



**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MAKSİMUM  
KAPSAMA ALANI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA  
İLE ÇÖZÜMÜ**

Yüksek Lisans Tezi

**Şerif ASPIRO**

Danışman  
**Doç. Dr. Serap KARAGÖL**

SAMSUN  
2023

**T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MAKSİMUM  
KAPSAMA ALANI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA  
İLE ÇÖZÜMÜ**

Yüksek Lisans Tezi

**Şerif ASPIRO**

Danışman

**Doç. Dr. Serap KARAGÖL**

SAMSUN  
2023

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

06/ 01/ 2023  
Şerif ASPIRO

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı :** KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MAKSİMUM KAPSAMA ALANI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 06.01.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 5

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

06 /01 / 2023  
Doç. Dr. Serap KARAGÖL

## ÖZET

### KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MAKSİMUM KAPSAMA ALANI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

Şerif ASPIRO

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Yüksek Lisans, Mayıs/2023

Danışman: Doç. Dr. Serap KARAGÖL

Kapsama, ilgi alanlarını takip etmek ve veri toplamak için kablosuz sensör düğümleri kullanarak elde edilir. Sensörler veri toplama, gönderme ve alma yeteneğine sahiptir. En büyük kapsama alanı, mümkün olan en az sayıda sensör kullanarak izlenebilecek en büyük alanı kapsar. Bu hedefe ulaşmak için, birçok algoritma kullanılabilir. Genetik algoritma, en iyi sonuçları elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu algoritma, her nesilde en iyi verileri seçerek optimum çözüme ulaşmaya çalışır. Bu aşamalar seçim, çaprazlama ve mutasyon aşamalarıdır. Seçim aşamasında, uygunluk fonksiyonuna göre en iyi veriler seçilir. Bu veriler kromozomlar şeklinde temsil edilir. Çaprazlama aşamasında, bir sonraki nesil için yeni kromozomlar oluşturulur. Mutasyon aşamasında ise benzer kromozomların oluşmasını önlemek için rastgele veriler girilir. Bu aşamalar, en iyi verileri elde etmek için tekrarlanır ve yeni nesiller oluşturulur. Bu işlem optimum çözüme ulaşıncaya kadar devam eder.

Bu tez çalışmasında, farklı özelliklere sahip sensör düğümleri kullanılarak genetik algoritmanın farklı aşamaları incelenmektedir. Her aşama için birden fazla yöntem seçilerek kullanılmaktadır. Seçim aşamasında, Rulet çarkı ve turnuva yöntemleri kullanılmaktadır. Çaprazlama aşamasında, tek noktalı, iki noktalı, düzenli, aritmetik, Min-Max aritmetik ve BLX- $\alpha$  gibi altı yöntem kullanılmaktadır. Mutasyon aşamasında ise rastgele nokta, ters çevirme, takas ve karıştırma yöntemleri tercih edilmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda, rastgele nokta mutasyon yöntemi uygulanırken BLX- $\alpha$  ve aritmetik yöntemlerinin en iyi sonuçları verdiği gözlemlenmiştir. Seçim aşamasında kullanılan Rulet çarkı ve turnuva yöntemleri sonucu etkilemede benzer bir performans sergilemiştir. Uygulamalar sırasında algoritma benzer sonuçlar vermiş ve kapsama oranı %13 artmıştır. En kötü sonuç, Rulet çarkı seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve karıştırma mutasyonu kullanıldığında elde edilmiş ve kapsama alanı değişmemiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Genetik algoritması, Maksimum kapsama, Kablosuz algılayıcı ağları, Seçim, Çaprazlama, Mutasyon.

## ABSTRACT

### SOLVING THE PROBLEM OF MAXIMUM COVERAGE IN WIRELESS SENSOR NETWORKS USING GENETIC ALGORITHM

Serif ASPIRO

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical-Electronics Engineering

Master, May/2023

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Serap KARAGOL

Coverage is achieved by using wireless sensor nodes to track areas of interest and collect data. The sensors have the ability to collect, transmit, and receive data. The largest coverage area covers the largest possible area that can be monitored with the least number of sensors. To achieve this goal, many algorithms can be used. Genetic algorithm is a method used to obtain the best results. This algorithm tries to reach the optimum solution by selecting the best data in each generation. These stages are selection, crossover, and mutation stages. In the selection stage, the best data is selected based on the fitness function. These data are represented in the form of chromosomes. In the crossover stage, new chromosomes are created for the next generation. In the mutation stage, random data is entered to prevent the formation of similar chromosomes. These stages are repeated to obtain the best data and new generations are created. This process continues until the optimum solution is reached.

This thesis examines different stages of genetic algorithms using sensor nodes with different features. Multiple methods are selected and used for each stage. For the selection stage, both the roulette wheel and tournament methods are utilized. Six methods are used for the crossover stage, including single-point, two-point, uniform, arithmetic, Min-Max arithmetic, and BLX- $\alpha$ . The mutation stage employs four methods: random point, inversion, swap, and shuffle.

The results of this study indicate that the random point mutation method produced the best results with the BLX- $\alpha$  and arithmetic methods. The roulette wheel and tournament methods had similar performance during the selection stage. The algorithm produced similar results during the applications and increased coverage by 13%. The worst result was obtained when using the roulette wheel selection method, Min-Max arithmetic crossover method, and shuffle mutation, with no change in coverage area.

**Keywords:** Genetic algorithm, Maximum coverage, Wireless sensor networks, Selection, Crossover, Mutation.

## ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tezi tamamladığım için lütuf ve ihsanından dolayı Yüce Allah'a şükürler olsun. Babama, anneme, ablalarım, abime ve tüm aile fertlerine özellikle bana yardımcı olan Biyolog Zeinab ve Bilgisayar Müh. Nour yeğenlerime teşekkür ederim. Kısıtlı vaktine rağmen bana hiçbir bilgisini esirgemeyen ve yardımcı olan değerli abim Bilgisayar Yüksek Müh. Mohamed ALIWI'ye teşekkür ederim. Her zaman yanımda duran İnşaat Müh. Omar AL CHALEKH dostuma teşekkür ederim. Ailesiyle birlikte beni destekleyen Öğr. Diana ALASHTAR'a teşekkür ederim. Lisans başlangıcından yüksek lisans sonuna kadar bana destek olan değerli Doç. Dr. Serap KARAGÖL danışmanıma teşekkür ederim. Beni destekleyen herkese teşekkürlerimi sunarım.

Şerif ASPIRO

# İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                                   |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| TEZ KABUL VE ONAYI .....                                                                                                                          | i    |
| BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI .....                                                                                                              | ii   |
| TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI .....                                                                                                        | ii   |
| ÖZET .....                                                                                                                                        | iii  |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                    | iv   |
| ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....                                                                                                                           | v    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                                                                 | vi   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                                                                                                     | vii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                                                             | viii |
| TABLolar DİZİNİ .....                                                                                                                             | ix   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                                                    | 1    |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ .....                                                                                                                          | 3    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                                                                                       | 9    |
| 3.1. Kablosuz Algılayıcı Ağları (KAA) .....                                                                                                       | 9    |
| 3.1.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlarının Yapısı .....                                                                                                 | 9    |
| 3.1.2. KAA'ların Tasarımı .....                                                                                                                   | 10   |
| 3.1.3. Protokol Yığını .....                                                                                                                      | 11   |
| 3.1.4. KAA'ların Uygulamaları .....                                                                                                               | 12   |
| 3.2. Kapsama Alanı .....                                                                                                                          | 13   |
| 3.3. Genetik Algoritma .....                                                                                                                      | 16   |
| 3.3.1. Ebeveyn Seçim Yöntemleri .....                                                                                                             | 19   |
| 3.3.2. Çaprazlama Yöntemleri .....                                                                                                                | 20   |
| 3.3.3. Mutasyon Yöntemleri .....                                                                                                                  | 23   |
| 4. YAPILAN ÇALIŞMA .....                                                                                                                          | 26   |
| 4.1. Kabuller .....                                                                                                                               | 26   |
| 4.1.1. İlk Popülasyon Oluşturulması .....                                                                                                         | 27   |
| 4.1.2. Uygunluk Fonksiyonu .....                                                                                                                  | 28   |
| 4.1.3. Genetik Algoritmadaki Yöntemlerin Değerleri .....                                                                                          | 28   |
| 5. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                                                                     | 30   |
| 5.1. Seçim Yöntemlerinin Çaprazlama Yöntemleriyle Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması .....                                    | 30   |
| 5.2. Seçim Yöntemleri, Çaprazlama Yöntemleri ve Mutasyon Yöntemleri ile Ayrı Ayrı Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması .....    | 33   |
| 5.2.1. Seçim Yöntemleri, Tek Noktalı Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması .....   | 33   |
| 5.2.2. Seçim Yöntemleri, İki Noktalı Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemi ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması .....      | 35   |
| 5.2.3. Seçim Yöntemleri, Düzenli Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması .....       | 37   |
| 5.2.4. Seçim Yöntemleri, Aritmetik Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması .....     | 39   |
| 5.2.5. Seçim Yöntemleri, Min-Max Aritmetik Çaprazlama ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması .....     | 41   |
| 5.2.6. Seçim Yöntemleri, BLX- $\alpha$ Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması ..... | 43   |
| 6. SONUÇLAR .....                                                                                                                                 | 46   |
| KAYNAKLAR .....                                                                                                                                   | 50   |
| ÖZ GEÇMİŞ .....                                                                                                                                   | 54   |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

|               |                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| MCSDP         | : Maksimum Kapsama Sensörü Konuşlandırma Problemi                                          |
| BLX- $\alpha$ | : Karışık Çaprazlama Yöntemi                                                               |
| PGA           | : Sabit Sayıda Değerlendirme Örneklerine Sahip Saf Genetik Algoritması                     |
| MGA           | : Artan Sayıda Değerlendirme Örnekleri ile Genetik Algoritması                             |
| OPTGA         | : Normalleştirme ve Artan Sayıda Değerlendirme Örnekleriyle Genetik Algoritması            |
| VFA           | : Sanal Kuvvet Algoritması                                                                 |
| OPTHGA        | : VFA ile Hibritleştirilmiş OPTGA                                                          |
| IGA           | : Geliştirilmiş Genetik Algoritması                                                        |
| HSTT          | : Üçgen Yönelimli Diyagram                                                                 |
| CHOP          | : Kapsama Optimizasyonu ve Delik İyileştiren Protokol                                      |
| PSO           | : Parçacık Sürüsü Optimizasyonu                                                            |
| GECR          | : Genetik Algoritma Tabanlı Enerji Açısından Verimli bir Kümeleme ve Yönlendirme Yaklaşımı |
| LEACH         | : Düşük Enerji Adaptif Kümeleme Hiyerarşik Protokolü                                       |
| O-LEACH       | : Optimize Edilmiş Düşük Enerji Adaptif Kümeleme Hiyerarşik Protokolü                      |
| CH            | : Küme Kafaları                                                                            |
| OptiGeA       | : Küme Kafaları Seçimi için Optimize Edilmiş Genetik Algoritması                           |
| KAA           | : Kablosuz Algılayıcı Ağları                                                               |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. Kablosuz sensör düğümünün bölümleri (Akyildiz vd., 2002).....                                                            | 10 |
| Şekil 3.2. Protokol yığını (Akyildiz vd., 2002) .....                                                                               | 12 |
| Şekil 3.3. Bölge kapsamı .....                                                                                                      | 13 |
| Şekil 3.4. Nokta kapsamı .....                                                                                                      | 14 |
| Şekil 3.5. Bariyer kapsamı .....                                                                                                    | 14 |
| Şekil 3.6. Sensörün olasılık modeli (Ghosh ve Das, 2008) .....                                                                      | 15 |
| Şekil 3.7. Genetik algoritmanın akış diyagramı .....                                                                                | 18 |
| Şekil 3.8. Tournament metodunun prensibi .....                                                                                      | 19 |
| Şekil 3.9. Tek noktalı çaprazlama metodu .....                                                                                      | 21 |
| Şekil 3.10. İki noktalı çaprazlama metodu .....                                                                                     | 21 |
| Şekil 3.11. Rastgele nokta mutasyon yöntemi.....                                                                                    | 24 |
| Şekil 3.12. Takas mutasyon yöntemi.....                                                                                             | 24 |
| Şekil 3.13. Ters çevirme mutasyon yöntemi .....                                                                                     | 25 |
| Şekil 3.14. Karıştırma mutasyon yöntemi .....                                                                                       | 25 |
| Şekil 4.1. Heterojen sensörler gösterimi .....                                                                                      | 26 |
| Şekil 4.2. Bir kromozom yapısı.....                                                                                                 | 27 |
| Şekil 5.1. Rulet çarkı seçim yöntemine bağlı değerlendirmeler .....                                                                 | 31 |
| Şekil 5.2. Turnuva seçim yöntemine bağlı değerlendirmeler .....                                                                     | 32 |
| Şekil 5.3. Rulet çarkı seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri .....              | 34 |
| Şekil 5.4. Turnuva seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri. ....                  | 35 |
| Şekil 5.5. Rulet çarkı seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri. ....              | 36 |
| Şekil 5.6. Turnuva seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri. ....                  | 37 |
| Şekil 5.7. Rulet çarkı seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri. ....                  | 38 |
| Şekil 5.8. Turnuva seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri .....                      | 39 |
| Şekil 5.9. Rulet çarkı seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri .....                | 40 |
| Şekil 5.10. Turnuva seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri. ....                   | 41 |
| Şekil 5.11. Rulet çarkı seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri. ....       | 42 |
| Şekil 5.12. Turnuva seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri .....           | 43 |
| Şekil 5.13. Rulet çarkı seçim yöntemi, BLX- $\alpha$ (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri ..... | 44 |
| Şekil 5.14. Turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$ (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri .....     | 45 |

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 6.1. Sensörlerin turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$ çaprazlama ve mutasyon yöntemleri uygulanmadan önceki hali .....                | 48 |
| Şekil 6.2. Sensörlerin turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$ çaprazlama ve mutasyon yöntemleri kullandıktan sonraki hali .....               | 48 |
| Şekil 6.3. Sensörlerin Rulet çarkı seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama ve rastgele nokta mutasyon yöntemleri kullandıktan önceki hali ..... | 49 |
| Şekil 6.4. Sensörlerin Rulet seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama ve rastgele nokta mutasyon yöntemleri kullandıktan sonraki hali .....      | 49 |



## TABLolar DİZİNİ

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 4.1. Algoritmada kullanılan sensörlerin sayıları ve yarıçaplarının değerleri.....                                                                        | 28 |
| Tablo 5.1. Genetik algorditmadaki operatörlerin değerleri .....                                                                                                | 30 |
| Tablo 5.2. Rulet çarkı seçim yöntemine bağlı sayısal değerler .....                                                                                            | 31 |
| Tablo 5.3. Kullanılan çaprazlama yöntemleri ile Rulet çarkı seçiminin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....                                       | 32 |
| Tablo 5.4. Turnuva seçim yöntemine bağlı sayısal değerler .....                                                                                                | 33 |
| Tablo 5.5. Kullanılan çaprazlama yöntemleri ile turnuva seçiminin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....                                           | 33 |
| Tablo 5.6. Rulet çarkı seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....              | 34 |
| Tablo 5.7. Turnuva seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....                  | 35 |
| Tablo 5.8. Rulet çarkı seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....              | 36 |
| Tablo 5.9. Turnuva seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....                  | 37 |
| Tablo 5.10. Rulet çarkı seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....                 | 38 |
| Tablo 5.11. Turnuva seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....                     | 39 |
| Tablo 5.12. Rulet çarkı seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....               | 40 |
| Tablo 5.13. Turnuva seçim yöntemi, aritmatik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....                   | 41 |
| Tablo 5.14. Rulet çarkı seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....       | 42 |
| Tablo 5.15. Turnuva seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.....           | 43 |
| Tablo 5.16. Rulet çarkı seçim yöntemi, BLX- $\alpha$ (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları..... | 44 |
| Tablo 5.17. Turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$ (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi değeri ve standart sapmaları.....     | 45 |

# 1. GİRİŞ

Kablosuz algılayıcı ağlar, çok amaçlı ve birbirine bağlı küçük algılayıcı düğümlerden oluşmaktadır. Bu ağlar, resim, ses ve video gibi multimedya verilerini toplayabilme ve gönderebilme yeteneğine sahiptir (Akyıldız vd., 2007). Kablosuz algılayıcı ağlar, askeri, çevresel, endüstriyel ve tıbbi gibi çeşitli alanlarda izleme ve takip amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda kablosuz algılayıcı ağlar hayatımızda büyük bir önem kazanmıştır.

Bu ağların kullanıldığı önemli hedeflerden biri kapsama alanıdır. Her sensör düğümü, üzerinde bulunduğu kapsama alanı dairesel bir şekilde kapladığı bir algılama alanına sahiptir. Düğüm sayısındaki artış ve algılama alanlarının çakışması bazı teknik zorluklara da neden olabilir. Maksimum kapsamayı gerçekleştirmek için en uygun değer yolu bulunmalıdır. Maksimum kapsama, uygun sayıda kablosuz sensör düğümü konuşlandırılarak elde edilir. Gereksiz algılayıcı düğümlerin artması maliyet konusunu olumsuz etkileyebilir. Bu konu son zamanlarda araştırmacıların dikkatini çekmiş ve maksimum kapsama sorununa en uygun çözümü bulmak için algoritmaların kullanılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Kullanılan algoritmaların biri genetik algoritmadır.

Genetik algoritma, genetik biliminin benzetimiyle oluşturulan bir arama yöntemidir. Bir problem analiz edildikten sonra, veriler kromozomlardaki genlere yerleştirilir. Kromozomlar, uygunluk değerine göre en iyi ikisi seçilerek, en iyi kromozomlar belirlenir. Yeni bir nesil oluşturmak için seçilen kromozomlara çaprazlama ve mutasyon işlemleri uygulanır, böylece bir önceki nesilden daha yüksek uygunluk değerine sahip bir nesil elde edilir. Genetik algoritma, en uygun çözüme ulaşana kadar yeni nesilleri üretmeye devam eder.

İkinci bölümde, genetik algoritma ve diğer algoritmalar kullanılarak maksimum kapsama sorununun çözümüne yönelik kaynakların özetleri verilmiştir.

Üçüncü bölümde, kablosuz algılayıcı ağların özellikleri, tasarım sınırlamaları ve kullanım alanları geniş bir şekilde ele alınmıştır. Ardından kapsama konusu tanımlanmış ve matematiksel olarak açıklanmıştır. Son olarak, genetik algoritma detaylı bir şekilde anlatılmış ve çalışmada kullanılan yöntemler aktarılmıştır.

Dördüncü bölümde, genetik algoritmanın aşamalarını gerçekleştirmek için kullanılan varsayımlar, koşullar ve değerler ele alınmıştır. Kullanılan sensör çeşitleri,

ilk popölasyonun oluşturulması, seçim, çaprazlama ve mutasyon süreçlerinde kullanılan değerlerden bahsedilmiştir.

Beřinci bölümde, genetik algoritmayı farklı durumlarda çalıştırırken elde edilen sonuçların grafikleri ve değerleri sunulup yorumlanmıştır.

Altıncı bölümde ise elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmış ve algoritmanın performansının kapsama alanında artış sağladığı en iyi koşullar ifade edilmiştir.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu tez çalışmasında, genetik algoritmayı kullanılarak maksimum kapsama alanına odaklanılmış, buna göre bu iki konuyu birlikte araştıran çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmaların kullandığı düğümlerin homojen veya heterojen olduğuna bakılmaksızın çoğuna değinilmiştir. Ardından, istenen kapsama ulaşmak için kullanılan teknik ve çeşitli algoritmalar hakkında yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Son olarak kablosuz sensör ağlarında çeşitli amaçlar için genetik algoritmanın kullanıldığı çalışmalar irdelenmiştir.

