



HAVA HARP OKULU
HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ENSTİTÜSÜ



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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ozan ZORLU
114103

Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanlığı
Yazılım Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Hv.Müh.Alb.Doç.Dr. Özgür Koray ŞAHİNGÖZ

AĞUSTOS 2016

Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü'nün 114103 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ozan ZORLU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MAKSİMUM KAPSAMA ALANI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: **Hv.Müh.Alb.Doç.Dr. Özgür Koray ŞAHİNGÖZ**
Hava Harp Okulu

Jüri Üyeleri: **Hv.Müh.Alb.Yrd.Doç.Dr. Mustafa Emre AYDEMİR**
Hava Harp Okulu

Hv.Müh.Yb.Yrd.Doç.Dr. Emin KUĞU
Hava Harp Okulu

Teslim Tarihi : 10 Ağustos 2016
Savunma Tarihi : 31 Ağustos 2016



Bu tez çalışmasında belirtilen görüş ve yorumlar yazara aittir. Türk Silahlı Kuvvetleri'nin ya da diğer kamu kuruluşlarının görüşlerini yansıtmaz. Ayrıca bu tez çalışması bilimsel ahlak ve etik değerlere uygun olarak yazılmış olup, yararlanılan tüm eserler kaynaklarda gösterilmiştir.

31 Ağustos 2016

Ozan ZORLU





Kızıma,





ÖNSÖZ

Çalışmanın amacı askeri ve sivil alanlarda çok çeşitli uygulama alanları bulunan kablosuz algılayıcı ağlarda düğüm yerleştirmesinin en etkin şekilde planlanmasıyla gözetlenen veya takip edilen alan, nokta veya bölgenin maksimum kapsanmasını sağlamaktır. Bu amaçla evrimsel algoritmalarda en sık kullanılan algoritmalar-
dan bir tanesi olan genetik algoritma kullanılarak en iyi kapsamanın elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla; çalışmanın her aşamasında yol gösterici ve yardımcı olan, yönlendirmeleri ve katkılarıyla çalışmanın en etkin şekilde sonuçlanmasında büyük emeği olan, tez danışmanım sayın Hv.Müh.Alb.Doç.Dr. Özgür Koray ŞAHİNGÖZ'e ve diğer öğretim görevlisi öğretmenlerime en içten şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

31 Ağustos 2016

Ozan ZORLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
1 GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	5
1.2 Literatür Araştırması	6
1.3 Tez Çalışması Sonucu Ortaya Çıkan Yayınlar	8
2 KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR	11
2.1 KAA Uygulamaları	11
2.2 Sensör Düğümünün Donanımsal Yapısı	12
2.3 KAA Tasarımı	13
3 GENETİK ALGORİTMA	17
4 MAKSİMUM KAPSAMA SENSÖR DÜĞÜMÜ YERLEŞTİRME PROBLEMİ (MKSYP)	25
5 YAPILAN ÇALIŞMA	29
5.1 Kabüller	29
5.2 Uygulanan Genetik Algoritma	31
5.2.1 İlk popülasyonun oluşturulması	32
5.2.2 Değerlendirme fonksiyonu	35
5.2.3 Yeniden üretim	36
5.2.4 Ebeveyn seçimi	37
5.2.5 Genetik operatörler	37
5.2.6 Sonlandırma kriteri	38
5.3 Yerel Optimizasyon	38
5.4 Deneysel Sonuçlar	41
5.4.1 Test verisi	41
5.4.2 Deneysel sonuçlar	43
6 SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMA	53
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	59



KISALTMALAR

GA	: Genetik Algoritma
GA_p	: Yalın GA
GA_{Lopt}	: Yerel iyileştirme Algoritması ile uygulanan GA
KAA	: Kablosuz Algılayıcı Ağ
MCSDP	: Maximum Coverage Sensor Deployment Problem
MKSYP	: Maksimum Kapsama Sensör Düğümü Yerleştirim Problemi



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 5.1: Kromozom yapısı	32
Çizelge 5.2: Genetik algoritma parametreleri	36
Çizelge 5.3: Homojen KAA topolojileri İçin test örnekleri	42
Çizelge 5.4: Heterojen KAA topolojileri için test örnekleri (Benzer Çalışmalar)	43





ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : WSN topology	2
Şekil 1.2 : Homojen KAA'larda kapsamanın artırılması	4
Şekil 1.3 : Heterojen KAA'larda kapsamanın artırılması	4
Şekil 2.1 : Sensör Düğümü Temel Bölümleri	12
Şekil 3.1 : Gezgin Satıcı Probleminde Kromozom ve Gen Gösterimi	18
Şekil 3.2 : Genetik Algoritma Akış Diagramı	21
Şekil 3.3 : Çaprazlama Operatörü	23
Şekil 3.4 : Mutasyon Operatörü	23
Şekil 4.1 : Alan Kapsaması	26
Şekil 4.2 : Nokta Kapsaması	26
Şekil 4.3 : Bariyer Kapsaması	27
Şekil 5.1 : Boolean Disk Kapsama Modeli	30
Şekil 5.2 : Gene structure representation	32
Şekil 5.3 : Kromozom Gösterimi	34
Şekil 5.4 : Taşma Alanı	38
Şekil 5.5 : Intersection between nodes	40
Şekil 5.6 : Homojen KAA topolojisi GA_p ile kapsama artırımı	45
Şekil 5.7 : Homojen KAA topolojisi GA_{Lopt} ile kapsama artırımı	47
Şekil 5.8 : Heterojen KAA topolojisi GA_p ile kapsama artırımı	48
Şekil 5.9 : Heterojen KAA topolojisi GA_{Lopt} ile kapsama artırımı	49
Şekil 5.10 Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı homojen KAA GA_p	50
Şekil 5.11 Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı homojen KAA GA_{Lopt}	51
Şekil 5.12 Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı heterojen KAA GA_p	51
Şekil 5.13 Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı heterojen KAA GA_{Lopt}	52



KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARDA MAKSİMUM KAPSAMA ALANI PROBLEMİNİN GENETİK ALGORİTMA İLE ÇÖZÜMÜ

ÖZET

Kablosuz iletişim, digital sistemler ve mikro-elektronik-mekanik sistem teknolojilerinin gelişimiyle beraber, kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) geliştirilmiş ve sağlık, askeri, endüstri, çevre vb. gibi bir çok gerçek dünya uygulamasında kullanılmıştır. KAA'lar, sınırlı kaynakları ve kısıtları nedeniyle fazla enerji tüketimi, sensör düğümü yerleştirimi, veri birleştirilmesi ve iletimi gibi bir çok problemle karşılaşmaktadır. Sensör düğümü yerleştirimi problemi, diğer problem alanlarına doğrudan veya dolaylı olarak etki etmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada, sensör düğümlerinin yerleştirimi problemi üzerinde çalışılmış ve kablosuz algılayıcı ağda sensör düğümlerinin kapsadığı alanın artırılması organize yerleştirim yöntemiyle gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Geleneksel matematiksel hesaplamalar ile çözülmesi çok uzun zaman ve kaynak isteyen bu problem NP-zor olarak bilinmektedir. Ayrıca bu problem maksimum kapsama sensör düğümü yerleştirme problemi olarak da literatürde geçmektedir. Çalışmada ilk olarak sensör düğümlerinin kapsama mesafelerinin aynı olduğu -homojen-, daha sonra ise sensör düğümlerinin farklı kapsama mesafelerine sahip olduğu -heterojen- topoloji üzerinde çalışılmıştır. 2 boyutlu alan üzerine yerleştirim yapılması için yeni bir genetik algoritma (GA) ve yerel iyileştirme algoritması geliştirilmiştir. Ele alınan problem, sunulan genetik algoritma ve özgün geliştirilen yerel iyileştirme algoritması derinlemesine anlatılmıştır. Sunulan GA'nın ilk yerleştirme sonrası oluşan topolojiye uygulanması sonucu, iterasyona bağlı olarak kapsama alanının artışı ve yerel iyileştirme algoritması ile yapılan deneylerin sonuçları sunulmuştur. Organize yerleştirme ve rastgele yerleştirme yöntemleri kısaca açıklanmış olup geliştirilen GA yerel iyileştirme algoritması ile test verilerine uygulanmıştır. Sonuçlara göre; sunulan GA, yerel iyileştirme algoritmasıyla uygulandığında daha hızlı çalışıp, daha iyi kapsama sonuçlarına ulaşırken, organize yerleştirmenin rastgele yerleştirmeye oranla daha fazla sensör kapsamı sağladığı ve daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.



Increasing The Coverage Of Wireless Sensor Net-works By Genetic Algorithm Based Deployment

SUMMARY

In consequence of advances in wireless communication, digital systems and micro-electronic-mechanical system technologies wireless sensor networks (WSNs) have been developed and applied in lots of different real-world applications such as military, industrial, environmental, health, etc. Due to their limited resources and constraints, WSNs face with several problems such as energy consumption, node deployment, data aggregation and transmission. Node deployment affects other problem domains in a direct or indirect way. Therefore, in this study, we deal with this problem and try to increase the coverage area of WSN system with an organized deployment approach. This problem is an NP-Hard problem, and it is hard to solve with standard mathematical formulations. Also this problem is known as maximum coverage sensor deployment problem MCSDP in literature. In this paper, firstly worked on the topology that consists from sensor nodes which have the same sensing ranges -homogeneous-, then the topology consists from sensor nodes which have different sensing ranges. A novel GA and local optimization algorithm are developed for deploying sensor nodes on 2 dimensional area. Studied problem, proposed genetic algorithm and novel local optimization algorithm are described deeply. The result of applying GA to initial deployment topology, increase of coverage are due to iteration count and results of experiments with local optimization algorithm are represented. Organized and random deployment techniques are described briefly and developed GA with local optimization algorithm is applied to test data. According to results of experiments; proposed GA is performing faster and getting better coverage rates. Also, it is seen that organized deployment technique is more efficient than random deployment technique.



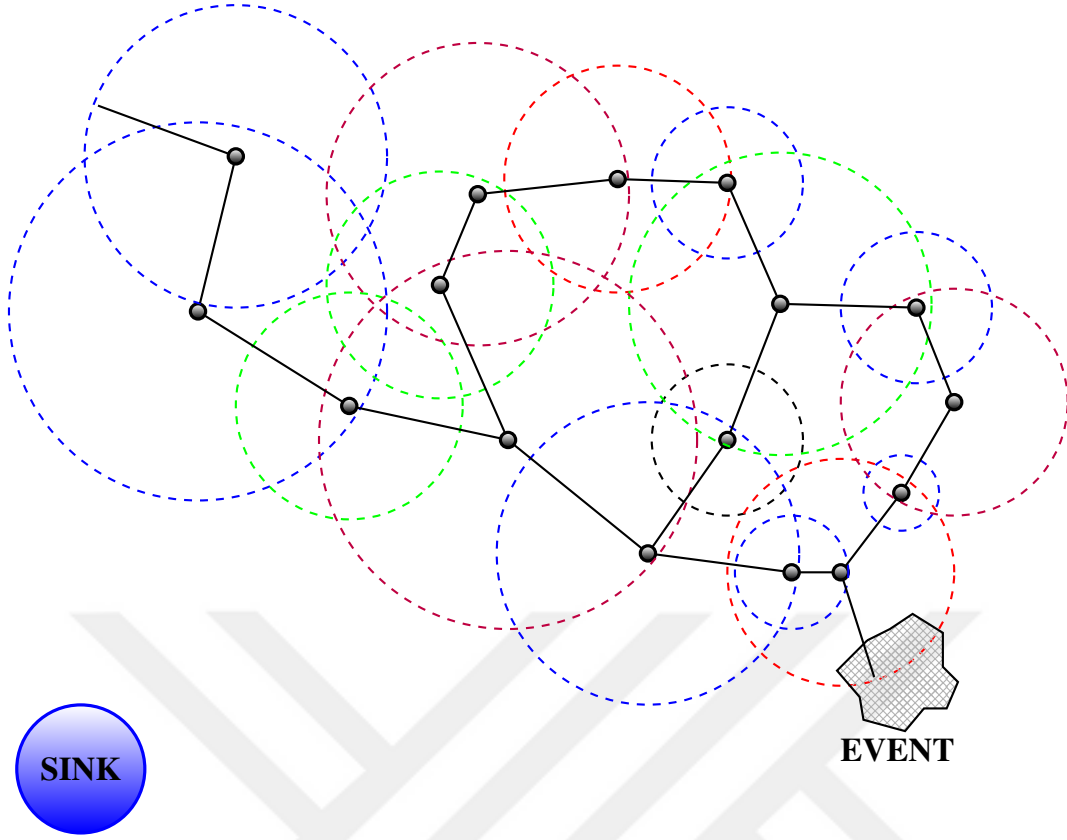
1 GİRİŞ

Kablosuz iletişim, dijital sistemler ve mikro-elektro-mekanik sistemlerin hızla gelişimine bağlı olarak son zamanlarda kablosuz algılayıcı ağlar (KAA) üzerine yapılan çalışmalar artmış ve artmaya devam etmektedir [1]. Ayrıca, KAA teknolojisi gelişen trend ve araştırma ilgi alanı haline gelmiştir [2]. Ayrıca KAA'larda altyapıya ihtiyaç olmaması, erişimi zor veya kısıtlı imkanlarda geleneksel ağ uygulamalarına göre oldukça fazla avantajları bulunmaktadır.

KAA'ların avantajları nedeniyle bir çok uygulama alanı -askeri, endüstriyel, çevre, sağlık- ve belirli özel alanlar -doğa izleme, deprem gözlemlemesi, biomedikal, sağlık koruma, orman yangın kontrolü vb.- KAA'ları destekleyen teknolojilerin artmasıyla ortaya çıkmıştır [3]. Günümüzde bu çeşitlilik artmakta ve vazgeçilmez hale gelmektedir.

Ad-hoc ağlar üzerine yapılan çalışmaların artmasıyla beraber çeşitli ağlar ortaya çıkmıştır [4]. Bunun ardından, uygulama alanlarına göre, kablosuz multimedya algılayıcı ağları, sualtı kablosuz algılayıcı ağları, kablosuz yeraltı algılayıcı ağları vb. gibi çeşitli KAA'lar geliştirilmiştir. Bu şekildeki özelleşmiş ağların oluşması, tamamen çevresel veya ihtiyaç nedeniyle özelleşmiş uygulamalar için geliştirilmelerinden kaynaklanmaktadır. Yani özel amaçlı oluşturulmuş ağlardır.

KAA'larda kısıtlar veya tasarım problemleri de geleneksel ağlardan farklılık gösterir. Ad-hoc ağlarda olduğu gibi KAA'larda da geliştiricilerin karşılaştıkları tasarım problemleri: enerji tüketimi, ölçeklenebilirlik, donanım kısıtları, üretim maliyetleri, topoloji ve medya iletimidir. Bu problemlere bağlı olarak yeni algılayıcı düğümleri geliştirilmiştir. Algılayıcı düğümlerin fiyatlarının hızla düşmesine rağmen, maliyetin değerlendirilmesi hala büyük bir problemdir. Bu nedenden dolayı, gözlemlenen alanın kapsanması için en az sayıda algılayıcı düğümü yerleştirilmelidir. Küçük boyut, az enerji tüketimi, düşük maliyet ve birçok alanda kullanılabilme gibi göze çarpan özelliklere sahip olan KAA'lar, karşılaşılan problemlerin çözümü ve daha efektif kul-



Şekil 1.1: WSN topology

lanılmalarını sağlamak amacıyla literatürde sıkça çalışılmaktadır [5, 6, 7].

Küçük algılayıcı düğümlerden oluşan KAA'lar, iletişim protokolleri ve algılama mesafesi kısıtları nedeniyle geleneksel ağlardan farklılık gösterirler. Algılayıcı düğümler, fiziki olgunun olduğu alanı algılar/gözlemler ve veriyi işbirliğiyle kablo-suz medya üzerinden merkezi düğüme iletir. Bir düğüm algılayıcı-iletici düğüm, taşıyıcı düğüm veya iki görevi birlikte ileten düğüm olabilir. İlk yerleştirmesi yapılan algılayıcı düğümlerin rolleri, yönlendirme algoritmaları ve konumlarına göre taşıyıcı yada algılayıcı düğüm olarak belirlenir [8]. Gözlemlenen ham fiziki olgu verisi algılandıktan sonra -eğer gerekliyse- algılayıcı düğüm tarafından işlenir ve taşıyıcı düğümler üzerinden Şekil 1.1'de gösterildiği gibi merkezi düğüme iletilir.

KAA algılayıcı düğümleri temel olarak enerji kaynağı, iletişim, algılayıcı ve işleme bölümlerinden oluşur. Bu bölümlere ek olarak hareketlilik/mobilite ve güneş enerjisiyle güç kaynağı şarj etme ünitesi gibi bölümler de eklenebilmektedir.

Algılayıcı düğümler gerekli olan enerjiyi kısıtlı enerji kaynağı olan bataryadan sağlarlar. İletişim KAA'larda en fazla enerji tüketimine neden olan işlemidir. Etkin

algılayıcı düğüm yerleştirmesi iletişim, enerji tüketimi ve yerleştirilen algılayıcı düğüm sayısının azaltılmasında çok kritik rol üstlenmektedir. Ayrıca bu KAA'larda aşılması gereken başlıca problemidir.

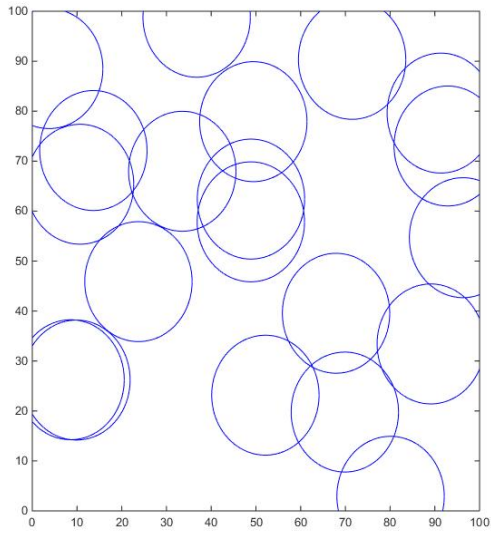
KAA'lardaki bir çok problem yerleştirme problemiyle ilişkilidir. Yerleştirmenin doğrudan ya da dolaylı olarak diğerk problem alanlarını etkilemesi nedeniyle bir çok araştırmacı günümüzde yerleştirme problemi üzerinde çalışmalarını yapmaktadırlar [6, 7, 9].

Yerleştirme adımları, ön yerleştirme, ilk yerleştirme, sonradan yerleştirme ve tekrar yerleştirme olarak ayrılmaktadır. Düğüm yerleştirmesi statik ve dinamik olarak yapılabilmektedir [9]. Etkin olmamasına rağmen algılayıcı düğümler manuel yerleştirme yerine yüksek yoğunlukta ve rastgele (uçaktan atılarak) yerleştirilmektedir [10]. Diğerk bir taraftan, eğer gözlemlenecek alan erişilemeyecek konumdaysa etkin olmamasına rağmen düğümlerin rastgele yerleştirilmesi zorunluluktur. Ancak, MEMS'lerdeki teknolojik gelişmelere paralel olarak, algılayıcı düğümler mobilite özelliğine kavuşmuştur. Bundan dolayı, rastgele yerleştirilen algılayıcı düğümler kapsamayı artırmak, iletişim bağılılığını sağlamak ve gözlemlenen olguyu algılamayı garantileyecek şekilde konumlarını değıştirebilmektedirler.

