlar uygulamaktır. Elektronik Taarruz sistemleri tarafından gelişmiş teknikler uygulanabilmesi için bu modulasyonların çözülmesi gerekmektedir. Bu çalışmada söz konusu modulasyonların ayırımı kayıp ve hatalı darbeler ve gürültü altında başarı ile sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elektronik Harp, Elektronik Destek, Darbe Tekrar Aralığı, Modulasyon.

University : TOBB University of Economics and Technology
Institute : Institute of Natural and Applied Sciences
Science Programme : Electrical and Electronics Engineering
Supervisor : Assoc. Prof. Ali Cafer Gürbüz
Degree Awarded and Date : M.Sc. – November 2013

Mert Can AKTAŞ

**COMPREHENSIVE METHOD FOR PULSE REPETITION
INTERVAL MODULATION RECOGNITION FOR ELECTRONIC
SUPPORT SYSTEMS**

ABSTRACT

This study proposes a method for Pulse Repetition Interval Modulation Recognition for Electronic Support Systems. Also in this study a Pulse Repetition Interval Modulation parameter extraction method has been proposed. Electronic Warfare have been considered as force multiplier with a increasing importance in defence systems. Electronic Support systems supposed to intercept and identify radar systems and hand over the critical information to Electronic Attack systems. Radar Systems employ various techniques to avoid deception or even not intercepted. One of these technique is to use Pulse Repetition Interval Modulations. In order to counter these radar system with advanced Electronic Attack techniques Electronic Support Systems must recognize these modulations. In this study a these modulations have been recognized under miss and spurious pulses and unintentional jitter such as noise.

Keywords: Electronic Warfare, Electronic Support, Pulse Repetition Interval, Modulation, Deinterleaving.

TEŐEKKÜR

Bu alıőmada ilk önce alıőma boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Do. Dr. Ali Cafer GÜRBÜZ'e teőekkür etmek istiyorum.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana her zaman destek olan aileme ayrıca teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

1 GİRİŞ	1
1.1 Elektronik Harp	1
1.1.1 Elektronik Destek	1
1.1.2 Elektronik Taarruz	2
1.1.3 Elektronik Korunma	2
1.2 Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu	2
1.2.1 Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu	3
1.2.2 Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu	3
1.2.3 Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu	4
1.2.4 Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu	5
1.2.5 Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu	6
1.2.6 Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu	6
1.3 ELEKTRONİK HARP SİSTEMLERİ İÇİN DARBE TEKRAR ARALIĞI MODULASYONUNUN ALGILANMASININ ÖNEMİ	8
1.3.1 Sahte Hedef(Range False Target)	9

1.3.2	Mesafe Kapısı Çekme(Range Gate Pull In)	9
2	GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR	11
2.1	Mahdavi ve Pezeshk Tarafından Önerilen Yöntem	11
2.1.1	Süreklilik	12
2.1.2	Monotonluk	13
2.1.3	Doğrusallık	13
2.1.4	Sonuçlar	14
2.2	Kauppi ve Martikainen Tarafından Önerilen Yöntem	14
2.2.1	Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Algılama Yöntemi	15
2.2.2	Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Algılama Yöntemi	15
3	ÖNERİLEN DARBE TEKRAR ARALIĞI AYIRMA YÖN- TEMİ	17
3.1	Genel Mimari	17
3.1.1	Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Ayırma Yöntemi	18
3.1.2	Monotonluk	22
3.1.3	Çizgi Algılayıcı Yöntemi	22
3.1.4	Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Ayırma Yöntemi	23
3.1.5	Atlamalı ve Titrek Darbe Tekrar Aralığı Ayırma Yöntemi .	24
4	ÖNERİLEN DARBE TEKRAR ARALIĞI PARAMETRE ÇIKARIM YÖNTEMİ	26

4.1	Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi	26
4.2	Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi	27
4.3	Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi	28
4.4	Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi	29
4.5	Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi	30
4.6	Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi	30
5	SİMULASYONLAR	31
5.1	1. Sinyal Seti Özellikleri	31
5.2	2. Sinyal Seti Özellikleri	32
5.3	Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Ayırımı Simülasyonları	32
5.3.1	1. Sinyal Seti ile Yapılan Simülasyonlar	33
5.3.2	2. Sinyal Seti ile Yapılan Simülasyonlar	36
5.3.3	Karşılaştırmalar	37
5.4	Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarımı Simülasyonları	38
6	SONUÇ	41

KAYNAKLAR

42

ÖZGEÇMİŞ

44

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

1.1	Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu	4
1.2	Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu	5
1.3	Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu	6
1.4	Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu	7
1.5	Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu	7
1.6	Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu	8
3.1	Sistem Ana Akışı	18
3.2	Sabit DTA Modülasyonu Histogramı	20
3.3	Titrek DTA Modülasyonu Histogramı	20
3.4	Sabit DTA Modülasyonu Ayırma Performansı	21
3.5	Sıralı DTA Modülasyonu $G(n)$ Fonksiyonu	24

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

3.1	<i>SA</i> Değerleri	21
5.1	1. Sinyal Seti Değerleri	31
5.2	2. Sinyal Seti Değerleri	32
5.3	1. Sinyal Seti İle Sabit DTA Modülasyonu Algılama Performansı .	33
5.4	1. Sinyal Seti İle Kayan DTA Modülasyonu Algılama Performansı	33
5.5	1. Sinyal Seti İle Sıralı DTA Modülasyonu Algılama Performansı .	34
5.6	1. Sinyal Seti İle Dalgalı DTA Modülasyonu Algılama Performansı	34
5.7	1. Sinyal Seti İle Atlamalı DTA Modülasyonu Algılama Performansı	35
5.8	1. Sinyal Seti İle Titrek DTA Modülasyonu Algılama Performansı	35
5.9	1. Sinyal Seti İle %10 Bozulma Oranında Sistem Performansı . . .	35
5.10	1. Sinyal Seti İle %15 Bozulma Oranında Sistem Performansı . . .	36
5.11	2. Sinyal seti Efektif Bozulma Sonuçları	36
5.12	2. Sinyal Seti İle Sabit DTA Modülasyonu Algılama Performansı .	37
5.13	2. Sinyal Seti İle Kayan DTA Modülasyonu Algılama Performansı	37
5.14	2. Sinyal Seti İle Sıralı DTA Modülasyonu Algılama Performansı .	38

5.15	2. Sinyal Seti Ile Dalgalı DTA Modulasyonu Algılama Performansı	38
5.16	2. Sinyal Seti Ile Atlamalı DTA Modulasyonu Algılama Performansı	39
5.17	2. Sinyal Seti Ile Titrek DTA Modulasyonu Algılama Performansı	39
5.18	Kauppi Tarafından Önerilen Yöntem İle Karşılaştırma	40
5.19	Sistem Parametre Çıkarımı Performans	40

1. GİRİŞ

1.1 Elektronik Harp

Elektronik Harp sinyal spektrumunun düşman tarafından kullanılmasını engellemek ve dost birimler tarafından etkin olarak kullanılmasını sağlamak olarak adlandırılır.[1][2]

Elektronik Harp kendi içinde Elektronik Destek, Elektronik Taarruz ve Elektronik Korunma olmak üzere üçe ayrılır.

1.1.1 Elektronik Destek

Elektronik Destek düşman sinyalinin aranmasını, tespit edilmesini, kestirilmesini ve tanımlanmasını içermektedir.

Elektronik Destek sistemleri, Elektronik Taarruz sistemlerine bir bilgi sağlayıcı olarak görev yapmaktadır.

Örnek olarak yayın yapan düşman radarı hakkında bilgi çıkarımı yapacak olan kısım Elektronik Destektir. Bu aldığı bilgiyi kullanım konseptine göre Elektronik Taarruz sistemi ile paylaşabilir veya kayıt edebilir. Konunun detayına girilmemiştir.

1.1.2 Elektronik Taarruz

Elektronik Taarruz dūřmanın sinyal spektrumunu kullanmasını engelleyen veya etkin kullanımını azaltmak için uygulanan her türlü faaliyettir. Radar merkezli bir düşünce ele alınırsa radarın elde edeceği bilgilerin bozulması veya yanlış algılanması amaçlanmaktadır.[3]

Çoğunlukla Elektronik Destek sistemi ile beraber çalışan Elektronik Taarruz Elektronik Destek Sisteminden gelen bilgileri kullanarak dūřmanın sinyal spektrumunu kullanmasını engellemeye çalışmaktadır. Radar bakış açısıyla bakılırsa radarın özelliklerinden olan arama, takip etme gibi özelliklerin kullanılamaz olmasını sağlamaya çalışmaktadır.[4]

1.1.3 Elektronik Korunma

Elektronik Korunma dūřmanın Elektronik Taarruz kullanması durumunda dost birimlerin etkin bir şekilde sinyal spektrumunu kullanmasına olanak sağlamaktır.

Örnek olarak bir çok radar sisteminde bulunan Hareketli Hedef Algılama Sistemi(Moving Target Indicator) sistemleri veya Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu verilebilir.

1.2 Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Radar darbesinin elektronik destek sistemi tarafından algılandığı zaman darbe geliş zamanı (DGZ-TOA) olarak adlandırılır. Darbe tekrar aralığı ise iki ardışık darbe arasında ki zaman farkıdır.[5]

$$f(i) = y_i = t_{i+1} - t_i \text{ ve } t_i = i.DGZ \quad (1.1)$$

$$g(i) = y_{i+1} - y_i \quad (1.2)$$

$f(i)$ fonksiyonuna radarın DTA fonksiyonu adı verilir. DTA fonksiyonu kullanılan DTA modülasyonuna göre değişmektedir. Sabit(Stable), kayan(Sliding), dalgalı(wobulated), atlamalı(Stagger) ve titretilen(Jitter) modülasyonlar bu tekniklere örnek gösterilebilir ve aşağıdaki kısımda incelenmektedir. $g(i)$ fonksiyonu ise radar darbe tekrar aralıkları arasındaki farkları göstermektedir ve darbe tekrar aralıklarının değişimini incelemek için kullanılmaktadır.

