

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SEZGİSEL OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ İLE
VARIŞ ZAMANLARI FARKI TABANLI HEDEF KONUMLANDIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Müh. Barış Metin TÜZÜNER

**KASIM 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SEZGİSEL OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ İLE
VARIŞ ZAMANLARI FARKI TABANLI HEDEF KONUMLANDIRMA**

Elektrik Elektronik Müh. Barış Metin TÜZÜNER

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"ELEKTRİK YÜKSEK MÜHENDİSİ"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 / 09 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 17 / 11 / 2021

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ÇAKIR

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı çerçevesinde hazırlanmış olan bu tezde bağımsız ve tam varış zamanları farkı (VZF) setleri kullanılarak sabit veya hareketli bir hedefin konumu iki boyutlu düzlemde kril sürüsü optimizasyonu (KSO) ve parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) ile tespit edilmiştir. Ayrıca ilk kez bu yüksek lisans tezinde KSO algoritması VZF ile verici konumlandırılmada kullanılmış ve başarımı PSO ve Cramer-Rao alt sınırıyla kıyaslanmıştır.

Tez çalışmam boyunca, akademik desteği ve değerli fikirleriyle bana her zaman yardımcı olan danışmanım, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ÇAKIR'a en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Tüm hayatım boyunca, benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme de en kalbi şükranlarımı sunarım.

Barış Metin TÜZÜNER

Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum ‘‘Sezgisel Optimizasyon Yöntemleri ile Varış Zamanları Farkı Tabanlı Hedef Konumlandırma’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ÇAKIR’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 17/11/2021

Barış Metin TÜZÜNER

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ	IV
İÇİNDEKİLER	V
ÖZET	VIII
SUMMARY	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Konum Tespit Yöntemleri	2
1.2.1. Konumlandırma Aşamaları	2
1.2.2. Konumlandırma Yöntemleri	3
1.2.3. İlave Donanım Gerektiren Yöntemler	3
1.2.3.1. Küresel Konumlandırma Sistemi ile Koordinat Tespiti	3
1.2.3.2. Hüresel Ağlar Kullanılarak Konumlandırma	5
1.2.3.3. Kızılötesi Işık Yardımı ile Konumlandırma	5
1.2.3.4. Ultrasonik Dalga Kullanılarak Konum Tespiti	6
1.2.3.5. Ataletsel Algılayıcılarla Konumlandırma	7
1.2.4. İlave Donanım Gerektirmeyen Konumlandırma Yöntemleri	7
1.2.4.1. Uzaklıktan Bağımsız Konumlandırma Yöntemleri	8
1.2.4.1.1. Mesafe Vektörü Sekmesi	8
1.2.4.1.2. Yaklaşık Üçgenleme Testi Algoritması	9
1.2.4.1.3. Ağırlık Merkezi Algoritması	9
1.2.4.2. Mesafe Tabanlı Yöntem	10
1.2.4.2.1. Varış Zamanı	10
1.2.4.2.2. Varış Zaman Farkı	11
1.2.4.2.3. Alınan Sinyal Gücü Göstergesi	14

1.2.4.2.4.	Variş Açısı	16
1.3.	Cramer Rao Alt Sınırı	16
1.4.	Parçacık Sürüsü Optimizasyonu	18
1.4.1.	PSO Algoritmasının Temel Modeli	20
1.4.2.	Küresel En İyi PSO	21
1.4.3.	Yerel En İyi PSO	22
1.4.4.	PSO Algoritması Parametreleri	22
1.4.4.1.	Sürü Büyüklüğü.....	22
1.4.4.2.	Yineleme Sayısı.....	23
1.4.4.3.	Hız Bileşenleri.....	23
1.4.4.4.	Hızlanma Katsayıları	23
1.4.5.	PSO Algoritmasının Artıları ve Eksileri	24
1.4.6.	PSO Algoritmasının Başlıca Uygulama Alanları	25
1.4.6.1.	Antenler Tasarım Uygulamaları	25
1.4.6.2.	Sinyal İşleme Uygulamaları.....	26
1.4.6.3.	Ağ Uygulamaları.....	26
1.4.6.4.	Biomedikal Uygulamaları	26
1.4.6.5.	Elektronik ve Elektromanyetik Uygulamaları	27
1.4.6.6.	Robotik Uygulamaları	27
1.4.6.7.	Tasarım ve Modelleme Uygulamaları.....	27
1.4.6.8.	Görüntü ve Grafik Uygulamaları.....	28
1.4.6.9.	Güç Üretimi ve Kontrolü Uygulamaları	28
1.4.6.10.	Bulanık Sistemler Kümeleme ve Veri Madenciliği Uygulamaları.....	28
1.4.6.11.	Optimizasyon Uygulamaları	29
1.4.6.12.	Tahmin Uygulamaları.....	29
1.5.	Kril Sürü Algoritması	29
1.5.1.	Kril Sürüleri Sürü Davranışı	29
1.5.2.	Krill Sürülerinin Lagrange Modeli	30
1.5.2.1.	Diğer Kril Bireylerinin Neden Olduğu Hareket.....	31
1.5.2.2.	Beslenme Hareketi	33
1.5.2.3.	Fiziksel Yayılım	34
1.5.2.4.	KSO Algoritmasının Hareket Süreci.....	35
1.5.3.	Genetik Operatörler	36

1.5.3.1.	Çarpazlama.....	36
1.5.3.2.	Mutasyon	36
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME	38
2.1.	Giriş	38
2.2.	Rastgele Dağılımlı Alıcı Dizisi ile Verici Konum Tespiti	38
2.2.1.	Giriş	38
2.2.2.	Yakın Hedef Durumu İçin Rastgele Dağılımlı Alıcı Dizisi ile Konum Tespiti.....	40
2.2.3.	Uzak Hedef Durumu İçin Rastgele Dağılımlı Alıcı Dizisi ile Konum Tespiti.....	51
2.3.	Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Hedef Konum Tespiti	59
2.3.1.	Giriş	59
2.3.2.	Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Doğrusal Bir Rotada Hareket Eden Hedefin Konum Tespiti	59
2.3.3.	Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Dairesel Bir Rotada Hareket Eden Hedefin Konum Tespiti	62
2.3.4.	Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Sinüzoidal Bir Rotada Hareket Eden Hedefin Konum Tespiti	64
3.	SONUÇLAR	67
4.	ÖNERİLER	69
5.	KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

SEZGİSEL OPTİMİZASYON YÖNTEMLERİ İLE
VARIŞ ZAMANLARI FARKI TABANLI HEDEF KONUMLANDIRMA

Barış Metin TÜZÜNER

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ÇAKIR
2021, 78 Sayfa

Bir hedeften veya kaynaktan yayılan elektromanyetik, akustik veya sismik işaretler ve uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş alıcılar kullanılarak, hassas konum tespiti yapmak mümkündür. Alınan sinyalin gücü ve ortam zayıflatması bilindiğinde, merkezi alıcılar olan konum çemberleri tanımlanarak, bu çemberin kesişim noktasında hedef konumlandırılabilir. Alınan sinyal gücü (ASG) ile konum tespitinde, verici-alıcı veya alıcı-alıcı eş zamanlamasına gerek yoktur. Ancak yöntemin konum tespit doğruluğu yüksek değildir. Hedef ile alıcılar arasında eş zamanlama olduğunda veya alıcı tarafta, kaynaktan yayılan sinyal bilindiğinde, varış zamanları ile konum tespiti yapmak da mümkündür. Bu teknikte, ASG ile konum tespitinde olduğu gibi merkezinde alıcıların bulunduğu konum çemberlerinin kesişim noktası verici koordinatlarını vermektedir. Yöntemin doğruluğu yüksek olup, verici-alıcı eş zamanlaması gerektirdiği için pasif radar uygulamalarında kullanılamamaktadır. Buna karşın hedef koordinatları, kaynaktan yayılan sinyalin, birbirlerinden uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş eş zamanlı alıcılarda oluşan varış zamanları farkı (VZF) kullanılarak pasif olarak bulunabilmektedir. Bu yüksek lisans tezinde bağımsız (küresel) ve tam VZF setleri tabanlı uygunluk fonksiyonları ile sezgisel optimizasyon yöntemleri kullanılarak, sabit veya hareketli bir hedefin konumu pasif olarak bulunmuştur. İlk kez bu tezde kril sürüsü optimizasyonu (KSO) kullanılarak, bağımsız ve tam VZF setleri ile konum tespiti yapılmış ve KSO'nun karesel konumlandırma hatası parçacık sürüsü optimizasyonu ve Cramer-Rao alt sınır (CRAS) ile kıyaslanmıştır. Ayrıca yapılan benzetim çalışmaları ile KSO algoritmasının yakınsama hızının PSO'dan daha yüksek olduğu gösterilmiş ve bağımsız VZF seti için tanımlanmış olan teorik limitin (CRAS) tam VZF seti kullanıldığında KSO ile geçilebileceği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hedef konumlandırma, Varış zamanları farkı, Cramer-Rao alt sınırı, Parçacık sürüsü optimizasyonu, Kril sürüsü optimizasyonu

MSc. Thesis

SUMMARY

TIME DIFFERENCE OF ARRIVAL BASED TARGET POSITIONING
WITH INTUITIVE OPTIMIZATION METHODS

Barış Metin TÜZÜNER

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Electrical and Electronics Engineering Graduate Program
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Oğuzhan ÇAKIR
2021, 78 Pages

Precise location determination is possible using electromagnetic, acoustic, or seismic signals emanating from a target or source and spatially separated receivers. When the strength of the received signal and the ambient attenuation are known, the location circles, which are the central receivers, can be defined and the target can be located at the intersection of these circles. There is no need for transmitter-receiver or receiver-receiver synchronization in position detection with received signal strength (RSS). However, the positioning accuracy of the method is not high. When there is synchronization between the target and the receivers or when the signal emitted from the source is known on the receiving side, it is possible to determine the position of the target with the arrival times. In this technique, the intersection point of the location circles with the receivers in the center gives the transmitter coordinates, as in the location determination with the ASG. The accuracy of the method is high, and it cannot be used in passive radar applications because it requires transmitter-receiver synchronization. On the other hand, target coordinates can be found passively using the time difference of arrivals (TDOA) of the emitted signal from the synchronous receivers located spatially apart from each other. In this master's thesis, the position of a fixed or moving target is passively found by using independent (spherical) and full TDOA sets based fitness functions and heuristic optimization methods. For the first time in this thesis, position detection with independent and full VZF sets was performed using krill herd optimization (KHO), and the quadratic positioning error of KHO was compared with particle swarm optimization and Cramer-Rao lower bound (CRLB). In addition, simulation studies have shown that the convergence speed of the KHO algorithm is higher than PSO, and it has been revealed that the theoretical limit (CRLB) defined for the independent TDOA set can be exceeded with KHO when the full TDOA set is used.

Key Words: Target positioning, Time difference of arrivals, Cramer-Rao lower bound, Particle swarm optimization, Krill herd optimization

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Konum tespit aşamaları	3
Şekil 1.2. Konumlandırma yöntemlerinin sınıflandırılması	4
Şekil 1.3. VZF yönteminde alıcıların dağılımı	12
Şekil 1.4. VZF donanım konfigürasyonu	12
Şekil 1.5. VZF için zaman gecikmesi hesaplama modeli	13
Şekil 1.6. KSO'nun basitleştirilmiş akış şeması	37
Şekil 2.1. 4 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	45
Şekil 2.2. 5 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	46
Şekil 2.3. 6 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	47
Şekil 2.4. 7 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	48
Şekil 2.5. 8 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	48
Şekil 2.6. 9 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	49
Şekil 2.7. 10 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	50
Şekil 2.8. 4 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	54
Şekil 2.9. 5 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	55

Şekil 2.10.	6 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	55
Şekil 2.11.	7 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	56
Şekil 2.12.	8 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	56
Şekil 2.13.	9 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	57
Şekil 2.14.	10 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO ₁ ve KSO ₁ (b) PSO ₂ ve KSO ₂ (c) PSO ₃ ve KSO ₃ (d) PSO ₄ ve KSO ₄	57
Şekil 2.15.	6 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata eğrileri	61
Şekil 2.16.	8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile dairesel bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata eğrileri	63
Şekil 2.17.	8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile sinüzoidal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata eğrileri	65

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Yakın hedef durumu için konum tespitinde PSO benzetim parametreleri	41
Tablo 2.2. Yakın hedef durumu için konum tespitinde KSO benzetim parametreleri	41
Tablo 2.3. Yakın hedef durumu için konum tespitinde benzetim sonuçları	42
Tablo 2.4. Uzak hedef durumu için konum tespitinde PSO benzetim parametreleri	51
Tablo 2.5. Yakın hedef durumu için konum tespitinde KSO benzetim parametreleri	52
Tablo 2.6. Uzak hedef durumu için konum tespitinde benzetim sonuçları	52
Tablo 2.7. PSO ve KSO yöntemlerinin alıcı sayısı ve uygunluk fonksiyonuna bağlı olarak yakınsamanın sağlandığı yineleme değerleri	58
Tablo 2.8. Eş açılı dairesel alıcı dizisi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde PSO benzetim parametreleri	60
Tablo 2.9. Eş açılı dairesel alıcı dizisi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde KSO benzetim parametreleri	60
Tablo 2.10. 6 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata değerleri	62
Tablo 2.11. 8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile dairesel bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata değerleri	64
Tablo 2.12. 8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile sinüzoidal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata değerleri	66

SEMBOLLER DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AC	: Alternatif Akım
AMA	: Ağırlık Merkezi Algoritması
ARMAX	: Otoregresif Hareketli Ortalamalar Modelleri
ASG	: Alınan Sinyal Gücü
ASGG	: Alınan Sinyal Gücü Göstergesi
ATSE	: Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü
BSUS	: BeiDou Seyrüsefer Uydu Sistemi
c	: Yayılım hızı
c_1	: Bilişsel bileşenlerin katkısını seviyelendirmek için hızlanma sabiti
c_2	: Sosyal bileşenlerin katkısını seviyelendirmek için hızlanma sabiti
CMOS	: Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken
C_r	: Çapraz geçiş olasılığı
CRAS	: Cramer-Rao Alt Sınırı
d	: Verici ve alıcı arasındaki mesafe
D	: Dizileri -1 ve 1 arasındaki rastgele değerler alan rastgele yönlü vektör
D_0	: Referans mesafe
DEKK	: Doğrusal En Küçük Kareler
D_i	: i . kril bireylerinin fiziksel yayılımı
$D^{maksimum}$: Maksimum yayılma hızı
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DOEKK	: Doğrusal Olmayan En Küçük Kareler
d_s	: Bir kril bireyin etrafındaki algılama mesafesi
$d_{s,i}$: i . kril için algılama mesafesi
f	: Sinyal frekansı
F	: Fisher bilgi matrisinin tersi
FBM	: Fisher Bilgi Matrisi
FGA	: Farksal Gelişim Algoritması

F_i	: Yiyecek arama hareketi
FPGA	: Alanda Programlanabilir Kapı Dizileri
GA	: Genetik Algoritma
$G_{en\ iyi}$: i . parçacığının j . boyutundaki en iyi küresel konumu
G_t	: Alıcı anten kazancı
GGTY	: Gürültü Gücü Tayf Yoğunluğu
G_τ	: Verici anten kazancı
Hz	: Hertz
I	: Gerçek yineleme sayısı
$I_{maksimum}$: Maksimum yineleme sayısı
i	: Alıcı indisi
j	: Alıcı indisi
KAA	: Kablosuz Algılayıcı Ağları
kHz	: Kilo Hertz
K_{iyi}	: Küresel en iyi
KKS	: Küresel Konumlandırma Sistemi
KSA	: Kablosuz Sensor Ağı
KSO	: Kril Sürüsü Optimizasyonu
l	: Hedefin alıcıya olan uzaklığı
L	: Sistem kaybı
l_N	: Verici ile N . alıcı arasındaki uzaklık
MAG	: Mikro Ataletsel Gezinti
MAS	: Mikro Atalet Seyrüsefer
MIDI	: Müzik Enstrümanları Dijital Arabirimi
MİKS	: Mobil İletişim için Küresel Sistem
M_u	: Mutasyon olasılığı
MVS	: Mesafe Vektör Sekmesi
N	: Alıcı sayısı
n	: Varış zamanları farkı gürültüsü
N	: kril bireylerinin sayısı
η	: Serbest uzayda yol kaybı üssel değeri
N_i	: Diğer kril bireyleri tarafından endüklenen hareket
$N_i^{eski\ değer}$: İndüklenen son hareket

$N_{maksimum}$: İndüklenen maksimum hız
NN	: Komşuların sayısı
NV	: Toplam değişken sayısı
OKH	: Ortalama Karesel Hata
p	: Parçacık/Birey indisi
$P_{eniyi,i}$: Parçacığın arama bölgesindeki en iyi pozisyonu
P_L	: İlerleme sırasında gücün zayıflamasını belirten yol kaybı
P_r	: Alınan sinyal gücü
PSO	: Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
P_t	: Verici gücü
P_r	: Alıcı gücü
Q	: Varış zaman farkı gürültüsü özdeğişinti matrisi
rand	: 0 ile 1 arasında rastgele bir reel sayı
RF	: Radyo Frekansı
RFIC	: Radyo Frekansı Bütünleştirilmiş Devre
RNA	: Ribonükleik Asid
s	: Gönderici ile alıcı arasındaki mesafe
t	: Yayılma zamanı
t_c	: Senkronizasyon süresi
τ	: Zaman gecikmesi
TCP	: Transmisyon Kontrol Protokolü
TKM	: Taylor katsayı matrisi
T_p	: Yayılma zamanı
$tr(\cdot)$: Köşegen elemanların toplamı işlemi
US	: Uçuş süresi
VA	: Varış Açısı
V_f	: Yiyecek arama hızı
V_{ij}^t	: i . parçacığının j boyutunda ve t zamanındaki hız vektörü
VM	: Varış Mesafesi
v_{radyo}	: Radyo sinyallerin iletim hızı
v_{ses}	: Akustik sinyallerin iletim hızı
VY	: Varış Yönü
VZ	: Varış Zamanı

VZF	: Varış Zamanları Farkı
WDM	: Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama
x	: Hedefin x koordinatı
x_l	: Referans alıcının x konumu
x_i	: Arama değişkeni veya verilen fonksiyonun serbest değişken seti
X_{ij}^t	: i . parçacığının j boyutunda ve t zamanındaki konum vektörü
x_i^t	: Arama bölgesinde t zaman adımında i . parçacığının konum vektörünü
x_N	: N . alıcının x koordinatı
$X\sigma$: Ortalama değeri sıfır olan Gauss dağılımlı rastgele değişken
y	: Hedefin y koordinatı
y_l	: Referans alıcının y konumu
Y_{iyi}	: Yerel en iyi
y_N	: N . alıcının y koordinatı
YÜNT	: Yaklaşık Üçgenleme Noktası Testi
z	: Üçüncü boyut
z_l	: Referans alıcının z konumu
z_N	: N . alıcının z koordinatı
α_i	: İndüklenen hareket yönü
α_i^{hedef}	: Yerel komşular tarafından sağlanan yerel etki
$\beta_i^{en\ iyi}$: i . krilin en iyi uygunluğunun etkisi
$\beta_t^{yiyecek}$: Yiyecek çekici
Δ	: Gerçek varış zamanları farkı
Δ_t	: Hız vektörünün ölçek faktörü
Δ_t	: Zaman sapması
λ	: Radyo dalga boyu değeri
σ^2	: Varış zamanları farkı gürültü varyansı
φ_1	: Öğrenme faktörü
φ_2	: Öğrenme faktörü
ω_f	: [0, 1] aralığındaki yiyecek arama hareketinin atalet ağırlığı
ω_n	: [0, 1] aralığında indüklenen hareketin eylemsizlik ağırlığı
x^p	: Parçacığın/bireyin x koordinatı
y^p	: Parçacığın/bireyin y koordinatı
N_p	: Parçacık/birey sayısı

x	: Hedefin gerçek x koordinatları
y	: Hedefin gerçek y koordinatları
$*$: Vektörel çarpma operatörü
Q_b	: Varış zamanları farkı gürültüsü kovaryans matrisi
Q	: İdeal yakınsama matrisi
r	: Eş açılı dairesel alıcı dizisinin yarıçapı
v_m	: İlgili iletim ortamında ultrasonik dalganın hızı
$K^{en\ iyi}$: Kril bireylerinin şimdiye kadarki en iyi uygunluk değeri
$K^{en\ kötü}$: Kril bireylerinin şimdiye kadarki en kötü uygunluk değeri
K_i	: i . Kril bireyin uygunluğunu veya amaç fonksiyon değeri
K_j	: j . komşunun uygunluğu
$C^{en\ iyi}$: i . kril bireye en iyi uyumu olan kril bireyinin etkin katsayısı
$C^{yiyecek}$: Gıda katsayısı
LB_j	: j . değişkenin alt sınırı
UB_j	: j . değişkenin üst sınırı
$(.)^{-1}$: Matrisin tersi
$(.)^T$: Devrik işlemi
4G	: Dördüncü nesil

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde artan bir hızla gelişen teknoloji insanların günlük yaşamlarında birçok değişikliğe neden olmuş ve yeni ihtiyaçlar doğurmuştur. Nüfusun artması ve buna bağlı olarak şehirlerin büyümesi ve karmaşıklaşması varılmak istenen konuma ulaşmakta zorluklar ortaya çıkartmıştır. Bu soruna karşı günümüzde kullanılan en yaygın çözüm, seyrüsefer donanımları ve yazılımlardır. Bu donanımlar, konumu bilinen çoklu vericilerden (uydulardan) yayılan sinyalin bir alıcıya farklı zamanlarda ulaşması ve bu varış zamanları (VZ) kullanılarak alıcı konumunun tespit edilmesi ilkesine göre çalışmaktadır. Bir hedeften veya vericiden yayılan sinyalin farklı özellikleri de kullanılarak konumlandırma yapmak mümkündür. Literatürde her özellik için birçok yöntem önerilmiş ve bu yöntemlerin birbirlerine göre üstünlükleri ortaya konmuştur. Alınan sinyal gücü (ASG) yönteminde vericiden yayılan sinyal uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş alıcılara farklı zayıflatmalarla ulaşmakta ve alınan sinyallerde güç farkları oluşmaktadır [1], [2]. ASG ve konumu bilinen alıcılara hedefin koordinatları kestirilebilmektedir. Ancak bu yöntemin doğruluğu nispeten düşük olup, hedeften yayılan sinyalin ve ortamın kanal parametrelerinin biliniyor olması gerekmektedir. Ancak yöntem düşük işlem gücü ve basit donanımlar ile gerçekleştirilebildiği için konumlandırma doğruluğunun yüksek olmasının gerekli olmadığı uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Diğer bir yöntem olan varış doğrultusu (VD) ile konum tespitinde alıcı taraftaki kalibrasyonlu alıcı dizileri ile gelen sinyalin doğrultusu kestirilmekte ve bu doğrultular kullanılarak hedefin konumu bulunabilmektedir [3], [4]. Bu yöntemde iki boyutlu düzlemde uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş iki alıcı ile konum tespiti yapmak mümkündür. Ancak alıcı tarafta özdeş alıcı dizilerinin gerekliliği sistem karmaşıklığını ve maliyetlerini arttırmaktadır. En güvenilir ve yüksek konumlandırma doğruluğuna sahip olan varış zamanı (VZ) ile konum tespitinde ise uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş alıcılar kullanılmaktadır [5], [6]. Bu yöntemde iki boyutlu düzlemde konumlandırma için en az üç ve üç boyutlu uzayda ise en az dört alıcı gerekmekte olup, alıcıların eş zamanlı olmasına ihtiyaç yoktur. Ancak verici-alıcı eş zamanlaması veya alıcı tarafta verici sinyalinin biliniyor olması gereklilikleri yöntemin pasif radar uygulamalarında kullanımını engellemektedir. Varış zamanları farkı (VZF) ile

konum tespitinde ise verici-alıcı eş zamanlamasına veya verici sinyalinin bilinmesine gerek yoktur [7], [8]. Ancak alıcıların eş zamanlı olması gerekmektedir. Alıcılarda oluşan VZF'ler ile hiperbolik konum hatları tanımlanmakta ve bu konum hatlarının kesişim noktasında hedef koordinatları tespit edilmektedir. Literatürde VZF ile konum tespiti yapan çok sayıda yöntem bulunmaktadır [9], [10], [11]. Aynı şekilde genetik algoritma (GA) [12], [13], parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO) [14], [15], ateş böceği algoritması (ABA) [16], guguk kuşu arama (GKA) [17], [18] ve yapay arı kolonisi (YAK) [19] gibi sezgisel optimizasyon yöntemleri de VZF ile konum tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada bağımsız (küresel) ve tam VZF setleri tabanlı uygunluk fonksiyonları ile sezgisel optimizasyon yöntemleri kullanılarak, sabit veya hareketli bir hedefin konumu pasif olarak bulunmuştur. İlk kez bu çalışmada kril sürüsü optimizasyonu (KSO) kullanılarak, bağımsız ve tam VZF setleri ile konum tespiti yapılmış ve KSO'nun karesel konumlandırma hatası parçacık sürüsü optimizasyonu ve Cramer-Rao alt sınırı (CRAS) ile kıyaslanmıştır. Ayrıca yapılan benzetim çalışmaları ile KSO algoritmasının yakınsama hızının PSO'dan daha yüksek gösterilmiş ve bağımsız VZF seti için tanımlanmış olan teorik limitin (CRAS) tam VZF seti kullanıldığında KSO ile geçilebileceği olduğu ortaya konmuştur.

1.2. Konum Tespit Yöntemleri

1.2.1. Konumlandırma Aşamaları

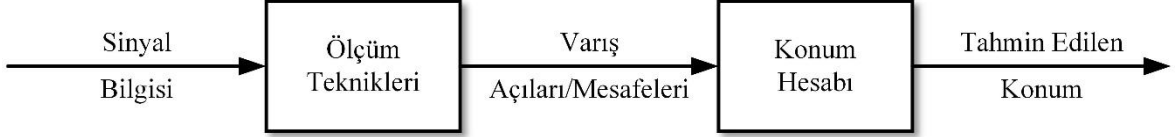
Konumlandırma sürecinin amacı, belirli bir sistem aracılığıyla ilgilenilen hedefin konumunu belirlemektir. Uygulamaya özel gereksinimlere göre mevcut konumlandırma teknikleri arasından uygun algoritmalar seçilebilir.

Sadece yaklaşık konumlandırma gerektiren uygulamalar için pozisyon, dayanak noktasına yakınlık tespit edilerek, sıçrama sayma yöntemiyle veya parmak izi tekniği [20] kullanılarak doğrudan elde edilir. Yaklaşık konumlandırma yöntemlerinin, daha doğru bir konumlandırma yöntemi için ilk tahminde bulunmanın basit bir yolu olduğu fark edilmelidir.

Daha iyi hassasiyet gerektiren uygulamalar için konumlandırma yöntemleri iki adım içerir: mesafe ölçümü ve pozisyon hesaplama. Şekil 1.1'de ilk aşama, alınan sinyalin oluşumundaki varış mesafesini (VM) veya varış açılarını (VA), varış zamanını (VZ), varış

zamanları farkını (VZF), alınan sinyal gücünü (ASG) ve diğer mevcut özelliklerini göstermektedir. İkinci aşama, mesafe ve açısal bilgileri işler ve pozisyonu optimizasyon yaklaşımlarıyla ilişkili çeşitli konumlandırma yöntemleriyle tahmin eder.

Yukarıda belirtilen tüm ilgili ölçüm teknikleri: VA, VZ, VZF, ASG ve konumlandırma algoritmaları bu kısımda detaylı bir şekilde açıklanacaktır.



Şekil 1.1. Konum tespit aşamaları

1.2.2. Konumlandırma Yöntemleri

Konumlandırma için birçok yöntem önerilmiştir. Donanım açısından bakıldığında, konumlandırma stratejileri iki kategoriye ayrılabilir: ekstra modüller yardımcı yaklaşımlar ve ekstra modüller içermeyen yaklaşımlar. Bunlar Şekil 1.2’de gösterilmiştir.

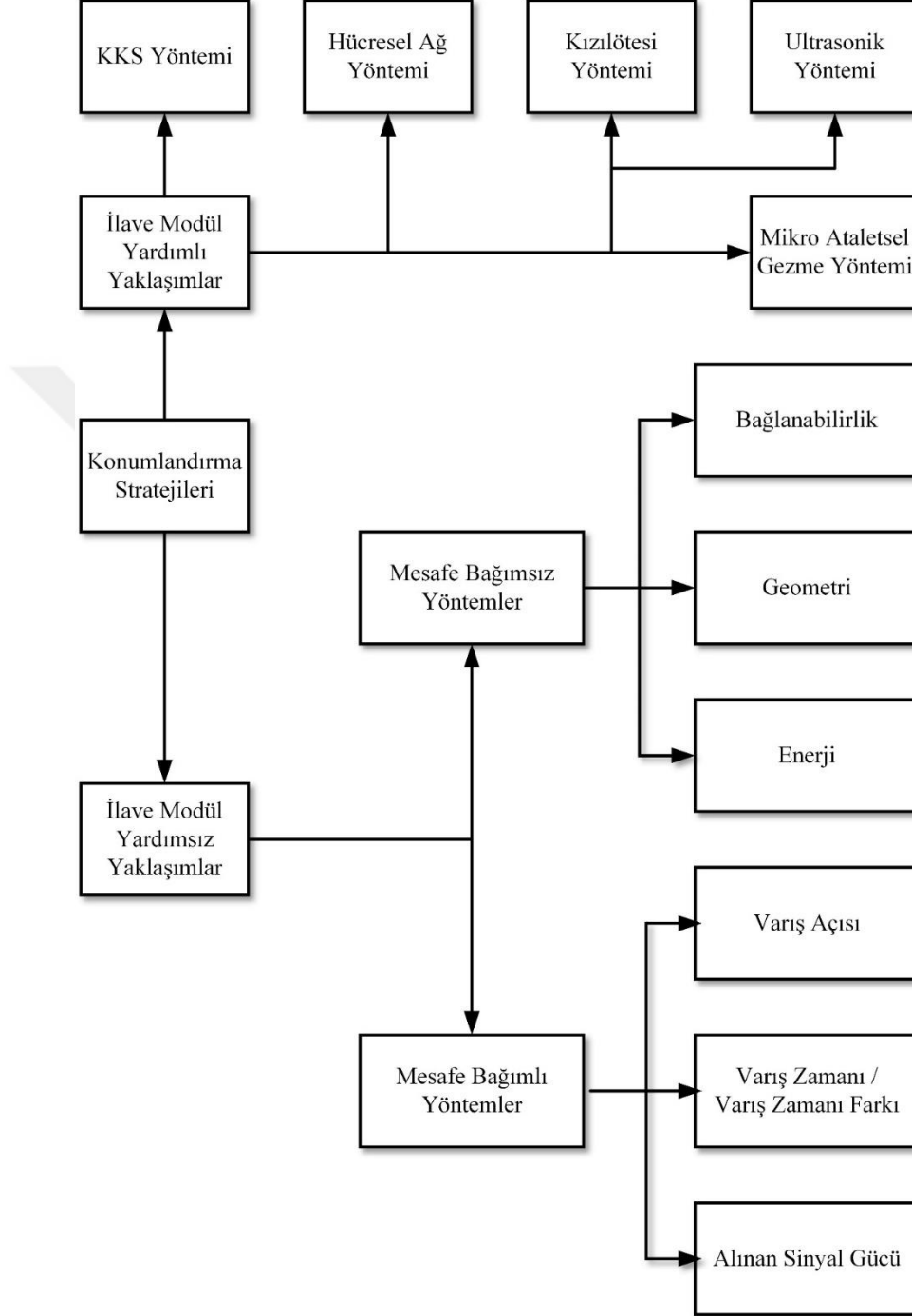
1.2.3. İlave Donanım Gerektiren Yöntemler

Bu yöntem sınıfı için, konumlandırmaya özel bir donanım tahsis edilmiştir. Bu yaklaşım GPS yöntemini, hücresel şebeke yöntemini, kızılötesi yöntemini, ultrasonik dalga yöntemini, mikro ataletsel gezinme yöntemini içerir [21]. Bu başlık altında belirtilen konumlandırma tekniklerini ele alacağız ve bu yöntemlerin ve kablosuz algılayıcı ağlarının (KAA) kombinasyonunu pratik bir bakış açısıyla tartışacağız.

