



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İÇİN ENERJİ DUYARLI EN
İYİ KÜME BAŞI SEÇİMİNE DAYALI YENİ BİR KÜMELEME
ALGORİTMASI**

MUHAMMET TAY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ARAFAT ŞENTÜRK**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İÇİN ENERJİ DUYARLI EN
İYİ KÜME BAŞI SEÇİMİNE DAYALI YENİ BİR KÜMELEME
ALGORİTMASI**

Muhammet TAY tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Arafat ŞENTÜRK

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doc. Dr. Devrim AKGÜN
Sakarya Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi A. Talha KABAKUŞ
Düzce Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Arafat ŞENTÜRK
Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 31/07/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

31 Temmuz 2019

Muhammet TAY

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımından dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Arafat ŞENTÜRK'e en içten dileklerle teşekkür ederim. Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

31 Temmuz 2019

Muhammet TAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. GİRİŞ.....	1
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNERİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ.....	2
1.3. TEZ ORGANİZASYONU.....	2
2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ'LARDA KULLANILAN ENERJİ DUYARLI KÜMELEME ALGORİTMALARI.....	3
2.1. GİRİŞ.....	3
2.2. SEZGİSEL DÜZEN.....	4
2.2.1. LCA.....	4
2.3. AĞIRLIKLIL DÜZEN.....	5
2.3.1. WCA.....	5
2.4. HİYERARŞİK DÜZEN.....	5
2.4.1. Homojen:.....	6
2.4.1.1. LEACH.....	6
2.4.1.2. LEACH-C.....	7
2.4.2. Heterojen.....	7
2.4.2.1. SEP.....	7
2.4.2.2. EECS.....	8
2.4.2.3. DEEC.....	8
2.4.2.4. EEHC.....	8
2.4.2.5. HEED.....	9
2.5. GRİD (ZİNCİR) TABANLI PROTOKOLLER.....	9
2.5.1. PEGASIS.....	9
2.5.2. H-PEGASIS.....	10
2.6. KÜMELEME PROTOKOLLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	10
2.7. SONUÇ.....	13
3. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İÇİN KÜME MERKEZLİ KÜME BAŞI SEÇİM ALGORİTMASINA DAYALI YENİ BİR	

KÜMELEME ALGORİTMASI	14
3.1. GİRİŞ	14
3.2. KÜME MERKEZLİ-KÜME BAŞI SEÇİM ALGORİTMASI (KM-KBA) ...	14
3.2.1. K-Means	15
3.2.2. KM-KBA (Küme Merkezli - Küme Başı Seçim Algoritması)	15
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	23
4.1. GİRİŞ	23
4.2. KM -KBA’NİN DEĞERLENDİRİLMESİ	23
4.2.1. KM -KBA’nin Performans Değerlendirmesi	23
4.2.2. KM -KBA’nin Homojen KAA’larda Performans Değerlendirme Ortamı	24
<i>4.2.2.1. Benzetim Parametreleri ve Karşılaştırma Sonuçları</i>	<i>25</i>
4.2.3. KM-KBA’nin Heterojen KAA’da Performans Değerlendirme Ortamı .	34
<i>4.2.3.1. Benzetim Parametreleri ve Karşılaştırma Sonuçları</i>	<i>34</i>
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
5.1. SONUÇ	39
5.2. ÇALIŞMANIN GETİRDİĞİ KATKILAR	40
5.3. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	41
6. KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	46

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. LEACH protokolü [14].....	6
Şekil 2.2. PEGASIS zincir topolojisi [32].	9
Şekil 3.1. Rastgele algılayıcıların yerleştirilmesi.	17
Şekil 3.2. K-Means algoritması ile merkez noktaların belirlenmesi ve kümelerin sınıflandırılması.....	18
Şekil 3.3. Her bir kümenin ortalama değerinin belirlenmesi.	19
Şekil 3.4. Küme merkezi ve küme merkezi dışındaki kümelerinin belirlenmesi.	20
Şekil 3.5. KM -KBA akış diyagramı.	21
Şekil 4.1. 100 algılayıcı için yaşayan algılayıcı sayıları.....	26
Şekil 4.2. 100 algılayıcı için döngü başına kalan enerji miktarı.....	27
Şekil 4.3. 2500 döngüde baz istasyonuna gönderilen toplam paket sayısı.	28
Şekil 4.4. 100 algılayıcı için baz istasyonuna gönderilen toplam paket sayısı.....	29
Şekil 4.5. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve hayatta kalan algılayıcıların dağılımı.	31
Şekil 4.6. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve döngü başına kalan enerji miktarları.....	32
Şekil 4.7. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve 3000 döngüde Baz istasyonuna gönderilen paket sayıları.	33
Şekil 4.8. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve toplam paket sayıları.....	34
Şekil 4.9. 10000 döngüde hayatta kalan algılayıcı sayıları.....	36
Şekil 4.10. Döngü başına kalan enerji miktarı.....	37
Şekil 4.11. 10000 döngüde toplam gönderilen paket sayısı.	38