1.2.1 Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunda radar darbeleri arasında sabit bir değer vardır ve bu değer değiştirilmez. Darbe Tekrar Aralığının örnek gösterimi Şekil-1.1'de verilmiştir.

$$f(i) = k \quad (1.3)$$

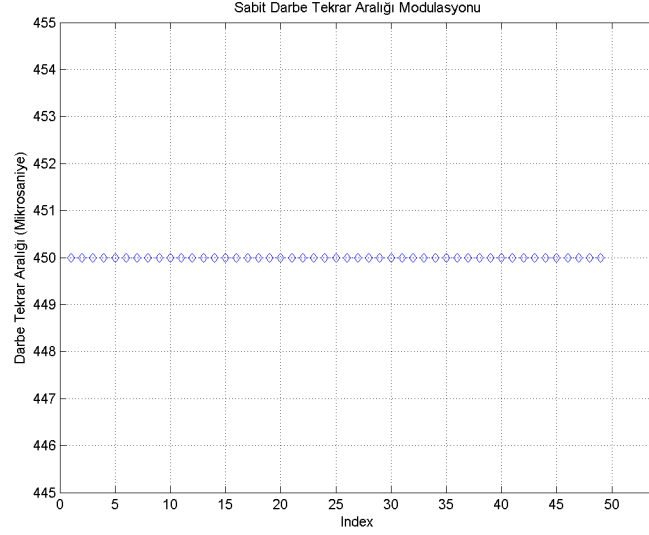
$$g(i) = 0 \quad (1.4)$$

k değeri sabit bir değerdir ve radarın çalışma zamanı boyunca değiştirilmez.

1.2.2 Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunda radar darbeleri arasındaki geçen zaman doğrusal bir şekilde artar ve periyodu tamamladıktan sonra ilk değerine geri döner. Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunun örnek şekli Şekil-1.2'de verilmiştir.

$$f(i) = k_1 + k_2 * \text{mod}(n, i) \quad (1.5)$$



Şekil 1.1: Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

$$g(i) = k_2, \quad i \neq n + 1 \quad g(i) = n * k_2, \quad i = n + 1 \quad (1.6)$$

Yukarıda ki denklemde k_1 değeri DTA değerinin alabileceği en az değerdir ve DTA değerleri bu sabit sayıdan başlar.

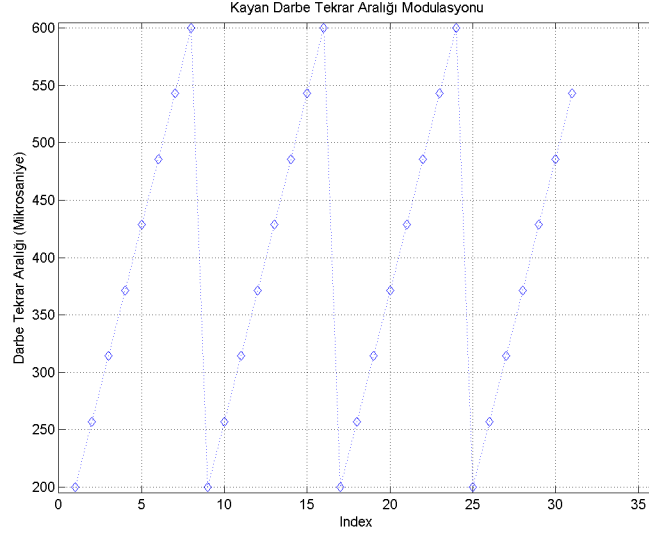
k_2 değeri ise her bir yeni darbenin kendinden gelen bir önceki darbenin DTA'sından ne kadar fazla süre ekleyeceğini belirtir.

n değeri ise DTA değişme periyodunu belirtmektedir.

1.2.3 Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunda darbe tekrar aralıkları sinusoidal bir şekile göre değişir. Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunun örnek şekli Şekil-1.3'de verilmiştir.

$$f(i) = k_1 + A * \sin(wi) \quad (1.7)$$



Şekil 1.2: Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

k_1 değeri DTA değerlerinin ortalamasını gösterir. w değeri ise DTAların değişim frekansını göstermektedir. A değeri ise sinus eğrisinin genliğini göstermektedir.

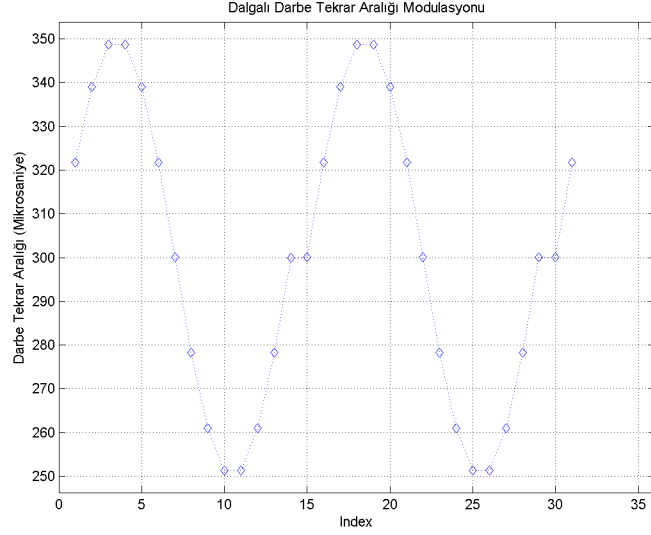
1.2.4 Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Sıralı DTA modülasyonuna sahip radarlarda $f(i)$ fonksiyonu belli bir darbe sayısı kadar sabit kalır arkasından DTA değeri değişerek o değerde de sabit kalır. Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunun örnek şekli Şekil-1.4'de verilmiştir.

$$f(i) = \begin{cases} k_1 & , 0 < \text{mod}(i, N_S) \leq N_1 \\ k_T & , N_{T-1} < \text{mod}(i, N_S) < N_S \\ k_z & , N_S - N_1 < \text{mod}(i, N_S) < N_S \end{cases} \quad (1.8)$$

$$g(i) = \begin{cases} 0 & , \text{mod}(i, N_S) \neq 0 \\ k_T - k_{T-1} & , \text{mod}(i, N_S) = 0 \end{cases} \quad (1.9)$$

k_1, k_2, \dots, k_z değerleri Darbe Tekrar Aralığı değerlerini belirtmektedir. N_S ise



Şekil 1.3: Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Darbe Tekrar Aralıklarının yeniden k_1 değerine dönmeden önce kaç darbe geçeceğini yani periyodunu ifade etmektedir.

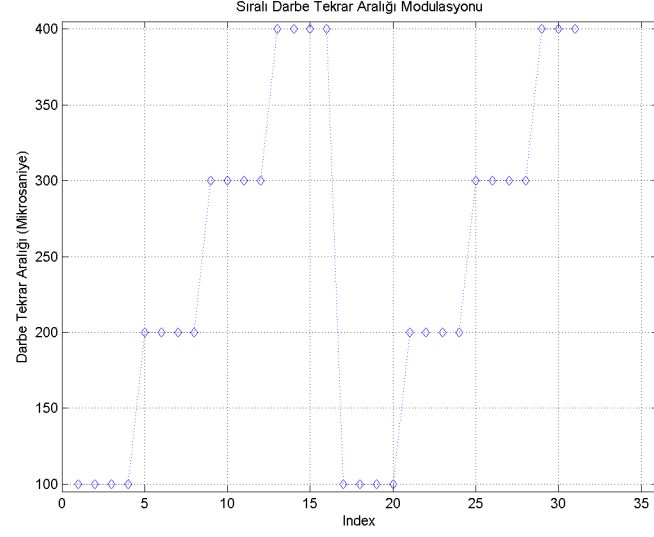
1.2.5 Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Atlamalı DTA Modülasyonuna sahip radarların $f(i)$ fonksiyonu periyodik bir karaktere sahiptir. Radarın DTA atlama seviyesine göre $f(i)$ fonksiyonunun periyodu değişmektedir. Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunun örnek şekli Şekil-1.5'de verilmiştir. DTA Atlamalı radarların $f(i)$ fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

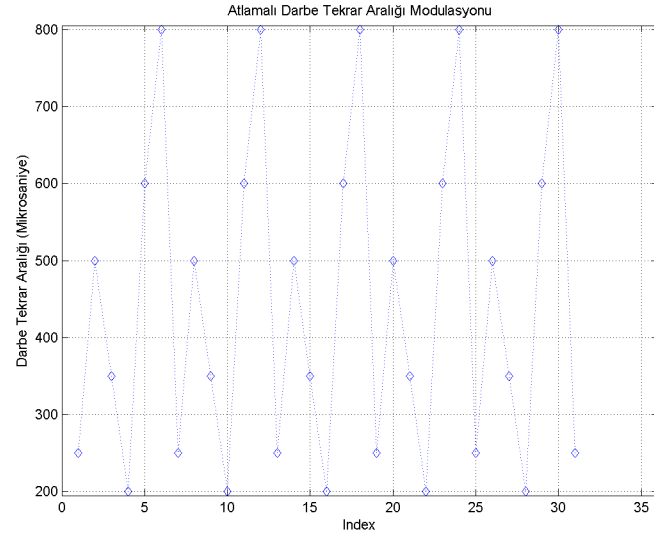
$$f(i + S + k) = f(i + k) \text{ ve } S = \text{Atlama Seviyesi} \quad (1.10)$$

1.2.6 Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

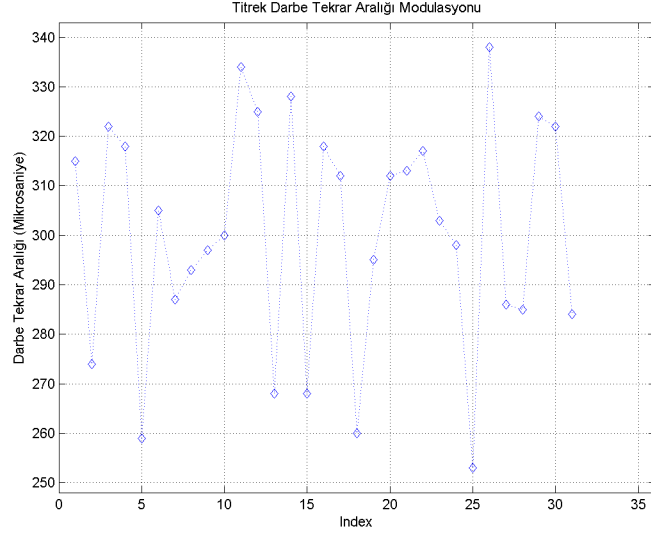
Titrek DTA'ya sahip radarların ise her DTA'sı rastgele olarak seçilir. Bu rastgelelik Gaussian ya da düzenli dağılımlardan seçilebilir. Titrek Darbe Tekrar