1.2.3.1. Küresel Konumlandırma Sistemi ile Koordinat Tespiti

Küresel konumlandırma sistemi (KKS) 1970’li yıllarda Amerikan askeri otoriteleri tarafından geliştirilen uydu tabanlı bir konumlandırma sistemidir. Takip eden elli yılda KKS seyrüsefer, iletişim ve izleme için hem askeri hem de sivil alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzer şekilde, Avrupa Birliği (AB) ve Rusya sırasıyla Galileo ve Glonass adındaki konumlandırma sistemlerini kurmuştur. Yakın zamanda Çin daha yüksek

hassasiyet ve kapsamlı uygulamalar için BeiDou seyrüsefer uydu sistemini (BSUS) kurmuştur [22].



Şekil 1.2. Konumlandırma yöntemlerinin sınıflandırılması

Bir algılayıcının yer değiştirmesinin izlenmesi görevini gerçekleştirmek için KKS modülleri düğümlere entegre edilebilir. Ancak bazı dezavantajları ve sınırlamaları vardır.

Yeraltı otoparkı, su altı alanları veya iç ortamlar gibi bazı yerlerde KKS alıcısı uydularla iletişim kuramaz [23]. Sonuç olarak bu ortamlarda KKS kullanmak mümkün değildir. Ayrıca yüksek enerji tüketimi KKS modüllerinin kullanılmasında bir sakıncadır. Bu nedenle, KSA'larda konumlandırma için KKS kullanmanın bizi diğer tekniklere yönlendiren bazı temel kısıtlamaları vardır.

1.2.3.2. Hücresel Ağlar Kullanılarak Konumlandırma

Hücresel bir ağ son bağlantının kablosuz olduğu ve mobil iletişim için kullanıldığı bir iletişim ağı olup, ekstra modül içermeyen bir yöntemdir. Çünkü hücresel modem iletişim için de kullanılmaktadır. Mobil iletişim için küresel sistem (MİKS) Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ATSE) tarafından ikinci nesil dijital hücresel ağların protokollerini tanımlamak için geliştirilen bir standarttır [24]. Son yıllarda, üçüncü nesil ve dördüncü nesil (4G) teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte mobil iletişim daha yüksek bir seviyeye çıkmıştır [25]. Hücresel kablosuz konum sistemlerinde çok sayıda baz istasyonu aynı anda bir mobil terminalden sinyalleri alır ve daha sonra hücresel ağ, ölçülen parametrelere dayanarak konumlandırma işlemini gerçekleştirir.

KSA'larda algılayıcı düğümleri ilgili modüllerle donatılabilir ve hücresel ağ tarafından konumlandırılabilir. Bununla birlikte, bu yöntemde birçok sınırlama ve dezavantaj vardır. En önemlisi konumlandırma hassasiyetinin onlarca metreden yüzlerce metreye kadar değişen tatmin edici olmayan bir aralıkta seyretmesidir. Ek olarak hücresel ağ modülü enerji tüketimine sahiptir. Bu nedenle KSA'larda düşük maliyetli hedeflerle çalışmaktadır ve birçok açıdan çözülmesi gereken zorlu özellikleri vardır.

1.2.3.3. Kızılötesi Işık Yardımı ile Konumlandırma

Kızılötesi ışın dalga boyu mikrodalgadan görünür ışık dalga boyuna kadar değişen başka bir elektromanyetik dalga türüdür. Termal etkisi ve yüksek nüfuz etme kabiliyeti nedeniyle kızılötesi ışın tıbbi tedavi ve endüstriyel tespit ve kontrolde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mikro elektronik ve fiber optik iletişiminin ilerlemesiyle, kızılötesi dönüştürücü, nesne algılama ve araç takibi için kullanılacak düşük maliyetli bir cihaz haline gelmiştir [26].

Kızılötesi ışın uzayda yayılırken, yansıma, kırılma, saçılma, girişim ve soğurma gibi sapmalara uğramaktadır [27]. Bu etkiler nedeniyle ortam karmaşık olduğunda konumlandırma için kızılötesi dönüştürücüyü KSA'larda kullanmak neredeyse imkansızdır. Aksine KSA'larda kızılötesi dönüştürücüye sahip algılayıcı düğümleri ölçüm için başarı ile kullanılabilir. Özetle KSA'larda yerelleştirme için kızılötesi teknolojinin kullanımını açık bir sorun olmaya devam etmektedir.

1.2.3.4. Ultrasonik Dalga Kullanılarak Konum Tespiti

Ultrasonik dalga frekansı 20 kHz'in üzerinde olan ses dalgalarının bir parçasıdır [28]. Sıradan ses dalgalarından belirgin bir şekilde farklı olan ultrasonik dalga şu özelliklere sahiptir: üstün yönlülük, daha uzun iletim aralığı, güçlü etkililik ve nüfuz edilebilirlik [29]. Bu özellikler sayesinde ultrasonik dalga başarılı bir şekilde mühendislik ve sağlık alanlarında kullanılmaktadır.

Ultrasonik dalga tabanlı konumlandırma prensibi (2.1)'deki gibi kesin olarak ele alınabilir. Alıcı varış zamanını veya varış zamanının farkını tahmin eder ve yayılma zamanını t olarak ölçer. Gönderici ile alıcı arasındaki mesafe (1.1) verildiği gibi hesaplanabilir.

$$s = v_m t \quad (1.1)$$

Burada s verici-alıcı arasındaki mesafe ve v_m ortamındaki ultrasonik dalganın yayılım hızıdır. Ultrasonik dalga çeşitli engellerle zorlu ortamlarda girişim ve bozulma yaşadığından ultrasonik dalga tabanlı konumlandırma teknikleri ile yer değiştirmeyi tahmin etmek pratik değildir [29]. Bunun yanında ultrasonik dalga su içinde durmadan yayılabilir ve bu da ultrasonik dalga bazlı konumlandırma tekniklerini bazı özel uygulama alanlarına aktarabilir. Deniz ortamının izlenmesinde ultrasonik dalga tabanlı konumlandırma tekniği tavsiye edilebilir bir yöntem olarak kabul edilir. Birçok araştırmacı ultrasonik modülü algılayıcı düğümlere entegre etmeye çalışmakta ve deniz izleme ve seyrüseferde uygulamayı araştırmaktadır.

1.2.3.5. Ataletsel Algılayıcılarla Konumlandırma

Temel olarak ivme, yön ve jiroskop algılayıcıları temel alınarak, mikro ataletsel gezinti (MAG) algılanan verilerden (ivme, yön ve eğim) hareket parametrelerini tahmin eden doğru bir gezinme sistemi olarak tanımlanır. Belirgin özelliği bağımsız tahmin yapabilme yeteneğidir. Yani konumlandırma süreci dış sistemler yardımı olmadan sadece iç ekipman kullanılarak yapılır [30]. Bu teknik başlangıçta füze rehberliği ve ardından uçak ve denizaltı seyrüseferi için kullanılmaktaydı.

Araştırmacılar KKS sistemindeki sınırlamaların üstesinden gelmek ve konumlandırma doğruluğunu iyileştirmek için mikro atalet seyrüsefer (MAS) yöntemini KSA'lara dahil etmiştir. Hareket sürecinde hızlanma algılayıcısı, düğüm hareketinin hızlanmasını sağlar ve oryantasyon algılayıcısı düğümün durumunu anında tespit eder. Hızlanma verileri ve düğümün yön açıları elde edildikten sonra, düğümün hareketinin yer değiştirmesi integral hesaplama yoluyla bulunabilir. MAS sistemi kısa vadede tatmin edici bir doğruluk sağlar. Ancak uzun vadede sapma gösterebilir ve bu nedenle diğer konumlandırma sistemlerine (KKS veya hücresele ağlar) ek olarak periyodik olarak, bu yöntemler kullanılmadıklarında görev alabilirler. MAS kısa mesafelerde daha yüksek bir hassasiyet kazanmasına rağmen, ağır bir enerji tüketimi kaçınılmazdır [31].

1.2.4. İlave Donanım Gerektirmeyen Konumlandırma Yöntemleri

İlave modül destekli yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, ayrıca modül içermeyen yaklaşımlar konumlandırma sürecine yardımcı olmak için ek bir bileşen gerektirmez. Başka bir ifade ile harici konumlandırma sistemleri ve dahili monte edilmiş bileşenler tarafından desteklenmekten ziyade ilave modüllerin serbest yaklaşımları konumlandırma görevini yalnızca kendi ağ parametreleri ile gerçekleştirir.

İlave modül içermeyen yaklaşımlar tipik olarak ikiye ayrılır: mesafe bağımsız yöntemler ve mesafe bağımlı yöntemler [32]. Mesafe bağımsız yöntemler ile karşılaştırıldığında, mesafe bağımlı yöntemler konumlandırmada daha yüksek hassasiyet sağlar. VZ [33], [34], VA [35], [36], VZF [37], [38] ve ASGG [39] gibi birçok mesafe tabanlı konumlandırma tekniği bulunmaktadır.

ASGG tabanlı algoritmalar şu özelliklere sahiptir: düşük güç tüketimi ve basit donanım ancak çevreye yüksek hassasiyet. ASGG değeri büyük ölçüde yayılma kanalına

bağlıdır. Çok yönlü yayılım, gürültü ve sinyal saçılması alınan ASGG üzerinde büyük bir etkiye oluşturur. Bu nedenle pratik uygulamalarda ASGG ile mesafeyi belirlemek için doğru bir kanal modeli oluşturmak, konumlandırma algoritmalarının performansı için çok önemlidir.

1.2.4.1. Uzaktan Bağımsız Konumlandırma Yöntemleri

Mesafe bağımsız algoritmalar mesafe tabanlı algoritmaların aksine, ağ bağlantı grafiği, aygıt güç tüketimi ve korunumu, geometrik ilişki gibi birçok yöntemle hedef düğüm ile çapa düğümü arasındaki mesafeyi dolaşmadan konumlandırmayı gerçekleştirebilir. Bu başlık altında mesafe vektör sekmesi (MVS) [40], yaklaşık üçgenleme noktası testi (YÜNT) [41] ve ağırlık merkezi algoritması (AMA) [42] yöntemleri ele alınacaktır.

1.2.4.1.1. Mesafe Vektörü Sekmesi

Klasik mesafe vektörü yönlendirme şemasından esinlenerek, mesafe vektörü sekme algoritması [43]'da açıklanmıştır. Konumlandırma süreci aşağıdaki üç adımı içermektedir:

1. İlk adımda, her bir düğüm için yer işareti yayın konumuna ve sekme verilerine göre bir bilgi tablosu oluşturulur. Veri paketi, düğüm ve komşuları arasında değiştirilir. Çizelge (x_i, y_i, h_i) olarak belirtilir, burada x_i, y_i işaretin koordinatlarını belirtir ve h_i işaretin bulunduğu noktadan bu çizelgedeki alanı koruyan hedef düğüme kadar en az sekme sayının değeridir.
2. İkincisi, bir sekme için ortalama büyüklük, bir yer işareti ile diğer yer işaretleri arasında hesaplanan mesafeye göre bulunur. Bu adımda, hedef düğüm sıçrama büyüklüğü değerine ve sıçrama sayma sayısına bağlı olarak en az üç yer işaretinden mesafeyi belirler.
3. Son olarak, mesafe değerleri elde edildiğinde, susturma, üç kenarlama, çok katlanma, doğrusal en küçük kareler (DEKK), doğrusal olmayan en küçük kareler (DOEKK) ve benzeri konumlandırma yöntemleri kullanılabilir [44].

Açıkçası, MVS algoritması kesin olmayan mesafe kestirimi nedeniyle düşük bir doğruluk sağlar. Yüksek yoğunluklu bir düğüm dağıtımında bu yöntem daha iyi bir

doğruluk verebilir. İlave olarak sadeliği nedeniyle, yöntem bazı kaba konum tespit uygulamalarında kullanılabilir.

1.2.4.1.2. Yaklaşık Üçgenleme Testi Algoritması

Yaklaşık üçgenleme testi, mesafe bağımsız bir konumlandırma algoritmasıdır [45]. Bu yöntemin temel fikri, alan tabanlı şema ile üçgenleme test algoritmasını ilişkilendirerek hedef konumunu en yakın şekilde tespit etmektir. Hedefin bulunduğu olası bölgeyi daraltmak için yaklaşık üçgenleme testi algoritması uygulanır. Konumu başka yollarla bilinen birçok bağlantı düğümünün bir kablosuz algılayıcı ağına dağılmış olduğunu varsayılır. Her denemede bir üçgen oluşturmak için üç çapa seçilir ve hedefin bu üçgende olup olmadığına karar verilir. Bu işlem olası tüm üçgenler tamamlanana kadar tekrar edilir. Tüm testler bitirdikten sonra kesişim alanının merkez noktası tahmini konum olarak kabul edilir. Bu algoritmanın konumlandırma doğruluğu, çapa sayısı ile doğrudan ilgili olan test numarasına bağlıdır. Kaçınılmaz olarak, güç ve zaman tüketimi çapa sayısı ile artmaktadır [46].

1.2.4.1.3. Ağırlık Merkezi Algoritması

Ağırlık merkezi konumlandırma algoritmaları, konumu, karşılık gelen mesafeyi hesaplamak yerine, yer işaretleri ve bilinmeyen düğümler arasındaki geometrik ilişki yoluyla tahmin eder. Bu algoritmalar, koordinatları diğer tamamlayıcı şemalarla tanınan belli sayıda yer işaretine sahip kablosuz algılayıcı ağları için uygundur. Konum bilgisi içeren periyodik paketler şebekeler arasında yayınlanır. Alınan paketlerin sayısı önceden belirlenmiş bir eşik değerini aştığında, bir düğüm ile bir yer işareti arasında sabit bir iletim bağlantısı kurulur. Bilinmeyen bir düğüm birçok yer işaretiyle bağlanacaktır. Yer işaretlerinin sayısının üçten fazla olduğu var sayıldığında bu işaretlerden bir çokgen oluşur. Daha sonra, ağırlık merkezi koordinatları bilinmeyen düğüm konumu olarak kabul edilir. [47]'de araştırmacılar tetrahedron temelli ağırlık merkezi konumlandırma algoritmasını sunmuştur. Bu çalışmada bir tetrahedron, konumlandırılacak hedefe bağlı dört çapa düğümü L_1 , L_2 , L_3 ve L_4 ile sınırlıdır. Ardından hedefin konumu bu tetrahedronun ağırlık merkezi olarak kabul edilmektedir. Tetrahedron algoritması, klasik konumlandırma

yöntemlerine göre daha fazla tahmin turu gerektirdiği için yüksek hesaplama süresine sahiptir. Ancak geleneksel yöntemlerden daha yüksek doğruluk vermektedir. [48] – [51]'deki çalışmalarda her çapaya ağırlıklı faktörler atayarak ya da konumlandırma hatasını azaltmak için düzeltme şemalarını birleştirerek ağırlık merkezi algoritmasını geliştirmişlerdir.

1.2.4.2. Mesafe Tabanlı Yöntem

Bu kısma kadar açıklanan yöntemlerin aksine mesafe tabanlı yöntemler, mesafe hesaplamasından sonra konumu tespit ederler. Bu yöntemler iki aşama içermektedir: mesafe ölçümü ve pozisyon hesaplama.

Uzaklık ölçümü için birçok teknik kullanılmaktadır. Örneğin VZ, VZF, VA ve ASGG temel alınan tekniklerdir [52]. Mesafe ölçümü yapıldıktan sonra düğüm pozisyonunu üçgenleme, çok katmanlılaşma, trilasyon, hiperbolik ve benzeri yöntemlerle hesaplamak için geometrik ilişki kullanılır.

1.2.4.2.1. Varış Zamanı

VZ ve VZF yöntemlerinde mesafe, verici ile alıcı arasındaki iletim zamanına göre değişmektedir [53]. İki terminal arasında kaydedilen uçuş süresi (US), iletim hızı ile basit bir çarpma ile mesafeyi tahmin etmek için kullanılabilir. Geçen süreyi ölçme yolları iki kategoriye ayrılır: tek yönlü plan ve iki yönlü plan.

Tek yönlü planda, verici alıcıya sinyal gönderir ve bu iletim için zaman gecikmesi ölçülür. Verici t_1 zamanında mesaj gönderir ve alıcı mesajı t_2 zamanında alır. Daha sonra zaman kaydını gerçekleştirmek için bir kod çözme gecikmesi veya senkronizasyon süresi t_c gerekir. Böylece zaman gecikmesi τ (1.2)'deki gibi tanımlanır.

$$\tau = (t_2 + t_c) - t_1 \quad (1.2)$$

Tek yönlü plan daha basittir. Ancak hataları azaltmak için iki terminal saatini senkronize etmek önemlidir. Yüksek hassasiyetli saat senkronizasyonu zor bir süreç olup, zaman yanlılığı ölçüm hatalarıyla sonuçlanır.

İki yönlü programda, iki düğüm arasındaki iletim süresi ölçülür. Mesafe, yayılma hızı ile çarpılan ölçülen sürenin yarısı kadardır. Gönderici t_{s1} zamanında yanıtlayıcıya mesaj gönderir. Yanıtlayıcı mesajı t_{r1} anında alır. İşlem zamanını T_r öğrendikten sonra cevaplayıcı t_{s2} anında gönderen tarafından alınan t_{r2} anında bir geri bildirim verir. İki düğümün gönderici ve yanıtlayıcısı arasında Δt kadar bir zaman sapması bulunmaktadır [54]. T_p yayılma zamanı (1.3) – (1.7) ile hesaplanır.

$$t_{r1} = t_{s1} + T_p + \Delta t \quad (1.3)$$

$$t_{r2} = t_{r1} + T_r \quad (1.4)$$

$$t_{s2} = t_{r2} + T_p - \Delta t \quad (1.5)$$

$$t_{s2} - t_{s1} = 2T_p + T_r \quad (1.6)$$

$$T_p = \frac{t_{s2} - t_{s1} - T_r}{2} \quad (1.7)$$

(1.6)'da gösterildiği gibi zaman sapması (Δt) çıkartma işlemi ile ortadan kalkar. İki yönlü planda iletim süresi, paket alım ve gönderme zamanlarının kaydedilmesiyle elde edilir. Bu iki yönlü planın saat senkronizasyonuna ihtiyaç duymamasına rağmen, terminallerde hatalı paket işlem süresi ölçüm hatalarıyla sonuçlanır. İki yayılma süreci arasındaki zaman farkını ölçmek için VZF adı verilen alternatif bir yöntem önerilmiştir [55].

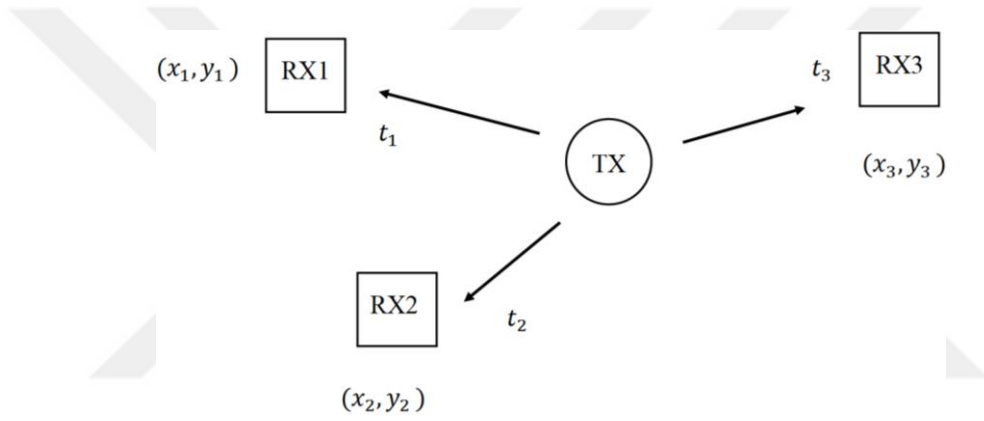
1.2.4.2.2. Varış Zaman Farkı

VZF tabanlı konumlandırma tekniğinin kilit konsepti, uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş alıcılarda sinyalin varış zamanlarındaki farkı değerlendirerek kaynağın yerini belirlemektir [56]. Şekil 1.3'te gösterildiği gibi üç sinyal alıcısı vardır: RX1, RX2 ve RX3; koordinatları $(x_1; y_1)$, $(x_2; y_2)$ ve $(x_3; y_3)$ olarak bilinir. Amaç vericinin konumunu bilinmeyen koordinatlarıyla $(x; y)$ tespit etmektir. RX1, RX2 ve RX3'teki tepki süreleri sırasıyla t_1 , t_2 ve t_3 'tür. Bu değerler (1.8) denklemini elde etmek için birleştirilebilir [57].

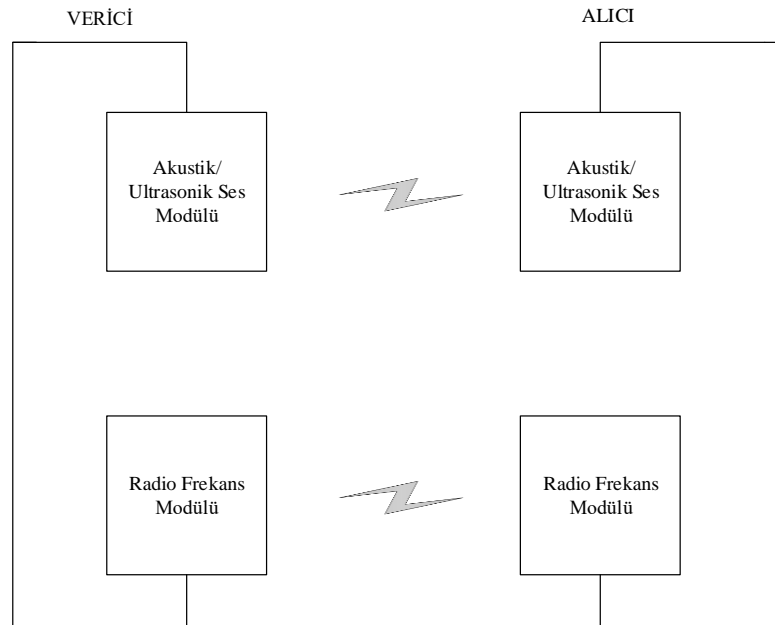
$$\begin{aligned}\sqrt{(x-x_2)^2+(y-y_2)^2}-\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2}&=c\times(t_2-t_1) \\ \sqrt{(x-x_3)^2+(y-y_3)^2}-\sqrt{(x-x_1)^2+(y-y_1)^2}&=c\times(t_3-t_1)\end{aligned}\quad (1.8)$$

Burada c sinyalin ortamdaki yayılma hızıdır. Yukarıdaki doğrusal olmayan denklemleri çözerek, hedefin pozisyonu belirlenebilir.

VZF tekniğinin ana dezavantajı tepki süresi farkının özellikle kısa mesafe ölçümünde oldukça küçük olabileceği ve mesafe tahmininin kesin olmadığıdır [58]. Bu sorunun üstesinden gelmek için elektromanyetik dalgalar akustik dalgalar ile değiştirilebilir. Yayılma hızı çok daha küçüktür ve bu nedenle zaman farkları büyük ölçüde artar.



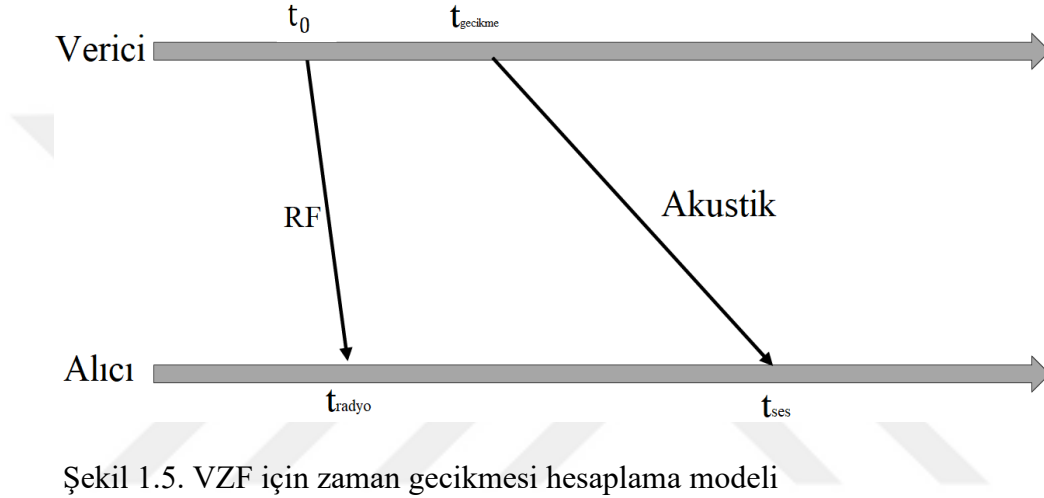
Şekil 1.3. VZF yönteminde alıcıların dağılımı



Şekil 1.4. VZF donanım konfigürasyonu

Şekil 1.4'te görüldüğü üzere ultrasonik ve akustik radyo frekansı modülleri alıcı ve vericide eş zamanlı olarak kullanılır. İlke akustik ve radyo sinyallerinin yayılma zamanları arasındaki zaman farkını ölçmektir [59].

İlk konumlandırma adımında verici t_0 zamanında alıcı tarafından t_{radio} zamanında alınacak akustik sinyali gönderir. $t_{gecikme}$ olarak isimlendirilen bir sabit gecikmeden sonra verici, t_{ses} zamanında alınacak akustik sinyali gönderir. Şekil 1.5 bu tip VZF için zaman gecikmesi hesaplama modelini göstermektedir [60].



$t_{gecikme}$ ve t_{ses} için (1.9) ve (1.10) yazılabilir.

$$t_{radio} = t_0 + \frac{d}{v_{radio}} \quad (1.9)$$

$$t_{ses} = t_0 + t_{gecikme} + \frac{d}{v_{ses}} \quad (1.10)$$

Burada d verici-alıcı arasındaki mesafeyi, v_{radio} ve v_{ses} sırasıyla radyo ve akustik sinyallerin ortamdaki yayılım hızıdır. (1.9) ve (1.10) kullanılarak verici ile alıcı arasındaki mesafe (1.11)'deki gibi hesaplanabilir.

$$d = \frac{v_{radio}v_{ses}}{v_{radio}-v_{ses}} (t_{ses} - t_{radio} - t_{gecikme}) \quad (1.11)$$

Verici süresinin bu denklemde bulunmadığı fark edilmelidir. Dahası alıcıda t_{rado} ve t_{ses} iki kez ölçüldüğü için verici-alıcı arasında senkronizasyona gerek kalmaz. Radyo sinyali serbest uzayda akustik dalgadan çok daha hızlı yayıldığından $v_{rado} - v_{ses}$ değeri v_{rado} 'ya yaklaşır. t_{rado} kısa mesafelerde t_{ses} 'ten çok daha küçük olacaktır. Bu nedenle (1.12) ve (1.13) eşitliği yazılabilir [61]. t_{ses} ve t_{rado} alıcıda ölçüldüğü için verici-alıcıyı senkronizasyonuna gerek yoktur.

$$t_0 \cong t_{rado} \quad (1.12)$$

$$d \cong v_{ses}(t_{ses} - t_{rado} - t_{gecikme}) \quad (1.13)$$

1.2.4.2.3. Alınan Sinyal Gücü Göstergesi

Alınan sinyal gücü göstergesini gösteren (ASGG) alıcı sinyal gücünün bir ölçümüdür. Çoğu alıcıda bulunur ve mesafe ile değerinin düşmesi bekleneceğinden mesafe ölçümü için kullanılabilir [62]. Kablosuz sensor ağlarında bilinmeyen hedefin konumlandırılabilmesi için birçok ASGG tabanlı algoritma sunulmuştur. Alınan sinyal gücü ve iletim mesafesi arasındaki ilişkiyi karakterize etmek için deneysel verilere dayanarak birkaç yol kaybı modeli oluşturulmuştur. Serbest uzay yayılımında, sinyal gücü ile iletim mesafesi arasındaki ilişki (1.14)'te verilen Friis denklemi ile ifade edilir [63].

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{4\pi^2 d^{\eta L}} \quad (1.14)$$

Burada P_r ve P_t sırasıyla alıcı ve verici güçleri, G_t ve G_r alıcı ve vericinin anten kazançları, L sistem kaybı, d radyo iletim mesafesi, η serbest uzayda 2 değerine eşit olan yol kaybı üssel değeridir. λ (1.15) ile hesaplanan radyo dalga boyudur.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.15)$$

Burada c ışık hızı ve f sinyal frekansıdır. Basitlik sağlaması açısından, G_t , G_r ve L değerleri 1 olarak ayarlanmıştır. Bu şekilde (1.14) denklemi (1.16)'daki gibi basitleştirilebilir.

$$P_r(d) = \frac{P_t \lambda^2}{4\pi^2 d^\eta} \quad (1.16)$$

İletilen ve alınan güçler arasındaki ilişkiden, ilerleme sırasında gücün zayıflamasını belirten P_L yol kaybını (1.17) ile belirleyebiliriz [64]:

$$P_L = \frac{P_t}{P_r} = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^2 d^\eta \quad (1.17)$$

Bu denklem yol kaybının iki faktör tarafından belirlendiğini belirtir: radyo frekansı f ve iletim mesafesi d . Yol kaybı f ve d 'nin artmasına bağlı olarak yükselir. Yol kaybı üssü η iletim ortamı tarafından belirlenir. Normal ortamlarda serbest uzay varsayımı doğrulanmamıştır. Çok yolluk ve gölgelemenin η üzerinde büyük etkisi vardır. Yapılan çok sayıda deneysel çalışma ile η 'nin değerinin genellikle 2 ile 4 arasında olduğu tespit edilmiştir [65]. Literatürde ASGG hesaplaması için basitleştirilmiş (1.18) eşitliği [66]'da önerilmiştir.

$$P_r = \frac{P_t(d_0)}{d^\eta} \quad (1.18)$$

Burada d_0 referans mesafe olup, genelde bir metredir. Alıcıdaki alınan gücün çalışmasında, ASGG ile mesafe arasındaki ilişki (1.19)'da verildiği gibi tanımlanabilir [67].

$$P_r(d) = P_r(d_0) + 10\eta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + x_\sigma \quad (1.19)$$

Burada sinyal güçleri dBm cinsinden ifade edilir ve x_σ sıfırdır. Ortalama değeri sıfır olan Gauss dağılımlı rastgele değişken anlamına gelir. Bu değişken bayılma ve gölgeleme nedeniyle alınan gücün yerel farklılıklarını yansıtır [68]. (1.14) – (1.19) numaralı denklemler kullanılarak ASGG kanal modeli (1.20)'deki gibi elde edilir [69].

$$P_r(dBm) = A(dBm) - 10\eta \log(d) + x_\sigma \quad (1.20)$$

Burada P_t alınan sinyal gücü ve A bir metre mesafedeki sinyal gücüdür. Birçok ASGG tabanlı konumlandırma algoritması bu kanal modeline dayanmaktadır.