Rahmani vd. (2011)'de yaptıkları çalışmada bir alanın taranması için öncelikle o alan Voronoi diyagramının özelliklerini kullanılarak küçük hücrelere bölünmüştür. Her hücre, bir boşluk sayıldığı için bir sensör tarafından kaplanması gerekmektedir. Böylece kapsama alanı en yüksek değere ulaşır. Rahmani ve arkadaşları, kullanılacak sensörleri aralarında örtüşme olmayacak şekilde dağıtmışlardır. Bu dağıtma sürecini, uygunluk fonksiyonu üzerinden bir ceza formülü ile iki sensör arasındaki mesafeyi en az  $2r$  olacak şekilde yapmışlardır. Genetik algoritmanın yinelemeleri ile en az örtüşen sensörler seçilmiştir. Kullanılan çaprazlama metodu ise tek noktalı yöntemdir.

Yoon ve Kim (2013)'te yaptıkları çalışmada MCSDP maksimum kapsama sensörü konuşlandırma problemine yeni katkıda bulunulmuştur. Başlangıçta MCSDP problemi detaylı olarak analiz edilmiştir.  $100 \times 100$  iki boyutlu bölge, üç türlü yarıçapıya sahip sensörler  $r_1$ ,  $r_2$  ve  $r_3$ , BLX- $\alpha$  çaprazlama ve Gauss mutasyon yöntemi kullanılarak PGA, MGA, OPTGA ve OPTHGA olmak üzere dört farklı genetik algoritma oluşturulmuştur. PGA ve MGA algoritmaları zaman tasarrufu amaçlı geliştirilmiştir. Bazı genetik faktörlerle ilgili problemler yaşandığı için yeni bir normalleştirme yöntemi bulunmuştur ve bu sayede geliştirilmiş performansa sahip OPTGA elde edilmiştir. Monte Carlo yöntemi, etkili sonuçlar verdiği ve zaman tasarrufu sağladığı için uygunluk fonksiyonu olarak seçilmiştir. Her genetik algoritmanın sonunda yerel iyileştirme algoritması kullanılmıştır ve bu sayede genetik algoritmanın daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Algoritmaların en son versiyonu OPTHGA, makul bir sürede yüksek kaliteli sonuçlar vermiş ve birkaç düzenleme ile OPTGA ve VFA arasında bir melez ortaya çıkarmıştır. Sanal kuvvet algoritması VFA, çekici ve itici kuvvetler aracılığıyla kapsama alanını iyileştirmeye büyük ölçüde katkıda bulunur. Böylece sensörler, birbirleriyle en az girişim biçimine ulaşana kadar hareket eder (Zou ve Chakrabarty, 2003). VFA algoritması genellikle

hareketli sensörlerde kullanılır ancak Yoon ve arkadaşları, onu sabit sensörlere uyacak şekilde modifiye etmiş ve daha sonra literatürde kullanmışlardır.

Brar ve Virk (2014)'te maksimum kapsama alanı elde etmek için genetik algoritmayı, farklı yarıçaplı sensörler ile kullanmışlardır. Genetik algoritmanın seçim, çaprazlama ve mutasyon yöntemleri ile sensörlerin algılama alanlarının hiç örtüşmeyeceği şekilde çalıştırmışlar.

Brar ve Virk (2014) çalışmasında, farklı yarıçaplı sensörler kullanarak maksimum kapsama alanı elde etmek için genetik algoritmayı kullanmışlardır. Çaprazlama ve mutasyon yöntemleri kullanılarak sensörlerin algılama alanlarının hiçbir şekilde örtüşmeyeceği şekilde seçim yapılmıştır.

Ly ve arkadaşları (2015), maksimum kapsama sensör yerleştirme probleminde üç farklı yarıçapa sahip sensörlerle OPTHGA'nın geliştirilmesine odaklanmışlar ve çözüm kalitesini yüksek tutarken zaman karmaşıklığını en aza indirmişlerdir. Başlangıçta iyi bireylerin seçilmesi için buluşsal başlatma fikrini tanıtmışlar ve daha sonra sensörlerin algılama bölgeleri arasındaki örtüşmeyi önleyen yeni bir uygunluk fonksiyonu kullanmışlardır. Çaprazlama metodu olarak BLX- $\alpha$  ve mutasyon dinamik Gauss yöntemini uygulamışlardır ve algoritmanın sonunda yerel iyileştirme için VFA kullanmışlardır. Ly ve arkadaşlarının IGA olarak adlandırdığı bu algoritma ile, OPTHGA'ya kıyasla zaman tasarrufu ve çözüm kalitesi açısından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Gupta ve arkadaşları (2016), tarafından kapsama problemi ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Her düğüm için k-kapsama ve k-bağlantı kavramlarına önem vererek, sensörlerin anlık olarak aktif olmayabileceği düşüncesiyle yaklaşımıştır. Sunmuş oldukları şemayla kromozomlar temsil edilmiş ve olası minimum hedefler bulunmuştur. Kromozom seçiminde Rulet çarkı, çaprazlamada tek noktalı ve mutasyonda rastgele nokta yöntemlerini kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların diğer çalışmalardaki farklı durumlarla karşılaştırıldığında zaman karmaşıklığı açısından daha uygun olduğunu bulunmuştur.

Zorlu ve Şahinkaya (2016) çalışmasında, homojen sensörler kullanarak kapsama artışı araştırılmış ve bu amaçla bir genetik algoritma önerilmiştir. Kapsama alanını hesaplamak için Boolean disk yöntemini kullanılmış ve örtüşme kullanılan uygunluk fonksiyonu ile azaltılmıştır. Ebeveyn seçimi için Tournament, çaprazlama için düzenli

ve mutasyon için tek noktalı rastgele yöntemleri kullanılmıştır. Literatürdeki test verileri  $100 \times 100$  iki boyutlu bir alan üzerinde denenmiş ve sonuçlar elde edilmiştir. Bir sonraki yıl yayınlanan makalede, heterojen sensörler kullanılarak kapsama alanı artırılmıştır. Bu çalışmada, sensörlerin rastgele yerleştirilmesi nedeniyle algılama aralıklarının alan dışına çıkabileceğini varsayılmış ve bu nedenle örtüşmeyi azaltan ve sensörlerin alanın içinde kalmasını sağlayan uygunluk fonksiyonu geliştirilmiştir. Ebeveyn seçimi için Tournament, çaprazlama için BLX- $\alpha$  ve mutasyon için rastgele nokta yöntemleri kullanılarak sunmuş oldukları algoritmanın iyi sonuçlar verdiği ifade edilmiştir (Zorlu ve Şahinkaya, 2017).

Hanh ve ark. (2019), aynı probleme ve standartlara dayalı olarak çalışmışlardır. Bu çalışmada  $100 \times 100$  iki boyutlu bir alanda, 3 farklı yarıçaplı sensör kullanılarak MIGA algoritmasını önermişlerdir. Ly vd. vermiş olduğu sonuçların kararsız olduğunu tespit etmişler, bu nedenle algoritmanın zaman karmaşıklığına değil kararlılığına önem vermişlerdir. Başlangıçta, yeni bir popülasyon oluşturma yöntemi geliştirmişler ve sensör alanları arasındaki örtüşmenin azaldığını gözlemlenmiştir. Daha sonra, aritmetik ve Laplace yöntemlerini bütünleştirerek algoritma geliştirilmiştir. Kapsama hesabında, integral kullanan ve net sonuçlar veren ancak önceki çalışmalara göre zaman karmaşıklığını artıran yeni bir uygunluk fonksiyonu önerilmiştir. Algoritmanın sonunda, VFA yerel iyileştirme algoritması ile çözümün kalitesi artırılmıştır.

Tossa ve arkadaşları (2020), maksimum kapsama problemini araştırmış ve sensör alanlarını değerlendiren yeni bir yöntem önermişlerdir. Homojen düğümler kullanarak iki boyutlu bir alanı kapsamaya çalışılmıştır. Bu yöntem ile konuşlandırılan sensörlerin alanlarındaki örtüşmeler hesaplanmıştır. Elde edilen değer, bölgenin alanından çıkarılarak sensörlerin kapsama alanı doğru bir şekilde hesaplanmıştır. Daha sonra bu yöntemi genetik algoritma ile entegre edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, kapsama alanının artışında olumlu bir etki gözlemlenmiştir.

Kapsama problemini çözmek ve kapsama oranını arttırmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, genetik algoritma dışında çeşitli algoritmalar ve teknikler kullanılmıştır. Huang ve Tseng (2003) çalışmalarında kapsama problemini bir karar problemi olarak tanımlamışlardır. Bu problemin amacı, en az  $k$  sayısı disk ile alanın kapsanıp kapsanmadığını belirlemektir. Buna dayanarak iki tür kapsama problemi belirleyip çözüm önerilmiştir. Bu problemlerin birincisi eşit yarıçaplı diskler, ikincisi ise eşit olmayan disklerdir.

Babaie ve Pirahesh, (2012)'de sensörlerin taşınması gereken en iyi yerleri belirleyerek kapsama alanını arttırmak için üç yollu bir şematik diyagram HSTT oluşturmuşlardır. Böylece kapsama alanına etki eden deliklerin boyutlarını belirlemişler. Bu delikleri kapatmak için hareketli sensörleri kullanmışlar. Yazarlar, önerilen şemayı Voronoi şemaları ile karşılaştırmışlar. HSTT şemasının çiziminin basit, hesaplamalarının kolay ve bir deliğin alanını doğru sonuçlar ile hesaplaması gibi ek avantajlara sahip olduğunu ifade etmişler.

Babaie ve Pirahesh (2012) kapsama alanını artırmak için sensörlerin en iyi yerlerini belirlemek amacıyla üç yollu bir şematik diyagram olan HSTT oluşturmuşlardır. Bu sayede kapsama alanını etkileyen boş alanların boyutlarını belirlenebilmiş ve hareketli sensörler kullanılarak bu alanlar azaltılmıştır. Önerilen şema Voronoi şemaları ile karşılaştırmış ve HSTT şemasının basit çizimi, kolay hesaplamaları ve doğru sonuçlar vermesi gibi ek avantajlara sahip olduğunu belirtilmiştir.

Narayan ve Daniel (2022), şebekelerdeki sensörlerin rastgele dağılımından dolayı düğümler arasında oluşan boşlukları ve örtüşmeleri azaltmak için Kapsama Optimizasyonu ve Delik İyileştirme Protokolü CHOP önerilmiştir. Bu protokol, ağ başlatma, küme oluşturma, küme başı seçimi ve uyum-uyanma aşamalarından oluşmaktadır. Uyuma ve uyanma tekniği sayesinde şebekedeki en iyi sensörler belirlenmiş ve olasılık teorisi kullanılarak en yüksek düzeyde kapsama alanı sağlanmıştır. Önerilen protokol, diğer protokollerle karşılaştırıldığında kapsama alanını ve ağ ömrünü iyileştirmede iyi bir performans sergilemiştir.

Kapsamayı iyileştirmek amacıyla birçok algoritma kullanılmış ve bunlardan biri (Tian vd. 2016)'dır. Yapılan bu çalışmada, geliştirilmiş genetik algoritma ile ikili karınca kolonisi algoritması birleştirilerek maksimum kapsama sorununa çözüm elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada maksimum kapsama alanına ulaşmak amacıyla ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlamak için kullanılan düğüm sayısı araştırılmıştır. Hedeflere aynı anda ulaşmak için tek bir uygunluk fonksiyonu kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre sensörlerin enerji tüketiminden tasarruf ettiğini ve mümkün olan maksimum kapsamaya ulaştığını göstermiştir.

Başka bir çalışmada (Tuba vd. 2017), hareketli düğümler kullanılırken ateş böceği algoritması yardımıyla kapsama alanı maksimize edilmiştir. Bu çalışmanın mantığı, rastgele dağıtım yapıldıktan sonra sensörlerin hareketini azaltmak ve kullanımlarını etkin bir şekilde geliştirmek üzerine kurulmuştur. Bununla birlikte dağıtılan düğümlerin enerji tüketiminde tasarruf ve kapsama alanında artış sağlanmıştır.

Kong vd. (2019)'da yaptıkları çalışmada maksimum kapsama sorununu geliştirilmiş sürü algoritması PSO kullanarak ele almışlar. Ancak kullandıkları algoritma, bir önceki versiyonun modife edilmiş halidir. Modifikasyon, bir mutasyon yöntemi kullanarak yapılmış ve algoritmanın performansında iyileşme ve kapsama alanında artış göstermiştir.

Khalaf vd. (2020)'de yaptıkları çalışmada arı algoritmasını uygulamışlar ve aynı amaca ulaşan diğer algoritmalarla kıyasla daha iyi kapsama veren sonuçlar elde etmişler.

Kablosuz algılayıcı ağlarında birçok kısıtlamalar vardır. Bu kısıtlamaları yenmek için birçok çalışma yapılmış ve konu ile ilgili önemli olan genetik algoritmayı kullanan çalışmalardan bahsedilmiştir. (Hussain vd. 2007) çalışmasında, kablosuz algılayıcı ağlarda yönlendirme için enerji tasarruflu gruplar oluşturarak ağ ömrünün arttırılması amacıyla çalışmıştır. Aynı amaç için çalışan diğer protokollerin verimliliğini diğerlerine kıyasla daha iyi gösteren hiyerarşik kümeleme protokolü kullanılmıştır. Çalışma, optimizasyon konusunda genetik algoritmayı esas almış ve ağ ömrünü uzatmak için başarılı sonuçlar elde etmiştir.

Başka bir çalışmada, kablosuz sensör düğümlerine veri iletmek amacıyla gereken minimum enerjiyi bulmak için tanınan enerji modellerine genetik algoritmanın yirmi yöntemi uygulanmıştır. Yaklaşık 0.04 mutasyon olasılığına düzenli bir değer vererek gerekli enerji için ideal bir sonuca ulaştığını bulmuşlardır. Genetik algoritmada kullanılan karakteristik parametreler sayesinde sensörlerin ömrü oldukça uzatılmıştır (Jha ve Eyong, 2018).

Wanga vd. (2018)'de yaptıkları çalışmada ağın ömrünü uzatmak için enerji tasarrufu problemine de bakmışlar ve çalışmalarını genetik algoritmaya dayandırmışlar. Genetik algoritma kullanarak enerji tasarrufu sağlayan kümeleme ve yönlendirme kavramını GECC tanıtmışlar. Tüketilen enerji, uygunluk fonksiyonunun

yapılandırması sürecinde kullanılması için hesaplanmıştır. Bu fonksiyon, onların görüşüne göre yükü dikkate alarak enerji verimliliğini en üst düzeye çıkarma işlevini yerine getirecektir. Ayrıca bu çalışmanın özelliği, enerji tüketimini hesaplarken kümeleme ve yönlendirme şemasını bir kromozomda birleştirmiştir. Bu çalışma, sensör düğümlerinde ortalamanın altındaki enerji seviyesine rağmen ağın ömrünü uzatma işlevinde verimlilik sağlamıştır.

Başka bir çalışmada, O-LEACH adı verilen enerji tasarruflu yönlendirme protokolü kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın amacı, genetik algoritmayı Düşük Enerji Adaptif Kümeleme Hiyerarşik LEACH protokolüne dahil etmektir. LEACH protokolü, sensör düğümleri küme kafalarına CH dönüştürür. Böylece verileri sıkıştırır ve hedef sensöre gönderir. Yalnız bu teknik daha fazla enerji tüketimine yol açabilir. Bu nedenle enerji tüketimini iyileştirmek için yeni küme kafaları kullanılabilir. Protokolün yanı sıra genetik algoritmasının kullanımıyla ana istasyondan küme kafalarına gelen veriler için en uygun yol seçilebilir. Bu protokolü genetik algoritma ile birlikte kullanmak, tek başına kullanmaktan yaklaşık %17,39'luk bir güç tasarrufu sağlamıştır (Bhola vd. 2020).

Son olarak Singh vd. (2022)'de yaptıkları çalışmada nesnelerin internet bağlantısı ile ilgili araştırmalar yapmışlardır. Ulaşılamayan yerlere atılan nesnelerin enerji tüketiminden tasarruf etmek ve ömrünü uzatmak meselesine odaklanmışlar. Genetik algoritmayı bir dizi enerji protokolüyle birleştirdikleri OptiGeA adlı bir protokol önermişler. Bu protokol üzerinden hareketli havuzlar kullanarak izleme ve kontrol işlemi yapılmıştır. OptiGeA protokolü; genetik algoritmasındaki en önemli parametre olan uygunluk fonksiyonu, mesafe faktörü, enerji, yoğunluk ve heterojen düğüm yeterliliği kullanarak oluşturulmuştur. Bu protokol; ağın ömrünü, kararlılık süresini ve sistemin kalan gücünü belirleyebiliğini tespit etmişlerdir.

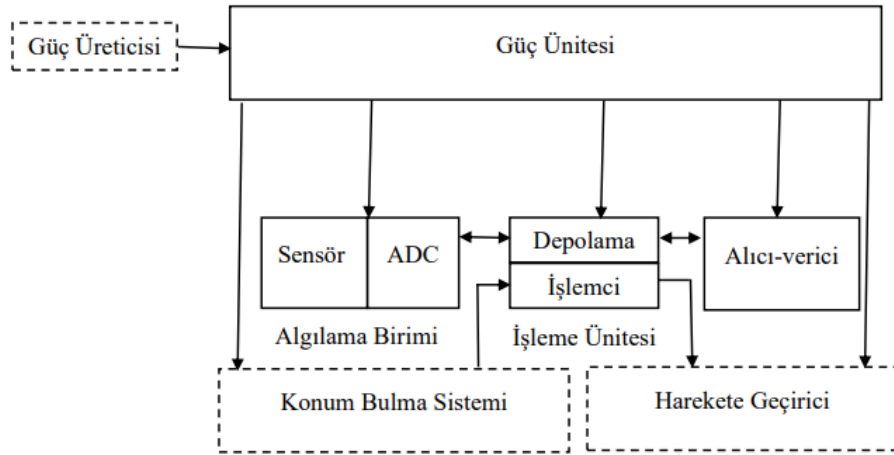
### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Kablosuz Algılayıcı Ağları (KAA)**

Kablosuz algılayıcı ağları (KAA), belirli bir alana dağıtılmış çok sayıda düğümden oluşur. Bu düğümler, ortak bir kablosuz kanal aracılığıyla birbirleriyle doğrudan iletişim kurarlar ve her bir sensör bir kablosuz verici ve bir alıcı içerir. Böylece birlikte çalışarak paketleri hedeflerine yönlendirirler (Nack, 2010). Kullanılan düğümlerin boyutu küçük, güçleri sınırlı ve fiyatları da ucuzdur. Sensörler, işlemci ve bellek ile donatılmış düğümlerdir (Yick vd. 2008). Kullanışlı olsalar da, aynı zamanda güç, kapsama alanı, hafıza ve iletişim gibi birçok kısıtlamayı içerdikleri söylenebilir. Çok sayıda düğümün birlikte çalışması, kablosuz algılayıcı ağlarının hedeflerine daha iyi ulaşmasını sağlar. KAA, çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Askerî konularda savaş sırasında, yanardağlar gibi çevresel alanlarda, bir kişinin ulaşamayacağı uzak yerlerde, sağlık ve tıp alanlarında bile kullanılabilir.

##### **3.1.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlarının Yapısı**

Bu bölümde, kablosuz algılayıcı düğümlerin donanım bileşenlerine değinilecektir. Güç ünitesi, işlemci, verici-alıcı ünitesi ve sensör ünitesi olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır. Sensör ünitesi, algılama bölümü ve izlenen sinyali analogdan sayısal sinyale dönüştüren bölüm olmak üzere iki bileşen içerir. Sayısal sinyal, algılayıcı düğümü ile diğer düğümler arasında bağlantı sağlamaktadır. Görevlerini gerçekleştirmek için gerekli prosedürleri yöneten işlemci birimine girer. Verici ve alıcı birimin rolü, sensörleri birbirine bağlamak ve ağı bağlı durumda tutmaktır. Algılayıcı düğümlerin çoğu RF radyo modülleriyle çalışır ve sinyalleri ışık yoluyla ileten bazı teknikleri de kullanır. Ayrıca sensörleri besleyen güç ünitesi, düğümün en önemli birimi olarak sayılır. Düğümlerin erişilemeyen bir yere yerleştirilmesi durumunda aktif halde kalması için genellikle güneş pilleri gibi enerji üreticilerine bağlanırlar. Buna ek olarak, sensörle birlikte gelen konumlandırma birimi gibi bazı önemli bileşenleri de vardır. Bağlantısı kesilen bir sensörün tekrar ağına bağlanması için konumlandırma birimi aracılığıyla konumu belirlenerek bağlantı kurulur. Ayrıca, yönlendirme işleminin tamamlanabilmesi için sensörün konumu da belirlenmelidir (Akyıldız vd., 2002). Şekil 3.1'de kablosuz sensör düğümünün bileşenleri verilmiştir.