Şekil 1.4: Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu



Şekil 1.5: Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu



Şekil 1.6: Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu

Aralığı Modülasyonunun örnek şekli Şekil-1.6'de verilmiştir.

$$f(i) = k_1 + rand() \quad (1.11)$$

$$g(i) = rand() \quad (1.12)$$

1.3 ELEKTRONİK HARP SİSTEMLERİ İÇİN DARBE TEKRAR ARALIĞI MODULASY- ONUNUN ALGILANMASININ ÖNEMİ

Elektronik Harp sistemleri radar sistemlerini algılamak ve daha sonra başarısız olmasını sağlamak için geliştirilmektedir. Radar sinyallerinin algılayan kısmı Elektronik Destek Sistemi, radarın başarısız olması amacıyla yayın yapan kısma ise Elektronik Taarruz adı verilir. Elektronik Harp sistemleri genel olarak radar darbelerini a sonra bu radarın başarısız olmasını sağlayacak sinyaller üreterek

radarın işlevini yapamamasını sağlamaktadır. Algılanan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu ve parametreleri radarların tespitinde ve teşhisinde önemli rol oynamaktadır.[6] Elektronik Taarruz sistemleri tarafından kullanılan sinyaller gürültü sinyalleri olabileceği gibi radarın kendi sinyalleri zaman ve frekans düzleminde değiştirilerek geri gönderilerek de uygulanabilir. Bu tür tekniklere aldatma teknikleri adı verilir. Aldatma teknikleri gürültü sinyallerine göre daha başarılı olsa da radar hakkında bilgi gerektirdiği için uygulanması daha zordur. Bazı aldatma teknikleri uygulamak için ise radarın Darbe Tekrar Aralığının bilinmesi gerekmektedir. Bu tür tekniklere örnekler aşağıda verilmiştir.

1.3.1 Sahte Hedef(Range False Target)

Sahte hedef tekniklerinde sistemin çalıştığı platformdan geride sahte hedefler oluşturmak için radar sinyalleri bir öteleme işleminden geçtikten sonra yeniden radara gönderilerek radarda sahte hedefler oluşturulur.[7] Sistemin çalıştığı platformdan ileride bir sahte hedef oluşturulmak istenirse ise radar sinyali platform üzerine düşmeden radar sinyalini daha önceden aldığı kayıtları üretip yayın yaparak radar üzerine göndermek gerekmektedir. Eğer platform radarın Darbe Tekrar Aralığı modülasyonunu ve değerini bilemez ise platformdan ilerinde sahte hedefler oluşturulamaz. Radar Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu çözülsünce bu teknik uygulanabilir hale gelecektir.

1.3.2 Mesafe Kapısı Çekme(Range Gate Pull In)

Mesafe Kapısı Çekme elektronik taarruz tekniği iki yönlü olarak uygulanabilir. RGPO(Range Gate Pull Off) tekniğinde radar tarafından izlenen hedef kendini radardan uzaklaşıyor gibi göstermektedir. RGPI(Range Gate Pull In) tekniğinde ise hedef kendini radars yaklaşıyor gibi göstermektedir.[7][8]

RGPO tekniği uygulanırken radar darbeleri geldikten sonra öteleme işleminden sonra geri gönderilir. Dolayısıyla her radar darbesine karşılık oluşturulan karıştırma sinyali radar darbesinden sonra gönderilir. Bu koşulda radarın

darbelerinin ne zaman hedef üzerine düşmesi gerektiğine bilinmesine gerek olmaz ve radarın Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunun çözülmesi gerekmemektedir.

RGPO elektronik taarruz tekniğine karşı radar tarafından karıştırılmamak için Leading Edge Tracking elektronik korunma tekniği uygulanabilir. Bu durumda kullanılması gereken elektronik taarruz tekniği ise RGPI'dir.

RGPI tekniğinde ise radar darbeleri düşmeden önce radara hedef tarafından gönderilir. Bu sebeple Leading Edge Tracking tekniği uygulayan radar karıştırma sinyalini takip edecektir. RGPI tekniğinde radar darbelerine karşılık gelen karıştırma sinyalleri daha önce yollandığı için radarın Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunun çözülmesi gerekmektedir.

2. GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunun algılanmasına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar iki ana başlık altında toplanabilir.

İlk başlık olarak sistemlerin bir kütüphane altında çalıştığını kabul eden çalışmalar yapılmıştır. Kütüphane içerisinde karşılaşılabilecek radarlar, bu radarların DTA Modülasyonları ve bu modülasyonların aldığı değerler bulunmaktadır.

İkinci başlık olarak sistemlerin kütüphaneden bağımsız veya kütüphane içerisinde bulunmayan radarların Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonlarının bulunması için kullanılmaktadır.[9][10][11][12][13][14][15][16][17][18] Bu tezde önerilen yöntem bu başlık altına girmektedir.

Aşağıda kütüphaneden bağımsız olarak çalışan ve sonuçlarının başarılı olduğu düşünülen bazı sistemler incelenmiş ve başarılı ve eksik olduğu düşünülen noktalar vurgulanmıştır.,

2.1 Mahdavi ve Pezeshk Tarafından Önerilen Yöntem

Ala Mahdavi ve Amir Mansour Pezeshk tarafından yapılan çalışmada Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunu algılanmasına yönelik çeşitli önerilerde bulunulmuştur.[9]

Çalışmalarında giriş sinyali olarak Darbe Tekrar Aralıkları ve Darbe Tekrar Aralığı farkları kullanılmıştır.

Kayan, Sıralı, Dalgalı ve Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonlarını ayırmaktadır. Sabit ve Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonlarını ayıramaması büyük bir zaafiyet olarak gözükmemektedir.

Aşağıda söz konusu DTA Modülasyonlarını ayırma yöntemleri tartışılmaktadır.

2.1.1 Süreklilik

Süreklilik özelliği aşağıdaki denklem kapsamında değerlendirilmiştir.

$$C_1 = (N_c)/(N - 1) \quad (2.1)$$

N_c değeri Darbe Tekrar Aralıkları arasındaki farkları belirli bir eşik değeri altında kalmış olan Darbe Tekrar Aralıkları sayısının toplamıdır. Söz konusu eşik değeri ise aşağıdaki denkleme göre belirlenmektedir.

$$a = 0.02 * ortalama(x_i) + \varepsilon \quad (2.2)$$

ε değeri sıfır ortalamalı ve varyansı 2 olan beyaz Gaussian gürültü olarak darbe geliş zamanları ölçümlerindeki hataları modellemek için belirlenmiştir.

C_1 değeri Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonlarını iki'ye ayırmaktadır. Bir grup süreklilik özelliğini sahip olan Sıralı, Kayan ve Dalgalı DTA modülasyonlarını içermektedir. Diğer bir grup ise süreklilik özelliğine sahip olmayan Titrek DTA Modülasyonunu içermektedir.

Burada önemli olan nokta ise süreklilik değeri söz konusu çalışmada dahil edilmeyen Atlamalı DTA Modülasyonunu Titrek DTA Modülasyonundan ayıramamaktadır. Bunun sebebi ise Atlamalı DTA Modülasyonunun Titrek DTA

Modulasyonu gibi sürekli olmayan bir yapıya sahip olmasıdır. Bu iki DTA Modulasyonunu ayırmak için önerilen yöntem bu tezde verilmiştir.

2.1.2 Monotonluk

Monotonluk özelliği DTA Modulasyonlarının $G(n)$ değerlerinin 0 eksenini ne kadar çok kesmesi olarak tanımlanmıştır. Kayan, Titrek, Dalgalı ve Sıralı DTA Modulasyonları göz önüne alındığında sadece Kayan DTA Modulasyonu devamlı artan veya azalan bir görüntü çizmektedir ve DTA değerlerinin farklarından oluşan $G(n)$ fonksiyonu ise sabit bir görüntü çizecektir.

$$s_i \triangleq \begin{cases} +1 & , y_i > \varepsilon \\ 0 & , |y_i| \leq \varepsilon \\ -1 & , y_i < -\varepsilon \end{cases} \quad (2.3)$$

$$S_p(j) = \sum_{i=1}^j s_i / (N - 2), j = 1, 2, \dots, N - 2 \quad (2.4)$$

S_p değeri Kayan DTA Modulasyonu dışındaki modulasyon çeşitlerinde 0 değerini almaktadır. Yapılan çalışmalar ise 48 darbelik ve bir periyodluk DTA değerleri içerecek şekilde yapılmıştır.

2.1.3 Doğrusallık

Doğrusallık özelliği DTA Modulasyonunun $F(n)$ fonksiyonunun yatay bir çizgide kalması olarak tanımlanmıştır. Söz konusu çalışmada incelenen DTA Modulasyonları arasında sadece Sıralı DTA Modulasyonu bu özelliği göstermektedir.

$$s_f(i) = |y_{i+k} - y_k| / th_f \quad (2.5)$$

$$th_f = 3 * \sigma_{y_i} \quad (2.6)$$

$\sigma_{y_i} y_i$ örneklerinin standart sapması olarak belirlenmiştir.

$$S_f = \sum_{i=1}^{N-2} s_f(i)/(N-2) \quad (2.7)$$

S_f değeri iki $G(n)$ örneğinin arasındaki fark düzgünlük limiti(th_f) dışında olduğu anda hesaplanır. Bulunan S_f değeri ile sıralı DTA modülasyonu ile Dalgalı DTA Modülasyonunun ayırılması sağlanmıştır.