1.2.4.2.4. Varış Açısı

Konum tahmini için varış açısı (VA), aynı zamanda varış yönü (VY) olarak da adlandırılır [70]. VA tekniği ilk olarak, askeri ve sivil alanlarda yaygın olarak uygulanan radar sistemindeki nesnelere konumunu tahmin etmek için tasarlandı. Çok yönlü antenlere sahip olan alıcı, hedef tarafından yansıtılan sinyaldeki açıyı ölçer. Genel olarak, açı bilgisi iki yolla çıkarılır [71].

1. Sinyal alınırken, referans istasyonundaki anten dizilerinin farklı faz bilgileri vardır. Varış açısı, faz farkından hesaplanabilir.
2. Varış açısı ana ışının sinyal genliğini hesaplayarak da tahmin edilebilir.

Birçok araştırmacı tarafından geliştirilen algoritmalar, varış tahmininin oldukça doğru olması ve çok yüksek çözünürlükte sonuçlar vermesi yönündedir. Bir anten dizisi kullanarak sinyal kaynaklarını otomatik olarak konumlandırma çabası, literatürde vardiya ve toplam ışın oluşturma yöntemi veya Bartlett yöntemi olarak adlandırılan Bartlett tarafından önerilmiştir. Tüm olası yönler için ışın oluşturma çıktısının gücünün hesaplanmasına dayanır [72]. Diğer geleneksel yöntem, Capon algoritması olarak bilinir, bu yöntemde varış yönüne bakarak dizi bütünlüğünün kazancı sınırlandırılır ve çıkış gücünün diğer yönlerde en aza indirgenmesi sağlanır [73].

1.3. Cramer Rao Alt Sınırı

Cramer-Rao alt sınırı (CRAS) ofset hatası olmayan kestirim yöntemlerinin ulaşabileceği en küçük karesel hata değerini vermektedir. CRAS hesabında öncelikle Fisher bilgi matrisinin (FBM) bulunmalıdır. Sonra FBM'nin tersi alınır ve matrisinin izi bize CRAS'yi verir. [71]'de açıklandığı gibi verici-alıcı arasında doğrudan görüşün olduğu VZF tabanlı yöntemler için CRAS (1.21)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$\Phi = c^2(G_t^T Q^{-1} G_t)^{-1} \quad (1.21)$$

Burada, c sinyalin ortamdaki yayılma hızını, Φ Fisher bilgi matrisinin tersini, Q VZF gürültüsü özdeğişinti matrisi, G_t Taylor katsayı matrisini (TKM), $(\cdot)^{-1}$ matris tersini temsil ve $(\cdot)^T$ transpoze işlemini etmektedir. İlk alıcı referans seçildiğinde bağımsız set için (1.22) – (1.24) kullanılarak TKM hesaplanmaktadır.

$$G_t = \begin{bmatrix} \frac{x_1-x}{l_1} & \frac{x_2-x}{l_2} & \frac{y_1-y}{l_1} & \frac{y_2-y}{l_2} \\ \frac{x_1-x}{l_1} & \frac{x_3-x}{l_3} & \frac{y_1-y}{l_1} & \frac{y_3-y}{l_3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x_1-x}{l_1} & \frac{x_N-x}{l_N} & \frac{y_1-y}{l_1} & \frac{y_N-y}{l_N} \end{bmatrix}_{N-1 \times 2} \quad (1.22)$$

$$l_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} \quad (1.23)$$

$$l_N = \sqrt{(x - x_N)^2 + (y - y_N)^2} \quad (1.24)$$

Burada, (x_1, y_1) referans alıcının koordinatlarını, (x, y) hedef konumunu, (x_N, y_N) N . alıcının koordinatlarını, l_1 referans alıcı ile kaynak arasındaki uzaklığı ve l_N 'de hedefle N . alıcı arasındaki mesafeyi temsil etmektedir. Verici-alıcı arasında doğrudan görüş olduğu durumda özdeğişinti matrisi, köşegen elemanları 1.0 ve diğerleri 0.5 olacak şekilde (1.25)'teki gibi oluşturulabilir [71].

$$Q = \sigma_d^2 \begin{bmatrix} 1.0 & \dots & 0.5 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.5 & \dots & 1.0 \end{bmatrix}_{N-1 \times N-1} \quad (1.25)$$

Burada, N alıcı sayısı ve σ_d^2 zaman farkı kestirim hatasının değışintisidir. (1.26)'da Q matrisinin tersi almak için pratik bir eşitlik sunulmuştur.

$$Q^{-1} = \frac{1}{\sigma_d^2} \begin{bmatrix} 2 - \frac{2}{N} & \dots & -\frac{2}{N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{2}{N} & \dots & 2 - \frac{2}{N} \end{bmatrix}_{N-1 \times N-1} \quad (1.26)$$

Son olarak (1.27)'de verildiği gibi FBM'nin izi alınarak CRAS hesaplanmaktadır. CRAS en küçük karesel hata değerini verdiği için pozitif bir reel sayıdır.

$$CRAS = tr(\Phi) \quad (1.27)$$

Burada, $tr(.)$ iz (köşegen elemanların toplamı) işlemini temsil etmektedir. Üç boyutlu uzayda CRAS hesabı iki boyutlu düzlemde olduğu gibidir ancak TKM hesaplanırken üçüncü boyut da (z) hesaba katılmalıdır. Bu durumda TKM (1.28) – (1.30) ile kolaylıkla elde edilir.

$$G_t = \begin{bmatrix} \frac{x_1-x}{l_1} - \frac{x_2-x}{l_2} & \frac{y_1-y}{l_1} - \frac{y_2-y}{l_2} & \frac{z_1-z}{l_1} - \frac{z_2-z}{l_2} \\ \frac{x_1-x}{l_1} - \frac{x_3-x}{l_3} & \frac{y_1-y}{l_1} - \frac{y_3-y}{l_3} & \frac{z_1-z}{l_1} - \frac{z_3-z}{l_3} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{x_1-x}{l_1} - \frac{x_N-x}{l_N} & \frac{y_1-y}{l_1} - \frac{y_N-y}{l_N} & \frac{z_1-z}{l_1} - \frac{z_N-z}{l_N} \end{bmatrix}_{N-1 \times 3} \quad (1.28)$$

$$l_1 = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} \quad (1.29)$$

$$l_N = \sqrt{(x - x_N)^2 + (y - y_N)^2 + (z - z_N)^2} \quad (1.30)$$

Burada, (x_1, y_1, z_1) referans alıcının koordinatları, (x, y, z) hedefin konumu ve (x_N, y_N, z_N) N. alıcının koordinatlarıdır.

1.4. Parçacık Sürüsü Optimizasyonu

Bilim adamları, mühendisler, ekonomistler ve yöneticiler, herhangi bir sistemin yapımı ve bakımı için her zaman birçok teknolojik ve yönetsel karar almak zorundadır. Gün geçtikçe dünya daha karmaşık ve rekabetçi hale gelmekte, bu nedenle çözüm odaklı kararların en uygun şekilde alınması gerekmektedir. Bu nedenle optimizasyon, belirli durumlarda en iyi sonucu elde etmenin ana eylemidir. Optimizasyon, 1940'larda, İngiliz ordusunun çeşitli faaliyetlere sınırlı kaynaklar (örneğin, savaş uçakları, denizaltılar vb.) tahsis etme sorunuyla karşı karşıya kalmasıyla ortaya çıktı. [76]. Yıllar boyunca birkaç araştırmacı doğrusal ve doğrusal olmayan optimizasyon problemleri için farklı çözümler

üretti. Matematiksel olarak bir optimizasyon probleminin, problemin çözüm alanını temsil eden bir dizi kısıtlama altında tanımlayan bir uygunluk fonksiyonu vardır. Bununla birlikte, geleneksel optimizasyon tekniklerinin çoğu, optimizasyonu belirli ve kısıtlı bir yüzeye yerleştirmek için ilk türevleri hesaplamıştır. Pek çok zor ve süreksiz optimizasyon alanı için ilk türevi değerlendirmedeki zorluklar nedeniyle son zamanlarda birkaç türev kullanan serbest optimizasyon metotları oluşturulmuştur [75].

Tüm optimizasyon problemlerini çözmek için bilinen tek bir optimizasyon metodu yoktur. Son yıllarda farklı türlerdeki optimizasyon problemlerini çözmek için birçok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Modern optimizasyon yöntemleri (bazen geleneksel olmayan optimizasyon yöntemleri olarak adlandırılır), karmaşık mühendislik problemlerini çözmek için çok güçlü ve popüler yöntemlerdir. Bu yöntemler parçacık sürüsü optimizasyonu, sinir ağları, genetik algoritmalar, karınca kolonisi, yapay bağışıklık sistemleri ve bulanık optimizasyonudur [76], [77].

Parçacık sürüsü optimizasyonu (PSO), yeni bir popülasyon bazlı stokastik arama algoritması ve karmaşık doğrusal olmayan optimizasyon problemine alternatif bir çözümdür. PSO ilk olarak 1995 yılında Dr. Kennedy ve Dr. Eberhart tarafından tanıtılmıştır ve ilk başta kuş sürüsü, balık sürüsü ve arı sürüsü vb. hayvanların sosyal davranışlarının simülasyonundan esinlenilmiştir. Bir kuş veya böcek grubu, yiyecek ararken veya göç ederken ve bir arama alanı içerisinde yer aldığı anda, tüm kuşlar veya böcekler en iyi konumun nerede olduğunu bilmese de bireysel bilgileri paylaşmak için doğal grup iletişim sürecine tabi olmaktadır. Ancak, sosyal davranışın doğasından, herhangi bir üye gitmek için arzu edilen bir yol bulabilirse, sürünün geri kalan üyeleri hızlı bir şekilde onu takip edecektir.

PSO algoritması temel olarak optimizasyon problemlerini çözmek için hayvanın aktivitesinden veya davranışından öğrenir. PSO'da popülasyonun her bir üyesi bir parçacık olarak adlandırılır ve popülasyon bir sürü olarak tanımlanır. Rastgele başlatılmış bir popülasyondan başlayarak ve rastgele seçilen yönlerde hareket ederek, her bir parçacık arama uzayından geçer ve kendisinin ve komşularının en iyi önceki konumlarını hatırlar. Sürünün parçacıkları birbirlerine iyi konumlar iletir. Aynı zamanda tüm parçacıkların en iyi konumundan elde ettikleriyle kendi konumlarını ve hızlarını dinamik olarak ayarlar. Bir sonraki adım, tüm parçacık konumları güncellendikten sonra başlar. Son olarak, tüm parçacıklar, uygun fonksiyonun optimum seviyesine yaklaşıncaya kadar arama işlemi boyunca daha iyi ve daha iyi pozisyonlara doğru hareket etme eğilimindedir.

PSO yöntemi, uygulama basitliği ve hızlı bir şekilde optimum çözüme yaklaşma yeteneği nedeniyle çok popüler hale gelmektedir. Fonksiyonu optimize etmek için herhangi bir dögümsel bilgiye ihtiyaç duymaz, sadece ilkel matematiksel operatörleri kullanır.

Diğer optimizasyon yöntemleriyle karşılaştırıldığında, daha hızlı, daha kolay ve daha verimlidir. İlave olarak PSO'da ayarlanacak az sayıda parametre vardır. Bu yüzden PSO, optimizasyon problemlerinde ideal bir algoritmadır. PSO, doğrusal olmayan, dışbükey olmayan, sürekli, ayrık ve tam sayı değişken tipli problemleri çözmek için çok uygundur.

1.4.1. PSO Algoritmasının Temel Modeli

Kennedy ve Eberhart ilk olarak kuş sürülerinin davranışlarını taklit ederek karmaşık doğrusal olmayan optimizasyon sorununa bir çözüm getirmiştir. Parçacık sürüsü aracılığıyla fonksiyon optimizasyonu kavramını oluşturmuşlardır [75]. PSO parçacık kümesini koruyan ve her parçacığın sürüde potansiyel bir çözeltiyi temsil ettiği çok aracı bir paralel arama tekniğidir. Tüm parçacıklar, her parçacığın kendi deneyimine ve komşularının konumuna göre pozisyonunu ayarladığı çok boyutlu bir arama alanı boyunca hareket etmektedir.

\mathbf{x}_i^t 'nin çok boyutlu arama bölgesinde t zaman adımında i parçacığının konum vektörünü gösterdiğini varsayarsak diğer tüm parçacıkların arama bölgesinde konumları (1.31)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$\mathbf{x}_i^{t+1} = \mathbf{x}_i^t + \mathbf{v}_i^{t+1} \quad (1.31)$$

Burada \mathbf{v}_i^t optimizasyon işlemini yürüten ve hem kendi deneyim bilgisini hem de tüm parçacıklardan sosyal deneyim bilgisini yansıtan parçacığın hız vektörüdür.

PSO yönteminde, tüm parçacıklar rastgele başlatılır ve en iyi kişisel (her parçacığın en iyi değeri) ve genel en iyinin (tüm küme içindeki en iyi parçacık değeri) bulunmasıyla birlikte uygunluğun hesaplanması için değerlendirilir. Döngüde, önce parçacıkların hızı kişisel ve küresel en iyiler tarafından ve ardından her parçanın konumu mevcut hız ile güncellenir. Döngü önceden belirlenmiş bir durdurma kriteri ile sonlandırılır [78].

1.4.2. Küresel En İyi PSO

Küresel en iyi, her parçacığın pozisyonunun, tüm küme içindeki en uygun parçacıktan etkilenmesini sağlar. Sürüdeki tüm parçacıklardan elde edilen sosyal bilgilerin olduğu bir yıldız sosyal ağ topolojisi kullanılır [79], [80].

Arama bölgesindeki en iyi pozisyon P_{eniyi} bir minimizasyon problemi göz önüne alındığında, parçacığın amaç fonksiyonu tarafından belirlenen en küçük değere sahip olduğu arama alanındaki pozisyonuna karşılık gelir. Bunlara ilave olarak en iyi kişisel değerler arasında en düşük değeri veren konum küresel en iyi olarak adlandırılır ve G_{eniyi} ile temsil edilir [81]. Kişisel ve küresel en iyi değerleri sırasıyla (1.32) ve (1.33) ile güncellenir.

$$P_{eniyi_i}^{t+1} = \begin{cases} P_{eniyi_i}^t & \text{eğer } f(x_i^{t+1}) > P_{eniyi_i}^t \\ x_i^{t+1} & \text{eğer } f(x_i^{t+1}) \leq P_{eniyi_i}^t \end{cases} \quad (1.32)$$

$$G_{eniyi} = \min \{P_{eniyi_i}^t\}, \quad 1 \leq i \leq n \text{ ve } n > 1 \quad (1.33)$$

Burada n parçacık sayısıdır. Bundan dolayı kişisel en iyi P_{eniyi_i} parçacığın ilk adımdan beri ziyaret ettiği en iyi pozisyonudur. Öte yandan, küresel en iyi pozisyon G_{eniyi} tüm küme içindeki herhangi bir parçacığın keşfettiği en iyi pozisyonudur [80]. Küresel en iyi PSO yöntemi için parçacık hızı (1.34)'teki gibi hesaplanır.

$$v_{ij}^{t+1} = v_{ij}^t + c_1 r_{1j}^t (P_{eniyi_j}^t - x_{ij}^t) + c_2 r_{2j}^t (G_{eniyi_j}^t - x_{ij}^t) \quad (1.34)$$

Burada v_{ij}^t i parçacığının j boyutunda ve t zamanındaki hız vektörü, x_{ij}^t i parçacığının j boyutunda ve t zamanındaki konum vektörü, $P_{eniyi_j}^t$ başlangıç anından t zamanına kadar olan i parçacığının j boyutundaki en iyi kişisel konumu, $G_{eniyi_j}^t$ başlangıç anından t zamanına kadar olan i parçacığının j boyutundaki en iyi küresel konumu, c_1 ve c_2 sırasıyla bilişsel ve sosyal bileşenlerin katkısını ağırlıklandırma için kullanılan pozitif hızlanma sabitleridir. r_{1j}^t ve r_{2j}^t t zamanında $U(0, 1)$ düzgün dağılımından rastgele reel sayılardır.

1.4.3. Yerel En İyi PSO

Yerel en iyi PSO yöntemi yalnızca her parçacığın, komşusundan seçilen en uygun parçacıktan etkilenmesine izin verir ve bir halka sosyal topolojisini yansıtır. Burada komşular arasında değiş tokuş edilen sosyal bilgi çevre hakkındaki yerel bilgileri ifade eder [79], [80]. Bu durumda parçacık hızı (1.35) ile hesaplanır.

$$\mathbf{v}_{ij}^{t+1} = \mathbf{v}_{ij}^t + c_1 r_{1j}^t (\mathbf{P}_{eniyi_j}^t - \mathbf{x}_{ij}^t) + c_2 r_{2j}^t (\mathbf{L}_{eniyi_j}^t - \mathbf{x}_{ij}^t) \quad (1.35)$$

Burada $\mathbf{L}_{eniyi_j}^t$ herhangi bir parçacığın, başlangıçtan t zamanına kadar parçacık komşularının arasında sahip olduğu en iyi pozisyonudur.

Sonuç olarak \mathbf{G}_{eniyi} PSO algoritmasında her parçacığın tüm sürüdeki en iyi parçacıktan bilgiyi elde ettiğini buna karşın \mathbf{L}_{eniyi} PSO algoritmasında her parçacık sürünün içindeki yalnızca yakın komşusundan bilgiyi elde etmektedir [97].

1.4.4. PSO Algoritması Parametreleri

PSO algoritmasında performansı etkileyebilecek bazı parametreler vardır. Herhangi bir optimizasyon problemi için bu parametrenin değerlerinin ve seçimlerinin PSO yönteminin etkinliği üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır ve diğer parametrelerin etkisi azdır veya yoktur [82]. Temel PSO parametreleri, sürü boyutu veya parçacık sayısı, yineleme sayısı, hız bileşenleri ve hızlanma katsayılarıdır. İlave olarak PSO atalet ağırlığı ve hız daralmasından da etkilenir.

1.4.4.1. Sürü Büyüklüğü

Sürü büyüklüğü veya popülasyon büyüklüğü n sayısıdır. Büyük bir sürü, yineleme başına kaplanacak olan arama alanının daha büyük bölümlerini oluşturur. Çok sayıda parçacık, iyi bir optimizasyon sonucu elde etmek için ihtiyaç duyulan yineleme sayısını azaltabilir. Buna karşılık, büyük miktardaki parçacıklar da yineleme başına hesaplama karmaşıklığına ve daha fazla zaman harcamaya neden olabilir. Birçok deneysel çalışmaya göre çoğu PSO uygulamaları aralık olarak $20 \leq n \leq 60$ küme boyutu içinde

değerlendirilmektedir.

1.4.4.2. Yineleme Sayısı

İyi bir sonuç elde etmek için yinelemelerin sayısı da çözülmek istenen probleme bağlıdır. Çok düşük sayıda yineleme, arama sürecini erken durdurabilirken, çok büyük yineleme, gereksiz yere eklenmiş işlemsel karmaşıklığa neden olur ve daha fazla zaman gerektirir.

1.4.4.3. Hız Bileşenleri

Hız bileşenleri, parçacık hızını güncellemek için çok önemlidir. Parçacık hızının denklemlerinde (1.34) ve (1.35)'te ifade edildiği gibi üç terim vardır. Bunlar:

1. \mathbf{v}_{ij}^t terimi yakın geçmişte hareket anlamına gelen önceki hareket yönünün bir hafızasını sağlayan atalet bileşenidir. Bu bileşen, parçacıkların yönünü büyük ölçüde değiştirmeyi ve mevcut doğrultuya yönelmeyi önleyen bir momentumu temsil eder.
2. $c_1 r_{1j}^t (\mathbf{P}_{eniyi_j^t} - \mathbf{x}_{ij}^t)$ terimi geçmiş başarımlara göre parçacıkların performansını belirleyen bilişsel bileşendir. Bu bileşen parçacık için en iyi olan pozisyonun kişisel hafızasına benzemektedir. Bilişsel bileşenin etkisi, bireylerin geçmişte kendilerinin en iyi uygunluk değerini elde ettiği konumlara dönme eğilimini temsil eder. Bilişsel bileşen, parçacığın nostaljisi olarak da ifade edilmektedir.
3. $c_2 r_{2j}^t (\mathbf{G}_{eniyi_j^t} - \mathbf{x}_{ij}^t)$ terimi bir parçacık grubuna veya komşularına göre parçacıkların performansını belirleyen sosyal bileşen olarak adlandırılır. Sosyal bileşenin etkisi, her parçacığın, parçacığın komşu bölgesinde bulunan en iyi konuma doğru hareket etmesidir.

1.4.4.4. Hızlanma Katsayıları

İvme katsayıları c_1 ve c_2 rastgele değerlerle birlikte ve sırasıyla parçacık hızının bilişsel ve sosyal bileşenlerinin stokastik etkisini korurlar. c_1 sabiti, bir parçacığın kendisine ne kadar güven duyduğunu ifade ederken, c_2 bir parçacığın komşularına ne kadar

güven duyduğunu temsil eder [80].

$c_1 = c_2 = 0$ iken tüm parçacıklar, arama alanının sınırına ulaşana kadar geçerli hızlarında hareket etmeye devam eder. Bu şekilde (1.34) ve (1.35) eşitlikleri güncellenerek (1.36)'daki gibi tanımlanır.

$$\mathbf{v}_{ij}^{t+1} = \mathbf{v}_{ij}^t \quad (1.36)$$

$c_1 > 0$ ve $c_2 = 0$ iken tüm parçacıklar bağımsız durumdadır. Hız denklemi (1.37)'de verildiği gibi olur.

$$\mathbf{v}_{ij}^{t+1} = \mathbf{v}_{ij}^t + c_1 r_1^t (\mathbf{P}_{eniyi}^t - \mathbf{x}_{ij}^t) \quad (1.37)$$

Tam tersine $c_1 = 0$ ve $c_2 > 0$ olduğu durumlarda tüm parçacıklar, tüm kümede tek bir noktaya çekilir. Hız denklemi güncellenerek (1.38) ve (1.39)'daki gibi ifade edilir.

$$\mathbf{v}_{ij}^{t+1} = \mathbf{v}_{ij}^t + c_2 r_2^t (\mathbf{G}_{eniyi}^t - \mathbf{x}_{ij}^t) \quad (1.38)$$

$$\mathbf{v}_{ij}^{t+1} = \mathbf{v}_{ij}^t + c_2 r_2^t (\mathbf{L}_{eniyi}^t - \mathbf{x}_{ij}^t) \quad (1.39)$$

$c_1 = c_2$ iken tüm parçacıklar \mathbf{L}_{eniyi} ve \mathbf{G}_{eniyi} parametrelerinin ortalamasına doğru çekilir. $c_1 \gg c_2$ olduğu durumda her bir parçacık, kişisel olarak en iyi pozisyonundan daha kuvvetli bir şekilde etkilenir ve aşırı dolaşmaya neden olur. Bunun karşın $c_1 \ll c_2$ iken tüm parçacıklar, en iyi küresel pozisyondan daha fazla etkilenir ve tüm parçacıkların global maksimuma veya minimuma erken ulaşmasını sağlar [80], [83].

Normalde c_1 ve c_2 sabittir ve optimize edilmiş değerleri ampirik olarak bulunur. Yanlış başlatma farklı veya döngüsel davranışa neden olabilir [80]. Farklı deneysel araştırmalarda iki ivme sabitinin $c_1 = c_2 = 2$ olması önerilmiştir.

1.4.5. PSO Algoritmasının Artıları ve Eksileri

PSO algoritmasının, pürüzsüz küresel optimizasyon problemlerini çözmek için en güçlü yöntemlerden biri olduğu fakat buna karşın bazı dezavantajlarının bulunduğu bilinmektedir. PSO'nun başlıca artıları şunlardır [84], [85]:

1. PSO algoritması türevsiz bir algoritmadır.
2. Uygulaması kolaydır. Bu nedenle hem bilimsel araştırmalarda ve hem de mühendislik problemlerinde uygulanabilir.
3. Sınırlı sayıda parametreye sahiptir ve parametrelerin çözüme etkisi, diğer optimizasyon tekniklerine kıyasla küçüktür.
4. PSO algoritmasında hesaplama çok kolaydır.
5. Yakınsama sağlayan teknikler vardır ve problemin optimum değeri kısa sürede kolayca hesaplanır.
6. PSO bir dizi başlangıç noktasına diğer optimizasyon tekniklerinden daha az bağımlıdır.
7. Kavramsal olarak çok basittir.

PSO'nun başlıca eksileri şunlardır [85]:

1. PSO algoritması, hız ve yön düzenlemesini azaltan kısmi iyimserlikten etkilenmektedir.
2. Sistem çıkışı koordineli olmayan sistemlerde sıkıntılıdır.

1.4.6. PSO Algoritmasının Başlıca Uygulama Alanları

Kennedy ve Eberhart, 1995 yılında parçacık sürü optimizasyonunun ilk pratik uygulamasını geliştirmiştir. Uygulama sinir ağı eğitimi alanındaydı ve algoritmanın kendisi ile rapor edilmiştir. PSO telekomünikasyon, sistem kontrolü, veri madenciliği, güç sistemleri, tasarım, kombinasyonel optimizasyon, sinyal işleme, ağ eğitimi ve diğer birçok alanda geniş bir uygulama yelpazesinde başarıyla kullanılmıştır. Günümüzde, PSO algoritmaları ayrıca sınırlı problemleri, çok amaçlı optimizasyon problemlerini, dinamik olarak değişen peyzaj problemlerini ve çoklu çözümleri bulmak için geliştirilmiştir. Oysa orijinal PSO algoritması temel olarak kısıtlanmamış tek hedef optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılmıştır [86]. Bu kısımda PSO'nun uygulandığı çeşitli alanlar verilmiştir.

1.4.6.1. Antenler Tasarım Uygulamaları

Aşamalı dizilerin en uygun kontrolü ve tasarımı, geniş bantlı anten tasarımı ve modellenmesi, yansıtıcı antenleri, Yagi-Uda dizilerinin tasarımı, dizi hata düzeltmesi, yansıtıcı dizi anteninin optimizasyonu, uzak alan radyasyon modeli yeniden yapılandırması, anten modellemesi, düzlemsel antenlerin tasarımı, konformal anten dizilimi tasarımı, yama antenlerinin tasarımı, periyodik anten dizilerinin tasarımı, yakın alan anten ölçümleri, profilli oluklu korna antenlerinin optimizasyonu, anten dizilerinin sentezi, uyarlanabilir dizili antenlerin yerleştirilmesi ve uygulanabilir antenlerin tasarımıdır.

1.4.6.2. Sinyal İşleme Uygulamaları

Örüntü tanıma, filtre tasarımı, konuşma kodlama, analog filtre ayarlama, parçacık filtresi optimizasyonu, doğrusal olmayan uyarlanabilir filtreler, kör algılama, kör kaynak ayırıştırma, akustik kaynakların yerini belirleme ve dağıtılmış koku kaynağı yerini belirlemesi.

1.4.6.3. Ağ Uygulamaları

Radar ağları, bluetooth ağları, evrensel mobil telekomünikasyon sistemi ağları için otomatik ayarlama, mobil iletişimde en uygun ekipman yerleşimi, TCP ağ kontrolü ve yönlendirme, dalga boyu bölmeli çoklamalı ağ, eşler arası ağlar, bant genişliği ve kanal tahsisi, telekomünikasyon ağları, kablosuz ağlar, gruplandırılmış ve gecikmeli yayın, bant genişliği rezervasyonu, iletim ağı planlaması, voltaj düzenlenmesi, ağın yeniden yapılandırılması ve genişletilmesi, ekonomik gönderme sorunu, dağıtık üretim, tıkanıklık yönetimi, hücrel sinir ağları, radyal temelli fonksiyon ağlarının tasarımı, ileri beslemeli sinir ağları eğitim, ürün birim ağları, tekrarlayan sinir ağlarının tasarımı, dalgacık sinir ağları, nöron kontrolörleri, kablosuz algılayıcı ağ tasarımı, kablosuz algılayıcı ağlarda hedef konum tahmini, kablosuz görüntü algılayıcı ağlarının optimizasyonu.

1.4.6.4. Biomedikal Uygulamaları

Parkinson hastalığının teşhisinde insan tremor analizi, gen düzenleyici ağların çıkarımı, insan hareketlerinin biyomekanik optimizasyonu, RNA sekonder yapı tayini, filogenetik ağaç yeniden yapılandırılması, kanser sınıflaması ve sağ kalım tahmini, DNA motifi tespiti, biyobelirteç seçimi, protein yapısı tahmini ve yerleştirme, ilaç tasarımı, radyoterapi planlaması, beyin manyeto ansefalografi verilerinin analizi, elektroansefalogram analizi ve biyometri.

1.4.6.5. Elektronik ve Elektromanyetik Uygulamaları

Çip üzerinde indüktörler ve paralel işlemci dizilerinin yapılandırılması, yakıt hücreleri, devre sentezi, sıcaklık kontrolü, AC iletim sistemi kontrolü, elektromanyetik anten tasarımı, mikrodalga filtreleri, jenerik elektromanyetik tasarım ve optimizasyon uygulamaları, geniş bantlı yükselteç tasarımı, doğrusal dizi anten sentezi, iletkenler, yarı iletken optimizasyonu, frekans seçici yüzey ve emici tasarımı, gerilim titremesi ölçümü, ekranlama ve dijital devre tasarımı.