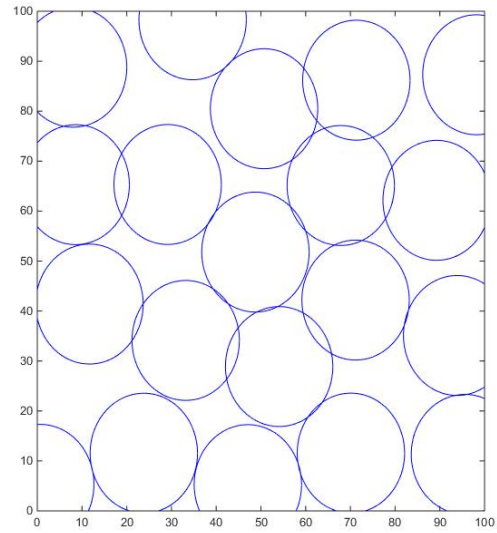
KAA'nın yaşam süresi algılayıcı düğümlerin yaşam sürelerine bağılıdır. Yüksek yoğunlukta algılayıcı düğümü yerleştirilmesi fazladan enerji tüketimine neden olmaktadır. Bu nedenden dolayı, kapsamadaki başlıca problem, gözlemlenen alandaki maksimum kapsamayı sağlarken en az sayıda algılayıcı düğüm yerleştirimidir. Maksimum alanın en az sayıda algılayıcı düğüm ile kapsanması aynı zamanda maksimum kapsama algılayıcı yerleştirme problemi olarak bilinmektedir [?] ve NP-zordur. Bu problemdeki amaç, maksimum kapsamayı sağlamak için üst üste gelmeden ve gözlenen alan dışına çıkmadan en az sayıda algılayıcı düğümün yerleştirilmesidir.

KAA'larda algılayıcı düğümlerin yerleştirme probleminin çözümü sonucu, homojen sensör düğümlerinden oluşan KAA'lar için örnek ilk yerleştirme ve son yerleştirme topolojileri Şekil 1.2'de, heterojen sensör düğümlerinden oluşan KAA'lar için örnek ilk yerleştirme ve son yerleştirme topolojileri Şekil 1.3'de sunulmuştur. Sunulan şekillere

göre ilk yerleştirmede yer alan topolojilerde üstüste gelen ve gözlemlenecek alan dışına çıkan algılayıcı düğümleer yer almaktadır. Son yerleştirme topolojileeri incelendiinde ise bu olumsuz durumların en aza indirgendiğı ve maksimum kapsamanın farklı kapsama mesafelerine sahip olan algılayıcı düğümleer ile sağlandığı görülmektedir. Bu çalışmadaki temel amaç sunulan topolojilerde görüldüğü üzere son yerleştirmelerde görülen maksimum kapsamaı elde etmektir.

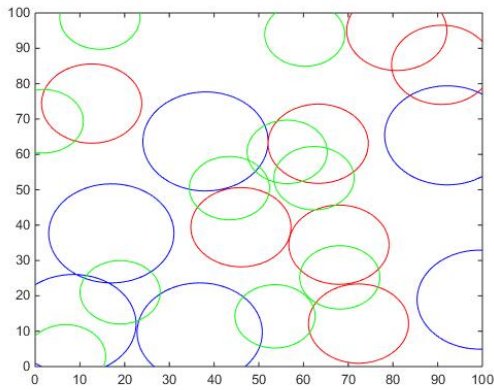


(a) İlk yerleştirme

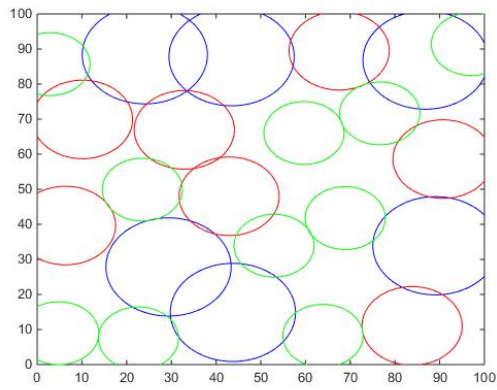


(b) Son yerleştirme

şekil 1.2: Homojen KAA'larda kapsamanın artırılması



(a) İlk yerleştirme



(b) Son yerleştirme

şekil 1.3: Heterojen KAA'larda kapsamanın artırılması

Bu şekildeki gibi kapsamaya erişebilmek için bir çok araştırmacı maksimum kapsama

algılayıcı yerleştirimi problemi üzerinde çalışmaktadır. Çözümlerini çeşitli algoritmalarla sunmuşlardır [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

Evrimsel algoritmalar maksimum kapsama algılayıcı yerleştirme probleminin çözümünde kullanılan başlıca algoritmalarındandır [19]. Evrimsel algoritmaların en çok kullanılanı olan genetik algoritma (GA) Hollan tarafından ilk defa sunulmuş [20] ve NP-zor olarak bilinen bir çok alana uygulanmıştır [21, 22, 23]. Genetik algoritmalar kolay uygulanma ve yüksek hıza sahip olma yetenekleri nedeniyle deterministik olmayan problemlerin çözümünde kullanılabilmektedirler. Bu nedenle, yapılan çalışmada maksimum kapsama algılayıcı yerleştirimi problemi çözümünde kullanılmak üzere genetik algoritma seçilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Günlük yaşantımızda çok çeşitli uygulama alanlarında karşımıza çıkan kablosuz algılayıcı ağlar özellikle geleneksel ağların oluşturulmasının etkin olmadığı alanlarda kullanılmaktadır. KAA sensör düğümlerinin hafıza, işlem gücü ve güç kaynağı problemleri topoloji tasarımında geliştiricilerin karşılaştıkları büyük problemlerdendir. Gelişen teknoloji ile KAA sensör düğümleri daha düşük maliyetle ve daha fazla özellikli olarak üretilmektedir. Buna rağmen KAA'lardaki maliyetin minimize edilmesi karşımıza çıkan bir gerekliliktir. Bu nedenle gözetlenecek alanın maksimum kapsamı yapılırken aynı zamanda en az sayıda sensör düğümü kullanılmalıdır. Sensör yerleştirimi manuel olarak belirlenen noktalara yerleştirim şeklinde olacağı gibi, bunun mümkün olmadığı durumlarda ise yüksek yoğunlukla rastgele (uçaktan atılması) yapılması söz konusudur. Bu çalışmada sensör düğümlerin konumları manuel yerleştirme ile yapılmakta ve sensör sayıları sıklık oranına göre belirlenmektedir. Ele aldığımız problemde; öncelikli olarak sensörlerin tespit etme mesafelerinin aynı olduğu homojen yapıdaki bir topoloji ele alınarak geliştirilen genetik algoritma ile 2 boyutlu arazide yerleştirimi yapılmış olup iterasyonların artmasıyla kapsama alanındaki artış sunulmuştur. Daha sonrasında geliştirilen yerel en iyileme algoritmasıyla beraber uygulanan genetik algoritmada sensör düğümlerinin tespit

etme mesafelerinin aynı olduğu tek tip sensör düğümü kullanılarak yerleştirme yapılmıştır. Böylece yerel en iyileme algoritmasının GA'nın sonuca ulaşmadaki başarısı değerlendirilmiştir. Ardından yerel en iyileme algoritmasıyla beraber sunulan GA heterojen yapıdaki algılam mesafeleri farklı 3 farklı tipteki algılayıcı düğümlerin yer aldığı probleme uygulanmıştır. Bununla beraber rastgele yerleştirme ile GA yardımıyla yapılan düzenli yerleştirme sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar genetik algoritmanın yerel en iyileme algoritmasıyla beraber daha iyi performans gösterdiğini, rastgele yerleştirmeye göre daha iyi performans ve kapsama sağladığını göstermiştir. Bu çalışma ile sensör düğümü yerleştirmede en az sayıda sensör düğümü ile maksimum kapsama elde edebilmek amaçlanmış ve bu nedenle yeni yerel en iyileme algoritmasıyla beraber GA sunulmuştur.

1.2 Literatür Araştırması

Sensör yerleştirme kablosuz algılayıcı ağlarda büyük öneme sahiptir. Çünkü kablosuz algılayıcı ağların tasarım kısıtlarının büyük bölümü yerleştirme ile direkt olarak ilişkilidir. Bu nedenle oldukça popüler bir araştırma alanı haline gelmiştir. Kapsama alanının artırılması için sensör yerleştirme problemi bir çok

Yourim Yoon ve Yong-Hyuk Kim, kablosuz algılayıcı ağlarda sensör yerleştirmede maksimum kapsama probleminin çözümü için yaptıkları çalışmalarında yeni bir genetik algoritma sunmuşlardır [?]. Sensör yerleştirmede maksimum kapsama problemi ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve sunmuş oldukları genetik algoritma için formülize edilmiştir. Daha sonrasında ise literatürdeki test verilerini kullanarak ve bu test verilerini ihtiyaçları doğrultusunda genişleterek yeni test datası da oluşturmuşlardır. Bu test dataları hazırlanırken; kapsanacak alan olarak 100x100 2 boyutlu arazi ve tespit etme mesafesi r_1, r_2, r_3 olan 3 çeşit sensör olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Test datasında yer alacak olan sensör sayıları literatürde de yer aldığı üzere belli bir yoğunluk değerine α göre hesaplanmıştır. Sunmuş oldukları genetik algortmada çaprazlama metodu olarak BLX- α ve mutasyon metodu olarak ise Gaussian mutasyon metodu kullanılmıştır. İlk nüfusta N=50 tane ebeveyn yer almaktadır. Değerlendirme

fonksiyonunda hesaplama maliyetini düşürmek için kapsanan alan hesaplamasında geometrik hesaplama yöntemi yerine Monte Carlo simulasyon metodu kullanılmıştır. Diğer bir taraftan da genetik algoritma içerisinde yeni bir yerel en iyileme algoritması geliştirilerek kullanılmıştır. Bu sunulan yerel en iyileme algoritmasının genetik algoritmanın hızını ve performansını artırdığı gözlenmiştir. Yapmış oldukları test sonuçlarını literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırdıklarında sunmuş oldukları genetik algoritmanın çoğunlukla daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kaur ve Uppal, kablosuz algılayıcı ağlarda maksama kapsama için sensör yerleştirimi problemi üzerinde, dinamik yani hareket edebilen ve statik yani hareket kabiliyeti olmayan sensörleri beraber kullanarak çalışmışlardır [24]. Maksimum alan kapsamasını sağlamak için sensör düğümlerinin sense mesafelerinin kesişim alanlarını ortadan kaldırmayı veya azaltmayı amaçlamışlardır. Düğümlerin kesişimlerinin ortadan kaldırılması için bir genetik algoritma sunmuşlardır. Sundukları veriler ve çalışmalarına göre geliştirilen genetik algoritma normal genetik algoritmalarından daha iyi performans göstermiş ve sensör düğüm sayısı artırıldığında bile daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. gelecek çalışmalarında ise maksimum sensör yerleştirme probleminde maksimum kapsama sağlanması için enerji duyarlı bir genetik algoritma geliştirme üzerine olacağı belirtilmiştir.

Gupta ve arkadaşları hedef odaklı kablosuz sensör ağlarında düğüm yerleştirimi üzerine çalışmışlardır [25]. Bu çalışmadaki temel amaç sensör düğümlerinin iletişim için birbirleriyle olan bağılıkları ve hedef noktalarının kapsanmasının maksimum seviyeye çıkarılmasıdır. Bu amacı başarabilmek için bir genetik algoritma geliştirmişlerdir. Problem sahaları kısaca açıklanmış ve sunulan genetik algoritma derinlemesine açıklanmıştır. Genetik operatörlerin kullanımı ve yöntemlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için çeşitli örnekler de verilmiştir. Ayrıca kromozom yerleşimi için bir şema sunmuşlardır. Daha hızlı ve etkin bir uyumluluk değeri elde edebilmek için değerlendirme fonksiyonu tanımlanırken; hedef noktaların kapsanması, sensör nodların bağılılık oranları ve yerleştirilen sensör düğümü sayıları hesaplamalarda kullanılmıştır. Sensör düğümlerinin potansiyel noktalarını ilk başlangıçta belirlemişler

ve bunun için kromozom yapısını bitler olarak ifade etmişlerdir. Eğer önceden tanımlanmış olan potansiyel düğüm noktalarını gösteren kromozomdaki ith gen 1 ise bu pozisyona sensör düğümü eklenmiş, eğer 0 ise de bu pozisyon boş olarak tanımlama yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda potansiyel sensör düğümü pozisyonlarının sayısının artırılması yerleştirilen sensör düğümü sayısını düşürdüğü görülmüştür. Bunun nedeni ön tanımlı pozisyonların sayısının artmasıyla daha etkin yerleştirme yapabilme şansının artması ve sonucunda amaç fonksiyonu değerinin artması olduğu gösterilmiştir. Çalışmalarını deneysel sonuçlarını sunarak ve genetik algoritmadaki başarının artırılması için değerlendirme fonksiyonunun önemini açıklayarak tamamlamışlardır.

İlk yerleştirme sonrası gözetlenen alanın en iyi kapsanmasını sağlamak için ek sensör düğümlerinin eklenmesi olarak ta biline en kötü durum kapsama problemi üzerine Gau ve Peng yeni bir genetik algoritma sunmuşlardır [26]. Yaptıkları çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran en etken faktörün amaç fonksiyonlarının nonlinear olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. İlk başta literatür taraması yapılmış ve benzer çalışmalar kısaca açıklanmıştır. Sonrasında en kötü durum kapsamı ve en kötü durum kapsamı yerleştirilmiş problemleri derinlemesine açıklanmış ve formülize edilmiştir. Daha sonrasında ise ek sensör düğümleri ile Delanunay cut algoritmasını geliştirerek ikili algoritma geliştirmişlerdir. Ayrıca, en kötü durum kapsamı düğüm yerleştirme probleminde ilk yerleştirme sonrası kapsamının artırılması için sonradan sensör süğümü eklemek için genetik algoritma sunulmuştur. Yaptıkları deneysel sonuçlar, sundukları ikili algoritma ve genetik algoritmanın Megerian algoritmasına göre daha iyi olduğunu göstermiştir. Diğer bir taraftan ise sunulan ikili algoritmanın genetik algoritmaya göre bir çok durumda daha iyi sonuçlar elde ettiği de sunulmuştur.

1.3 Tez Çalışması Sonucu Ortaya Çıkan Yayınlar

Bu tez çalışmasının her aşamasında ortaya çıkan verilerin derlenmesi ile hazırlanan ve çeşitli veritabanların da yayınlanan çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

- Bu tez çalışmasının ilk aşaması olan homojen algılayıcı düğümlerin

yerleştirilmesi çalışması derlenerek bildiri haline getirilmiş olup, The Sixth International Conference on Digital Information and Communication Technology and its Applications (DICTAP2016) konferansında sözlü olarak sunulmuştur.





2 KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR

Kablosuz algılayıcı ağ, küçük sensör düğümlerinin bir araya gelmesiyle oluşur [27]. Bu sensör düğümleri gözlemledikleri durumun oluşması halinde, diğer sensör düğümleri üzerinden multihop tekniği ile algıladıkları veriyi ana noktaya ulaştırırlar. Bu durumda sensör düğümleri algılayıcı olarak görev aldıkları gibi sadece yönlendirici olarak da görev alabilirler.

KAA'lar her türlü çevresel şartlarda kullanılabilmeleri, multihop tekniği ile kablosuz veri iletimi, az enerjiye ihtiyaç duymaları, altyapı gereksiniminin olmaması ve düşük maliyet gibi özellikleriyle geleneksel ağlardan farklılaşırlar. Hatta "Nesnelerin interneti (IoT)" konseptinin de yapısal bir bölümü haline gelerek zengin bir araştırma alanı haline gelmiştir [28]. Değişik ortam ve çevrelerde kullanılmaları, ucuz maliyetli olmaları ve kullanımda sağladıkları kolaylıklar nedeniyle, teknolojinin de gelişmesiyle bir çok sensör düğümü geliştirilmiştir.

2.1 KAA Uygulamaları

Çok çeşitli alanlarda KAA uygulamalarına rastlamak mümkündür. Çevresel şartların değişken olması, ihtiyaç duyulan verinin uygulamalara göre farklılıklar göstermesi KAA'larda alt ağların ortaya çıkmasına neden olmuştur [8]. Bunlar:

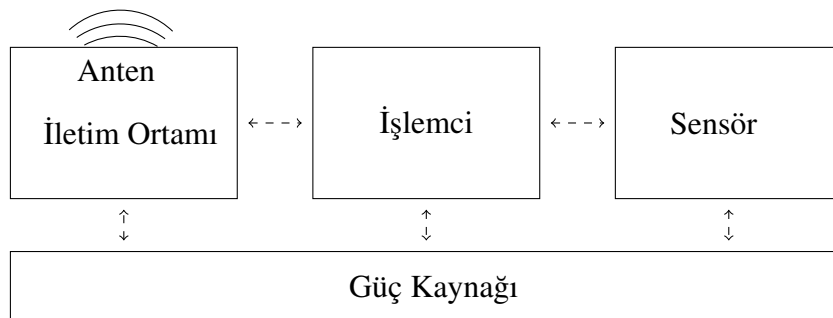
- **Kablosuz Sensör ve Aktör Ağlar:** Temel yapısında belirli bir olguyu gözlemleyen ve elde edinilmiş olan verinin merkez düğüme iletilmesi olan geleneksel KAA'lar aksine; elde edinilen veriye göre çeşitli işlemlerin yapıldığı ağlara verilen addır. Uygulayıcıları gerçekledikleri görevlere en iyi örneklerden bir tanesi yangın söndürmek amacıyla kullanılan sensör düğümleri olacaktır. Sensör düğümü sıcaklığı, dumanı, nemi vb. takip edilerek belirli eşik değerlerde merkez düğüme elde ettiği verileri iletir. Tasarıma göre farklılık göstermekle beraber kimi zaman uygulayıcıya emir merkez düğümden giderken, kimi zaman ise sensör düğümü üzerindeki işlemci ile verileri işleyerek adımını belirleyip

uygulamaya geçebilir.

- **Kablosuz Multimedya Sensör Ağlar:** Görüntü ve ses teknolojilerindeki gelişme ile maliyetlerin düşüşü ve cihazların boyutlarındaki küçülmeler nedeniyle multimedya teknolojisi KAA teknolojilerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Sadece skalar verilerin takip edilmesi yerine multimedya verilerinin takip edilmesi veya aktarılan verilerin multimedya olmaya başlaması KAA'ların gelişmesine olumlu katkıları olmuştur. Bunların sayesinde gerçek zamanlı gözlemler altyapıya ihtiyaç duyulmadan, geleneksel ağların kullanılamayacağı çevrelerde de yapılabilmektedir.
- **Kablosuz Sualtı ve Yeraltı Sensör Ağlar:** Bulundukları ortamlar nedeniyle geleneksel ağların kullanılamadığı/zor kullanılabildiği çevreler olan sualtı ve yeraltına yerleştirilen sensör düğümler ile geliştirilen ağlardır. Bulundukları ortamlar nedeniyle iletim ortamlarından, yinlendirme algoritmalarına kadar diğer KAA arasında bile oldukça fazla farklılık gösterirler.