2.1.4 Sonuçlar

Mahdavi ve Pezeshk tarafından yapılan çalışmada ele alınan DTA Modülasyonları(Titrete, Kayan, Sıralı ve Dalgalı) başarılı bir şekilde yüksek hata oranında ayırılmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi Atlamalı ve Sabit DTA Modülasyonlarını kapsam dışında tutulması ise zaafiyet olarak görülmektedir. Bu tez çalışmasında yapılan çalışmalarda bu zaafiyeti ortadan kaldıracak yöntemler önerilecektir.

2.2 Kauppi ve Martikainen Tarafından Önerilen Yöntem

Kauppi ve Martikainen tarafından yapılan çalışmada Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonları çeşitli özellikler kullanılarak ayırılmaya çalışılmıştır.

Çalışmalarında giriş sinyali olarak Darbe Tekrar Aralıkları ve Darbe Tekrar Aralığı farkları kullanılmıştır.

2.2.1 Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Algılama Yöntemi

Kapuppi ve Martikainen tarafından önerilen Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Algılama Yöntemi değiştirilmiş bir histogram yöntemine dayanmaktadır.[18]

[18]'de belirtilen histogram yöntemine göre ilk olarak DTA değerleri küçükten büyüğe sıralanır ve en küçük değerden başlanarak histogram oluşturulmaya başlanır. İlk değer 2.8 numaralı denklemde belirtilen ε değeri içinde kalan değerler aynı bin içine konulmaktadır.

$$\varepsilon_n = 2 * p * x_n \quad (2.8)$$

2.8 numaralı denklemde p değeri Sabit DTA değerlerinin gürültü oranında bozulmasını simgelemiştir ve 0.01 değerini almıştır.[18][5]. x_n değeri ise bakılan DTA değerini göstermektedir.

Önerilen histogram oluşturulduktan sonra ise 2.9 numaralı denklem ile f_1 değeri elde edilmektedir. Bu değer Sabit DTA Modülasyonuna sahip sinyaller için 0'a yakın bir değer alması beklenmektedir. Bu değer limit olarak yaklaşık 0.2 değeri bulunduğu söz konusu çalışmada görülmektedir.

$$f_1 = n_{max-1}/n_{max} \quad (2.9)$$

2.2.2 Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Algılama Yöntemi

Gelen sinyallerdeki DTA değerlerinin değişimi kullanılarak Sabit ve Sıralı DTA Modülasyonlarını diğer modülasyonlardan ayrılması sağlanmıştır.

$$z_n = x_{n+1} - x_n \quad (2.10)$$

$$sgn(z_n) = \begin{cases} -1 & , z_n < -\varepsilon_n \\ 0 & , |z_n| \leq \varepsilon_n \\ +1 & , z_n > \varepsilon_n \end{cases} \quad (2.11)$$

$$s = sgn(z) \quad (2.12)$$

$$f_3 = \sum_{k=1}^{N-2} |s_k| / N - 2 \quad (2.13)$$

2.13 numaralı denklem sonucunun Sabit ve Sıralı DTA Modulasyonlarına sahip sinyaller için düşük çıkması beklenmektedir. Söz konusu çalışmada görüldüğü üzere Sıralı DTA Modulasyonu Algılama Yönteminin(feature-3) limit değeri yaklaşık 0.75 olarak bulunmuştur.

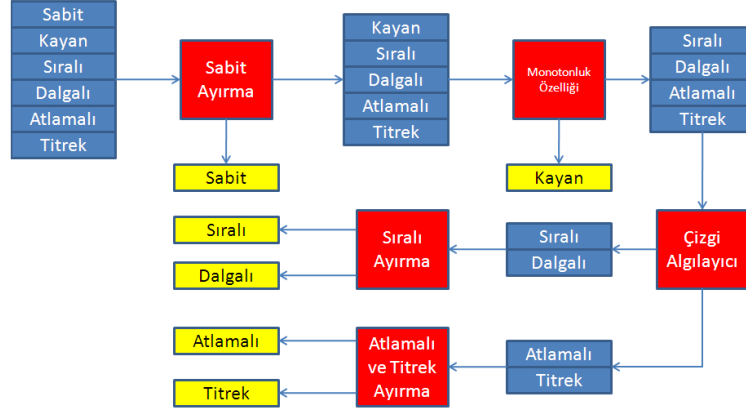
3. ÖNERİLEN DARBE TEKRAR ARALIĞI AYIRMA YÖNTEMİ

3.1 Genel Mimari

Sistemin ana akışı içerisinde 5 adet algılayıcı kullanılmaktadır. Gelen Darbe Tanımlayıcı Kelimeler ilk önce Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Algılama Sistemine girer ve bu aşamada gelen Darbe Tanımlayıcı Kelimelerin Sabit bir Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonuna sahip olup olmadığı belirlenir. Eğer Sabit DTA modülasyonu algılanırsa sistem Sabit DTA Modülasyonunu raporlar eğer Sabit DTA Modülasyonu algılamaz ise sistem Monotonluk özelliği ile devam eder. Sabit DTA Modülasyonunu ayırma yöntemine ait detaylar Bölüm-3.1.1'de verilmektedir.

Sabit DTA Modülasyonu algılama yönteminden başarısız olan sinyaller yani Sabit bir Darbe Tekrar Aralığına sahip olmayan sinyaller ilk olarak Monotonluk özelliğinden yararlanılarak bir diğer ayırma yöntemine uygulanır. Mahdavi'nin yönteminde olduğu gibi bu yöntem ile Kayan Darbe Tekrar Aralıkları ayrılmaktadır.[9]

Uygulanan üçüncü yöntem ise kalan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonlarını(Sıralı, Dalgalı, Atlamalı ve Titrek) iki gruba bölmek için kullanılmaktadır. Bölüm-1.2'dan görülebileceği gibi Atlamalı ve Titrek DTA Modülasyonları diğer iki DTA Modülasyona göre düzensizlik içermektedir. Sıralı ve Dalgalı DTA Modülasyonları diğer iki DTA Modülasyonun aksine arka arkaya artış veya azalış içermektedir. Bu özellikten yararlanarak DTA Modülasyonları Çizgi Algılayıcı



Şekil 3.1: Sistem Ana Akışı

Yöntemi ile Sıralı ve Dalgalı DTA Modülasyonları Atlamalı ve Titrek DTA Modülasyonlarından ayrılmaktadır. Çizgi Algılayıcı Yöntemin Detayları Bölüm-3.1.3'de verilmektedir.

Olası DTA Modülasyonları iki gruba ayrıldıktan sonra Sıralı ve Atlamalı DTA Modülasyonları Sıralı DTA Modülasyonu Algılama yöntemi uygulanır. Bu yöntem ile Sıralı ve Dalgalı DTA modülasyonları ayrılmaktadır. Söz konusu yöntemle ait detaylar Bölüm-3.1.4'de verilmektedir.

Son olarak Atlamalı ve Titrek DTA Modülasyonları ayrılma işlemi yapılmaktadır. Bu yöntem ile iki düzensiz DTA Modülasyonu arasında ki fark ortaya çıkartılarak ayrılma işlemi tamamlanmaktadır. Ayırma yöntemine ait detaylar Bölüm-3.1.5'de verilmektedir.

Sistemin genel mimarisini ve akışını anlatan diagram Şekil-3.1'de verilmektedir.

3.1.1 Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Ayırma Yöntemi

Bölüm 2.1'de tartışıldığı gibi Mahdavi ve Pezeshk tarafından önerilen yöntem Sabit Darbe Tekrara Aralığı modülasyonunun Elektronik Destek sistemi tarafından daha önce yapılan işlemler ile ayrıldığına farz etmektedir. Fakat tüm DTA

Modulsayonlarını kapsayan bir yöntem de sabit DTA Modülasyonu'da sistem için ayrılması gereken bir parametre olarak alınmalıdır. Bu sebeple Sabit DTA algılama yöntemi geliştirilmiştir.

Sabit DTA Modülasyonunun yapısı gereği aynı değerde çok fazla değer aldığı için diğer DTA Modülasyonu ayrımı yöntemlerinde kullanılması uygun olmayan histogram tabanlı yöntem kullanılması uygundur. Bu sebeple aşağıdaki gibi histogram tabanlı bir yöntem önerilmektedir.

Gelen Darbe Tanımlayıcı Kelimelerden DTA değerleri çıkarıldıktan sonra bu değerleri ortalaması bulunmaktadır. Bu ortalamanın %3'ü kadar bir açıklık ile histogram oluşturulmaktadır.

$$Bin = (OrtalamaDTA) * 3/100 \quad (3.1)$$

Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonları için gürültü değeri ortalama DTA değerinden %1 sapma olarak görülmüştür.[18][5]. Bu sebeple sapma değeri %1'in altında olan değerler Sabit DTA Modülasyonu olarak kabul edilmektedir.

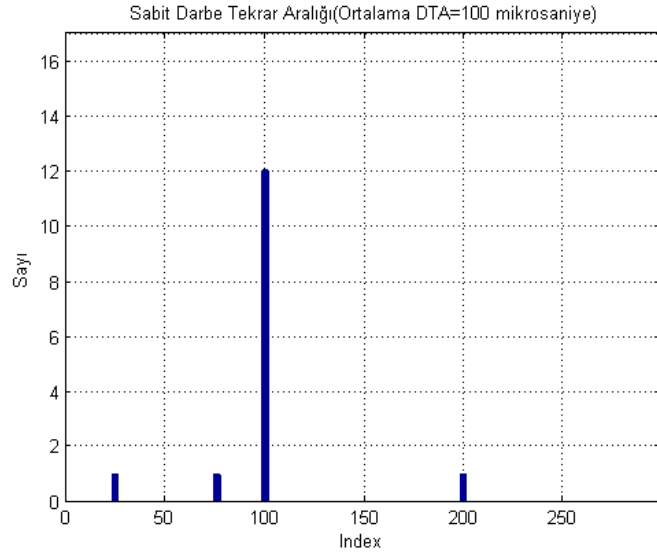
Sistem tarafından oluşturulan Sabit DTA Modülasyonu içeren örnek histogram Şekil 3.2 ve Titrek DTA Modülasyonu içeren örnek histogram Şekil 3.3 aşağıda görülebilir. Sabit DTA Modülasyonu içeren sinyaller için DTA değeri 100 mikrosaniye ve sapma değeri, %0.5 olarak oluşturulmuştur. Titrek DTA Modülasyonu içeren sinyaller için ise ortalama DTA değeri 100 mikrosaniye ve varyans değeri %2 alınarak oluşturulmuştur.