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 4.1. Karşılaştırma 1’de kullanılan parametreler.	25
Çizelge 4.2. Karşılaştırma 2’de kullanılan parametreler.	30
Çizelge 4.3. Heterojen KAA'da 10000 döngü parametreleri.	35



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1. Enerji duyarlı kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması 12



KISALTMALAR

BA	Birleştirilmiş ağırlık
CC	Cluster center
CH	Cluster head
DEEC	Distributed energy efficient clustering
EEC	Efficient energy coverage
EEHC	Energy efficient hierarchical clustering
EECS	Energy efficient cluster scheme
GA	Gelişmiş algılayıcı
HCR	Hierarchical cluster based-routing
HEED	Hybrid energy efficient distributed
H-PEGASIS	Hierarchical-PEGASIS
KAA	Kablosuz algılayıcı ağı
KB	Küme başı
KM	Küme merkezi
KMD	Küme merkezi dışındakiler
KM-KBA	Küme merkezli-küme başı seçimi algoritması
LA	Lider algılayıcı
LEACH	Low energy adaptive clustering hierarchy
LEACH-C	LEACH-centralized
MSN	Mobile sink node
NA	Normal algılayıcı
OCC	Outside the cluster center
PEGASIS	Power-efficient gathering sensor information system
QoS	Quality of service
SEP	Stable election protocol
SN	Sink node
TDMA	Time division multiple access
WCA	Weighted clustering algorithm

SİMGELER

K_i	Küme merkezi
M_i	K-Means kümesi
N	Algılayıcı sayısı
T	Minimum cost tree
W	Ağırlık
m	Gelişmiş algılayıcı
α	Gelişmiş algılayıcı ile normal algılayıcı arasındaki enerji farkı



ÖZET

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İÇİN ENERJİ DUYARLI EN İYİ KÜME BAŞI SEÇİMİNE DAYALI YENİ BİR KÜMELEME ALGORİTMASI

Muhammet TAY
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Arafat ŞENTÜRK
Temmuz 2019, 45 sayfa

Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA)'lar geniş kullanım alanı bulunan, oldukça küçük boyutlu, sınırlı pil ömrüne sahip ve kablosuz olarak veri ileten ve alan ağ elemanlarıdır. Sınırlı kapasiteleri nedeniyle algılayıcılar olabildiğince az enerji kullanarak yaşam döngülerini uzatmaları gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında algılayıcıların daha az enerji ile veri iletimi veya veri alımı yapabilmeleri için birçok algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmalar genel itibarıyla algılayıcıların birlikte çalışarak iş bölümü yapmasına dayanmaktadır. Enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan veri iletimi ve alımı kablosuz algılayıcılar arasındaki mesafe, bant genişliği ve veri depolama kapasitesiyle doğrudan orantılıdır. Bu nedenle uzak iki algılayıcının veri iletimindeki enerji kullanımı yakın olan algılayıcıdan daha fazla olacağından bu mesafenin düşürülmesi adına kümeleme yöntemi geliştirilmiştir. Kümeleme yönteminde en etkili rolü Küme Başları (KB) oynamaktadır. Bu tez çalışmasında, algılayıcıların birbirlerine veya baz istasyonuna veri gönderirken harcamış oldukları enerjiyi en aza düşürerek algılayıcılar için hayati öneme sahip olan batarya ömrünün uzatılması sağlayan yeni bir kümeleme algoritması geliştirilmiştir. Kablosuz Algılayıcı Ağlar için etkin bir kümelemeye dayalı bu yeni algoritma Küme Merkezli-Küme Başlı Seçim Algoritması (KM-KBA) olarak adlandırılmıştır. KM-KBA kümelmiş bir Kablosuz Algılayıcı Ağ'da her bir kümenin kendi içerisinde iki kümeye ayrılmasına dayanmaktadır. Bu iki kümeden birincisi tüm algılayıcıların ortalama mesafesi içerisinde bulunan algılayıcılardan oluşan, küme içerisindeki algılayıcıların merkezi konumunda bulunan ve Küme Merkezi (KM) olarak adlandırılan küme, ikincisi ise Küme Merkezi dışında kalan algılayıcıların oluşturmuş olduğu ve Küme Merkezi Dışındakiler (KMD) olarak adlandırılan dış kümeden oluşmaktadır. Küme Merkezi içerisinde bulunan algılayıcılar Kablosuz Algılayıcı Ağ'ın veri gönderimi ve alımı için belirlen periyotlar (döngü) içerisinde KB olma önceliğine sahiptirler. Bu sayede merkezi

konumda bulunan algılayıcıların KB olması sağlanarak mesafe bazlı enerji tasarrufu sağlanarak KAA'ların ömrü uzatılmaktadır. Geliştirilen bu algoritma, Matlab benzetim aracı ile başarımlı değerlendirilmesi yapılarak, algılayıcıların yaşam döngü sayısı, döngü başına harcamış oldukları enerji miktarı ve gönderilen toplam paket sayıları diğer algoritmalarla karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Kablosuz algılayıcı ağı, Kümeleme, Küme başı, Enerji verimliliği