Şekil 3.1. Kablosuz sensör düğümünün bölümleri (Akyildiz vd., 2002)

### 3.1.2. KAA'ların Tasarımı

Bir kablosuz algılayıcı ağı tasarlamak, birçok detayı ve sınırlamaları olan bir konudur. Bu nedenle, ağ tasarımına başlamadan önce donanımsal sınırlamalar, ağ topolojisi, üretim maliyeti ve hata toleransı detaylıca incelenmelidir. Ayrıca, sensörlerin konuşlandırılacağı ortam koşulları ve haberleşmeye uygun olup olmadığı dikkate alınmalıdır.

- **Donanımsal kısıtlamalar:** Düğümü besleyen enerjinin kaybedilme riski yüksek olduğundan, düğümler mümkün olduğunca uzun süre aktif kalmak için çok düşük enerji kullanmalıdır. Sensörlerin maliyeti düşük olmalı ve çevre koşullarına dayanabilecek sağlam bir yapıya sahip olmalıdır. Bununla birlikte, dikkat edilmesi gereken çok önemli bir faktör daha vardır: ağın bağımsız ve gözetimsiz bir şekilde çalışabilmesi için güçlü bir kodlama gereklidir. Herhangi bir ağ tasarlamaya başlamadan önce, tüm bu kısıtlamalar göz önünde bulundurulmalıdır (Kahn vd., 1999).
- **Hata Toleransı:** Bir ağda hata oluşma olasılığı göz önünde bulundurulmalıdır ki ağ, herhangi bir acil durumda alternatif bir plan üzerinden çalışmaya devam edebilsin. Hata toleransı, hataları yönetme ve ağın işlevlerini aktif durumda tutmak için alternatif çözümler bulma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Hata toleransı, ağın kullanıldığı uygulamaya göre değişen bir ölçüttür. Bazen kullanılan uygulamanın hata toleransı düşüktür, çünkü hata oluşma olasılığı çok azdır. Ancak askeri bazı uygulamalarda verilerin sızmasını önlemek veya sensör düğümlerinin zarar görme ihtimali büyük olduğu durularda hata toleransı değeri yüksek olur.

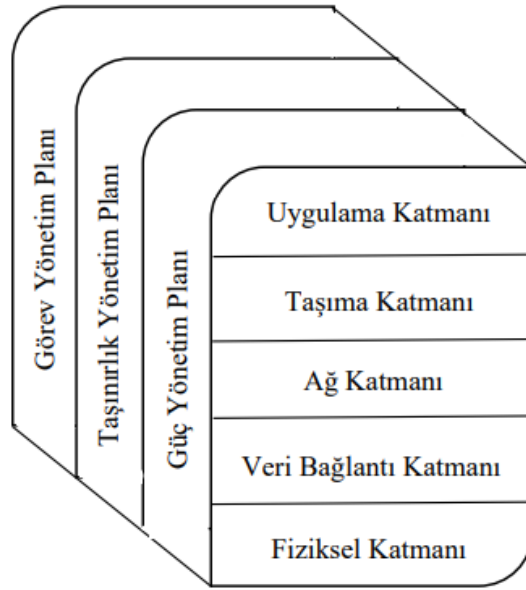
- Ölçeklenebilirlik: Kullanıldığı uygulamaya bağlı olarak belirli bir ortamdaki sensör sayısını artırma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bazı uygulamaların sensör sayısını çok yüksek rakamlara çıkarması gerekebilir. Bu sebeple sensörlerin konuşlandırılacağı ortam, yoğunluk artışına uyumlu ve genişletilebilir olmalıdır."
- Ağ topolojisi: Çok sayıda algılayıcı düğüme ihtiyaç duyan bazı uygulamalar, düğümlere erişim veya ağ yapısını bir bütün olarak çalıştırması noktasında birçok sorunla karşılaşabilirler. Bu nedenle ağ yapısını koruma ve sensörlerin yoğunluğuna uyacak şekilde konuşlandırma yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

### 3.1.3. Protokol Yığını

Tüm ağlarda olduğu gibi, ana bilgisayar, sunucu ve diğer öğeler arasındaki tüm prosedürleri yöneten protokoller mevcuttur. Ayrıca kablosuz sensör ağlarında, ağ çalışmasını kolaylaştıran çeşitli işlevlere sahip birkaç katman içeren bir protokol yığını vardır. Bu katmanlar sırasıyla uygulama katmanı, taşıma katmanı, ağ katmanı, veri bağlantı katmanı ve fiziksel katmandır. Ayrıca güç yönetimi düzlemi, taşınabilirlik yönetimi düzlemi ve görev yönetimi düzlemi bulunmaktadır.

Her zaman olduğu gibi, uygulama katmanı, algılama görevlerini gerçekleştirmek için gereken uygulamaları belirlemekten sorumludur. Taşıma katmanı, veri akışından sorumludur. Ağ katmanının amacı ise taşıma katmanı tarafından sağlanan veri paketlerini yönlendirmektir. Fiziksel katman; gönderme, alma ve taşıma ihtiyaçlarından sorumludur. Veri bağlantı katmanının görevi; verilerin çerçevelerini algılamak, sensör ağlarının hatalarını kontrol etmek ve medyaya erişmektir. Düzlem katmanları genellikle görevleri koordine etmekten ve enerjiyi yönetmekten sorumludur. Güç yönetimi düzlemi, bir sensörün gücünün azalması durumunda çalışmasını sınırlamakla görevlidir. Bir de sensör düğümlerinin hareketini yönetmekten sorumlu olan taşınırılık yönetimi düzlemi bulunmaktadır. Kullanıcıya giden yolu tutmak için düğümlerin hareketini kaydeden bu düzlem sayesinde algılayıcı düğümlerin ve komşu düğümlerin koordinatları belirlenebilir. Son düzlem olan görev yönetim düzlemi, algılayıcı düğümlerin görevlerini yönetmek, organize etmek ve programlamaktan sorumludur. Bu düzlemin önemi, enerji kaynaklarını yönetmek için algılayıcı düğümlerin çalışmalarını toplu olarak sürdürmesidir. Örneğin; düğümlerden herhangi birinin enerjisinde bir azalma oluşması durumunda zayıf düğümlerin işlerini telafi edebilme imkanı sunmaktadır. Bu düzlemler ve protokoller sayesinde kablosuz

algılayıcı ağı, daha az hata ve daha uzun ömürle hedeflerine ulaşabilmektedirler (Akyildiz vd., 2002). Şekil 3.2'de protokol yığını gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Protokol yığını (Akyildiz vd., 2002)

#### 3.1.4. KAA'ların Uygulamaları

Algılayıcı düğümlerin görevi sadece bir alanla sınırlı kalmayıp farklı alanlarda ve uygulamalarda karşımıza çıkmaktadır. Tıbbi, çevresel, askeri ve ticari alanlarda izleme amaçlı kullanılabildiği gibi trafik, araçlar, canlı hayvan takibi veya düşman hedeflerinin takibinde de kullanılabilir (Yick vd., 2008).

- Çevresel uygulamalar: Kablosuz sensör ağı, sıcaklık, nem ve hava koşullarını izlemek için kullanılır. Ayrıca orman alanlarını korumak ve hayvancılığı takip etmek için de sensör ağlarından yararlanılabilir. Bunun bir örneği Kaliforniya, Sonoma'daki Sekoya Mikroskobu çalışmasında (Tolle vd., 2005) kablosuz sensör ağlarının kullanılmasıdır. Sıcaklık, nem ve güneş ışınlarını ölçmek için sensörler ağacın farklı yüksekliklerine yerleştirilmiştir. Bu uygulamadan elde edilen veriler ile biyolojik teorilerin geçerliliği doğrulanmaktadır.
- Askeri uygulamalar: Askeri alanda iletişim, en önemli ihtiyaçlardan biridir. Haberleşme alanının gelişmesi ve kablosuz algılayıcı ağların ortaya çıkmasıyla birlikte, veri toplama ve en güvenli şekilde iletimine yardımcı olan uygulamalar askeri sektörde geliştirilmiştir. Kablosuz sensör ağı, genellikle askeri alanda bölgelerin izlenmesi, tehditlerden korunması veya şüpheli kişilerin takibi için

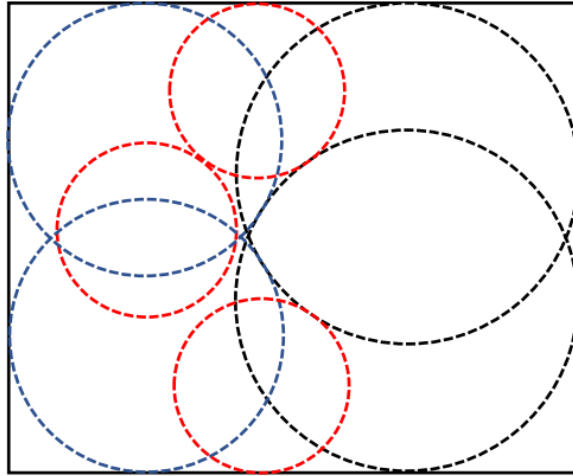
kullanılmaktadır (Đurišić vd., 2012). Erken Saldırı Tepki Sensörü (EARS) (Chang vd., 2006), Askeri Tespit ve Takibi (SDT) (Naz vd., 2012), Keskin Nişancı Tespiti ve Lokalizasyonu (SDL) (Hengy vd., 2011) gibi uygulamalar ortaya çıkmıştır.

- Medikal uygulamalar: Sensör düğümleri, tıbbi izleme alanında büyük ölçüde kullanılmıştır. Kan basıncını ve diyabeti izlemek, bebekleri uyku sırasında izlemek ve yüz üstü yatarlarsa ebeveynlerini uyarmak için uygulamalar geliştirilmiştir. Diğer bir uygulama ise itfaiyecilerin kalp atışlarını ölçerek yaşamsal belirtilerini takip etmektir. İşitme engelliler için tehlike veya tehdit durumunda onları uyaran bir uygulama da geliştirilmiştir.

### 3.2. Kapsama Alanı

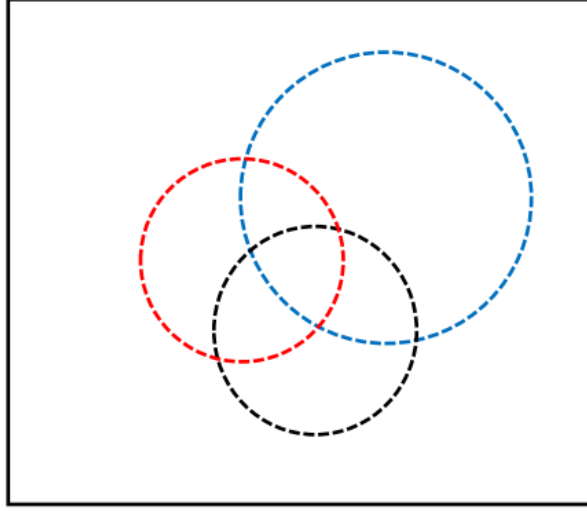
Kapsama, alanın her bir noktasının en az bir sensörün algılama aralığına yerleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Farklı durumlardaki ihtiyaçlara göre sınıflandırılan üç tür kapsama vardır: Bölge, Nokta ve Bariyer kapsaması.

1. Bölge Kapsaması: Bu kapsama türü, alanın tamamının sensörlerin algılama aralıkları altında olmasını gerektiren uygulamalarda kullanılır. Bölge kapsaması Şekil 3.3'te gösterilmektedir (Zorlu ve Şahingöz, 2016).



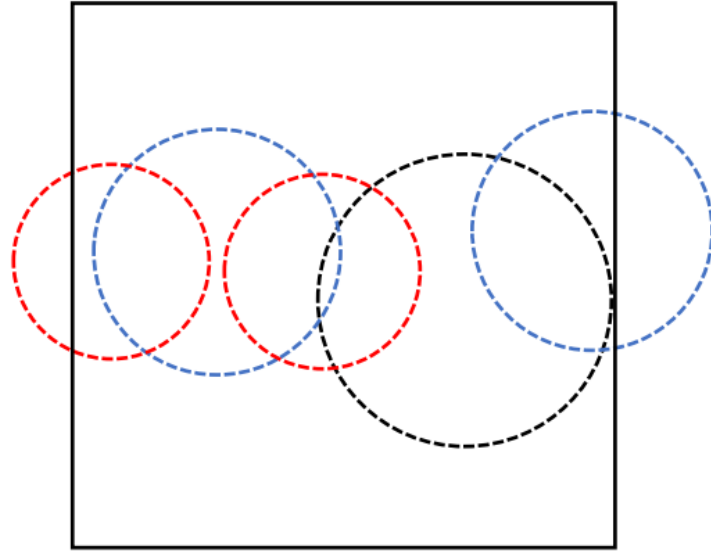
Şekil 3.3. Bölge kapsaması

2. Nokta kapsaması: Tam kapsama çoğu zaman gereksiz ve pahalıdır. Örneğin; Şekil 3.4'te gösterildiği gibi ele alınması gereken belirli önemli noktalar vardır ve tüm alanı kapsamak yerine yalnızca belirli noktaları en az bir sensörle kapsayabilir. Bu tür kapsama, askerî konularda belirli noktaları izlemek için değerlendirilir.



Şekil 3.4. Nokta kapsaması

3. Bariyer kapsaması: Şekil 3.5’te gösterildiği bu kapsama türü, birçok uygulamada izinsiz giriş tespiti ve bariyerlerin aşılmasını engellemek için kullanılır. Uluslararası sınırlarda, yangınları algılamak veya petrol iletim hatlarının her iki yanında oluşan sızıntıları tespit etmek amacıyla kullanılır (Khoufi vd., 2017).

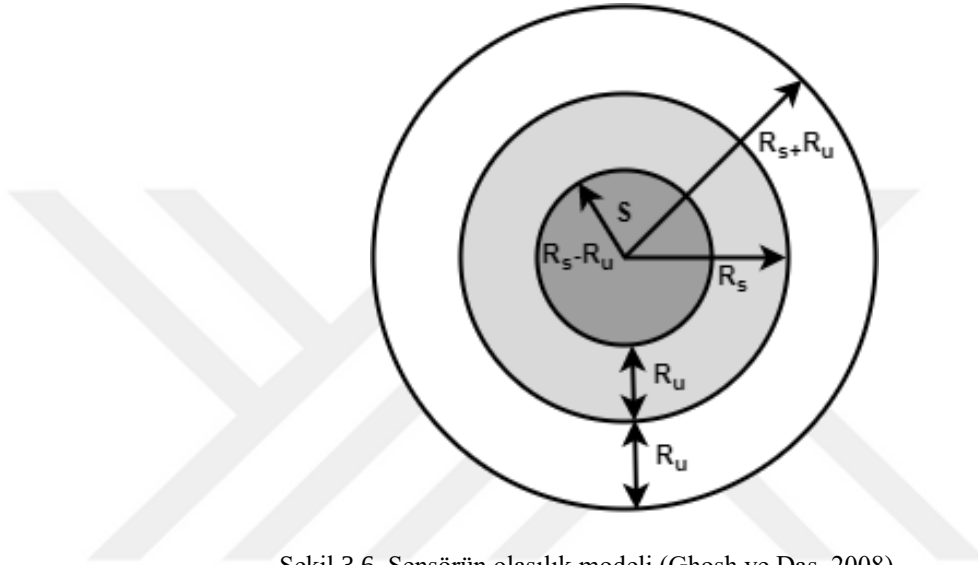


Şekil 3.5. Bariyer kapsaması

Bu tez çalışmasında, tam kapsamaya odaklanılmaktadır. Bu durum, algılama alanındaki tüm açılar izlemek için minimum sayıda kamera yerleştirmeye dayalı sanat galerisi problemi (AGP) (O’rourke, 1987) teorisine benzetilebilir. Ayrıca kapsama problemini anlamak için önce algılama kavramının açıklanması gerekmektedir. Algılama derecesi her düğüme göre değişir.  $s_i$  sensörünün  $P$  noktasındaki  $S$  hassasiyeti aşağıdaki gibi modellenenebilir.

$$S(s_i, P) = \frac{\lambda}{[d(s_i, P)]^\gamma} \quad (3.1)$$

Burada  $\lambda$  ve  $\gamma$ , sensör teknolojisine bağlı pozitif parametrelerdir ve  $d(s_i, P)$ , sensör ile nokta arasındaki öklid mesafesidir (Megerian vd. 2002). Bir sensörün algılayabileceği noktaları belirleyebilmek için ikili algılama modeliyle varsayım yapılmaktadır. Bu model, herhangi bir sensörün algılama aralığı  $R_s$  yarıçaplı dairesel bir diskle sınırlandırılmış olduğunu kabul eder.



Şekil 3.6. Sensörün olasılık modeli (Ghosh ve Das, 2008)

İkili algılama modeli, olasılık terimleriyle ifade edilirse daha gerçekçi olabilir. Bunu daha da netleştirmek için sensör düğümü disk olarak Şekil 3.6'da gösterildiği gibi üç bölüme ayrılmıştır.  $R_u$  miktarı, sensör algılama belirsizliğinin bir ölçüsü olarak kabul edilmiş ve buna bağlı olarak  $R_s - R_u$  ve  $R_s + R_u$  mesafeleri belirlenmiştir. Bir nesnenin  $R_s - R_u$  miktarından daha az bir mesafede bulunduğu sensör tarafından algılanma olasılığı 1'dir. Aksine,  $R_s + R_u$  miktarından daha fazla bir mesafede bir nesnenin algılanma olasılığı 0'dır. Bu iki miktar  $\{(R_s - R_u), (R_s + R_u)\}$  arasındaki aralık ise algılama olasılığı  $p$  olarak kabul edilmiştir (Ghosh ve Das, 2008).

Sensör düğümünün algılama alanı modellendikten sonra kapsama alanını modellenmesi basitleştirilmiştir. Bir  $P(x_i, y_i)$  noktasındaki  $s_i$  sensörü ile olasılıksal kapsama aşağıdaki denklemler aracılığıyla belirlenmiştir.

$$c_{x_i, y_i}(s_i) = \begin{cases} 0, & R_s + R_u \leq d(s_i, P) \\ e^{-\gamma \alpha^\beta}, & R_s - R_u < d(s_i, P) < R_s + R_u \\ 1, & R_s - R_u \geq d(s_i, P) \end{cases} \quad (3.2)$$

Burada  $\alpha = d(s_i, P) - (R_s - R_u)$ ,  $\gamma$  ve  $\beta$ , bir hedefin belirtilen belirsizlik ölçeğidir ve bir nesnenin  $R_u$  mesafesi içinde bulunduğunda tespit olasılığını ölçmek için kullanılan parametrelerdir.  $R_s - R_u$  mesafenin içindeki alana 1-kapsanmış ve  $(R_s + R_u)$  mesafenin içindeki alanın ise 0-kapsama olduğunu ifade edebiliriz.  $\{(R_s - R_u), (R_s + R_u)\}$  bölgenin içinde kalan tüm noktaların kapsaması, artan mesafe ile azalır ve 1'den küçüktür. Bir nokta aynı anda birden fazla sensör tarafından kapsanabilir.

Kapsama kavramını, farklı bir şekilde tanımlayabiliriz ve  $P$  noktasındaki kapsama alanı aşağıdaki formülden hesaplayabiliriz.

$$C_{xiyi}(S) = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - C_{xiyi}(s_i)) \quad (3.3)$$

Denklem 3.2'de tanımlandığı gibi bir noktanın olasılık kapsamasıdır. Buna göre,  $1 - C_{xiyi}(s_i)$  denklemi, bir noktanın herhangi bir  $s_i$  düğümü tarafından kapsanmadığı anlamına gelir. Genellikle bir nokta birden fazla düğümle kapsandığı için  $\prod_{i=1}^k (1 - C_{xiyi}(s_i))$  denklemin, bir noktanın var olan tüm sensör düğümleri tarafından kapsanmadığı anlamına gelmektedir ve Denklem 3.3'te olduğu gibi birden çıkararak zıt olasılığı elde edilmektedir. Bu şekilde bir nokta için toplam kapsama değeri netleşmektedir.