Her iki sinyal için de rastgele %10 kayıp ve %10 hatalı darbeler oluşturulmuştur.

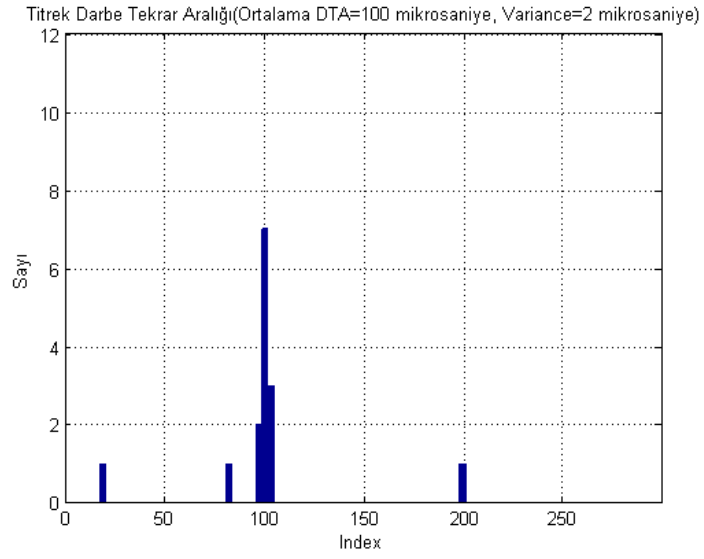
Oluşturulan Histogramlardan sonra çıkan değerlere göre Formül 3.2'ye göre Sa adı verilen bir değer çıkartılmaktadır.

$$Sa = \frac{P_1^2}{P_2 * N} \quad (3.2)$$

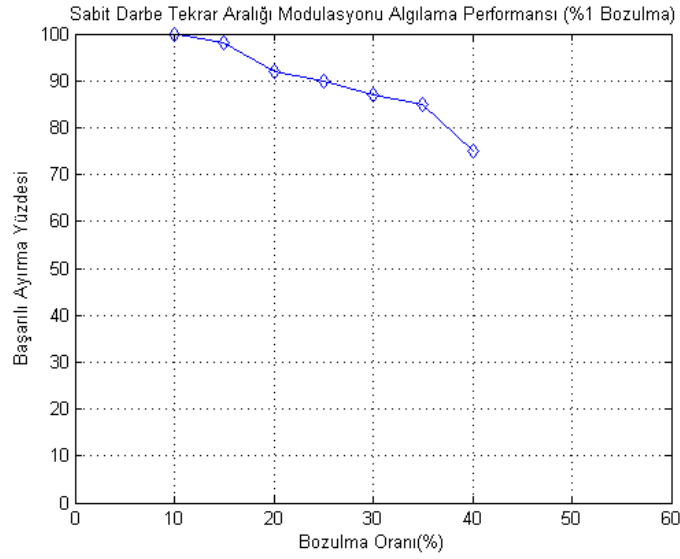
P_1 değeri histogramdaki 1.en yüksek gelen değeri vermektedir. P_2 ise 2. en yüksek



Şekil 3.2: Sabit DTA Modülasyonu Histogramı



Şekil 3.3: Titrek DTA Modülasyonu Histogramı



Şekil 3.4: Sabit DTA Modulasyonu Ayırma Performansı

gelen değeri vermektedir. N değeri ise toplam DTA sayısını ifade etmektedir.

Formül 3.2 'ya göre yapılan çalışmalarda elde edilen Sa değerinin Sabit DTA Modulasyonlarındaki diğer modulasyonlara göre yüksek çıktığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmaların değerleri Çizelge 3.1'de verilmektedir. Çalışma yapılırken her bir modulasyon değeri için %5 hatalı ve kayıp darbe oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1: Sa Değerleri

Modulasyon	Sa
Sabit(%0.5)	INF
Sabit(%1)	11.56
Titrek(%5)	0.89
Kayan	0.19
Dalgalı	0.49
Sıralı	0.48
Atlamalı	0.36

Sisteme Sa değerinin limiti olarak 2.5 verilmiştir ve sabit DTA modulasyonunu algılama performansı Şekil3.4'de verilmektedir. Darbe sayısı olarak 16 kullanılmıştır bu değer diğer çalışmalara göre daha az olmaktadır.

Sistemin yanlış alarm oranı ise 0 olarak tespit edilmiştir.

Sistem seviyesi yapılan testlerde yanlış alarm sıklığının düşük olduğu görülmesi sebebiyle limit değeri 1.5'e çekilmiştir böylece Sabit DTA Modülasyonu algılama durumunda iyileştirme sağlanmıştır. Sistem seviyesi yapılan testlerin sonuçları Bölüm-5'de verilmektedir.

3.1.2 Monotonluk

Sistem de Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunu algılama için [9]'de verilen monotonluk özelliğinden faydalanılmıştır. Bu özelliğin detayları Bölüm 2.1'de verilmektedir.

3.1.3 Çizgi Algılayıcı Yöntemi

Çizgi Algılayıcı yöntem ile gelen DTA değerleri arasında arka arkaya artış veya azalışlar tespit edilmektedir. Artış ve azalış düzenleri 3.1.3 numaralı denklem ile tespit edilmektedir.

$$r(i) = \begin{cases} 1 & , f(i) > f(i-1) \text{ ve } f(i) < f(i+1) \\ 1 & , f(i) < f(i-1) \text{ ve } f(i) > f(i+1) \\ 1 & , |f(i-1) - f(i)| < \varepsilon \\ 0 & , \text{Diğer Durumlar} \end{cases}$$

$$\varepsilon = 0.02 * \sum_{i=1}^{N-1} f(i) \quad (3.3)$$

ε değeri 3.3 numaralı denkleme göre belirlenmektedir.

$r(i)$ değerleri 3 adet DTA değeri aynı yönde ise (artış veya azalış) 1 değeri almaktadır. Farklı durumlar için ise 0 değeri almaktadır.

$$R = \sum_{i=2}^{L-1} r(i)/(L-2) \quad \text{L=İncelenen Toplam DTA Sayısı} \quad (3.4)$$

Bulunan R değeri incelenen DTA değerlerinde ne kadar düzenlilik olduğunu vermektedir. Sıralı ve Dalgalı DTA değerleri için düzenlilik değeri yüksek çıkarken herhangi bir düzen içermeyen Atlamalı ve Titrek DTA Modülasyonları için düzenlilik değeri düşük çıkacaktır. Bu özellik kullanılarak Sıralı ve Dalgalı DTA modülasyonları düzensiz olan Atlamalı ve Titrek DTA değerlerinden ayrılmaktadır.

Sistemde R değerinin limiti yapılan algılama ve yanlış hata oranları çalışmaları sonucu 0.52 olarak tespit edilmiştir.

Kullanım özeti Şekil-3.1'den görülebilmektedir.

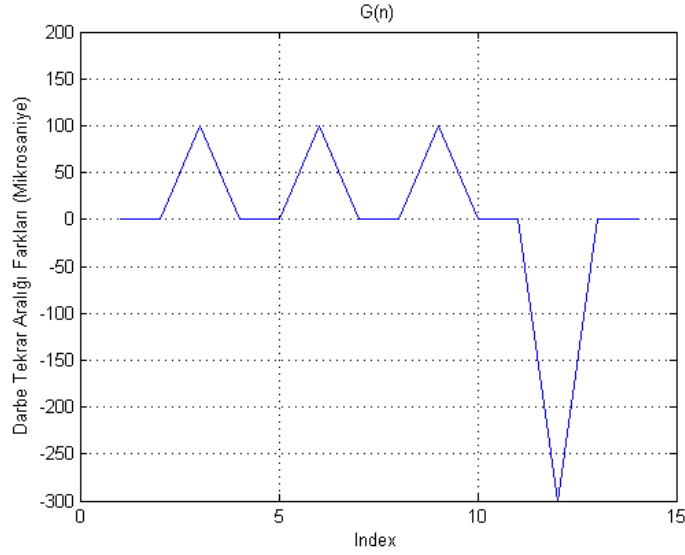
3.1.4 Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Ayırma Yöntemi

Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Algılama Yöntemi olarak Bölüm-2.2.2'de belirtilen ve [18]'de önerilen yonteme benzer bir yöntem kullanılmaktadır. Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunu algılama için sinyalin $G(n)$ fonksiyonundan yararlanılmıştır. Örnek olarak Sıralı DTA Modülasyonuna ait bir $G(n)$ fonksiyonu Şekil-3.5'de verilmiştir.

Şekil-3.5'e bakıldığı zaman oluşan DTA farklarının geçiş durumları haricinde 0 olarak kaldığı görülmektedir.

$$d(i) = \begin{cases} 1 & , |G(i)| < \varepsilon \\ 0 & , \text{Diğer Durumlar} \end{cases} \quad (3.5)$$

$d(i)$ kullanılarak elde edilen DTA fark değerlerinin 0 değeri etrafından kaldığı durumlar belirlenmektedir.. Söz konusu denklemde kullanılan ε değeri ise gürültü içeren durumları elemek için oluşturulmuş ve 3.3 numaralı denklemde verilmiştir.



Şekil 3.5: Sıralı DTA Modülasyonu G(n) Fonksiyonu

$$D = \sum_{i=1}^L d(i)/L \quad L=\text{İncelenen Toplam DTA Farkları Sayısı} \quad (3.6)$$

3.6 numaralı denklem ile elde edilen D değeri ile Sıralı ve Dalgalı DTA Modülasyonu ayrılması sağlanmaktadır. Sistem’de D değerinin limiti olarak 0.2 algılama ve yanlış algılama oranı göz önünde bulundurularak seçilmiştir.