1.4.6.6. Robotik Uygulamaları

Robotik manipülatörlerin ve kolların kontrolü, hareket planlama ve kontrol, koku kaynağı yerini belirleme, futbol oynama, robot koşusu, robot görüşü, toplu robotik arama, taşıma robotları, denetimsiz robotik öğrenme, yol planlaması, engellerden kaçınma, sürü robotiği, insansız araç yön güdümü, çevre haritalama ve robotların ses kontrolü.

1.4.6.7. Tasarım ve Modelleme Uygulamaları

Kavramsal tasarım, elektromanyetik durum, indüksiyonlu ısıtma ocağı tasarımı, güç sistemleri, devre sentezi, en kötü durum elektronik tasarımı, motor tasarımı, filtre tasarımı, anten tasarımı, geniş bantlı amplifikatör tasarımı, mantık devreleri tasarımı, iletim hatları, mekanik tasarım, kütüphane araştırması, sualtı akustik modellerinin ters çevrilmesi, müzik modellemesi, müşteri memnuniyeti modelleri, ısıl işlem sistem tanımlaması, sürtünme

modelleri, model seçimi, üst bant kanal modellemesi, santraller ve sistemler, kaotik zaman serisi modellemesi ve model dizisi azaltılması.

1.4.6.8. Görüntü ve Grafik Uygulamaları

Görüntünün parçalara ayrılması, dijital fotoğraflar için otomatik kırpma, sentetik açıklıklı radar görüntüleme, ortodontik x-ışını görüntülerinde tedavi planlama yerlerinin belirlenmesi, görüntü sınıflandırma, okyanus rengi yansıma ölçümlerinin ters çevrilmesi, görüntü füzyonu, fotoğraf zamanlarının tanınması, trafik dur işareti tespiti, kusur algılama, görüntü kaydı, mikrodalga görüntüleme, piksel sınıflandırması, nesnelerin tespiti, yaya tespiti ve takibi, doku sentezi, sahne eşleştirme, kontrast geliştirme, yapısal ışın matrisi ile 3D kurtarma, karakter tanıma ve görüntü parazitini giderme.

1.4.6.9. Güç Üretimi ve Kontrolü Uygulamaları

Otomatik üretim kontrolü, güç trafosu koruması, güç kaybını en aza indirme, yük tahmini, kompensatörlerin hataya dayanıklı kontrolü, hibrit güç üretim sistemleri, optimum güç dağıtımı, güç sistemi performans optimizasyonu, ikincil voltaj kontrolü, güç kontrolü ve optimizasyonu, tasarım güç sistemi dengeleyicilerinin kullanımı, kojenerasyon sistemleri için operasyonel planlama, fotovoltaiik sistemlerin kontrolü, büyük ölçekli santral kontrolleri, güç kalitesi sinyallerinin analizi, üretim planlaması ve yeniden yapılandırılması, elektrik üretimi için optimal stratejiler, üretim maliyeti ve işletme planlaması.

1.4.6.10. Bulanık Sistemler Kümeleme ve Veri Madenciliği Uygulamaları

Nörolojik bulanık ağların tasarımı, bulanık kural çıkarımı, bulanık kontrol, üyelik fonksiyonlarının optimizasyonu, bulanık modelleme, bulanık sınıflandırma, hiyerarşik bulanık sistemlerin tasarımı, bulanık kuyruk yönetimi, kümeleme, büyük kümelenmiş veri tabanlarında kümeleme, belge ve bilgi kümelenmesi, dinamik kümeleme, kaskad sınıflandırma hiyerarşik biyolojik verilerin sınıflandırılması, boyutsallığın azaltılması, genetik programlama esaslı sınıflandırma, bulanık kümeleme, sınıflandırma eşik

optimizasyonu, veri madenciliği ve özellik seçimi.

1.4.6.11. Optimizasyon Uygulamaları

Elektrik motorları optimizasyonu, içten yanmalı motorların optimizasyonu, nükleer elektrik tahrik sistemlerinin optimizasyonu, kat planlaması, paketleme ve sırt çantası, minimum yayılma ağaçları, tatmin edilebilirlik, yerleşim optimizasyonu, yol optimizasyonu ve kentsel planlama.

1.4.6.12. Tahmin Uygulamaları

Su kalitesi tahmini ve sınıflandırması, kaotik sistemlerin tahmini, akım akış tahmini, ekolojik modeller, meteorolojik tahminler, çelikte kütle gerilmesinin tahmini, zaman serileri tahmini, elektrik yükü tahmini, akü paketi durum tahmini, fil göçlerinin tahmini, frezelemede yüzey pürüzlülüğü ve kentsel trafik akışı tahmini.

1.5. Kril Sürü Algoritması

1.5.1. Kril Sürü Davranışı

Çeşitli deniz hayvanı türlerinin gruplarının oluşumu az dağılmıştır ve rastgele değildir. Birçok çalışma, bu oluşumların gelişimini yöneten altta yatan mekanizmaları bulmaya odaklanmıştır [87], [88]. Tanımlanan ana mekanizmalar beslenme yeteneği, gelişmiş üreme, avcılardan korunma ve çevre koşulları ile ilgilidir [89]. Deneysel gözlemlere dayalı olarak bu mekanizmaların kısmi katkısını değerlendirmek için bazı matematiksel modeller geliştirilmiştir [87], [88].

Antarktika krilleri, üzerinde en çok çalışılan deniz hayvanı türlerinden biridir. Kril sürüleri paralel yönelimleri olmayan kümelerdir. Bu türün ana özelliklerinden biri, büyük sürüler oluşturma kabiliyetidir [90], [91]. Son otuz yılda, krilin ekolojisini ve dağılımını anlamak için birkaç çalışma yapılmıştır. Kril sürüsünün dağılımını belirleyen kuvvetler hakkında henüz dikkate değer belirsizlikler olsa da [92], kril sürülerinin gözlenen

oluşumunu açıklamak için kavramsal modeller önerilmiştir [93]. Bu tür kavramsal çerçevelerden elde edilen sonuçlar, kril sürülerinin bu tür için temel organizasyon birimini oluşturduğunu ortaya koymuştur. Kril sürülerinin oluşumunu daha iyi anlamak için, yakın nedenleri ve agregasyon oluşumunun uyarlanabilir avantajları olan faktörler ayırt edilmelidir [94].

Foklar, penguenler veya deniz kuşları gibi yırtıcı hayvanlar krillere saldırdıklarında, tek tek krilleri çıkarırlar. Bu kril yoğunluğunun azalmasına neden olur. Avlanma sonrası kril sürüsünün oluşumu birçok parametreye bağlıdır. Kril bireylerin sürüleri, iki ana hedefi içeren çok amaçlı bir süreçtir. Bunlar:

1. Kril yoğunluğunu artırmak ve
2. Yiyeceğe ulaşmaktır.

Kril sürüsü optimizasyonunda (KSO) küresel optimizasyon problemlerini çözmek için bu süreç dikkate alınmıştır. Krilin yoğunluğa bağlı çekiciliği ve yiyecek bulma nihayet krilleri küresel minimumlar etrafında sürü haline getiren hedefler olarak kullanılmaktadır. Bu süreçte, tek bir kril, en yüksek yoğunluğu ve yiyeceği ararken en iyi çözüme doğru ilerler. Yani yüksek yoğunluk ve yiyeceğe olan mesafe ne kadar yakınsa, amaç fonksiyonu o kadar küçük olur. Genel olarak tek bir amaç için çok amaçlı sürü davranışını kullanmak için bazı katsayılar belirlenmelidir [89], [95], [96].

1.5.2. Kril Sürülerinin Lagrange Modeli

Yırtıcı hayvan bireyleri uzaklaştırarak, ortalama kril yoğunluğunun azalmasına yol açar ve kril sürüsünü besin noktasından uzaklaştırır. Bu işlemin KSO algoritmasında başlatma aşaması olduğu varsayılır. Doğal sistemde, her bir bireyin uygunluğunun, besine olan mesafenin ve kril sürüsünün en yüksek yoğunluğunun bir kombinasyonu olduğu varsayılır. Bu nedenle, uygunluk nesnel fonksiyonun değeridir. İki boyutlu yüzeyde bir bireysel krilin zamana bağlı konumu üç ana eylem tarafından yönetilir [89]. Bunlar:

1. Diğer kril bireylerinin neden olduğu hareket,
2. Besin toplama faaliyeti ve
3. Rastgele dağılım

Bir optimizasyon algoritmasının, çok boyutlu alanları arayabilme yeteneğine sahip olması gerektiği bilinmektedir. Bu nedenle, (1.40)'da verilen Lagrangian modeli n boyutlu bir karar uzayına genelleştirilmiştir.

$$\frac{dX_i}{dt} = N_i + F_i + D_i \quad (1.40)$$

N_i diğer kril bireyleri tarafından neden olunan hareket, F_i yiyecek arama hareketi ve D_i i . kril bireyinin fiziksel yayılımıdır.

1.5.2.1. Diğer Kril Bireylerinin Neden Olduğu Hareket

Teorik argümanlara göre kril bireyleri ortak etkileri nedeniyle yüksek yoğunluğu korumaya ve hareket etmeye çalışır [89]. İndüklenen hareket yönü yerel sürü yoğunluğundan, hedef sürü yoğunluğundan ve itici sürü yoğunluğundan hesaplanır [24]. Bir kril için bu hareket (1.41) ve (1.42) ile tanımlanabilir.

$$N_i^{yeni\ de\ger} = N^{maksimum} \alpha_i + \omega_n N_i^{eski\ de\ger} \quad (1.41)$$

$$\alpha_i = \alpha_i^{yerel} + \alpha_i^{hedef} \quad (1.42)$$

$N_i^{yeni\ de\ger}$ indüklenen yeni değer, $N^{maksimum}$ indüklenen maksimum hız, ω_n [0, 1] aralığında indüklenen hareketin eylemsizlik ağırlılığı, $N_i^{eski\ de\ger}$ indüklenen son hareket, α_i^{yerel} komşular tarafından sağlanan lokal etki ve α_i^{hedef} en iyi kril birey tarafından sağlanan hedef yön etkisidir. Maksimum indüklenen hızınının 0,01 m/s alınması önerilmektedir [89].

Komşuların etkisi, yerel bir arama için bireyler arasında çekici/itici bir eğilim olarak kabul edilebilir. Bu yöntemde bir kril hareketinde komşuların etkisi (1.43) – (1.45)'teki gibi tanımlanmıştır.

$$\alpha_i^{lokal} = \sum_{j=1}^{NN} \widehat{K}_{i,j} \widehat{X}_{i,j} \quad (1.43)$$

$$\widehat{X}_{i,j} = \frac{X_j - X_i}{\|X_j - X_i\| + \varepsilon} \quad (1.44)$$

$$\hat{K}_{i,j} = \frac{K_i - K_j}{K^{en\ köt\ ü} + K^{en\ iyi}} \quad (1.45)$$

$K^{en\ iyi}$ ve $K^{en\ köt\ ü}$ kril bireylerinin şimdiye kadarki en iyi ve en kötü uygunluk değerleri, K_i i . kril bireyin uygunluğu veya amaç fonksiyon değeri, K_j j . komşunun uygunluk değeri, X ilgili pozisyonlar ve NN komşuların sayısıdır. Tekillikten kaçınmak için paydaya küçük bir pozitif sayı ε eklenir.

(1.43) – (1.45) numaralı denklemlerde sağ taraf, bazı birim vektörleri ve normleştirilmiş uygunluk değerlerini içerir. Vektörler, farklı komşular tarafından indüklenen yönleri gösterir ve her bir değer, bir komşunun etkisini tanımlar. Komşuların vektörü çekici veya itici olabilir çünkü normleştirilmiş değer negatif veya pozitif olabilir.

Komşuyu seçmek için farklı stratejiler kullanılabilir. Örneğin en yakın kril bireylerinin sayısını bulmak için bir komşuluk oranı basitçe tanımlanabilir. Kril bireylerinin gerçek davranışlarını kullanarak, bir krilin etrafında bir algılama mesafesi (d_s) belirlenmeli ve komşular bulunmalıdır.

Her bir kril için algılama mesafesi, farklı sezgisel yöntemler kullanılarak belirlenebilir. Burada her bir yineleme için (1.46) kullanılarak belirlenir.

$$d_{s,i} = \frac{1}{5N} \sum_{j=1}^N \|X_i - X_j\| \quad (1.46)$$

Burada $d_{s,i}$ i . kril için algılama mesafesi ve N kril bireylerinin sayısıdır. Paydadaki $5N$ faktörü deneysel olarak elde edilir. (1.46) kullanılarak iki kril bireyin mesafesi tanımlanan algılama mesafesinden daha az ise bunlar komşudur.

Her krilin bilinen hedef vektörü, bir krilin en düşük uygunluğudur. En iyi uygunluğa sahip bireysel krilin i . bireysel kril üzerindeki etkisi (1.47) ile hesaplanır. Bu seviye onu küresel optimuma götürür ve şu şekilde formüle edilir:

$$\alpha_i^{hedef} = C^{en\ iyi} \hat{K}_{i,en\ iyi} \hat{X}_{i,en\ iyi} \quad (1.47)$$

Burada $C^{en\ iyi}$ i . krile en iyi uygunluk değerine sahip krilin etkin katsayısıdır. Bu katsayı hedefin çözümü küresel optimuma götürmesi ve komşuları gibi diğer krillerden daha etkili olması nedeniyle tanımlanmıştır. $C^{en\ iyi}$ (1.48) kullanılarak hesaplanır.

$$C^{en\ iyi} = 2 \left(rand + \frac{I}{I_{maksimum}} \right) \quad (1.48)$$

Burada $rand$ 0 ile 1 arasında rastgele bir reel sayı, I gerçek yineleme numarası ve $I_{maksimum}$ maksimum yineleme sayıdır.

1.5.2.2. Beslenme Hareketi

Toplayıcı hareket, iki ana etkin parametreye göre formüle edilmiştir. Birincisi yemek yeri ve ikincisi yemek yeri ile ilgili önceki deneyimlerdir. Bu hareket i . kril için (1.49) ve (1.50)'deki gibi ifade edilebilir.

$$F_i = V_f \beta_i + \omega_f F_i^{eski\ deger} \quad (1.49)$$

$$\beta_i = \beta_i^{yiyecek} + \beta_i^{en\ iyi\ deger} \quad (1.50)$$

Burada, V_f yiyecek arama hızı, ω_f [0, 1] aralığındaki yiyecek arama hareketinin atalet ağırlığı, $F_i^{eski\ deger}$ son yiyecek arama hareketi, $\beta_i^{yiyecek}$ yiyecek çekici ve $\beta_i^{en\ iyi\ deger}$ i . krilin en iyi uygunluğunun etkisidir.

Gıda etkisi, bulunduğu yere göre tanımlanır. Önce gıdanın merkezi bulunmalı ve sonra yiyecek çekiciliğini formüle etmeye çalışılmalıdır. Bu belirlenemez ama tahmin edilebilir. KSO'da kütle merkezinden esinlenilerek, besin konsantrasyonunun sanal merkezi, kril bireylerinin uygunluk dağılımına göre tahmin edilmektedir. Her bir yineleme için gıdanın merkezi (1.51) – (1.53) ile hesaplanır.

$$X^{yiyecek} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{1}{K_i} X_i}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{K_i}} \quad (1.51)$$

i . kril için besin çekiciliği (1.52) ile belirlenir.

$$\beta_i^{yiyecek} = C^{yiyecek} \hat{K}_{i,yiyecek} \hat{X}_{i,yiyecek} \quad (1.52)$$

Burada $C^{yiyecek}$ gıda katsayısıdır. Zamanla kril sürüde besinin etkisi azaldığı için gıda katsayısı (1.53) ile hesaplanır.

$$C^{yiyecek} = 2 \left(1 - \frac{I}{I_{maksimum\ de\ ger}} \right) \quad (1.53)$$

Yiyecek çekiciliği, kril sürüsünü küresel optimuma değere yakınsatmak için tanımlanmıştır. Bu tanıma dayanarak, kril bireyleri normalde bir miktar yinelemeden sonra küresel optimum etrafında toplanırlar. Bu KSO algoritmasının globalliğini geliştirmeye yardımcı olan verimli bir global optimizasyon stratejisi olarak düşünülebilir. i . krilin en iyi uygunluğunun etkisi de (1.54) ile hesaplanır.

$$\beta_i^{en\ iyi\ de\ ger} = \hat{R}_{i, i\ en\ iyi\ de\ ger} \hat{X}_{i, i\ en\ iyi\ de\ ger} \quad (1.54)$$

Burada $\hat{R}_{i, i\ en\ iyi\ de\ ger}$ i . krilin daha önce ziyaret ettiği en iyi pozisyonudur.

1.5.2.3. Fiziksel Yayılım

Kril bireylerin fiziksel olarak yayılması rastgele bir süreç olarak kabul edilir. Bu hareket, maksimum yayılma hızı ve rastgele yön vektörü ile (1.55)'deki gibi ifade edilebilir.

$$D_i = D^{maksimum\ de\ ger} \delta \quad (1.55)$$

Burada $D^{maksimum\ de\ ger}$ maksimum yayılma hızı ve δ rastgele yön vektörü olup, -1 ve 1 arasında rastgele reel sayılardır. Krilin konumu ne kadar iyi olursa, hareket o kadar az rastgele olur. Böylece bu etkiyi dikkate almak için fiziksel yayılım formülüne başka bir terim eklenir. Diğer kril bireyleri tarafından tetiklenen hareketin ve yiyecek arama hareketinin etkileri, zamanın artmasıyla giderek azalır. (1.55)'te fiziksel yayılım rastgele bir vektördür ve yineleme sayısındaki artışlarla sürekli olarak azalmaz. Bu nedenle (1.55)'e

yeni bir terim eklenerek, (1.56) elde edilir. Bu terim zamanla rastgele hızı doğrusal olarak azaltır ve geometrik bir tavlama çizelgesi temelinde çalışır.

$$D_i = D^{\text{maksimum değer}} \left(1 - \frac{l}{l_{\text{maksimum değer}}} \right) \delta \quad (1.56)$$

1.5.2.4. KSO Algoritmasının Hareket Süreci

Genel olarak, tanımlanan hareketler sıklıkla bir krilin konumunu en iyi uygunluğa doğru değiştirir. Diğer kril bireyleri tarafından tetiklenen yiyecek arama faaliyeti ve hareket, iki küresel ve iki yerel strateji içerir. Bunların paralel olarak çalışması KSO'yu güçlü bir algoritma yapmaktadır. Bu hareketlerin i . kril için formasyonlarına göre her bir etkin faktörün ilgili uygunluk değeri i . krilin uygunluğundan daha iyi ise çekici bir etkiye sahiptir. Aksi takdirde itici bir etki oluşturmaktadır. Fiziksel yayılım KSO'da rastgele bir arama gerçekleştirir. Zaman boyunca hareketin farklı etkin parametrelerini kullanılarak, bir krilin t ile $t+\Delta t$ arasındaki konum vektörü (1.57) ile tanımlanır.

$$X_i(t + \Delta t) = X_i(t) + \Delta t \frac{dX_i}{dt} \quad (1.57)$$

Burada Δt 'nin en önemli sabitlerden biri olduğu ve optimizasyon problemine göre dikkatlice ayarlanması gerektiği unutulmamalıdır. Çünkü bu parametre hız vektörünün ölçek faktörü olarak çalışmaktadır. Δt tamamen arama alanına bağlıdır ve (1.58) ile ifade edilmektedir.

$$\Delta t = C_t \sum_{j=1}^{NV} (UB_j - LB_j) \quad (1.58)$$

Burada NV toplam değişken sayısı, LB_j ve UB_j sırasıyla j . değişkenlerin alt ve üst sınırlarıdır. Düşük C_t değerlerinin krilin arama uzayını hassas bir şekilde taramasını sağladığı açıktır.

1.5.3. Genetik Operatörler

KSO'nun performansını artırmak için algoritmaya genetik üreme mekanizmaları dahil edilmiştir. Tanıtılan uyarlanabilir genetik üreme mekanizmaları, klasik farksal gelişim (FG) algoritmasından esinlenen çapraz geçiş ve mutasyondur.

1.5.3.1. Çarpazlama

Geçiş, bir çapraz geçiş olasılığı (C_r) tarafından kontrol edilir. Gerçek geçiş iki şekilde gerçekleştirilebilir. Bunlar:

1. İki yönlü ve
2. Üsteldir.

0 ile 1 arasında düzgün dağılımlı rasgele bir sayı oluşturularak $X_{i,m}$ 'in m . bileşeni (1.59) ve (1.60) ile belirlenir.

$$X_{i,m} = \begin{cases} X_{r,m} & \text{rand}_{i,m} < C_r \\ X_{i,m} & \text{rand}_{i,m} \geq C_r \end{cases} \quad (1.59)$$

$$C_r = 0,2\hat{K}_{i, \text{en iyi değer}} \quad (1.60)$$

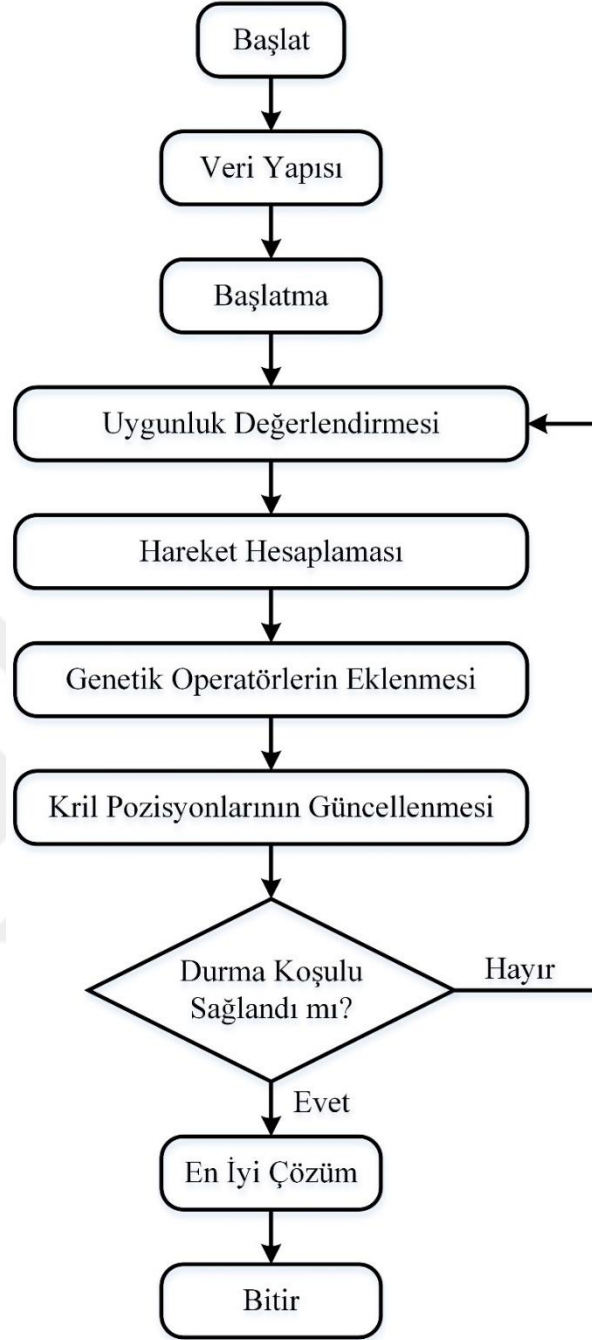
1.5.3.2. Mutasyon

Mutasyon işlemi mutasyon olasılığı (M_u) tarafından kontrol edilir. KSO'da kullanılan uyarlamalı mutasyon şeması (1.61) ve (1.62) ile tanımlanır.

$$X_{i,m} = \begin{cases} X_{\text{en iyi değer},m} + \mu(X_{p,m} - X_{q,m}) & \text{rand}_{i,m} < M_u \\ X_{i,m} & \text{rand}_{i,m} \geq M_u \end{cases} \quad (1.61)$$

$$M_u = \frac{0,05}{\hat{K}_{i, \text{en iyi değer}}} \quad (1.62)$$

Burada $1 \leq p \leq i - 1$ ve $i + 1 \leq q \leq K$ olup, μ 0 ile 1 arasında bir reel sayıdır. KSO'nun basitleştirilmiş akış şeması Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6. KSO'nun basitleştirilmiş akış şeması

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR, BULGULAR VE İRDELEME

2.1. Giriş

Bulunduğu ortama elektromanyetik, akustik veya sismik yayım yapan bir hedefin konumu birbirleri ile eş zamanlı çalışan ve uzamsal olarak ayrı yerleştirilmiş alıcılara pasif olarak tespit edilebilmektedir. Kaynaktan yayılan sinyal eş zamanlı alıcılara farklı zamanlarda ulaşmakta ve bu zaman farkları kullanılarak hiperbolik konum hatları tanımlanmaktadır. Hedef tanımlanan bu konum hatlarının kesişim noktasında konumlandırılmaktadır. Bu çalışmada iki boyutlu bir düzlemde bulunan alıcı dizisi ile hedefin konumu sezgisel optimizasyon yöntemleri kullanılarak kestirilmiştir. Farklı alıcı sayıları, geometrileri ve VZF gürültüsü varyansları için kaynağın koordinatları, PSO ve KSO algoritmaları ile bulunmuş ve elde edilen karesel konumlandırma hataları CRAS ile kıyaslanmıştır. Ayrıca yöntemler birbirleri ile yakınsama hızları açısından da kıyaslanmıştır. İlk kez bu çalışmada KSO yöntemi ile bağımsız ve tam VZF seti kullanılarak konum tespiti yapılmış ve KSO konumlandırma hatası ve yakınsama hızı açısından PSO algoritmasıyla kıyaslanmıştır. İlave olarak yine ilk kez bu çalışmada tam VZF seti kullanılarak KSO ile konum tespitinde, bağımsız VZF seti için tanımlanmış teorik limitin (CRAS) geçilebileceği benzetim sonuçlarıyla ortaya konmuştur.

2.2. Rastgele Dağılımlı Alıcı Dizisi ile Verici Konum Tespiti

2.2.1. Giriş

Bu kısımda yakın ve uzak hedef durumu için [74]'te verilen rastgele dağılımlı alıcı dizisi ile konum tespiti yapılmıştır. Her iki durumda alıcı sayısı 4'ten 10'a kadar arttırılmış ve verici konumu PSO ve KSO yöntemleri ile bulunmuş ve elde edilen sonuçlar teorik limit ile kıyaslanmıştır.

Bu çalışma kapsamında sunulan benzetim çalışmaları MATLAB R2019a programında iki boyutlu (x ve y) gerçekleştirilmiştir. Rastgele alıcı dizisi ile verici konumu tespitinde öncelikle hedefin alıcılara olan uzakları (2.1)'de verildiği gibi hesaplanır.

$$l_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}, \quad i = 1 \dots N \quad (2.1)$$

Burada l hedefin alıcıya olan uzaklığı, N alıcı sayısı ve i alıcı indisidir. Ardından gerçek VZF'ler bağımsız veya küresel set için (2.2) ve tam set için de (2.3)'deki gibi bulunur.

$$\Delta_{1i} = \frac{l_1 - l_i}{c}, \quad i = 1 \dots N - 1 \quad (2.2)$$

$$\Delta_{ij} = \frac{l_i - l_j}{c}, \quad i = 1 \dots N - 1, \quad j = i + 1 \dots N \quad (2.3)$$

Burada Δ gerçek (hatasız veya gürültüsüz) VZF'yi, c sinyalin ortamdaki yayılma hızını ve i , j alıcı indislerini göstermektedir. Alıcı sayısı dört alındığında (2.2) ve (2.3) kullanılarak bağımsız VZF seti (2.4) ve tam VZF seti (2.5)'de verildiği gibi bulunabilir.

$$\text{Bağımsız VZF Seti: } \Delta_{12}, \Delta_{13} \text{ ve } \Delta_{14} \quad (2.4)$$

$$\text{Tam VZF Seti: } \Delta_{12}, \Delta_{13}, \Delta_{14}, \Delta_{23}, \Delta_{24} \text{ ve } \Delta_{34} \quad (2.5)$$

Kestirilen zaman farklarını bulmak için gerçek zaman farklarına korele Gauss dağılımlı gürültü eklenmelidir. [74]'te hedef ile alıcılar arasında doğrudan görüş olduğu durumda VZF kovaryans (özdeğişinti) matrisini (2.6)'da verildiği şekilde gerçek VZF değerlerine VZF gürültüsü eklenebilir. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen tüm benzetimlerde verici ile alıcı arasında doğrudan görüşün bulunduğu varsayılmıştır.

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1 & \dots & 0,5 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0,5 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{N-1 \times N-1} \quad (2.6)$$

Burada \mathbf{Q} VZF kovaryans matrisi ve σ^2 VZF gürültü varyansıdır. Gerçek zaman farklarına (2.7)'deki gibi korele Gauss dağılımlı gürültü eklenerek, kestirilen VZF'ler elde edilir.

$$\hat{\Delta} = \Delta + n \quad (2.7)$$

Burada $\hat{\Delta}$ kestirilen varış zamanları farkı ve n VZF gürültüsüdür. Sezgisel optimizasyon yöntemleri ile konumlandırılmada parçacıkların veya bireylerin konumuna bağlı olarak uygunluk fonksiyonu tanımlanmalıdır. Bu uygunluk fonksiyonunun değerini minimum yapan parçacığın veya bireyin konumu, hedefin kestirilen koordinatlarını vermekte olup bu çalışmada kullanılan uygunluk fonksiyonları (2.8) – (2.11)'de verilmiştir.

$$uf_1(\mathbf{x}^p) = \sum_{i=2}^N |\hat{\Delta}_{1i} - \Delta_{1i}^p| \quad (2.8)$$

$$uf_2(\mathbf{x}^p) = \sum_{i=2}^N (\hat{\Delta}_{1i} - \Delta_{1i}^p)^2 \quad (2.9)$$

$$uf_3(\mathbf{x}^p) = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N |\hat{\Delta}_{ij} - \Delta_{ij}^p| \quad (2.10)$$

$$uf_4(\mathbf{x}^p) = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{\Delta}_{ij} - \Delta_{ij}^p)^2 \quad (2.11)$$

2.2.2. Yakın Hedef Durumu için Rastgele Dağılımlı Alıcı Dizisi ile Konum Tespiti

Yakın hedef durumunda verici-alıcı geometrisi ve VZF gürültü varyansı [74] ile aynı alınmıştır. Alıcılar iki boyutlu düzlemde rastgele olarak dağıtılmıştır. Hedef (8, 22) noktasına yerleştirilmiş ve alıcı dizisi $\{(0, 0); (-5, 8); (4, 6); (-2, 4); (7, 3); (-7, 5); (2, 5); (-4, 2); (3, 3); (1, 8)\}$ koordinatlarına konumlandırılmıştır. Gürültü varyansı $0,001/c^2$ seçilmiştir. PSO ve KSO parametreleri sırasıyla Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir. Ayrıca parçacıkların (2.12) ile tanımlanan arama uzayının dışına çıkması engellenmiştir.

$$-100 \leq x^p \leq 100, \quad -100 \leq y^p \leq 100, \quad p = 1 \dots N_p \quad (2.12)$$

Burada x^p parçacığın/bireyin x koordinatı, y^p parçacığın/bireyin y koordinatını, N_p parçacık/birey sayısını ve p parçacık/birey indisini göstermektedir.