### 3.3. Genetik Algoritma

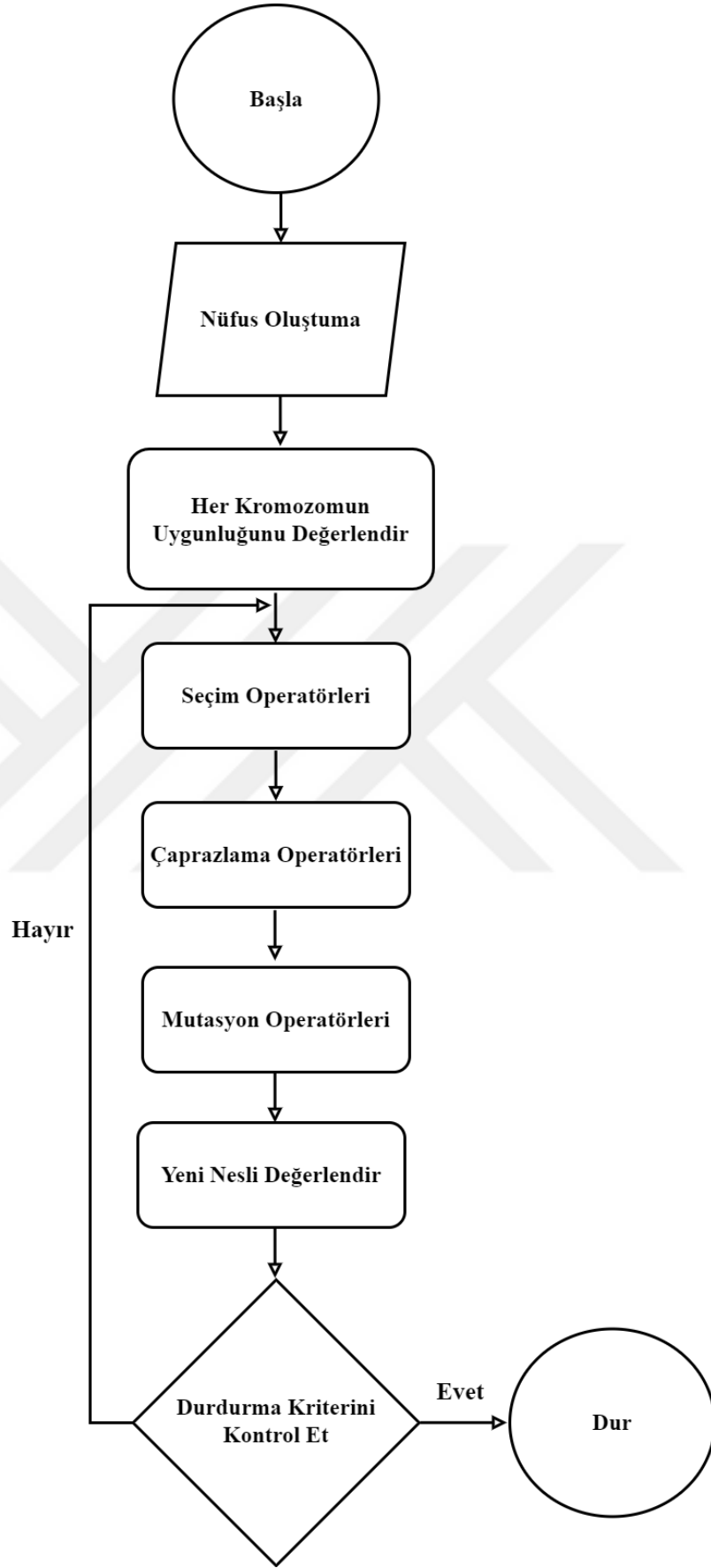
Maksimum kapsama alanını elde etmek için pek çok algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmalarından biri de genetik algoritmadır. Genetik algoritma, 1975 yılında Holland tarafından kurulan makine öğrenimi, araştırma ve geliştirme alanlarında kullanılmıştır (Whitley, 1994). Algoritmanın ele aldığı problemleri genetik terimlerle temsil etmeye dayanır ve en uygun çözümü bulana kadar genetik süreçleri kullanır. Kullanılan genetik terimler; kromozom, gen, popülasyon, ebeveyn ve çocuktur.

- Kromozom: Her kromozom bir bireyi temsil eder ve bir dizi genlerden oluşur. Genetik algoritmada yapılan ilk adım kromozomları oluşturmaktır.
- Gen: Genetik algoritmanın en temel ünitesidir. Bir problemin çözüm kümesi olarak genlere yerleştirilir.
- Popülasyon: Kullanılan toplam kromozom sayısına popülasyon denir. Her kromozomun bir bireyi temsil etmesi sebebiyle problemin optimum çözümünü

bulmak için kullanılacak birey sayısı önemlidir. Bu sayının uygun bir şekilde tutulması gereklidir. Arttırılması halinde algoritmanın bitmesi için zamanda artışa neden olur. Aksi bir durumda çözümün kalitesine olumsuz bir şekilde etki eder.

- Ebeveyn: Popülasyondan seçilen en iyi iki kromozomların her birine ebeveyn denir.
- Çocuk: Genetik algoritmanın çaprazlama sürecinden elde edilen yeni kromozomlardan her birine çocuk denir.
- Uygunluk fonksiyonu: Bu fonksiyon, genetik algoritmanın esasıdır. Kromozomların temsil ettiği çözüm dizisi uygunluk fonksiyonu tarafından ayrı ayrı değerlendirilir ve bu değerlendirmeye göre ebeveynlerin seçimi yapılır. Çaprazlama ve mutasyon yöntemleri tamamlandıktan sonra algoritma yeni nesildeki bireyleri değerlendirmek için tekrar devreye girer.

Veriler, kromozomların içine genler şeklinde yerleştirilir. İlk popülasyonu oluşturmak için kromozom sayısı belirlenir. Her kromozomun uygunluk fonksiyonu aracılığıyla uygunluk değeri hesaplanır. Bir bireyin uygunluk değeri arttığında, bir sonraki neslin hayatta kalma olasılığı da artar (Srinivas ve Patnaik, 1994). Yeni nesilleri üretmek için maksimum uygunluk değerine sahip iki kromozom seçilir. Seçilen kromozomlara çaprazlama ve mutasyon yöntemleri uygulanır. Elde edilen verilerle daha iyi özelliklere sahip yeni bir nesil oluşturulur. Optimum çözüm elde edilene kadar işlemler tekrarlanır. Şekil 3.7'teki genetik algoritmanın akış diyagramıyla işlemlerin sırası gösterilmektedir. Genetik algoritmanın tamamlanabilmesi için ebeveyn seçimi, çaprazlama ve mutasyon gibi temel işlemlerin gerçekleştirilmesi gerekir. Bu tez çalışmasında, seçim, çaprazlama ve mutasyonun çeşitli ve çoklu yöntemleri incelenmiş ve sensör düğüm uygulamasında karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.7. Genetik algoritmanın akış diyagramı

### 3.3.1. Ebeveyn Seçim Yöntemleri

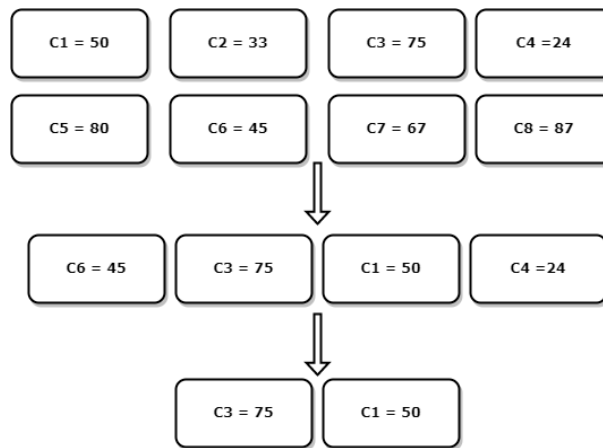
Ebeveynlerin seçilmesi, ilk popülasyon oluşturduktan sonra yapılan önemli bir adımdır ve en iyi uygunluk değerine sahip ebeveynler seçilir. Genetik algoritma, çaprazlama sürecini tamamlamak için iyi bireylerin seçilmesine dayanır. Yeni oluşan nesil, uygun ve kullanışlı özellikler taşıyan nesildir. Genetik algoritma sayesinde her zaman en iyi bireyler seçilir, oluşan nesil bir sonraki neslin kaynağı olarak kabul edilir. Genetik algoritmanın aşamaları bir sonraki nesle tekrar uygulanarak daha uygun bireyler üretilir (Miller ve Goldberg, 1995).

Ebeveynleri seçmenin birçok yöntemi vardır. Çalışmada iki tür ebeveyn seçme yöntemi kullanılmıştır. Bunlar: Turnuva ve Rulet çarkı metodlarıdır.

#### 3.3.1.1. Turnuva Seçim Metodu

Bu yöntemin prensibi, mevcut bireylerden turnuva boyutu olarak bilinen rastgele bir grup seçmektir. Turnuvanın boyutu önceden belirlenir ve daha sonra uygunluk değerlerine göre en iyi bireyler seçilir. Sık kullanılan turnuva boyutları 2, 4 ve 7'dir. Bu işlem yeni nesil oluşana kadar tekrarlanır. Şekil 3.8'de turnuva yönteminin genel prensibi gösterilmektedir (Fang ve Li, 2010).

Turnuva yöntemi, bireyler arasında yapılan bir yarışma ile en iyi bireyleri seçme mantığına göre çalışır. Turnuvanın boyutunu artırarak seçim baskısını yükseltebiliriz. Böylece fazla zaman harcamadan en yüksek uygunluk değerine sahip bireyin bulunması daha kolay olmaktadır. Bu yarışmayı kazanan bireyler en iyi bireyler olup en yüksek uygunluk değerine sahiptir. Genetik algoritmanın bu yöntemi kullanılarak her nesilde mevcut olan bireylerin uygunluk oranı artırılmaktadır (Miller ve Goldberg, 1995).



Şekil 3.8. Tournament metodunun prensibi

### 3.3.1.2. Rulet Çarkı Seçim Metodu

Rulet çarkı, ebeveyni uygunluk değerlerine göre seçme olasılığının hesaplanmasına dayanır. Bir bireyi ebeveyn olarak seçme olasılığı, o bireyin  $i$  uygunluk değeri diğer bireylerin uygunluk değerlerinin toplamına oranıdır. Bu olasılığı aşağıdaki denklemle ifade edebiliriz (Pencheva vd. 2009).

$$P(i) = \frac{U_i}{\sum_{j=1}^{Nüfus\ sayısı} U_j} \quad (3.4)$$

$U_i$ , bir  $i$  bireyin uygunluk değeridir ve  $\sum_{j=1}^{Nüfus\ sayısı} U_j$ , tüm bireylerin uygunluk değerlerinin toplamıdır.

### 3.3.2. Çaprazlama Yöntemleri

Seçim sürecinden sonra ikinci aşama olarak çaprazlama süreci gelir. Çözümün daha geniş alanlara ulaşması amacıyla yeni nesiller üretmenin genetik algoritma için önemli olduğunu ifade edebiliriz. Eldeki problemin verilerine dayalı olarak geliştirilmiş farklı çaprazlama biçimleri vardır. Çaprazlama süreçlerindeki bu farklılıklar, optimum çözümü bulması sürecinde niteliksel eklemeler sağlar (Pavai ve Geetha, 2016).

Çaprazlama işlemi genellikle yeni çocuklar üretmek için seçilen ebeveynler içinden rastgele bir nokta veya bir grup noktalar seçilir. Seçilen noktalara göre ebeveynlerin birbirleriyle genlerini değiştirerek gerçekleşir. Bu yöntemden elde edilen sonuçları geliştirmek için belirli formüllere dayalı başka yöntemler de yapılmıştır. Çaprazlama işlemini gerçekleştirmek için belirli bir olasılık seçilir ve genellikle bu değer 0.5 olarak ayarlanır. Çaprazlama işlemi, kullanılan rasgele sayıya göre çaprazlama olasılığından eşit veya büyükse gerçekleştirilir. Bu tez çalışmasında detaylı bir şekilde anlatılan altı farklı çaprazlama yöntemi kullanılmaktadır.

#### 3.3.2.1. Tek Noktalı Çaprazlama Metodu

Bu yöntem çaprazlama işlemlerinin en basit yöntemlerinden biri kabul edilmektedir. İlk gen ile son gen arasındaki aralıktan rastgele bir nokta seçilerek ebeveynlere uygulanmaktadır. Şekil 3.9’te olduğu gibi genler değiştirilir.

|           |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|
| Ebeveyn 1 | 2 | 8 | 5 | 9 | 4 | 0 | 7 |
| Ebeveyn 2 | 6 | 1 | 7 | 3 | 8 | 4 | 5 |
| Çocuk 1   | 2 | 8 | 5 | 3 | 8 | 4 | 5 |
| Çocuk 2   | 6 | 1 | 7 | 9 | 4 | 0 | 7 |

Şekil 3.9. Tek noktalı çaprazlama metodu

### 3.3.2.2. İki Noktalı Çaprazlama Metodu

Bu yöntemin birinci gen ile son gen arasındaki aralıktan rastgele olarak ve bir tane yerine iki nokta seçilmesi dışında tek noktalı yöntemden hiçbir farkı yoktur. Bu yöntem k-noktalı olacak şekilde genelleştirilebilir ve belirli sayıda nokta seçilip ebeveynler arasında genler değiştirilebilir. Ancak çalışmamızda iki noktalı yöntemi benimsedik ve genler Şekil 3.10'te gösterildiği gibi değiştirilir.

|           |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|
| Ebeveyn 1 | 2 | 8 | 5 | 9 | 4 | 0 | 7 |
| Ebeveyn 2 | 6 | 1 | 7 | 3 | 8 | 4 | 5 |
| Çocuk 1   | 2 | 8 | 7 | 3 | 8 | 0 | 7 |
| Çocuk 2   | 6 | 1 | 5 | 9 | 4 | 4 | 5 |

Şekil 3.10. İki noktalı çaprazlama metodu

### 3.3.2.3. Düzenli Çaprazlama metodu

Bu tür çaprazlama, sıfırlar ve birleri içeren bir maske aracılığıyla çocuğun genlerini tanımlayan birleşik bir sisteme dayanır. Bu maskeye göre sayı sıfır ise birinci ebeveynin geni, sayı bir ise ikinci ebeveynin geni seçilir. Bu konu isteğe bağlı olduğu için tersi de olabilir (Umbarkar ve Sheth, 2015).

Yukarıda anlatılanlardan bildiğiniz üzere ebeveynler kromozomlar şeklinde ifade edilmekte ve Denklem 3.5, Denklem 3.6 ve Denklem 3.7 de verilen genlerden oluşmaktadır.

$$Ebeveyn_i^1 = (g_1, g_2, \dots, g_n) \quad (3.5)$$

$$Ebeveyn_i^2 = (g_1, g_2, \dots, g_n) \quad (3.6)$$

$$\text{Çocuk}_i^k = \begin{cases} g_i^1 & \text{Eğer } m = 1 \\ g_i^2 & \text{Eğer } m = 0 \end{cases} \quad (3.7)$$

Burada  $k = 1,2$  ve  $i = \overline{1, n}$ .  $n$  ise genlerin sayısıdır ve çalışmamızda sensör sayısını temsil eder.

#### 3.3.2.4. Aritmetik Çaprazlama Metodu

Basit ve genel yöntemleri anlattıktan sonra çalışmamızda genetik algoritmayı iyileştiren bazı hesapsal yöntemler de kullanılmıştır. Aritmetik yöntemi, aşağıda verilen Denklem 3.8 ve Denklem 3.9 ‘ e göre yapılmaktadır. (Herrera vd., 2003)

$$\text{Çocuk}_i^1 = \beta \times Ebeveyn_i^1 + (1 - \beta) \times Ebeveyn_i^2 \quad (3.8)$$

$$\text{Çocuk}_i^2 = \beta \times Ebeveyn_i^2 + (1 - \beta) \times Ebeveyn_i^1 \quad (3.9)$$

Burada  $\beta \in [0,1]$  ve  $i = \overline{1, n}$ .

#### 3.3.2.5. Min- Max Aritmetik Çaprazlama

Bu yöntem aritmetik yöntemin geliştirilmiş halidir. Bu yöntemin ilkesi, iki yerine dört çocuğu aday yapar ve ardından çaprazlama işlemini tamamlamak için seçilmiş dört çocuktan en iyi ikisini kullanır. Bu yöntem, Denklem 3.10, Denklem 3.11, Denklem 3.12 ve Denklem 3.13 de verildiği gibi daha iyi özelliklere sahip yeni bir nesil yaratmayı amaçlamaktadır.

$$\text{Çocuk}_i^1 = \beta \times Ebeveyn_i^1 + (1 - \beta) \times Ebeveyn_i^2 \quad (3.10)$$

$$\text{Çocuk}_i^2 = \beta \times Ebeveyn_i^2 + (1 - \beta) \times Ebeveyn_i^1 \quad (3.11)$$

$$\text{Çocuk}_i^3 = \max\{Ebeveyn_i^1, Ebeveyn_i^2\} \quad (3.12)$$

$$\text{Çocuk}_i^4 = \min\{Ebeveyn_i^1, Ebeveyn_i^2\} \quad (3.13)$$

En iyi ebeveynler seçildikten sonra dört çocuk oluşturulur. Çocukların ikisi aritmetik yöntemle seçilir. Üçüncüsü ise seçilen ebeveynlerden en küçük değere sahip olan genler ayrılır. Aynı işlem dördüncü çocuk için tekrarlanır ancak en büyük değere sahip genler seçilerek oluşturulmaktadır. Bundan sonra dört çocuğun uygunluk değeri hesaplanır ve genetik algoritmanın bir sonraki aşaması için en iyi ikisi seçilir (Herrera vd., 1997). Burada da  $\beta \in [0,1]$  ve  $i = \overline{1, n}$ .

### 3.3.2.6. BLX- $\alpha$ (Karışık) Çaprazlama Metodu

Bu çaprazlama yöntemi, daha iyi özelliklere sahip yeni bir nesil oluşturmak için seçilen ebeveynler üzerinde yapılan matematiksel işlemlerin bir karışımıdır. İşlem sıra ile Denklem 3.14, Denklem 3.15, Denklem 3.16 ve Denklem 3.17 de verilen denklemlere göre yapılmaktadır.

$$Krom_{max}^1 = \max\{Ebeveyn_i^1, Ebeveyn_i^2\} \quad (3.14)$$

$$Krom_{min}^2 = \min\{Ebeveyn_i^1, Ebeveyn_i^2\} \quad (3.15)$$

$$I = Krom_{max}^1 - Krom_{min}^2 \quad (3.16)$$

$$[Krom_{min}^2 - I \times \alpha, \quad Krom_{max}^1 + I \times \alpha] \quad (3.17)$$

Bu hesaplama süreçleri, iki kromozomun oluşumu ile başlatılır. Birinci kromozom, seçilen en uygun ebeveynlerin en düşük değere sahip genleri içerir ve ikinci kromozom, en büyük değere sahip genleri içerir. Bir sonraki adımda, oluşan iki kromozom arasındaki fark alınır. Daha sonra çocuklar, Denklem 3.17'deki alan içinden rastgele seçilir (Eshelman ve Schaffer, 1993). Burada  $\alpha \in [0,1]$  ve çalışmamızda  $\alpha = 0,5$  olarak kabul edilmiştir ve  $i = \overline{1, n}$ 'dir.

### 3.3.3. Mutasyon Yöntemleri

Mutasyon süreci, genetik algortmada çaprazlama aşamasından sonra gelir ve birbirine benzemeyen bireyler üretmemek için kullanılmaktadır. Mutasyon süreci

sayesinde genetik algoritmanın yerel minimum noktasına düşmesini engellenir ve böylece popülasyonun çeşitliği artar. Mutasyon olasılığı yüksek olunca daha geniş alanı aramak mümkün olur fakat gerçeğin bir simülasyonu olabilmesi için genellikle mutasyon olasılığı çok küçük tutulur. Bu tez çalışmasında kullandığımız mutasyon yöntemlerinden dört tanesi anlatılmıştır.

