

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

MOBİL LOKALİZASYON PROBLEMİNE
UYGULANAN YENİ BİR HİBRİT METASEZGİSEL
ALGORİTMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan Sencer KIRTIL

İstanbul
Ocak -2022

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

MOBİL LOKALİZASYON PROBLEMİNE UYGULANAN YENİ
BİR HİBRİT METASEZGİSEL ALGORİTMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan Sencer KIRTIL

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Amir SEYYEDABBASI

İstanbul
Ocak-2022

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilgisayar Bilimi ve Mühendisliği Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Dr. Öğr. Üyesi Amir SEYYEDABBASI

Üye Dr.Öğr.Üyesi Ali HAMİTOĞLU

Üye Dr.Öğr.Üyesi Zahra ELMI

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Metin TOPRAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Mobil Lokalizasyon Problemine Uygulanan Yeni Bir Hibrit Metasezgisel Algoritma**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Hasan Sencer KIRTIL

ÖZET
MOBİL LOKALİZASYON PROBLEMİNE UYGULANAN YENİ
BİR HİBRİT METASEZGİSEL ALGORİTMA

Hasan Sencer KIRTIL

Yüksek Lisans, Bilgisayar Bilimi ve Mühendisliği

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Amir SEYYEDABBASI

Ocak, 2022- 57 Sayfa

Kablosuz sensör ağları günümüz dünyasında yer alan mevcut teknolojilerin yerine geçmektedir. Kablosuz sensör ağları; askeri alanlarda, coğrafi bilgi sistemlerinde ve meteoroloji sistemlerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yüzden kablosuz sensör ağlarının daha hızlı ve doğru kullanılması için çalışmalar yapılmaktadır. Bu problemlerin arasında yer alan lokalizasyon problemi günümüzde önemli bir yere sahiptir. Askeri uygulamalar, acil yardım, coğrafi takip gibi uygulamalarda sensörlerin yerini hata payı en düşük ve en hızlı şekilde bulmak çoğu zaman sistemin doğru ve hızlı bilgi vermesi için önemlidir. Bu problemin temelinde ortama rastgele dağılan ve yerleri bilinmeyen düğümlerin coğrafi noktalarını çapa düğümler aracılığıyla bulmaktır. Bu çalışmada düğümlerin yerlerinin tespiti için “Grashooper Optimization Algorithm (GOA)” ve “Whale Optimization Algorithm (WOA)” metasezgisel algoritmaları kullanılarak ortaya hibrit bir yapı çıkartılmış ve kablosuz sensör ağlarda düğümlerin yerlerini tespit etmek için kullanılmıştır. Bu algoritmalar metasezgisel algoritmalar olarak günümüzde hızlı bir şekilde gelişen algoritmalarlardır. Metasezgisel algoritmalar temel olarak canlıların beslenme, hareket veya avlanma gibi olaylarını dijital ortama dökerek bu eylemleri taklit ederler. Algoritmanın temelinde en uygun sonucu elde etmek vardır. Bu sonucu elde etmek için dijital ortama aktarılan ve formüller ile hesaplanan en uygun sonuç elde edilene kadar algoritma, önerilen hibrit yapıda iki algoritmanın arama kısmındaki formüller kullanılmış ve yeni çıkan algoritma ile kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon problemine daha uygun ve hızlı yer tespitleri yapılması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Balina Optimizasyon Algoritması, Kablosuz Sensör Ağları, lokalizasyon, Meta-sezgisel Algoritmalar

ABSTRACT
A NEW HYBRID METAHEURISTIC ALGORITHM APPLIED
TO THE MOBILE LOCALIZATION PROBLEM

Hasan Sencer KIRTIL

Master, Computer Science and Engineering

Supervisor: Asisst. Prof. Dr. Amir SEYYEDABBASI

January, 2022- 57 Page

Wireless sensor networks replace existing technologies in today's world. It is a problem in the localization problem in Wireless Sensor Networks (WSN). Wireless sensor networks are used extensively in sectors such as military sectors, geographic information systems, and meteorology systems. Therefore, efforts are being made to use wireless sensor networks faster and more accurately Localization problem, which is among these problems, has an important place today. It is very important to find the location of the sensors quickly and with a low error rate in applications such as military applications, emergency assistance. The basis of the problem is to find the geographical points of the nodes randomly distributed in the environment and whose locations are unknown, through anchor nodes. In this study, a hybrid structure was created by using Grasshopper Optimization Algorithm (GOA) and Whale Optimization Algorithm (WOA) metaheuristic algorithms for the location of nodes, and a hybrid structure was used to detect the locations of nodes in wireless sensor networks. Metaheuristic algorithms basically imitate these actions by digitizing the events of living things such as feeding, movements or hunting. The basis of the algorithm is to obtain the most appropriate result. In order to obtain this result, the algorithm runs until the most appropriate result, which is transferred to the digital environment and calculated with the formulas, is obtained. In the proposed hybrid structure, the formulas in the search part of the two algorithms are used, and it is aimed to determine faster and more suitable for the localization problem in wireless sensor networks with the new algorithm.

Keywords: Whale Optimzation Algorithm, Wireless Sensor Networks, Localization Meta-heuristic Algorithm

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ	1
-------------	---

İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2.1. Metasezgisel algoritmalar	4
2.2. Metasezgisel algoritma özellikleri	5
2.3. Metasezgisel algoritma türleri.....	6
2.4. Yapılan çalışmalar	8
2.5. Balina Optimizasyon Algoritması(WOA)	9
2.6. Çekirge Optimizasyon Algoritması (GOA)	11
2.7. WOAGWO hibrit algoritması.....	14
2.8. Kablosuz Sensör Ağları	16
2.9. Kablosuz Sensör Ağları yapısı.....	17
2.9.1. Sensör Yapısı.....	17
2.9.2. İnternet ve protokoller.....	18
2.9.3. İşletim Sistemi.....	18
2.9.4. Sensör ağları.....	19
2.10. Kablosuz Sensör Ağları İlkeleri	19
2.10.1. Büyük ölçek.....	19

2.10.2. Kısıtlı kaynak.....	19
2.10.3. Artıklılık.....	20
2.10.4. Güvenlik.....	20
2.10.5. Merkezi veri işleme.....	20
2.10.6. Tahmin Edilememelik.....	21
2.10.7. Gerçek Zaman Kısıtlamaları.....	21
2.11. Kablosuz Sensör Ağlarında Düğüm Lokalizasyonu	21

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HİBRİT ALGORİTMA YAPISI	24
3.1. Hibrit metasezgisel algoritalar	24
3.2. WOAGOA ile kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemi	25

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
----------------------------------	-----------

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ.....	41
-------------------	-----------

KAYNAKÇA	42
-----------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ.....	40
----------------------	-----------

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1:Fonksiyonların karşılaştırılması 16

Tablo 4.1: Lokalizasyon İşleminde Hata Oranlarının Karşılaştırılması.....40



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Metasezgisel Algoritma Türleri	6
Şekil 2.2: Balinaların kabarcık yöntemli avlanma metodu	9
Şekil 2.3: WOA algoritmasının çalışma mantığı	11
Şekil 2.4: Çekirgeler arasındaki itme çekme kuvvetinin etkisi	12
Şekil 2.5: GOA algoritmasının çalışma mantığı	14
Şekil 2.6: WOAGOA algoritmasının çalışma mantığı	15
Şekil 2.7: Sensör Yapısı	17
Şekil 2.8: Kablosuz Sensör Ağ yapısı	18
Şekil 4.1: WOA 10 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	27
Şekil 4.2: WOA 30 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	28
Şekil 4.3: WOA 50 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	28
Şekil 4.4: WOA 100 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	29
Şekil 4.5: GOA 10 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	30
Şekil 4.6: GOA 30 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	30
Şekil 4.7: GOA 50 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	31
Şekil 4.8: GOA 100 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	31
Şekil 4.9: WOAGOA 10 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	32
Şekil 4.10: WOAGOA 30 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	32
Şekil 4.11: WOAGOA 50 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	33
Şekil 4.12: WOAGOA 100 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi	33
Şekil 4.13: WOA 10 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi	34
Şekil 4.14: WOA 30 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi	34
Şekil 4.15: WOA 50 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi	35
Şekil 4.16: WOA 100 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi	35

Şekil 4.17: GOA 10 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi.....	36
Şekil 4.18: GOA 30 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi.....	36
Şekil 4.19: GOA 50 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi.....	37
Şekil 4.20: GOA 1000 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi.....	37
Şekil 4.21: WOAGOA 10 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi.....	38
Şekil 4.22: WOAGOA 30 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi.....	38
Şekil 4.23: WOAGOA 50 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi.....	39
Şekil 4.24: WOAGOA 100 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi.....	39



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Kablosuz algılayıcı ağlar günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Kablosuz sensör ağları; gözetim, sağlık, çevresel izleme, yapısal sağlık izleme ve ev otomasyonu dahil olmak üzere geniş bir uygulama yelpazesinde başarılı olmuştur (Kulkarni ve Desai, 2019). Bu ağ sisteminde çok sayıda küçük sensör bulunur ve bu sensörler, gönderdikleri alandan bilgi alır. WSN'de iki tür düğüm vardır. Konumu bilinen düğümlere bağlantı düğümleri, konumu bilinmeyen düğümlere ise hedef düğümler denir. Hedef düğüm lokalizasyonu, düğümler arasındaki iletişim için esastır, dolayısıyla bilgi toplamak için önemlidir. Bu durumda mobil yerleştirme sorunu ortaya çıkmıştır. Bilinmeyen bir konuma sahip WSN düğümlerinin doğru fiziksel koordinatını belirleme yöntemi olan WSN lokalizasyonu, sensör ağlarında önemli ve zorlu bir problemdir (Kanoosh, Hossein ve Selim, 2019). WSN yerleştirilmesi iki aşamalı bir süreçtir. Menzil aşaması olarak bilinen ilk aşamada, algoritmalar hedef düğümler ve komşu işaretçiler arasındaki mesafeyi belirler (Gopakumar ve Jacob, 2008). Dış ortamlarda GPS'in yüksek konumlandırma doğruluğu nedeniyle, her sensörü bir küresel konumlandırma sistemi (GPS) ile donatmak, sensörleri bulmak için ilk tercih gibi görülmektedir. Ancak bu çözüm, WSN'lerde, özellikle GPS sinyallerinin güvenilir olmadığı kapalı ortamlarda pratik değildir (Wu, Liu, Dong ve Liu, 2020). Çapa düğümleri olarak bilinen GPS'li sensör düğümleri, çok fazla güç gerektiren bilinmeyen düğümlerin konumunu tahmin etmek için işaret mesajları iletir (Rajakumar, Amudhavel, Dhavachelvan ve Bengattarraman, 2017). Bu nedenle son zamanlarda WSN'nin gelişmesiyle birlikte çeşitli çalışmalar ve metasezgisel algoritmalar bu konuya odaklanmıştır.

Metasezgisel algoritmalar, özellikle karmaşık optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılan hesaplamalı zekâ paradigmalarıdır. Algoritmalar, ilk aşamada bireyleri rastgele şekilde sınırlı bir alana ayırır ve daha sonra bireylerin konumlarını güncellemek için çok çeşitli denklemler kullanırlar (Chai, Chu, Pan, Hu ve Zeng, 2020). Genetik Algoritma (GA), Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), Su Dalgaları Optimizasyonu (WWO), Klonal Seçim Algoritması (CLONALG), Kimyasal Reaksiyon Optimizasyonu (CRO), Uyum Araması (HS) dahil olmak üzere her metafor

alt kategorisindeki ana algoritmalar tartışılmaktadır. Bu algoritmalar; Sinüs Kosinüs Algoritması (SCA), Benzetilmiş Tavlama (SA), Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (TLBO), Lig Şampiyonası Algoritması (LCA) şeklindedir. Ayrıca bazı metafor tabanlı olmayan metasezgisel yöntemler; Tabu Arama (TS), Değişken Komşuluk Arama (VNS) olarak açıklanmıştır (Abdel-Bassed, Abdel-Fatah ve Sangaiah, 2018). Mobil lokalizasyon probleminin metasezgisel algoritmalar ile çözümüne yönelik çalışmalar mevcuttur.

D. Li ve X. Wen, yaptıkları çalışmada CSA'larda konumlandırma problemini çözerken duyarlılığı arttırılmış iki aşamalı bir PSO algoritması kullanmış ve sonuçları klasik PSO ve HPSO yöntemleriyle karşılaştırmışlardır. N. Bozkurt, yüksek lisans tezinde, konum tahmini için WSN'de konumlandırma için kullanılan mesafe ölçüm tekniklerinden biri olan Alınan Sinyal Gücü (RSS) yöntemini kullanmıştır. (Doğru ve Eren, 2020)

Bu çalışmada, ACO'nun geliştirilmiş versiyonu olan MAP-ACO önerilmiştir. Algılayıcı düğümlerdeki problemlerden biri optimal yolu bulmaktır. Bu çalışmada yazarlar bu soruna odaklanmışlardır (Seyyedabbasi ve Kiani, 2020). Manjarres, yerel bir arama prosedürü ile Harmony Search (HS) algoritmasına dayalı bir hibrit düğüm yerleştirme algoritması sunmuştur. Önerilen algoritmanın temel amacı, yerleştirme sorununu ele almak ve yükünü yinelemeli bir süreç boyunca dağıtmaktır (Kanoosh ve diğerleri, 2019). Niculescu ve Nath, çapalar konum bilgilerini ağdaki tüm düğümlere akıtırken, GPS kapasitesini doğru konumlandırma sistemi (APS) ile geçici ağlardaki GPS olmayan düğümlere genişleterek verimli bir yerleştirme sistemi önermişlerdir. (Rajakumar ve diğerleri, 2017). Daha sonra, sırasıyla GWO ve WOA algoritmasının geliştirilmiş bir versiyonu önerilmiştir. (Seyyedabbasi, Aliyev, Kiani, Gulle Başyıldız ve Shah, 2021). Shang, bağlantı tabanlı (aralıksız) yerleştirme için MDS kullanarak merkezi bir algoritma geliştirdi. Bu, Doherty'de menzil tabanlı yerleştirme için genişletildi, bağlantı tabanlı yerleştirmeyi bir dışbükey optimizasyon problemi olarak formüle etti ve yarı kesin programlama (SDP) algoritmaları kullanılarak çözüldü (Gopakumar ve diğerleri, 2008). Önerilen yaklaşımın etkinliğini artırmak için baskın olmayan genetik algoritma onarım teknikleriyle kısıtlanmaktadır (Garip, Çimen ve Boz, 2021).

Bu alışmada, WOA ve GOA algoritmaları kullanılarak hibrit bir yapı kullanılmıştır. WOA ve GOA kullanmanın temel amacı, kolay uygulanması ve öğrenilmesidir. WOA algoritması, rastgele arama mekanizması için daha uygun olmakla birlikte; GOA algoritması, keşif ve yararlanma aşamasını dengelemek için daha uygun bir algoritmadır. WOA algoritması Seyedalı Mirjalili ve Andrew Lewis tarafından geliştirilmiştir. GOA algoritması ise, Shahrzad Saremi, Seyedalı Mirjalili ve Andrew Lewis tarafından geliştirilmiştir.



İKİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Metasezgisel algoritmalar

Bilgisayar teknoloji sistemlerinde yer alan problemler günümüzde geleneksel yöntemler ile kullanılarak çözülmesi zorlaşmıştır. Bu aşamada önerilen yeni yöntemlerden biri olan metasezgisel algoritmalar doğadaki canlıların hareketlerini dijital ortama belirli formüller kullanılarak aktarılmıştır. Metasezgisel algoritmaların kelime kökü olarak anlamı yunanca kelime olan “Meta” (üst düzey anlamında ötesinde) ve “Hueristic” (Yunanca anlamı arama) olan iki kelimenin birleşiminden olmuştur (Sorensen, Sevaux ve Glover, 2017), (Glover, 1986). Metasezgisel algoritmalar, büyük ölçekli optimizasyon problemlerine en optimal sonuca yakın sonuçlar veren algoritmalarlardır. Metasezgisel algoritmalar, en iyi sonuca yakın sonuçlar vererek veri olarak işlenmesi için gerekli esnekliği sağlar..

Optimizasyon işlemi, belirli bir alanda belirli formüller ile arama yapılarak en iyi sonucun verilmesidir. Optimizasyon işlemine yeni bir bakış açısı getiren metasezgisel algoritmalar son yıllarda teorik açıdan gelişmesi ivme kazanmıştır. Optimizasyon işlemi keşif aşaması (exploration) ve sömürü aşaması (explotation) olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Keşif aşamasında arama elemanları ortamın her yerine dağılır. Sömürü aşamasında arama elemanları formüllere göre en uygun sonucu bulmak veya ona yaklaşmak için uğraşır. Bu iki aşama arasındaki denge, algoritma performansını etkiler. Metasezgisel algoritmaların tercih edilmesinin belli başlı sebepleri vardır. Bunlar;

- Basitlik: Metasezgisel algoritmalar doğasında fiziksel etmenler, hayvan etkileşimleri veya evrimsel etmenlerden etkilenmiştir. Bu basitleştirilmiş tutum, geliştirme yapan akademisyen ve yazılımcıların birden fazla metasezgisel algoritmaları kullanıp daha etkin sonuçlar alabilmesine olanak vermiştir.
- Esneklik: Metasezgisel algoritmalar, kolay bir şekilde uygulanan algoritmalar olup problemlere kara kutu olarak bakmaktadır. Bu giriş değerleri ve çıkış değerleri algoritmalar için en önemli alandır.

- Türevsiz (Gradientsiz) Mekanizma: Metasegzisel algoritmelerde, sorunlar en uygun sonuca hesaplanır ve rastgele çözümler üretir. Bu yüzden en optimum değeri bulmaktansa ona yakın sonuçlar hesaplar.
- Lokal sonuçtan kaçınma: Metasegzisel algoritmalar, lokal optimal sonuçtan ziyade simüle edilmiş veya gerçek ortamın her yerinde araştırma yapar. Bu yüzden lokal uygun sonuçları çok fazla olan ortamlarda metasegzisel algoritmalar daha iyi sonuçlar verir.

2.2. Metasegzisel algoritma özellikleri

Metasegzisel algoritmalar iki gruba ayrılır:

- Tek çözüm tabanlı
- Popülasyon tabanlı

Tek çözümlü sistemlerde ilk olarak en uygun değeri bulur ve bu değeri geliştirmeye çalışır. Popülasyon tabanlı sistemlerde popülasyon katsayıları rastgele oluşturularak bulunan değerler arasından en uygun değeri aramaya başlar. İterasyonlar boyunca uygun değerler gelişerek en uygun sonuç verilir.

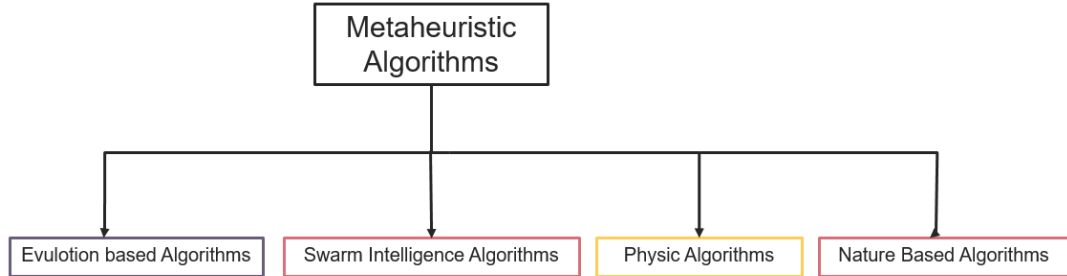
Metasegzisel algoritmalar iki aşamada incelenir: Keşif (Exploration) ve Sömürü (Exploitation). Keşif aşamasında oluşturulan ortam değerleri incelenenebildiği kadar incelenir. Rastgele gelen değerler kayıt altına alınır. Bu aşamada alınan değerler genel ve lokal değerleri bir arada bulundurur. Sömürü aşamasında arama değerleri incelenerek en keşif aşamasında uygun sonuçların olduğu alanları inceler.

Algoritma performansını artırmak için bu iki süreç içerisindeki işlemlerin birbiri ile koordine olması ve işlemlerin problemin özelliklerine göre uygun bir şekilde kurulması büyük bir önem taşır.

İki aşamanın birbiri ile uygun hareket etmesi algoritmanın iyi bir performans vermesi için önem arz etmektedir. Keşif aşaması küçük olursa lokal değerler arasında gidip gelinir. Bu yüzden genel bir değer bulmak oldukça zorlaşabilir.

2.3. Metasezgisel algoritma türleri

Metasezgisel algoritmalar dört ana grupta incelenir.



Şekil 2.1: Metasezgisel Algoritma Türleri

Evrimsel metasezgisel algoritmalar: Evrimsel anlayış ile çalışan bu tür algoritmalar rastgele oluşturulan popülasyonda ortaya çıkan değerler arasında en uygun değeri bulmak için mutasyon faktöründen yararlanır. Bu algoritmalar arasında Genetik Algoritması (GA), Differential Evulotion (DF) gibi algoritmalar bulunur.

Genetik algoritmaların, fonksiyon optimizasyonu, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hücresel üretim gibi alanlarda başarılı uygulamaları bulunmaktadır. Geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre farklılıkları olan genetik algoritmalar, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar (Emel ve Taşkın, 2002)

DF algoritması, GA algoritmasının vektörel olarak yapılması mantığı ile çalışır. Aynı anda birçok noktada araştırma yapmaktadır. İterasyonlar boyunca, operatörler yardımıyla problemin çözümü için daha iyi sonuçlar araştırılmaktadır. (Keskindürk, 2006)

Sürü tabanlı metasezgisel algoritmalar: Bu tarz algoritmalar sürü psikolojisi halinde hareket eden, avlanan hayvanları temel alır. Karınca koloni algoritması (ACO) ve parçacık sürü algoritması bu kategoride en popüler algoritmalarlardır.

ACO algoritması, karıncaların haberleşmesini dijital ortama aktararak algoritmasını oluşturur. Karıncalar gerçek hayatta besine ulaşmaları için veya yuvalarına giden en kısa yolları bulmak için arkalarında bir iz bırakırlar. Bu iz sayesinde en kısa yolu bulan karınca bıraktığı iz ile diğer karıncaların en kısa yoldan besine veya yuvalarına ulaşmalarını sağlar. Bu bağlamda algoritma oluşturulurken temel mantık, basit iletişim mekanizmalarını kullanan yapay akıllı araçların (agent), birçok karmaşık problem için çözümler üretebilmesidir. (Dalkılıç ve Türkmen, 2002). Algoritma optimizasyon problemlerinde kullanılan oldukça yaygın bir metottur.

PSO algoritması, sürü halinde gezen hayvanların avlanma ve iletişim gibi olaylarını taklit ederek kurulan algoritmadır. Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), sürü halinde hareket eden balıklar ve böceklerden esinlenerek Kenedy ve Eberhart (1995) tarafından geliştirilmiş bir optimizasyon yöntemidir. Temel olarak sürü zekâsına dayanan bir algoritmadır. Sürü halinde hareket eden hayvanların yiyecek ve güvenlik gibi durumlarda, çoğu zaman rasgele sergiledikleri hareketlerin, amaçlarına daha kolay ulaşmalarını sağladığı görülmüştür. PSO bireyler arasındaki sosyal bilgi paylaşımını esas alır. Arama işlemi genetik algoritmalarda olduğu jenerasyon sayısınınca yapılır. (Özsağlam ve Çunkaş, 2008)

Fiziksel metasezgisel algoritmalar: Fizik kurallarını baz alarak yapılan algoritmalar. Bu algoritmalar arasında Kara Delik Algoritması (BH) ve Yerçekimi arama Algoritması (GSA) bunlara örnektir.

Yerçekimi arama algoritması (GSA), yerçekimi kinematikinde kökleri olan, doğadan ilham alan bir kavramsal çerçevedir, yerçekimi etkisi altında hareket eden kütlelerin hareketini modelleyen bir fizik dalıdır. GSA'da, bir nesneler topluluğu, Newton yerçekimi ve hareket yasaları altında birbirleriyle etkileşime girer. Nesnelerin performansları kütlelerle ölçülür. (Deeb, Sarangil, Mishra ve Sarangi, 2020)

BH algoritması, kara delik fenomeninden ilham alır ve uzaydaki diğer yıldızları çekme özelliklerini taklit etmeye çalışır. Algoritma, bir ilk çözüm popülasyonu ile başlar. Herhangi bir zamanda, en iyi çözüm bir kara delik olarak kabul edilir ve diğer tüm çözümler ona doğru hareket etmelidir. (Siddique ve Adelie, 2016)

Tabiat temelli algoritmalar: Tabiattaki hayvanların haberleşmeleri ve avlanma metotların taklit eden algoritmalar. Gri Kurt Algoritması(GWO), Yarasa algoritması(BAT) bunlara örnek gösterilebilir.

Gri kurt algoritması, gri kurtların haberleşme ve avlanmada kullandıkları hiyerarşiyi dijital ortamda kullanarak algoritmayı oluşturur. Bunlar alfa kurtlar, beta kurtlar, sigma kurtlar ve delta kurtlar olmak üzere dört gruptur. Alfa kurtlar, zincir yapısından görüldüğü üzere, en baskın ve sürüye hâkim kurtları temsil etmektedir. Beta kurtlar, alfa kurtların yardımcılığı görevini üstlenirler ve alfa kurtlar ile diğer kurtlar arasındaki iletişim ağını yürütürler. Omega kurtlar, alfa kurtlar tarafından seçilen ve en alt seviyede bulunan kurtlardır. Avlanma esnasında en son beslenme sırası gelen kurtlardır. Alfa, beta veya omega kurtlar sınıfına dâhil olmayan kurtlar delta kurtlar olarak adlandırılır. Delta kurtlar, omega kurtlardan baskın olarak alfa ve beta kurtlar tarafından seçilmektedir. (Şenel, Yüksel, Gökçe ve Yiğit, 2018)

Bat algoritması, yarasaların doğadaki yarasaların davranışlarını taklit eden bir yapı kurmuştur. Yarasalar, avlarına olan uzaklığı öğrenmek veya nesnelerin yerini tespit etmek için yankı yöntemini kullanırlar. Yarasaların bu davranışları ve çevresel faktörler bir arada kullanarak formülize edilip algoritma ortaya çıkarılır.

2.4. Yapılan çalışmalar

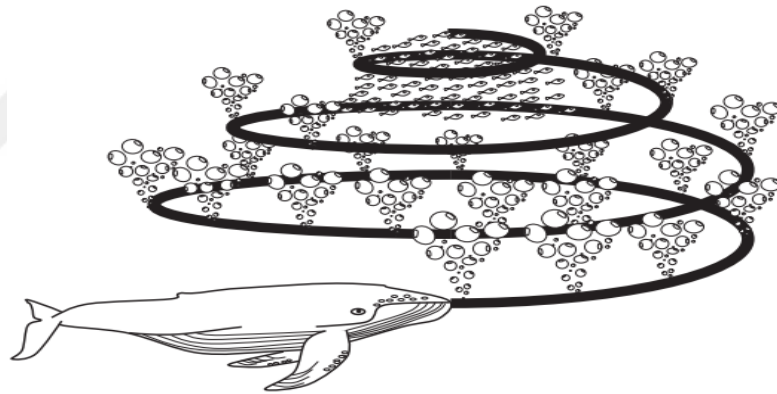
D. Li ve X. Wen, (2015) yaptıkları çalışmada WSN’lerde konum belirleme problemini çözmek, verimliliği ve hassasiyeti artırmak için geliştirilmiş iki fazlı bir PSO algoritması önerdiler. (Doğru ve diğerleri, 2020) Zhang Q,(2015) yaptığı çalışmada genetik algoritmayı kullanarak kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemi için yeni iki tane metot geliştirdi. Gupta, BAT algoritmasını kullanarak kablosuz sensör ağlarındaki bağlantı ve kapsama alanına dair araştırmalar yaptı. (Sharma ve Gupta, 2020). Fidanova, 2014 yılında ACO algoritmasını kullanarak yapmış olduğu çalışmadaa kurduğu sistem enerji tüketimini azalttığı gözlemlendi. (Fidanova, Marinov ve Paparzycki, 2014)

Habib, 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada SN algoritmasını kullanarak kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemi için yeni sensörleri daha efektif kullanmayı önerdi. (Habib ve Marimuthu, 2010) Arsic, lokalizasyon işleminde Firework algoritmasını kullandı. PSO algoritmasının lokalizasyon işlemlerinin sonuçları kıyaslayınca daha iyi olduğunu gözlemledi. (Arsic ve diğerleri, 2016) Fidanova yaptığı çalışmada birden fazla görev vererek ACO kullanarak kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemi yaptı.

2.5. Balina Optimizasyon Algoritması(WOA)

Balinalar, dünyada bulunan en büyük memelilerdir. Farklı türleri olan balinalar, avcı canlılardır. Balinalar hem sosyal yönden hem de avlanma metotları olarak incelenmesi gerekli olan canlılardır. Balina Optimizasyon Algoritması, bu özel avlanma tekniğinden yararlanarak bu tekniği matematiksel olarak ifade ederek algoritmasını kurur.

Kabarcıklı beslenme metodu (Bubble-net feeding method) ve Av kuşatma (Encircling Prey) metodu olarak iki tane özel avlanma metotları bulunur. Av kuşatma metodunda, balinalar avlanırken avlarının yerini bulabilirler ve etrafını kuşatırlar. Böyle bir durumda avına en uygun yerde olan balinanın konumuna göre diğer balinalar konumlarını güncellerler. Kabarcıklı avlanma metodunda ise avına doğru ilerleme hareketi yaparken arama alanını küçültmeye çalışır. Bu metodun görseli aşağıda verilmiştir.



Şekil 2.2: Balinaların kabarcık yöntemli avlanma metodu

Av kuşatma metodunda, balinaların kuşatma davranışının matematiksel olarak formülü denklem 1 ve denklem 2 'de gösterilmiştir. Denklemden bulunan $\vec{X}$ değeri ajanın konumunu, $\vec{A}$ ve $\vec{C}$ değerleri katsayı vektörleri, t iterasyonun sayısını belirtir. $\vec{X}^*$ değeri en uygun sonucu belirtir. İterasyon sayısı ilerledikçe en uygun sonuç daha iyi çıkarsa güncellenir

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)| \quad (1)$$

$$\vec{X}(t + 1) = \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (2)$$

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r} - \vec{a} \quad (3)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r} \quad (4)$$

$\vec{A}$ ve $\vec{C}$ değerleri denklem 3 ve 4 verilen formüllere göre hesaplanır. $\vec{a}$ değeri lineer bir şekilde 2 ile 0 arasında azalır. Balinanın avını arama alanları $\vec{A}$ ve $\vec{C}$ değerleri olarak ifade edilir. $\vec{r}$ değeri [0,1] arasında rastgele alınan bir vektörel değerdir. Arama elemanlarının mevcut konumu, mevcut pozisyon ile $\vec{A}$ vektörleri arasında değerler alabilir.