Kestirilen VZF'leri elde etmek için gerçek VZF değerlerine korele Gauss dağılımlı gürültü eklenmektedir ve dolayısıyla genlikleri rastgeledir. Gürültü genliği küçük olduğunda konumlandırma doğruluğu yüksek ve yüksek olduğunda ise düşük çıkmaktadır. Benzetim sonuçlarının tutarlı olması için bağımsız deneme sayısının mümkün olduğunca yüksek seçilmesi gerekir. Bu benzetimde bağımsız deneme sayısı 10.000 alınmış ve ortalama karesel hata (OKH) (2.13) ile hesaplanmıştır.

$$OKH = E\{(\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{x}) * (\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{x})'\} = E\{(\hat{x} - x)^2 + (\hat{y} - y)^2\} \quad (2.13)$$

Burada $\hat{\mathbf{x}}$ hedefin kestirilen koordinatlarını, \mathbf{x} hedefin gerçek koordinatlarını, \hat{x} hedefin kestirilen x koordinatlarını, \hat{y} hedefin kestirilen y koordinatlarını, x hedefin gerçek x koordinatlarını, y hedefin gerçek y koordinatlarını, $E\{\cdot\}$ uzun dönem ortalama işlemi, $*$ vektörel çarpma operatörü ve $(\cdot)'$ transpoze işlemi göstermektedir.

Tablo 2.1. Yakın hedef durumu için konum tespitinde PSO benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Parçacık Sayısı	36
Öğrenme Faktörleri	$\varphi_1 = 2, \varphi_2 = 2$
En Büyük Parçacık Hızı	2
En Büyük Yineleme Sayısı	100
Parçacık Dağılımı	Arama uzayında eşit aralıklı

Tablo 2.2. Yakın hedef durumu için konum tespitinde KSO benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Kril Sayısı	36
Çaprazlama	Yok
Yiyecek Arama Hızı	0,005
En Büyük Yayılma Hızı	0,005
En Büyük Uyarılmış Hız	0,010
En Büyük Yineleme Sayısı	100
Kril Dağılımı	Arama uzayında eşit aralıklı

Tablo 2.3. Yakın hedef durumu için konum tespitinde benzetim sonuçları

Alıcı Sayısı	CRAS	PSO ₁	PSO ₂	PSO ₃	PSO ₄	KSO ₁	KSO ₂	KSO ₃	KSO ₄
4	0.6884	481.5397	0.9109	1.3265	0.4094	1.9652	0.8852	0.7226	0.4043
5	0.1451	0.2356	0.2599	0.1113	0.0837	0.2278	0.2571	0.1138	0.0786
6	0.1334	0.3264	0.2445	0.1161	0.0766	0.2766	0.2417	0.1141	0.0702
7	0.1143	0.6414	0.2466	0.0710	0.0451	0.2765	0.2425	0.0709	0.0398
8	0.1054	0.2552	0.2358	0.0580	0.0390	0.2674	0.2323	0.0585	0.0343
9	0.1032	0.2609	0.2691	0.0502	0.0342	0.2682	0.2651	0.0491	0.0293
10	0.0943	0.2632	0.2530	0.0559	0.0371	0.2738	0.2489	0.0547	0.0329

Tablo 2.3'te yakın hedef durumu için elde edilen benzetim sonuçları görülmektedir. Tabloda PSO₁ ve KSO₁ (2.8)'de tanımlanan uygunluk 1. fonksiyonunu, PSO₂ ve KSO₂ (2.9)'da ifade edilen 2. uygunluk fonksiyonunu, PSO₃ ve KSO₃ (2.10)'da belirtilen 3. uygunluk fonksiyonunu ve PSO₄ ve KSO₄ (2.11)'de verilen 4. uygunluk fonksiyonunu kullanmaktadır. CRAS yapılan benzetim için teorik hata limitini göstermekte olup, hesaplanan değerleri [74] ile aynı çıkmıştır. Tablo 2.3'te verilen benzetim sonuçları irdelendiğinde elde edilen başlıca bulgular şunlardır:

- Uygunluk fonksiyonunda bağımsız VZF setini kullanan PSO₁, PSO₂, KSO₁ ve KSO₂ yöntemleri olması gerektiği gibi teorik limiti (CRAS) geçememiştir.
- Uygunluk fonksiyonunda tam VZF setini kullanan PSO₃, PSO₄, KSO₃ ve KSO₄ algoritmaları PSO₃ yönteminin 4 alıcılı durumu dışında teorik limiti geçmiştir. Literatürde CRAS bağımsız VZF seti için tanımlanmış olup, sezgisel optimizasyon yöntemleri ve tam VZF seti kullanılarak limit geçilebilmektedir.
- Uygunluk fonksiyonunda tam VZF setini kullanan PSO₃, PSO₄, KSO₃ ve KSO₄ yöntemleri içinde 4. uygunluk fonksiyonuna (hatanın karesi) göre verici konumunu bulan PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları her alıcı sayısı için 3. uygunluk fonksiyonu (hatanın genliği) ile konumlandırma yapan PSO₃ ve KSO₃ tekniklerinden daha iyi sonuç elde etmiştir.
- PSO ve KSO yöntemlerinde en yüksek konumlandırma doğruluğu 4. uygunluk fonksiyon ile sağlanmıştır.
- Tüm alıcı sayıları için en yüksek doğrulukla konum tespiti KSO₄ yöntemi ile yapılmıştır.

VZF ile verici konumu tespitinde kestirilen VZF değerlerin doğru bir şekilde elde edilmesi çok önemlidir. VZF kestiriminin doğru yapılması kullanılan gürültü modeline bağlıdır. [74]'te verici ile alıcılar arasında doğrudan görüş olduğunda VZF kovaryans matrisinin alıcı sayısına bağlı olarak (2.14), (2.16), (2.18), (2.20), (2.22), (2.24) ve (2.26)'da verildiği gibi olması gerekmektedir. Bu koşulun sağlanması üretilen gürültünün \mathbf{Q} matrisini sağlayacak şekilde korele olmasına ve bağımsız deneme sayısının yeterince büyük alınmasına bağlıdır. Bu kısımda sunulan benzetim sonuçlarının doğruluğunu ve tutarlılığını göstermesi açısından her alıcı sayısı için yapılan 10.000 bağımsız denemede üretilen VZF gürültülerinin kovaryans matrisleri (\mathbf{Q}_b) hesaplanmış ve (2.15), (2.17), (2.19), (2.21), (2.23), (2.25) ve (2.27)'de sunulmuştur.

(2.14) – (2.27) irdelendiğinde benzetimde kullanılan gürültü modelinin doğru ve bağımsız deneme sayısının yeterli olduğu görülmektedir. Hesaplanan kovaryans matris (\mathbf{Q}_b) değerlerinin, ideal kovaryans matrise (\mathbf{Q}) daha da yakın çıkması isteniyorsa bağımsız deneme sayısı arttırılmalıdır. Bağımsız deneme sayısı 100.000 veya 1.000.000 alındığında elde edilen benzetim sonuçları daha doğru ve tutarlı olacaktır.

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 1 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.14)$$

$$\mathbf{Q}_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 0.9797 & 0.4803 & 0.4793 \\ 0.4803 & 0.9925 & 0.4802 \\ 0.4793 & 0.4802 & 0.9817 \end{bmatrix} \quad (2.15)$$

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.16)$$

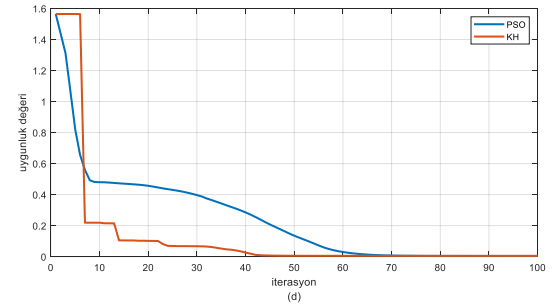
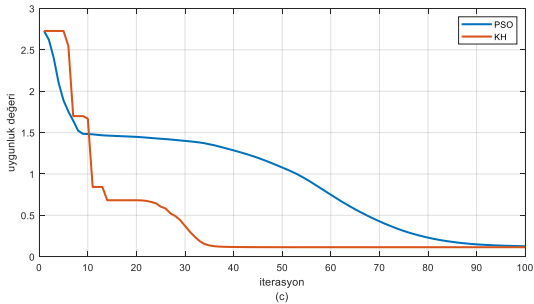
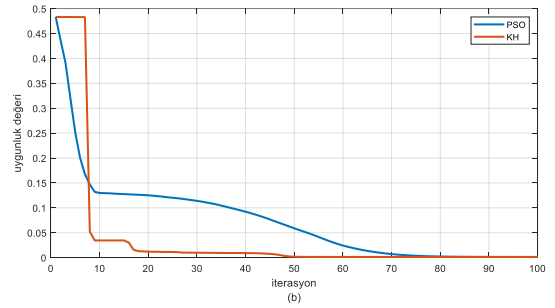
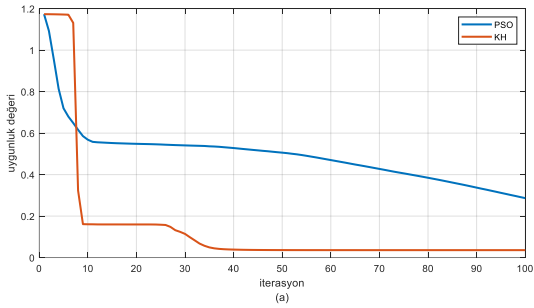
$$\mathbf{Q}_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1.0319 & 0.5207 & 0.5150 & 0.5171 \\ 0.5207 & 1.0310 & 0.5249 & 0.5050 \\ 0.5150 & 0.5249 & 1.0210 & 0.5113 \\ 0.5171 & 0.5050 & 0.5113 & 0.9988 \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

$$\mathbf{Q} = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.18)$$

$$Q_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 0.9920 & 0.5074 & 0.4901 & 0.4893 & 0.5041 & 0.4920 & 0.4925 & 0.4936 \\ 0.5074 & 1.0053 & 0.5035 & 0.5071 & 0.5078 & 0.5051 & 0.4980 & 0.5065 \\ 0.4901 & 0.5035 & 0.9873 & 0.4857 & 0.4888 & 0.4780 & 0.4927 & 0.4806 \\ 0.4893 & 0.5071 & 0.4857 & 0.9987 & 0.5093 & 0.4986 & 0.4942 & 0.4956 \\ 0.5041 & 0.5078 & 0.4888 & 0.5093 & 1.0162 & 0.5125 & 0.5048 & 0.5013 \\ 0.4920 & 0.5051 & 0.4780 & 0.4986 & 0.5125 & 1.0096 & 0.5032 & 0.5035 \\ 0.4925 & 0.4980 & 0.4927 & 0.4942 & 0.5048 & 0.5032 & 1.0033 & 0.4954 \\ 0.4936 & 0.5065 & 0.4806 & 0.4956 & 0.5013 & 0.5035 & 0.4954 & 0.9937 \end{bmatrix} \quad (2.25)$$

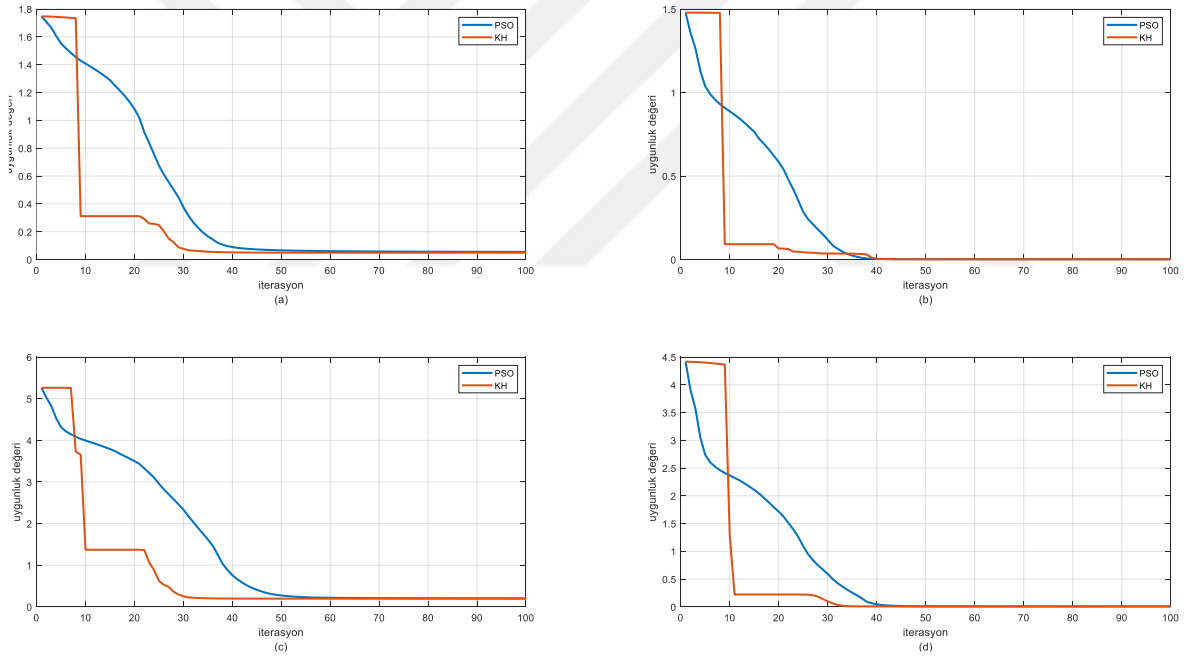
$$Q = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 1 \end{bmatrix} \quad (2.26)$$

$$Q_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1.0012 & 0.4964 & 0.5029 & 0.4963 & 0.4993 & 0.5082 & 0.4950 & 0.5056 & 0.5149 \\ 0.4964 & 1.0001 & 0.4949 & 0.4895 & 0.5005 & 0.5047 & 0.4983 & 0.5022 & 0.5055 \\ 0.5029 & 0.4949 & 0.9936 & 0.4976 & 0.5047 & 0.5184 & 0.5037 & 0.5032 & 0.5089 \\ 0.4963 & 0.4895 & 0.4976 & 0.9858 & 0.4928 & 0.5059 & 0.4920 & 0.4911 & 0.4983 \\ 0.4993 & 0.5005 & 0.5047 & 0.4928 & 1.0033 & 0.5108 & 0.5024 & 0.5136 & 0.5114 \\ 0.5082 & 0.5047 & 0.5184 & 0.5059 & 0.5108 & 1.0120 & 0.5024 & 0.5112 & 0.5238 \\ 0.4950 & 0.4983 & 0.5037 & 0.4920 & 0.5024 & 0.5024 & 0.9906 & 0.5031 & 0.5087 \\ 0.5056 & 0.5022 & 0.5032 & 0.4911 & 0.5136 & 0.5112 & 0.5031 & 0.9971 & 0.5168 \\ 0.5149 & 0.5055 & 0.5089 & 0.4983 & 0.5114 & 0.5238 & 0.5087 & 0.5168 & 1.0181 \end{bmatrix} \quad (2.27)$$



Şekil 2.1. 4 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄

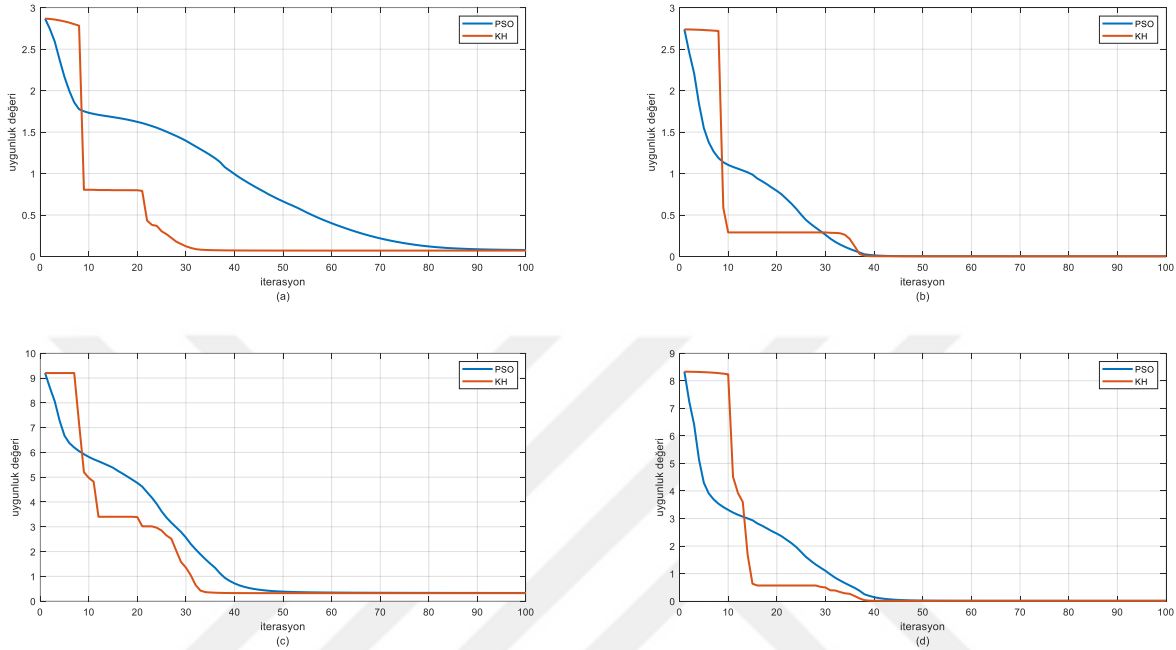
Şekil 2.1’de 4 alıcılı durum için sezgisel optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değerlerinin yakınsama eğrileri görülmektedir. (2.8)’de tanımlanan 1. uygunluk fonksiyonunu kullanan PSO_1 100 yinelemede yakınsayamamışken aynı uygunluk fonksiyonu ile konum tespiti yapan KSO_1 40. yinelemede yakınsamıştır. (2.9)’da verilen 2. uygunluk fonksiyonuna göre verici koordinatlarını bulan PSO_2 80. yinelemede ve KSO_2 ise 50. yinelemede yakınsamıştır. (2.10)’da ifade edilen 3. uygunluk fonksiyonu ile hedefi konumlandıran PSO_3 100. yinelemede yakınsarken KSO_3 40. iterasyonda yakınsamıştır. Son olarak (2.11)’de belirtilen 4. Uygunluk fonksiyonu ile verici pozisyonunu belirleyen PSO_4 70. yinelemede yakınsarken KSO_4 45. yinelemede yakınsamıştır. Sonuç olarak rastgele dağılımlı 4 alıcı ile konumlandırmada her uygunluk fonksiyonu için KSO, PSO’dan belirgin şekilde erken yakınsamış ve hedefin koordinatlarını önceden tespit etmiştir.



Şekil 2.2. 5 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO_1 ve KSO_1 (b) PSO_2 ve KSO_2 (c) PSO_3 ve KSO_3 (d) PSO_4 ve KSO_4

Şekil 2.2’de 5 alıcı ile konum tespitinde PSO ve KSO’nun yakınsama eğrileri görülmektedir. İlk uygunluk fonksiyonu ile konumlandırma yapan PSO_1 70. yinelemede yakınsarken KSO_1 40. yinelemede yakınsamıştır. İkinci uygunluk fonksiyonu ile verici konumunu bulan PSO_2 ve KSO_2 45. yinelemede yakınsamıştır. Üçüncü uygunluk fonksiyonu ile hedef koordinatlarını belirleyen PSO_3 60. yinelemede yakınsarken KSO_3 40. yinelemede yakınsamıştır. Son olarak son uygunluk fonksiyonu ile kaynak konumunu bulan

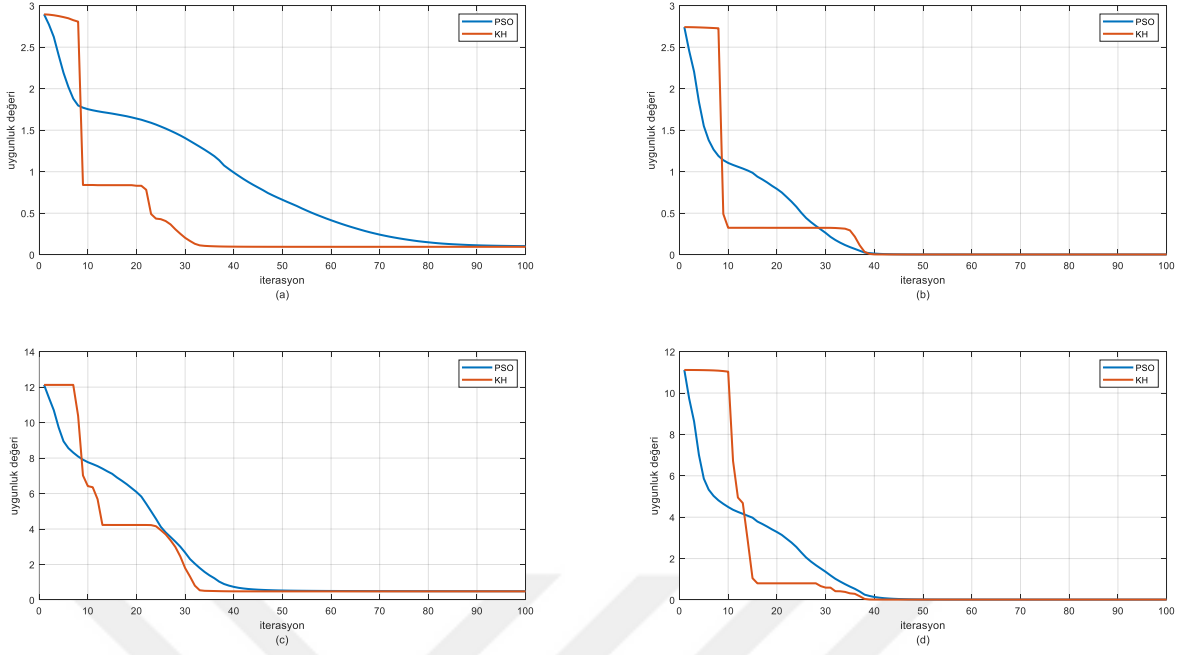
PSO₄ 50. yinelemede yakınsarken KSO₄ 35. yinelemede yakınsamıştır. Sonuç olarak KSO 1., 3. ve 4. uygunluk fonksiyonlarında PSO'dan daha erken ve 2. uygunluk fonksiyonunda ise aynı yinelemede yakınsamıştır.



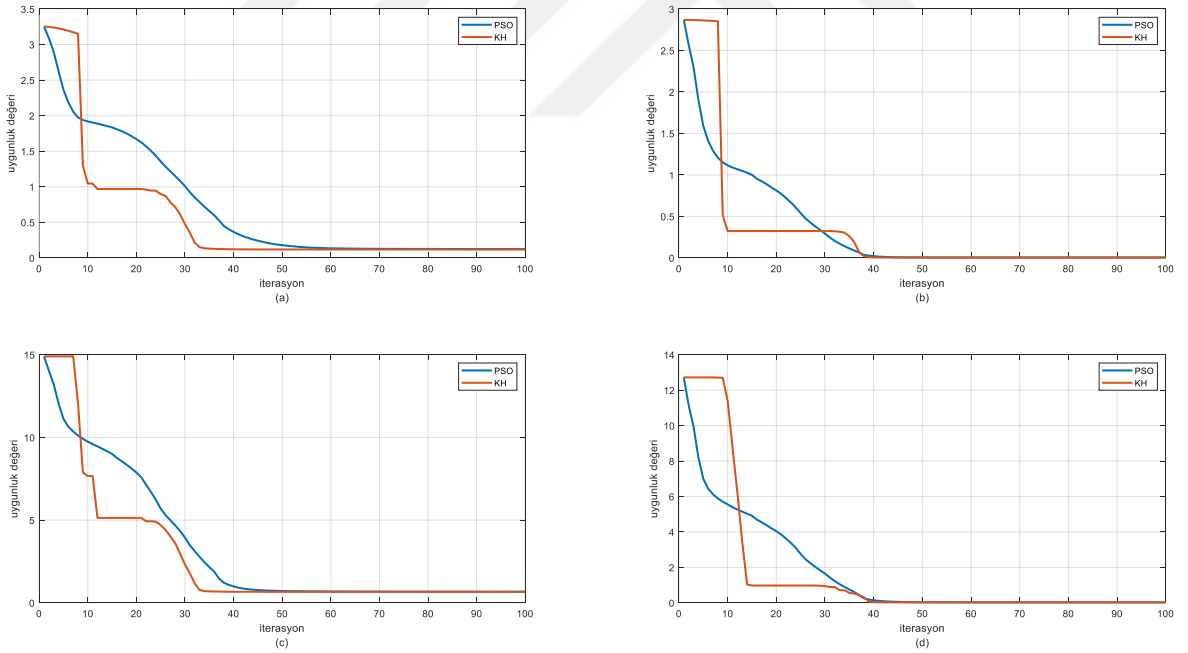
Şekil 2.3. 6 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄

Şekil 2.3'te 6 alıcı ile konum tespitinde sezgisel yöntemlerin yakınsama eğrileri verilmiştir. Şekil 2.3(a)'da PSO₁ 100. yinelemede yakınsarken KSO₁ 35. yinelemede yakınsamıştır. Şekil 2.3(b)'de PSO₂ 45. yinelemede yakınsarken KSO₂ 38. yinelemede yakınsamıştır. Şekil 2.3(c)'de ise PSO₃ 60. yinelemede ve KSO₃ 35. yinelemede yakınsamıştır. Son olarak Şekil 2.4(d)'de PSO₄ 50. yinelemede ve KSO₄ 40. yinelemede yakınsamıştır. Sonuç olarak 6 alıcılı konumlandırma sisteminde tüm uygunluk fonksiyonlarında KSO daha erken yakınsamıştır.

Şekil 2.4'te 7 alıcıya sahip bir konumlandırma sistemi ile hedef koordinatlarının tespitinde PSO ve KSO yöntemlerinin uygunluk fonksiyonlarının yakınsama eğrileri görülmektedir. Dört uygunluk fonksiyonu için PSO₁ 100. yinelemede, KSO₁ 35. yinelemede, PSO₂ 45. yinelemede, KSO₂ 39. yinelemede, PSO₃ 50. yinelemede, KSO₃ 35. yinelemede, PSO₄ 50. yinelemede ve KSO₄ 38. yinelemede yakınsamıştır. Diğer alıcılı sistemlerde olduğu gibi tüm uygunluk fonksiyonlarında KSO algoritması PSO'dan daha hızlı yakınsamıştır.



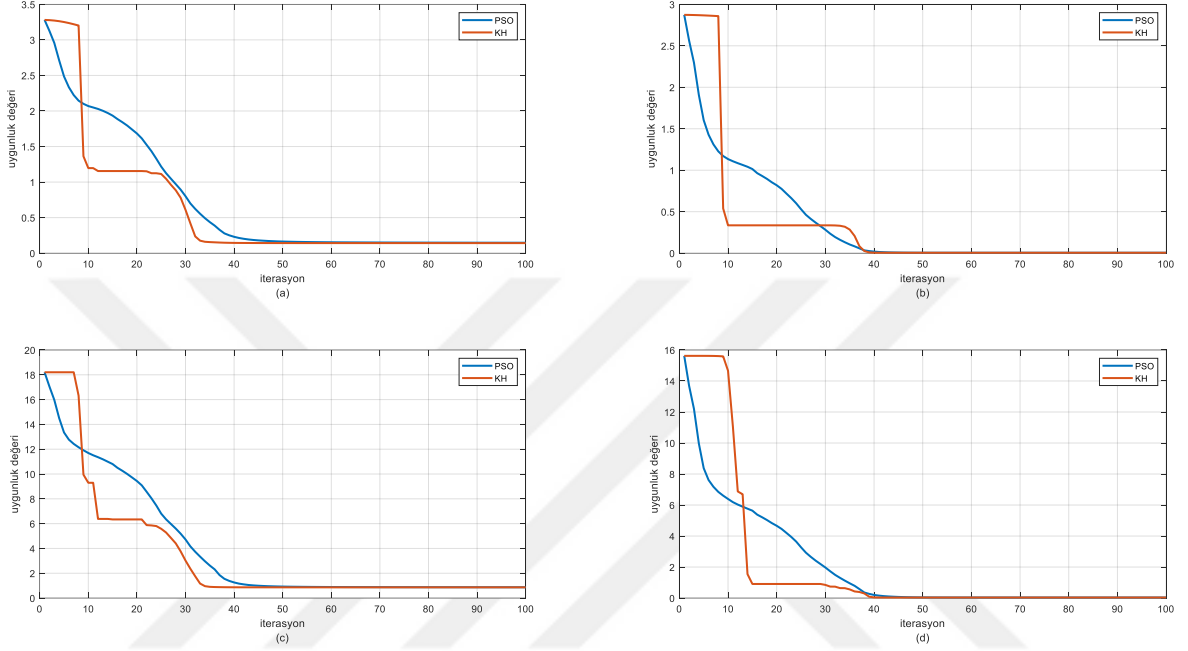
Şekil 2.4. 7 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄



Şekil 2.5. 8 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄

Şekil 2.5'te 8 alıcılı bir konumlandırma sistemi ile veri koordinatlarının tespitinde sezgisel optimizasyon yöntemlerinin yakınsama eğrileri sunulmuştur. Dört uygunluk fonksiyonuna bağlı olarak PSO1 60. yinelemede, KSO1 35. yinelemede, PSO2 45.