2.2 Sensör Düğümünün Donanımsal Yapısı

Sensör düğümünün anayapısını işlemci-hafıza bölümü, iletişim bölümü, sensör bölümü ve güç bölümü oluşturur [8]. Bu bölümlerin çeşitliliği ihtiyaç duyulan özelliklerin ve bölümlerin eklenmesi ile artabilmektedir. Örneğin; hareket ihtiyacı olduğunda, sensör düğümlerine mobilite bölümü eklenebilmektedir. Örnek bir sensör düğümünün yapısı Şekil 2.1' de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Sensör Düğümü Temel Bölümleri

Sensör düğümünü oluşturan yapılar:

- **Algılama Bölümü:** Sensör düğümünün temel bölümüdür ve ihtiyaç duyulan veriye göre çeşitlilik gösterir. Kimi zaman skalar veriler gözlemlenirken kimi zaman ise ortamdaki fiziki değişimler (görsel) takip edilir.
- **İşlemci Bölümü:** Sensör düğümleri veriyi her zaman aldıkları ham şekliyle iletmezler ve işleyerek daha anlamlı veya ihtiyaç duyulduğu kadarını ana merkeze gönderirler. Çünkü işlemcinin harcadığı enerji, iletişimde harcanan enerjiden çok daha azdır. KAA'lardaki en önemli kısıt olan enerji tüketimini düşürmek için veriler işlemci bölümünde işlenerek daha az iletişimin olması sağlanır. Böylece sensör düğümünün ömrünün uzatılması amaçlanır.
- **İletişim Bölümü:** Sensör düğümleri arasındaki iletişimin (RX-TX) radyo frekansı kullanılarak (RF) gerçekleştirildiği bölümdür. Diğer bölümlerden ayrılan en önemli özelliği KAA'nın bağlılığını sağlamasıdır. Bu nedenle sensör düğümünde iletişim mesafesi öneme sahiptir. Diğer bir taraftan ise sensör düğümü bölümleri arasında en fazla enerji tüketiminin olduğu bölümdür.
- **Güç Bölümü:** Kablosuz algılayıcı düğümün en kritik ve önemli bölümüdür. Çünkü diğer tüm bölümler ihtiyaç duydukları enerjiyi bu bölümden karşılarlar. Güç bölümü genellikle batarya olmakla beraber diğer enerji kaynakları da olabilirler(güneş panelleriyle enerji üretimi, dalgaların hareketini kullanarak enerji üretimi vb.) [29].

2.3 KAA Tasarımı

Gözlemlenecek olguların çeşitlenmesiyle KAA'ların temel kısıtları da belirginleşmiştir. Kablosuz iletişimin RF radyo frekansı üzerinden yapılıyor olması nedeniyle veri iletim hatalarının kablolu iletişime oranla daha fazla olması, sensör düğümlerin küçük cihazlar olması nedeniyle enerji kısıtlarının bulunması, veri iletişiminin multihop tekniği ile yapılması nedeniyle sensör düğümlerinin birbirlerine bağlı olma gereklilikleri, gözlemlenecek alanın büyüklüğüne göre kullanılacak sensör düğümü sayısının farklılık göstermesi nedeniyle ölçeklenebilir olması gerekliliği ve

maliyet ile en temelde iletişim ve enerji tüketimi kısıtları başlıca tasarım problemleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

- **Donanım Kısıtları:** Sensör düğümlerinin küçük cihazlardır. Gözlemlenecek olguya göre ihtiyaç duydukları donanım özelliklerinin de farklılık göstermesi kaçınılmazdır. Başlıca problem olan enerji tüketimi, sensör düğümüne eklenecek her bir bölüm ile daha da fazla gösterecektir. Bu nedenle en az enerji harcayacak şekilde en az sensör düğümü özelliğiyle görev tamamlanmaya çalışılmalıdır. Bu nedenle bir çok sensör düğümü çeşidi ortaya çıkmış ve kullanılmıştır: Smart Dust motes [19], the Mica [2], TelosB [3], SunSPOT [5] vb. Donanımların zayıf ve küçük cihazlar olması nedeniyle ayrıca verilerin algılanmasında, işlenmesinde ve iletiminde de problemlerle karşılaşmaktadır.
- **Hata Toleransı:** Belirli bir sayıda sensör düğümünün enerjisinin tükenmesi veya çeşitli sebeplerle hatalı veri göndermesi nedeniyle KAA'nın işlevini yitirmesi kabul edilemez. KAA'da veri iletimi için sensör düğümlerinin bağlılığı (connectivity) gereklidir. Belirli bir sayıda sensörün işlevini yitirmesi nedeniyle bu bağlılığın ortadan kalkması KAA'nı çalışamaz hale gelmesi demektir. Bu nedenle; veri iletiminde hata oranı yüksek olan KAA'larda hata toleransına dikkat edilerek ağ tasarlanmalı ve mümkün olduğunca da yüksek seviye de tutulmalıdır. Çünkü; bağlılık kaybedildiği takdirde sensör düğümü gözlemlenen olguyu tespit etse bile merkez düğüme iletemeyeceğinden hiçbir değeri yoktur.
- **Ölçekleme:** Gözlemlenen olgu ve sensör düğümlerin yerleştirildikleri çevreye göre kullanılan sensör düğümü sayısı değişiklik göstermektedir. Aynı zamanda hata toleransına da bağlı olarak, sensör düğümleri yüksek yoğunlukta yerleştirilebilmektedir. Yani KAA'ların temel karakteristiklerden birisi olan çevreden bağımsız olması özelliği nedeniyle ölçeklenebilirlik KAA tasarımı en başta ele alınılması gereken kısıtlardan bir tanesidir. Aksi takdirde düşük yoğunluk için tasarlanmış olan KAA, ihtiyaç duyulması nedeniyle ağa eklenen yeni sensör düğümleri nedeniyle işlevini yerine getiremez hale gelebilir.

- **Üretim Maliyeti:** Bir çok küçük sensör düğümünün bir araya getirilmesi ile oluşan KAA'lar gözlemlenen alan çevresel faktörler veya güvenilirlik gibi çeşitli QoS gereklilikleri nedeniyle yüksek yoğunlukta yerleştirilirler. Aynı zamanda gözlemlenen alanın da çok geniş çevreler oldukları , iletim medyasının kablosuz ve iletim mesafesinin veri iletim hataları da göz önünde bulundurulacak kısa olacağı değerlendirildiğinde, çok sayıda sensör düğümü kullanılması kaçınılmazdır. Sensör düğümlerinin teknolojik gelişmeler nedeniyle daha az maliyetli olarak üretilmelerine rağmen yüksek sayıda kullanılması da maliyeti artırmaktadır. Bu nedenle karşımıza sensör düğümü yerleştirilmesinin önemi çıkmaktadır.

- **Topoloji:** Sensör düğümlerinin üretim maliyetlerinin düşmesine karşın gelişigüzel olarak yüksek yoğunlukta yerleştirilen sensör düğümleri KAA'da yüksek maliyetlere neden olmaktadır. Ayrıca gözlemlenen olgunun algılanması kadar sensör düğümlerinin bağlılığının garanti edilmesi de oldukça önemlidir. Gelişigüzel yerleştirmelerde bağlılık sağlamak amacıyla yüksek yoğunlukta sensör düğümü yerleştirimi yapılması gerekliliği ortaya çıkar ki, bu da maliyetin artmasına neden olmaktadır. Hata oranı yüksek olan veri iletimi ile en temel kısıt olan enerjinin azlığı sensör düğümlerinin işlevsiz hale gelmesinde temel faktör olurlar. Bu nedenle KAA topolojilerinde ilk faz olan ön yerleştirim bölümünde ihtiyaçlara göre sensör düğümlerinin yerleştirilecekleri konumlar belirlenir. İkinci fazda ise belirlenen konumlara sensör düğümü yerleştirimi gerçekleştirilir. Daha sonrasında belirtilen kısıtlar nedeniyle işlevsiz hale gelen sensör düğümlerinin yerine üçüncü fazda tekrar yerleştirim yapılır.

- **İletim Ortamı:** Güvenilir veri iletimin sağlanması için sensör düğümleri arasında kullanılan veri iletimi ortamının da güvenilir olması gerekmektedir. KAA'lardaki multihop iletişim için kullanılan ortam optik, akustik, radyo veya kızılötesi olabilir. Sensör düğümlerinin ölçeklenebilir ve tüm dünya genelinde kullanılabilir olması için evrensel olarak belirlenmiş ve kullanılan veri ile-

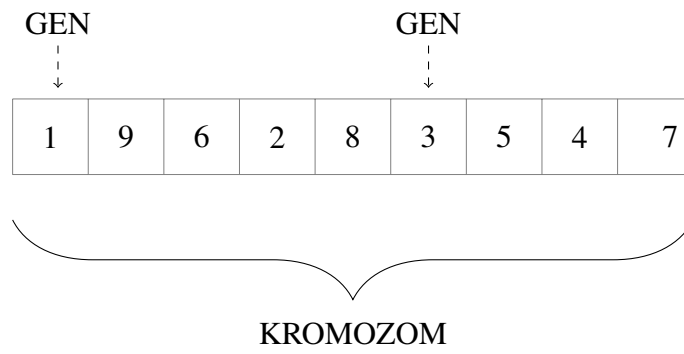
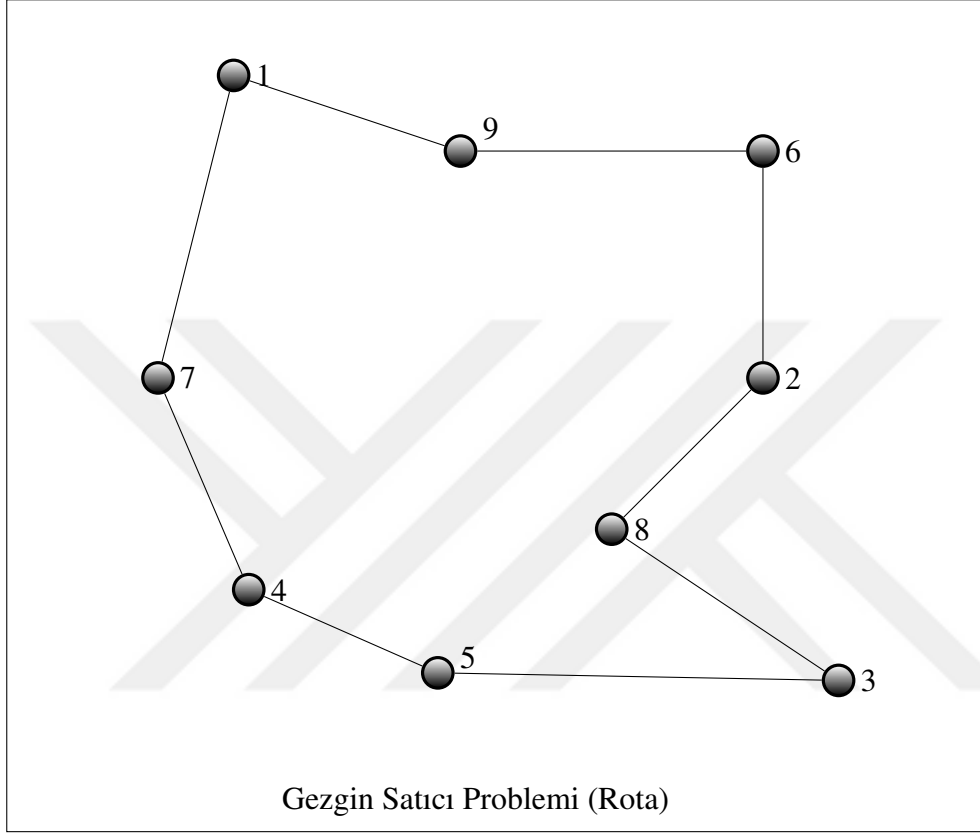
tim standartlarına sahip olması gerekmektedir. Aynı zamanda maliyetinde gözönünde bulundurması gerekliliği değerlendirildiğinde uluslararası olarak ücretsiz kullanıma açık olan ISM radyo bantlarının kullanılması uygun olacaktır.

- **Enerji Tüketimi:** KAA’alarda temel problem enerji tüketimidir. Sensör düğümleri ana bölümleri arasında ise en fazla enerji veri iletiminde daha sonrasında ise işlemci de olur. Bu nedenle iletilecek verinin azaltılması gerekliliği ortaya çıkar. Özellikle yüksek yoğunlukta yerleştirilmiş olan sensör düğümlerinden oluşan topolojilerde algılanan olgu birden fazla sensör düğümü tarafından algılanabilmektedir. Bu da aynı verinin birden fazla-gereksiz yere iletilmesi demektir. Bu örnekten görüleceği üzere sensör düğümü yerleştirmesi bile enerji tüketiminde çok önemli role sahiptir. Bundan dolayı çeşitli yönlendirme algoritmaları, topoloji tasarımları ve iletim yöntemleri geliştirilmiş ve geliştirilmeye de devam etmektedir.

3 GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma metodu Charles Darwin tarafından sunulan, en iyinin hayatta kalması ve doğal seçimden ilham alınarak geliştirilmiştir. Genetik algoritmalar hakkındaki ilk kitap olan "Adaptation in Natural and Artificial System", evrim teorisine dayalı genetik algoritmalar hakkında olup, John HOLLAND tarafından 1975 yılında yayınlanmıştır. Bu kitapta mutasyon, çaprazlama ve seçim konseptleri yapay zekaya uyarlayarak anlatılmıştır [30]. Genetik algoritmalar bilgili aramada bulgusal metotları kullanırlar. GA'nın temel özelliği, çalışılan problemde en iyi çözümün değil kabul edilebilir en uygun çözümün bulunmasıdır. Bu genetik algoritmalarda temel amaçtır. Yani, çözüm kümesi yaklaşık olarak gerçek çözümü verir. Problemin türü ve GA'nın uygun tasarlanması sonucu en iyi sonuca da ulaşılabilir. Genetik algoritmada kullanılan terimler evrim teorisinde kullanılan terimlerle benzerlik gösterir.

- **Kromozom** : Genetik algoritmada oluşturulmuş olan her bir çözüm önerisi kromozom olarak adlandırılır. Kromozomlar genlerden oluşurlar ve çeşitli kodlama biçimleriyle ifade edilirler. Bu kodlama biçimleri permutasyon veya ikili kodlama şeklinde olabileceği gibi çeşitlendirilerek problemin özelliğine göre de çeşitlendirilebilmektedir. Gezgin satıcı problemde belirlenen tüm şehirlerin satıcı tarafından en kısa yoldan gezilmesi amaçlanır. Her bir nokta şehri temsil eder ve Şekil 3.1'de gösterilen kromozom yapısında gezilen şehirlerin en kısa yoldan tamamlanması için örnek yol belirlenmiştir.
- **Gen** : Kromozomlar genlerden oluşurlar ve çözüm önerisinin bir parçasıdır [31]. Örnek olarak; gezgin satıcı problemde her bir durak gen, tüm durakların gezme sırasına göre dizi olarak tanımlanması ise kromozomu oluşturur.
- **Nüfus** : Kromozomların yani çözüm önerilerinin tamamına nüfus adı verilir. Nüfus sayısı başlangıçta belirlenebileceği gibi probleme göre algoritma



Şekil 3.1: Gezgin Satıcı Probleminde Kromozom ve Gen Gösterimi

içerisinde iterasyonlara bağlı olarak değiştirilebilir. Özellikle başlangıç nüfus sayısının belirlenmesi çözüme ne kısa zamanda ulaşmak için önemlidir. Nüfus sayısının fazla tutulması nedeniyle çözüme ulaşma zamanında artış olabileceği gibi az tutulması sonucunda da yeterli çözüm önerileri oluşturulması engellenerek yerel en iyi de tıkanmaya neden olabilmektedir.

- **Ebeveyn** : Nüfus içerisinden seçilerek genetik algorithmada işlem gören çözüm önerilerine ebeveyn denilmektedir.
- **Çocuk** : Seçilen ebeveynlerin genetik operatöre sokulması sonucu üretilen yeni çözüm önerilerinin her birisidir.

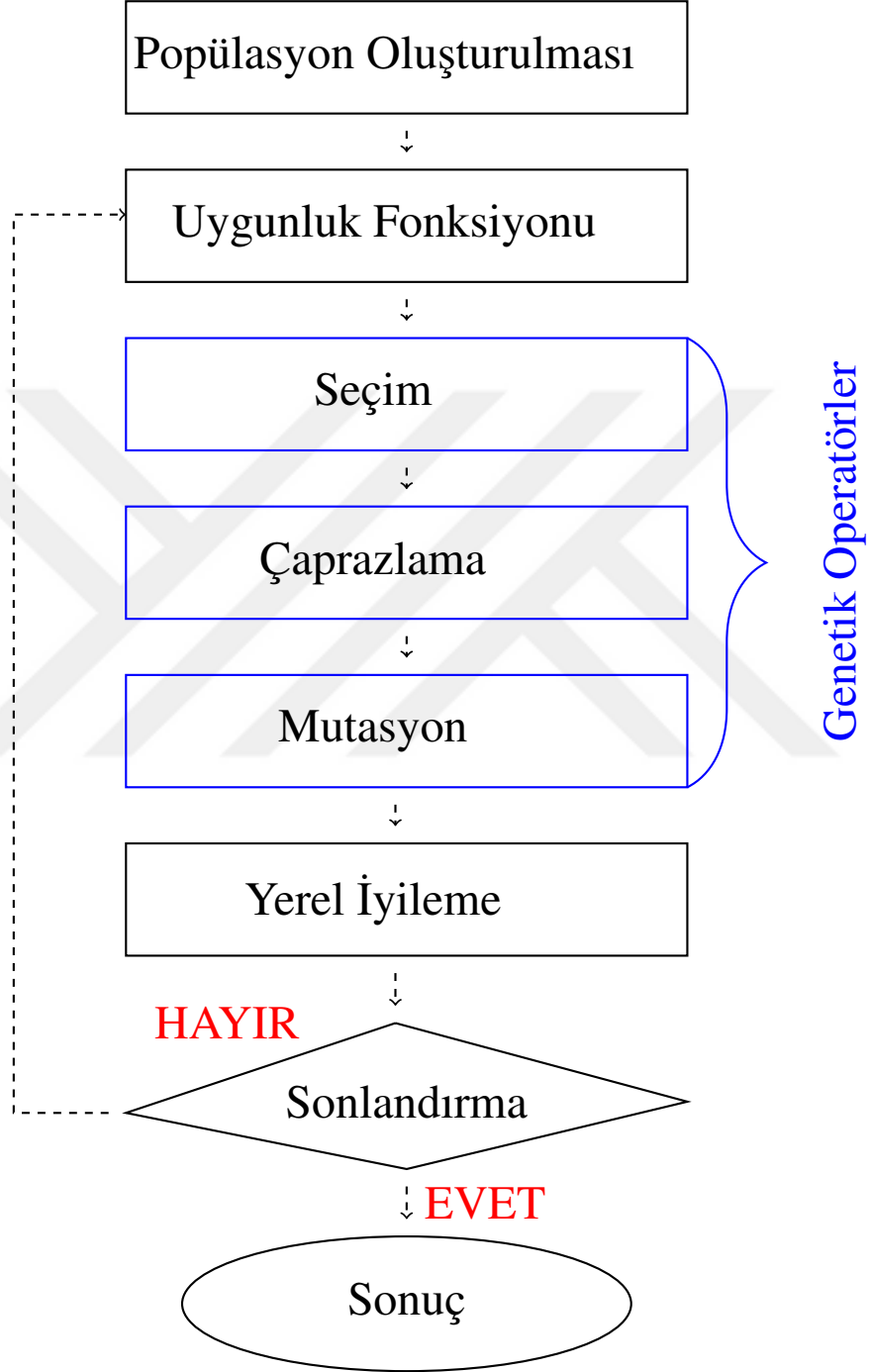
Genetik algorithmalar NP-zor olarak biline problemlerde, zaman ve işlemci gücünün çözümün elde edilmesinde yetersiz kaldığı veya kısıtlı zamanda kabul edilebilir sonuçlar elde edilmesi gerekliliğinin olduğu durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Çözüme ulaşmaya çalışırken evrim teorisindeki gibi belirli bir başlangıç nüfusundan yola çıkarak çözüm elde etmeye çalışır. Başlangıç nüfusu elimizdeki çözüm önerileridir. Bunlar mevcut problemde yola çıkılarak rastgele oluşturulabileceği gibi belirli algorithmalar yardımıyla daha iyi çözüm önerilerinden başlanması amacıyla sistematik olarak da oluşturulabilirler. Buradaki temel problem sistematik olarak daha iyi çözüm önerilerinden başlamak kimi zaman çözüme ulaşmada zamandan kazanç sağlayabileceği gibi kimi zamanda en iyi çözümlere ulaşılabilmesini engeller. Şöyle ki, iyi çözüm önerilerinden yola çıkılması nedeniyle sonraki nesillerde iyi çözümler üzerinde yoğunlaşma ile karşılaşılabilir. Bu da daha iyi çözümlerin göz ardı edilmesi manasına gelmektedir. Bu da genetik algoritmanın bir diğer temel özelliği olan yerel en iyiden kaçınmaya aykırı bir davranış sergilenmesine neden olur. Bu nedenle başlangıç nüfusunun belirlenmesi ayrı bir çalışma alanını oluşturmaktadır.