### 3.3.3.1. Rastgele Nokta Mutasyon Yöntemi

Bu yöntemin temeli, bireyde rastgele olarak yeni bir genin üretilmesine dayanmaktadır. Çalışmamızdaki genler sensörlerin kartezyen koordinatlarıdır ve bu yöntemi uygularken üretilecek genlerin çalışılan bölge ile sınırlı olması çok önemlidir. Yani yeni genin koordinatları çalışılan sınırlar dışında olmamalıdır. Bu yöntemi anlamayı kolaylaştırmak için ikili sayılarla ifade edebiliriz (Thengade ve Dondal, 2012). Şekil 3.11 de rastgele nokta mutasyon yöntemi örneği verilmiştir.

|       |   |   |   |   |   |   |   |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| Önce  | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Sonra | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

Şekil 3.11. Rastgele nokta mutasyon yöntemi

### 3.3.3.2. Takas Mutasyon Yöntemi

Mutasyon yöntemleri, çözümün iyileştirilmesine etki eden farklı bir sonuç oluşturmak için çeşitlendirilir. Bu yöntemde, ilk gen ve son gen arasındaki alan içinden iki gen rastgele seçilir ve daha sonra yerleri Şekil 3.12’deki gibi değiştirilir (Sarmady, 2007).

|       |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Önce  | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.9 | 0.7 | 0.2 |
| Sonra | 0.8 | 0.5 | 0.9 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 0.2 |

Şekil 3.12. Takas mutasyon yöntemi

### 3.3.3.3. Ters Çevirme Mutasyon Yöntemi

Bu yöntemde, kromozom içinden bir alan belirlenir ve daha sonra Şekil 3.13’de gösterildiği gibi genlerin sırası tersine çevirilir.

|       |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Önce  | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.9 | 0.7 | 0.2 |
| Sonra | 0.8 | 0.5 | 0.7 | 0.9 | 0.1 | 0.3 | 0.2 |

Şekil 3.13. Ters çevirme mutasyon yöntemi

#### 3.3.3.4. Karıştırma Mutasyon Yöntemi

Bu yöntemin prensibi önceki yöntem ile aynıdır. Kromozom içinden rastgele bir alan seçilir ancak bu yöntemde Şekil 3.14’de gösterildiği gibi farklı bir birey elde etmek için genlerin konumlarını rastgele karıştırılır (Katoch vd., 2021).

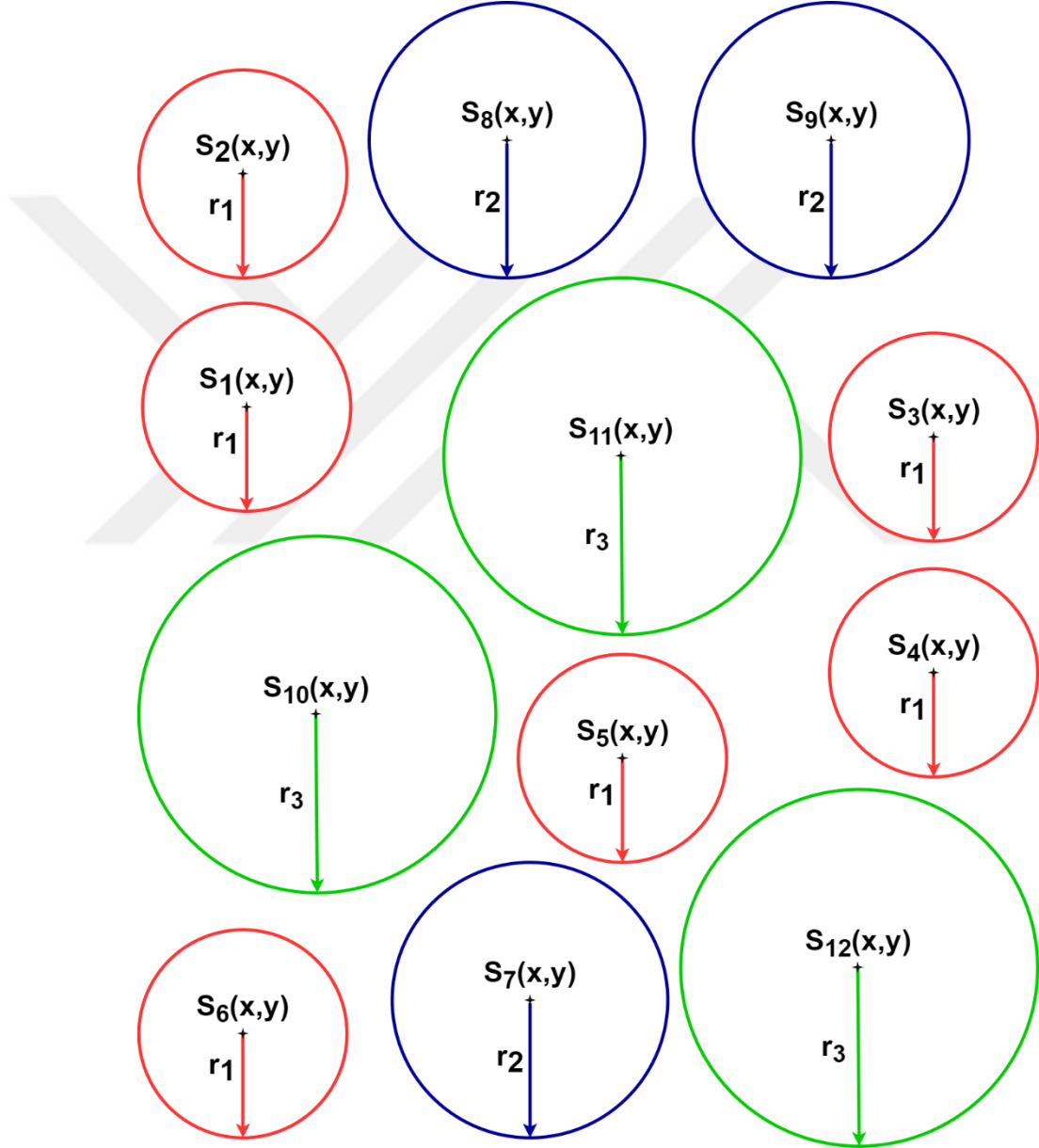
|       |     |     |     |     |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Önce  | 0.8 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.9 | 0.7 | 0.2 |
| Sonra | 0.8 | 0.5 | 0.9 | 0.3 | 0.7 | 0.1 | 0.2 |

Şekil 3.14. Karıştırma mutasyon yöntemi

## 4. YAPILAN ÇALIŞMA

### 4.1. Kabuller

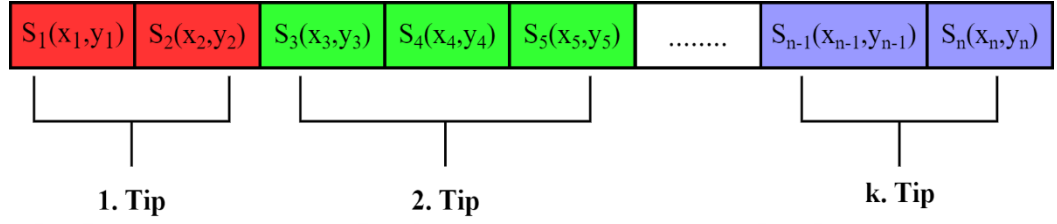
Bu tez çalışmasında, maksimum kapsama alanına ulaşmak için genetik algoritma belirli sayıda sensörün bulunduğu ortama uygulanmıştır. Belirlenen alanda farklı sayılarda ve farklı algılama alanlarına sahip üç tip sensör kullanılmıştır. Bu üç tip sensör ve yarıçapları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Heterojen sensörler gösterimi

#### 4.1.1. İlk Popülasyon Oluşturulması

Veriler kromozomlarda bulunan genlerin içine yerleştirilir. Buradaki veriler sensörlerin koordinatlarıdır. Sensörlerin rastgele konuşlandırıldığı ifadesi, bu sensörlere rastgele koordinat değerleri verildiği ve Şekil 4.2 de gösterildiği gibi bir kromozom formunda sıralı bir şekilde genlerin içine yerleştirildiği anlamına gelmektedir.



Şekil 4.2. Bir kromozom yapısı

Çalışmamızda, aynı algılama aralığına sahip olmayan heterojen düğümler ve literatürde bulunan aynı koşullar kullanılmaktadır. (Hanh vd., 2019) (Yoon ve Kim, 2013) (Ly vd., 2015).

$$\sum_{i=1}^k n_i = n \quad (4.1)$$

$k$ : Sensör tipi sayısı.

$n$ : Sensör sayısı

$n_i$ :  $i$ . tip için sensör sayısı ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

$r_i$ : sensör tipinin algılama yarıçapı ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

Algoritma, varsayılan iki boyutlu  $100 \times 100$  kontrol alanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Daha önce bahsedildiği üzere üç tip sensör kullanılmıştır yani  $k = 3$ , her tipin belirli sayıları ve farklı sensör aralıkları vardır. Tablo 4.1’de sensörlerin sayıları ve algılama aralık değerleri gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Algoritmada kullanılan sensörlerin sayıları ve yarıçaplarının değerleri

| Parametre | Değer |
|-----------|-------|
| $r_1$     | 14    |
| $n_1$     | 6     |
| $r_2$     | 11.20 |
| $n_2$     | 7     |
| $r_3$     | 8.96  |
| $n_3$     | 23    |

#### 4.1.2. Uygunluk Fonksiyonu

$(x_i, y_i)$  koordinatlara bölünmüş bir alanda bir  $s_i$  sensör olduğunu varsayalım. Bu bölgedeki herhangi bir  $P$  noktası için  $P$  noktası ile  $s_i$  sensörü arasındaki Öklid mesafesini Denklem 4.2’de gösterildiği gibi hesaplayabiliriz.

$$d(s_i, P) = \sqrt{(x_i - x_p)^2 + (y_i - y_p)^2} \quad (4.2)$$

Boolean Disk modeli (Wang, 2011), Denklem 4.3'te görüldüğü gibi sensör düğümünün kapsadığı alanın bulunması amacıyla bir yöntem olarak kullanılmıştır.

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } d(s_i, P) < r_s \\ 0 & \text{diğer durumlar için} \end{cases} \quad (4.3)$$

Sensörün uygunluğunu belirleyen kriter, sensör düğümünün kapsadığı alanın değeridir. Sensörlerin kapsadığı alanlarının toplamı, popülasyonun bir üyesi olarak kabul edilen kromozomun uygunluk değerini verir. Daha sonra en yüksek uygunluk değerine sahip iki kromozom seçilerek yeni bir nesil oluşturulur. Burada  $r_s$  bir sensörün algılama aralığıdır.

#### 4.1.3. Genetik Algoritmadaki Yöntemlerin Değerleri

Bu tez çalışmasında, iki farklı seçim yöntemi, altı farklı çaprazlama yöntemi ve dört farklı mutasyon yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemlerin uygulanması sırasında, algoritmanın tamamlanması için bazı değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Seçim işlemleri yapılırken öncelikle popülasyon sayısı ve seçilecek elit bireylerin sayısı belirlenmelidir. Kullanılan seçim süreçleri arasında turnuva seçim yöntemi de bulunmaktadır. Turnuva boyutu algoritmanın başlangıcında belirtilmelidir. Çaprazlama ve mutasyon işlemleri geçici olarak gerçekleştirilir ve belirli bir olasılığa

sahip olurlar. Bu işlemler, benzer bireylerin bir sonraki nesilde üretilmesini engellemek ve gerçek hayattaki durumu simüle etmek için kullanılır. Mutasyon olasılığı, çaprazlama olasılığına göre genellikle daha düşüktür.



## 5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, heterojen kablosuz sensör düğümlerine genetik algoritma uygulanmış ve algoritmanın her adımında farklı yöntemlerin kapsama oranı üzerindeki etkisi test edilmiştir. İlk olarak, rastgele nokta mutasyon yöntemi sabit tutularak, çaprazlama yöntemleri ve seçim yöntemleri ayrı ayrı incelenmiş ve performansları değerlendirilmiştir. Daha sonra, her bir çaprazlama yöntemi, iki seçim yöntemi ve dört mutasyon yöntemi ile ayrı ayrı çalıştırılmış ve her senaryo 30 kez çalıştırılarak en yüksek kapsama değerine sahip olan deneme seçilmiştir. Bu denemelerin sonuçları incelenerek kapsama oranı üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Genetik algoritmadaki kullanılan değerler Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Genetik algoritmadaki operatörlerin değerleri

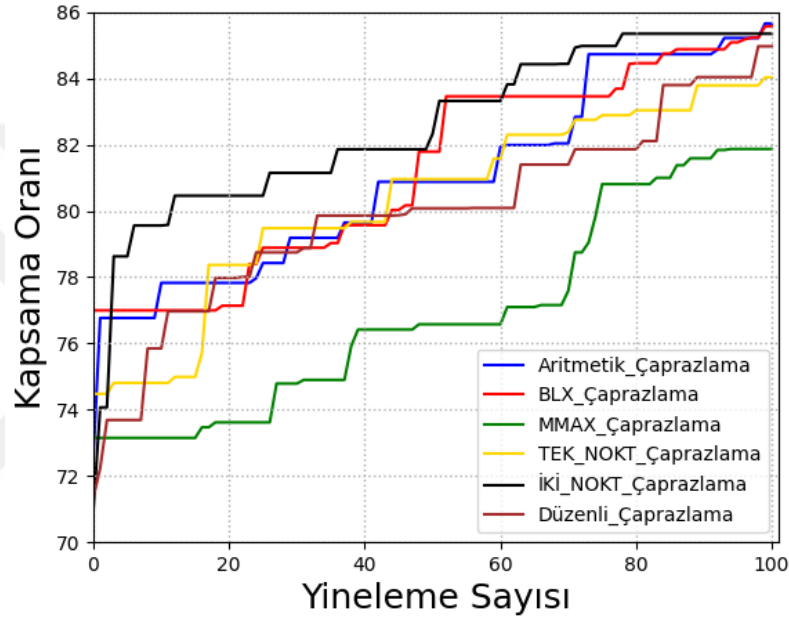
| Operatör                   | Değer |
|----------------------------|-------|
| Popülasyon sayısı          | 10    |
| Elit sayısı                | 2     |
| Çaprazlama olasılığı $P_c$ | 0.5   |
| Mutasyon olasılığı $P_m$   | 0.1   |
| İterasyon Sayısı           | 100   |
| Turnuva boyutu             | 4     |

### 5.1. Seçim Yöntemlerinin Çaprazlama Yöntemleriyle Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

İlk olarak, rastgele nokta mutasyon yöntemi sabit tutularak Rulet çarkı seçim yöntemi kullanılarak tüm çaprazlama yöntemleriyle test edildi. Şekil 5.1'de ve Tablo 5.2'de gösterildiği gibi, aritmetik ve BLX yöntemleri diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verdi ve en yüksek kapsama oranı elde edildi. Tablo 5.3'te, ortalama sonuçlar dikkate alındığında en iyisi sonucun iki noktalı çaprazlama yönteminden elde edildiği görülmektedir. Friedman testi sonuçlarına göre, sonuçlar arasında anlamlı farklılık bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ). Wilcoxon testi yapıldığında, anlamlılık düzeyi değişmektedir. Bu deneyde altı farklı durum olduğu için, karşılaştırma sayısı Denklem 5.1 ile hesaplanır.

$$\text{Karşılaştırma sayısı} = \frac{n!}{(n-r)!r!} \quad (5.1)$$

Bu adımda, durumların sayısı  $n = 6$  ve karşılaştırılacak durum sayısı  $r = 2$  alındığında karşılaştırma sayısı= 15 olarak hesaplanır ve yeni anlamlılık düzeyi ise  $\frac{p}{\text{karşılaştırma sayısı}} = \frac{0.05}{15} = 0.003$  olarak bulunur. Bu deneyde en iyi sonuçları veren denemelere Wilcoxon testi yapıldığında  $p = 0.74$  olarak hesaplanır ve buna göre BLX ve Aritmetik çaprazlama yöntemlerinin arasında anlamlı farklılık yoktur.



Şekil 5.1. Rulet çarkı seçim yöntemine bağlı değerlendirmeler

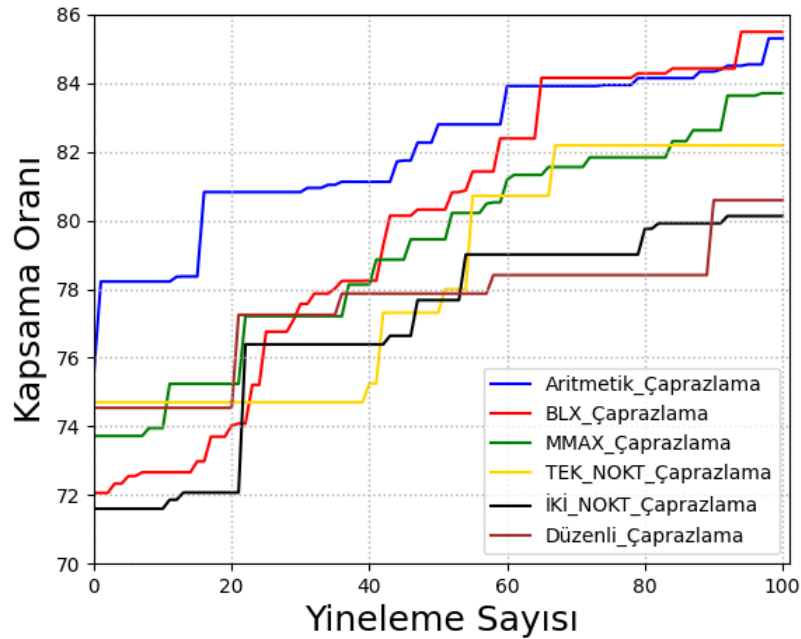
Tablo 5.2. Rulet çarkı seçim yöntemine bağlı sayısal değerler

| İterasyon Sayısı | Aritmetik | BLX- $\alpha$ | MMAX  | Tek noktalı | İki noktalı | Düzenli |
|------------------|-----------|---------------|-------|-------------|-------------|---------|
| 0                | 72.60     | 77.00         | 73.15 | 74.48       | 71.00       | 71.35   |
| 20               | 77.83     | 77.14         | 73.62 | 78.36       | 80.46       | 77.98   |
| 40               | 79.65     | 79.57         | 76.42 | 79.67       | 81.86       | 79.86   |
| 60               | 80.88     | 83.46         | 76.58 | 81.58       | 83.32       | 80.08   |
| 80               | 84.73     | 84.44         | 80.81 | 82.89       | 85.35       | 81.86   |
| 100              | 85.66     | 85.57         | 81.87 | 84.03       | 85.35       | 84.97   |

Tablo 5.3. Kullanılan çaprazlama yöntemleri ile Rulet çarkı seçiminin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.

|                           | Çaprazlama tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|---------------------------|--------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Rulet Çarkı Seçim Yöntemi | Tek noktalı        | 81.3840  | 16            | 1.4343         | 356.51   | .000 |
|                           | İki notkalı        | 82.6896  | 28            | 1.5699         |          |      |
|                           | Düzenli            | 82.1183  | 30            | 1.9602         |          |      |
|                           | Aritmetik          | 81.6153  | 16            | 1.8102         |          |      |
|                           | MMAX               | 78.2745  | 20            | 1.8534         |          |      |
|                           | BLX- $\alpha$      | 81.5470  | 12            | 1.9608         |          |      |

Turnuva seçim yöntemi ile yeniden test edildiğinde, Şekil 5.2 ve Tablo 5.4’de gösterildiği gibi yine iki yöntemin Aritmetik ve BLX diğer çaprazlama yöntemlerine göre üstün olduğu görülmüştür. Tablo 5.5’ye göre de ortalama olarak en yüksek değerlere sahiptirler. Friedman testi yapıldığında elde edilen sonuçları arasında anlamlı düzeyde bir farklılık olduğu görülebilmektedir. En iyi kapsama oranı veren aritmetik ve BLX yöntemlerine Wilcoxon testi yapıldığında  $p = 0.01$  olarak bulunur. Bulunan  $p$  değeri yeni anlamlılık düzeyden küçük olduğuna göre iki yöntemin arasında farklılık bulunduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 5.2. Turnuva seçim yöntemine bağlı değerlendirmeler