Kabarcıklı avlanma metodunda, balinaların ve av arasındaki ilişkiler matematiksel olarak ifade edilir. Balinaların ve avları arasındaki bu ilişkinin matematiksel olarak ilişkisi denklem 5 'te gösterilmiştir.

$$\vec{X}(i + 1) = e^{bk} \cos(2\pi k) \vec{D} + \vec{X}_{(i)} \quad (5)$$

Denklem 5'te ifade edilen $\vec{D}$ değeri balina ile avı arasında en uygun değeri ifade eder. b değeri spiral hareketin logaritmik olarak ifadesini gösterir. k, [1,-1] arasında rastgele bir değeri ifade eder. $\vec{D}$ değeri denklem 6 'da belirtilen formül ile bulunur.

$$\vec{D} = |\vec{X}^*(i) - \vec{X}(i)| \quad (6)$$

$$\vec{X}(t + 1) = \begin{cases} \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot \vec{D}, & \text{eğer } p < 0,5 \\ \vec{D}^l \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t), & \text{eğer } p \geq 0,5 \end{cases} \quad (7)$$

İterasyon sırasında spiral hareket ve doğrusal hareket arasında %50 ihtimalle bir hareketlenme olur. p değeri [0,1] değeri arasında rastgele bir sayıdır.

Sömürü aşaması rastgele arama aşamasıdır. Bu aşamada arama elemanları, avcının pozisyonuna göre rastgele konumlanır. Aramaya göre en uygun pozisyon değişmez. Global uygun değerler ve lokal uygun değerlerin matematiksel formülleri verilmiştir. $\vec{X}_{rand}$ rastgele olarak balinaların pozisyonları arasından seçilir.

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_{rand} - \vec{X}| \quad (8)$$

$$\vec{X}(t + 1) = \vec{X}_{rand} - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (9)$$

WOA algoritmasında popülasyon rastgele olarak oluşturulur. Her arama elemanı rastgele bir şekilde oluşturulur. Ava göre en uygun pozisyonlar belirlenir. İterasyon boyunca en iyi sonuç yukarıda belirtilen denklemler ile belirlenir. İterasyon sonunda en uygun değer verilir. WOA çalışma mantığı verilmiştir. (Şekil 2.3)

```

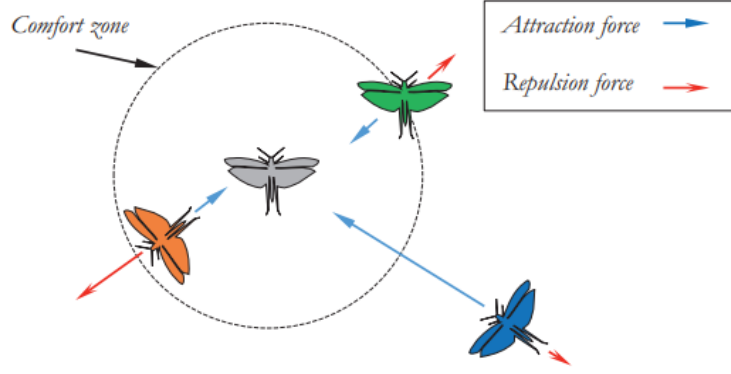
Initialize the whales population  $X_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
Calculate the fitness of each search agent
 $X^*$ =the best search agent
while ( $t < \text{maximum number of iterations}$ ) for each search agent
  for each search agent
    Update  $a$ ,  $A$ ,  $C$ ,  $l$ , and  $p$ 
    if ( $p < 0.5$ )
      if2 ( $|A| < 1$ )
        Update the position of the current search agent by the Eq. 1
      else if2 ( $|A| \geq 1$ )
        Select a random search agent ( )
        Update the position of the current search agent by the Eq. 7
      end if2
    else if ( $p \geq 0.5$ )
      Update the position of the current search by the Eq. 6
    end if1
  end for
  Check if any search agent goes beyond the search space and amend it
  Calculate the fitness of each search agent
  Update  $X^*$  if there is a better solution
   $t = t + 1$ 
end while
Return  $X^*$ 

```

Şekil 2.3: WOA algoritmasının çalışma mantığı

2.6. Çekirge Optimizasyon Algoritması (GOA)

Çekirgeler bir tür böcektir. Yumurta dönemi, larva dönemi ve gençlik dönemi olarak yaşamları incelenebilir. Bireysel olarak yaşayabilen çekirgeler dünyadaki en büyük sürü halinde yaşayan canlılardır. Algoritma, çekirgeler arasındaki iletişimi inceler. Çekim kuvveti ve itme kuvveti inceleyen algoritma, çekme kuvveti gelecek vaat eden alanları keşfetmeye zorlarken, itme kuvveti çekirgelerin arama alanlarını keşfetmesini sağlar. İtme çekme kuvvetlerinin etkisi şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Çekirgeler arasındaki itme çekme kuvvetinin etkisi

Algoritma arama süresi boyunca sistemi dengelemek adına lokal ve global değerler arasında sıkışmaması için bir katsayıyla donatılmıştır. Çekirgelerin davranışsal olarak formüle edilmiş hali denklem 10’da belirtilmiştir.

$$X_i = S_i + G_i + A_i \quad (10)$$

Denklem 10’da gösterilen S değeri çekirgelerin sosyal halini ifade eder. G yerçekimi katsayısını simgeler. A değeri ise rüzgâr faktörünü simgeler. Sosyal faktör olarak etkileşim çekirgelerin mesafesi olarak birbirine uzaklığı hesaplanarak denklem 11’de belirtilmiştir.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \quad j \neq i \quad s(d_{ij}) \widehat{d}_{ij} \quad (11)$$

$\widehat{d}_{ij}$ değeri iki çekirge arasındaki mesafeyi ifade eder. Mesafe hesaplanması denklem 12’de verilmiştir.

$$d_{ij} = |x_j - x_i| \quad (12)$$

s değerinin hesaplanması denklem 13’te verilmiştir. f değeri etkileşim yoğunluğunu l değeri yoğunluğun büyüklüğünü temsil eder.

$$S_i = f e^{\frac{-r}{l}} - e^{-r} \quad (13)$$

G değerinin hesaplanması için kullanılan denklem aşağıda verilmiştir.

$$G_i = -g \widehat{e}_g \quad (14)$$

G değeri yerçekimsel sabiti belirtir. $\widehat{e}_g$ değeri dünyaya doğru olan yerçekimsel vektör değerini temsil eder. A_i değeri denklem 15'te formül ile ifade edilir. u değeri sürüklenme değerini ifade eder. $\widehat{e}_w$ değeri rüzgâr yönünde olan sürüklenme vektörünü ifade eder.

$$A_i = u\widehat{e}_w \quad (15)$$

Yukarıdaki belirleyen denklemlerde S_i değeri olan sosyal etmenler, G_i değeri olan yerçekimi katsayı değeri ve A_i rüzgâr katsayı değerleri ana denklemde yerlerine konulursa denklem 16 elde edilir.

$$x_i^d = \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N c \frac{ub_d - lb_d}{2} S(|x_j^d - x_i^d|) \frac{x_j - x_i}{d_{ij}} \right) + \widehat{T}_d \quad (16)$$

c değeri keşif ve sömürü aşamasını dengelemek için kullanılmıştır. İterasyon sayısı arttıkça bu değer azalır. c değerinin hesaplanması aşağıda verilmiştir.

$$c = c_{max} - l \frac{c_{max}}{c_{min}} \quad (17)$$

c_{max} ve c_{min} değerleri katsayının üst ve alt sınırlarını belirtir. l değeri o andaki iterasyon sayısını belirtir. Bu çalışmada 0 ve 0.000001 değerleri arasında çalışılmıştır.

GOA algoritmasında popülasyonda bulunan çekirgeler arasındaki mesafe farkını hesaplar. Hesaplanan değerler çevresel faktörler ile ayrı bir şekilde hesaplanarak çekirgenin zıplaması muhtemel pozisyonlar bulunur. Bu aşamada bulunan ihtimaller dâhilinde en uygun sonuç hesaplanır ve çıktı olarak verilir. GOA algoritmasının çalışma mantığı aşağıda verilmiştir.

```

P Xi ( $i = 1, 2, \dots, n$ )
Initialize cmax, cmin and maximum number of iteration
Calculate the fitness of each search agent
T=best search agent
while(l<Max iteration number)
    Update the c using Eq 15
    for each search agent
        Normalize the distance between the grasshoppers
        Update the position of current search agent by Eq 14
        Bring the search agent back if goes by the boundaries
    end for
    Update T if there is better solution
    l=l+1
end while
Return T

```

Şekil 2.5: GOA algoritmasının çalışma mantığı

2.7. WOAGWO hibrit algoritması

Metasezgisel algoritmalar hibritlenmesinin ana sebebi hibritlenen algoritmalarının eksik yönlerini güçlendirerek daha verimli bir algoritma ortaya çıkartmaktır. Lokal optime değerine sıkışma, yakınsama değerlerinin yanlış hesaplanması, algoritma hızının artırılması, rastgele yöntemleri aza indirme, keşif ve sömürü aşamaları arasındaki dengeyi sağlama gibi konuları iyileştirmek hibrit algoritmalar yapılırken göz önünde bulundurulur.

WOA algoritması, keşif aşamasında arama elemanları arasında en iyi sonucu bularak en optime değeri bulur. Bu işlem her iterasyonda değişme ihtimali vardır. Sömürü aşamasına geçildiğinde her arama elemanı optime elemana göre konumlarını ayarlar. Bu aşamada arama elemanlarının hareketleri rastgele bir sabit sayı belirlenir. Daha önce de bahsedildiği gibi bu rastgele değere göre seçim algoritması çalışır. Seçimden sonra kullanılan formüller ile optimal sonuç elde edilmeye çalışır. WOA algoritmasının bu bağlamda zayıf yönleri; arama yöntemlerinin kısıtlı olması ve keşif aşamasında fazla odaklanmasıdır. Bunların yanında WOA algoritmasının rastgele arama özelliği ve lokal optime değerlerinin her iterasyonda değişme ihtimali yüzünden algoritmanın çalışma süresinin artmasına yol açmaktadır.

GOA algoritması çalışırken her arama elemanının optime pozisyona göre konum alması ve arama elemanlarının sınır dışına çıkmaması için engelleme işlemi yapılır. WOA'dan farklı olarak optime sonuçların değişmesi daha az olur. GOA algoritmasının

zayıf yönleri; ağır çalışması ve lokal optime değerin içinde hapsolmasını örnek olarak gösterilebilir.

Çalışmada yer alan WOAGOA algoritması her iki algoritmanın zayıf yönlerini göz önünde bulundurarak daha iyi bir algoritma ortaya çıkartmaya çalışılmıştır. Hibrit yapı kurulurken arama alanında yapılan geliştirme sayesinde GOA algoritmasının daha hızlı çalışması hedeflenmektedir. WOA algoritmasının arama metotlarına yapılan değişiklik sayesinde arama işleminin monotonluğundan kurtulma ve rastgele olan arama işlemini daha verimli bir şekilde kullanımı hedeflenmiştir.

Kurulan algoritma, yapısında popülasyon oluşturulduktan sonra, keşif aşaması WOA algoritmasına göre oluşturulmuştur. Keşif aşamasından sonra optimal değerler bulunup sömürü aşamasında gelindiğinde WOA algoritmasının balinaların saldırma yöntemi diye geçen ve rastgele bir değer ile seçim yapılan kısımda GOA algoritmasının seçim metodu eklenilmiştir. Yeni çıkan algoritmanın seçim mantığı aşağıda verilmiştir(Denklem 18).

$$\left\{ \begin{array}{ll} x_i^d = c \left(\sum_{j=1, j \neq i}^N c \frac{ub_d - lb_d}{2} S(|x_j^d - x_i^d|) \frac{x_j - x_i}{d_{ij}} \right) + \widehat{T_d} & \text{if } p < 0.5 \\ \vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_{rand} - \vec{X}| & \text{else if } p \geq 0.5 \\ \vec{X}(t+1) = \vec{X}_{rand} - \vec{A} \cdot \vec{D} & \end{array} \right. \quad (18)$$

Yukarıda verilen denkleme göre eğer p değeri 0.5 değerinden küçük olursa algoritmanın çalışması GOA algoritmasının seçim mantığı ile değişir ve GOA'daki değerler elde edilerek optimal sonuçlar elde edilir. Hibrit algoritmanın çalışma mantığı ve diğer algoritmalar ile karşılaştırılması aşağıda verilmiştir.

```

Initialize the whales population Xi (i = 1, 2, ..., n)
Calculate the fitness of each search
while (t < maximum number of iterations)
  for each search agent
    Update a, A, C, l, and p
    if1 (p<0.5)
      if2 (|A| < 1)
        Select a random search agent
        Update the position of the current search agent by the Eq.8 and Eq.9
      end if2
    else if1 (p >= 0.5)
      Update the position of the current search by the GOA Eq 16
    end for
  Check if any search agent goes beyond the search space and amend it
  Calculate the fitness of each search agent
  Update X* if there is a better solution
  t=t+1
end while
return X*

```

Şekil 2.6: WOAGOA algoritmasının çalışma mantığı

Tablo 2.1:Fonksiyonların karşılaştırılması

F	GOAWOA		WOA		GOA	
	Avg	Std	avg	std	avg	std
F1	3.225e-13	9.7714e-13	1.41e-30	4.91e-30	2.41e-65	7.91e-30
F2	1.3155e-08	3.506e-08	2.39e-21	2.39e-21	0.2314	0.6976
F3	766.2232	7.352352	5.39e-07	2.93e-06	0.4665	0.2314
F4	0.4665	0.8396	0.072581	0.39747	0.072581	0.39747
F5	21.375	11.292	27.86558	0.763626	2.39e-21	2.13e-41
F6	0.3014	0.2859	3.116266	0.532429	3.39e-21	1.317e-13
F7	0.0051	0.0054	0.001425	0.001149	0.001346	0.001334
F8	-1.2025e+19	597.789	-5080.76	695.7968	-2080.76	425.7968
F9	6.8261	21.0954	0	0	0.532346	0.323246
F10	3.3081e-07	1.0022e-06	7.4043	74.043	1.345612	5.678891
F11	0.0037	0.0115	0.000289	0.001586	0.000289	0.001586
F12	0.0114	0.0113	0.339676	0.214864	0.000006	0.000004
F13	0.2312	0.2169	1.889015	0.266088	0.265481	0.054331
F14	11.964	0.60540	2.111973	2.498594	1.367903	2.234567

Tablo 2.1’de geçen fonksiyonlar klasik optimizasyon fonksiyonları olup, optimizasyon problemleri için kullanılan algoritmalar. F1-F7 arasındaki algoritmalar, sömürü aşaması kapasitesini test eder. F8 ve F14 arası fonksiyonlar keşif aşaması kapasitesini test eder.