Genetik algoritma başlangıç nüfusunun oluşturulması ile başlar ve oluşturulan bu başlangıç nüfusuna bazı metodlar uygulanarak çözüme ulaşmaya çalışılır [32]. Bu metodlar: uygunluk fonksiyonu hesaplaması, kromozomların seçimi, çaprazlanması ve mutasyondur. Bu metodlardan sonra ise elde edilen yeni çözüm önerilerinin

daha da geliştirilmesi isteniyorsa yerel en iyileme algoritması uygulanarak yakın çözümlerin taranması sağlanabilir. Son olarak ise algoritmanın tarama işlemini ne zaman bitireceğinin belirlendiği sonlandırma kriterine erişene kadar algoritma iterasyonlar halinde yeni çözüm önerileri aramaya devam eder. Genetik algoritma iterasyonlara bağlı olarak daha iyi sonuçlar elde eden bir algoritmadır. Bu nedenle ne zaman sonlandırılması gerektiğinin belirlenmesi hem zaman hem de performans açısından önemlidir. Sonlandırma kriteri belirli bir iterasyon sayısı olabileceği gibi, önceden belirlenmiş kabul edilebilir bir çözüme ulaşıldığında sonlanması da olabilir. Genetik algoritmanın uygulama adımları Şekil 3.2’ de gösterilmiştir.

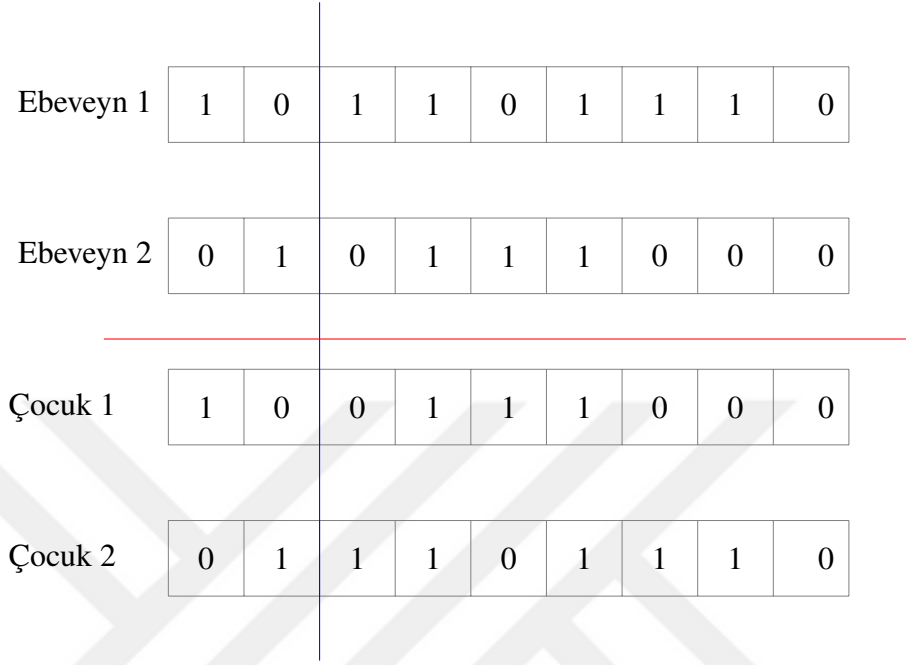
Genetik algoritma adımları:

- **Başlangıç Nüfusu:** Başlangıç nüfusu belirli bir algoritma ile oluşturulabileceği gibi rastgele de oluşturulabilir. Başlangıç nüfusu gerçek çözüme ne kadar yakınsa, çözüme ulaşmak da o kadar hızlı ve basit olur. Başlangıç nüfusu; bit metni, gerçek sayılar, elementlerin permutasyonu, kural listeleri veya herhangi bir veri yapısında ifade edilebilir. Genetik algoritmalarda başlangıç nüfusunun tanımlanmasındaki en önemli ve dikkat edilecek husus, ilk olarak, kromozomların programlama için nasıl uygun ve basit olarak tanımlanacağına karar vermektir.
- **Uygunluk Fonksiyonu:** Arama algoritmalarının amaç fonksiyonlarında, her birim durum ayrı ayrı derecelendirilir. Buna genetik algoritmalarda uygunluk fonksiyonu denir. Uygunluk fonksiyonu elde edilen çözüm önerisinin uygunluk değeri hesaplanır. Uygunluk değeri ise çözüm önerisinin başarısını gösteren tek parametredir. Uygunluk fonksiyonu ile elde edilen değer kimi zaman yüksek olması kimi zaman ise düşük olması istenebilir. Örneğin KAA kapsamının başarısı ölçülürken en iyi çözüm önerisi yüksek uygunluk değeri iken, kapsamadaki boşlukların hesaplandığı uygunluk fonksiyonunda ise uygunluk değerinin en düşük olanı bizim için en iyi çözüm önerisidir. Nüfustan bireylerin seçimi uygunluk fonksiyonuna göre yapılır. Bu nedenle ,uygunluk fonksiyonu daha iyi sonuçlara erişebilmek için önemlidir.

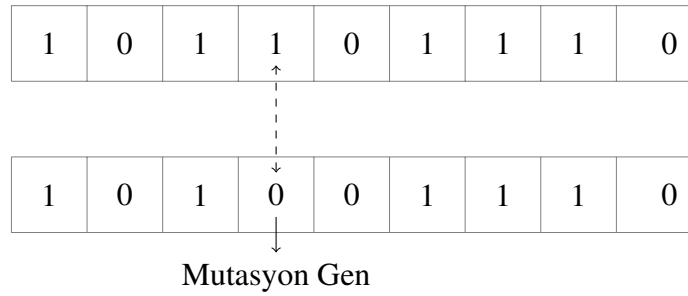


Şekil 3.2: Genetik Algoritma Akış Diagramı

- **Seçim:** Bu operatör yeni nesillerin yan yeni çözüm önerilerinin üretilmesi için kromozomları nüfustan seçme işleminin yapıldığı adımdır. Üç çeşit seçim metodu bulunmaktadır. Bunlardan birincisi hesaplanmış uygunluk sayısını oranlamaya dayalı, olasılıkla seçim yapılan, rulet tekerleği seçimidir. İkincisi, rütbe seçimi metodudur ve uygunluk sayısı sırasının dengelenerek seçilmesi olasılığına dayanır. Üçüncü seçim metodu ise, rastgele seçilmiş olan birey seti içerisinde, tekrarlı olarak seçilmesine dayalı olan turnuva seçimi metodudur [33].
- **Çaprazlama:** Genetik algoritmaların öncelikli avantajı, paralel arama işlemleri arasındaki bilginin değiştirilerek birleştirilmesi ve rastgele keşfedilmesidir ki, bunu da çaprazlama ile yapar [34]. Bu operatör ilk ebeveyn kromozomundan isteğe bağlı bir bölüm seçer ve ardından ikinci ebeveyninden de aynı şekilde belirli bir bölümü seçer. Sonrasında, farklı ebeveynlerden seçilen kromozom bölümlerinin istenilen bölümleri birleştirilir. Böylece, iki yeni çocuk kromozomları ortaya çıkar. Örnek çaprazlama yöntemi Şekil 3.3’ de gösterilmiştir. Ebeveynler 101101110 ve 010111000 olarak ikilik düzende tanımlanmıştır. Ebeveyn kromozomları için rastgele belirlenen sayı 2’dir. Çaprazlama işleminden sonra 100111000 ve 011101110 ikilik düzende tanımlanmış çocuklar ortaya çıkar.
- **Mutasyon:** Bu operatör ile, küçük sayıdaki genlerin değerleri çevrilerek değiştirilir. Amaç elde edilmiş olan veya üretilmiş olan çözüm önerilerinde yerel en iyiden kaçınmak için küçük sıçramaların yapılmasını sağlamak, böylece farklı çözüm önerilerinin taranması ile daha iyi çözüm önerilerine erişmektir. Yerel en iyiden kaçınmak için genetik algortmada kullanılan yöntem mutasyondur. Şekilde .de gösterildiği üzere kromozom 101101110 ve rastgele belirlenen değer 4’dür. 4.üncü sıradaki gen çevrilerek kromozom 101001110 halini almıştır. Kromozom çeşitliliğinin artırılabilmesi amacıyla kromozomdaki herhangi bir gen belirli bir olasılıkta mutasyona uğrayabilir [35].



Şekil 3.3: Çaprazlama Operatörü



Şekil 3.4: Mutasyon Operatörü

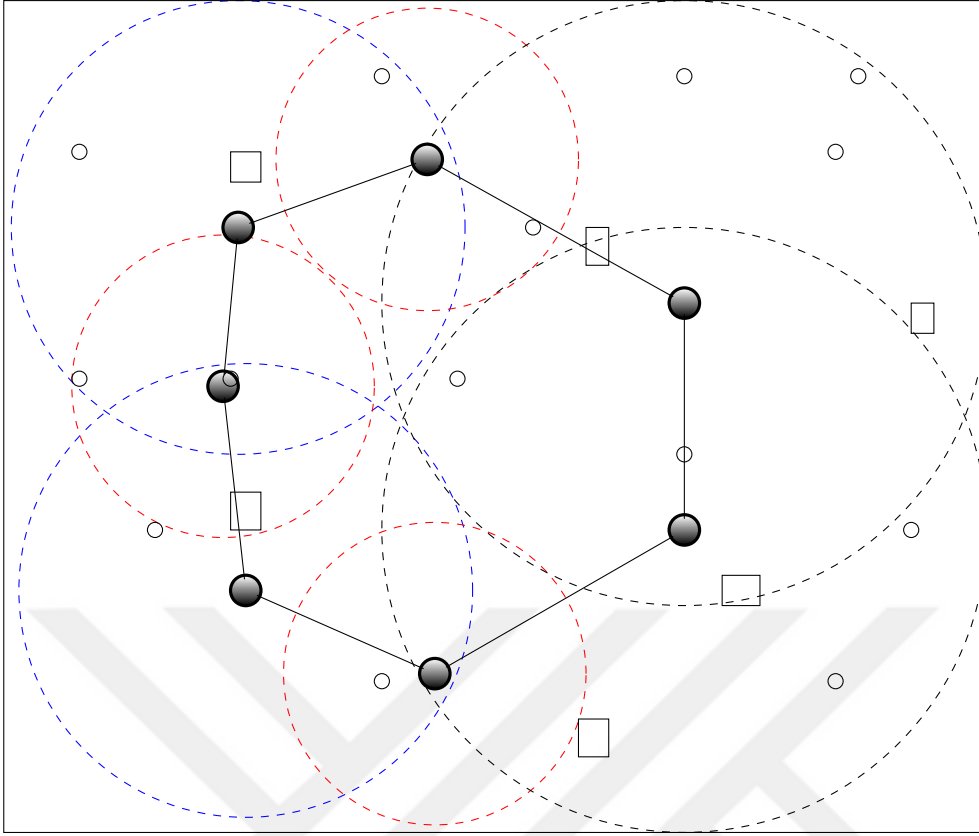


4 MAKSİMUM KAPSAMA SENSÖR DÜĞÜMÜ YERLEŞTİRME PROBLEMİ (MKSYP)

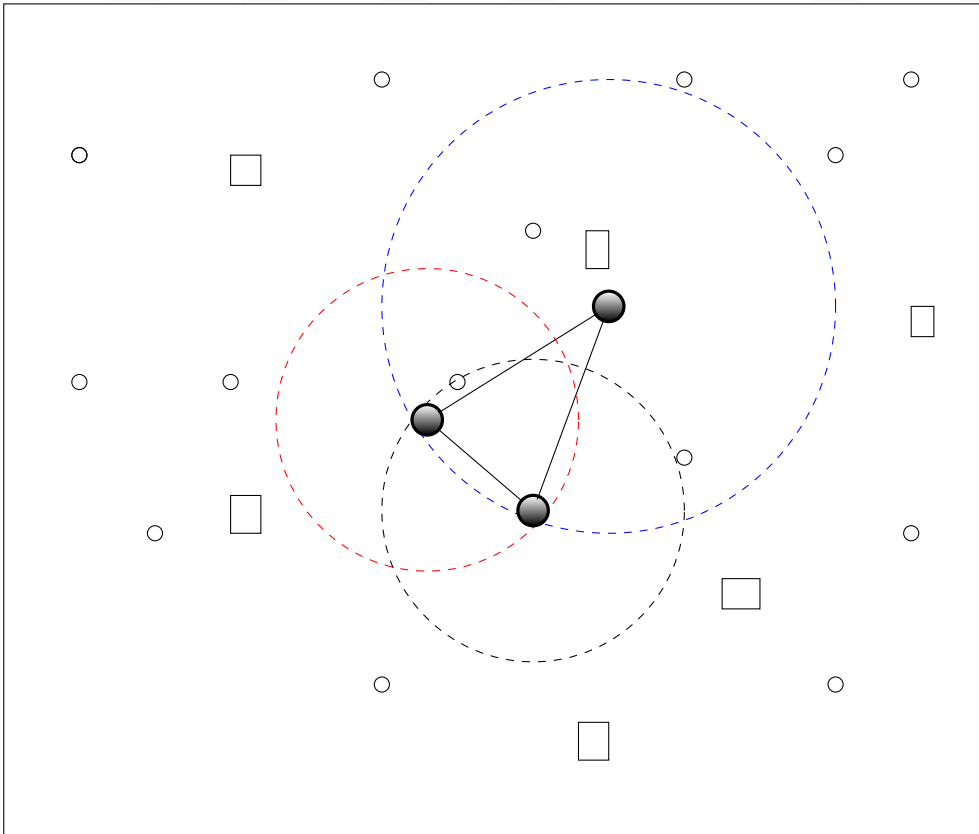
Gözlemlenen olgunun algılanmasının garantilenmesi ihtiyacı nedeniyle kapsama problemi ortaya çıkmıştır. Gözlemlenen olgunun en az bir sensör tarafından kapsanması servis kalitesi (Quality of Service) ihtiyacıdır ve bunun karşılanması gereklidir [36]. MKSYP Sanat galerisi problemiyle benzerlik gösterir. Sanat galerisi probleminde amaç güvenlik amacıyla sanat galerisinde belirlenen noktalarının tamamının gözlemlenmesi için minimum sayıdaki kameranın/sensör düğümünün belirlenmesidir[37].

Sensör düğümlerinin gözlenen alana uygun yerleştirilmesi enerji verimliliği, veri iletim performansı ve ağdaki sensör düğümlerinin bağıllığı açılarından oldukça önemlidir. Sensör düğümü yerleştirimi rastgele olabildiği gibi -uçaktan atılarak- düzenli yerleştirim teknikleri ile de yapılabilir. Düzenli yerleştirme teknikleri temel olarak alan kapsamı, nokta kapsamı ve bariyer kapsamı olmak üzere literatürde üçe ayrılmıştır [21]:

- **Alan Kapsamı:** Gözlemlenmek istenen olgunun belirli bir alanda olduğu kapsamıdır. Doğal yaşamın izlenmesinde göl ve kenarlarındaki değişikliğin takip edilmesi bu kapsama türüne girmektedir. Şekil 4.1’de örnek topoloji gösterilmiştir.
- **Nokta Kapsamı:** Alan kapsamının aksine gözlemlenmek istenen olgu belirli noktalar ise bu durumda nokta kapsamı için yerleştirim yapılmaktadır. Gerçek hayat uygulaması olarak; volkanik bir yanardağın içerisindeki ısı farklılıklarının izlenmesi için yapılan yerleştirim örnek verilebilir.Şekil 4.2’de örnek topoloji gösterilmiştir.