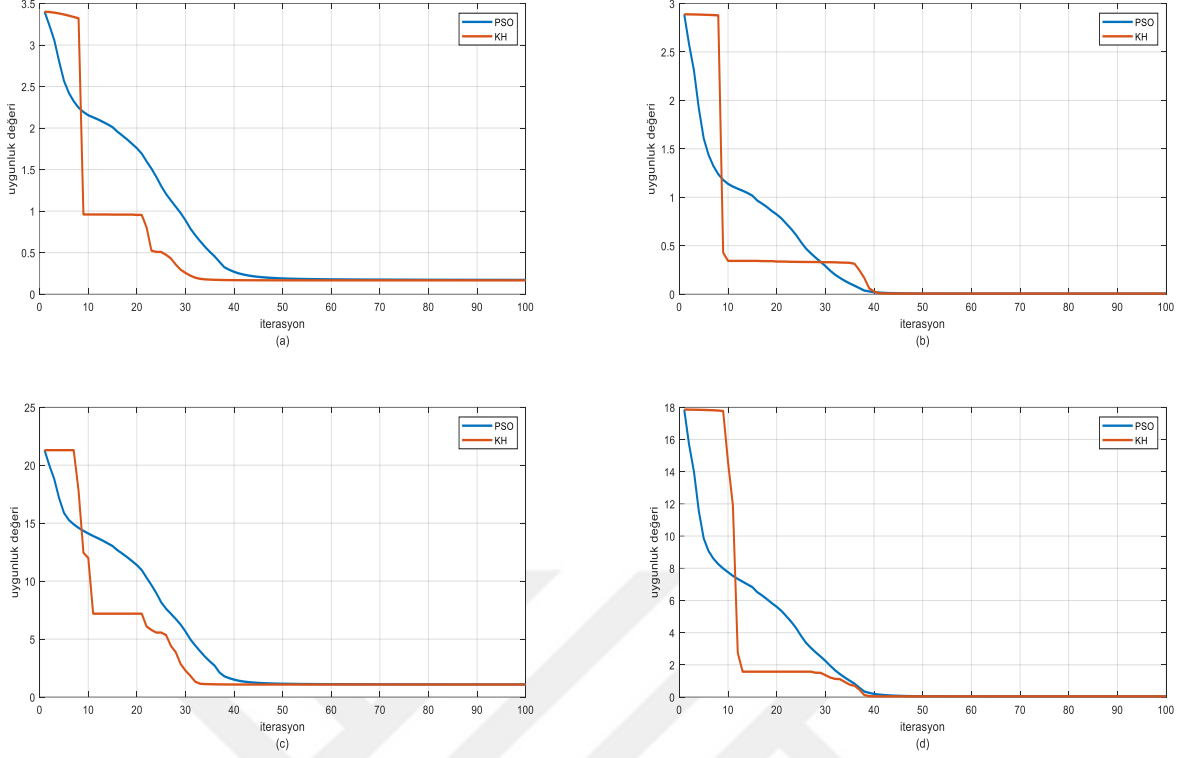
yinelemede, KSO2 38. yinelemede, PSO3 50. yinelemede, KSO3 35. yinelemede, PSO4 50. yinelemede ve KSO4 40. yinelemede yakınsamıştır. Sonuç olarak konum tespitinde kullanılan VZF hatası tabanlı dört uygunluk fonksiyonu için de literatürdeki çalışmalara uyumlu olarak KSO yöntemi PSO'da daha önce yakınsamıştır.



Şekil 2.6. 9 alıcılı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄

Şekil 2.6'da 9 alıcılı durum için sezgisel optimizasyon yöntemlerinin yakınsama eğrileri görülmektedir. (2.8) – (2.11)'de tanımlanan uygunluk fonksiyonlarına göre PSO₁ 50. yinelemede, KSO₁ 35. yinelemede, PSO₂ 45. yinelemede, KSO₂ 38. yinelemede, PSO₃ 50. yinelemede, KSO₃ 35. yinelemede, PSO₄ 50. yinelemede ve KSO₄ 39. yinelemede yakınsamıştır. Literatür ile uyumlu olarak KSO tüm uygunluk fonksiyonlarında PSO'da önce yakınsamıştır.

Şekil 2.7'de son durum olan 10 alıcılı konumlandırma sisteminde kıyaslanan optimizasyon yöntemlerinin yakınsama eğrileri verilmiştir. Seçilen dört uygunluk fonksiyonuna bağlı olarak PSO₁ 55. yinelemede, KSO₁ 35. yinelemede, PSO₂ ve KSO₂ 45. yinelemede, PSO₃ 50. yinelemede, KSO₃ 33. yinelemede, PSO₄ 46. yinelemede ve KSO₄ 38. yinelemede yakınsamıştır. 5 alıcılı duruma benzer şekilde 1., 3. ve 4. uygunluk fonksiyonlarında KSO algoritması PSO'dan önce ve 2. uygunluk fonksiyonunda ise aynı yakınsamıştır.



Şekil 2.7. 10 alıcı ve yakın hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄

Sonuçlar: Bu başlık altında rastgele dağılımlı alıcı dizisi ile yakında bulunan bir hedefin koordinatlarının tespitinde PSO ve KSO yöntemleri doğruluk ve yakınsama hızı açısından kıyaslanmış olup, başlıca sonuçlar şunlardır:

- İlk kez bu çalışmada bağımsız VZF seti kullanılarak KSO ile konum tespiti yapılmıştır.
- İlk kez bu çalışmada tam VZF seti kullanılarak KSO ile konum tespiti yapılmıştır.
- İlk kez bu çalışmada bağımsız VZF seti kullanılarak konum tespitinde KSO ve PSO algoritmaları birbirleri ile doğruluk ve yakınsama hızı açısından kıyaslanmıştır.
- İlk kez bu çalışmada tam VZF seti kullanılarak konum tespitinde KSO ve PSO algoritmaları birbirleri ile doğruluk ve yakınsama hızı açısından kıyaslanmıştır.
- İlk kez bu çalışmada tam VZF seti kullanılarak KSO ile konum tespitinde teorik limit olan CRAS'nin geçilebileceği gösterilmiştir.
- PSO ve KSO yöntemlerinde en düşük konumlandırma hatası 4. uygunluk fonksiyonu ile elde edilmiştir.
- Uygunluk fonksiyonlarına bağlı olarak kıyaslanan PSO ve KSO yöntemlerinde en yüksek konumlandırma doğruluğunda KSO₄ ile ulaşılmıştır.

- KSO algoritmasında tam VZF seti tabanlı uygunluk fonksiyonları ($uf_3(\mathbf{x}^p)$ ve $uf_4(\mathbf{x}^p)$) bağımsız VZF setine göre tanımlanan teorik limitin geçilebileceği gösterilmiştir.
- PSO ve KSO'nun yakınsama hızı açısından kıyaslanmasında 5 ve 10 alıcılı durumlarda iki algoritma da aynı zamanda yakınsamış ve diğer tüm durumlarda KSO yöntemi PSO'dan önce yakınsamıştır.

2.2.3. Uzak Hedef Durumu İçin Rastgele Dağılımlı Alıcı Dizisi ile Konum Tespiti

Uzak hedef durumu için alıcı geometrisi [74] ile aynı alınmıştır. Hedef (-50, 250) noktasına konumlandırılmış ve alıcı dizisi $\{(0, 0); (-5, 8); (4, 6); (-2, 4); (7, 3); (-7, 5); (2, 5); (-4, 2); (3, 3); (1, 8)\}$ koordinatlarına yerleştirilmiştir. Gürültü varyansı $0,00001/c^2$ seçilmiştir. PSO ve KSO parametreleri sırasıyla Tablo 2.4 ve Tablo 2.5'te sunulmuştur. İlave olarak parçacıkların ve krillerin arama uzayının dışına çıkması (2.28) ile engellenmiştir.

$$-300 \leq x^p \leq 300, \quad -300 \leq y^p \leq 300, \quad p = 1 \dots N_p \quad (2.28)$$

Tablo 2.4. Uzak hedef durumu için konum tespitinde PSO benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Parçacık Sayısı	36
Öğrenme Faktörleri	$\varphi_1 = 2, \varphi_2 = 2$
En Büyük Parçacık Hızı	2
En Büyük Yineleme Sayısı	1.000
Parçacık Dağılımı	Arama uzayında eşit aralıklı

Uzak hedef durumunda konumlandırma doğruluğunun tutarlı olması ve üretilen korele Gauss dağılımlı gürültünün değişken genliğinden az etkilenmesi için bağımsız deneme sayısı 1.000 alınmış ve ortalama karesel hata (OKH) (2.13) ile hesaplanmıştır.

Tablo 2.6'da uzak hedef durumu için rastgele dağılımlı alıcı dizisi kullanılarak PSO ve KSO algoritmaları ile elde edilen karesel hata değerleri görülmektedir. Güncel literatüre uygun şekilde bağımsız VZF seti tabanlı PSO₁, PSO₂, KSO₁ ve KSO₂ yöntemleri teorik

limiti aşmamıştır. Buna karşın uygunluk fonksiyonunda tam VZF seti bulunan PSO₃, PSO₄, KSO₃ ve KSO₄ algoritmaları CRAS'ı geçmiştir. Bağımsız VZF seti $N - 1$ ve tam VZF seti ise $N(N - 1)/2$ zaman farkından oluşmaktadır. Sezgisel optimizasyon yöntemleri bağımsız ve tam VZF setlerini kullanarak konum tespiti yapabildikleri için bağımsız sete göre tanımlanmış teorik limiti aşabilmektedirler.

Tablo 2.5. Uzak hedef durumu için konum tespitinde KSO benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Kril Sayısı	36
Çaprazlama	Yok
Yiyecek Arama Hızı	0,005
En Büyük Yayılma Hızı	0,005
En Büyük Uyarılmış Hız	0,010
En Büyük Yineleme Sayısı	1.000
Kril Dağılımı	Arama uzayında eşit aralıklı

Tablo 2.6. Uzak hedef durumu için konum tespitinde benzetim sonuçları

Alıcı Sayısı	CRAS	PSO ₁	PSO ₂	PSO ₃	PSO ₄	KSO ₁	KSO ₂	KSO ₃	KSO ₄
4	<i>328.8220</i>	408.4867	456.2383	189.9785	161.3067	389.4844	442.3318	136.8712	133.0754
5	<i>143.9386</i>	201.1163	225.6839	106.1734	73.5848	151.3754	204.0267	82.8508	67.1927
6	<i>44.0635</i>	59.3180	80.3036	43.9461	43.1677	58.3426	79.1287	41.9797	40.6486
7	<i>38.5352</i>	67.2255	88.5718	35.0547	21.7753	65.9639	86.7719	28.6312	20.7577
8	<i>38.5304</i>	70.8836	86.3463	24.5334	14.2868	66.9435	84.7395	20.7435	13.6165
9	<i>36.4695</i>	79.7251	99.9854	18.1612	10.3622	83.9055	98.2860	14.5825	9.7954
10	<i>33.7309</i>	101.5093	101.6723	14.8425	9.2081	93.4193	99.6010	11.9552	8.5958

Tablo 2.6'da aynı uygunluk fonksiyonu ile hedef konumunu bulan KSO₃ yöntemi PSO₃'ten ve KSO₄ algoritması da PSO₄'ten daha iyi sonuç vermiştir. Ayrıca benzetimi yapılan tüm yöntemler içerisinde en düşük konumlandırma hatası yakın hedef durumunda olduğu gibi KSO₄ ile elde edilmiştir.

Konumlandırma yöntemlerinin karesel hatalarının teorik limit ile kıyaslanması kestirilen VZF değerlerinde kullanılan gürültü modelinin doğru olmasını gerektirmektedir. Benzetimde kullanılan VZF gürültüsünün kovaryans matrisi hesaplandığında (\mathbf{Q}_b) bulunan değerlerin ideal yakınsama matrisi (\mathbf{Q}) ile aynı veya yakın olması gerekmektedir. Gürültü modeli doğru ve bağımsız deneme sayısı ne kadar çok olursa VZF gürültüsünden hesaplanan yakınsama matrisi ideal matrisi o kadar benzer olmaktadır. Uzak hedef durumunda sezgisel optimizasyon yöntemlerindeki en büyük yinleme sayısı 1.000 olduğu için benzetimler nispeten uzun sürmektedir. Bu nedenle bağımsız deneme sayısı 1.000 alınmıştır. (2.29) – (2.35)'te verilen hesaplanan VZF gürültüsü kovaryans matrisleri, ideal kovaryans matrislere yakın çıkmış olup, benzetim sonuçlarının doğruluğu ve tutarlılığı yeterli düzeydedir. Ancak bağımsız deneme sayısının 10.000, 100.000 ve 1.000.000 alınması benzetim sonuçlarının çok daha doğru ve tutarlı olmasını sağlayacaktır.

$$\mathbf{Q}_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1.0243 & 0.5072 & 0.5392 \\ 0.5072 & 0.9764 & 0.4927 \\ 0.5392 & 0.4927 & 0.9599 \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

$$\mathbf{Q}_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 0.9967 & 0.5223 & 0.4789 & 0.4858 \\ 0.5223 & 0.9702 & 0.4867 & 0.5354 \\ 0.4789 & 0.4867 & 0.9653 & 0.4831 \\ 0.4858 & 0.5354 & 0.4831 & 0.9866 \end{bmatrix} \quad (2.30)$$

$$\mathbf{Q}_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1.0864 & 0.5472 & 0.5249 & 0.4671 & 0.5250 \\ 0.5472 & 1.0503 & 0.5186 & 0.4877 & 0.5323 \\ 0.5249 & 0.5186 & 0.9951 & 0.4588 & 0.5190 \\ 0.4671 & 0.4877 & 0.4588 & 0.8972 & 0.4606 \\ 0.5250 & 0.5323 & 0.5190 & 0.4606 & 0.9978 \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

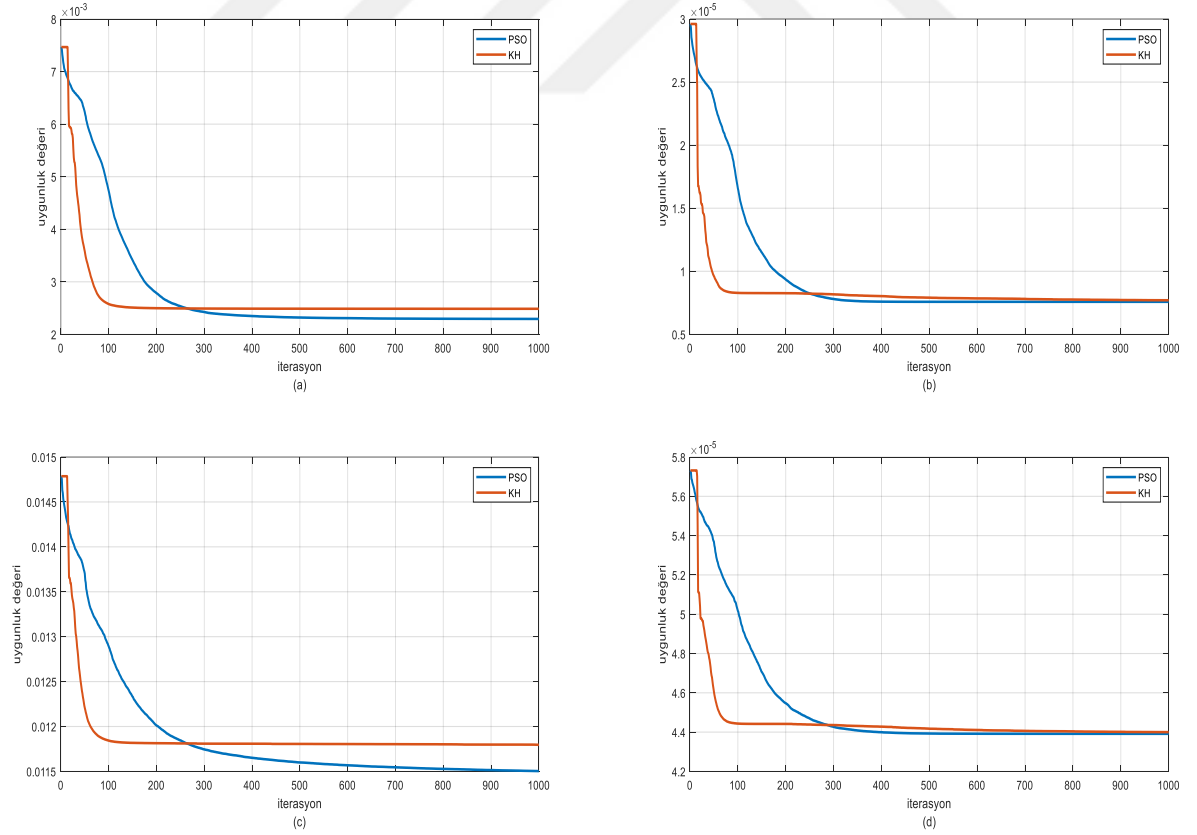
$$\mathbf{Q}_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 0.9918 & 0.5191 & 0.5225 & 0.5026 & 0.5259 & 0.4753 \\ 0.5191 & 0.9904 & 0.4989 & 0.5069 & 0.5448 & 0.4818 \\ 0.5225 & 0.4989 & 1.0465 & 0.5362 & 0.5509 & 0.5001 \\ 0.5026 & 0.5069 & 0.5362 & 1.0095 & 0.5469 & 0.4894 \\ 0.5259 & 0.5448 & 0.5509 & 0.5469 & 1.0883 & 0.5182 \\ 0.4753 & 0.4818 & 0.5001 & 0.4894 & 0.5182 & 0.9274 \end{bmatrix} \quad (2.32)$$

$$\mathbf{Q}_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 0.9620 & 0.4842 & 0.4814 & 0.4968 & 0.4298 & 0.4786 & 0.4289 \\ 0.4842 & 0.9714 & 0.5004 & 0.4684 & 0.4468 & 0.4569 & 0.4337 \\ 0.4814 & 0.5004 & 1.0153 & 0.4826 & 0.4590 & 0.4678 & 0.4658 \\ 0.4968 & 0.4684 & 0.4826 & 1.0383 & 0.4535 & 0.4771 & 0.4458 \\ 0.4298 & 0.4468 & 0.4590 & 0.4535 & 0.9009 & 0.4315 & 0.4249 \\ 0.4786 & 0.4569 & 0.4678 & 0.4771 & 0.4315 & 0.9666 & 0.4577 \\ 0.4289 & 0.4337 & 0.4658 & 0.4458 & 0.4249 & 0.4577 & 0.9340 \end{bmatrix} \quad (2.33)$$

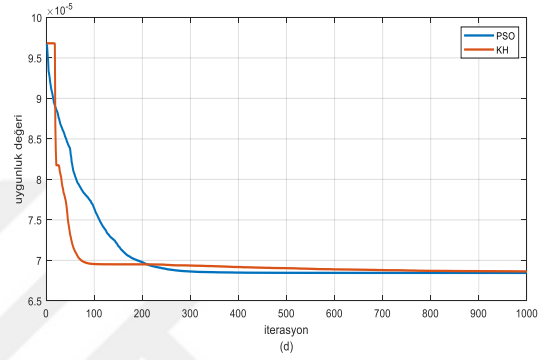
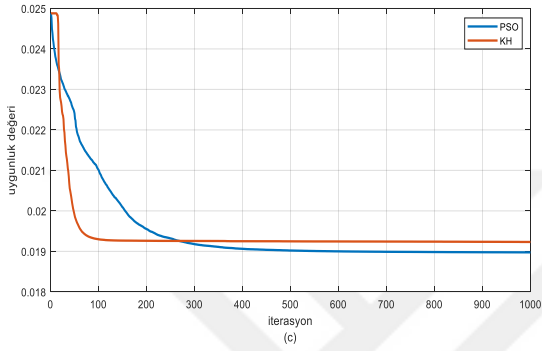
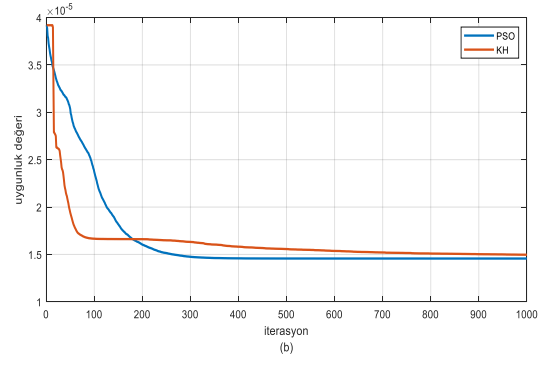
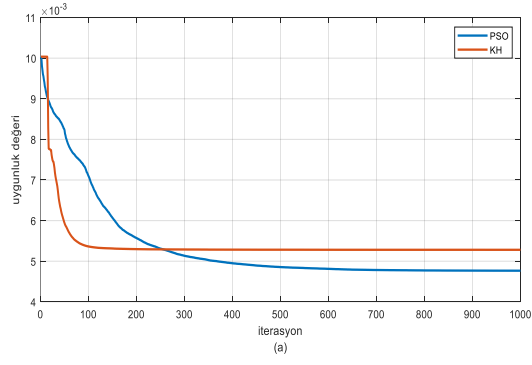
$$Q_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1.0360 & 0.4838 & 0.4803 & 0.5521 & 0.5095 & 0.5016 & 0.4976 & 0.5170 \\ 0.4838 & 0.9970 & 0.4990 & 0.5164 & 0.4816 & 0.5177 & 0.5329 & 0.4844 \\ 0.4803 & 0.4990 & 0.9782 & 0.5126 & 0.4765 & 0.4998 & 0.4998 & 0.4820 \\ 0.5521 & 0.5164 & 0.5126 & 1.0525 & 0.5281 & 0.5332 & 0.5097 & 0.5217 \\ 0.5095 & 0.4816 & 0.4765 & 0.5281 & 0.9522 & 0.4742 & 0.5019 & 0.5072 \\ 0.5016 & 0.5177 & 0.4998 & 0.5332 & 0.4742 & 1.0279 & 0.4998 & 0.5154 \\ 0.4976 & 0.5329 & 0.5086 & 0.5097 & 0.5019 & 0.4998 & 0.9771 & 0.4924 \\ 0.5170 & 0.4844 & 0.4820 & 0.5217 & 0.5072 & 0.5154 & 0.4924 & 1.0010 \end{bmatrix} \quad (2.34)$$

$$Q_b = \frac{1}{\sigma^2} \begin{bmatrix} 1.0473 & 0.4647 & 0.5103 & 0.5476 & 0.5136 & 0.5685 & 0.5420 & 0.5234 & 0.5249 \\ 0.4647 & 0.9965 & 0.4860 & 0.4917 & 0.4384 & 0.5025 & 0.4809 & 0.4478 & 0.5008 \\ 0.5103 & 0.4860 & 0.9723 & 0.5047 & 0.4806 & 0.5484 & 0.4879 & 0.4838 & 0.5368 \\ 0.5476 & 0.4917 & 0.5047 & 1.0298 & 0.5281 & 0.5980 & 0.5443 & 0.5274 & 0.5449 \\ 0.5136 & 0.4384 & 0.4806 & 0.5281 & 1.0100 & 0.4990 & 0.5060 & 0.4907 & 0.4824 \\ 0.5685 & 0.5025 & 0.5484 & 0.5980 & 0.4990 & 1.0774 & 0.5516 & 0.5476 & 0.5760 \\ 0.5420 & 0.4809 & 0.4879 & 0.5443 & 0.5060 & 0.5516 & 1.0003 & 0.5172 & 0.5285 \\ 0.5234 & 0.4478 & 0.4838 & 0.5274 & 0.4907 & 0.5476 & 0.5172 & 1.0404 & 0.5164 \\ 0.5249 & 0.5008 & 0.5368 & 0.5449 & 0.4824 & 0.5760 & 0.5285 & 0.5164 & 1.0366 \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

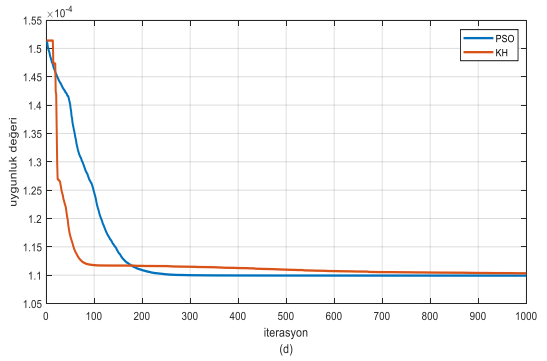
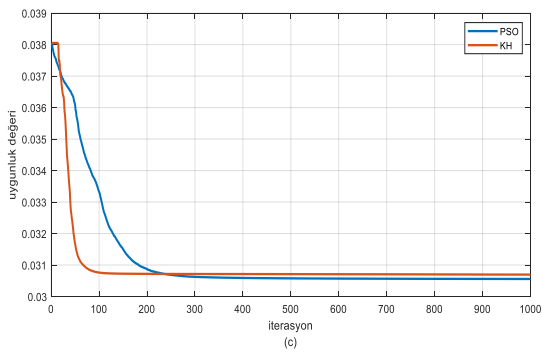
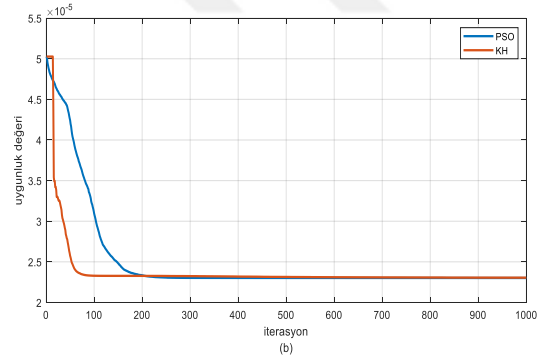
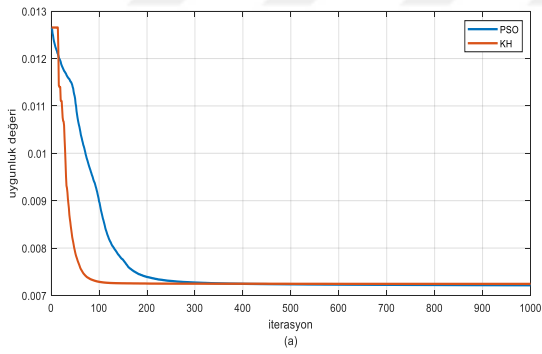
Şekil 2.8 – Şekil 2.14’te farklı alıcı sayıları ve uygunluk fonksiyonları için PSO ve KSO algoritmalarının yakınsama eğrileri verilmiştir. Bu eğrilere göre yöntemlerin yakınsama değerleri Tablo 2.7’de sunulmuştur.



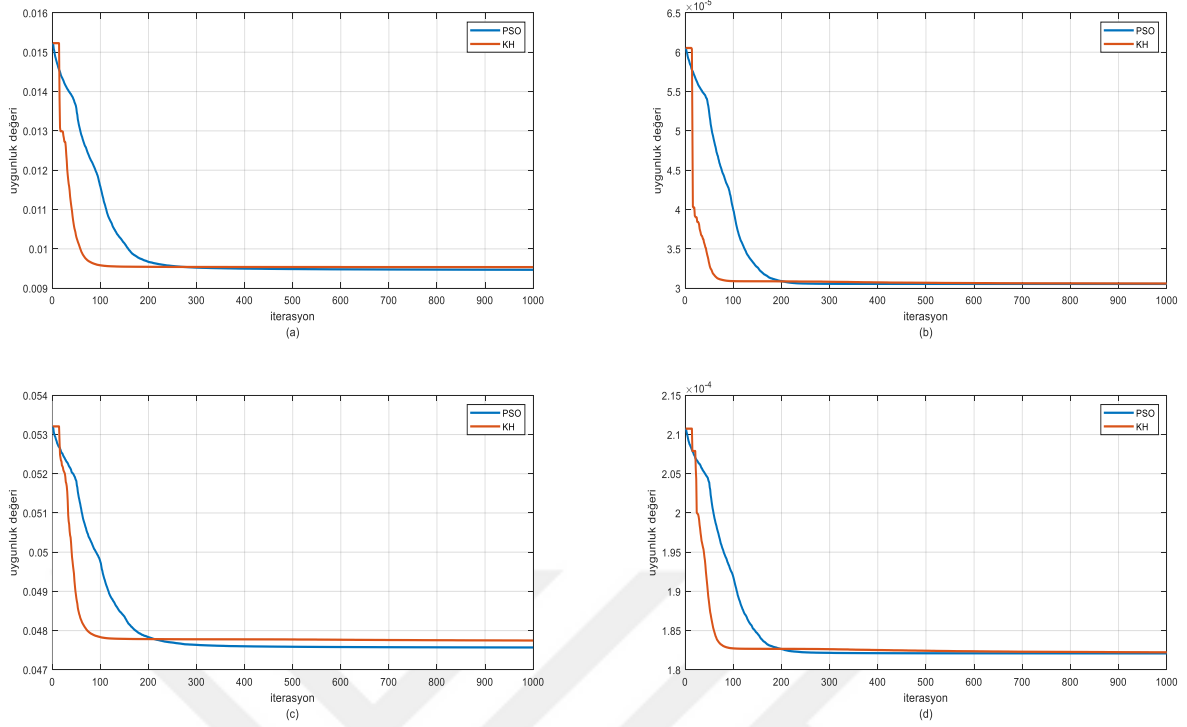
Şekil 2.8. 4 alıcı ve uzak hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄



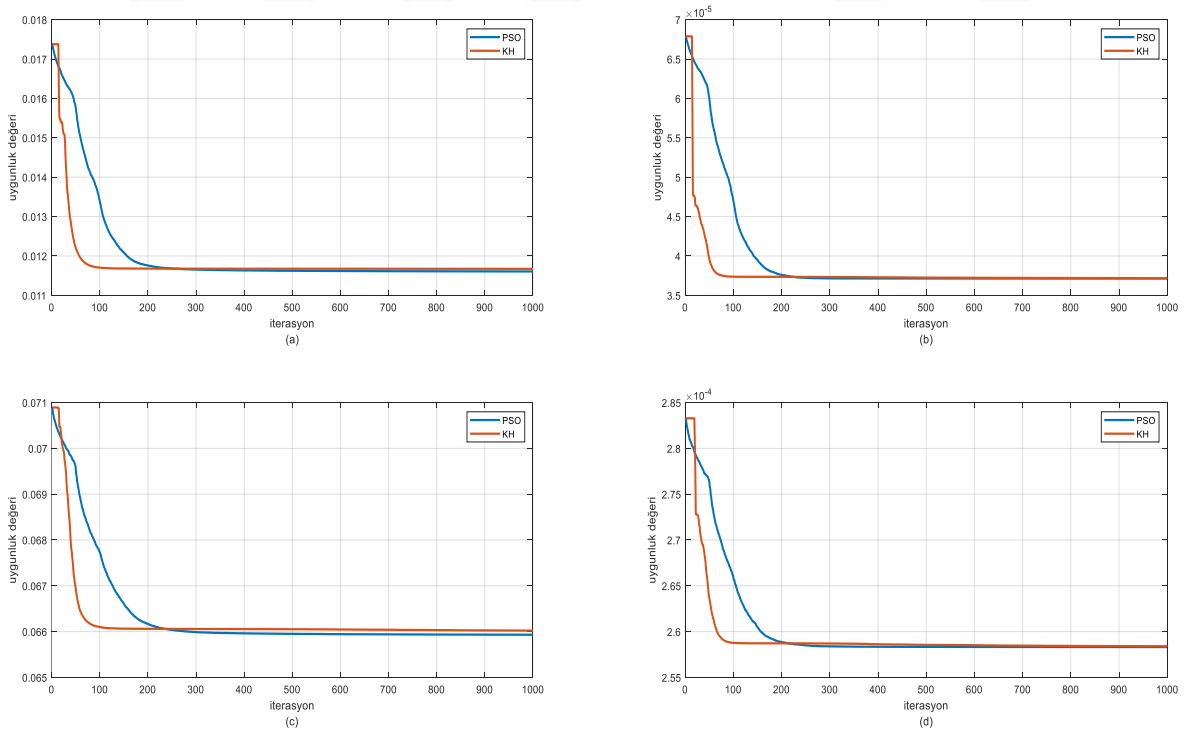
Şekil 2.9. 5 alıcı ve uzak hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄



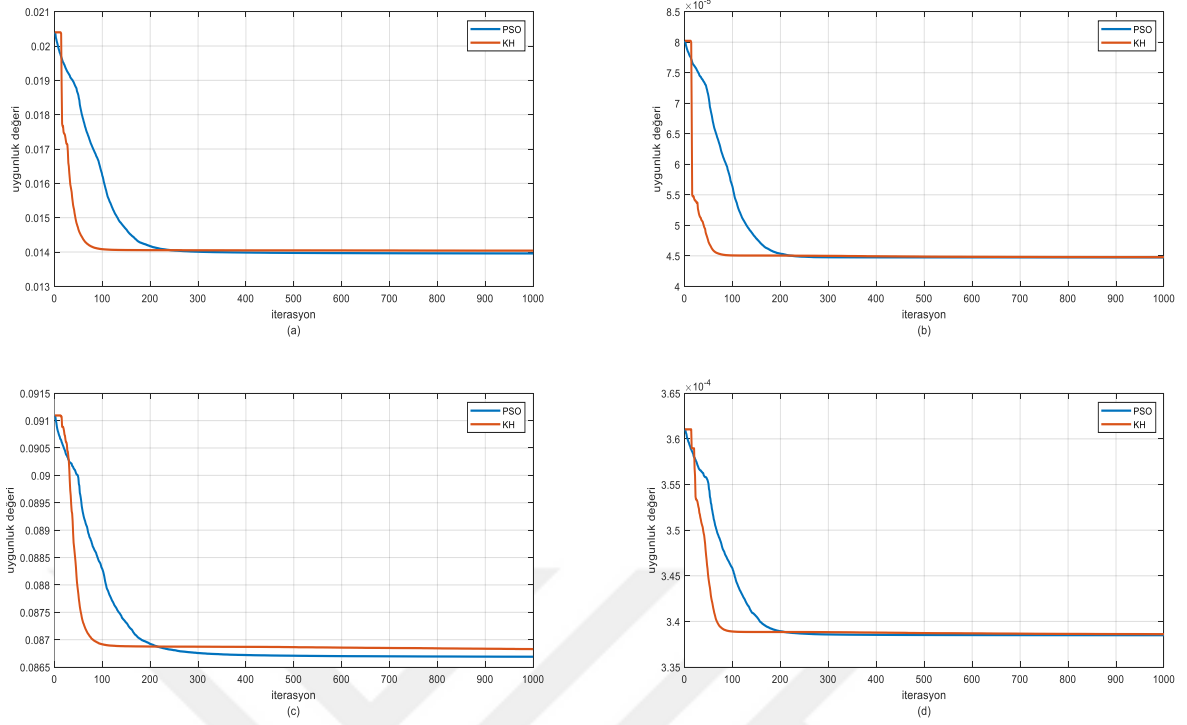
Şekil 2.10. 6 alıcı ve uzak hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄



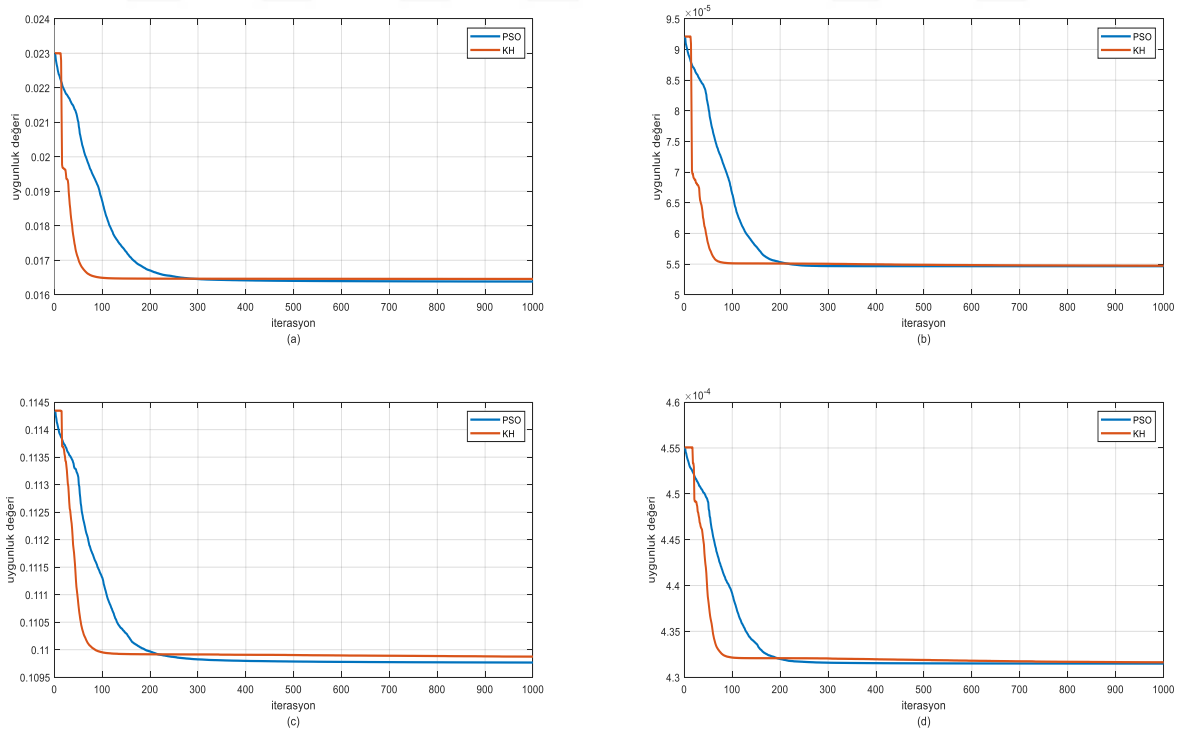
Şekil 2.11. 7 alıcı ve uzak hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄



Şekil 2.12. 8 alıcı ve uzak hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄



Şekil 2.13. 9 alıcı ve uzak hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄



Şekil 2.14. 10 alıcı ve uzak hedef durumu için optimizasyon yöntemlerinin uygunluk değeri eğrileri (a) PSO₁ ve KSO₁ (b) PSO₂ ve KSO₂ (c) PSO₃ ve KSO₃ (d) PSO₄ ve KSO₄

Tablo 2.7. PSO ve KSO yöntemlerinin alıcı sayısı ve uygunluk fonksiyonuna bağlı olarak yakınsamanın sağlandığı yineleme değerleri

Alıcı Sayısı	Yakınsamanın Sağlandığı Yineleme							
	PSO ₁	KSO ₁	PSO ₂	KSO ₂	PSO ₃	KSO ₃	PSO ₄	KSO ₄
4	700	200	400	100	1.000	160	500	100
5	800	150	400	100	600	150	400	100
6	400	140	300	100	400	100	300	100
7	500	140	300	100	500	150	300	100
8	400	100	300	100	400	150	300	100
9	400	150	300	100	500	150	300	100
10	400	100	300	100	400	150	300	120

Tablo 2.7’de uzak hedef durumu için PSO ve KSO algoritmalarının uygunluk fonksiyonlarına bağlı olarak yakınsamanın sağlandığı yineleme değerleri verilmiştir. Tabloda KSO yönteminin tüm alıcı sayısı ve uygunluk fonksiyonlarında PSO’dan daha erken yakınsadığı görülmektedir.

Sonuçlar: Uzak hedef durumu için gerçekleştirilen benzetim çalışmalarında elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:

- Yakın hedef durumunda olduğu gibi PSO ve KSO yöntemlerinde en düşük konumlandırma hatası 4. uygunluk fonksiyonunda elde edilmiştir.
- 3. uygunluk fonksiyonu ile konum tespiti yapan PSO₃ ve KSO₃ yöntemlerinde tüm alıcı sayıları için KSO₃, daha yüksek konumlandırma doğruluğuna sahiptir.
- 4. uygunluk fonksiyonu ile verici koordinatlarını kestiren PSO₄ ve KSO₄ algoritmalarında her alıcı sayısı için KSO₄, daha düşük karesel konumlandırma hatasına sahiptir.
- Uygunluk fonksiyonlarına bağlı olarak kıyaslanan PSO ve KSO yöntemlerinde en yüksek konumlandırma doğruluğuna yakın hedef durumunda olduğu gibi KSO₄ ile ulaşılmıştır.
- PSO ve KSO algoritmalarında tam VZF seti tabanlı uygunluk fonksiyonları ($uf_3(x^p)$ ve $uf_4(x^p)$) kullanıldığında teorik limitin geçilebileceği gösterilmiştir.
- PSO ve KSO’nun yakınsama hızı açısından kıyaslanmasında tüm alıcı sayısı ve uygunluk fonksiyonlarında KSO algoritması PSO’dan önce yakınsamıştır.

2.3. Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Hedef Konum Tespiti

2.3.1. Giriş

Bu kısımda farklı alıcı sayısına sahip eş açılı dairesele dizileri ile hareketli bir hedefin konumu tespit edilmiştir. Hedefin doğrusal, dairesele ve sinüzoidal bir rota izlediği üç durum için hedef koordinatları PSO ve KSO algoritmaları ile bulunmuş ve yöntemler karesel konumlandırma doğruluğu açısından birbirleri ve teorik limit ile kıyaslanmıştır.

Eş açılı dairesele dizide, dizi merkezi orijinde olan r yarıçaplı bir çember üzerine eşit aralıklarla (açılarla) yerleştirilmektedir. Bu dizilerde alıcıların x koordinatları (2.36) ve y koordinatları da (2.37) ile kolaylıkla hesaplanabilir.

$$x_i = r \times \cos\left(\frac{2 \times i \times \pi}{N}\right), \quad i = 0 \dots N - 1 \quad (2.36)$$

$$y_i = r \times \sin\left(\frac{2 \times i \times \pi}{N}\right), \quad i = 0 \dots N - 1 \quad (2.37)$$

Burada r eş açılı dairesele alıcı dizisinin yarıçapını göstermektedir.

2.3.2. Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Doğrusal Bir Rotada Hareket Eden Hedefin Konum Tespiti

Bu benzetimde (2.38)'de tanımlanan arama uzayında doğrusal hareket yapan bir alıcının konumu, yarıçapı 10 olan 6 alıcılı bir eş açılı dizi ile PSO ve KSO algoritmaları kullanılarak bulunmuştur. Gürültü varyansı $0,0001/c^2$ olarak alınmış ve PSO ve KSO parametreleri sırasıyla Tablo 2.8 ve Tablo 2.9'da verildiği gibi seçilmiştir. Ayrıca parçacıkların arama uzayının dışına çıkması (2.12) ile engellenmiştir. Hedefin rotası (2.39)'da tanımlanmış olup, bu rota üzerinde bulunan 51 hedef noktası için 1.000 bağımsız deneme sonunda elde edilen karesel konumlandırma hatası eğrileri Şekil 2.15'te verilmiştir.

$$-100 \leq x \leq 100, \quad -100 \leq y \leq 100 \quad (2.38)$$

$$x = 4 \times i - 104, \quad y = 40, \quad i = 1 \dots 51 \quad (2.39)$$

Tablo 2.8. Eş açılı dairesel alıcı dizisi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde PSO benzetim parametreleri

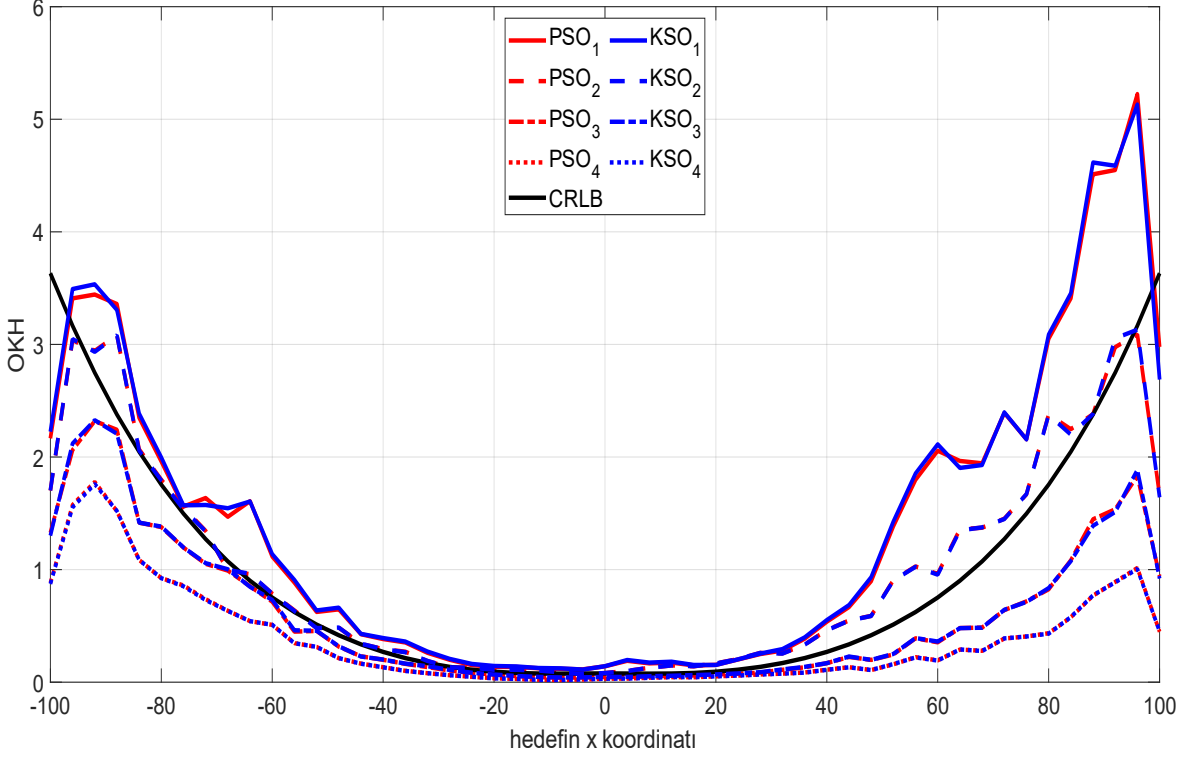
Parametre	Değer
Parçacık Sayısı	49
Öğrenme Faktörleri	$\varphi_1 = 2, \varphi_2 = 2$
En Büyük Parçacık Hızı	2
En Büyük Yineleme Sayısı	1.000
Parçacık Dağılımı	Arama uzayında eşit aralıklı

Tablo 2.9. Eş açılı dairesel alıcı dizisi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde KSO benzetim parametreleri

Parametre	Değer
Kril Sayısı	49
Çaprazlama	Yok
Yiyecek Arama Hızı	0,005
En Büyük Yayılma Hızı	0,005
En Büyük Uyarılmış Hız	0,010
En Büyük Yineleme Sayısı	1.000
Kril Dağılımı	Arama uzayında eşit aralıklı

Şekil 2.15'te (2.8) – (2.11)'de tanımlanan uygunluk fonksiyonlarını kullanarak konum tespiti yapan PSO ve KSO algoritmalarının karesel hata eğrileri görülmektedir. Şekilde PSO1 düz kırmızı çizgi, KOH 1 düz mavi çizgi, PSO2 kesikli kırmızı çizgi, KSO2 kesikli mavi çizgi, PSO3 kesikli noktalı kırmızı çizgi, KSO3 kesikli noktalı mavi çizgi, PSO4 noktalı kırmızı çizgi, KSO3 noktalı mavi çizgi ve CRAS'da düz siyah çizgi ile temsil edilmiştir. Şekil 2.15'te bağımsız VZF seti kullanan PSO₁, KSO₁, PSO₂ ve KSO₂ yöntemlerinin beklenildiği gibi teorik limiti aşmadığı görülmektedir. Buna karşın uygunluk fonksiyonu tam VZF setine göre tanımlanmış olan PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları rastgele dağılımlı alıcı dizisi ile konum tespitinde olduğu gibi CRAS'ı geçmiştir. Ayrıca tam VZF seti tabanlı uygunluk fonksiyonlarından VZF kestirim hatasının karesine göre verici konumunu bulan PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri VZF kestirim hatasının mutlak değerine göre hedef koordinatlarını belirleyen PSO₃ ve PSO₃ algoritmalarından daha iyi sonuç vermiştir.

Son olarak tam VZF setini kullana PSO ve KSO yöntemlerinde konumlandırma başarımının hemen hemen aynı olduğu ancak çok az da olsa KSO algoritmasının karesel konum hatasının daha düşük çıktığı Şekil 2.15'te görülmektedir.



Şekil 2.15. 6 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata eğrileri

51 test noktası için elde edilen OKH değerlerinin ortalaması (2.40) ve normalize değerleri (2.41) ile hesaplanıp, Tablo 2.10'da verilmiştir. Tabloda bağımsız VZF seti ile konum tespiti yapan PSO₁, PSO₂, KSO₁ ve KSO₂ yöntemlerinin teorik limit geçemediği görülmektedir. Buna karşın tam VZF setiyle konumlandırma yapan PSO₃, PSO₄, KSO₃ ve KSO₄ algoritmaları CRAS'yi geçmiş ve en düşük karesel konumlandırma hatası KSO₄ ile elde edilmiştir.

$$Ortalama(i) = \frac{1}{N_{tn}} \sum_{j=1}^{N_{tn}} Yöntem(i), \quad 1 \leq i \leq 9 \text{ ve } 1 \leq j \leq N_{tn} \quad (2.40)$$

$$Yöntem(i) = \{CRAS, PSO_1, PSO_2, PSO_3, PSO_4, KSO_1, KSO_2, KSO_3, KSO_4\}$$

$$Normalize(i) = 100 \times \frac{Ortalama(i)}{Ortalama(1)}, \quad 1 \leq i \leq 9 \quad (2.41)$$

Burada N_{tn} test noktası sayısı, i yöntem indisi ve j test noktası indisidir.

Tablo 2.10. 6 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile doğrusal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata değerleri

OKH	CRAS	PSO ₁	PSO ₂	PSO ₃	PSO ₄	KSO ₁	KSO ₂	KSO ₃	KSO ₄
Ortalama	0.9589	1.3773	0.9924	0.5929	0.3842	1.3865	0.9920	0.5941	0.3826
Normalize	100.00	143.64	103.50	61.83	40.07	144.60	103.46	61.96	39.90

Sonuçlar: Dairesel eş açılı alıcı dizisi ile doğrusal hareket yapan hedefin konum tespit benzetiminde ulaşılan başlıca sonuçlar şunlardır:

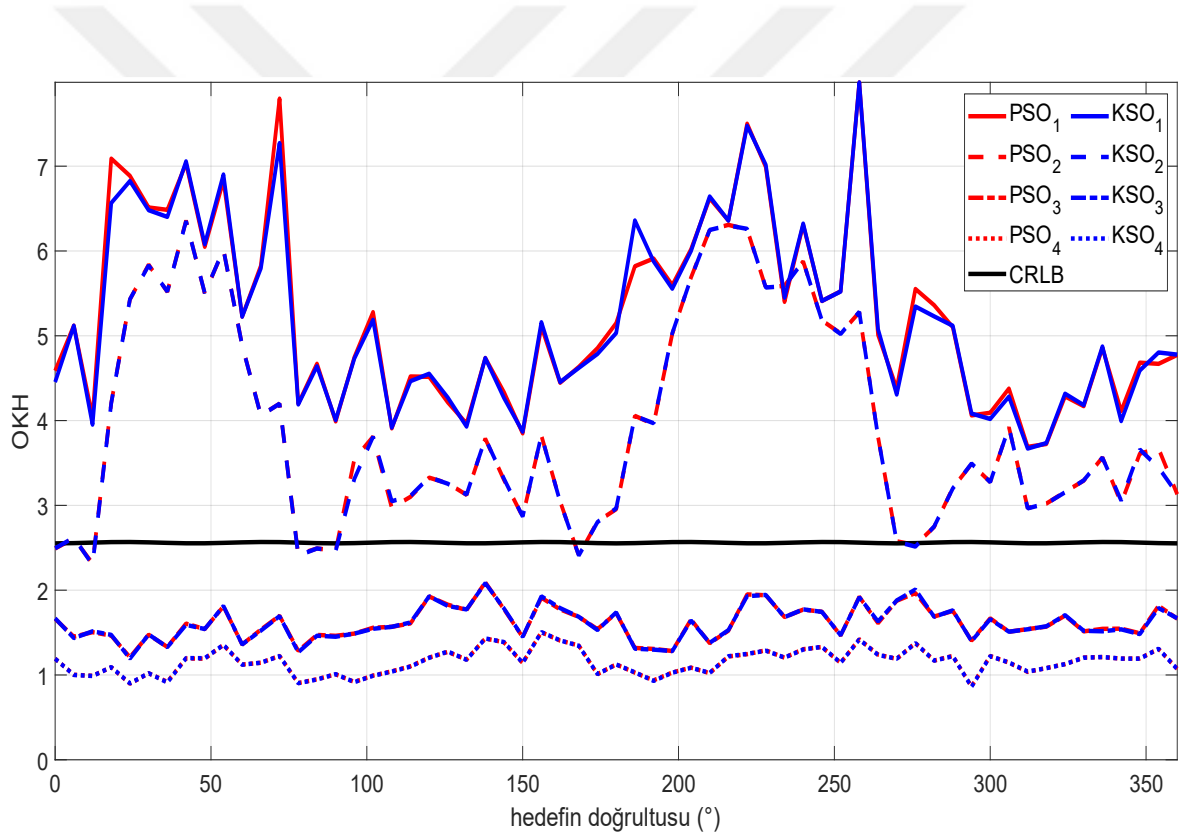
- Bağımsız VZF seti tabanlı 1. ve 2. uygunluk fonksiyonu ile konum tespiti yapan PSO₁, KSO₁, PSO₂ ve KSO₂ yöntemleri güncel literatüre uygun şekilde CRAS'ı geçmemişlerdir.
- Tam VZF seti tabanlı 3. ve 4. uygunluk fonksiyonlarını kullanarak verici koordinatlarını belirleyen PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları teorik limiti aşmıştır.
- 4. uygunluk fonksiyonu ile konumlandırma yapan PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri 3. uygunluk fonksiyonunu kullanarak hedef koordinatlarını kestiren PSO₃ ve KSO₃ algoritmalarından daha yüksek konumlandırma doğruluğuna sahiptir.
- Tam VZF seti uygunluk fonksiyonları ile kaynak konumunu belirleyen PSO ve KSO algoritmaları hemen hemen aynı başarıma sahip olup, KSO₃ ve KSO₄ az da olsa PSO₃ ve PSO₄'ten daha düşük karesel konumlandırma hatasına sahiptir.

2.3.3. Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Dairesel Bir Rotada Hareket Eden Hedefin Konum Tespiti

Bu kısımda (2.38)'de ifade edilen arama yüzeyinde dairesel hareket yapan bir hedefin koordinatları orijinde konumlandırılmış yarıçapı 10 olan 8 alıcılı bir eş aralıklı dizi ile tespit edilmiştir. VZF gürültüsü $0,001/c^2$ alınmış ve sezgisel optimizasyon yöntemlerinin parametreleri Tablo 2.8 ve Tablo 2.9'da verildiği gibi alınmıştır. Dairesel hareket yapan hedefin rotası (2.42) ile tanımlanmış olup, 61 hedef noktası için 250 bağımsız deneme sonucunda elde edilen karesel konumlandırma hata eğrileri Şekil 2.16'da sunulmuştur.

$$x = 60 \times \cos\left(\frac{i \times \pi}{30}\right), \quad y = 60 \times \sin\left(\frac{i \times \pi}{30}\right), \quad i = 1 \dots 61 \quad (2.42)$$

Şekil 2.16’da bağımsız VZF seti tabanlı uygunluk fonksiyonuna sahip PSO₁, KSO₁, PSO₂ ve KSO₂ yöntemleri olması gerektiği gibi teorik sınırı geçememiştir. Buna karşın uygunluk fonksiyonunda tam VZF seti bulunan PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları CRAS’yi aşmışlardır. Tam VZF setini kullanan PSO₃ ile KSO₃ ve PSO₄ ile KSO₄ hemen hemen aynı başarıyı göstermiştir. Sunulan diğer benzetim sonuçlarında olduğu gibi VZF kestirim hatasının karesine göre konum tespiti yapan PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri hatanın genliğine göre hedef koordinatlarının belirleyen PSO₃ ve KSO₃’ten daha yüksek doğruluğa sahiptir.



Şekil 2.16. 8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile dairesel bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata eğrileri

51 test noktası için sırasıyla (2.40) ve (2.41) ile hesaplanan ortalama ve normalize OKH değerleri Tablo 2.11’de sunulmuştur. Tabloda bağımsız VZF seti ile konumlandırma yapan yöntemlerin (PSO₁, KSO₂, PSO₁ ve KSO₂) teorik limiti geçemediği ve buna karşın

tam VZF setini kullanan algoritmaların (PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄) CRAS'yi aştığı görülmektedir. Ayrıca en yüksek konumlandırma doğruluğu KSO₄ yöntemi ile sağlanmıştır.

Tablo 2.11. 8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile dairesel bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata değerleri

OKH	CRAS	PSO ₁	PSO ₂	PSO ₃	PSO ₄	KSO ₁	KSO ₂	KSO ₃	KSO ₄
Ortalama	2.5601	5.2288	3.9345	1.6125	1.1540	5.2021	3.9293	1.6112	1.1536
Normalize	100.00	204.24	153.68	62.99	45.08	203.20	153.48	62.93	45.06

Sonuçlar: Arama uzayında dairesel hareket yapan hedefin konumunun eş açılı dairesel dizisi ile kestiriminde elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:

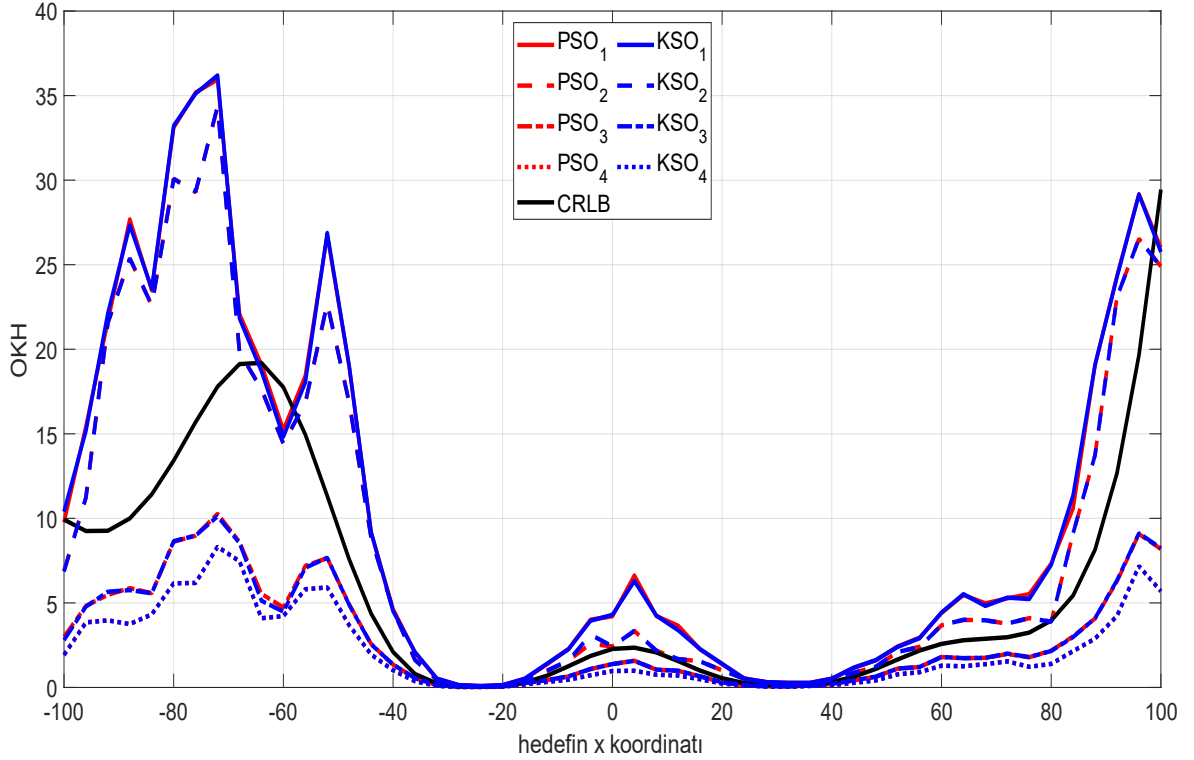
- Bağımsız VZF seti ile hedef koordinatlarını belirleyen PSO₁, KSO₁, PSO₂ ve KSO₂ algoritmaları literatüre uygun şekilde teorik limiti aşmamıştır.
- Tam VZF seti tabanlı 3. ve 4. uygunluk fonksiyonları ile kaynak konumunu kestiren PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri CRAS'ı geçmişlerdir.
- $uf_4(x^p)$ uygunluk fonksiyonunu kullanarak hedefi konumlandıran PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri $uf_3(x^p)$ ile verici koordinatlarını belirleyen PSO₃ ve KSO₃ algoritmalarından daha yüksek konumlandırma doğruluğuna sahiptir.
- Tam VZF seti uygunluk fonksiyonları ile kaynak konumunu belirleyen PSO₃ ile KSO₃ ve PSO₄ ile KSO₄ hemen hemen aynı başarıma sahiptir.

2.3.4. Eş Açılı Dairesel Alıcı Dizisi ile Sinüzoidal Bir Rotada Hareket Eden Hedefin Konum Tespiti

Son olarak (2.38) ile tanımlanan aynı arama uzayında sinüzoidal hareket yapan bir kaynağın konumu merkezi orijinde bulunan 12 yarıçaplı 8 alıcılı bir dairesel dizi kullanılarak bulunmuştur. Benzetimde parçacıkların arama uzayının dışına çıkmaları engellenmiş ve sezgisel optimizasyon yöntemi parametreleri Tablo 2.8 ve Tablo 2.9'da verildiği gibi alınmıştır. VZF gürültüsü varyansı $0,001/c^2$ olarak seçilmiş olup, (2.43) ile tanımlanan rota üzerindeki 51 hedef noktası için verici konumu kestirilmiş ve 250 bağımsız deneme sonunda elde edilen karesel konumlandırma hatası eğrileri Şekil 2.17'de verilmiştir.

$$x = -100 + 4 \times i, \quad y = 70 \times \cos\left(\frac{x}{19}\right) + \frac{x}{2}, \quad i = 0 \dots 50 \quad (2.43)$$

Şekil 2.17’de doğrusal ve dairesel hareket yapan alıcı durumlarında olduğu gibi tam VZF seti ile konum tespiti yapan PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri teorik limiti aşmış ve bağımsız VZF setini kullanarak kaynak koordinatlarını kestiren PSO₁, KSO₁, PSO₂ ve KSO₂ algoritmaları olması gerektiği gibi CRAS’ı geçememiştir. Benzer şekilde 3. uygunluk fonksiyonunu kullanan PSO₃ ile KSO₃ ve 4. uygunluk fonksiyonu ile hedef konumunu tayin eden PSO₄ ve KSO₄ hemen hemen aynı başarıyı sağlamıştır. Son olarak en düşük karesel konumlandırma hatası PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri ile elde edilmiştir.