3.1.5 Atlamalı ve Titrek Darbe Tekrar Aralığı Ayırma Yöntemi

Bu çalışma sırasında ilk olarak geliştirilen Atlamalı Darbe Tekrar Aralı Modülasyonu Algılama yöntemi[19] gürültü altında yüksek hatalı alarm sebebiyle bu bölümde anlatılan yöntem ile değiştirilmiştir.

Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Algılanmasında iki aşamalı bir yöntem kullanılmaktadır. İlk aşamada sisteme gelmesi muhtemel modülasyon seviyesi düşük titreşim sinyallerin ayrılması sağlanmaktadır.

İlk olarak [18]'de anlatılan histogram yöntemi ile DTA histogramı çıkartılmaktadır. Bu durumda modülasyon seviyesi düşük titrete sinyaller toplanarak yüksek bir değer elde edecektir.

$$f_1 = \max_1(H)/\max_2(H) \quad (3.7)$$

H parametresi oluşturulan histogramı göstermektedir ve \max_1 ve \max_2 parametreleri histogramda alınan en yüksek birinci ve ikinci değeri ifade etmektedir. f_1 parametresinin değeri 1.6 olarak seçilmiştir. Bu durumda yüksek Titrete Modülasyon yakalama oranı ve düşük yanlış alarm elde edildiği denemeler sonucu görülmüştür. Bu değerden yüksek olan değerler Titrete DTA Modülasyonu olarak raporlanmaktadır.

İlk aşamada limit değerinin altında kalan sinyaller için ikinci bir yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemde [20]'de anlatılan Sequential Difference Histogram (SDIF) yöntemi kullanılmıştır. [18]'de anlatılan denklem ile Titrete DTA Modülasyonu ayrılması sağlanmıştır.

$$M^k = N - k - 1 \quad (3.8)$$

$$f_2 = \max(n_{\max}^k/M^k), k = 2, 3, \dots, k_{\max} \quad (3.9)$$

3.8 numaralı denklemde belirtilen N değeri incelenen toplam DTA sayısını, k değeri ise SDIF seviyesini belirtmektedir. 3.9'de görülen n_{\max}^k ise k . seviye SDIF histogramın aldığı en yüksek değeri göstermektedir. Bu çalışmada en yüksek 8 seviyeli Atlamalı DTA modülasyonu algılanması amaçlandığı için k_{\max} değeri 8 olarak alınmıştır. f_2 değerinin limiti ise 3.10 numaralı denklem ile belirlenmektedir. Bu değer üstünde olan değerler Atlamalı DTA Modülasyonu olarak raporlanmaktadır.

$$\lim = (0.16/ - 15) * N + 0.50 \quad (3.10)$$

4. ÖNERİLEN DARBE TEKRAR ARALIĞI PARAMETRE ÇIKARIM YÖNTEMİ

Bölüm-3'de anlatılan yöntem ile Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonları bulunan sinyallerin Elektronik Harp bakımından önemli parametreleri bu bölümde anlatılan yöntemler ile bulunmaktadır.

Bulunan parametreler ile Elektronik Destek Sisteminin gönderilen Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunu yeniden oluşturabilmesi ve Elektronik Taarruz sistemlerine kritik parametreleri verebilmesini ve dolayısıyla bir sonraki darbenin ne zaman geleceğinin bilinebilmesi amaçlanmıştır.

4.1 Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi

Sabit Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu diğer modülasyonlara göre basit ve aslında tek bir parametre olan Darbe Tekrar Aralığını içermektedir.

Sabit Modülasyona sahip olduğu biline sinyalin bir histogramı çıkartılarak bu histogramdaki en yüksek değer Darbe Tekrar Aralığı olarak raporlanır.

$$S_{DTA} = \max(H) \quad (4.1)$$

4.1 numaralı denklemde belirtilen H Matrisi sinyalin Histogramını belirtmektedir. S_{DTA} değeri ise H Matrisinin ikinci kolonunun en yüksek olduğu satırın ilk kolonunu yani Darbe Tekrar Aralığını vermektedir.

4.2 Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi

Kayan Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunda önemli parametre olarak Minimum DTA, Max DTA ve periyot olarak belirlenmiştir. Bu parametreler ile DTA örüntüsü yeniden oluşturulabilecektir.

Kayan DTA Modülasyonu bulunurken DTA farklarından yararlanılmıştır. İlk önce küçükten büyüğe dizilen DTA değerleri arasından ortada kalan 5 tanesi seçilerek ortalaması 4.2 numaralı denklem ile bulunmaktadır.

$$G_m = \sum_{i=(N-5)/2}^{(N+5)/2} G(i)/5 \quad (4.2)$$

G_m değeri kullanarak 4.3 ve 4.4 numaralı denklemlerde verilen limit değerler bulunur.

$$Lim_{low} = G_m * 0.8 \quad (4.3)$$

$$Lim_{high} = G_m * 1.2 \quad (4.4)$$

Küçükten büyüğe dizilmiş olan DTA değerlerinin ortasından başlayarak aşağıya Lim_{low} değeri iki ardaşık DTA değeri farkı için sınır olarak alınarak taranır ve

bu yöntem ile en düşük DTA değeri(Min_{DTA}) bulunmaktadır. Lim_{low} değeri kullanılmasının sebebi ise hatalı darbelerden kaynaklanan düşük DTA değerlerini elemektir.

En yüksek DTA değerini(Max_{DTA}) bulmak için ise orta noktadan yukarı doğru Lim_{high} değeri kullanarak taranır. Lim_{high} değeri kullanılarak kayıp darbeler sonucu oluşan yüksek DTA değerleri elenmektedir.

$$Periyot = (Max_{DTA} - Min_{DTA})/G_m \quad (4.5)$$

4.5 numaralı denklem kullanarak periyot değeri bulunmaktadır.

4.3 Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi

Sıralı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonunu yeniden oluşturabilmek için kullanılan seviye ve DTA değerlerini bulmak gerekmektedir. Bu bölümde açıklanan yöntem ile DTA değerlerinin hepsi ve dolayısıyla seviyeleri bulunmaktadır.

[18]'de anlatılan histogram yöntemi ile sinyalin DTA değerlerinin histogram değerleri çıkartılmaktadır. Çıkartılan DTA değerlerinden %10'luk değer içinde olanlar birleştirilmektedir ve bu işlem 1 kez daha tekrarlanmaktadır.

$$Lim = N * 0.1; \quad (4.6)$$

N değeri incelenen toplam DTA sayısını vermektedir.

Birleştirilmiş histogram değerleri kullanılarak 4.6 değeri üzerinde alanları ise DTA değeri olarak raporlanmaktadır.

4.4 Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi

Dalgalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu aslında bir sinus dalgasından oluşmaktadır. Söz konusu modülasyonu yeniden yaratabilmek için periyot değerine, genlik değerine ve üzerindeki sabit değeri bilmek gerekmektedir. 4.7 numaralı denklemde görüldüğü üzere bulunması gereken değerler k_1 , A ve w olarak oluşmaktadır.

$$f(i) = k_1 + A * \sin(wi) \quad (4.7)$$

Dalgalı DTA Modülasyonu özünde bir sinus dalgası olduğu için Fourier Transform yönteminden yararlanılmıştı. Sinyale ilk önce DTA değeri üzerindeki sabit değerden arındırmak için bir notch filtre uygulanmaktadır.

Arkasından DTA değer sayısına göre en uygun nokta sayısı kadar FFT algoritması uygulanarak periyot değeri yani w değeri bulunmaktadır.

k_1 değerini bulmak için ise sinyalin ortalaması 4.8 numaralı denklemden görüldüğü üzere alınmaktadır.

$$k_1 = \sum_{i=1}^N f(i)/N, ,N=\text{Toplam DTA sayısı} \quad (4.8)$$

A değerini bulmak için ise DTA değerlerinin histogramı alınarak en yüksek değer gelen noktalar bulunur ve bu değerler daha önce bulunan k_1 değerinden çıkartılarak mutlak değeri alınır. Mutlak değeri en yüksek olan değer ise yaklaşık A değerini vermektedir.

4.5 Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi

Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu önemli parametresi her atlama seviyesinde aldığı değerler ve dolayısıyla atlama seviyesidir. Atlama düzeni bilinen sinyaller yeniden oluşturulabilir.

Atlamalı DTA Modülasyonunda parametre çıkartımında ilk önce [18]'de anlatılan yöntem ile histogram oluşturulur. Bu oluşturulan değerler içinde toplam DTA sayısının %5'i ve daha fazla değer alan değerler DTA olarak atanır.

Listelenen DTAlar sırayla gelmiş olan DTA listesi ile karşılaştırılarak sıraya konulmaktadır.

4.6 Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarım Yöntemi

Titrek Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu içinde rastgellik içerdiği için çıkartılabilen parametreler ortalama değerden ve varyans değerinde oluşmaktadır.

Titrek DTA Modülasyonunda parametre çıkartımında ilk önce [18]'de anlatılan yöntem ile histogram oluşturulur. Oluşturulan histogramda en iki değer ortalaması alınarak ortalama DTA değeri bulunur. Bu yöntem ile kayıp ve hatalı darbelerin sisteme etkisi en aza indirilir.

Ortalama değer bulunduktan sonra gelen DTA değerlerinin ortalama değer etrafında %75'ini kapsayan bir bant bulunur ve bu bant da bozulma seviyesi olarak raporlanmaktadır.

5. SİMULASYONLAR

Bölüm-3'de ve Bölüm-4 'de anlatılan yöntemler MATLAB programı üzerine uygulanmıştır.

Uygulama sonrası yapılan denemelerde iki adet sinyal seti kullanılmıştır. Kullanılan sinyal setleri ile ilgili bilgiler ve yorumlar bu bölümde verilmektedir.