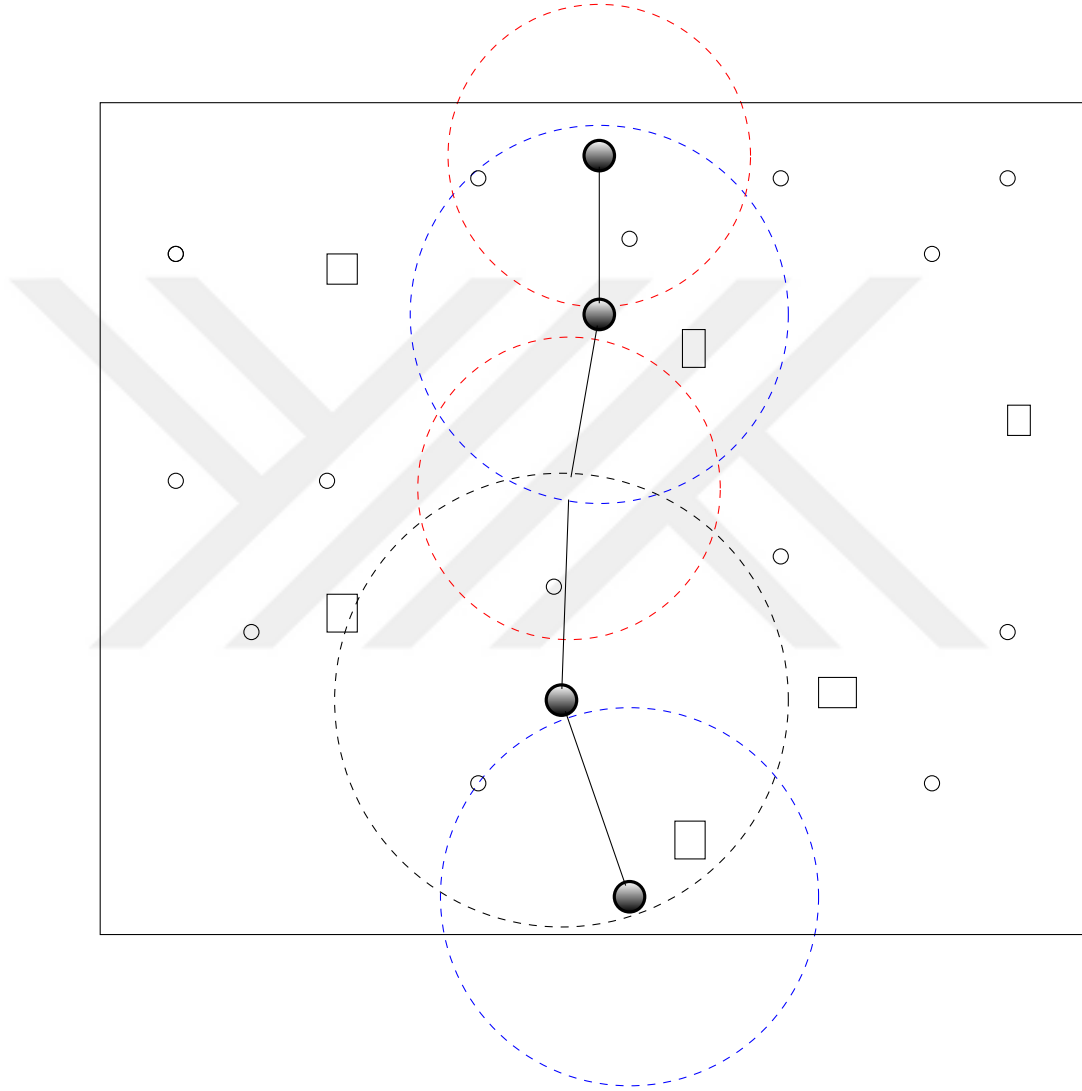


Şekil 4.1: Alan Kapsaması



Şekil 4.2: Nokta Kapsaması

- **Bariyer Kapsaması:** Diğer kapsamaların aksine belirli bir hattın izlenmesi gerekliliği durumlarında yapılan yerleştirimdir. Belirli bir hattadaki sızmaların engellenmesi amacıyla bariyer kapsaması kullanılır. Özellikle sınır hatlarındaki yasa dışı geçişlerin takip edilmesi için kullanılan yerleştirim yöntemi bariyer kapsaması yerleştirimidir. şekil 4.3’da örnek topoloji gösterilmiştir.



şekil 4.3: Bariyer Kapsaması

Sensör düğümlerinin yerleştiriminde KAA karakteristiklerine göre çeşitli yerleştirim yöntemleri bulunmaktadır. Organize yapılan yerleştirimlerde önceden belirlenmiş sensör düğüm konumlarına yerleştirim yapılır. Amaç en az sensör düğümü kullanarak en fazla kapsamanın sağlanmasıdır. Literatürde bu probleme maksimum kapsama sensör düğümü yerleştirimi problemi (MKSYP) denilmektedir.



5 YAPILAN ÇALIŞMA

5.1 Kabüller

Bu çalışmada; minimum sayıda sensör düğümü ile gözlemlenen alanın maksimum seviyede kapsanmasını amaçlayan, maksimum kapsama için sensör yerleştirme problemi(MKSYP) ele alınmıştır.

MKSYP’de gözlemlenecek alan belirlidir ve bu alana yerleştirilecek olan minimum sensör sayısı belirlenmeye çalışılır. Bu çalışmada ise belirli alana yerleştirilecek olan sensör düğüm sayısını ön tanımlı olarak belirleyerek en iyi yerleştirme yapılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle ilk olarak homojen yapıdaki sensör düğümleri ile daha sonrasında ise heterojen sensör düğümleri ele alınarak, benzer çalışmalarda da olduğu gibi test verileri oluşturulmuş ve deneyler gerçekleştirilmiştir.

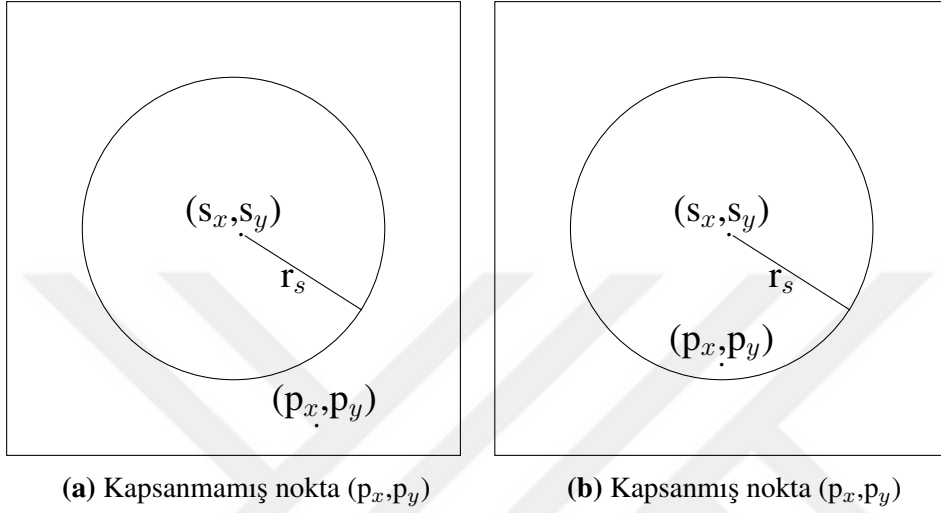
MKSYP’de en iyi çözüm elde edilirken, kapsamanın olup olmadığını ölçmek için genellikle boolean disk kapsaması kullanılır. Sensör düğümünün s yarıçapı r_s ve kapsanacak nokta p olsun. p noktasının s sensör düğümü tarafından kapsandığının kontrolü için sensör düğümünün p noktasına olan mesafesi Öklit mesafesi ile hesaplanır. Sensör düğümünün 2-Boyut alana yerleşimi (s_x, s_y) ve p noktasının 2-B yerleşimi ise (p_x, p_y) olsun. Bu durumda iki nokta arasındaki Öklit mesafesi $d(s, p)$ olarak gösterilmiş ve takip eden şekilde formülize edilmiştir (5.1).

$$d(s, p) = \sqrt{(s_x - p_x)^2 + (s_y - p_y)^2} \quad (5.1)$$

Sensör düğümünün belirlenen noktayı kapsaması, sensör düğümünün yarıçapı ve sensör düğümü ile nokta arasındaki öklit mesafesine bağlıdır. Bu şekilde ele alınan problem boolean disk kapsaması olarak ele alınır [24]. Eğer sensör düğümü ve nokta arasındaki öklit mesafesi sensör düğümünün kapsama yarıçapından küçük veya eşit ise kapsama sağlanmış diğer durumda kapsama sağlanmamış demektir ve aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (5.2).

$$f(d(s,p)) = \begin{cases} d(s,p) \leq r_s & , 1 \\ else & , 0 \end{cases} \quad (5.2)$$

Sensör düğümünün noktayı kapsadığı ve kapsamadığı durumlar Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Boolean Disk Kapsama Modeli

Sensör düğümlerinin kapsaması aynı zamanda disk kapsaması olarak da adlandırılmaktadır [24]. Sensör düğümlerinin kapsama mesafelerine r_s göre kapsama değişmektedir. Sensör düğümleri birbirlerinden kapsama mesafelerine göre farklılık gösterirler. Literatürdeki benzer çalışmalarda homojen sensör düğümleri kullanıldığı gibi heterojen sensör düğümlerin kullanıldığı çalışmalar da fazladır. Bu çalışmada hem homojen hem de heterojen sensör düğümlerle oluşturulan topolojiler ayrı ayrı ele alınmıştır.

Kapsamanın maksimum seviyede yapılmaya çalışıldığı alan 100×100 2-B uzayı seçilmiş ve homojen/heterojen yapıdaki sensör düğümlerinin kapsama mesafeleri ön tanımlı olarak belirlenmiştir.

Gözlemlenmek istenen alan A ve bu alanın maksimum seviyede kapsanması için kullanılacak sensör düğümü sayısı n olsun. Her bir sensör $i=1,2,3,\dots,n$ şeklinde numaralandırılsın. s_i sensörünün alan A ’daki kapsaması $C(s_i, A)$ olarak tanımlansın. Bu durumda s_i sensör düğümünün kapsama alanı ile gözlemlenen alan arasındaki kesişim de $C(s_i, A)$ olarak tanımlanır. Bu da bizim maksimum seviyede tutmak istediğimiz

değerdir. Aynı zamanda amaç fonksiyonumuzda maksimize etmek istediğimiz durumu gösterir (5.3):

$$\sum_{i=1}^n C(s_i, A) \quad (5.3)$$

Tek bir sensör düğümünün maksimum seviyede kapsama yapması, sensör düğümü ile gözlemlenen alanın kapsama kesişiminin, sensör düğümünün kapsamasına eşit olması durumudur. Sensör düğümleri arasındaki kapsamanın seviyesi ise kapsama kesişimlerinin olup olmadığının kontrolü ile sağlanır ki kapsama kesişimlerinin olması kapsamanın maksimum seviyede yapıldığını göstermektedir. Bu durumda sensör düğümü s_i ile diğer bir sensör düğümü s_j arasındaki kesişim $I(s_i, s_j)$ olsun. Sensör düğümleri arasındaki kesişim minimize etmek istediğimiz değerdir ve şu şekilde formülize edilmiştir (5.4):

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n I(s_i, s_j) \quad (5.4)$$

Bu durumda maksimum kapsamanın sağlanması için sensör düğümü ile gözlemlenen alan arasındaki kesişim maksimize edilirken, sensör düğümlerinin kapsama alanları arasındaki kesişim minimize edilmelidir. Bu da bizim amaç fonksiyonumuzdur $f(objective)$ ve aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir (5.5).

$$f(objective) = \begin{cases} minimize & \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n I(s_i, s_j) \\ maximize & \sum_{i=1}^n C(s_i, A) \end{cases} \quad (5.5)$$

5.2 Uygulanan Genetik Algoritma

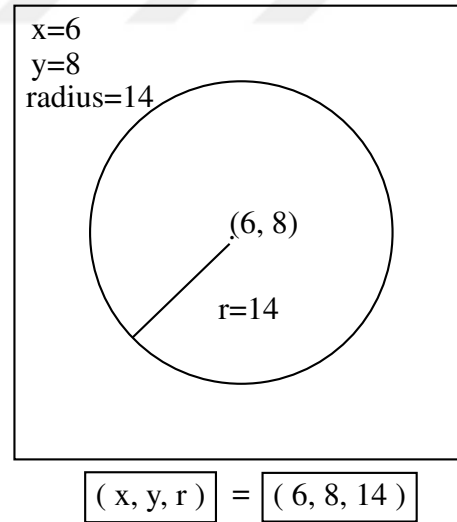
KAA'larda maksimum kapsama sensör yerleştirimi problemi çeşitli sayıda algoritma ile çalışılmıştır ve evrimsel algoritmalar bunlardan en çok kullanılanıdır. Evrimsel algoritmalar sınıfından olan genetik algoritma (GA) ilk olarak Holland tarafından sunulmuştur [20]. GA'nın diskirrit olmayan problemlerdeki yüksek hızı ve başarısı

nedeniyle, bu problemin çözümünde de GA kullanılmıştır.

Genetik algoritma en iyi çözümü bulmayı garanti etmez, ancak yaklaşık en iyi çözümü bulur. Özellikle deterministik metodların olmadığı durumlarda GA'lar kullanılır ve iyi sonuçlar verir. GA şu adımlardan oluşur: ilk popülasyon oluşturulması, uyumluluğun ölçümü, yeniden üretim ve sonlandırma.

5.2.1 İlk popülasyonun oluşturulması

Genetik algortmada kromozom, çözümü gösteren dizi olarak tanımlanır. Gen ise kromozomun ana parçasıdır ve ikili veya gerçek sayı olarak tanımlanabilir. Sunulan genetik algortmada, permutasyon gösterimi denilen gerçek numaralardan oluşan yapı kullanılmıştır. Temel olarak, $i=1,2,...,n$ olmak üzere, s algılayıcı düğümlerinden n tane vardır ve i algılayıcı düğümün kimliğini gösterir. Bu düğümler 2-B alana yerleştirilmiş ve algılayıcı düğümlerin konumları x ve y olarak tanımlanmıştır. Düğümün algılama mesafesi r ' dir. Sunulan GA'da kromozom Şekil 5.2'de sunulduğu gibi; algılayıcıların konumlarını ve algılama mesafelerini gösteren genlerden oluşmaktadır.



Şekil 5.2: Gene structure representation

Bir kromozom Çizelge 5.1'da sunulduğu gibi gen dizisinden oluşur.

Çizelge 5.1: Kromozom yapısı

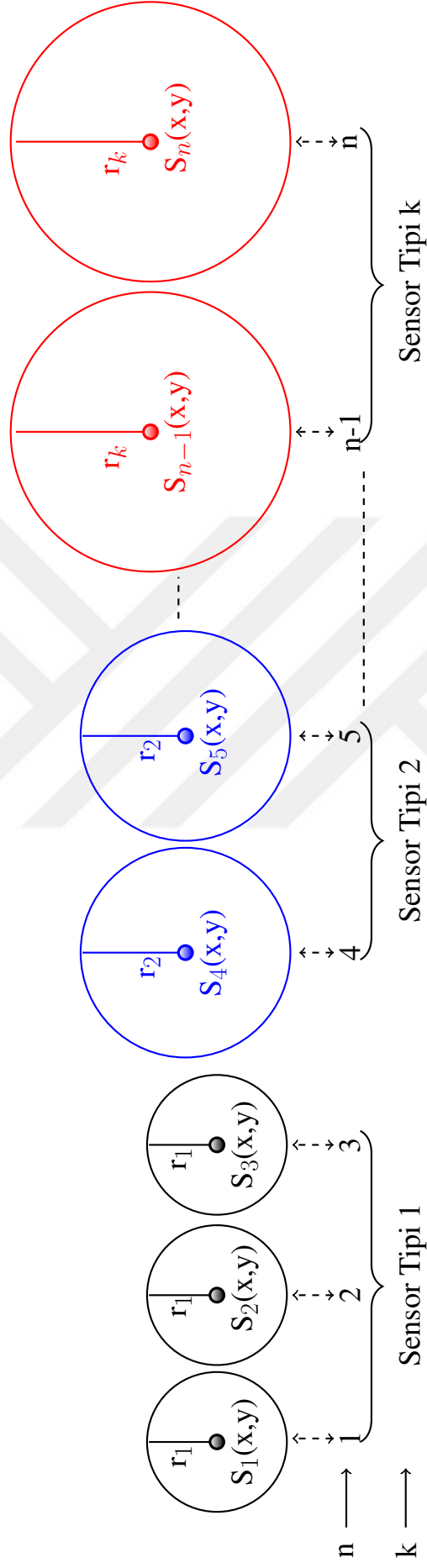
$S(x_i, y_i, r_i)$	$S(x_{i+1}, y_{i+1}, r_{i+1})$	$\dots\dots\dots$	$S(x_n, y_n, r_n)$
--------------------	--------------------------------	-------------------	--------------------

Sunulan genetik algortmadaki gen ve kromozom yapısını daha iyi anlaşılması, algo-

ritmanın da daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Şekil 5.3 'de gösterildiği üzere k çeşit sensör düğümü bulunmaktadır. Her bir sensör düğümü çeşidi ise kendi içerisinde farklı sayılarda olabileceği gibi sunulan algoritmada istenilen sayıda sensör düğümü kullanılabilir. k çeşit n adet sensör düğümünün her birinin konumu $S_n(x,y)$ şeklinde tanımlanmıştır.

Dinamik olarak geliştirilmiş ve sunulmuş olan bu algoritmada n, k ve r değerleri problem karakteristiği ve ihtiyaçlara göre düzenlenebilmekte, istenilen probleme uygun yapıda tasarlanabilmektedir. Bu da algoritmaya esneklik kattığı gibi bir çok probleme de uygulanabilmesini sağlamaktadır.





Şekil 5.3: Kromozom Gösterimi

5.2.2 Değerlendirme fonksiyonu

Problem alanındaki çözümün ne kadar iyi olduğunu tanımlamak için bir parametreye ihtiyaç vardır : değerlendirme/uygunluk fonksiyonu. Bu çalışmada, üzerinde çalışılan maksimum kapsama algılayıcı yerleştirme probleminde değerlendirme fonksiyonu olarak, benzer çalışmalardaki gibi yerleştirilen algılayıcı düğümlerin belirlenen alanda kapsadıkları toplam alanın hesaplanması olarak belirlenmiştir [?]. Yeni nesillerin üretilmesi için seçim aşamasında hesaplanan bu uygunluk değeri kullanılmıştır. Uygunluk değerini hesaplamak GA'da en temel adımlardan bir tanesidir. Bu araştırmada sunulan değerlendirme fonksiyonu şu şekildedir:

$$\sum_{i=1}^n C(s_i, A) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n I(s_i, s_j) \quad (5.6)$$

Sunulan değerlendirme fonksiyonunda s algılayıcı düğüm ve A gözlemlenen alandır. $i=1, 2, 3, \dots, n$ şeklinde numaralandırılmış toplam n tane algılayıcı düğüm yer almaktadır. Alan A 'daki i nci algılayıcı düğümün kapsamı $C(s_i, A)$ olarak tanımlanmıştır. Diğer bir deyişle $C(s_i, A)$, algılayıcı düğümün kapsama alanı ile gözlemlenen alanın kesişimleridir.

Toplam kapsanan alanın matematiksel formüller yardımıyla hesaplanması ve uygulaması zordur. Algılayıcı düğümlerin üst üste gelen kapsama bölgeleri olabilir ve üst üste gelen 2 veya daha fazla algılayıcı düğümün kapsadıkları alanı hesaplaması karmaşıktır. Bu çalışmada kapsanan alan geometrik formüllerle hesaplanmaya çalışılmış, sensör düğümlerinin gözlemlenen bölge dışarısındaki kapsama alanı yeni geliştirilmiş olan ceza yöntemiyle değerlendirmeye katılmıştır.

100x200 2 boyut alanın sınır noktaları koordinat düzlemine $A(x)=100$ ve $A(y)=200$ olarak tanımlansın. $i=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere her bir sensör düğümü S_i koordinat noktaları $S_i(x)$, $S_i(y)$ ve kapsama alanı $S_i(r)$ olsun. Bu durumda oluşacak olan ceza değeri aşağıdaki algoritma ile hesaplanmıştır.