Tablo 5.4. Turnuva seçim yöntemine bağlı sayısal değerler

| İterasyon Sayısı | Aritmetik | BLX- $\alpha$ | MMAX  | Tek Noktalı | İki Noktalı | Düzenli |
|------------------|-----------|---------------|-------|-------------|-------------|---------|
| 0                | 75.58     | 72.06         | 73.72 | 74.70       | 71.60       | 74.53   |
| 20               | 80.83     | 74.03         | 75.24 | 74.70       | 72.07       | 74.53   |
| 40               | 81.13     | 78.25         | 78.13 | 75.24       | 76.39       | 77.86   |
| 60               | 82.80     | 82.39         | 81.19 | 80.72       | 79.01       | 78.41   |
| 80               | 84.15     | 84.29         | 81.84 | 82.19       | 79.76       | 78.41   |
| 100              | 85.31     | 85.50         | 83.71 | 82.19       | 80.13       | 80.58   |

Tablo 5.5. Kullanılan çaprazlama yöntemleri ile turnuva seçiminin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları

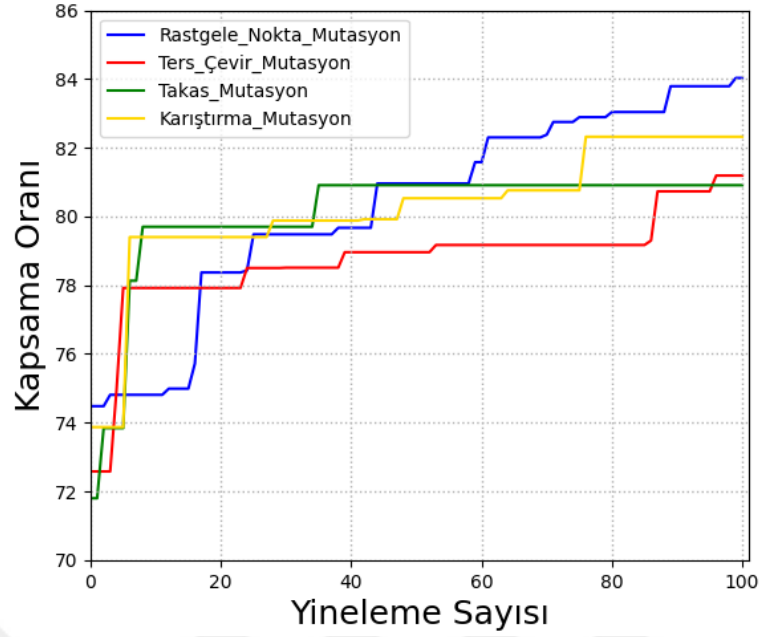
|                       | Çaprazlama tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|-----------------------|--------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Turnuva Seçim Yöntemi | Tek noktalı        | 78.0733  | 24            | 1.6301         | 299.83   | .000 |
|                       | İki noktalı        | 77.7003  | 25            | 1.4637         |          |      |
|                       | Düzenli            | 78.0813  | 01            | 1.2439         |          |      |
|                       | Aritmetik          | 81.6177  | 03            | 1.9031         |          |      |
|                       | MMAX               | 79.6304  | 13            | 1.7607         |          |      |
|                       | BLX- $\alpha$      | 82.9285  | 03            | 1.7021         |          |      |

## 5.2. Seçim Yöntemleri, Çaprazlama Yöntemleri ve Mutasyon Yöntemleri ile Ayrı Ayrı Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, mutasyon yöntemleri ayrı ayrı çalıştırılarak Rulet çarkı ve turnuva seçim yöntemleri tüm çaprazlama yöntemleriyle test edilmiştir.

### 5.2.1. Seçim Yöntemleri, Tek Noktalı Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada, tüm mutasyon yöntemleri bir kez Rulet çarkı ve bir kez de turnuva yöntemiyle test edilirken, tek noktalı ilk çaprazlama yöntemi sabit tutuldu. Rulet çarkı yöntemiyle çalıştırıldığında, Tablo 5.6'de Friedman testine göre kapsama oranları arasında yüksek düzeyde farklılık tespit edildi. Şekil 5.3'te de görüldüğü gibi, en yüksek kapsama oranı rastgele nokta mutasyon yöntemi kullanılarak elde edildi. Rastgele nokta yönteminden sonra en yüksek kapsama oranı veren yöntem ise karıştırma yöntemi olarak gözlemlendi. Bu sonuçlar, Tablo 5.6'da oranların ortalama değerleriyle gösterilebilir.

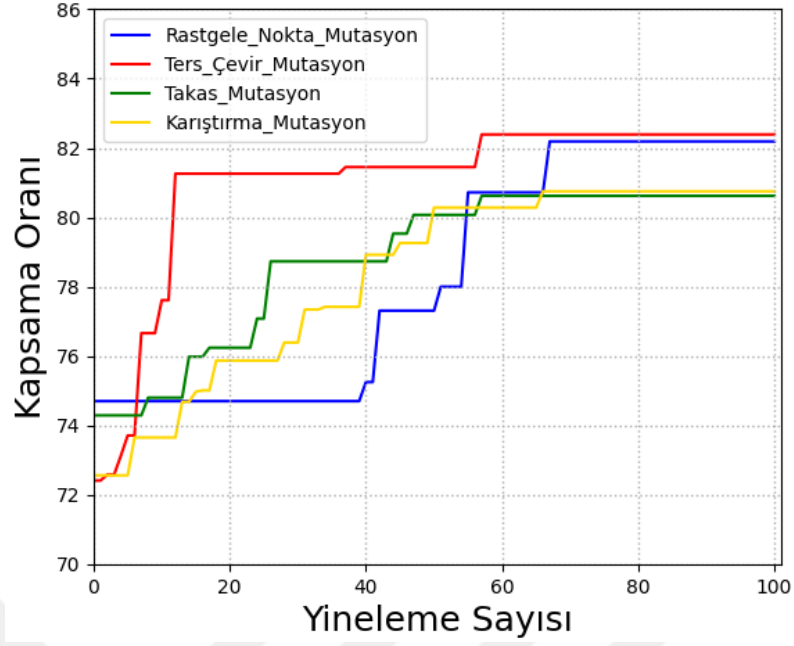


Şekil 5.3. Rulet çarkı seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri

Tablo 5.6. Rulet çarkı seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları

|                           | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|---------------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Rulet Çarkı Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 81.3840  | 16            | 1.4343         | 132.05   | .000 |
|                           | Ters Çevirme     | 77.7326  | 12            | 1.4862         |          |      |
|                           | Takas            | 78.9716  | 01            | 1.1785         |          |      |
|                           | Karıştırma       | 77.9346  | 07            | 2.0368         |          |      |

Program, turnuva seçim yöntemiyle yeniden başlatılarak test edilmiştir. Şekil 5.4'te görüldüğü gibi, en yüksek kapsama oranı ters çevirme mutasyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Ters çevirme yöntemi, diğer yöntemlere kıyasla daha kısa sürede daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca, rastgele nokta yöntemi ile karşılaştırıldığında, programın sonunda değerlerin kararlılığı ve yakınsaması fark edilmiştir. Tablo 5.7'de, en yüksek ortalama değer takas yöntemiyle elde edilirken, en düşük değer karıştırma yöntemiyle elde edilmiştir.



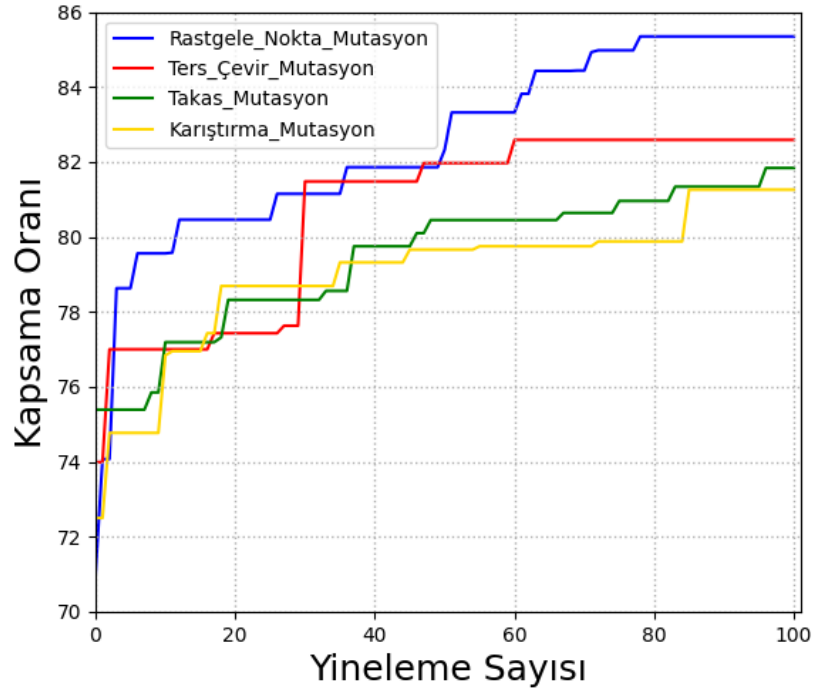
Şekil 5.4. Turnuva seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri.

Tablo 5.7. Turnuva seçim yöntemi, tek noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.

|                       | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|-----------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Turnuva Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 78.0733  | 24            | 1.6301         | 148.53   | .000 |
|                       | Ters Çevirme     | 78.0366  | 02            | 1.5233         |          |      |
|                       | Takas            | 78.8080  | 10            | 1.7666         |          |      |
|                       | Karıştırma       | 77.9900  | 02            | 2.1308         |          |      |

### 5.2.2. Seçim Yöntemleri, İki Noktalı Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemi ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, iki seçim durumunda iki noktalı çaprazlama yöntemi kullanan algoritmanın performansı tüm mutasyon yöntemleriyle karşılaştırılmıştır. Şekil 5.5'te görüldüğü gibi, Rulet çarkı seçme yöntemi ve rastgele nokta mutasyon yöntemi kullanıldığında sonuçların çok iyi çıktığı ve kapsama oranının erken yükseldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, Tablo 5.8'deki ortalama değerlere göre en yüksek kapsama oranı rastgele nokta mutasyon yöntemi ile elde edilmiştir ve diğer yöntemlerin değerleri daha düşük ve birbirine yakındır.

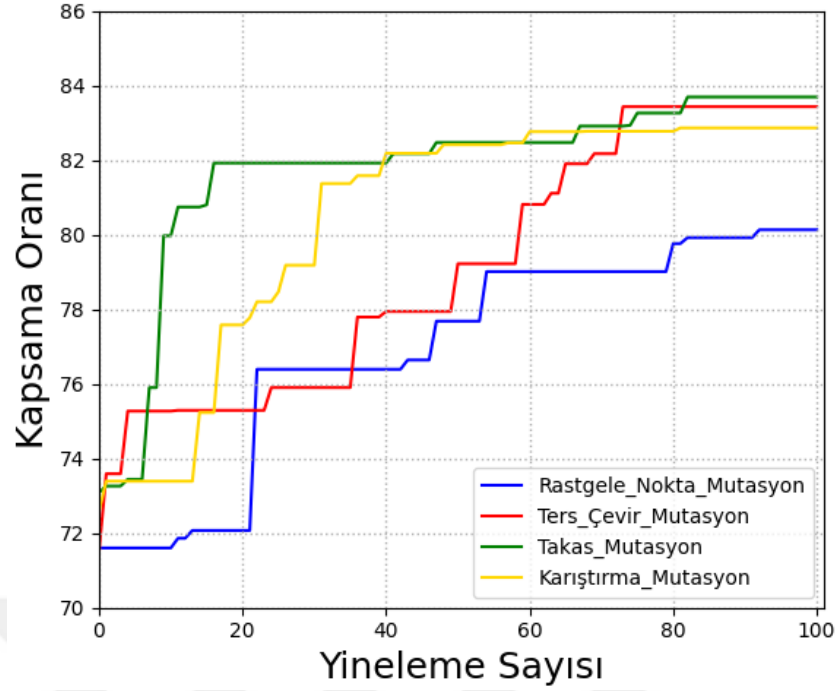


Şekil 5.5. Rulet çarkı seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri.

Tablo 5.8. Rulet çarkı seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.

|                           | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|---------------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Rulet Çarkı Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 82.6896  | 28            | 1.5699         | 206.47   | .000 |
|                           | Ters Çevirme     | 78.7890  | 07            | 1.9832         |          |      |
|                           | Takas            | 78.8415  | 01            | 1.4000         |          |      |
|                           | Karıştırma       | 78.4270  | 03            | 1.9154         |          |      |

Bu bölümde, turnuva seçim yöntemi kullanılarak iki noktalı çaprazlama yöntemiyle tüm mutasyon yöntemlerinin performansı karşılaştırılmıştır. Gözlemlediğimiz sonuçlara göre, Rulet çarkı yöntemine göre sonuçlar farklı ve zıt olarak ortaya çıkmıştır. Rastgele nokta mutasyon yönteminin en düşük kapsama oranı verdiği, diğer yöntemlerin ise iyi sonuçlar verdiği ve birbirine yakın olduğu ve program sonunda kararlı olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar Şekil 5.6 ve Tablo 5.9'daki değerlerden açıkça görülebilir.



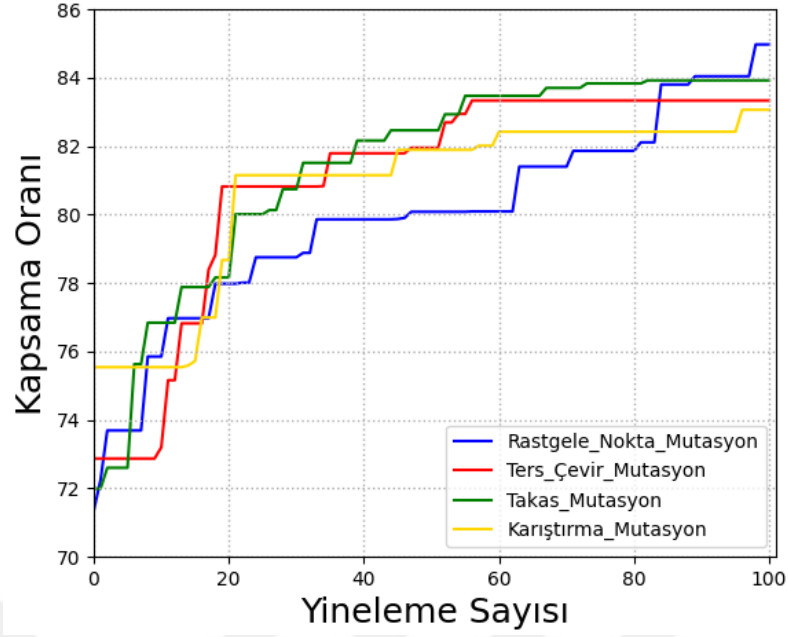
Şekil 5.6. Turnuva seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri.

Tablo 5.9. Turnuva seçim yöntemi, iki noktalı çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.

|                       | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|-----------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Turnuva Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 77.7003  | 25            | 1.4637         | 199.05   | .000 |
|                       | Ters Çevirme     | 79.6555  | 17            | 1.7488         |          |      |
|                       | Takas            | 79.4060  | 14            | 2.3526         |          |      |
|                       | Karıştırma       | 78.7460  | 10            | 1.6786         |          |      |

### 5.2.3. Seçim Yöntemleri, Düzenli Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, düzenli çaprazlama yöntemi ve Rulet çarkı seçim yöntemini kullanarak tüm mutasyon yöntemleriyle algoritmanın iyi bir performans sergilediği görülmektedir (Şekil 5.7). Ancak, rastgele nokta mutasyon yöntemini kullanarak en yüksek kapsama oranına ulaşılmış ve algoritmanın performansında bir iyileşme kaydedilmiştir. Ortalama olarak, karıştırma mutasyon yöntemini kullandığımızda algoritmanın en düşük kapsama oranına sahip olduğu Tablo 5.10'dan görülebilir.

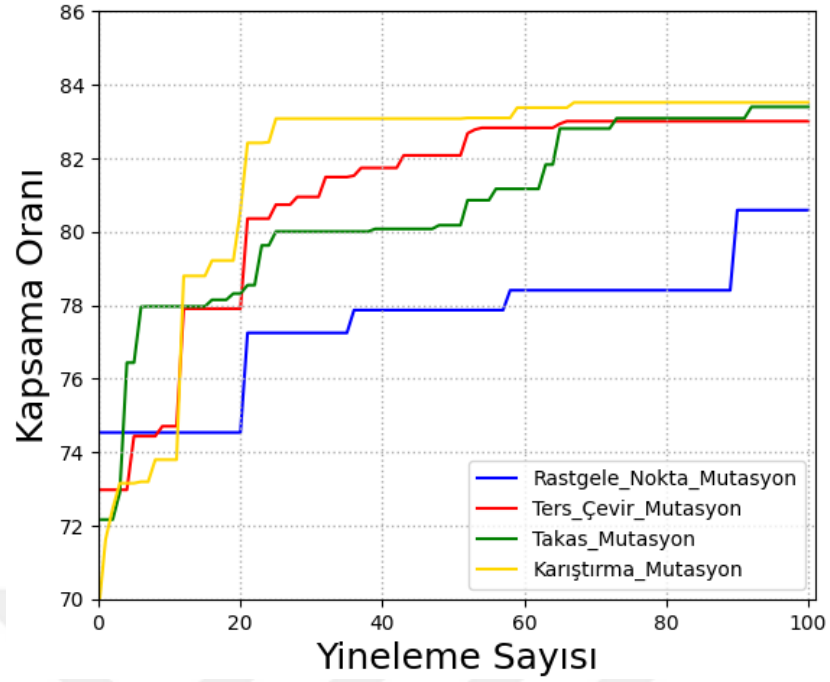


Şekil 5.7. Rulet çarkı seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri.

Tablo 5.10. Rulet çarkı seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.

|                           | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|---------------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Rulet Çarkı Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 82.1183  | 30            | 1.9602         | 86.46    | .000 |
|                           | Ters Çevirme     | 80.3660  | 07            | 2.1633         |          |      |
|                           | Takas            | 80.9965  | 14            | 1.8672         |          |      |
|                           | Karıştırma       | 79.1800  | 07            | 1.9276         |          |      |

Aynı senaryoda, turnuva seçim yöntemi kullanıldığında ve rastgele nokta mutasyon yöntemi çalıştırıldığında, algoritmanın performansında bir düşüş gözlemlenmiştir. En yüksek kapsama oranına ulaşılan değer, karıştırma mutasyon yöntemi kullanıldığında elde edilmiştir. Takas mutasyon yöntemi, ortalama değerlerde Tablo 5.11'deki en yüksek değere sahip olmasına rağmen, Şekil 5.8'de görüldüğü gibi benzer bir sonuç elde edilmiştir.