Şekil 2.17. 8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile sinüzoidal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata eğrileri

Tablo 2.12’de 51 test noktası için sırasıyla (2.40) ve (2.41) ile hesaplanan ortalama ve normalize OKH değerleri verilmiştir. Tabloda küresel VZF seti ile verici konumunu tespit eden yöntemlerin (PSO₁, KSO₂, PSO₁ ve KSO₂) teorik limiti geçemediği ve buna karşın tam VZF setini kullanan algoritmaların (PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄) teorik eşiği geçtiği görülmektedir. Ayrıca en düşük konumlandırma hatası KSO₄ yöntemi ile sağlanmıştır.

Tablo 2.12. 8 alıcılı eş açılı dairesel dizi ile sinüzoidal bir rota üzerinde hareket eden hedefin konum tespitinde karesel hata değerleri

OKH	CRAS	PSO ₁	PSO ₂	PSO ₃	PSO ₄	KSO ₁	KSO ₂	KSO ₃	KSO ₄
Ortalama	6.0508	10.2402	8.8655	2.9455	2.1984	10.2206	8.8753	2.9269	2.1959
Normalize	100.00	169.24	146.52	48.68	36.33	168.91	146.68	48.37	36.29

Sonuçlar: Sinüzoidal bir rotada hareket eden bir kaynağın koordinatlarının dairesel eş açılı alıcı dizisi ile tespitinde ulaşılan başlıca sonuçlar şunlardır:

- Bağımsız VZF seti ile vericiyi konumlandıran PSO₁, KSO₁, PSO₂ ve KSO₂ yöntemleri beklenildiği gibi CRAS'ı geçememiştir.
- Tam VZF setine göre tanımlanan 3. ve 4. uygunluk fonksiyonlarını kullanarak hedef koordinatlarını bulan PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları teorik limiti aşmışlardır.
- $uf_4(x^p)$ uygunluk fonksiyonunu ile kaynak konumunu tespit eden PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları $uf_3(x^p)$ uygunluk fonksiyonunu kullanarak hedef koordinatlarını kestiren PSO₃ ve KSO₃ yöntemlerinden daha düşük konumlandırma hatasına sahiptir.
- Tam VZF seti tabanlı uygunluk fonksiyonlarından yaralanarak kaynak konumunu belirleyen PSO₃ ile KSO₃ ve PSO₄ ile KSO₄ yöntemleri hemen hemen aynı başarıyı sağlamıştır.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada bağımsız ve tam VZF setleri kullanılarak sabit veya hareketli bir hedefin koordinatları iki boyutlu düzlemde KSO ve PSO algoritmaları ile bulunmuş ve yöntemlerin başarımları teorik limit ile kıyaslanmıştır. Ayrıca KSO algoritması yakınsama hızı açısından PSO ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışma kapsamında elde edilen başlıca sonuçlar şunlardır:

- İlk kez bu çalışmada bağımsız VZF seti kullanılarak KSO ile konum tespiti yapılmıştır.
- İlk kez bu çalışmada tam VZF seti kullanılarak KSO ile konum tespiti yapılmıştır.
- İlk kez bu çalışmada bağımsız VZF seti kullanılarak konum tespitinde KSO ve PSO algoritmaları birbirleri ile doğruluk ve yakınsama hızı açısından kıyaslanmıştır.
- İlk kez bu çalışmada tam VZF seti kullanılarak konum tespitinde KSO ve PSO algoritmaları birbirleri ile doğruluk ve yakınsama hızı açısından kıyaslanmıştır.
- İlk kez bu çalışmada tam VZF seti kullanılarak KSO ile konum tespitinde teorik limit olan CRAS'ın geçilebileceği gösterilmiştir.
- Rastgele dağılımlı alıcı dizisi ve yakın hedef durumu için PSO ve KSO yöntemlerinde en düşük konumlandırma hatası 4. uygunluk fonksiyonu ile elde edilmiş ve en yüksek konumlandırma doğruluğuna da KSO₄ ile ulaşılmıştır.
- Yakın hedef durumunda, KSO algoritmasında tam VZF seti tabanlı uygunluk fonksiyonları ile bağımsız VZF setine göre tanımlanan teorik limitin geçilebileceği gösterilmiştir.
- Yakın hedef durumu için 5 ve 10 alıcılı dizilerde PSO ve KSO aynı zamanda yakınsamış ve diğer tüm durumlarda KSO, PSO yönteminden önce yakınsamıştır.
- Rastgele dağılımlı alıcı dizisi ve uzak hedef durumunda, PSO ve KSO yöntemlerinde en düşük konumlandırma hatası 4. uygunluk fonksiyonunda elde edilmiştir ve en yüksek konumlandırma doğruluğuna KSO₄ ile ulaşılmıştır.
- Uzak hedef ve 3. uygunluk fonksiyonu için tüm alıcı sayılarında KSO₃ algoritması PSO₃'ten daha yüksek konumlandırma doğruluğuna sahiptir.
- Uzak hedef ve 4. uygunluk fonksiyonu için tüm alıcı sayılarında KSO₄ yöntemi PSO₄'ten düşük karesel konumlandırma hatasına sahiptir.

- Uzak hedef durumunda PSO ve KSO algoritmalarında tam VZF seti tabanlı uygunluk fonksiyonları kullanıldığında teorik limitin geçilebileceği gösterilmiştir.
- Uzak hedef durumu için tüm alıcı sayısı ve uygunluk fonksiyonlarında KSO algoritması PSO'dan önce yakınsamıştır.
- Eş açılı dairesel alıcı dizisi ile doğrusal hareket yapan hedefin konumlandırılmasında, tam VZF seti tabanlı 3. ve 4. uygunluk fonksiyonlarını kullanarak verici koordinatlarını belirleyen PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları, teorik limiti aşmıştır.
- Doğrusal hareket yapan hedef için PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri, PSO₃ ve KSO₃ algoritmalarından daha yüksek konumlandırma doğruluğuna sahiptir.
- Eş açılı dairesel alıcı dizisi ile dairesel hareket vericinin koordinatlarının tespitinde, tam VZF seti uygunluk fonksiyonu tabanlı PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri CRAS'ı geçmişlerdir.
- Dairesel hareket yapan verici için PSO₄ ve KSO₄ yöntemleri PSO₃ ve KSO₃ algoritmalarından daha düşük konumlandırma hatasına sahiptir.
- Eş açılı dairesel alıcı dizisi ile sinüzoidal bir rotada hareket eden kaynağın konum kestiriminde, uygunluk fonksiyonları tam VZF seti tabanlı PSO₃, KSO₃, PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları, teorik limiti aşmışlardır.
- Sinüzoidal bir rotada ilerleyen kaynak için PSO₄ ve KSO₄ algoritmaları PSO₃ ve KSO₃ yöntemlerinden daha yüksek konumlandırma doğruluğu elde etmiştir.

4. ÖNERİLER

Bu çalışmada, ilk kez KSO ile bağımsız ve tam VZF seti kullanılarak iki boyutlu düzlemde sabit ve hareketli bir hedefin konumu tespit edilmiş ve yöntemin başarımı hem PSO ve hem de CRAS ile kıyaslanmıştır. Bu alanda çalışan araştırmacılara yol göstermek ve elde edilen sonuçları daha da ileri taşımak amacıyla verici koordinatlarının kestirimine yönelik başlıca öneriler şunlardır:

- Bu tezde hedef konumu iki boyutlu düzlemde bulunmuştur. Sunulan benzetimler üç boyuta taşınabilir ve yöntemlerin üç boyutlu uzaydaki başarımları kıyaslanabilir. Aynı şekilde [74]'te açıklanan CRAS hesabı kolaylıkla üç boyutlu konumlandırma sistemlerine uygun olarak yapılabilir.
- Rastgele dağılımlı alıcı dizisi ile yakın hedef konum tespitinde benzetim sonuçlarının daha tutarlı ve VZF gürültüsü yakınsama matrisinin ideale daha yakın olması için bağımsız deneme sayısı 100.000 veya 1.000.000 alınabilir.
- Rastgele dağılımlı alıcı dizisi ile uzak vericinin koordinatlarının bulunmasında bağımsız deneme sayısı 10.000 veya 100.000 alınabilir.
- Eş açılı alıcı dizisi ile doğrusal, dairesel ve sinüzoidal hareket yapan kaynağın konumlandırılmasında bağımsız deneme sayısı 10.000 veya 100.000 alınabilir.
- Farklı alıcı dizisi geometrisi ve hareket senaryoları için KSO ve PSO algoritmalarının başarımları kıyaslanabilir.
- Konum tespitinden genetik algoritma, genetik programlama, farksal gelişim, gelişimsel programlama, gelişimsel strateji, yapay arı kolonisi, karınca kolonisi optimizasyonu, balina optimizasyon algoritması ve gri kurt optimizasyonu gibi diğer sezgisel algoritmalar kullanılabilir.
- Tez kapsamında sunulan benzetim çalışmalarında verici ile alıcı arasında doğrudan görüşün bulunduğu varsayılmıştır. Verici-alıcı arsında doğrudan görüşün olmadığı durumlar için de konum tespiti yapılabilir.
- Benzetim çalışmalarında sinyali ortamda yayılma hızının bilindiği kabul edilmiştir. Yayılım hızını bilinmediği durum için hedef koordinatları kestirilebilir.

- Sunulan benzetim sonuçlarında alıcı koordinatlarının hatasız olarak bilindiği kabul edilmiştir. Alıcı koordinatlarındaki hatanın konumlandırma başarımı üzerindeki etkisi incelenebilir.



5. KAYNAKLAR

1. Yang, K., Liang, Z., Liu, R. ve Li, W., RSS-Based Indoor Localization Using Min-Max Algorithm with Area Partition Strategy, IEEE Access, 9 (2021) 125561-125568.
2. Mukhopadhyay, B., Srirangarajan, S. ve Kar, S., RSS-Based Localization in the Presence of Malicious Nodes in Sensor Networks, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 70 (2021) 5503716- 5503726.
3. He, D., Chen, X., Pei, L., Zhu, F., Jiang, L. ve Yu, W., Multi-BS Spatial Spectrum Fusion for 2-D DOA Estimation and Localization Using UCA in Massive MIMO System, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 70 (2020) 5500213- 5500233.
4. Zhou, X., Chen, L., Yan, J. ve Chen, R., Accurate DOA Estimation with Adjacent Angle Power Difference for Indoor Localization, IEEE Access, 8 (2020) 44702-44713.
5. Rao, R.M., Padaki, A.V., Ng, B.L, Yang, Y., Kang, M.S ve Marojevic, V., ToA-Based Localization of Far-Away Targets Equi-DOP Surfaces Asymptotic Bounds and Dimension Adaptation, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 70 (2021) 11089-11094.
6. Zhao, S., Zhang, X.P, Cui, X. ve Lu, M., Optimal Two-way TOA Localization and Synchronization for Moving User Devices with Clock Drift, IEEE Transactions On Vehicular Technology, 70,8 (2021) 7778-7789.
7. Wang, Z., Hu, D., Zhao, Y., Hu, Z. ve Liu, Z., Real-Time Passive Localization of TDOA via Neural Networks, IEEE Communications Letters, 25,10 (2021) 3320-3324.
8. Xiong, W., Schindelbauer, C., So, H.C., Schott, D.J. ve Rupitsch, S.T., Robust TDOA Source Localization Based on Lagrange Programming Neural Network, IEEE Signal Processing Letters, 28 (2021) 1090-1094.
9. Ho, K.C., Lu, X. ve Kovavisaruch, L., Source Localization Using TDOA and FDOA Measurements in the Presence of Receiver Location Errors Analysis and Solution, IEEE Transactions on Signal Processing, 55,2 (2007) 684-696.
10. Jung, S.Y., Hann, S. ve Park, C.S., TDOA-Based Optical Wireless Indoor Localization Using LED Ceiling Lamps, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 57,4 (2011) 1592-1597.
11. Ho, K.C., Bias Reduction for an Explicit Solution of Source Localization Using TDOA, IEEE Transactions on Signal Processing, 60,5 (2012) 2101-2114.

12. Peng, Q., Xuehui, W., Yue, Y., Ying, C. ve Cai, S., Research on Application of TDOA Wi-Fi Positioning Based on Adaptive Genetic Algorithm, IEEE 4th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference, Aralık 2018, Chongqing, 1086-1089.
13. Rosic, M., Simic, M. ve Lukic, P., TDOA Approach for Target Localization Based on Improved Genetic Algorithm, 24th Telecommunications Forum, Kasım 2016, Belgrade, 1-4.
14. Bin, Y.Z., Yan, Q. ve Nan, L.A., PSO Based Passive Satellite Localization Using TDOA and FDOA Measurements, 10th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, Mayıs 2011, Sanya, 251-254.
15. Gao, L.P., Sun, H., Liu, M.N. ve Jiang, Y.L., TDOA Collaborative Localization Algorithm Based on PSO and Newton Iteration in WGS-84 Coordinate System, IEEE 13th International Conference on Signal Processing, Kasım 2016, Chengdu, 1571-1575.
16. Wu, P., Su, S., Zuo, Z., Guo, X., Sun, B. ve Wen, X., Time Difference of Arrival Localization Combining Weighted Least Squares and Firefly Algorithm, Sensors, 19,11 (2019) 2554.
17. Chen, Y., Shen, C., Zhang, K., Xu, L. ve Huang, X., TDOA Positioning Method Based on Taylor Series Expansion Based on Cuckoo Search Algorithm, International Conference on Virtual Reality and Intelligent Systems, Temmuz 2020, Zhangjiajie, 986-989.
18. Li, N., Shen, C., Zhang, K. ve Huang, X., The TDOA Algorithm Based on BP Neural Network Optimized by Cuckoo Search, International Conference on Robots & Intelligent System, Haziran 2019, Haikou, 539-542.
19. Gao, L. ve Sun, Y., Multi Station TDOA Location Method Based on Improved Artificial Bee Colony Algorithm, Journal of Physics Conference Series, 1176,3 (2019) 1-6.
20. Lazos, L. ve Poovendran, R., Secure Range-Independent Localization for Wireless Sensor Networks, Proceedings on the 3rd ACM Workshop on Wireless Security, Ekim 2004, New York, Bildiriler Kitabı, 21-30.
21. Amundson, I. ve Koutsoukos, X., A Survey on Localization for Mobile Wireless Sensor Networks, Mobile Entity Localization and Tracking in GPS-less Environments, Eylül 2009, Melt, Bildiriler Kitabı, 235-254.
22. Drawil, N.M., Amar, H.M. ve Basir, O.A., GPS Localization Accuracy Classification A Context-Based Approach, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 14,1 (2013) 262-273.
23. Kaplan, E.D. ve Hegarty, C.J., Understanding GPS/GNSS Principles and Applications, Third Edition, Artech House, Bedford, 2005.

24. Ellis, T.M., Bousfield, R.B., Bissett, L.A., Dyrting, K.C., Luk, G.S.M., Tsim, S.T., Ramirez, K.S., Webster, R.G., Guan, Y. ve Peiris, J.S.M., Investigation of Outbreaks of Highly Pathogenic H5N1 Avian Influenza in Waterfowl and Wild Birds in Hong Kong in Late 2002, Avian Pathology, 33,5 (2004) 492-505.
25. Varshavsky, A., Chen, M.Y., Lara, E.D., Froehlich, J., Haehnel, D., Hightower, J., LaMarca, A., Potter, F., Sohn, T. ve Tang, K., Are GSM Phones the Solution for Localization, Proceedings of the 7th IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Nisan 2006, Washington, Bildiriler Kitabı, 34-42.
26. Zamorano, L.J., Nolte, L., Kadi, A.M. ve Jiang, Z., Interactive Intraoperative Localization Using an Infrared Based System, Neurological Research, 15,5 (1993) 290-298.
27. Schlegel, D.J., Finkbeiner, D.P. ve Davis, M., Maps of Dust Infrared Emission for Use in Estimation of Reddening and Cosmic Microwave Background Radiation Foregrounds, The Astrophysical Journal, 500,2 (1998) 525.
28. Rose, J.L. ve Nagy, P.B., Ultrasonic waves in solid media, The Journal of the Acoustical Society of America, 107,4 (2000) 1807-1808.
29. Silk, M.G. ve Bainton, K.F., The Propagation in Metal Tubing of Ultrasonic Wave Modes Equivalent to Lamb, Ultrasonics, 17, 11-19.
30. Woodman, O.J., An Introduction to Inertial Navigation, University of Cambridge Computer Laboratory, 1 (2007) 1-37.
31. Bortz, J.E., A New Mathematical Formulation for Strapdown Inertial Navigation, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1 (1971) 61-66.
32. Alizadeh, S., Brandt, M.W. ve Diebold, F.X., Range Based Estimation of Stochastic Volatility Models, The Journal of Finance, 57,3 (2002) 1047-1091.
33. Jamalabdollahi, M. ve Zekavat, S., TOA Ranging and Layer Thickness Computation in Nonhomogeneous Media, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 55,2 (2017) 742-752.
34. Catovic, A. ve Sahinoglu, Z., The Cramer-Rao Bounds of Hybrid TOA/RSS and TDOA/RSS Location Estimation Schemes, IEEE Communications Letters, 8,10 (2004) 626-628.
35. Tomic, S., Beko, M. ve Dinis, R., 3D Target Localization in Wireless Sensor Networks Using RSS and AOA Measurements, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 66,4 (2017) 3197-3210.
36. Niculescu, D. ve Nath, B., Ad Hoc Positioning System Using AOA, Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications, Nisan 2003, San Francisco, 3: 1734-1743.

37. Velasco, J., Pizarro, D., Guarasa, J.M. ve Asaei, A., TDOA Matrices Algebraic Properties and Their Application to Robust Denoising with Missing Data, IEEE Transactions on Signal Processing, 64,20 (2016) 5242-5254.
38. Cong, L. ve Zhuang, W., Non-line-of-sight Error Mitigation in TDOA Mobile Location, Proceedings of the IEEE Conference on Global Telecommunications, Kasım 2001, San Antonio, 1: 680-684.
39. Abouzar, P., Michelson, D.G. ve Hamdi, M., RSSI Based Distributed Self Localization for Wireless Sensor Networks Used in Precision Agriculture, IEEE Transactions on Wireless Communications, 15,10 (2016) 6638-6650.
40. Sakiyama, Y., Thao, N.K.N., Giang, N.M., Miyadoh, S., Hop, D.V. ve Ando, K., Kineosporia babensis Isolated from Plant Litter in Vietnam, International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 59,3 (2009) 550-554.
41. Butzke, D., Hurwitz, R., Thiede, B., Goedert, S. ve Rudel, T., Cloning and Biochemical Characterization of Apit a new L-amino Acid Oxidase from Aplysia Punctata, Toxicon, 46,5 (2005) 479-489.
42. Chen, S., Palmer, A.W., Grattan, K.T.V. ve Meggitt, B.T., Fringe Order Identification in Optical Fibre White-Light Interferometry Using Centroid Algorithm Method, Electronics Letters, 28,6 (1992) 553-555.
43. Niculescu, D. ve Nath, B., Ad Hoc Positioning System, Proceedings of the IEEE Conference Global Telecommunications, Kasım 2001, San Antonio, 5: 2926-2931.
44. Rigazio, L., Tsakam, B. ve Junqua, J.C., An Optimal Bhattacharyya Centroid Algorithm for Gaussian Clustering with Applications in Automatic Speech Recognition, IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing Proceedings, Haziran 2000, İstanbul, 3: 1599-1602.
45. He, T., Huang, C., Blum, B.M., Stankovic, J.A. ve Abdelzaher, T.F., Range-Free Localization and Its Impact on Large Scale Sensor Networks, ACM Transactions on Embedded Computing Systems, 4,4 (2005) 877-906.
46. Tan, H. ve Liu, F., Research and Implementation of Apit Positioning Algorithm in WSN, 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, Mayıs 2012, Chongqing, 2212-2215.
47. Bulusu, N., Heidemann, J. ve Estrin, D., GPS Less Low-Cost Outdoor Localization for Very Small Devices, IEEE Personal Communications, 7,5 (2000) 28-34.
48. Chen, H., Huang, P., Martins, M., So, H.C. ve Sezaki, K., Novel Centroid Localization Algorithm for Three-Dimensional Wireless Sensor Networks, IEEE 4th International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing, Ekim 2008, Dalian, 1-6.

49. Blumenthal, J., Grossmann, R., Golatowski, F. ve Timmermann, D., Weighted Centroid Localization in Zigbee Based Sensor Networks, IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communications Systems Proceedings, Aralık 2007, Xiamen, 1-6.
50. Pivato, P., Palopoli, L. ve Petri, D., Accuracy of RSS Based Centroid Localization Algorithms in an Indoor Environment, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 60,10 (2011) 3451-3460.
51. Zhu, B. ve Chen, S., An Improved Centroid Localization Algorithm for Wireless Sensor Network, Chinese Journal of Sensors and Actuators, 6 (2010) 24.
52. Han, GH., Xu, H., Duong, T.Q., Jiang, J. ve Hara, T., Localization Algorithms of Wireless Sensor Networks a Survey, Telecommunication Systems, 52 (2013) 2419-2436.
53. Caffery, J.J., A New Approach to the Geometry of TOA Location, IEEE 52nd Vehicular Technology Conference, Eylül 2000, Boston, 4: 1943-1949.
54. Guvenc, I. ve Chong, C.C., A Survey on TOA Based Wireless Localization and NLOS Mitigation Techniques, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 11,3 (2009) 107-124.
55. Venkatraman, S., Caffery, J. ve You, H.R., A Novel TOA Location Algorithm Using LOS Range Estimation for NLOS Environments, IEEE Transactions on Vehicular Technology, 53,5 (2004) 1515-1524.
56. Beek, J.J.V., Sandell, M. ve Borjesson, P.O., Of Time and Frequency Offset in OFDM Systems, IEEE Transactions on Signal MI Estimation Processing, 45,7 (1997) 1800-1805.
57. Chestnut, P.C., Emitter Location Accuracy Using TDOA and Differential Doppler, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2 (1982) 214-218.
58. Yamasaki, R., Ogino, A., Tamaki, T., Uta, T., Matsuzawa, N. ve Kato, T., TDOA Location System for IEEE 802.11 B WLAN, IEEE Conference on Wireless Communications and Networking, Eylül 2005, New Orleans, 4: 2338-2343.
59. Ho, K.C., Bias Reduction for an Explicit Solution of Source Localization Using TDOA, IEEE Transactions on Signal Processing, 60,5 (2012) 2101-2114.
60. Dogancay, K. ve Gray, D.A., Bias Compensation for Least Squares Multipulse TDOA Localization Algorithms, IEEE International Conference on Intelligent Sensors Sensor Networks and Information Processing, Aralık 2007, Melbourne, 51-56.

61. Ma, W.K., Vo, B.N., Singh, S.S. ve Baddeley, A., Tracking an Unknown Time Varying Number of Speakers Using TDOA Measurements a Random Finite Set Approach, IEEE Transactions on Signal Processing, 54,9 (2006) 3291-3304.
62. Alippi, C. ve Vanini, G., A RSSI Based and Calibrated Centralized Localization Technique for Wireless Sensor Networks, Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, Mart 2006, Pisa, 5.
63. Kaltiokallio, O., Bocca, M. ve Eriksson, L.M., Distributed RSSI Processing for Intrusion Detection in Indoor Environments, 9th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks, Nisan 2010, Stockholm, 404–405.
64. Faheem, A., Virrankoski, R. ve Elmusrati, M., Improving RSSI Based Distance Estimation for 802.15. 4 Wireless Sensor Networks, IEEE International Conference on Wireless Information Technology and Systems, Eylül 2010, Honolulu, 1-4.
65. Saxena, M., Gupta, P. ve Jain, B.N., Experimental Analysis of RSSI Based Location Estimation in Wireless Sensor Networks, IEEE 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops, Bangalore, Haziran 2008, 6-10
66. Jenn, D.C., Transmission Equation for Multiple Cooperative Transmitters and Collective Beamforming, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 7 (2008) 606-608.
67. Wu, C.P. ve Tsao, H.W., A 110 Mhz 84 dB CMOS Programmable Gain Amplifier with Integrated RSSI Function, IEEE Journal of Solid-State Circuits, 40,6 (2005) 1249-1258.
68. Ahn, H.S. ve Yu, W., Environmental Adaptive RSSI Based Indoor Localization, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 6,4 (2009) 626-633.
69. Wang, Y., Yang, X., Zhao, Y., Liu, Y. ve Cuthbert, L., Bluetooth Positioning Using RSSI and Triangulation Methods, IEEE 10th Consumer Communications and Networking Conference, Ocak 2013, Las Vegas, 837–842.
70. Viale, L.C.S.M.D, Viale, A.O.A, Nacht, S. ve Grinstein, M., Experimental Porphyria Induced in Rats by Hexachloro Benzene a Study of the Porphyrins Excreted by Urine, Clinica Chimica Acta, 28,1 (1970) 13-23.
71. Ahmed, A.O.A., Mukhtar, M.M., Sijmons, M.K., Fahal, A.H., Hoog, S.D., Ende, B.G.V.D., Zijlstra, E.E., Verbrugh, H., Sir, A.M.E. ve Elhassan, A.M., Development of a Species-Specific PCR Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis Procedure for Identification of *Madurella Mycetomatis*, Journal of Clinical Microbiology, 37,10 (1999) 3175–3178.

72. Bartlett, M.S., Periodogram Analysis and Continuous Spectra, Biometrika, 37 (1950) 1-16.
73. Capon, J., High Resolution Frequency Wavenumber Spectrum Analysis, Proceedings of IEEE, 57,8 (1969) 1408-1418.
74. Chan, Y. T. ve Ho, K. C., A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Location, IEEE Transactions on Signal Processing, 42,8 (1994) 1905–1915.
75. Abraham, A., Konar, A. ve Das, S., www.softcomputing.net, <http://www.softcomputing.net/aciis.pdf>, 31 Mart 2021.
76. Rao, S.S., Engineering Optimization Theory and Practice, 4th Edition, John Wiley and Sons, İngiltere, 2009.
77. Talbi, E.G., Metaheuristics from Design to Implementation, John Wiley and Sons, İngiltere, 2009.
78. Taşgetiren, M. ve Liang, Y.C., A Binary Particle Swarm Optimization Algorithm for Lot Sizing Problem, Journal of Economic and Social Research, 5,2 (2003) 1-20.
79. Li, X. ve Deb, K., Comparing Lbest PSO Niching Algorithms Using Different Position Update Rules, IEEE Congress on Evolutionary Computation, 18-23 Temmuz 2010, Barcelona, 1564-1571.
80. Engelbrecht, A.P., Computational Intelligence an Introduction, Second Edition, 289-358, John Wiley and Sons, İngiltere, 2007.
81. Engelbrecht, A.P. ve Van Den Bergh, F., A New Locally Convergent Particle Swarm Optimiser, IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, Ekim 2002, Hammamet, 3: 6.
82. Carlisle, A. ve Dozier, G., An Off the Shelf PSO, Proceedings of the Workshop Particle Swarm Optimization, Ocak 2001, Indianapolis, 1-6.
83. Van Den Bergh, F., An Analysis of Particle Swarm Optimizers, PhD thesis, Department of Computer Science, University of Pretoria, Pretoria, 2006.
84. Lee, K.Y. ve Park, J., Application of Particle Swarm Optimization to Economic Dispatch Problem Advantages and Disadvantages, IEEE Power Systems Conference and Exposition, Kasım 2006, Atlanta, Bildiriler Kitabı, 188-192
85. Selvi, V. ve Umarani, R., Comparative Analysis of Ant Colony and Particle Swarm Optimization Techniques, International Journal of Computer Applications, 5,4 (2010) 1-6.
86. Dorigo, M., Particle Swarm Optimization, Scholarpedia, 3,11 (2008) 1486.

87. Flierl, G., Grunbaum, D., Levin, S. ve Olson, D., From Individuals to Aggregations the Interplay Between Behavior and Physics, Journal of Theoretical Biology, 196,4 (1999) 397-454.
88. Okubo, A., Dynamical Aspects of Animal Grouping Swarms, Schools, Flocks, and Herds, Advances in Biophysics, 22 (1986) 1-94.
89. Hofmann, EE., Haskell, AGE., Klinck, JM. ve Lascara, CM., Lagrangian Modelling Studies of Antarctic Krill Swarm Formation, Journal of Marine Science, 61 (2004) 617-631.
90. Hardy, AC. ve Gunther, ER., The Plankton of the South Georgia Whaling Grounds and Adjacent Waters, Discovery Reports, 11 (1935) 1-456.
91. Marr, J., The Natural History and Geography of the Antarctic Krill, Discovery Reports, 32 (1962) 33-464.
92. Nicol, S., Living Krill Zooplankton and Experimental Investigations, Proceedings of the International Workshop on Understanding Living Krill for Improved Management and Stock Assessment, Marine and Freshwater Behavior and Physiology, 36,4 (2003) 191-205.
93. Murphy, E.J., Morris, D.J., Watkins, J.L., ve Priddle, J., Scales of Interaction Between Antarctic Krill and the Environment, Antarctic Ocean and Resources Variability, 1 (1988) 120-130.
94. Miller, D.G.M. ve Hampton, I., Krill Aggregation Characteristics Spatial Distribution Patterns from Hydroacoustic Observations, Polar Biology, 10 (1989) 125-134.
95. Price, H.J., Swimming Behavior of Krill in Response to Algal Patches a Mesocosm Study, Limnol Oceanogr, 34,4 (1989) 649-659.
96. Morin, A., Okubo, A. ve Kawasaki, K., Acoustic Data Analysis and Models of Krill Spatial Distribution, Selected Scientific Papers, Part-1 (1988) 311-329.
97. Bratton, D. ve Kennedy, J., Defining a Standard for Particle Swarm Optimization, IEEE Swarm Intelligence Symposium, Nisan 2007, Honolulu, 120-127.

ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini Trabzon Yomra Fen Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2002 yılında bu bölümden Elektrik-Elektronik Mühendisi unvanıyla mezun oldu. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve yüksek lisansa devam etmektedir. Lisans ve yüksek lisans eğitimi süresinde optimizasyon sistemleri, sayısal kontrol, konumlandırma sistemleri üzerinde çalışmalar yapmış olup, iyi derecede İngilizce bilmektedir.

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

1. **Tüzüner, B.M.**, Temizkan, M. ve Çakır, O., Varış Zamanları Farkı ile Parçacık Sürüsü Optimizasyonu Kullanılarak Hedef Konumu Tespiti, 7. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 13-14 Mart 2020, Ankara, Bildiri Tam Metin Kitabı: 375 – 398.
2. Temizkan, M., **Tüzüner, B.M.** ve Çakır, O., Varış Zamanları Farkı ile Konum Tespitinde İki Boyutlu Alıcı Dizisi Optimizasyonu, 7. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 13-14 Mart 2020, Ankara, Bildiri Tam Metin Kitabı: 387 – 398.