Bu durumda kapsanan alanın hesaplanmasının formulüze edildiği denklemde (5.7) yer alan $C(s_i, A)$ kapsama alanı ise aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

```

ceza  $\leftarrow$  0
if ( $S_i(x) > (A(x)/2)$  and  $A(x) > (S_i(x) + S_i(r))$ ) then
    ceza  $\leftarrow \pi * S_i(r) - 360 + (|S_i(x) - 100| / S_i(r))$ ;

else if ( $S_i(y) > (A(y)/2)$  and  $A(y) > (S_i(y) + S_i(r))$ ) then
    ceza  $\leftarrow \pi * S_i(r) - 360 + (|S_i(y) - 100| / S_i(r))$ ;

else if ( $S_i(x) < (A(x)/2)$  and  $> (S_i(x) - S_i(r))$ ) then
    ceza  $\leftarrow \pi * S_i(r) - 360 + (|S_i(x) - S_i(r)| / S_i(r))$ ;

else if ( $S_i(y) < (A(y)/2)$  and  $> (S_i(y) - S_i(r))$ ) then
    ceza  $\leftarrow \pi * S_i(r) - 360 + (|S_i(y) - S_i(r)| / S_i(r))$ ;

else
    ceza  $\leftarrow$  0;

end if

```

Algorithm 1: Sensör Düğüm Kapsaması Alan Taşmasının Hesaplanması

$$C(s_i, A) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \pi * r^2 - ceza \quad (5.7)$$

5.2.3 Yeniden üretim

Yeni nesillerin üretilmesi için gerekli olan seçim ve genetik operatörler bu adımda anlatılmıştır.

Çizelge 5.2: Genetik algoritma parametreleri

Seçim Metodu	Tournament
Mutasyon Metodu	Single Point
Çaprazlama Metodu	Uniform- BLX- α
Population Metodu	50
Elitist $N_{elitist}$	2
Çaprazlama Olasılığı P_c	0.5
Mutasyon Olasılığı P_m	0.1
İterasyon	1000

Popülasyon sayısı N olarak 50 belirlenmiştir ve seçim için tournament-BLX- α seçim yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemlerden hangisinin kullanılacağına ise 0.5 olasılıkla karar verilmiştir. Sonrasında; her iterasyonda seçilen ebeveynlere, $P_m=0.1$ olasılığında mutasyon ve $P_c=0.5$ olasılığında çaprazlama genetik operatörleri uygulanmıştır. En iyi 2 ebeveyn $N_{elitist}=2$ elitist yaklaşımı gereği saklanmıştır. Sonrasında yeniden üretim metodları geriye kalan $N-N_{elitist}=48$ ebeveyne yeni nesil üretmek için uygulanmıştır.

5.2.4 Ebeveyn seçimi

Bu adımda yeni nesil oluşturmak için seçimin nasıl yapıldığı anlatılmaktadır. Tournament seçim yöntemi uygulanmıştır ve şu şekilde açıklanmıştır; n tane rastgele ebeveyn seçildikten sonra en iyi olan ebeveyn - en iyi uygunluk değerine sahip olan- seçilir. Bu çalışmada $n=2$ ebeveyn rastgele seçilmiştir, sonrasında ise en iyi olan, ilk ebeveyn olarak seçilmiştir. Bundan sonra, ikinci ebeveyni yeniden üretim için belirlemek amacıyla seçim işlemi bir kez daha tekrarlanmıştır. Bu seçim yöntemi rastgeleliği kaybetmeden elitisim sağlamak için kullanılmıştır.

5.2.5 Genetik operatörler

- **Çaprazlama :** Bu çalışmada keşfetme yaklaşımı nedeniyle uniform çaprazlama metodu kullanılmıştır. Uniform çaprazlamada her bir genin hangi ebeveyninden alınacağına değişim için karar verilir. Seçim sonrası, $P_c=0.5$ olasılığında yeni çocuğa hangi genin transfer edileceğine karar verilir.
- **Mutasyon :** Uygulamanın karakteristik özellikleri nedeniyle biraz değişiklik yapılarak random point mutasyon metodu kullanılmıştır. Random point mutasyon yönteminde, kromozomdan seçilen gene mutasyon uygulanır. Bu uygulamada ise gen yerleri değiştirilmemiş (x,y) formatındaki genler yeniden üretilmiştir. Mutasyon seçilen 2 ebeveyn için $P_m=0.1$ mutasyon olasılığıyla gerçekleştirilmiştir.

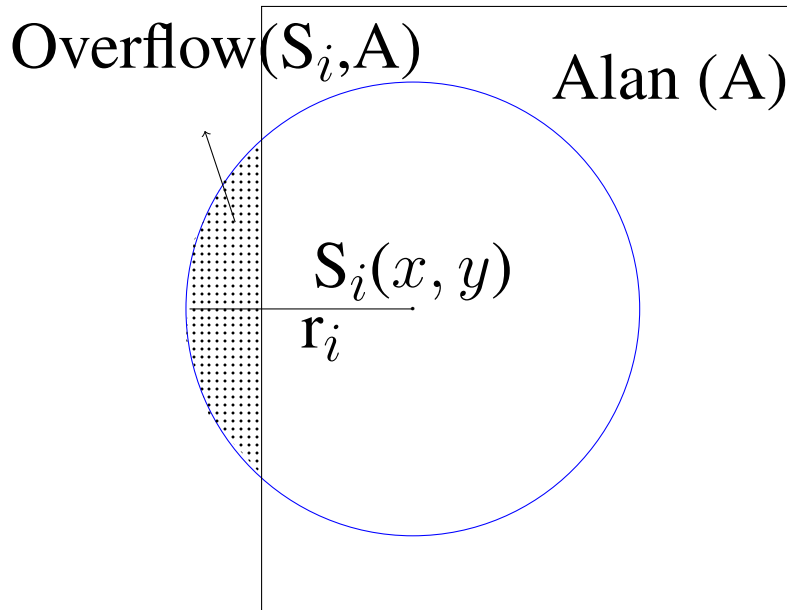
5.2.6 Sonlandırma kriteri

Sonlandırma kriteri olarak 1000 iterasyon uygulanmıştır. Ayrıca 20 iterasyon sonrasında eğer uygulama daha iyi kapsama bulamazsa yine algoritma sonlandırılır.

5.3 Yerel Optimizasyon

MCSDP’de kapsamanın maksimum seviyede olabilmesi için gözlemlenen alana yerleştirilen sensör düğümlerinin mümkün olduğunca alan A içerisinde olması gerekir. Aynı zamanda, aynı alanı kapsayan sensör düğümleri mümkün olduğunca en az sayıda olmalıdır. Diğer bir deyişle sensör düğümlerinin kapsama kesişimleri minimum seviyede olmalıdır. Bunu sağlayabilmek amacıyla sunulan algorithmada yeni bir yerel optimizasyon algoritması geliştirilmiş ve uygulanmıştır.

Gözlemlenecek alanımız Alan (A) ve sensör düğümü S olmak üzere $i=1,2,3,...,n$ şeklinde sensör düğümleri numaralandırılsın. Sensör düğümlerinin yerleştirildikleri 2-B alandaki konulamaları $S_i(x,y)$ olarak tanımlansın. Sensör düğümünün kapsama yarıçapı r_i ’ dir. Sensör düğümünün gözlemlenen alan dışında kalan kapsama alanı $overflow(S_i,A)$ olarak tanımlanmış ve Şekil 5.4’ de gösterilmiştir.



Şekil 5.4: Taşma Alanı

Kapsama alanı gözlemlenen alan A dışarısında olan sensör düğümlerinin gözlemlenen

alan içerisine kaydırılması ile kapsamanın artırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle sensör düğümünün 2-B alanda yerleştirildiği konumları x ve y kapsama yarıçapları ise r 'dir. $A(x)$ ve $A(y)$ gözlemlenen alanın sırasıyla x ve y koordinatlarındaki en son noktasıdır. 100×200 gözlemlenen alan A için $A(x)=100$ ve $A(y)=200$ 'dür.

M_{of} değeri ise gözlemlenen alan dışına çıkan sensör düğümünün hangi oranda alan içerisine kaydırılacağını gösteren parametredir. $M_{of}=0.5$ olarak belirlenmiştir.

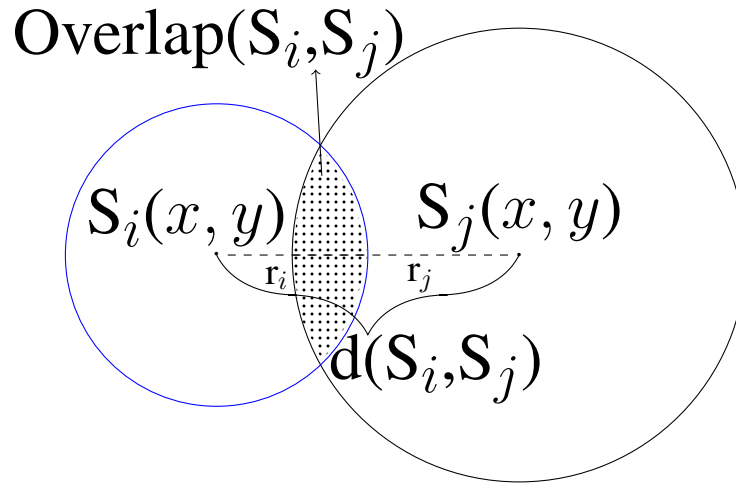
Gözlemlenen alan dışarısında kapsaması olan sensör düğümünün gözlemlenen alan içerisine doğru kaydırılması işlemi aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (5.8).

$$S(x, y) = \begin{cases} x - r < 0 & , x = x + |(x - r)| * M_{of} \\ x + r > A(x) & , x = x - ((x + r) - A(x)) * M_{of} \\ y - r < 0 & , y = y + |(y - r)| * M_{of} \\ y + r > A(y) & , y = y - ((y + r) - A(y)) * M_{of} \end{cases} \quad (5.8)$$

Diğer bir problem de sensör düğümlerinin gözlemlenen alan içerisinde aynı alanı kapsamaları, yani kapsadıkları alanda kesişimlerin olmasıdır. Bunu çözebilmek için kapsamlarında kesişim alanları olan sensör düğümleri birbirlerinden zıt yönlü uzaklaştırılmalıdır. S_i ve S_j kapsama alanlarında kesişim olan iki sensör düğümümüz olsun. Sensör düğümlerinin 2-B Öklit mesafeleri $d(S_i, S_j)$ ve kapsama yarıçapları sırasıyla r_i ve r_j olsun. Buna göre $d(S_i, S_j)$ mesafesi $r_i + r_j$ değerinden küçükse kesişimin olduğu anlamına gelir. Belirtilen yöntem aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir (5.9).

$$Intersection = \begin{cases} d(S_i, S_j) - (r_i + r_j) < 0 & , 1 \\ otherwise & , 0 \end{cases} \quad (5.9)$$

S_i ve S_j sensör düğümlerimiz olmak üzere sensör düğümlerinin 2-B konumları $S_i(x, y)$ ve $S_j(x, y)$, aralarındaki mesafe ise $d(S_i, S_j)$ 'dir. Kapsamalarının kesiştiği, yani üst üste geldiği alan $overlap(S_i, S_j)$ olarak tanımlanmış ve Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Intersection between nodes

Sensör düğümleri arasında kesişim varsa, kesişim mesafesi $Int(S_i, S_j)$ olarak gösterilir:

$$Int(S_i, S_j) = | d(S_i, S_j) - (r_i + r_j) | \quad (5.10)$$

Sensör düğümlerinin birbirlerinden ayrılması işleminin hangi ölçüde ve seviyede olacağını belirlemek amacıyla M_{ol} parametresi kullanılmıştır. Bu parametre oldukça küçük tutularak mevcut çözüm üzerinde -özellikle yüksek yoğunlukla yerleştirilmiş WSN topolojilerinde- karakteristik olarak değişiklere yol açmamak amaçlanmıştır. $M_{ol}=0.01$ olarak belirlenmiş ve sensör düğümlerinin kapsama kesişimlerinin indirgenmesi işlemi $S_i(x)$ ve $S_i(y)$ değerlerinin arasındaki ilişkiye göre, yeni $S_i(x)$ ve $S_i(y)$ değerlerinin belirlenmesi aşağıdaki şekilde formülize edilmiştir (5.11).

$$\begin{aligned}
S_i(x) > S_j(x) &= \begin{cases} S_i(x) = S_i(x) + (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \\ S_j(x) = S_j(x) - (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \end{cases} \\
S_i(x) < S_j(x) &= \begin{cases} S_i(x) = S_i(x) - (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \\ S_j(x) = S_j(x) + (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \end{cases} \\
S_i(y) > S_j(y) &= \begin{cases} S_i(y) = S_i(y) + (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \\ S_j(y) = S_j(y) - (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \end{cases} \\
S_i(y) < S_j(y) &= \begin{cases} S_i(y) = S_i(y) - (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \\ S_j(y) = S_j(y) + (Int(S_i, S_j) * M_{ol}); \end{cases}
\end{aligned} \tag{5.11}$$

5.4 DeneySEL SonuÇlar

5.4.1 Test verisi

Bu çalışmada, deneyler ilk olarak 100x100 2-B Öklit alanında A -gözlemlenen alan- yapılmıştır. Sunulmuş olan test verilerindeki r_s algılama mesafesi, literatürde de olduğu gibi, gerçek-dünya algılayıcı bilgilerinden faydalanılarak üretilmiştir [?, 11]. Her bir test dizesi için algılama mesafeleri, $r_s=14, 6, 8, 12$ olarak belirlenmiştir. Her bir test dizisinde kaç tane algılayıcı düğüm olacağı ise yaklaşık yoğunluk değerlerini sağlayacak şekilde hesaplanmıştır. Test dizilerindeki yoğunluk değerleri sırasıyla şu şekildedir: $\alpha=0.61, 0.70, 0.80, 0.90$. Her bir test dizisinde kaç adet algılayıcı yerleştirileceği şu şekilde formülize edilmiştir (5.12):

$$n = \frac{\alpha * A(alan)}{\pi * r_i^2} \tag{5.12}$$

Her bir test dizesi için farklı yoğunluk değeri α kullanılmıştır. Yapılan ilk çalışmada kullanılan test parametreleri Çizelge 5.3’de sunulmuştur. Bu test verileri homojen topolojiye sahip KAA kapsama yerleştirimi için üretilmiştir.

Çizelge 5.3: Homojen KAA topolojileri İçin test örnekleri

Area (A)	Örnek	r	n	α
100x100	i-0.6	14	10	0.61
	i-0.7	6	62	0.70
	i-0.8	8	40	0.80
	i-0.9	12	20	0.90

Ayrıca Çizelge 5.3’de yer alan homojen KAA topolojisi için kullanılan test verilerinin yanı sıra heterojen KAA topolojisi içinse literatürde kullanılan test verileri kullanılmış [?] ve Çizelge 5.4’de sunulmuştur. Belirtilen çalışmada kullanılan test verilerinde farklı r_i kapsama mesafelerine sahip $i=3$ adet darklı sensör düğümü tipi kullanılmıştır. Belirlenen α yoğunluk oranlarına göre önceden belirtildiği üzere kaç adet sensör düğümü düğümü kullanılması gerektiği hesaplanmıştır. Belirtilen test verilerinde, her bir test kümesi için sırasıyla ”14.00, 11.20 ve 8.96”, ”12.00, 9.60, 7.68”, ”10.00,. 8.00, 6.40”, ”8.00, 6.40, 5.12” ve ”6.00, 4.80, 3.84” kapsama mesafesine sahip sensör düğümleri kullanılmış olup ”0.70, 0.80, 0.90” α yoğunluk oranlarının sağlanması için ” n_1, n_2, n_3 ” sensör düğümü sayıları belirlenmiştir.

Çizelge 5.4: Heterojen KAA topolojileri için test örnekleri (Benzer Çalışmalar)

Örnek	r_1	n_1	r_2	n_2	r_3	n_3	n	α
S-1-0.7	14.00	5	11.20	5	8.96	7	17	0.68
S-2-0.7	12.00	6	9.60	8	7.68	10	24	0.69
S-3-0.7	10.00	8	8.00	12	6.40	16	36	0.70
S-4-0.7	8.00	12	6.40	18	5.12	27	57	0.70
S-5-0.7	6.00	22	4.80	32	3.84	47	101	0.70
S-1-0.8	14.00	5	11.20	6	8.96	10	21	0.80
S-2-0.8	12.00	6	9.60	9	7.68	14	29	0.79
S-3-0.8	10.00	9	8.00	13	6.40	19	46	0.79
S-4-0.8	8.00	14	6.40	23	5.12	29	63	0.78
S-5-0.8	8.00	25	4.80	36	3.84	55	116	0.80
S-1-0.9	14.00	6	11.20	7	8.96	10	23	0.90
S-2-0.9	12.00	7	9.60	11	7.68	14	32	0.89
S-3-0.9	10.00	11	8.00	14	6.40	21	46	0.90
S-4-0.9	8.00	16	6.40	23	5.12	34	73	0.90
S-5-0.9	6.00	28	4.80	41	3.84	61	130	0.90

5.4.2 Deneysel sonuçlar

Kablosuz algılayıcı ağlarda algılayıcı düğümler genellikle rastgele yerleştirilirler. Ancak rastgele yerleştirim çoğu durumda etkin değildir. Ayrıca, rastgele yerleştirme metodu kullanıldığında, gözlemlenen alandaki kapsama boşluklarını en aza indirmek için, sensör düğümler yüksek yoğunlukta yerleştirilmelidir.

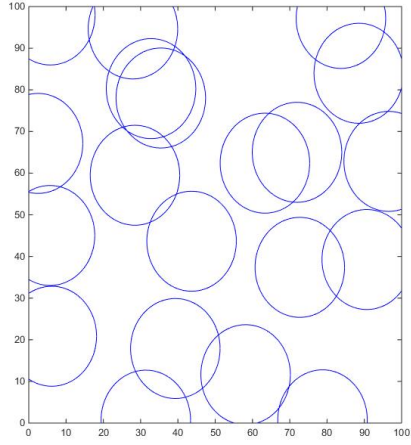
Algılayıcı düğüm maliyeti ve iletilen verinin oluşturduğu maliyet değerlendirildiğinde, yüksek yoğunluklu sensör düğüm yerleştirimi etkin bir yöntem değildir. KAA'larda uğraşılacak en temel problemlerden bir tanesi olan iletilen verinin yüksek oranda artmasıdır ki, bu da enerji tüketimindeki en temel etkidir. Çünkü, algılayıcı düğümlerdeki en fazla enerji tüketimi olan işlem veri iletimidir.

Sensör düğümlerin yerleştirmesini, uygulanabilen tüm alanlarda manuel olarak

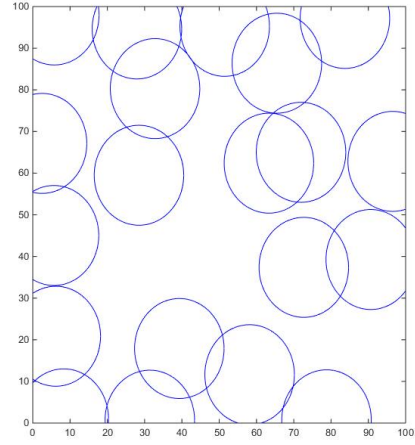
yerleştirmek rastgele yerleştirmekten daha etkin olacaktır. Daha önceden açıklanan nedenlerden dolayı, geliştirilen genetik algoritma, sunulmuş olan yoğunluk oranlarına α göre hazırlanmış olan test verilerine uygulanmıştır. Bu deneyde, gözlemlenen alanın maksimum seviyede kapsanması amaçlanmıştır.