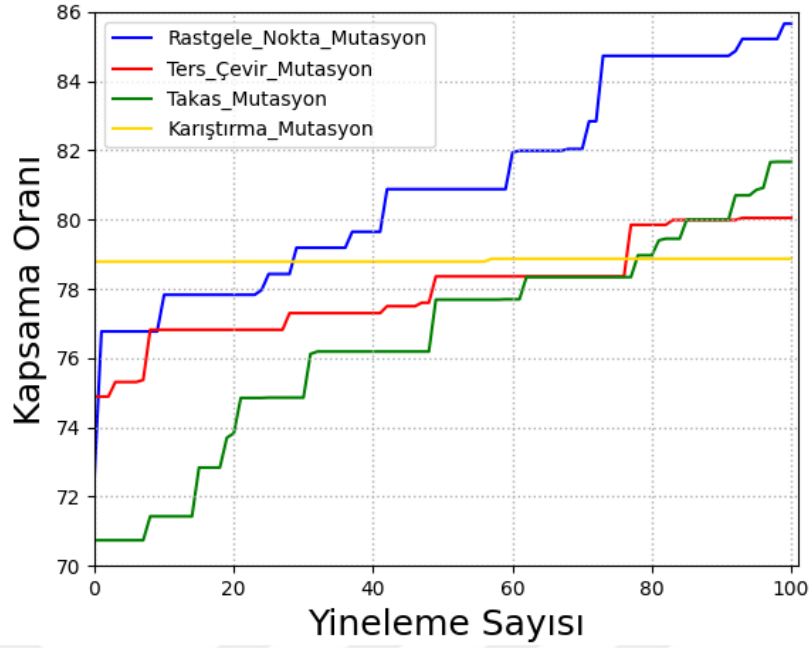
Şekil 5.8. Turnuva seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri

Tablo 5.11. Turnuva seçim yöntemi, düzenli çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları

|                       | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|-----------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Turnuva Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 78.0813  | 01            | 1.2439         | 180.15   | .000 |
|                       | Ters Çevirme     | 79.3565  | 04            | 1.7031         |          |      |
|                       | Takas            | 80.7825  | 09            | 1.5994         |          |      |
|                       | Karıştırma       | 79.7810  | 04            | 2.0455         |          |      |

#### 5.2.4. Seçim Yöntemleri, Aritmetik Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Bu aşamada, aritmetik çaprazlama yöntemi ve Rulet çarkı seçim yöntemi kullanılarak algoritmanın rastgele nokta mutasyon yöntemi ile daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Şekil 5.9'da da görüldüğü gibi, kapsama oranının yükselmesiyle birlikte algoritmanın performansı önemli ölçüde artmıştır. Ancak karıştırma yönteminin kullanımı sırasında kapsama oranında sadece az bir iyileşme olduğu ve bu iyileşmenin neredeyse fark edilmediği gözlemlenmiştir. Tablo 5.12'de ise yapılan testlerin aralarında anlamlı bir farklılık gözükmemektedir. Ayrıca Şekil 5.9'da incelenen gözlemler sayısal olarak ispatlanmıştır.

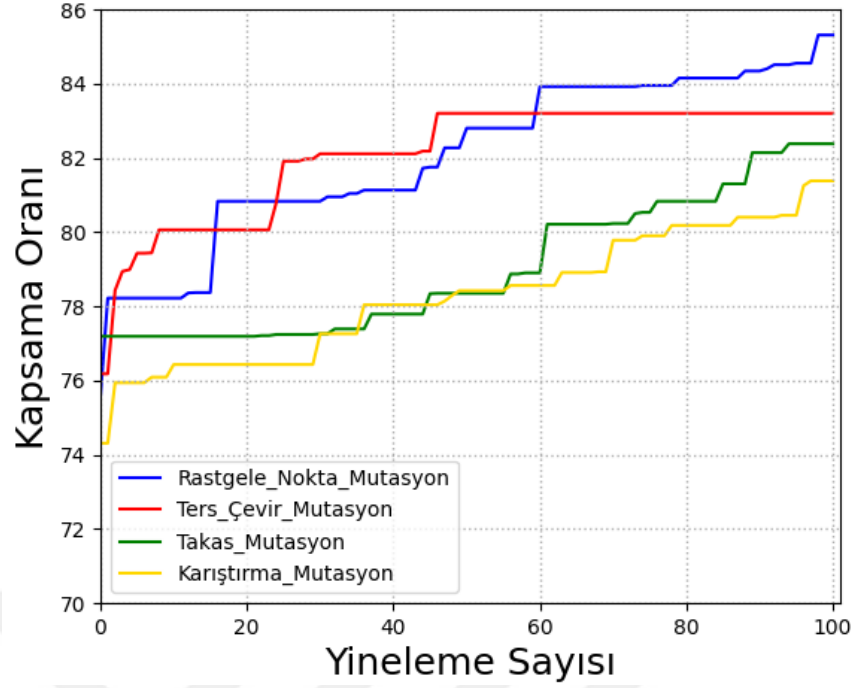


Şekil 5.9. Rulet çarkı seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri

Tablo 5.12. Rulet çarkı seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları

|                           | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|---------------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Rulet Çarkı Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 81.6153  | 16            | 1.8102         | 175.56   | .000 |
|                           | Ters Çevirme     | 77.5295  | 03            | 2.0052         |          |      |
|                           | Takas            | 77.2610  | 09            | 2.3237         |          |      |
|                           | Karıştırma       | 75.1365  | 20            | 2.0493         |          |      |

Turnuva seçim yöntemi kullanıldığında, Şekil 5.10'a göre diğer seçim yöntemleriyle benzer bir performans elde edilmiştir. Ancak, rastgele nokta yöntemi yine en iyi sonucu vermiştir. Karıştırma ve ters dönüşüm mutasyon yöntemleri kullanıldığında ise performans iyileşmiş ve daha kararlı hale gelmiştir. Ortalama olarak Tablo 5.13'e göre, diğer mutasyon yöntemlerine göre rastgele nokta yöntemi en başarılı olanıdır.



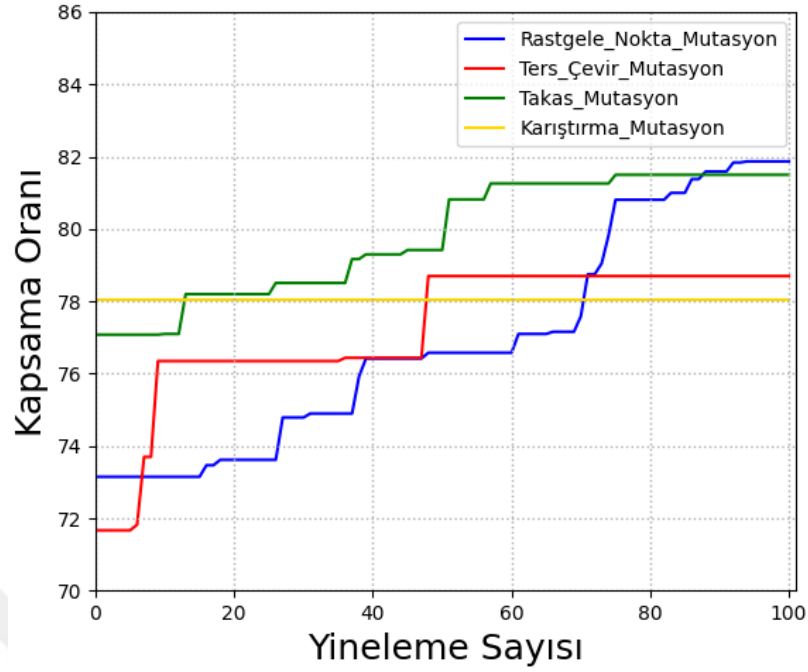
Şekil 5.10. Turnuva seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri.

Tablo 5.13. Turnuva seçim yöntemi, aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.

|                       | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|-----------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Turnuva Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 81.6177  | 03            | 1.9031         | 250.32   | .000 |
|                       | Ters Çevirme     | 77.4255  | 06            | 1.8133         |          |      |
|                       | Takas            | 77.0275  | 12            | 2.5768         |          |      |
|                       | Karıştırma       | 77.1905  | 12            | 1.9879         |          |      |

#### 5.2.5. Seçim Yöntemleri, Min-Max Aritmetik Çaprazlama ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

Rulet çarkı ile Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemini kullanırken algoritmanın sonuçlarında tüm mutasyon yöntemleriyle kapsama oranında Şekil 5.11’de gösterildiği gibi Tablo 5.14’e göre de bir düşüş görülmektedir. Ancak bu durumda, mutasyon yöntemlerini karşılaştırırken rastgele nokta ve takas yöntemlerini kullanırken kapsama düzeyinde yakınlık olmuştur; fakat rastgele noktayı kullanırken programın sonunda bir üstünlük ortaya çıkmıştır. Karıştırma yöntemini kullanırken kapsama oranının sabit olduğu ve hiç artmadığı görülmüştür. Bu sonuç, tüm deneylerin en kötüsü olarak değerlendirilmiştir.

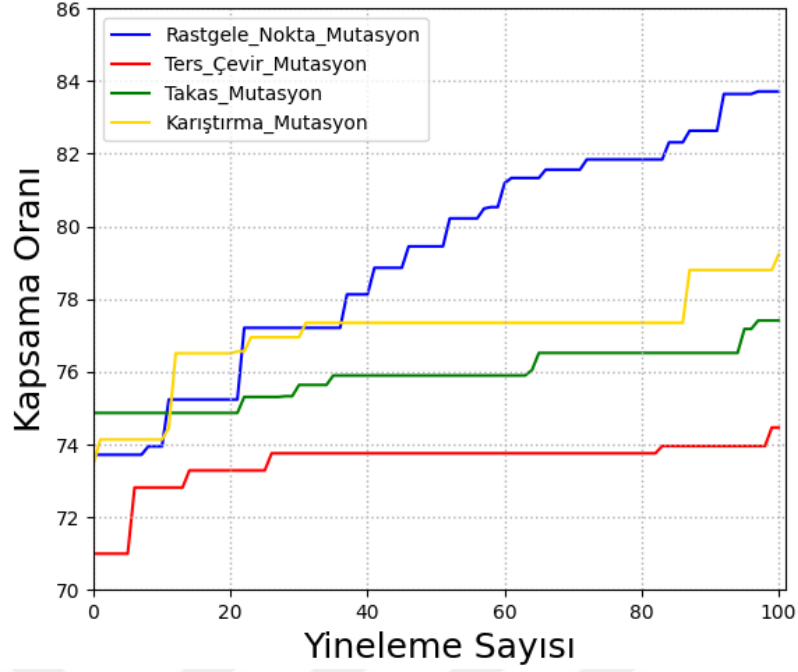


Şekil 5.11. Rulet çarkı seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri.

Tablo 5.14. Rulet çarkı seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları.

|                           | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|---------------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Rulet Çarkı Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 78.2745  | 20            | 1.8534         | 133.27   | .000 |
|                           | Ters Çevirme     | 76.0620  | 07            | 1.7304         |          |      |
|                           | Takas            | 74.7370  | 03            | 2.1310         |          |      |
|                           | Karıştırma       | 75.0690  | 13            | 1.3151         |          |      |

Şekil 5.12’de turnuva seçim yöntemi ile Min-Max aritmetik çaprazlama çalıştırırken en yüksek kapsama oranı rastgele nokta mutasyon yöntemiyle elde edilmiştir. Bu sonuç Tablo 5.15’te sayısal olarak görebiliriz. Ayrıca Friedman testi yapıldığında deneylerin arasında anlamlı bir farklılık görülmektedir.



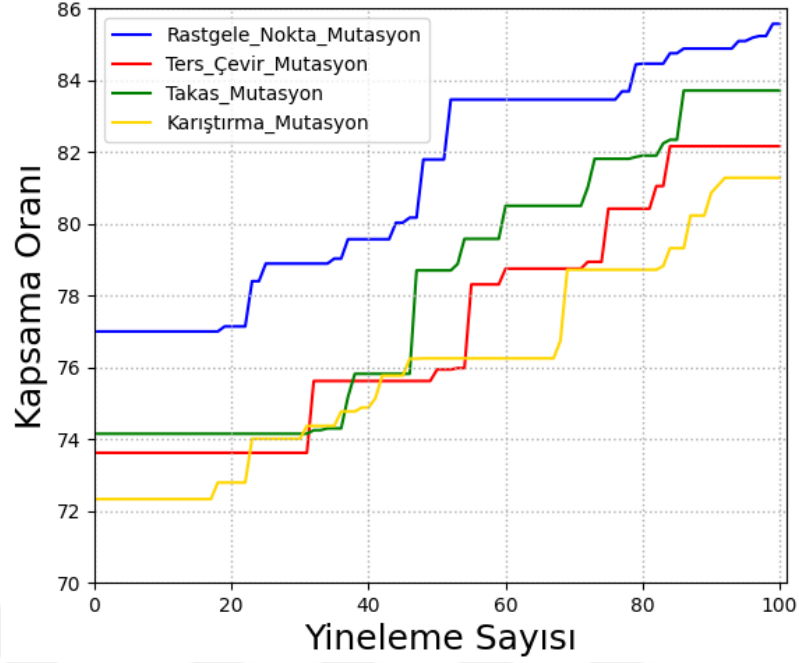
Şekil 5.12. Turnuva seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri

Tablo 5.15. Turnuva seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları

|                       | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|-----------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Turnuva Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 79.6304  | 13            | 1.7607         | 250.7    | .000 |
|                       | Ters Çevirme     | 75.8115  | 12            | 1.2072         |          |      |
|                       | Takas            | 74.7765  | 16            | 1.1722         |          |      |
|                       | Karıştırma       | 74.6985  | 09            | 2.2673         |          |      |

#### 5.2.6. Seçim Yöntemleri, BLX- $\alpha$ Çaprazlama Yöntemi ve Mutasyon Yöntemleri ile Kapsama Oranı Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması

BLX- $\alpha$  ve aritmetik çaprazlama yöntemlerini Rulet çarkı seçim yöntemiyle kullanmak, özellikle rastgele nokta mutasyon yöntemini çalıştırırken kapsama iyileştirme sürecinde en iyi yöntemler diyebiliriz. Bunu Şekil 5.13'te ve Şekil 5.1'de de görebiliriz. Ayrıca Tablo 5.16'e göre algoritmanın performansı, tüm mutasyon yöntemlerini kullanırken kapsama oranı ortalama değerleri diğer çaprazlama yöntemlerine göre önemli ölçüde iyileşmiştir.

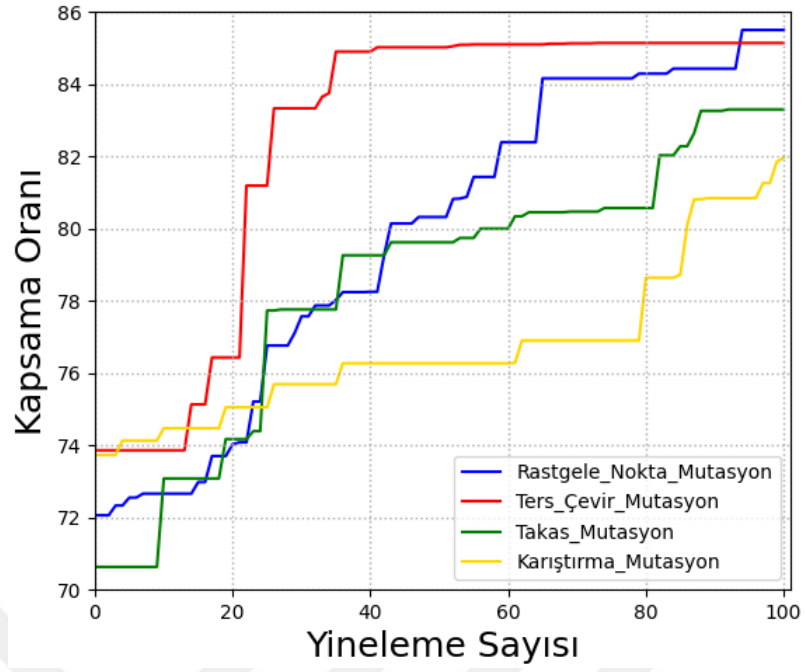


Şekil 5.13. Rulet çarkı seçim yöntemi, BLX- $\alpha$  (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri

Tablo 5.16. Rulet çarkı seçim yöntemi, BLX- $\alpha$  (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi deneme ve standart sapmaları

|                           | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi Deneme | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|---------------------------|------------------|----------|---------------|----------------|----------|------|
| Rulet Çarkı Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 81.5470  | 12            | 1.9608         | 260.12   | .000 |
|                           | Ters Çevirme     | 77.8335  | 02            | 2.2366         |          |      |
|                           | Takas            | 79.5640  | 17            | 2.4298         |          |      |
|                           | Karıştırma       | 76.4320  | 09            | 2.1705         |          |      |

BLX çaprazlama, turnuva seçim yöntemiyle çalıştırırken ters çevirme mutasyon yöntemi çalışması sırasında Şekil 5.14'te gösterildiği gibi kapsama oranının erken ve önemli ölçüde arttığını ve ardından stabilize olduğunu görebiliriz. Rastgele nokta mutasyonunu kullanırken algoritmanın performansında kademeli bir iyileşme olduğu ve bu deneyde en yüksek kapsama oranına ulaştığı da tespit edilmiştir. Tablo 5.17'de ortalama olarak yine en iyi deney rastgele mutasyon kullanması ile olmuştur. Friedman testi yapıldığında deneylerin arasında anlamlı bir farklılık görebiliriz.



Şekil 5.14. Turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$  (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin değerlendirmeleri.

Tablo 5.17. Turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$  (karışık) çaprazlama yöntemi ve mutasyon yöntemlerinin ortalama, en iyi değeri ve standart sapmaları.

|                       | Mutasyon Tipleri | Ortalama | En İyi | Standart Sapma | $\chi^2$ | $p$  |
|-----------------------|------------------|----------|--------|----------------|----------|------|
|                       |                  |          | Deneme |                |          |      |
| Turnuva Seçim Yöntemi | Rastgele Nokta   | 82.9285  | 03     | 1.7021         | 175.81   | .000 |
|                       | Ters Çevirme     | 79.0920  | 05     | 2.4079         |          |      |
|                       | Takas            | 80.2700  | 18     | 1.9306         |          |      |
|                       | Karıştırma       | 78.0370  | 19     | 1.9796         |          |      |

## 6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında heterojen düğümler kullanılarak kapsama problemini genetik algoritma ile çözmeye çalışılmaktadır. Genetik algoritmanın seçim, çaprazlama ve mutasyon olmak üzere üç aşaması vardır ve bu aşamalar ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Her aşama birden fazla yöntemle gerçekleştirilebilir. Bu nedenle farklı yöntemlerin kapsama oranına etkisi incelenmiştir ve algoritmanın performansı çeşitli durumlarda test edilmiştir. Bu durumlar;

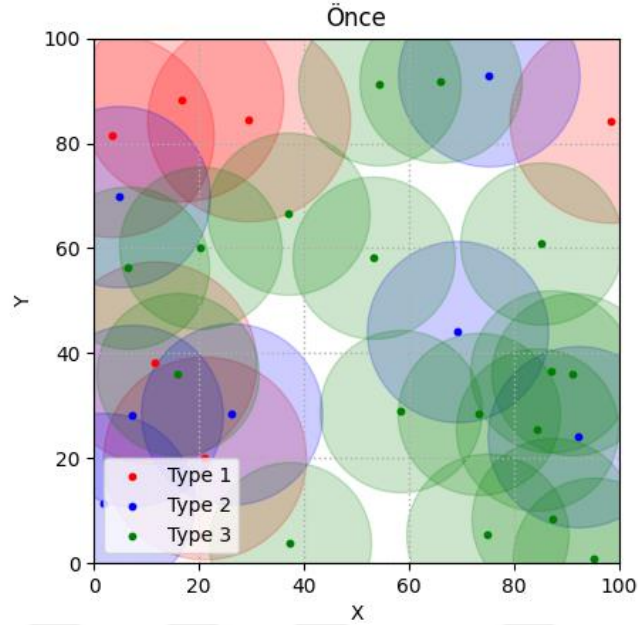
1. Rastgele nokta mutasyon çalışması sırasında altı tane çaprazlama yönteminin etkisi bir kez Rulet çarkı seçim yöntemiyle bir kez de turnuva seçim yöntemiyle test edilmiştir. Rulet çarkı yöntemiyle yapılan bu deneyde algoritmanın en iyi performansı BLX- $\alpha$  ve aritmetik çaprazlama yöntemi olmuş ve kapsama alanı %13 artmıştır. İki noktalı çaprazlama yöntemi %12 'lik bir oran elde ederek ikinci sırada yer almıştır. turnuva yöntemine gelecek olursak BLX- $\alpha$  ve aritmetik yöntemleri kullanırken algoritmanın en iyi performansı gösterdiği tespit edilmiş, kapsama %9 civarı artmıştır. Ardından ikinci sırada Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi gelmiştir ve kapsamada yaklaşık %9 artış yaşanmıştır.
2. Bu deneyde, çaprazlama yöntemleri sabit tutularak tüm seçim ve mutasyon yöntemleriyle ayrı ayrı çalıştırılıp algoritmanın performansı test edilmiştir. İlk olarak, Rulet çarkı seçim yöntemi ile tek noktalı çaprazlama yönteminin çalıştırılması durumunda algoritmanın en iyi performansı, rastgele nokta mutasyon yöntemi ve karıştırma yöntemi ile ortaya çıkmıştır. Kapsamada yaklaşık %10 artış elde edilmiştir. Algoritmayı turnuva seçim yöntemiyle çalıştırırken en iyi performans ters çevirme ve ardından rasgele nokta ile olmuştur.
3. Rulet çarkı seçim yöntemi ile iki noktalı çaprazlama yönteminin çalıştırılması durumunda algoritmanın en iyi performansını rastgele nokta mutasyon yöntemi ile elde ettiği tespit edilmiştir. Kapsama oranında yaklaşık %12 artış elde edilmiştir. Ardından %9 oranında ters çevirme yöntemiyle de kapsama oranında artış elde edilmiştir. Ancak algoritmayı turnuva seçim yöntemiyle çalıştırırken en iyi performans, %10'a yakın bir oranda karıştırma ve ters çevirme ile kazanılmıştır.
4. Başka bir durumda, Rulet çarkı seçim yöntemiyle Düzenli çaprazlama yönteminin çalıştırılması denenmiştir. Rastgele nokta mutasyonu ve takas yöntemi kullanıldığında kapsama yaklaşık %10 artmıştır. Algoritmayı turnuva seçim

yöntemiyle çalıştırırken en iyi performans %9'a yakın bir oranla karıştırma ve takas yöntemiyle elde edilmiştir.