2.8. Kablosuz Sensör Ağları

Kablosuz sensör ağları ortamın fiziksel koşullarını izleyen ve kaydeden ve toplanan verileri merkezi bir konuma ileten mekânsal olarak dağılmış ve özel olarak ayrılmış sensör ağlarını ifade eder. Kablosuz sensör ağları, sağlık sistemleri, doğa inceleme sistemleri, meteorolojik sistemler, endüstriyel sistemler ve askeri sistemlerde kullanılır. Bunların haricinde kablosuz sensör ağları, akıllı ev sistemlerinde, elektrik sistemlerinin uzaktan kontrolünde, bilimsel alanlarda, okyanus araştırmalarında, coğrafi sistemlerde ve harita çalışmalarında, yer şekilleri veya doğal ortamı hakkında bilgi almak gibi alanlarda kullanılır. Askeri alanlarda fiziksel güvenliği güçlendirilmiş olarak kullanılan kablosuz sensör ağları, düşman bölgenin hakkında bilgi verme amaçlı kullanılabilir. Hedef tespiti ve hedef takibi gibi sistemler için de kablosuz sensör ağları kullanılır. Sensörlerin farklı amaçlarda kullanılması beraberinde farklı sorunlar da getirmiştir.

Uygun maliyeti nedeniyle kablosuz sensör ağları günümüzde belirtilen alanlarda tercih edilmekte ve rakibi olan diğer teknolojilere göre hızlı bir şekilde gelişmektedir. Maliyetinin yanında fiziksel faktörleri (ağırlık, hız) göz önüne alındığında, kablosuz

sensör ağı tercih sebebi olmaktadır. Bunun yanında, kablosuz sensör ağı için batarya ömrü veya lokalizasyon problemi gibi sorunlara sürekli çözümler aranmaktadır.

2.9. Kablosuz Sensör Ağları yapısı

Kablosuz sensör ağı maliyeti düşük olan çok sayıda batarya temelli sensörlerden oluşmaktadır. Kullanım alanı oldukça geniş olan bu yapılar, çeşitli fiziksel ortamlara girerler. Bu alanlardan bilgileri toplayıp, elde edilen verileri bir merkezde toplarlar. Ortama giren sensörler kendileri arasında radyo veya ultrason dalgaları ile haberleşirler. Batarya ömrü fiziksel ortama bağlı olduğundan verilerin aktarımı kablosuz sensör sistemleri için en önemli konu olmuştur. Her sensörün ortama girdiğinde yeri belli olmadığından sensör lokalizasyon işlemi, bir diğer önemli konu olmuştur. Sensörün yapısı aşağıdaki gibidir.

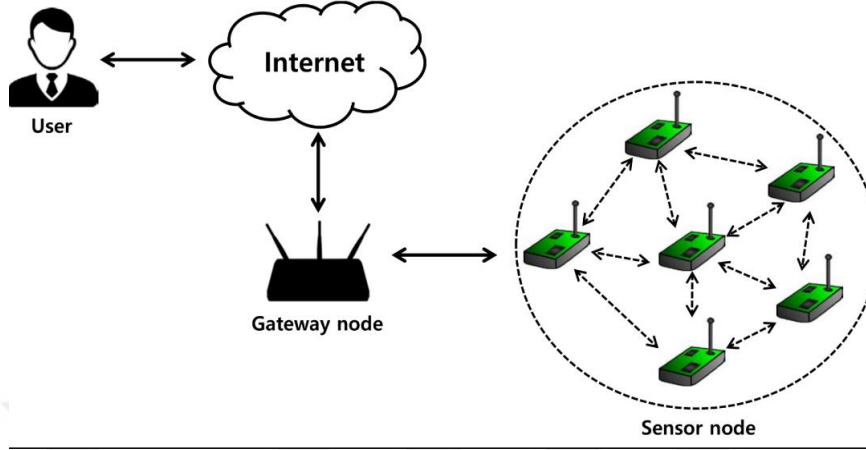


Şekil 2.7: Sensör Yapısı

2.9.1. Sensör Yapısı

Çok sayıda ana bir merkezden kontrol edilmesiyle sistem oluşturulur. Bilgi alınacak alana gönderilen yapı, aralarında koordinasyon merkezli olarak iletişimi kurarlar. İletişimi etkileyen çevresel faktörler sebebiyle iletişimde yaşanabilecek aksamlar yüzünden sensörler komşu sensörler ile haberleşerek verinin bozulmasına karşı önlemler alınır. Aynı bilgileri birden fazla sensör tutmaktadır. Fakat bu işlem

nedeniyle işlenen verinin boyutu artmaktadır. Aşağıda bir sensör ağının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.8:Kablosuz Sensör Ağ yapısı

2.9.2. İnternet ve protokoller

Kablosuz sensör ağları yapısında kurulan bir sistem, internet bağlantısı ve çeşitli protokol sistemleri kullanarak çalışır. Protokollerin sisteme entegrasyonu sonucunda, sensörlerin kapsama alanı, güvenlik ve batarya ömrü gibi, sistemin çalışma performansını etkileyecek konular belirlenir. Protokoller oluşturulurken güvenlik ve çevresel faktörlerin göz önünde bulundurulması, sistemin doğru çalışabilmesi için önem arz etmektedir. İnternet bağlantıları için Thread veya Zigbee sistemleri kullanılabilir.

2.9.3. İşletim Sistemi

Protokollerin çalışması, veri işlemesi ve internet bağlantılarının kurulması konusunda sensörler için çeşitli işletim sistemleri geliştirilmiştir. Bu işletim sistemlerine örnek olarak LiteOS ve TinyOS örnek gösterilebilir. Bu işletim sistemleri sensörler için geliştirilen protokolleri barındırır. Bunun yanında, veri güvenliği için kullanılan protokoller de bu işletim sistemlerinde bulunur.

2.9.4. Sensör ağıları

Sensör ağıları sistemin ana merkezini oluşturur. Maliyeti düşük olması asıl hedefi olduğundan, sensörlerin batarya ömürleri genellikle düşüktür. İletişim alanları içinde verinin birden fazla düğüme aktarımı gerçekleşir. Sistem, bilgi alınacak ortama girerken çoğu sensörün yeri bilinmez. Bu nedenle, sistem içindeki çapa düğümler ve yeri bilinmeyen düğümler olmak üzere iki sensör tipi vardır. Çap düğümünün görevi yüksek frekanslı iletişim yapısı sayesinde yeri bilinmeyen düğümlerin yerini bulma ve bu sayede veri aktarımını sağlamaktır. Yeri bilinmeyen düğümler ise yerini belirlemek için diğer düğümler ile iletişime geçer. Üç veya daha fazla düğüm ile iletişime geçerse düğüm artık çapa düğüm olarak görev yapar. Bu arada kendi üzerindeki verileri aktararak veri aktarımını sağlar. Verilerin aktarımı için yeri bilinmeyen düğümlerin yerinin tespiti önemli bir konudur.

Yukarıda belirtilen sistem kurulurken belirli ilkeler ile kurulur. Bu ilkelerin en temelinde düşük maliyet yer aldığından bu ilkenin etrafında diğer ilkeler geliştirilir. Bu ilkeler, kablosuz sensör ağlarında belirli konularda diğer sistemlere göre avantajlı iken, bazı konularda dezavantajlı duruma geçmemesi için gerekli düzenlemeler ve geliştirmeler yapılmasına olanak sağlamıştır. Geliştirilen konuların başında güvenlik ve yeri bilinmeyen düğümlerinin lokalizasyonu yer almaktadır. Kablosuz sensör ağlarında sistem geliştirilirken karşılaşılabilecek belli başlı problemler, her sistemde karşılaşılmayacağı gibi teorik olarak bütün kablosuz sensör ağları ile oluşturulan sistemlerde görülebilir.

2.10. Kablosuz Sensör Ağları İlkeleri

2.10.1. Büyük ölçek

Kablosuz sensör ağlarında genel uygulamaları (örneğin askeri gözetleme uygulamaları) coğrafi açıdan geniş bir alanın kapsanmasını gerektirir. Ayrıca düğümlerin yüksek ölüm oranları, kısıtlı radyo kapasiteleri ve güvenilirliği düşük ucuz algılayıcılar sebebiyle sistemleri genelde çok büyük ölçekte olabilir.

2.10.2. Kısıtlı kaynak

Maliyeti yükseltmemek için kurulan sistemlerin sade olması gerekmektedir. Kullanım alanlarına göre değişim gösterdiğinden askeri alanda kullanılan sensör ağları, güvenlik

sebebiyle daha yüksek maliyetli olabilir. Sahaya girdikten sonra fiziksel müdahale bazı durumlarda imkânsız olabilir. Bu yüzden batarya kullanımı açısından kablosuz sensör sistemleri kurulurken dikkat edilmelidir. Batarya kullanımı ve hafıza kapasitesi gibi problemler yüzünden kablosuz sensör ağları sistemleri kurulurken bütün protokoller etkilenir.

2.10.3. Artıklılık

Fiziksel ortamda, tahmin edilemeyen bazı problemler yaşanabilir. Fiziksel ortamın durumu, sensörlerin iletişim aralığında olmaması, sensörlerin yaşam sürelerinin kestirilememesi veya sensörlere dışarıdan müdahale gibi durumlar bunlara örnektir. Bunun gibi sebeplerden ötürü sensör ağlarında düğüm artıklığı zorunlu hale gelmiştir. Sistem kurulurken algılayıcı düğümler yüksek dereceli artıklıkla kullanılırlar. Bunun yanında sensörlerin birden fazla düğüm ile iletişime geçerek veri aktarımını garantiye alması gibi önlemler almıştır. Bunun yüzünden veri aktarımı daha sağlıklı bir şekilde ilerlerken veri büyüklüğü artar.

2.10.4. Güvenlik

Güvenlik her sistemde olduğu gibi kablosuz sensör ağlarında önemli bir alandır. Güvenlik ele alınırken, sahadaki sensörlerin enerji kaynak limitleri göz önüne alınırken ana merkez limitsiz enerji kaynağı olarak ele alınır. Verinin korunması ve veri bütünlüğü, güvenliğin ana hedeflerindendir. Şifreleme, geleneksel olarak kablosuz sensör ağlarında uçtan uca gizlilik sağlamak için kullanılırken; güvenli bir veri toplama senaryosundaki toplayıcıların toplama gerçekleştirmek için şifrelenmiş verilerin şifresini çözmesi gerekir. Bu toplayıcılardaki düz metni ortaya çıkararak verileri yetkisiz bir müdahaleye karşı savunmasız hale getirir. Benzer şekilde bir toplayıcı kümeye yanlış veri enjekte edebilir ve baz istasyonunun yanlış verileri kabul etmesini sağlayabilir. Bu nedenle, veri toplama bir ağın enerji verimliliğini artırırken mevcut güvenlik zorluklarını da karmaşık hale getirir (Mitchell ve Chen, 2014).

2.10.5. Merkezi veri işleme

Verilerin işlenmesi, sistemin en önemli sorunlarından biridir. Bu yüzden verilerin işlenmesi için çeşitli protokoller geliştirilmiştir. Bu aşamada, verilerin işlenmesi için

verilerin geldikleri konumlar önemli bir hale gelmiştir. Bunun sebebi düşük kapasite ile çalışan sensörlerin diğer sensörlerin adları veya özellikleri gibi bilgileri tutmayarak daha verimli bir şekilde çalışmasını sağlamaktır. Lokasyon bazlı bilgileri hafızasında tutarak işlem yaparlar. Bu yüzden verilerin geldiği sensörden çok verilerin geldiği sensörlerin lokasyonu daha önemlidir.

2.10.6. Tahmin Edilemezlik

Bir sistem oluştururken kablosuz sensör ağlarını seçilmesinin ana sebeplerinden bir maliyettir. Maliyeti düşük olan bu sistemler yanında bazı sıkıntıları birlikte getirirler. Yukarıda bahsedildiği gibi batarya ömrünün kısalı iletişim kısmında bozulma ihtimalleri dışarıdan yapılacak müdahaleler bunlardan birkaçıdır. Bunun gibi sebepler yüzünden tasarımında çevrim-içi (Online) gözetim ve geri beslemeli kontrol yüksek servis kalitesini (Quality Of Service) sağlamak için gereklidir. (Meghdadi, Özdemir ve Güler, 2008)

2.10.7. Gerçek Zaman Kısıtlamaları

Kablosuz sensör ağlarında gönderilen ortamın kısıtlamalarına uyulması gerekmektedir. Kullanım alanlarına göre gelecek zaman kısıtlamaları iletişimi etkileyerek hem veri doğruluğu hem de veri aktarımını etkileyebilir. Bütün gerçek zamanlı olaylar dikkate alınarak bir sistem oluşturulması imkânsızdır fakat belli başlı durumlar için protokoller geliştirilerek gerçek zamanda karşılaşılabilecek olayların önüne geçilmesi mümkündür.

Yukarıda bahsedilen ilkeler genel olarak bir kablosuz sensör ağı sistemini tasarlarken karşılaşılabilecek durumlardır. Bu durumlar arasında sıkça bahsedildiği gibi verinin işlenmesi iletişim ve güvenlik kablosuz sensör ağları ile oluşturulan sistemlerin en önemli konularıdır. Geliştirilen bütün protokoller bu üç başlık üzerinde yoğunlaşır.

2.11. Kablosuz Sensör Ağlarında Düğüm Lokalizasyonu

Kablosuz sensör ağlarında düğüm lokalizasyon problemi sistemde yer alan ve yeri bilinmeyen sensörlerin çapa sensörlere göre yerini saptaması problemidir. Bu problemin çözümünde günümüzde yaygın olarak kullanılan GPS sistemi kullanılır.

Kullanım alanlarının artmasıyla GPS sistemi verimli olmasına rağmen düşman bölgeler veya çevresel olarak zorlu bölgelerde GPS sistemi etkinliğini yitirmektedir. GPS sistemine ek sistemler yapılmakta ve bu işlemler maliyeti artırmaktadır. Bu yüzden GPS sistemine alternatif olarak yeni sistemler aranmaktadır. Metasezgisel algoritmalar kullanım kolaylığı sisteme daha kolay bir şekilde uyarlanabilmesi ve hızlı olması gibi faktörler sayesinde tercih edilebilir. Düğüm lokalizasyonu problemine yaklaşıırken farklı lokalizasyon metotları kullanılabilir. Metotların farklılaşmasının sebebi her sistemin ve ortamın birbirinden farklı olmasıdır. Düğüm lokalizasyonu yapılırken kullanılan metotları mesafe bazlı ve mesafeden bağımsız olmak üzere iki ayrılır.

Mesafe bazlı lokalizasyon işlemleri, çapa sensörler ile yeri bilinmeyen sensörler arasındaki mesafeyi temel alarak kurulan metotlardır. Bu metotlar, mesafeyi baz alınması sebebiyle diğer yöntemlere göre daha basit ve maliyeti düşüktür. Teorik olarak yeri bilinmeyen bir sensör üç veya daha fazla sensör ile iletişime geçerse artık yeri bilinmiş olarak sayılır ve çapa sensöre döner. Bu işlem bütün yeri bilinmeyen sensörlerin yer tespiti yapılana kadar devam eder.

TDOA (Time Difference Of Arrival) metodu mesafe bazlı metotlardan bir tanesidir. Farklı zaman aralıkları ile gönderilen radyo veya ultrason dalgaları ile metot oluşturulur. Sensörler arasında birbirinden farklı zamanlar ile gönderilen sinyaller ile yeri bilinmeyen sensörlerin yerleri tespit edilmeye çalışır. Gelen radyo veya ultrason sinyalini alan sensör yakındaki bir sensöre aynı şekilde sinyal göndererek birbirlerinin konumlarını hesaplamaya çalışırlar. Bu işlem sırasında farklı zamanlarda gönderilen sinyaller ve bu sinyaller ile tetiklenen sensörler sayesinde mesafe hesaplanmaya çalışılır.