GA için kodlanmış şekilde olan çözüm setinin uygunluk değeri, iterasyonlara bağlı olarak üssel bir şekilde artması beklenir. Yapılan homojen KAA kapsama yerleştirmesi çalışmasında, sunulan yalın GA (GA_p), i-0.9 test verisine uygulanmış ve iterasyonlara bağlı olarak elde edilen topoloji (a)'dan (f)'ye kadar 9 adımda Şekil 5.6'da sunulmuştur. İlk yerleştirim ayrıca rastgele yerleştirim olarak da bilinmektedir ve Şekil 5.6 (a)'da sunulmuştur. Sonrasında (b)'den (f)'ye kadar iterasyon artışına bağlı olarak elde edilen yerleştirim topolojileri sunulmuştur.

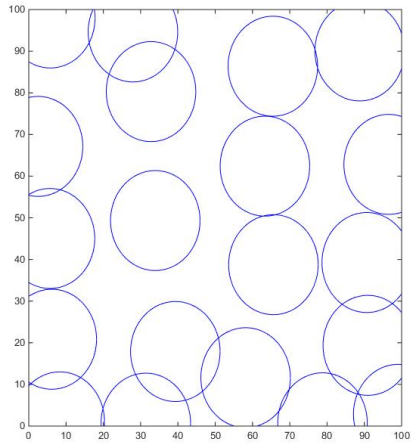
İlk rastgele yerleştirim topolojisinde Şekil 5.6 (a) gözlemlenen alan dışında kısmen kapsaması olan ve üst üste kapsama alanları olan bir çok sensör düğüm olduğu görölmektedir. Sunulan GA ile elde edilen topolojilerde (b-f), kesişimlerin azaldığı, yani yerleştirme stratejisinin başarısının arttığı, gözlemlenmektedir. Ayrıca sunulan GA test verileriyle çalışma üzerinde başarılı olduğunu kanıtlamıştır.



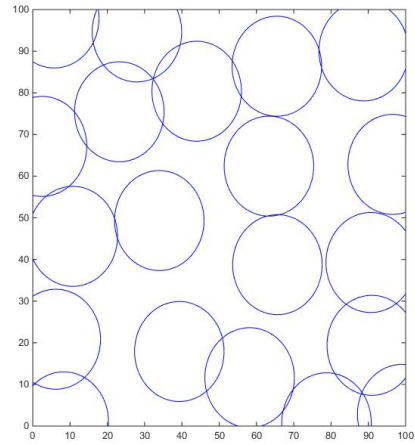
(a)



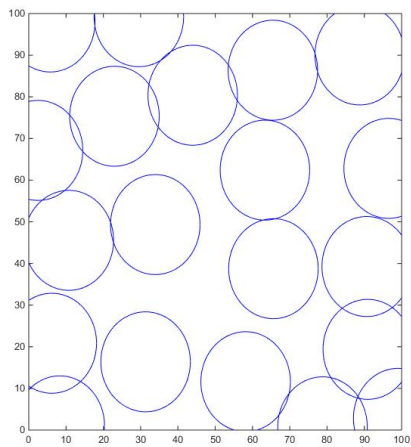
(b)



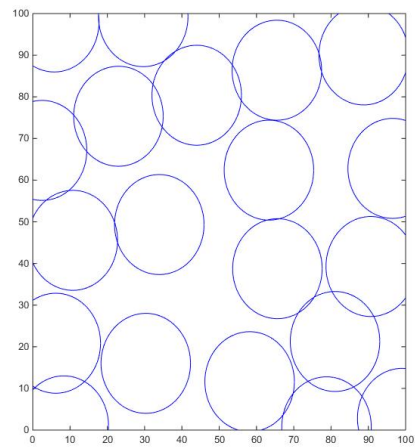
(c)



(d)



(e)

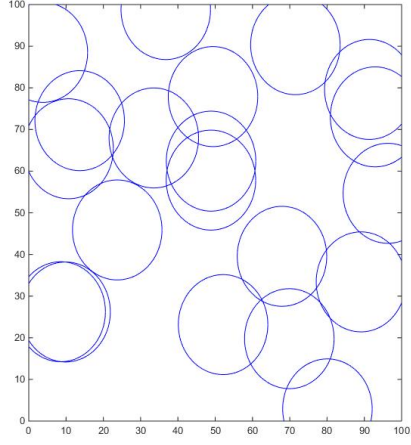


(f)

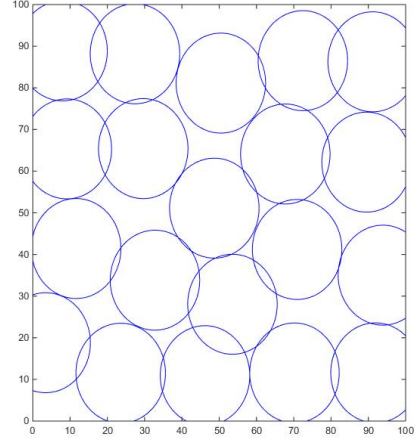
Şekil 5.6: Homojen KAA topolojisi GA_p ile kapsama artırımı

5.6(a)'da sunulmuş olan homojen KAA topolojisi (GA_p) ile gerçekleştirilmiştir. Yerel iyileştirme algoritması ile kullanılan (GA_{Lopt}) algoritmasının sonuçları ise Şekil 5.7'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara yerel iyileştirme algoritması ile beraber uygulanan (GA_{Lopt}) daha hızlı sonuç elde ederken daha verimli ve etkin kapsama sağlamıştır. Böylece homojen yapıdaki KAA'larda geliştirilmiş olan (GA_{Lopt})'un daha etkin görülmüştür.

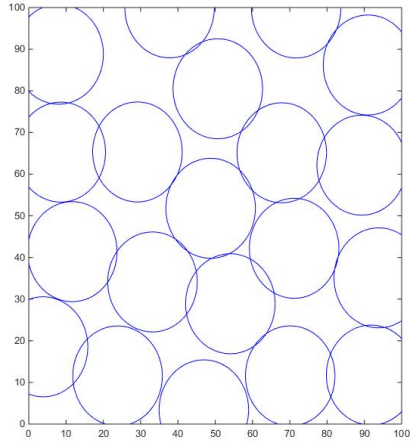




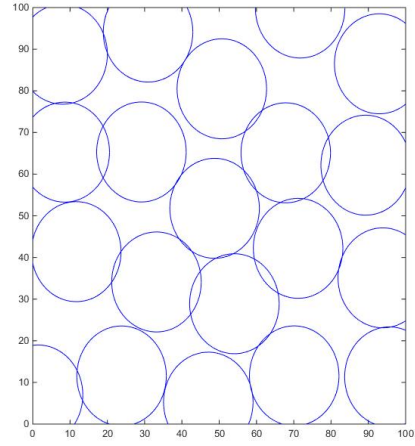
(a)



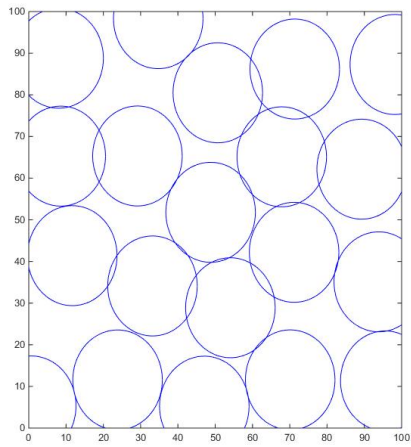
(b)



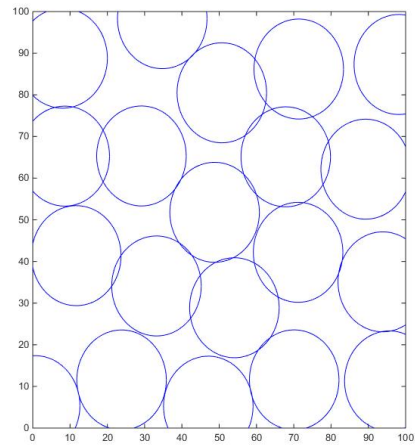
(c)



(d)



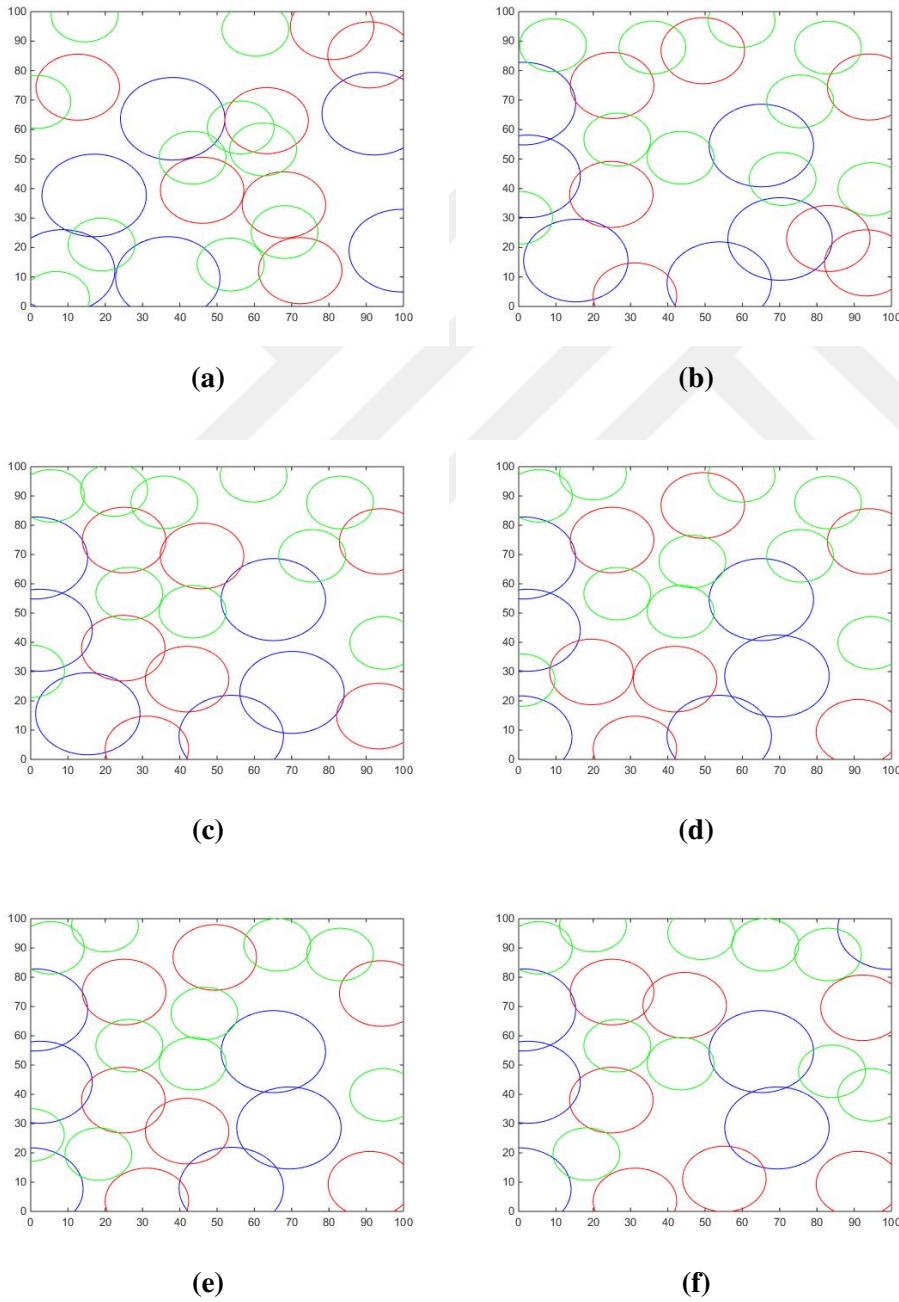
(e)



(f)

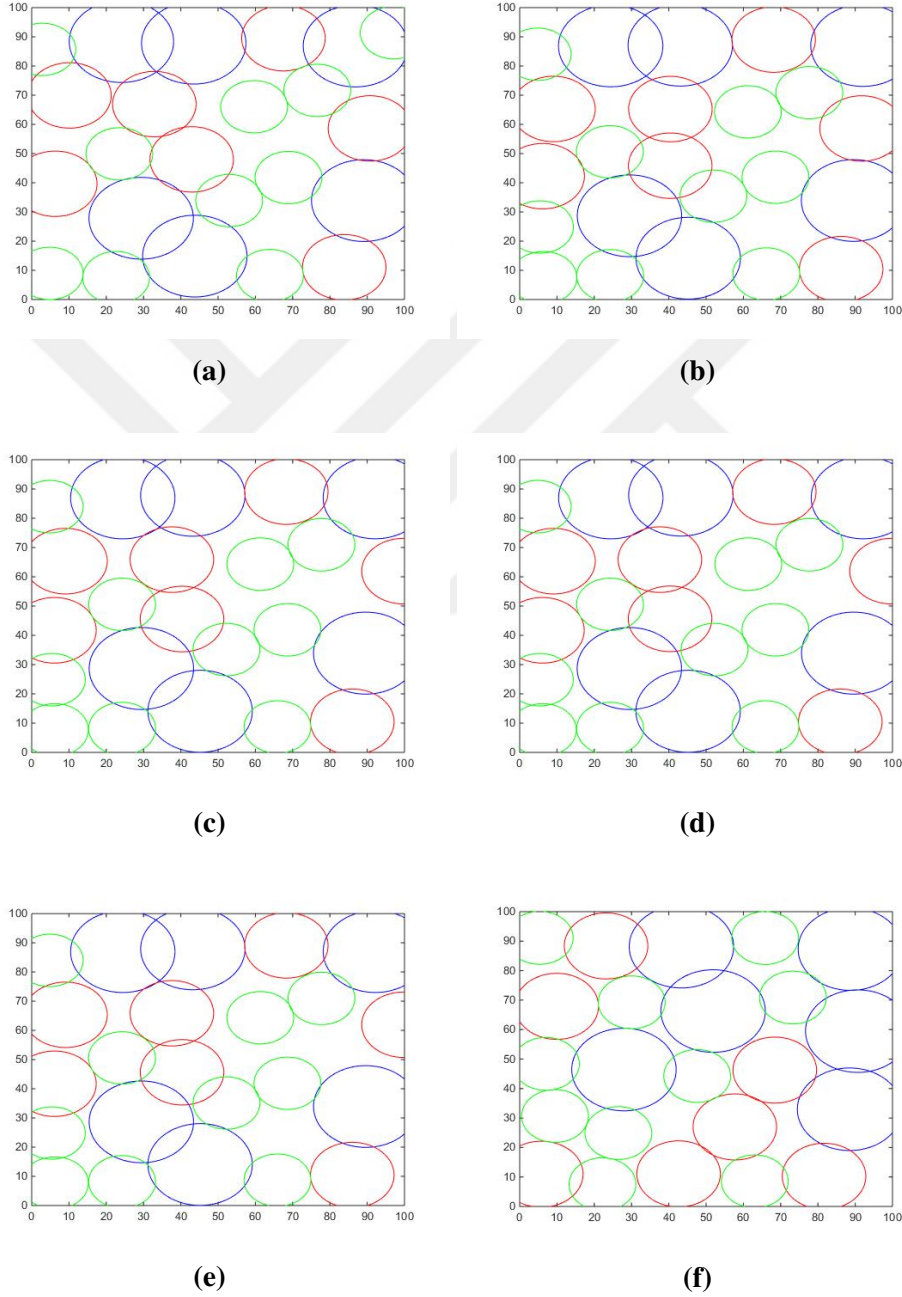
Şekil 5.7: Homojen KAA topolojisi GA_{Lopt} ile kapsama artırımı

Yapılan homojen KAA topoloji kapsama deneylerinin ardından heterojen KAA topolojilerinde belirtilen algoritmalar denenmiş olup S-0.9 test verisinin yalın GA (GA_p) ile uygulanması sonucu için elde edilen sonuçlar Şekil 5.8’de sunulmuştur. 3 farklı sensör düğümü kullanılmış olan test verisinde kapsamanın algoritma tarafından başarılı bir şekilde gerçekleştiği gözlemlendiği gibi geliştirilen algoritma sensör tipi sayısının artırılmasına da müsaade etmektedir.



Şekil 5.8: Heterojen KAA topolojisi GA_p ile kapsama artırımı

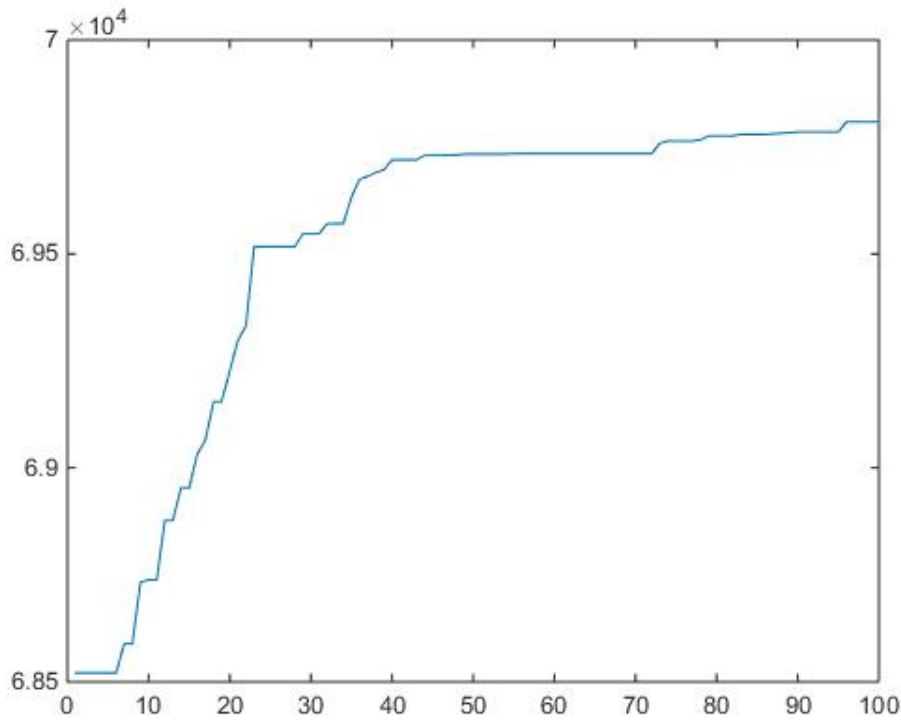
S-0.9 test verisinin heterojen KAA topolojisine (GA_p) ile uygulanan ve Şekil 5.8 (a)'da sunulan başlangıç topolojisi, (GA_{Lopt}) algoritmasının denendiği topolojide de başlangıç durumu olarak ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 5.9'de sunulmuş olup homojen KAA topolojisinde de görüldüğü üzere (GA_{Lopt})'un, (GA_p)'ye göre daha iyi kapsama sağlandığı görülmüştür.