ABSTRACT

A NEW CLUSTERING ALGORITHM BASED ON THE SELECTION OF THE BEST ENERGY EFFICIENT CLUSTER HEAD FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS

Muhammet TAY

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Computer

Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Arafat ŞENTÜRK

July 2019, 45 pages

Wireless Sensor Networks (WSN) are the network elements which are widely used, very small size, limited battery life, data transmitting and receiving wirelessly. Because of their limited capacity, life cycles need to be extended by using as little energy as possible. In this respect, many algorithms have been developed to enable sensors to transmit or receive data with less energy. These algorithms are generally based on working of the sensors together to make the division of labor. Data transmission and reception which have a significant share in energy consumption are directly proportional with the distance between wireless sensors, bandwidth and data storage capacity. Because of this, the energy usage of data transmission of the two remote sensors will be more than the proximity sensor so the clustering method has been developed in order to reduce this distance. Therefore, Cluster Heads (KB) plays the most effective role in clustering method. In this thesis, a new clustering algorithm has been developed to minimize the energy consumed by the sensors while sending data to each other or to the base station and to extend the battery life which is vital for the sensors. This new algorithm based on an efficient clustering for Wireless Sensor Networks is called Cluster Centric-Cluster Head Selection Algorithm (Küme Merkezli- Küme Başı Seçim Algorithm (KM-KBA)). KM-KBA is a Wireless Sensor Network in each cluster is based on clustered into two clusters in itself. The first of these two clusters consists of the sensors which are located within the average distance of all the sensors and which is located in the central position of the sensors within the cluster and called the Cluster Center (CC), and the second consists of the outer cluster called sensors Outside the Cluster Center (OCC). Sensors in the Cluster Center (CC) have the priority Cluster Head (CH) in the specified period (round) for the Wireless Sensor Network's data transmission and reception. In this way,

by providing the centralized sensors to be Cluster Head (CH), distance-based energy saving is provided and the life of the WSNs extended. The developed algorithm, performance evaluated with Matlab simulation tool, the number of life round of the sensors, the amount of energy spent per round and the total number of packets sent were analyzed in comparison with other algorithms.

Keywords: Wireless sensor networks, Clustering, Cluster head, Energy efficient



1. GİRİŞ

1.1. GİRİŞ

KAA'lar (Kablosuz Algılayıcı Ağ) oldukça küçük boyuta ve sınırlı pil ömrüne, haberleşme mesafesine ve çalışma alanına sahip olan algılayıcılardan oluşmaktadır [1]–[4]. Algılayıcılar çevredeki verileri toplamayı sağlayan birçok özelliğe sahiptirler, bu özellikleri bakımından enerjinin verimli kullanılması hayati derecede öneme sahiptir. Enerji kullanımının belli kriterler çerçevesinde düzenlenebilmesi için bazı protokol ve algoritmalar geliştirilmiştir.

KAA'lar kullanım alanları itibari ile geniş bir yelpazeye sahiptir. Bu geniş kullanım yelpazesi bazı ağlarda binlerce algılayıcı düğümün bulunmasına imkân vermektedir. Algılayıcılarda veri iletimi bant genişliği ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle algılayıcıların kümelenmesi bant genişliğinin daha verimli kullanılmasına ve gecikmenin daha aza indirgenmesinde etkilidir [5].

Son zamanlarda KAA'lar, gelişen teknoloji ile birlikte oldukça küçük boyutlara indirgenebilmektedir [6] . Bu küçük ve akıllı algılayıcılarda bant genişliği, enerji kullanımı ve hafıza gibi donanımsal olarak bazı kısıtlamalar bulunması nedeniyle mevcut enerji kaynağının verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Algılayıcıların bazı kullanım alanları itibariyle mevcut enerjilerini yenilemek oldukça güçtür [2]. Bu açıdan bakıldığında mevcut enerjinin en doğru şekilde kullanılması oldukça önem arz etmektedir [4].