AoA (Angle Of Arrival) metodunda sensörler yüksek donanımlı ultrasound sinyali alabilecek birden fazla alıcı ile donatılmıştır. Komşularından gelen sinyalleri bu alıcılar sayesinde bulunur. Sinyalin gelme zamanına göre mesafe hesabı yapılır. Komşu sensörler arasındaki iletişim zaman farkı ve sinyalin gelme yerine göre mesafe hesaplaması tamamlanır.

RSSI (Received Signal Strength Indicator) yukarıda bahsedilen sinyal yönünü ve zaman farkına göre sinyalin gelmesi mantığından farklı bir şekilde sinyalin gelme gücünü hesaplamada kullanır. Sinyal gücü çapa sensörlerden yeri bilinmeyen

sensörlere doğru radyo sinyalleri gönderilir. Mesafeye bağlı bir şekilde gönderilen sinyallerin iletim gücü azalır. Bu yüzden gönderen sensörün radyo sinyallerinin azalma oranı hesaplanarak yeri bilinmeyen düğümlerin yerleri saptanır.

ToA (Time Of Arrival) metodunda bütün sensörler senkronize bir şekilde çalışırlar. Gelen sinyalin gelme zamanı hesaplanarak mesafe hesaplar. Burada zaman kavramı bu metot için hassas bir şekilde ayarlaması gerekmektedir. Belirtilen metotlar lokasyon problemine radyo veya ultrasound sinyallerini kullanarak yeri bilinmeyen sensörlerin yerini saptamaya çalışmaktadır. Bu metotlar kullanılırken sinyallerin iletimini engelleyecek her türlü çevresel ve iç faktörler hesaba katılması gerekmektedir. RSSI (received signal strength indication) metodunun en zor kısmı ortam gürültülerinden uzak bir şekilde sinyalinin gönderilmesidir. Aynı şekilde AoA metodu her türlü çevresel faktörlerden etkileneceği gibi zaman senkronizasyonu zor bir işlem olmuştur.

DV-Hop (Distance Vector-Hop) ünlü birçok sekmeli yerelleştirme algoritmasıdır. Niculescu ve Nath tarafından geliştirilmiş olup, üç adımdan oluşmaktadır (Messous, Lliouanne, Cheikhrouhou ve Hamam, 2021). İlk aşamada çapa sensörler yayın yaparak yeri bilinmeyen sensörlere bildirim yapar. Sinyal mesafesini aşmayan yeri bilinmeyen düğümler arasında haberleşme başlar. Radyo sinyalini alan sensörler lokasyonlarını bildirir. İkinci aşamada çapa sensöre gelen bildirilerle birlikte çapa düğümlerde ortalama mesafe değeri belirlenir ve bu değere uzak veya yakın sensörlerin hop değerleri belirlenir. Üçüncü aşamada ise belirlenen ortalama değere göre sensörlerin yer hesaplaması yapılır.

APIT (Approximate Point-In Triangulation Test) metodu ortamı üçgenlere böler. Yeri bilinmeyen sensörler üçgenin dışında ise iletilen mesajlar sayesinde kendinin içinde olduğu üçgenin bilgilerini almaya çalışır eğer bilgiler içeriği yeri bilinmeyen düğümün bilgileri ile uyuyorsa içinde bulunduğu bilgileri üçgenin içerisindeki diğer sensörler ile paylaşır. Bu şekilde üçgen içinde yer alan çapa düğümler yeri bilinmeyen düğümlerin yerlerini tespit etmiş olur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HİBRİT ALGORİTMA YAPISI

3.1. Hibrit metasezgisel algoritmalar

Son zamanlarda metasezgisel algoritmaların gelişmesiyle optimizasyon problemlerine yaklaşım değişmiştir. Daha hızlı ve verimli çalışan algoritmalar elde etmek için metasezgisel algoritmalar kendi aralarında hibrit bir yapıya sokular yeni algoritmalar ortaya çıkarılmıştır. Hibrit yapı iki veya daha fazla algoritma kullanılarak ortaya çıkartılan yeni bir algoritmaya denir. Hibrit yapıya başvurulmasının sebepleri daha hızlı ve doğru sonuçlar veren algoritmalar üretmektir. Hibrit bir yapı kurulurken çok fazla yöntem vardır. Hibrit yapının kurulma sebepleri lokal değerlerden kaçınma, en daha iyi sonuçlar bulmak veya dengeleme yapmak olabilir. Bir diğer sebep hibrit yapı kurulurken hibritlenen algoritmaların zayıf yönlerini yok etmek ve arama yöntemlerini daha iyi bir şekilde kullanmak olabilir.

Geçmiş yıllarda hibrit algoritmalar konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Rodriguez EA ve SA algoritmalarını kullanarak yeni bir hibrit yapı oluşturdu (Ting, Yang, Cheng ve Huang, 2015). Genetik algoritmalar ve PSO ile yapılan hibritasyonlar mutasyon ve çaprazlama seçimleri için daha iyi sonuçlar verdi (Angeline, 1998). Xu tarafından önerilen GWO algoritması ve CS(Cuckoo Search) algoritması hibritlendi (Laiju, Sedaghat ve Sigddavaatam, 2021). Kaveh ve Rashtegar WOA formulizasyonunu kullanarak CBO algoritmasını kullanarak verimlilik, yakınsama eğrisi ve güvenilirlik yönünden daha iyi bir hibrit yapı ortaya çıkarttı (Laiju ve diğerleri, 2021). Zeynep G.HHO ve GWO algoritmalarını hibrit bir yapıda kullanarak optimizasyon problemine çözüm aradı (Garip ve diğerleri, 2021). Nyguen BAT algoritması ve ABC algoritmasını hibrit bir yapıya soktu. Shi, PSO ve belli başlı biyolojik operatörler kullanarak hibrit bir yapı ortaya çıkardı (Laiju ve diğerleri, 2021). El-Shorbagy. GA (Genetik algoritma) ve GOA algoritmaları kullanılarak yeni bir hibrit yapı ortaya çıkararak optimizasyon problemlerine çözüm aramıştır (Shorbagy ve Refaey, 2020). Sita, GOA ve ALO algoritmalarını kullanarak ekonomik emilsiyon sevk işlemine çözüm aramıştır. (Sita, Reddy, Kiranmai ve Chaitanya, 2020)

Majarfa ve Mirjaili, SA ve WOA algoritmalarını kullanarak seçimde farklı bir yöntem denediler. İlk olarak WOA içerisine eklenen SA algoritması her iterasyondan

sonra elde edilen sonucu daha iyi bir şekilde elde etmeye çalışmıştır. İkinci yöntemde ise WOA tarafından bulunan ve keşif döneminde yer alan en iyi alanları SA algoritması ile geliştirilmeye çalışılmıştır (Laju ve diğerleri, 2021).

3.2. WOAGOA ile kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemi

Bu çalışmada, kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemi yapılırken mesafe bazlı yol izlenilmiştir. Geliştirilmiş algoritma ile lokalizasyon işlemine çözüm aranmıştır. Lokalizasyon işlemi yapılırken her yeri bilinmeyen sensör için algoritma çalıştırılmış ve yeri bilinmeyen sensörün lokasyon tespiti için yakınındaki diğer sensörler ile iletişime geçmesi sağlanmıştır. Lokalizasyon işlemi yapılırken aşağıdaki adımlar izlenilmiştir.

1. İletişim aralığı (R) içindeki N sayıdaki bilinmeyen düğümleri ve M sayıdaki bağlantı düğümlerini rastgele başlatılır ve çapa düğümleri konumlarını ölçülür daha sonra koordinatlarını komşularına iletir. Tüm yinelemeler için sonunda yer alan düğüm referans düğüm olarak adlandırılır ve bu düğüm bağlantı düğümü olarak işlev görür.
2. Bir düğümün iletişim aralığındaki üç veya daha fazla bağlantı düğümü yerleştirilmiş düğüm olarak kabul edilir.
3. Komşu bağlantı düğümü yerleştirilmiş düğümün konumunu ölçmeye yardımcı olur. Mesafe ölçümleri çevresel düşünce nedeniyle dikkati dağıtır; onu ortadan kaldırmak için Gauss gürültüsü n_i , gerçek mesafe d_i ile birleştirilir.

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (19)$$

d_i sensörler arasındaki mesafedir. x ve y değerleri bilinmeyen düğümün koordinatlarıdır. En yakın bağlantı düğümünün koordinasyonunun x_i ve y_i koordinatlarıdır.

4. Bütün yeri bilinmeyen düğümler WOAGOA algoritmasını kullanarak yer tespiti yapılmaya çalışır. Formülü aşağıda verilmiştir.

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \hat{d}_l \quad (20)$$

Denklemden geçen N değeri yeri bilinmeyen düğüm sayısını ifade eder.

5. Hedef düğümlerin optimal konumunu, yani (x, y) geliştirir. Bu geliştirme hata oranını azaltır.

6. Optimizasyondan sonra hedef düğümlerin konumları ile algoritmadan hesaplanan konumlar yaklaştırılmaya çalışılır. Hesaplanmış düğümler gerçek koordinatlar ve hesaplanan koordinatlar ile hesaplanan hata tahmini yapılır (L=M-N koşusu sağlandığında).

$$E_l = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^L \sqrt{(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2} \quad (21)$$

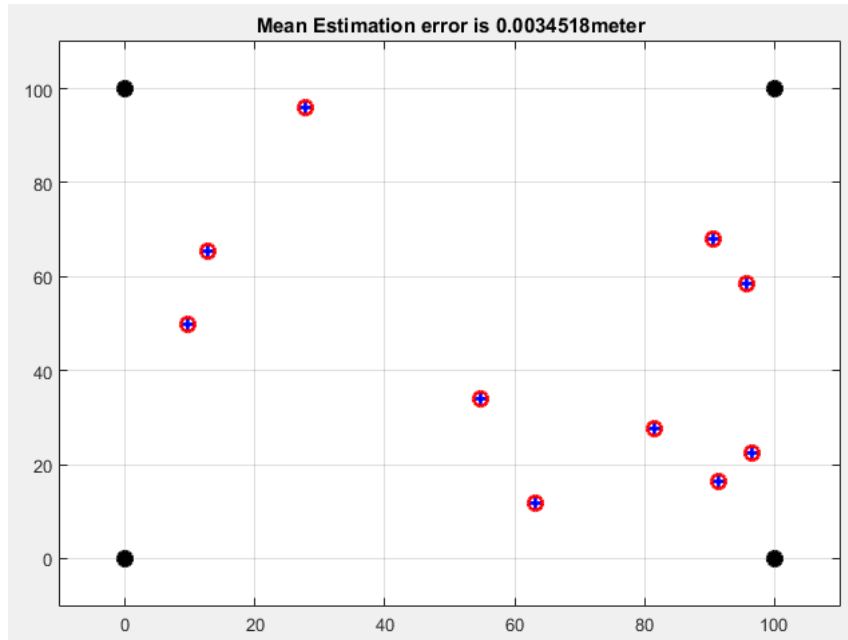
7. Her bilinmeyen düğüm için 2 ve 6 adımları devam eder. Düğümlerin lokasyonları belirlendikten sonra işlem tamamlanır. Bilinmeyen düğüm konumlarının sayısı performans etkiler.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

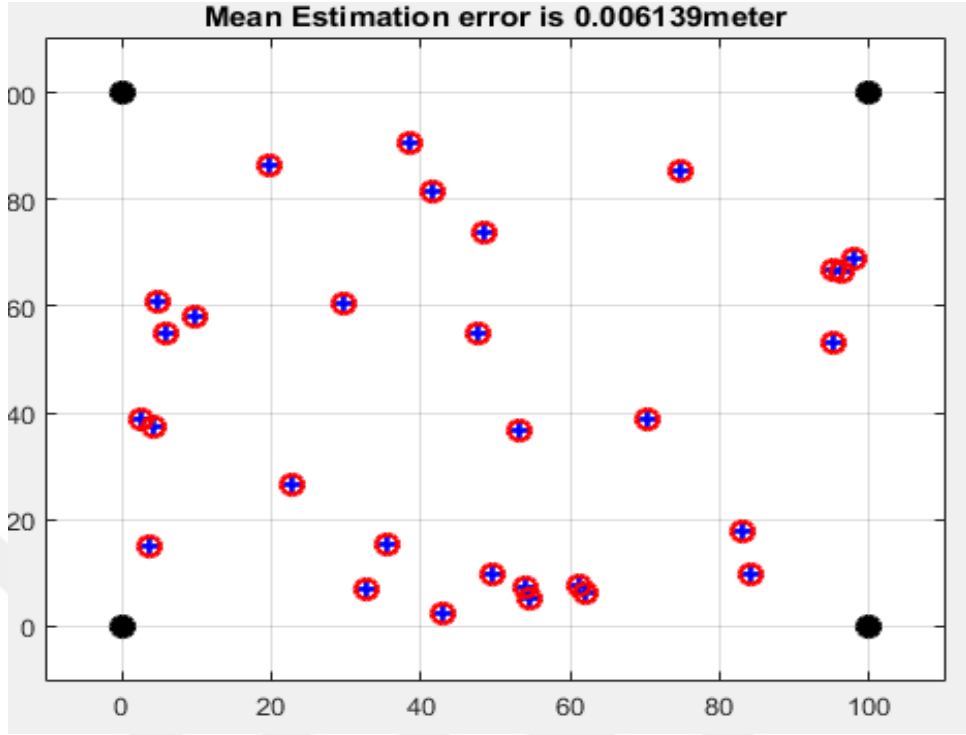
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu kısımda, önerilen algoritmanın kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemine uygulanması ve bunun sonuçları verilecektir. Kullanılan deneysel ortam, Matlab 2016 ortamında hazırlanmıştır. Bu deneysel ortam 100x100 m'lik bir ortamda hazırlanmıştır. Deneysel ortamda, 4 çapa sensör kullanılmıştır. Kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemini etkileyen en önemli unsur, yeri bilinmeyen sensörlerdir. Sensör sayısı arttıkça algoritmanın hata oranını tespit edebilmek için farklı ortamlar oluşturulmuştur. Bu ortamların oluşturulmasındaki ana hedef, algoritmanın çalışma hızını ve hata oranı azaltma performansını hibritlendiği algoritmalarla karşılaştırmaktır. Deney ortamında yeri bilinmeyen sensörlerin sayısı 10,30 ve 50 ve 100'dür. Algoritmaların hata oranı hesaplaması kablosuz sensör ağları lokalizasyon işleminde verile 21. Denkleme göre yapılmıştır. Kurulan deney ortamındaki amaç, kırmızı ile ifade edilen sensörün gerçek noktası ile hibrit algoritmanın elde ettiği ve mavi ile gösterilen konumları birbirine yaklaştırmaktır.