5.1 1. Sinyal Seti Özellikleri

1. Sinyal seti ile ilgili bilgiler Çizelge-5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1: 1. Sinyal Seti Değerleri

1.Set	Ortalama DTA	Seviye	Min	Max	Gürültü	DTK Sayısı
Sabit	$350\mu s$	-	-	-	%1	32
Kayan	-	8	$300\mu s$	$600\mu s$	%1	32
Sıralı	-	4	$200\mu s$	$800\mu s$	%1	32
Dalgalı	$350\mu s$	15	$290\mu s$	$410\mu s$	%1	32
Atlamalı	-	8	$200\mu s$	$700\mu s$	%1	32
Titrek	$400\mu s$	-	%5	%5	-	32

Çizelge-5.1'den görülebileceği üzere sistem'e [9][18][5]'de bulunan değerlerin içinde ve daha zorlayıcı sinyaller verilmiştir. [18]'de uygulanan gürültü oranı artırılarak %1 olarak verilmiştir. Titrek DTA Modülasyonu aralığı ise Sabit DTA Modülasyonu ile ayrılmasını zorlamak amacıyla limit değeri olan[5] %5 olarak verilmiştir.

Kullanılan birinci sinyal seti yapılan diğer çalışmalarda [9][18][14] benzer şekilde

oluşturulmuş fakat yine de söz konusu çalışmalardan daha az sayıda Darbe Tanımlayıcı Kelime içermektedir. [14]'da 80 adet DTK ile denemeler yapılmıştır. [18]'de ise 40-200 arasında DTK kullanıldığından bahsedilmiştir.

Ayrıca [9]'de belirtilen en az 3 periyodluk bir sinyalin gerekliliği ise önerilen sistem için söz konusu değildir.

5.2 2. Sinyal Seti Özellikleri

2. Sinyal seti ile ilgili bilgiler Çizelge-5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2: 2. Sinyal Seti Değerleri

1.Set	Ortalama DTA	Seviye	Min	Max	Gürültü	DTK Sayısı
Sabit	350 μ s	-	-	-	%1	16
Kayan	-	8	300 μ s	600 μ s	%1	16
Sıralı	-	4	200 μ s	500 μ s	%1	16
Dalgalı	350 μ s	7	290 μ s	410 μ s	%1	16
Atlamalı	-	8	200 μ s	700 μ s	%1	17
Titrek	400 μ s	-	%5	%5	-	16

2. Sinyal seti durumunda sistemin sınırlarını zorlayacak sinyaller ve darbe sayıları seçilmiştir. 5.2'den görülebildiği gibi gürültü seviyeleri en yüksek düzeyde tutulmuş, Dalgalı DTA Modülasyonu seviyesi hızlı değişim sağlamak amacıyla düşürülmüş ve Sıralı DTA Modülasyonu ise adımları azaltılmıştır. Ayrıca bütün modülasyon çeşitleri için darbe seviyesi düşürülmüştür. Bu durum özellikle Atlamalı DTA Modülasyonu için(17 Darbe-16 DTA) 8 seviye olduğu düşünülürse sadece bir kez tekrarı içerecek şekilde oluşmaktadır.

5.3 Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Ayırımı Simulasyonları

Bölüm-3'de anlatılan sistem Matlab programı üzerinde uygulanmıştır.

Uygulama sonrası yapılan denemelerde iki adet sinyal seti kullanılmıştır. Bu bölümde yapılan denemelerin sonuçları verilmektedir.

5.3.1 1. Sinyal Seti ile Yapılan Simulasyonlar

Simulasyon süresince her bir düzgün gürültü uygulanmış sinyal %1, %2, %5, %10, %15, %25 oranında eşit oranda kayıp ve hatalı darbe bozulmalarına tabi tutulduktan sonra sisteme uygulanmıştır. Bu işlem 1000 defa tekrar edilerek sonuçlar oluşturulmuştur.

Sabit DTA Modülasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.3'de, Kayan DTA Modülasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.4'de, Sıralı DTA Modülasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.5'de, Dalgalı DTA Modülasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.6'de, Atlamalı DTA Modülasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.7'de ve Titrek DTA Modülasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.3: 1. Sinyal Seti ile Sabit DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	100	0	0	0	0	0
%2	100	0	0	0	0	0
%5	100	0	0	0	0	0
%10	100	0	0	0	0	0
%15	100	0	0	0	0	0
%25	100	0	0	0	0	0

Çizelge 5.3 'den görülebildiği üzere sistemin Sabit DTA Modülasyonu algılama sonuçları en yüksek gürültü oranlarını rağmen çok yüksek çıkmıştır.

Çizelge 5.4: 1. Sinyal Seti ile Kayan DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	100	0	0	0	0
%2	0	100	0	0	0	0
%5	0	100	0	0	0	0
%10	0	100	0	0	0	0
%15	0	100	0	0	0	0
%25	0	76.4	0	9.4	10.3	3.9

Çizelge 5.4 'den görülebildiği üzere sistemin Kayan DTA Modülasyonu algılama sonuçları en yüksek gürültü oranlarını rağmen çok yüksek çıkmıştır. %15 Hatalı Darbe altında %100'lük performansdan sonra ise başarı oranlarında azalmalar görülmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta %25 hata oranında genellikle hatalı olarak Atlamalı DTA olarak bulunmuştur bu da aslında yine periyodik olan başka bir DTA modülasyonu olduğu için Elektronik Taarruz bakımından tam anlamıyla efektif bir başarımla bazı darbeler için doğru karıştırma zamanları sağlayabilecektir.

Çizelge 5.5: 1. Sinyal Seti İle Sıralı DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	0	100	0	0	0
%2	0	0	100	0	0	0
%5	0	0	100	0	0	0
%10	0	0	100	0	0	0
%15	0	0	100	0	0	0
%25	0.2	0	99.8	0	0	0

Sıralı DTA Modülasyonunda algılama oranının çok yüksek olduğu Çizelge-5.5'den görülebilmektedir. %25 oranında bozulma durumunda bile %99.8 başarı oranı alınmıştır ve %0.2'lik yanlış algılama ise içinde barındırdığı Sabit DTA ile karıştırılmaktadır.

Çizelge 5.6: 1. Sinyal Seti İle Dalgalı DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	0	0	100	0	0
%2	0	0	0	100	0	0
%5	0	0	0	100	0	0
%10	0	0	0	100	0	0
%15	0	0	0.1	99.9	0	0
%25	0	0.3	0	94.8	0.1	4.8

Dalgalı DTA Modülasyonu %15 Bozulma oranını kadar başarılı bir ayırma oranına sahiptir. %25 bozulma oranında ise %94.8 oranında başarımla sağlamaktadır.

Atlamalı DTA Modülasyonu ise ayrılması en zor modülasyonlardan olduğu bu çalışmada da ortaya çıkmıştır. Bazı çalışmalar tarafından ayrılmayan bu

Çizelge 5.7: 1. Sinyal Seti Ile Atlamalı DTA Modulasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	0	0	0	100	0
%2	0	0	0	0	100	0
%5	0	0	0	0	100	0
%10	0	0	0	0	100	0
%15	0	0	0	0	94	6
%25	0	0	0	0	80.2	19.8

modulasyon çeşidini %15 bozulma oranına kadar %90'nın üstünde başarılı bir şekilde ayrılmaktadır.

Çizelge 5.8: 1. Sinyal Seti Ile Titrek DTA Modulasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	0	0	0	0	100
%2	0	0	0	0	0	100
%5	0	0	0	0	0	100
%10	0	0	0	0	0	100
%15	0	0	0	2	0	98
%25	0	0	0	4	0,5	95.5

Titrek DTA modulasyonu algılanmasında %15 bozulma oranına kadar %98'in üzerinde başarımla elde edilmiştir. Titrek DTA Modulasyonunda kullanılan modulasyon oranı çok düşük olduğu için sabit DTA oranı ile karışmalar olabilmektedir. Modulasyon oranı arttığında bu durum ortadan kalkmaktadır.

Çizelge 5.9: 1. Sinyal Seti Ile %10 Bozulma Oranında Sistem Performansı

Modulasyon	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
Sabit	100	0	0	0	0	0
Kayan	0	100	0	0	0	0
Sıralı	0	0	100	0	0	0
Dalgalı	0	0	0	100	0	0
Atlamalı	0	0	0	0	100	0
Titrek	0	0	0	0	0	100

Çizelge 5.10: 1. Sinyal Seti ile %15 Bozulma Oranında Sistem Performansı

Modulasyon	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
Sabit	100	0	0	0	0	0
Kayan	0	100	0	0	0	0
Sıralı	0	0	100	0	0	0
Dalgalı	0	0	0	99.9	0	0
Atlamalı	0	0	0	0	94	0
Titrek	0	0	00	0	0	98

5.3.2 2. Sinyal Seti ile Yapılan Simulasyonlar

2. Sinyal seti ile denemeler yapılırken darbe sayısının az olmasından dolayı düşük bozulma oranları aslında %0 bozulmalara sebep olmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak için sinyallere en az bir kayıp ve en az bir hatalı darbe uygulanmıştır. Gerçek bozulma değerleri Çizelge-5.11'dan görülebilir.

Çizelge 5.11: 2. Sinyal seti Efektif Bozulma Sonuçları

Bozulma Oranı	Efektif Bozulma Oranı
%1	%12.5
%2	%12.5
%5	%12.5
%10	%10
%15	%15
%25	%25

Sabit DTA Modulasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.12'de, Kayan DTA Modulasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.13'de, Sıralı DTA Modulasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.14'de, Dalgalı DTA Modulasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.15'de, Atlamalı DTA Modulasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.16'de ve Titrek DTA Modulasyonu ile ilgili sonuçlar Çizelge-5.17'de verilmiştir.

Yapılan çalışmada düşük darbe sayısına rağmen sistemin Sabit DTA Modulasyonunu algılamada başarılı olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmada düşük darbe sayısına rağmen sistemin Kayan DTA Modulasyonunu algılamada başarılı olduğu görülmüştür. %25 bozulma durumunda sistemde hatalı darbelerden kaynaklı bozulmalar başlamıştır.