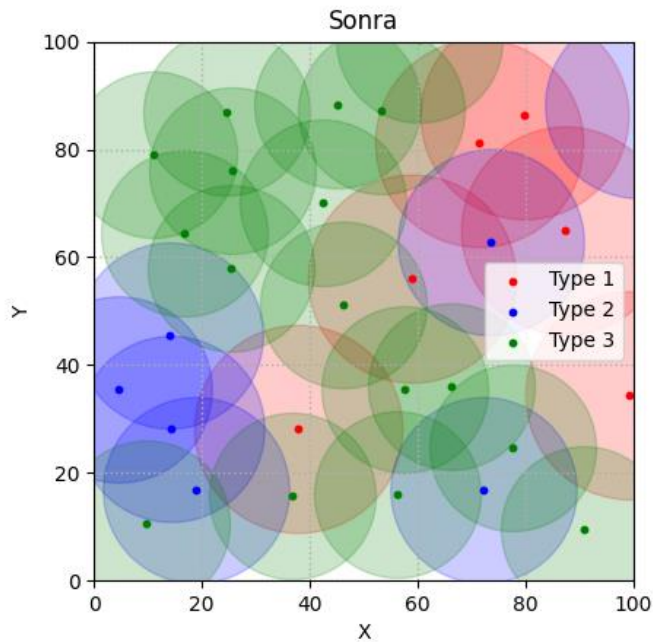
5. Rulet çarkı seçim yöntemiyle aritmetik çaprazlama yöntemini çalıştırırken algoritmayı test etmek için deney tekrarlanmıştır. Rastgele nokta mutasyon yöntemi kullanıldığında kapsama oranı yaklaşık %12 artmıştır. Ardından, kapsama oranında yaklaşık %10'luk bir artış sağlayan takas yöntemi gelir. Ancak algoritmayı turnuva seçim yöntemiyle çalıştırırken en iyi performans yaklaşık %9 ile rastgele nokta mutasyonunda görülmüş ve ardından %7 ile ters çevirme yöntemi gelmiştir.
6. Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemini Rulet çarkı seçim yöntemiyle çalıştırırken algoritma test edilmiştir. Algoritmanın en iyi performansı rastgele nokta mutasyon yöntemini kullanırken gerçekleşmiş ve kapsama yaklaşık %10 artmıştır. Takas mutasyonunu kullanırken de yaklaşık %6 artmıştır. Ancak algoritma turnuva seçim yöntemiyle çalıştırılırken rastgele nokta yöntemiyle en iyi performansı göstermiştir. Yaklaşık %10 oranında artış yapmış ve ardından %5 oranında karıştırma mutasyonu elde edilmiştir.
7. Rulet çarkı seçim yöntemiyle son BLX- $\alpha$  çaprazlama yöntemini çalıştırırken algoritma tekrar test edilmiş ve algoritmanın en iyi performansı, daha önce rastgele nokta mutasyon yöntemini kullanırken bulduğumuz oranda çıkmıştır. Yüksek bir orandan başladığını bildiğimiz kapsama oranı yaklaşık %8 artmıştır. Nesil sayısını arttırmış olsaydık daha yüksek bir sonuç elde edeceğimizi söylemek mümkündür. Ardından takas mutasyonunu kullanırken kapsama oranı yaklaşık %9 artmıştır. Algoritmayı turnuva seçim yöntemiyle çalıştırırken en iyi performans yaklaşık %13 ile rastgele nokta mutasyonu ile artmıştır. Ardından ters çevirme mutasyonu ile %10'luk artış elde edilmiştir.

Sonuç olarak iki seçim yönteminin etkisi bir fark oluşturmamıştır. Bununla beraber rastgele nokta mutasyonu çalıştırılırken en iyi yöntemlerin BLX- $\alpha$  ve aritmetik olduğu saptanmıştır. İki seçim yöntemindeki farkın etkisi, diğer çaprazlama ve mutasyon yöntemlerinin üzerinde açık olduğu görülmüş ve kapsama oranlarının farklı seçim ve mutasyon yöntemleriyle değiştiği görünmüştür. En kötü sonuç ise algoritmanın Rulet çarkı seçim yöntemi, Min-Max aritmetik çaprazlama yöntemi ve karıştırma mutasyonu uygulanması sırasında olduğu değerlendirilmiş ve kapsama oranının hiç artmadığı görülmüştür.

Son olarak, kapsama oranında artış sağlayan en iyi yöntemler görsel şekline aktarılmıştır. Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de gösterildiği gibi Rulet çarkı seçim yöntemi, BLX- $\alpha$  çaprazlama ve rastgele nokta mutasyon yöntemlerini kullandığımızda sensörlerin ilk konuşlandırma hali ile algoritmanın sonundaki hali arasındaki farkı aşağıdaki görselde inceleyebiliriz.

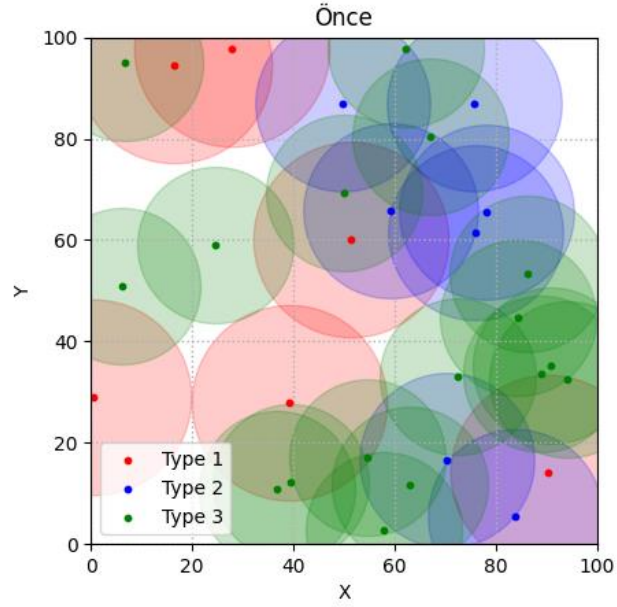


Şekil 6.1. Sensörlerin turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$  çaprazlama ve mutasyon yöntemleri uygulanmadan önceki hali

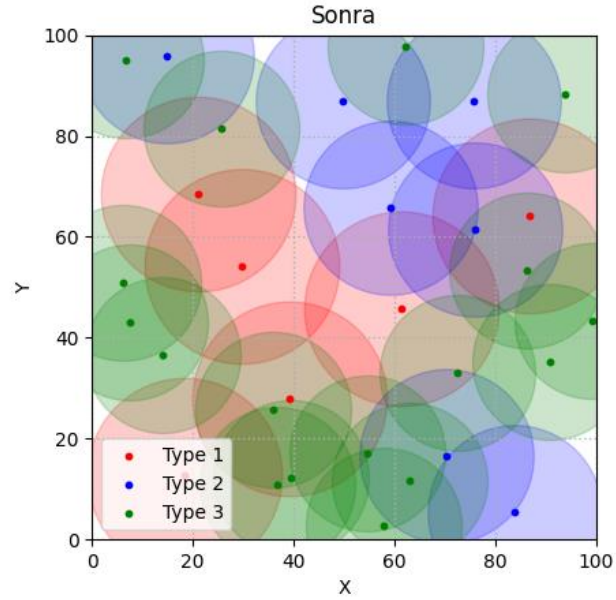


Şekil 6.2. Sensörlerin turnuva seçim yöntemi, BLX- $\alpha$  çaprazlama ve mutasyon yöntemleri kullandıktan sonraki hali

Şekil 6.3 ile Şekil 6.4 arasındaki fark görüldüğü gibi algoritmanın sonunda kapsama alanını arttırmak için sensörlerin yerleri değişmiştir. Genetik algoritmanın yöntemleri, kablosuz sensör ağları üzerinde incelenmiş olup özellikle heterojen sensör düğümleri kullanılarak analizi yapılmıştır.



Şekil 6.3. Sensörlerin Rulet seçimi yöntemi, aritmetik çaprazlama ve rastgele nokta mutasyon yöntemleri kullandıktan önceki hali



Şekil 6.4. Sensörlerin Rulet seçimi yöntemi, aritmetik çaprazlama ve rastgele nokta mutasyon yöntemleri kullandıktan sonraki hali

## KAYNAKLAR

- Akyildiz, I. F., Melodia, T., ve Chowdhury, K. R. (2007). A survey on wireless multimedia sensor networks. *Computer networks*, 51(4), 921-960.
- Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., ve Cayirci, E. (2002). Wireless sensor networks: a survey. *Computer networks*, 38(4), 393-422.
- Aspiro, S., ve Karagol, S. (2022,October). An Experimental Study of the Effect of Different Genetic Algorithm Operators on Coverage Using Heterogeneous Nodes. *2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)* (s. 619-623). Ankara: IEEE.
- Babaie, S., ve Pirahesh, S. S. (2012). Hole detection for increasing coverage in wireless sensor network using triangular structure. *arXiv preprint arXiv:1203.3772*.
- Bhola, J., Soni, S., ve Cheema, G. K. (2020). Genetic algorithm based optimized leach protocol for energy efficient wireless sensor networks. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11(3), 1281-1288.
- Brar, G. K., ve Virk, A. K. (2014). Deployment of nodes for Maximum Coverage in Heterogeneous Wireless Sensor Network Using Genetic Algorithm. *International Journal*, 2(6).
- Chang, J., Mendyk, W., Thier, L., Yun, P., LaRow, A., Shaw, S., ve Schoenborn, W. (2006, May). Early attack reaction sensor (EARS), a man-wearable gunshot detection system. *Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Security and Homeland Defense V (Vol. 6201)* (s. 550-557). SPIE.
- Đurišić, M. P., Tafa, Z., Dimić, G., ve Milutinović, V. (2012, June). A Survey of Military Applications of Wireless Sensor Networks. *2012 Mediterranean conference on embedded computing (MECO)* (s. 196-199). IEEE.
- Eshelman, L. J., ve Schaffer, J. D. (1993). Real-coded genetic algorithms and interval-schemata. *Foundations of genetic algorithms Vol. 2* (s. 187-202). Elsevier.
- Fang, Y., ve Li, J. (2010). A review of tournament selection in genetic programming. *International symposium on intelligence computation and applications* (s. 181-192). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ghosh, A., ve Das, S. K. (2008). Coverage and connectivity issues in wireless sensor networks: A survey. *Pervasive and Mobile Computing*, 4(3), 303-334.
- Gupta, S. K., Kuila, P., ve Jana, P. K. (2016). Genetic algorithm approach for k-coverage and m-connected node placement in target based wireless sensor networks. *Computers ve Electrical Engineering*, 56, 544-556.
- Hanh, N. T., Binh, H. T., Hoai, N. X., ve Palaniswami, M. S. (2019). An efficient genetic algorithm for maximizing area coverage in wireless sensor networks. *Information Sciences*, 488, 58-75.
- Hengy, S., Hamery, P., De Mezzo, S., ve Duffner, P. (2011, May). Networked localization of sniper shots using acoustics. *Unattended Ground, Sea, and Air Sensor Technologies and Applications XIII (Vol. 8046)* (s. 9-19). SPIE.

- Herrera, F., Lozano, M., ve Sánchez, A. (2003). A taxonomy for the crossover operator for real-coded genetic algorithms: An experimental study. *International Journal of Intelligent Systems*, 18(3), 309-338.
- Herrera, F., Lozano, M., ve Verdegay, J. L. (1997). Fuzzy Connectives Based Crossover Operators to Model Genetic Algorithms Population Diversity. *Fuzzy Sets and Systems*, 92(1), 21-30.
- HUANG, C. F., ve TSENG, Y. C. (2003, September). The Coverage Problem in a Wireless Sensor Network. *Proceedings of the 2nd ACM international conference on Wireless sensor networks and applications*, (s. 115-121).
- Hussain, S., Matin, A. W., ve Islam, O. (2007). Genetic algorithm for energy efficient clusters in wireless sensor networks. *Fourth International Conference on Information Technology (ITNG'07)* (s. 147-154). IEEE.
- Jha, S. K., ve Eyong, E. M. (2018). An energy optimization in wireless sensor networks by using genetic algorithm. *Telecommunication Systems*, 67(1), 113-121.
- Kahn, J. M., Katz, R. H., ve J. Pister, K. S. (1999). Next Century Challenges: Mobile Networking for “Smart Dust”. *Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking*, (s. 271-278).
- Katoch, S., Chauhan, S. S., ve Kumar, V. (2021). A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimedia Tools and Applications*, 80(5), 3(4), 8091-8126.
- KHALAF, O. I., ABDULSAHIB, G. M., ve SABBAR, B. M. (2020). Optimization of Wireless Sensor Network Coverage using the Bee Algorithm. *J. Inf. Sci. Eng.*, 36(2), 377-386.
- Khoufi, I., Minet, P., Laouiti, A., ve Mahfoudh, S. (2017). Survey of Deployment Algorithms in Wireless Sensor Networks: Coverage and Connectivity Issues and Challenges. *International journal of autonomous and adaptive communications systems*, 10(4), 341-390.
- Kong, H., ve Yu, B. (2019). An Improved Method of WSN Coverage Based on Enhanced PSO Algorithm. *2019 IEEE 8th Joint International Information Technology and Artificial Intelligence Conference (ITAIC)* (s. 1294-1297). IEEE.
- Ly, D. T., Hanh, N. T., Binh, H. T., ve Nghia, N. D. (2015). An improved genetic algorithm for maximizing area coverage in wireless sensor networks. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Information and Communication Technology*, (s. 61-66).
- Megerian, S., Koushanfar, F., Qu, G., Veltri, G., ve Potkonjak, M. (2002). Exposure in Wireless Sensor Networks: Theory and Practical Solutions. *Wireless Networks*, 8(5), 443-454.
- Miller, B. L., ve Goldberg, D. E. (1995). Genetic Algorithms, Tournament Selection, and the Effects of Noise. *Complex systems*, 9(3), 193-212.
- Nack, F. (2010). An Overview on Wireless Sensor Networks. *Institute of Computer Science (ICS), Freie Universität Berlin*, 6.
- Narayan, V., ve Daniel, A. K. (2022). Maximum Coverage Optimization and Resolve Hole Healing Problem using Sleep and Wake-up Technique for WSN.

- ADCAIJ: Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal*, 11(2), 159-178.
- Naz, P., Hengy, S., ve Hamery, P. (2012, May). Soldier detection using unattended acoustic and seismic sensors. *Ground/Air Multisensor Interoperability, Integration, and Networking for Persistent ISR III*. Vol. 8389. (s. 183-194). SPIE.
- O'rourke, J. (1987). *Art gallery theorems and algorithms* (Vol. 57). Oxford: Oxford University Press.
- PAVAI, G., ve GEETHA, V. T. (2016). A survey on crossover operators. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 49(4), 1-43.
- Pencheva, T., Atanassov, K., ve Shannon, A. (2009). Modelling of a Roulette wheel selection operator in genetic algorithms using generalized nets. *international Journal Bioautomation* 13(4), 257.
- Rahmani, N., Rahmani, A. M., Hosseinzadeh, M., ve Nematy, F. (2011). Node Placement for Maximum Coverage Based on Voronoi Diagram Using Genetic Algorithm in Wireless Sensor Networks. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12), 3221-3232.
- Sarmady, S. (2007). An Investigation on Genetic Algorithm Parameters. *School of Computer Science, Universiti Sains Malaysia*, 126.
- Singh, S., Nandan, A. S., Sikka, G., Malik, A., ve Singh, P. K. (2022). Genetic algorithm-based data controlling method using IoT-enabled WSN in power grid. *Soft Computing*, 1-19.
- Srinivas, M., ve Patnaik, L. M. (1994). Genetic algorithms: A survey. *computer*, 27(6), 17-26.
- Thengade, A., ve Dondal, R. (2012). Genetic Algorithm – Survey Paper. *MPGI national multi conference* (s. 7-8). Citeseer.
- Tian, J., Gao, M., ve Ge, G. (2016). Wireless sensor network node optimal coverage based on improved genetic algorithm and binary ant colony algorithm. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2016(1), 1-11.
- Tolle, G., Polastre, J., Szewczyk, R., Culler, D., Turner, N., Tu, K., . . . Hong, W. (2005, November). A Macroscopic in the Redwoods. *Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems*, (s. 51-63).
- Tossa, F., Abdou, W., C. Ezin, E., ve Gouton, P. (2020). Improving Coverage Area in Sensor Deployment Using Genetic Algorithm. *International Conference on Computational Science* (s. 398-408). Cham: Springer.
- Tuba, E., Tuba, M., ve Beko, M. (2017, April). Mobile Wireless Sensor Networks Coverage Maximization by Firefly Algorithm. *2017 27th International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA)* (s. 1-5). IEEE.
- Umbarkar, A. J., ve Sheth, P. D. (2015). CROSSOVER OPERATORS IN GENETIC ALGORITHMS: A REVIEW. *ICTACT journal on soft computing*, 6(1).
- WANG, B. (2011). Coverage Problems in Sensor Networks: A Survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 43(4), 43(4), 1-53.

- Wanga, T., Zhang, G., Yang, X., ve Vajdi, A. (2018). Genetic algorithm for energy-efficient clustering and routing in wireless sensor networks. *Journal of Systems and Software*, 146, 196-214.
- Whitley, D. (1994). A genetic algorithm tutorial. *Statistics and computing*, 4(2), 65-85.
- Yick, J., Mukherjee, B., ve Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. *Computer networks*, 52(12), 2292-2330.
- Yoon, Y., ve Kim, Y.-H. (2013). An efficient genetic algorithm for maximum coverage deployment in wireless sensor networks. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 43(5), 1473-1483.
- Zorlu, O., ve Sahingoz, O. K. (2016). Increasing the Coverage of Homogeneous Wireless Sensor Network by Genetic Algorithm Based Deployment. *2016 Sixth International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications (DICTAP)* (s. 109-114). IEEE.
- Zorlu, O., ve Sahingoz, O. K. (2017, May). Node placement with evolutionary algorithms for maximum coverage of heterogeneous WSNs. *2017 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (s. 1-4). IEEE.
- Zou, Y., ve Chakrabarty, K. (2003). Sensor Deployment and Target Localization Based on Virtual Forces. *IEEE INFOCOM 2003. Twenty-second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (IEEE Cat. No. 03CH37428)*. 2, s. 1293-1303. IEEE.

## ÖZ GEÇMİŞ

Şerif ASPIRO, Suriye'nin Lazkiye şehrindeki Selma Lisesinde başlayıp Hatay'da Mehmet Fatih Lisesinde Lise eğitimi tamamladıktan sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik bölümünden 2019 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında OMÜ LEE Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Arapça (ana dil) ve iyi derecede İngilizce bilmektedir.

### İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0003-3116-5564

### Yayınlar:

1. Aspiro, S., ve Karagol, S. (2022, October). An Experimental Study of the Effect of Different Genetic Algorithm Operators on Coverage Using Heterogeneous Nodes. In 2022 International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) (pp. 619-623). IEEE.