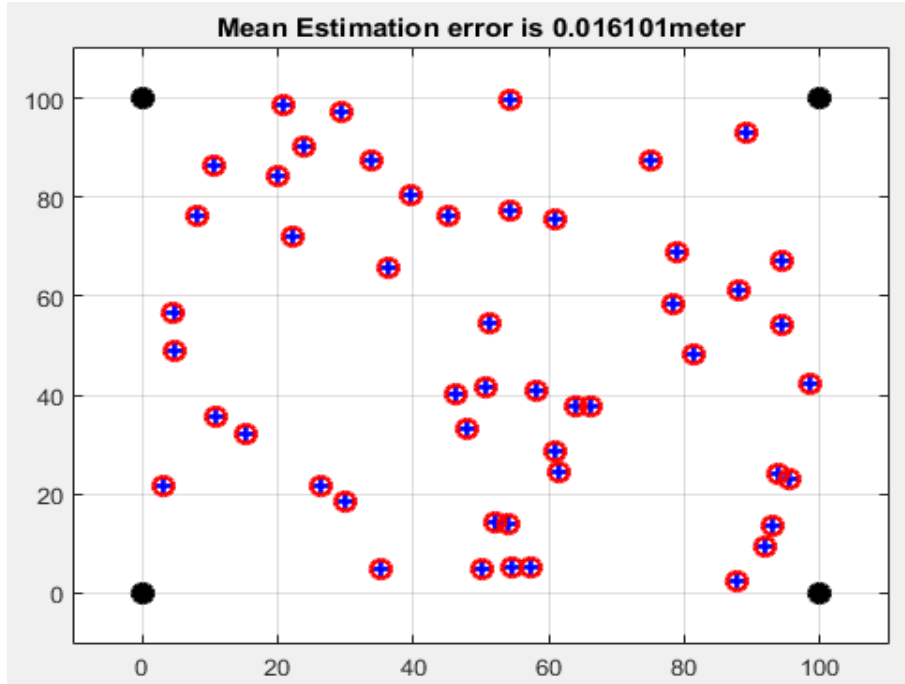
WOA algoritmasına göre kablosuz sensör ağlarında optimizasyon işlemi çıktıları aşağıda verilmiştir.



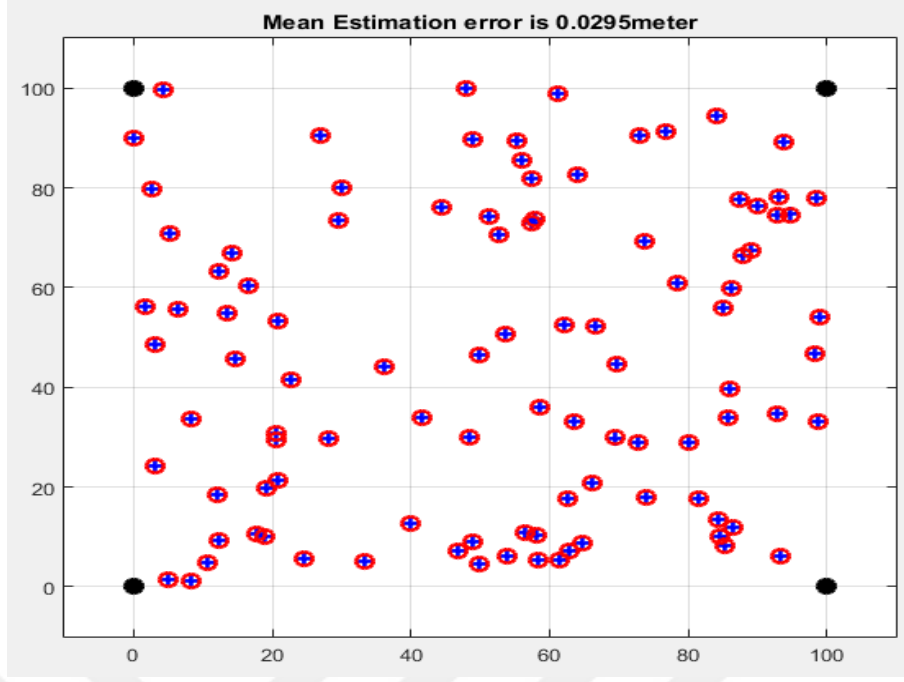
Şekil 4.1: WOA 10 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



Şekil 4.2: WOA 30 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



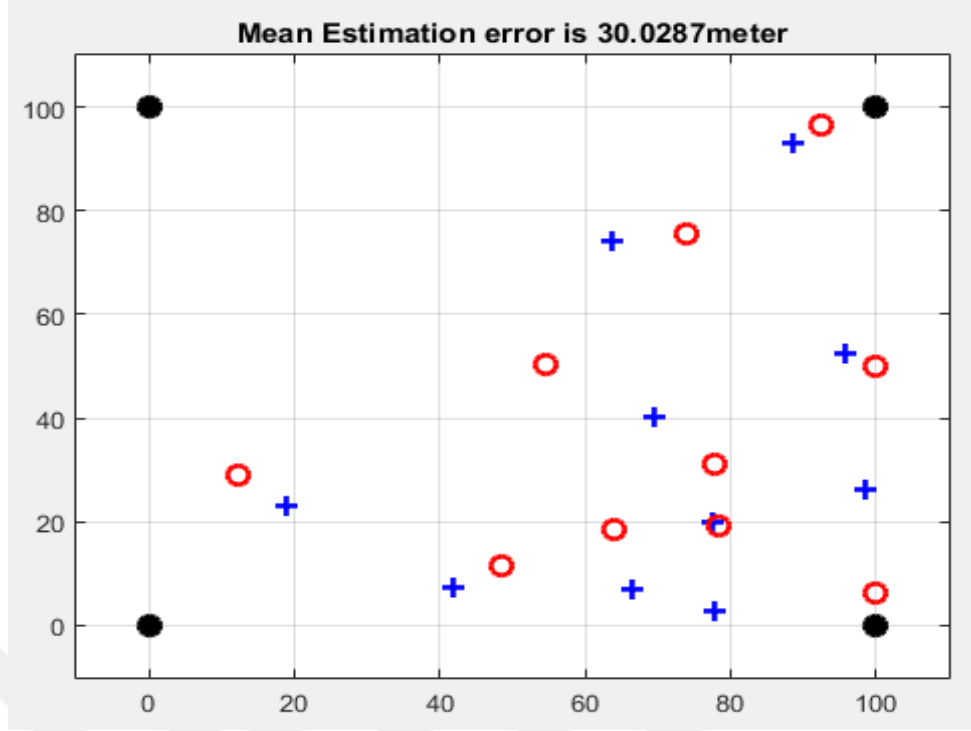
Şekil 4.3: WOA 50 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



Şekil 4.4: WOA 100 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi

Yukarıda verilen şekillerde, WOA algoritmasında hata oranı yeri bilinmeyen sensör sayısına artmasıyla beraber artmaktadır. Yeri bilinmeyen sensör sayısının artmasıyla beraber algoritmanın çalışma süreside artmaktadır.

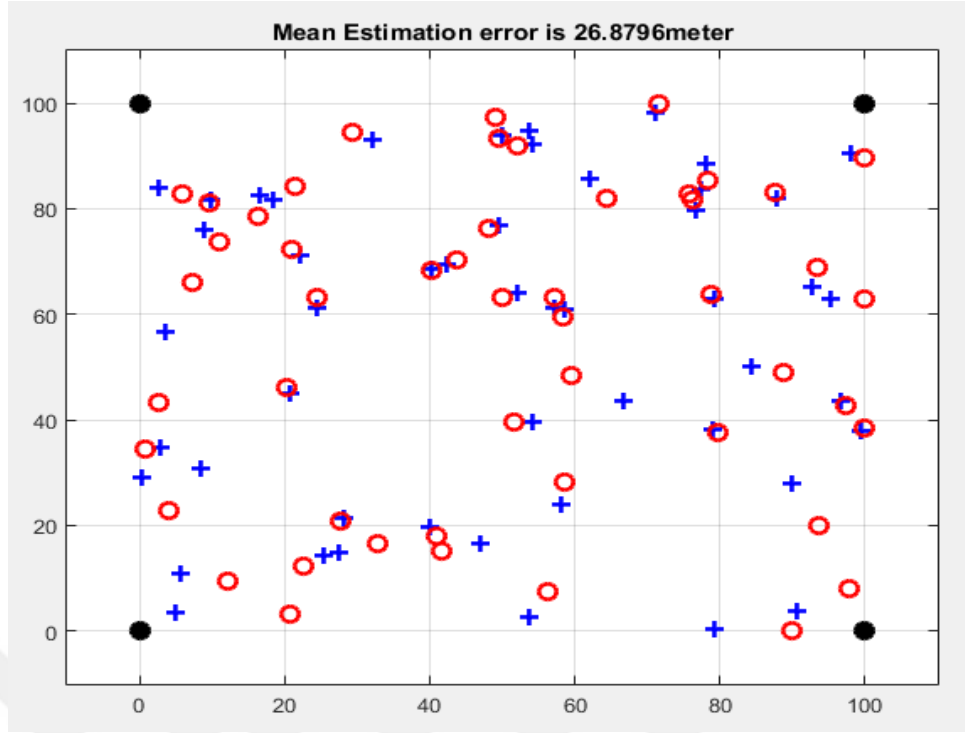
GOA algoritmasına göre kablosuz sensör ağlarında optimizasyon işlemi çıktıları aşağıdaki grafiklerde görülmektedir.



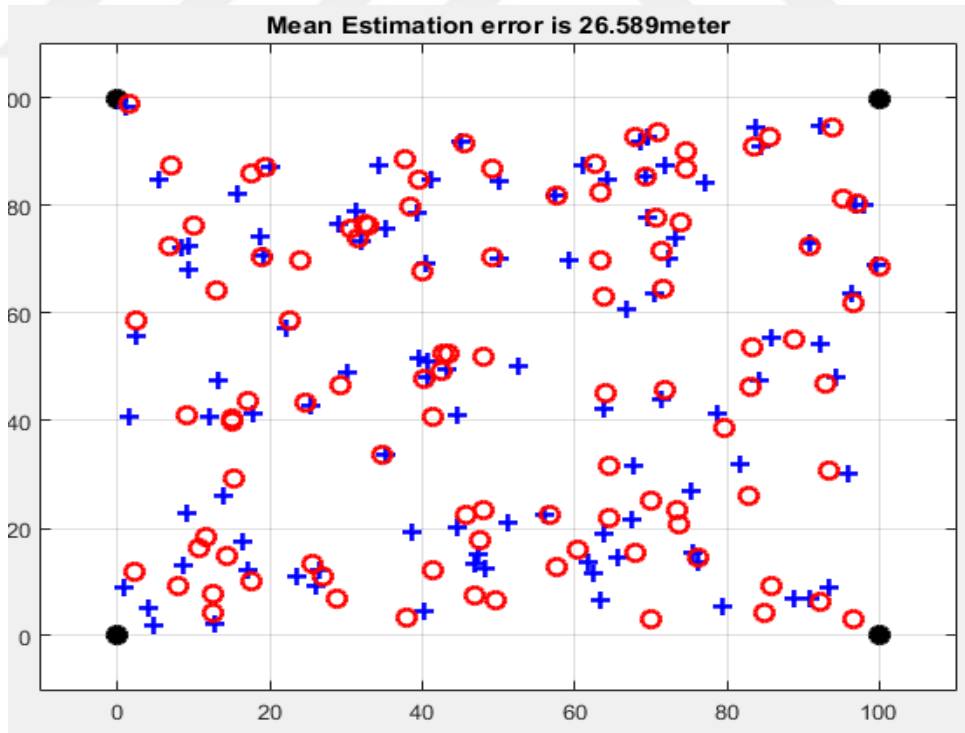
Şekil 4.5: GOA 10 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



Şekil 4.6: GOA 30 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



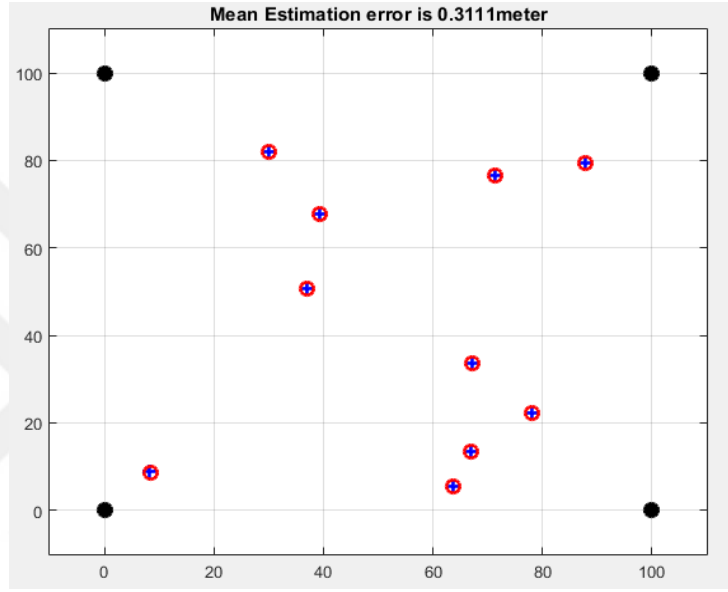
Şekil 4.7: GOA 50 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



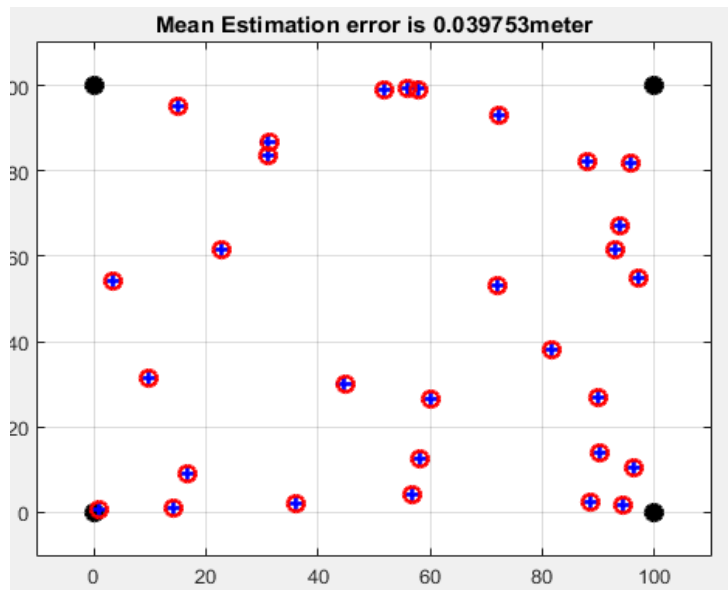
Şekil 4.8: GOA 100 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi

GOA algoritmasının çalışma mantığı lokalizasyon işlemine uygulandığında GOA algoritmasının hata oranlarının WOA algoritmasına göre daha yüksek olduğu gözlemlenir. GOA algoritmasının hata oranı sensör sayısından etkilenmemekle birlikte hata oranı sensör sayısı arttıkça düşmektedir.

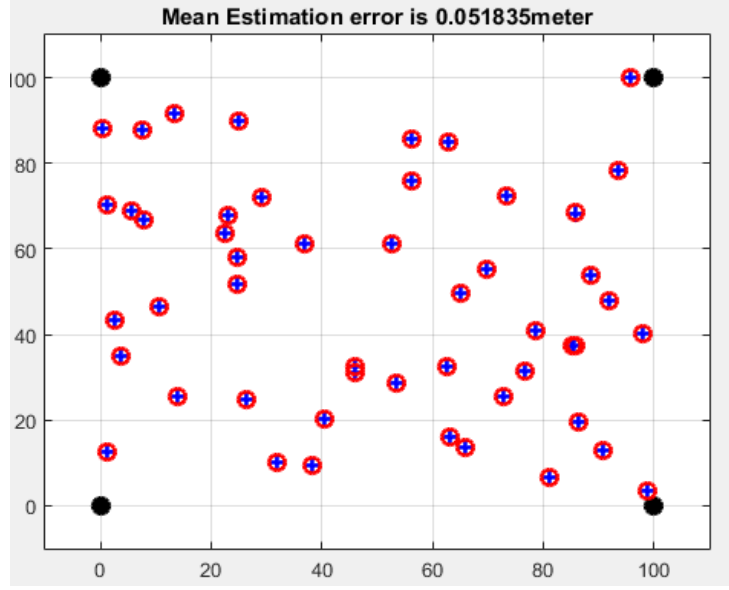
WOAGOA algoritmasına göre kablosuz sensör ağlarında optimizasyon işlemi çıktıları aşağıda verilmiştir.