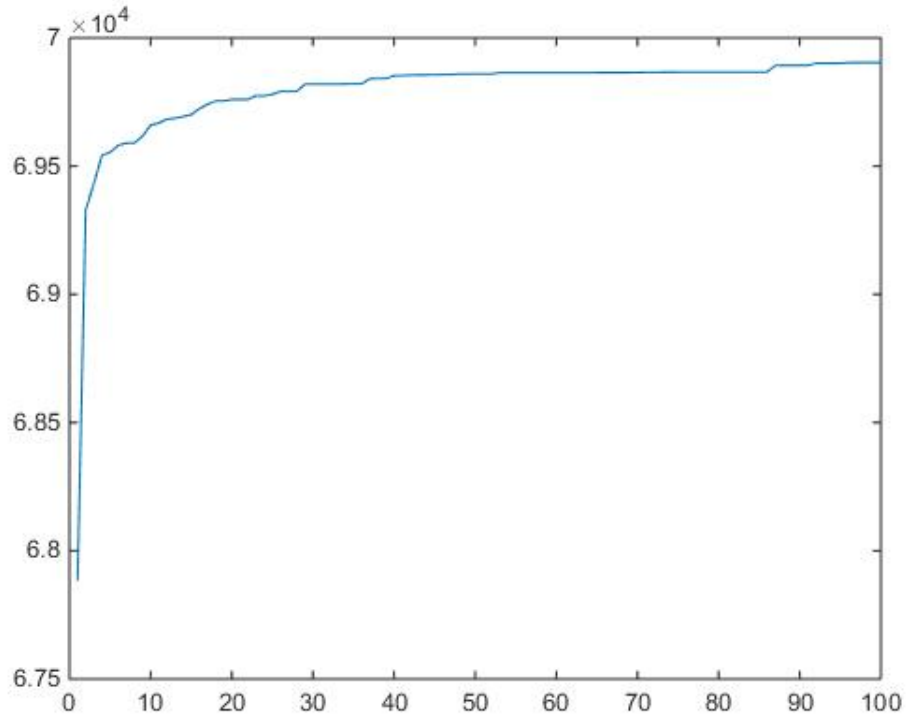
Şekil 5.9: Heterojen KAA topolojisi GA_{Lopt} ile kapsama artırımı

İterasyonların artmasıyla, nesillere uygulanan genetik operatörlerin de yardımıyla,

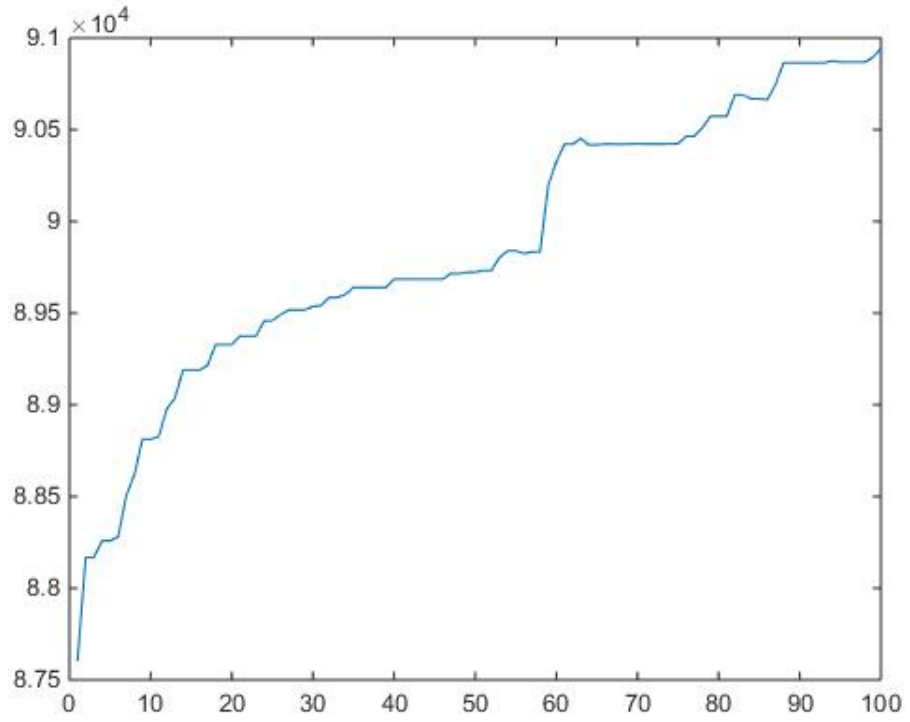
daha iyi nesiller üretilmektedir. Bu GA'nın temel karakteristiğidir. Geliştirilen yalın genetik algoritma (GA_p) ve yerel iyileştirme algoritmasıyla kullanılan GA (GA_{Lopt}), sunulan tüm test verileriyle gerçekleştirilmiştir. i-0.9 test verisinin homojen KAA topolojisine uygulanması sonucu (GA_p) ile elde edilen test sonuçları Şekil 5.10'de, (GA_{Lopt}) ile elde edilen test sonuçları Şekil 5.11'de sunulmuştur. Heterojen KAA topolojisine uygulanan (GA_p) test sonuçları Şekil 5.12'de, (GA_{Lopt}) test sonuçları Şekil 5.13'de sunulmuştur. Yapılan deneyler -100x100 alanda ve 100 iterasyon uygulanması-başlangıçta uygunluk değerinin yüksek oranda artış gösterdiğini daha sonrasında ise stabil hale geldiğini göstermiştir. Bu da sunulan GA'nın stabil olduğunu, GA'nın temel karakteristik özelliklerini gösterdiğini ve her çeşit kapsama problemine uygulanabilir olduğunu göstermektedir.



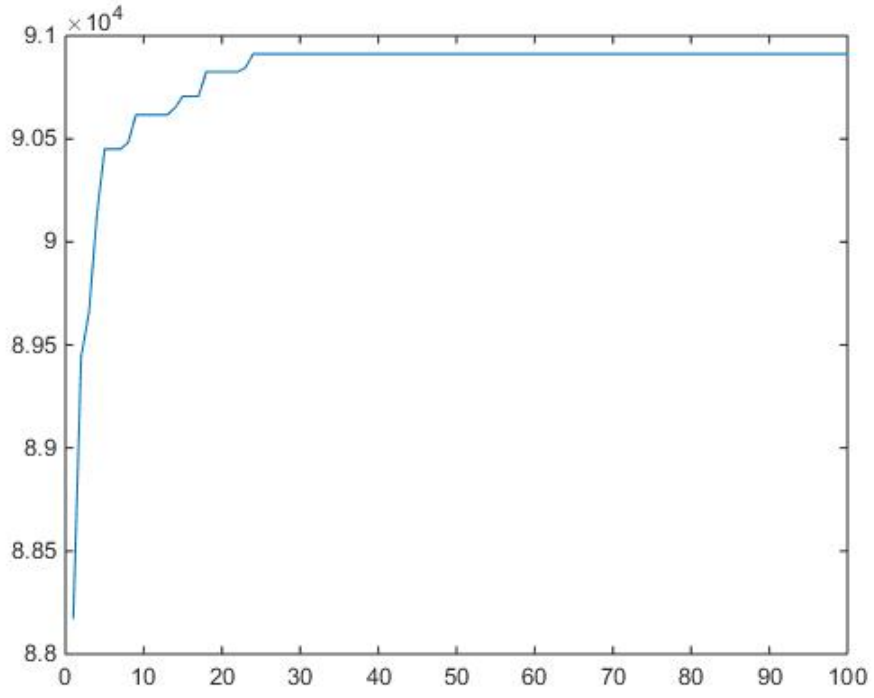
Şekil 5.10: Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı homojen KAA GA_p



Şekil 5.11: Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı homojen KAA GA_{Lopt}



Şekil 5.12: Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı heterojen KAA GA_p



Şekil 5.13: Kapsamanın iterasyonlara bağlı artışı heterojen KAA GA_{Lopt}

6 SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMA

KAA'ların temel problemlerinden olan maksimum kapsama sensör düğümü yerleştirme problemi bu çalışmada ele alınmıştır. MKSYP probleminde çözüm aranırken KAA topolojilerinin homojen ve heterojen yapıda olabileceği değerlendirilerek her iki topoloji için de deneyler yapılmış, test verileri hazırlanmış ve kullanılmıştır. Bu amaçla evrimsel algoritmaların en çok kullanılan algoritmalarından bir tanesi olan GA, diskrit olmayan ve NP-zor problemlerdeki başarısından dolayı tercih edilmiştir. Çalışmada sunulmuş olan yalın genetik algoritma GA_p ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bunun yanı sıra yerel iyileştirme algoritması geliştirilerek generik algoritma ile GA_{Lopt} kullanılmıştır. Sunulmuş olan her iki algoritma da homojen ve heterojen KAA topolojilerine uygulanarak kapsamaları ve performansları karşılaştırılmıştır. Bunun için hazırlanmış olan test verileri homojen ve heterojen KAA topolojileri için ayrı ayrı sunulmuştur.

Hazırlanan test verileri ile geliştirilen GA_{Lopt} ve GA_p algoritmaları homojen ve heterojen KAA topolojilerine uygulanmıştır. Sonuç olarak geliştirilen GA'nın her iki KAA topolojisinde de başarı ile çalıştığı, GA_{Lopt} 'nın GA_p algoritmasına göre aynı topolojilerde karşılaştırıldığında daha performanslı çalıştığı ve daha iyi kapsama topolojisine eriştiği görülmüştür.

Gelecek çalışmalarda homojen ve heterojen KAA topolojilerinde kapsama artırılırken bağlılık (connectivity) parametresi de ele alınacaktır. Böylece kapsama sağlanırken KAA'larda büyük öneme sahip olan bağlılığın da garantilenmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca 3 boyutlu alanlarda engelli arazi şartlarında da bağlılığın sağlanarak kapsamanın maksimum seviyeye çıkarılması üzerine çalışılacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] **Sahingöz, O.K.**, 2014. "*Networking Models in Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): Concepts and Challenges*", pp 513-527, Journal of Intelligent and Robotic Systems, April, Volume 74, Issue 1, 11–19.
- [2] **Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. ve Cayirci, E.**, 2002. "*A Survey on Sensor Networks*", pp. 102-114, IEEE Commun. Mag., vol. 40, no. 8, 11–19.
- [3] **Puccinelli, D. ve Haengi, M.**, 2005. "*Wireless Sensor Networks: Applications And Challenges Of Ubiquitous Sensing*", pp. 19–31, IEEE Circuits Syst. Mag., vol. 5, no. 3, 11–19.
- [4] **Bekmezci, I., Sahingöz, O.K. ve Temel, S.**, 2013. "*Flying Ad-Hoc Networks (FANETs): A survey*", Pages 1254–1270, Journal of Ad Hoc Networks, Volume 11, Issue 3, 11–19.
- [5] **Bekmezci, I. ve Alagoz, F.**, 2009. "*Energy Efficient, Delay Sensitive, Fault Tolerant Wireless Sensor Network for Military Monitoring*", International Journal of Distributed Sensor Networks, Volume 5, Issue 6, 11–19.
- [6] **Unaldi, N. ve Temel, S.**, 2014. "*Wireless Sensor Deployment Method on 3D Environments to Maximize Quality of Coverage and Quality of Network Connectivity*", 22-24 October, San Francisco, USA, The World Congress on Engineering and Computer Science 2014 Vol II, WCECS 2014, 11–19.
- [7] **Temel, S., Unaldi, N. ve Kaynak, O.**, 2014. "*On Deployment of Wireless Sensors on 3-D Terrains to Maximize Sensing Coverage by Utilizing Cat Swarm Optimization With Wavelet Transform*", pp. 11-120, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, Volume:44 , Issue: 1, 11–19.
- [8] **Akyildiz, I. ve Vuran, M.C.**, 2010. "*Wireless Sensor Networks*", John Wiley and Sons Ltd., 11–19.
- [9] **Zhang, H. ve Liu, C.**, 2012. "*A Review on Node Deployment of Wireless Sensor Network*", Int. Journal of Computer Science Issues, Vol. 9, Issue 6, No 3, 11–19.
- [10] **Al-Karaki, J.N. ve Kamal, A.E.**, 2004. "*Routing Techniques In Wireless Sensor Networks: A Survey*", IEEE Wireless Communications, 11–19.
- [11] **Zou, Y. ve Chakrabarty, K.**, 2003. "*Sensor Deployment and Target Localization Based on Virtual Forces*", San Francisco, CA, pp. 1293-1303 vol.2., Twenty-Second Annual Joint Conf. of the IEEE Computer and Communications, IEEE Societies, 11–19.
- [12] **Lam, M.L. ve Liu, Y.H.**, 2007. "*Heterogeneous Sensor Network Deployment Using Circle Packings*", Rome, Italy, pp. 4442-4447, IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 11–19.

- [13] **Kumrai, T., Champrasert, P. ve Kuawattanaphan, R.**, 2013. "*Heterogeneous Wireless Sensor Network (WSN) Installation Using Novel Genetic Operators in a Multiobjective Optimization Evolutionary Algorithm*", Shenyang , pp. 606-611, Ninth Int. Conf. on Natural Computation (ICNC), 11–19.
- [14] **Deif, D. ve Gadallah, Y.**, 2015. "*Wireless Sensor Network Deployment Using Stochastic Optimization Techniques - A Comparative Study*", Trivandrum, pp. 131-138, Int. Conf. on Computing and Network Communications (CoCoNet), 11–19.
- [15] **Liu, X.**, 2012. "*Sensor Deployment of Wireless Sensor Networks Based on Ant Colony Optimization with Three Classes of Ant Transitions*", pp. 1604-1607, IEEE Communications Letters, vol. 16, no. 10, 11–19.
- [16] **Patil ve Suresha, T.**, 2015. "*Deployment Algorithms in WSN - A study*", Bangalore, pp. 529-535., IEEE Int. Advance Computing Conference (IACC), 11–19.
- [17] **Abo-Zahhad, M., Ahmed, S.M., Sabor, N. ve Sasaki, S.**, 2014. "*Coverage Maximization in Mobile Wireless Sensor Networks Utilizing Immune Node Deployment Algorithm*", Toronto, pp. 1-6., IEEE 27th Canadian Conf. on Electrical and Computer Eng. (CCECE), 11–19.
- [18] **Seo, J., Kim, Y., Ryou, H., Cha, S. ve Jo, M.**, 2008. "*Optimal Sensor Deployment for Wireless Surveillance Sensor Networks by a Hybrid Steady-State Genetic Algorithm*", pp. 3534-3543, IEICE Trans.Comm., vol. E91-B, no. 11, 11–19.
- [19] **Back, T.**, 1996. "*Evolutionary Algorithms in Theory And Practice: Evolution Strategies, Evolutionary Programming, Genetic Algorithms*", Oxford Univ. Press, 11–19.
- [20] **Holland, J.**, 1975. "*Adaptation in Natural and Artificial Systems*", Ann Arbor, University of Michigan Press., 11–19.
- [21] **Indhumathi, S. ve Venkatesan, D.**, 2015. "*Improving Coverage Deployment for Dynamic Nodes Using Genetic Algorithm in Wireless Sensor Networks*", Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(16), 11–19.
- [22] **Sahingöz, O.K.**, 2014. "*Generation of Bezier Curve-Based Flyable Trajectories for Multi-UAV Systems with Parallel Genetic Algorithm*", April, Journal of Intelligent and Robotic Systems, Volume 74, Issue 1, pp. 499-511, 11–19.
- [23] **Zorlu, O.**, 2015. "*Routing Unmanned Aerial Vehicles as Adapting to Capacitated Vehicle Routing Problem with Genetic Algorithms*", pp. 675 - 679, Istanbul, 7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST), 11–19.
- [24] **Kaur, S. ve Uppal, R.S.**, 2015. "Dynamic Deployment of Homogeneous Sensor Nodes Using Genetic Algorithm with Maximum Coverage, Int. Conf. on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom), New Delhi, IEEE, 470–475.

- [25] **Gupta, ve, S.K., Kuila, P. ve Jana, P.K.**, 2015. Genetic Algorithm Approach for k-Coverage and m-Connected Node Placement in Target Based Wireless Sensor Networks, Computers and Electrical Engineering, New Delhi, Elsevier, 470 – 475.
- [26] **Gau, R. ve Peng, Y.**, 2015. A Dual Approach for The Worst-Case-Coverage Deployment Problem in Ad-Hoc Wireless Sensor Networks, IEEE Int. Conf. on Mobile Ad Hoc and Sensor Systems, Vancouver, IEEE, 427–436.
- [27] **Kumrai, T., Champrasert, P. ve Kuawatanaphan, R.**, 2013. "*Heterogeneous wireless sensor network (WSN) installation using novel genetic operators in a multiobjective optimization evolutionary algorithm*", 2013 Ninth International Conference on Natural Computation (ICNC), 2157–9563.
- [28] **Deif, D. ve Gadallah, Y.**, 2014. "*Classification of Wireless Sensor Networks Deployment Techniques*", IEEE Communications Surveys Tutorials, Volume: 16, Issue: 2, 834–855.
- [29] **Roundy, S., Wright, P.K. ve Rabaey, J.M.**, 2005. "*Energy Scavenging for Wireless Sensor Networks: with Special Focus on Vibrations*", Springer.
- [30] **Holland, J.H.**, 1975. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence, U Michigan Press.
- [31] **Wangx, B.** Introduction to Genetic Algorithms, Genetic Algorithms Research and Applications Group (GARAGe), Michigan State University, USA.
- [32] **Darwin, C.**, 1859. On the origins of species by means of natural selection, London: Murray.
- [33] **Hasan, S., Chordia, S. ve Varshneya, R.** Genetic Algorithm Lecture Notes.
- [34] **REN, C.** Applying Genetic Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem, School of Information Science and Technology, Heilongjiang University, Harbin, China.
- [35] **Melanie, M.**, 1999. An Introduction to Genetic Algorithms, A Bradford Book The MIT Press, 5th Ed, Cambridge, Massachusetts, London, England.
- [36] **Meguerdiah, S., Koushanfar, F., Qu, Y. ve Srivastava, M.**, 2001. Coverage Problems in Wireless Ad-Hoc Sensor Networks, IEEE Infocom, IEEE, 1380–1387.
- [37] **O'Rourke, J.**, 1987. Art Gallery Teorems and Algorithms, Oxford University Press, Oxford.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ozan ZORLU

Doğum Yeri ve Tarihi: Gümüşhane, 04.06.1988

Adres: Bilgisayar Mühendisliği ABD, Hava Harp Okulu, Yeşilyurt, İstanbul

E-Posta: oznzr@gmail.com

Lisans: Hava Harp Okulu

Y. Lisans: Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Hava Harp Okulu

Mesleki Deneyim: 2010-2016 yılları arasında Veritabanı Yöneticisi, Yazılım ve Test Mühendisi, Yazılım Proje Yöneticisi, Yazılım Geliştiricisi, Sistem Yöneticisi

Yayın Listesi:

- **Zorlu O.**, 2015: Routing unmanned aerial vehicles as adapting to capacitated vehicle routing problem with genetic algorithms, *7th International Conference on Recent Advances in Space Technologies (RAST2015), IEEE, 2015.*
- **Zorlu O.**, 2015: Yazılım Mimarisi Geri Kazanımı : Hiyerarşik Kümeleme Yöntemi, *9ncu Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu (UYMS2015),2015.*

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- **Zorlu O.**, Sahingoz O.K., 2016: Increasing the Coverage of Homogeneous Wireless Sensor Networks by Genetic Algorithm Based Deployment, *The Sixth Int. Conf. on Digital Inf. and Comm. Tech. and its Applications (DICTAP2016),IEEE, 2016*