Çizelge 5.12: 2. Sinyal Seti Ile Sabit DTA Modulasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	100	0	0	0	0	0
%2	100	0	0	0	0	0
%5	100	0	0	0	0	0
%10	100	0	0	0	0	0
%15	100	0	0	0	0	0
%25	93.2	0	6.8	0	0.1	0

Çizelge 5.13: 2. Sinyal Seti Ile Kayan DTA Modulasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	100	0	0	0	0
%2	0	100	0	0	0	0
%5	0	100	0	0	0	0
%10	0	100	0	0	0	0
%15	0	100	0	0	0	0
%25	0	76	0	12.1	2.4	9.5

Yapılan çalışmada düşük darbe sayısına rağmen sistemin Sıralı DTA Modulasyonunu algılamada başarılı olduğu görülmüştür. %25 bozulma durumunda sistemde hatalı darbelerden kaynaklı bozulmalar başlamıştır. Dalgalı DTA Modulasyonu algılamada 2. set sinyallerde belirgin bir düşüş bulunmaktadır. Fakat %25 bozulma oranına kadar %85'in üzerinde başarılı algılama gerçekleştirilmiştir. Darbe sayısının az olmasından ve sadece bir periyotluk sinyal içermesinden dolayı Atlamalı DTA Modulasyonu algılamada 2. set sinyaller için başarılı olduğunu söylemek güçtür.

5.3.3 Karşılaştırmalar

Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu performansı karşılaştırması yaparken [18]'de verildiği üzere bozulma oranları %1'den başlayarak %15'e kadar 1'er yükselttiler ve 100'er defa 1. set'de bulunan sinyaller kullanılarak oluşturulmuş ve sonuçların ortalaması alınmıştır.

[18]'de örnek alınan Atlamalı sinyaller 2-8 arasında seviyelendirilirken 1 set'de

Çizelge 5.14: 2. Sinyal Seti Ile Sıralı DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	0	100	0	0	0
%2	0	0	100	0	0	0
%5	0	0	100	0	0	0
%10	0	0	100	0	0	0
%15	0	0	100	0	0	0
%25	0	0.3	85.1	7.2	0	7.4

Çizelge 5.15: 2. Sinyal Seti Ile Dalgalı DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	5	2.7	87.6	0.4	4.3
%2	0	5.8	1.9	86.9	0.2	5.2
%5	0	6.3	2.4	87.1	0.3	3.9
%10	0	7.1	2	87	0.2	3.7
%15	0	4.6	2.8	86.2	0.8	5.6
%25	0	6.5	1.8	70.3	2.2	19.2

bulunan sinyaller sadece 8 seviyeden oluşmaktadır ve ayrıca gürültü oranları %0.3 yerine %1 olarak oluşturulmuştur.

Sonuçlar Çizelge-5.18'de verilmektedir.

Sonuç olarak daha zorlayıcı sinyaller kullanılmasına rağmen başarımlarında artış sağlanmıştır.

5.4 Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Parametre Çıkarımı Simülasyonları

Bölüm-4'de anlatılan sistem Matlab programı üzerinde uygulanmıştır

1. Set sinyaller kullanılarak yapılan simülasyonda her modülasyon için Bölüm-4'de belirtilen kritik parametreler çıkartılmıştır.

Sabit DTA Modülasyonu için belirlenen DTA parametresi %3'lük bir sapma payı

Çizelge 5.16: 2. Sinyal Seti Ile Atlamalı DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0	0	0	0.3	59.3	40.4
%2	0	0	0	0.2	60.9	38.9
%5	0	0	0	0.2	62.9	36.9
%10	0	0	0	0	62.3	37.7
%15	0	0	0	0.1	64.6	35.3
%25	0	0.1	0	0.5	44.5	54.9

Çizelge 5.17: 2. Sinyal Seti Ile Titrek DTA Modülasyonu Algılama Performansı

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	0.5	0	0	0	0	99.5
%2	0.4	0	0	0	0	99.6
%5	0	0.3	0	0	0	99.7
%10	0	0.4	0	0	0	99.6
%15	0	0.4	0	0	0	99.6
%25	0	0.5	0	1.3	1.2	97

ile bulunması başarılı olarak nitelendirilmiştir.

Kayan DTA Modülasyonu için belirlen max ve min DTA değerleri %10'luk bir sapma payı içinde değerlendirilmiş ve period değeri ± 1 içinde olması başarılı sayılmıştır.

Sıralı DTA Modülasyonu için ise seviyesinin tam olarak bulunması ve seviyelerdeki değerlerin %10'luk bir sapma içinde olması başarılı sayılmıştır.

Dalgalı DTA değeri için periyodun tam bulunması ve sabit DTA değeri ve genlik değeri için %20'lik bir sapma değeri içinde değerlendirilmiştir.

Atlamalı DTA Modülasyonu için atlama seviyesinin tam olarak bulunması ve seviye değerlerinin %10'luk sapma içinde olması başarılı olarak değerlendirilmiştir.

Titrek DTA Modülasyonu için ortalama değerlerin %10'luk bir sapma içinde olması ve modülasyon değerinin %50 oranla bulunması sağlanmıştır.

Sistemin parametre çıkarımı performans değerleri Çizelge- 5.19'dan görülebilir.

Çizelge 5.18: Kauppi Tarafından Önerilen Yöntem İle Karşılaştırma

Modulasyon	Önerilen Yöntem	Kauppi Tarafından Önerilen Yöntem
Sabit	100	99.3
Kayan	100	99.7
Sıralı	100	99.4
Dalgalı	99.9	99.0
Atlamalı	99.5	99.3
Titrek	99.7	99.2

Çizelge 5.19: Sistem Parametre Çıkarımı Performans

Bozulma Oranı	Sabit	Kayan	Sıralı	Dalgalı	Atlamalı	Titrek
%1	99.2	91.9	84.4	72.7	82.9	91.4
%2	99	92.9	83.1	72	82.1	91.9
%5	98.6	92	86.1	75.4	79.9	92.6
%10	99	90.3	85.6	72.9	79.3	92.4
%15	98.2	50.8	78	47.8	50.9	90.1
%25	98	11.6	66	21.8	13.1	70.1

6. SONUÇ

Bu çalışmada ilk olarak Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu algılanması üzerine yeni bir yöntem önerilmiştir. BU yöntem daha önce yapılan kapsamlı çalışmalarla karşılaştırılmış ve başarı oranında yaptığı katkı değerlendirilmiştir. Bütün DTA modülasyonu karşısında %15 bozulma oranına kadar %99.5 ve üzerinde başarı oranı sağlanmıştır.

Bu çalışmanın ikinci yarısında kütüphaneden bağımsız bir şekilde Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonlarının kritik olarak görülen parametreleri çıkartılmaya çalışılmıştır.

Bu çalışmanın devamı olarak birden çok radar aydınlatması altında çalışan ve Darbe Tanımlayıcı Kelime'nin diğer öğelerinden olan darbe frekansı, darbe genişliği, darbe genliği ve darbe geliş yönü gibi parametrelerden yararlanıp kütüphaneden bağımsız olarak radar ayrıştırması bir Elektronik Destek Sistemi yazılımı üzerine çalışılması planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Adamy, D., EW 101 A First Course in Electronic Warfare. *Adamy*, 2000.
- [2] Adamy, D., EW 102 A Second Course in Electronic Warfare. *Adamy*, 2004.
- [3] Falk, L.R., Adapting Electronic Warfare To Radar Waveforms *Swedish Research Agency*, 2005.
- [4] Richards, M., Scheer, J., Holm, W. Principles of Modern Radar *Scitech*, 2010.
- [5] Wiley, R.G., ELINT: The Interception and Analysis of Radar Signals. *Artech House*, 2006.
- [6] Schleher, D.C., Electronic Warfare in the Information Age. *Artech House*, 1999.
- [7] Van Brunt, L., Applied ECM Volume 1. *EW Engineering Inc*, 1982.
- [8] Van Brunt, L., Applied ECM Volume 2. *EW Engineering Inc*, 1982.
- [9] Mahdavi, A., Pezeshk, A., A Robust Method for Pulse Repetition Interval Modulation Recognition. *ICSP 2010 Proceedings*, 2010.
- [10] Noone, G.P., "A Neural Approach to Automatic Pulse Repetition Interval Modulation Recognition, *Proceedings of the Information, Decision and Control Conference* , 1999
- [11] Barritt, B.A., Rau, N.J., "Enhancing Electronic Combat System Digital Signal Processing Using Neural Networks" *Proceeding of the IEEE National Aerospace and Electronic Conference,(NAECON)*,Volume 3, 887-893, 1992.

- [12] Mardia, H.K., "New Techniques for Deinterleaving of Repetitive Sequences" *IEEE Proceedings* ,Volume 136, 149-154, 1989.
- [13] Ahmadi, M., Mohamedpour, K., A New Method For Recognizing Pulse Repetition Interval Modulation, *International Conference on Signal Processing Systems*, 2009
- [14] Hu, G., Liu, Y., An Efficient Method of Pulse Repetition Interval Modulation Recognition, *International Conference on Communications and Mobile Computing*, 2010
- [15] Song, K., Pulse Repetition Interval Modulation Recognition Using Symbolization, *Digital Image Computing: Techniques and Application*, 2010
- [16] Ryoo, Y., Song, K., "Recognition of PRI Modulation Type of Radar Signals Using the Autocorrelation", *IEICE Transactions on Communications*, 2007
- [17] Haina, R., Gexiang, Z., Widong, J., "Pulse Repetition Interval Modulation Recognition based on Frequencies and Patterns", *Journal of Southwest JiaoTong Univesity*, Volume 42,No:2,194-199, 2007
- [18] Kauppi, J-P., Martikainen, K.S., An Efficient Set of Features For Pulse Repetition Interval Modulation Recognition. *IEEE*, **1873** (2): 129–140, 2010.
- [19] Aktaş, M.C., Gürbüz, A.C., Elektronik Destek Sistemleri için Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modulasyonu Algılanması. *SIU 2012*
- [20] Milojevic, D.J., Popovic, B.M. Improved Algorithm for Deinterleaving of Radar Pulses. *Radar and Signal Processing, IEEE Proceedings F*

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : AKTAŞ, Mert Can
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 05.03.1988 Sivas
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0538 948 54 36
e-mail : mcaktas@etu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	2013
Lisans	Bilkent Üniversitesi	2010

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2010-...	STM A.Ş.	Uzman Sistem Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce (Çok iyi)

Yayımlar

Aktaş, M.C., Gürbüz, A.C., Elektronik Destek Sistemleri için Atlamalı Darbe Tekrar Aralığı Modülasyonu Algılanması. *SIU 2012*