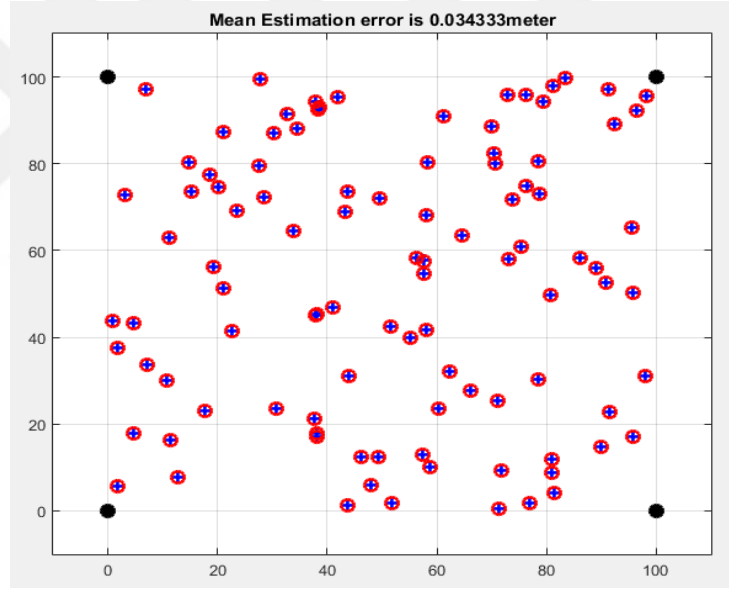
Şekil 4.9: WOAGOA 10 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



Şekil 4.10: WOAGOA 30 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



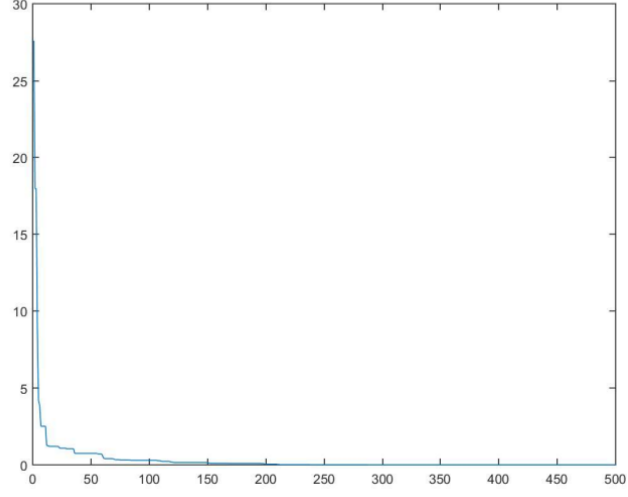
Şekil 4.11: WOAGOA 50 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi



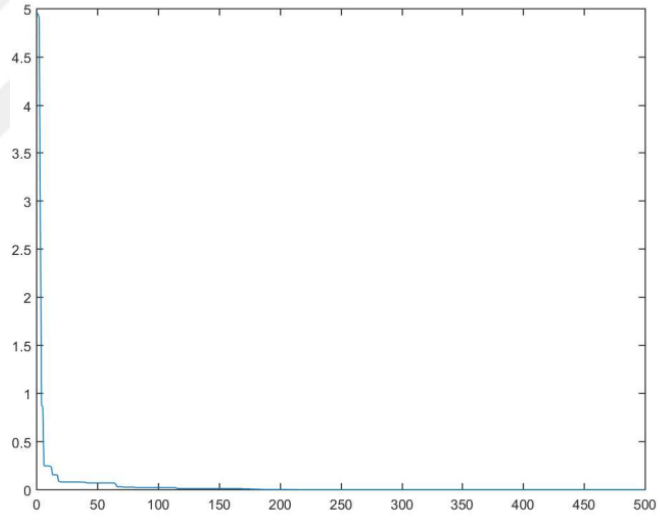
Şekil 4.12: WOAGOA 100 yeri bilinmeyen sensörle yapılan lokalizasyon işlemi

WOAGOA algoritmasının kullanarak yapılan lokalizasyon işleminde sömürü aşamasında yapılan hibritleme sayesinde hata oranının çok büyük ölçüde düştüğü gözlemlenmiştir. Hata oranı yeri bilinmeyen sensör sayısının artmasına rağmen düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun sebebi önceden bahsedildiği gibi WOA algoritmasının arama mantığında yapılan değişikliklerdir.

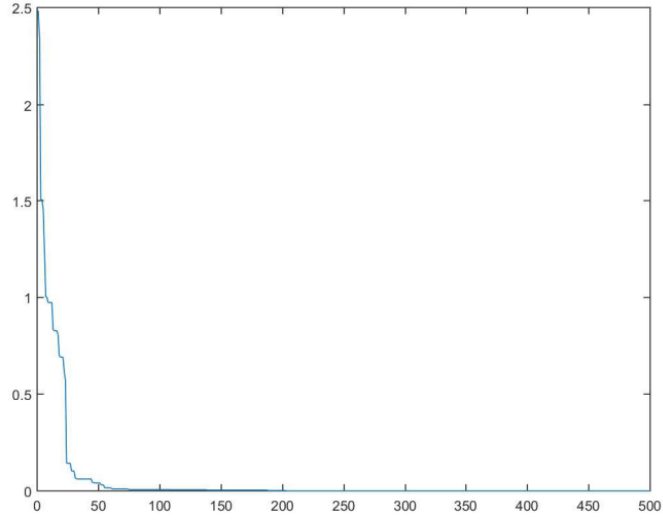
Aynı zamanda algoritmaların çalışma verimliliğini etkileyen yakınsama eğrilerinin şekilleri verilmiştir. X eksenini Y eksenini İterasyon sayısını temsil eder.



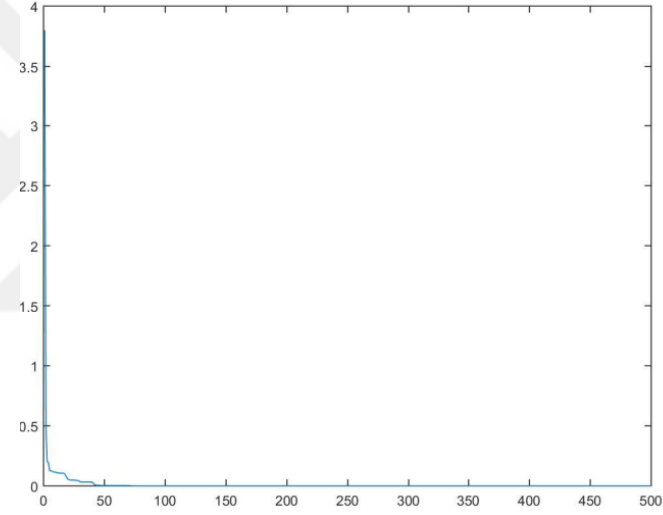
Şekil 4.13: WOA 10 yeri bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi



Şekil 4.14: WOA 30 yeri bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi

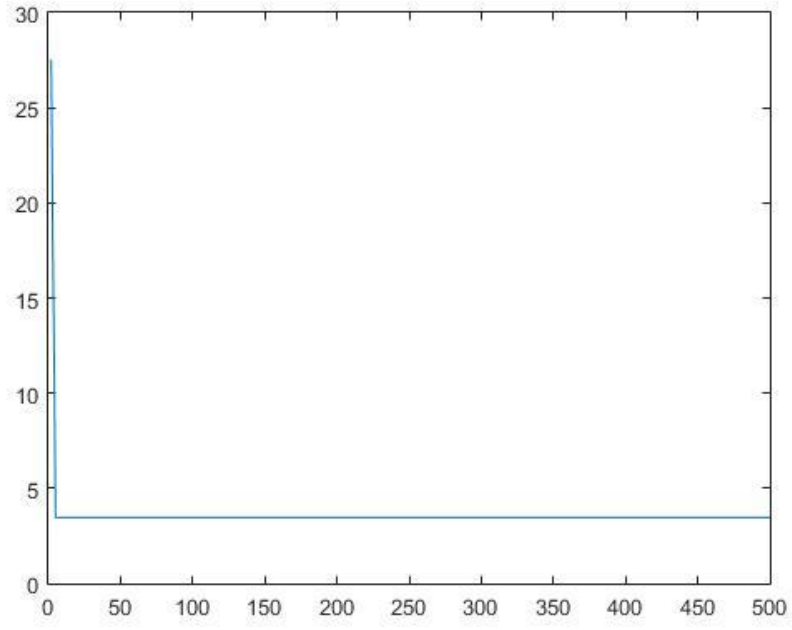


Şekil 4.15: WOA 50 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi

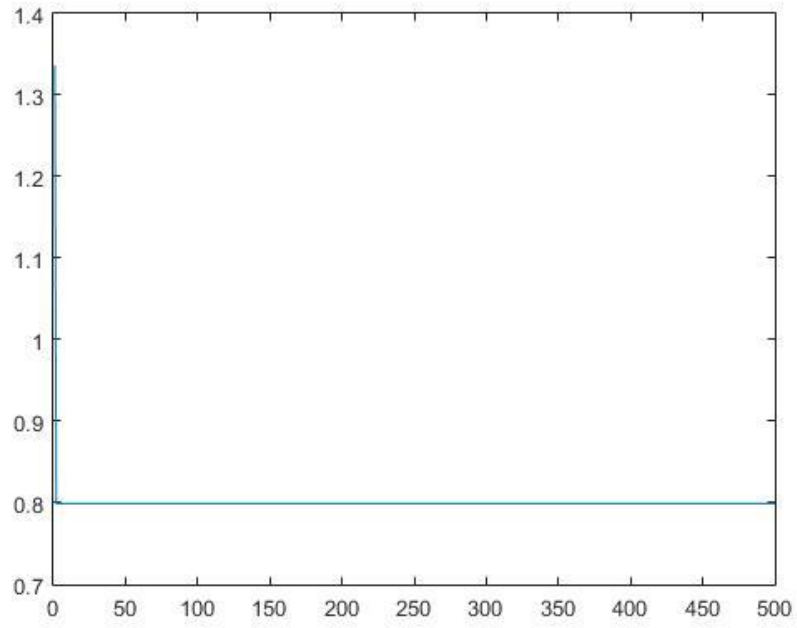


Şekil 4.16: WOA 100 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi

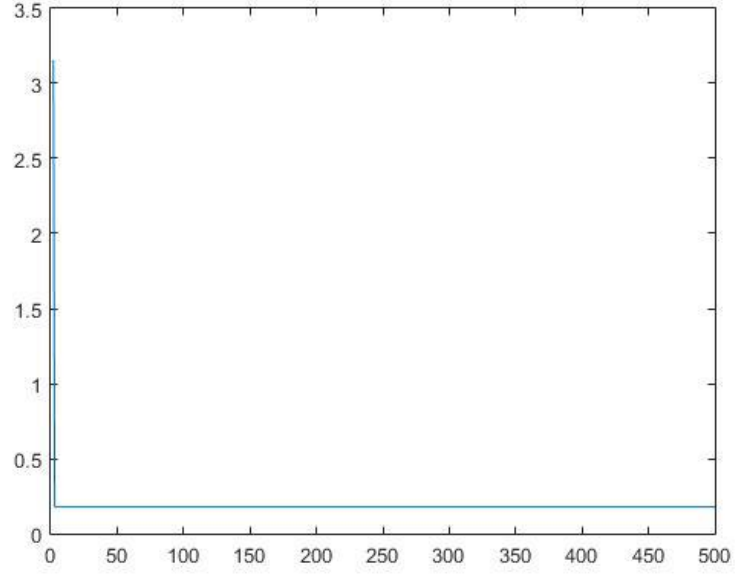
WOA algoritmasının yakınsama çıktılarında bakıldığında algoritmanın normalize etme işlemlerini başarılı bir şekilde yaptığı gözlemlenmektedir.



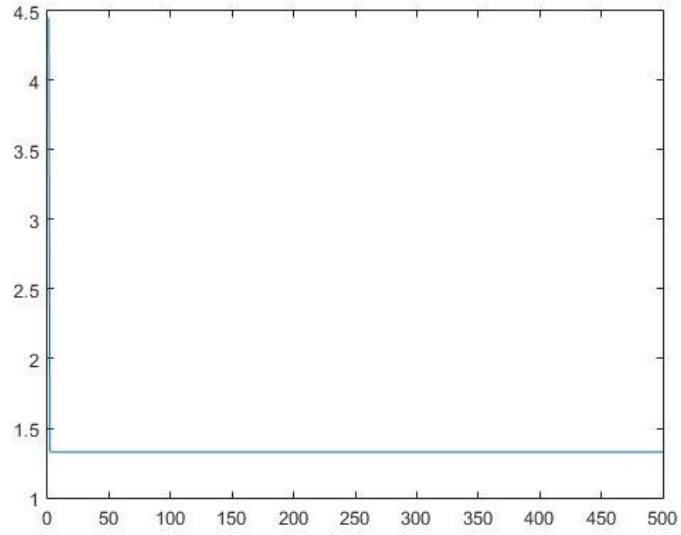
Şekil 4.17: GOA 10 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi



Şekil 4.18: GOA 30 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi

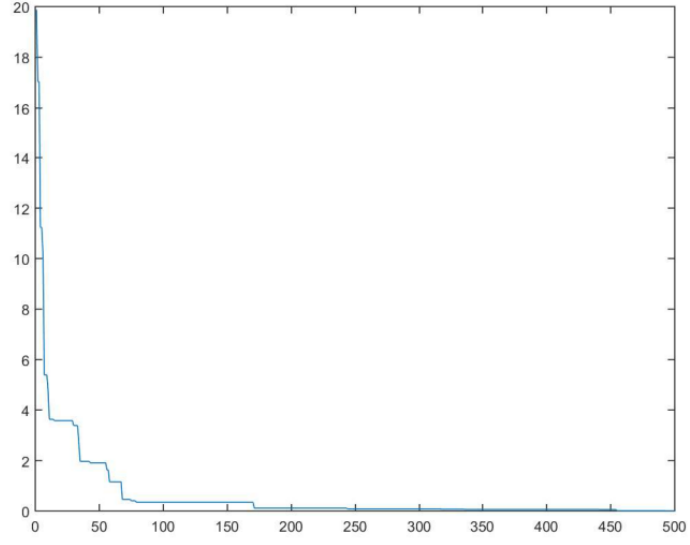


Şekil 4.19: GOA 50 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi

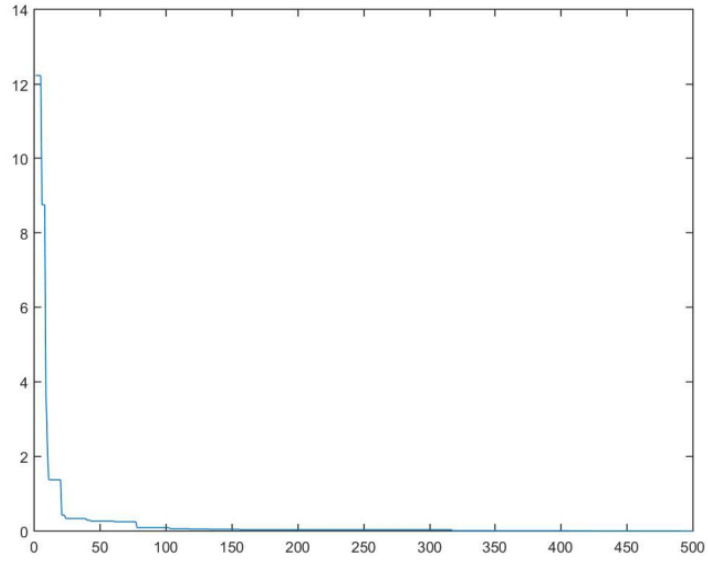


Şekil 4.20: GOA 100 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi

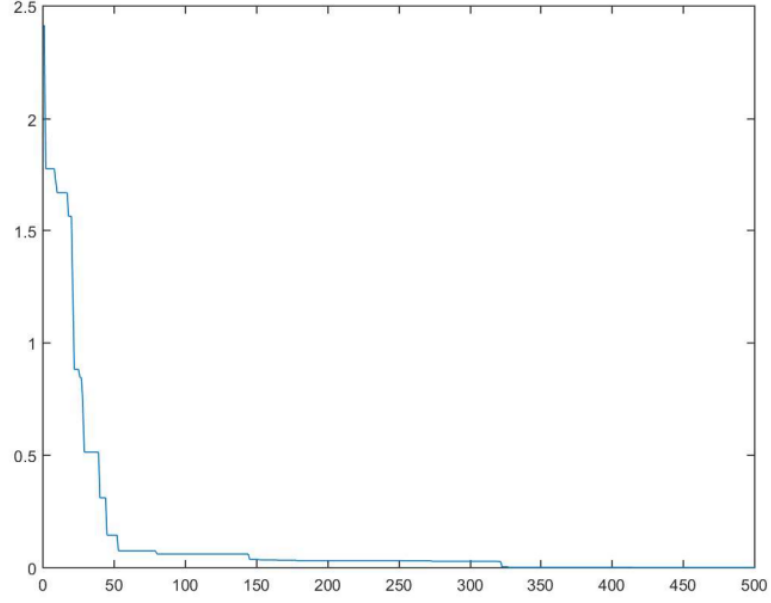
GOA algoritmasının yakınsama eğrilerine baktığımız zaman algoritmanın verimli bir şekilde çalışmadığı gözlenmektedir.



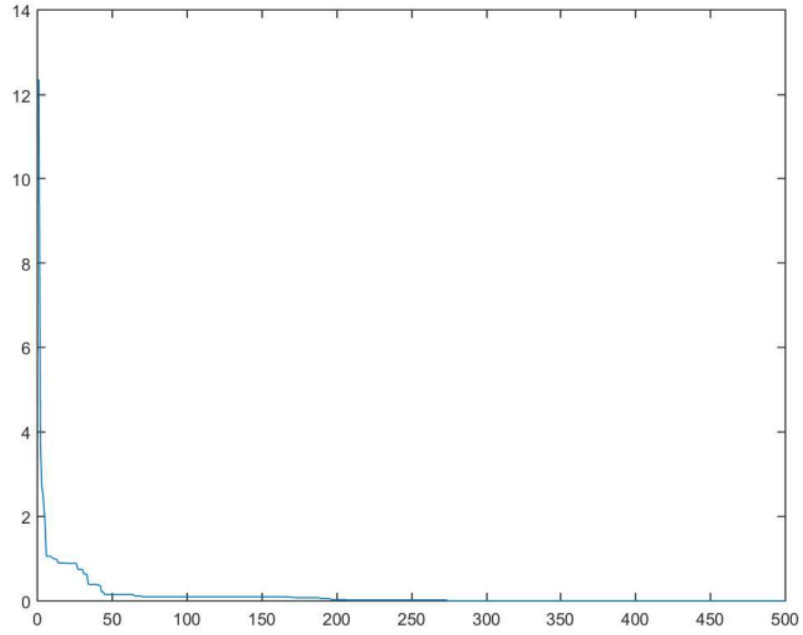
Şekil 4.21: WOAGOA 10 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi



Şekil 4.22: WOAGOA 30 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi



Şekil 4.23: WOAGOA 50 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi



Şekil 4.24: WOAGOA 100 bilinmeyen sensörle yapılan işlemde yakınsama eğrisi

WOAGOA algoritmasının yakınsama çıktılarında bakıldığında algoritmanın normalize etme işlemlerini başarılı bir şekilde yaptığı gözlemlenmektedir. Aynı zamanda algoritmanın çalışma hızı diğer algoritmalara göre hızlanmıştır. Algoritmaların hata oranları karşılaştırılması tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1: Lokalizasyon İşleminde Hata Oranlarının Karşılaştırılması

Sensör Sayısı	WOAGOA	WOA	GOA
	Hata Oranı	Hata Oranı	Hata Oranı
10	0.311	0.0034	30.028
30	0.039	0.0061	25.697
50	0.051	0.161	26.897
100	0.034	0.0295	26.589

Kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemi sırasında yeri bilinmeyen sensörlerin yerinin belirlenmesi için yapılan arama işlemi, algoritmalarda keşif aşamasına denk gelmektedir. Bu aşamada, eksikleri olan WOA algoritması keşif işlemi sırasında normal bir şekilde çalışırken; sömürü aşamasında seçim mantığı sayesinde hata oranı çok düşüktür. GOA algoritması ise bu konuda geri kalmaktadır. Yapılan geliştirme, GOA algoritmasında yer alan arama metodunu WOA algoritmasına ekleyerek çıkan algoritmanın WOAGOA algoritmasının WOA algoritmasına göre daha iyi sonuçlar vermesini sağlamıştır. Algoritmanın kompleks yapısı $O(n^2)$ olarak hesaplanmıştır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ

Günümüz dünyasında kablosuz sensör ağları düşük maliyetli olması sebebiyle tercih edilmektedir. En önemli sorunlardan biri olan lokalizasyon işlemi GPS ile sağlanırken çevresel faktörler sebebiyle yerine alternatif metotlar aranmaktadır. Metasezgisel algoritmalar optimizasyon problemlerinde yoğunca kullanılmaktadır. Tezin ana konusu, metasezgisel algoritmaların kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işlemine yeni bir yöntem getirmektir. Yapılan araştırmalar sonucunda seçilen WOA algoritması rastgele seçim mantığı ve sömürü aşaması iyi olması sebebi ile seçilmiştir. GOA algoritması keşif ve sömürü aşamasındaki dengesinin iyi olması sebebiyle seçilmiştir. İki algoritmanın güçlü yönleri alınarak hibrit bir yapı ortaya çıkartılmıştır. Hibrit yapıda WOA algoritmasının seçim mantığı ile GOA'nın seçim mantığı hibritlenerek daha iyi bir algoritma ortaya çıkartmak hedeflenmiştir. Önerilen hibrit yapının yapılan deneyler sonucunda WOA ve GOA algoritmalarına göre hata oranı düşüklüğü ve algoritmanın çalışma zamanı olarak daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmanın ilerleyen zamanlarda kablosuz sensör ağlarında lokalizasyon işleminde yeni bir bakış açısı katacaktır.

KAYNAKÇA

- Abdel-Basset. M. Abdel-Fatah. L. & Sangaiah. A. K. (2018). Metaheuristic algorithms: A comprehensive review. *Computational intelligence for multimedia big data on the cloud with engineering applications*. 185-231.
- Angeline. P. J. (1998. May). Using selection to improve particle swarm optimization. In 1998 *IEEE International Conference on Evolutionary Computation Proceedings. IEEE World Congress on Computational Intelligence (Cat. No. 98TH8360)* .
- Arsic, A., Tuba, M., & Jordanski, M. (2016, July). Fireworks algorithm applied to wireless sensor networks localization problem. In 2016 *IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 4038-4044). IEEE.
- Chai. Q. W. Chu. S. C. Pan. J. S. Hu. P. & Zheng. W. M. (2020). A parallel WOA with two communication strategies applied in DV-Hop localization method. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*. 2020(1): 1-10.
- Cheraghalipour, A., Hajiaghaei-Keshteli, M., & Paydar, M. M. (2018). Tree Growth Algorithm (TGA): A novel approach for solving optimization problems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 72: 393-414.
- Dalkılıç, G. & Türkmen, F. (2002). Karınca Kolonisi Optimizasyonu. *YPBS2002–Yüksek Performanslı Bilişim Sempozyumu. Kocaeli. Ekim*.
- Deeb. H. Sarangi. A. Mishra. D. & Sarangi. S. K. (2020). Improved Black Hole optimization algorithm for data clustering. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
- Doğru. A. S. & Tolga. E. R. E. N. Kablosuz Sensör Ağlarında Konum Belirlemede Parçacık Sürü Optimizasyonu. Yarasa Algoritması. Diferansiyel Gelişim Algoritması ve Ateşböceği Algoritması Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*. 12(3): 52-64.
- El-Shorbagy. M. A. & El-Refaey. A. M. (2020). Hybridization of grasshopper optimization algorithm with genetic algorithm for solving system of non-linear equations. *IEEE Access*. 8. 220944-220961.
- Glover. F. (1986). Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers & operations research*. 13(5): 533-549.

- Garip, Z. Çimen, M. E. & Boz, A. F. Harris Şahinleri ve Balina Optimizasyon Algoritmalarının Kısıt İşleme Teknikleriyle Uygulaması: Karşılaştırmalı bir çalışma. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 4(2): 76-85.
- Gopakumar, A. & Jacob, L. (2008. January). Localization in wireless sensor networks using particle swarm optimization. In *2008 IET International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia Networks* (pp. 227-230). IET.
- Gopakumar, A. & Jacob, L. (2008. January). Localization in wireless sensor networks using particle swarm optimization. In *2008 IET International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia Networks* (pp. 227-230). IET.
- Habib, S. J., & Marimuthu, P. N. (2010) "A coverage restoration scheme for wireless sensor networks within simulated annealing" In *Seventh International Conference on Wireless and Optical Communications Networks-(WOCN)* (pp. 1-5). IEEE.
- Sorensen, K. Sevaux, M. & Glover, F. (2017). A history of metaheuristics. *arXiv preprint arXiv:1704.00853*.
- Kanoosh, H. M. Houssein, E. H. & Selim, M. M. (2019). Salp swarm algorithm for node localization in wireless sensor networks. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2019.
- Kanoosh, H. M. Houssein, E. H. & Selim, M. M. (2019). Salp swarm algorithm for node localization in wireless sensor networks. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2019.
- Keskintürk, T. (2006). Diferansiyel gelişim algoritması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9): 85-99.
- Kulkarni, V. R. Desai, V. & Kulkarni, R. V. (2019). A comparative investigation of deterministic and metaheuristic algorithms for node localization in wireless sensor networks. *Wireless Networks*, 25(5): 2789-2803.
- Laiju, N. J. T. Sedaghat, R. & Siddavaatam, P. (2021). Novel Hybrid GWO-WOA and BAT-PSO Algorithms for Solving Design Optimization Problems. *Trans. Comput. Sci*, 38: 113-144.
- Meghdadi, M. Özdemir, S. & Güler, İ. (2008). Kablosuz Algılayıcı Ağlarında Güvenlik: Sorunlar ve Çözümler. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 1(1).

- Messous. S. Liouane. H. Cheikhrouhou. O. & Hamam. H. (2021). Improved Recursive DV-Hop Localization Algorithm with RSSI Measurement for Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 21(12): 4152.
- Mitchell. R. & Chen. R. (2014). A survey of intrusion detection in wireless network applications. *Computer Communications*, 42: 1-23.
- ÖZSAĞLAM. M. Y. & ÇUNKAŞ. M. (2008). Optimizasyon problemlerinin çözümü için parçaçık sürü optimizasyonu algoritması. *Politeknik Dergisi*, 11(4): 299-305.
- Rajakumar. R. Amudhavel. J. Dhavachelvan. P. & Vengattaraman. T. (2017). GWO-LPWSN: Grey wolf optimization algorithm for node localization problem in wireless sensor networks. *Journal of Computer Networks and Communications*. 2017.
- Rajakumar. R. Amudhavel. J. Dhavachelvan. P. & Vengattaraman. T. (2017). GWO-LPWSN: Grey wolf optimization algorithm for node localization problem in wireless sensor networks. *Journal of Computer Networks and Communications*. 2017.
- Sharma, N., & Gupta, V. (2020). Meta-heuristic based optimization of WSNs Localisation Problem-a Survey. *Procedia Computer Science*, 173: 36-45.
- Seyyedabbasi. A. & Kiani. F. (2020). MAP-ACO: An efficient protocol for multi-agent pathfinding in real-time WSN and decentralized IoT systems. *Microprocessors and Microsystems*, 79: 103325.
- Seyyedabbasi. A. & Kiani. F. (2021). I-GWO and Ex-GWO: improved algorithms of the Grey Wolf Optimizer to solve global optimization problems. *Engineering with Computers*, 37(1): 509-532.
- Seyyedabbasi. A. Aliyev. R. Kiani. F. Gulle. M. U. Basyildiz. H. & Shah. M. A. (2021). Hybrid algorithms based on combining reinforcement learning and metaheuristic methods to solve global optimization problems. *Knowledge-Based Systems*, 223: 107044.
- Seyyedabbasi. A. Dogan. G. & Kiani. F. (2020). HEEL: A new clustering method to improve wireless sensor network lifetime. *IET Wireless Sensor Systems*, 10(3): 130-136.
- S. Fidanova, P. Marinov and M. Paparzycki, "Multi-objective ACO algorithm for WSN layout: performance according to number of ants", *International Journal of Metaheuristics*, 2014, Vol. 3, pp. 149-161.
- Siddique. N. & Adeli. H. (2016). Gravitational search algorithm and its variants. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 30(08): 1639001.

- Sita. H. Reddy. P. U. Kiranmayi. R. & Chaithanya. S. (2020). Hybridization of ALO and GOA for Combined Economic Emission Dispatch. *Journal of Scientific and Industrial Research (JSIR)*, 79(10): 894-897.
- Şenel. F. A. Yüksel. A. S. Gökçe. F. & Yiğit. T. (2018). Gri kurt optimizasyon algoritması ile iki boyutlu dizilim yazılımının geliştirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2): 293-306.
- Ting. T. O. Yang. X. S. Cheng. S. & Huang. K. (2015). Hybrid metaheuristic algorithms: past. present. and future. *Recent advances in swarm intelligence and evolutionary computation*: 71-83.
- Wu. H. Liu. J. Dong. Z. & Liu. Y. (2020). a hybrid mobile node localization algorithm based on adaptive mcb-pso approach in wireless sensor networks. *wireless communications and mobile computing*.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgileri

Ad Soyad: Hasan Sencer KIRTIL

Uyruk: Türkiye

Eğitim Bilgileri

09/2012 – 07/2016 Lisans –Bilgisayar Mühendisliği

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

01/2018 – 01/2022 Yüksek Lisans – Bilgisayar Bilimi ve Mühendisliği

İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

İş Bilgileri

05/2017 – Günümüz Bilgisayar Mühendisi

İstanbul Büyükşehir Belediyesi

Yayın Bilgileri

01/2022 – A Hybrid Metaheuristic Algorithm for the Localization Mobile Sensor Nodes - FoNeS-IoT.

Araştırma Alanları

Metasezgisel algoritmalar. Kablosuz Sensör Ağları. Optimizasyon algoritmaları