Birçok araştırmacı tarafından enerjinin en verimli şekilde kullanılması için çalışmalar yapılmıştır [5], [8]–[11]. Bu çalışma alanlarından biri de kümelemedir. Kümelenmiş algılayıcılar iletecekleri veriyi uzak bir mesafe yerine, dahil olduğu küme içerisinde bir algılayıcıya göndermesi enerjinin doğru bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Bu açıdan bakıldığında gelinen nokta itibariyle kümeleme KAA'lar için hayati bir önem arz etmektedir [12].

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI VE ÖNERİLEN ÇÖZÜM YÖNTEMİ

KAA'ların enerji ihtiyaçlarını kullanım alanları itibariyle karşılanması oldukça zordur. Bu yüzden algılayıcı düğümlerin var olan enerjilerini en etkin şekilde kullanmaları gerekmektedir [13], [14], [15].

KAA'larda enerji en çok veri gönderilmesi ve alınması sırasında harcanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında verinin gönderileceği mesafenin büyüklüğü enerji kullanımını artırmaktadır. Bu problemin çözümü adına kablosuz ağın kümelenmesi oldukça önemlidir [9], [16], [17], [18].

Bu çalışma ile kümeleme alanında en çok kullanılan algoritmalar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma neticesinde yeni bir kümeleme algoritması önerilmiştir. Önerilen bu kümeleme algoritması literatürde en çok geçen algoritmalarla üstünlüğü ispatlanmıştır. Geliştirilen algoritma KM-KBA (Küme Merkezli-Küme Başlı Seçim Algoritması) olarak anılacaktır.

1.3. TEZ ORGANİZASYONU

Tez çalışmasının organizasyonu beş bölümden oluşmaktadır ve bölümlere aşağıda kısaca değinilmiştir:

1. Bölüm: KAA'larda kullanılan kümeleme algoritmaları detaylı olarak başlıklar halinde incelenmiş ve inceleme sonucu tablo ile desteklenmiştir.
2. Bölüm: KM-KBA Algoritmasının yapısı ve çalışma şekli detaylı olarak anlatılmıştır.
3. Bölüm: Geliştirilen algoritmanın literatürdeki diğer algoritmalarla belli parametrelerce karşılaştırılması yapılmış ve karşılaştırma Matlab ortamında gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma sonuçları görsel olarak çalışmanın bu bölümünde gösterilmiştir.
4. Bölüm: Geliştirilen algoritmaların detaylı sonuçları anlatılmış ve çalışmanın KAA'lar için önemi vurgulanmış ve bundan sonraki çalışmalara ekleyeceği katkılarından bahsedilmiştir.

2. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞ'LARDA KULLANILAN ENERJİ DUYARLI KÜMELEME ALGORİTMALARI

2.1. GİRİŞ

KAA'larda ağ ömrünün uzatılması konusundaki çalışmalar kümeleme alanında yoğunlaşmaktadır [4]–[6]. Bu çalışmalar üç önemli kriter çevresinde yoğunlaşmaktadır. Bunlar doğrudan aktarım, kümeleme ve dizin tabanlı protokollerdir. Bu bölümde, enerji duyarlı protokoller ve algoritmalar ile mevcut ağ ömrünün maksimize edilmesi için yapılan çalışmalar derlenmiştir.

KB (Küme başı) kullanımı sayesinde gönderilen paketlerin çoklu rota yerine doğrudan KB'ye göndermesi enerji tasarrufuna olumlu katkıda bulunmaktadır. Ayrıca, herhangi bir küme de oluşabilecek sorunun tüm ağı etkilemesi söz konusu olmadığı için ağın daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır [5]. Literatürde, yaygın olarak kullanılan kümeleme tabanlı protokoller heterojen ve homojen olmak üzere iki başlık altında sunulmaktadır. Homojen bir ağda tüm ağ elemanları aynı özelliklere (depolama, veri işleme, pil gücüne, algılama ve iletişim) sahip olması anlamına gelmektedir.

KAA'ların iletişiminin gerçekleşmesi için gerekli olan çıkış düğümünün doğru bir konuma yerleştirilmesi oldukça önemlidir. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda çıkış düğümünün hareketli olması, yani ağ üzerinde belli ölçütler çerçevesinde dolaşması, ağ ömrünü uzatmaktadır. Ağ ömrünü uzatan bu hareketli çıkış düğümlerinin ağ üzerinde en kısa yolla nasıl hareket edeceği halen gelişmekte olan bir konu olarak güncelliğini korumaktadır ve literatürde birçok algoritmanın gelişmesine zemin hazırlamıştır [9], [14], [15]. Genel itibari ile bu çalışmalar optimizasyon teknikleri etrafında yoğunlaşmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde özellikle KAA'larda kullanılan enerji verimli kümeleme yöntemlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca, enerji verimli kümeleme yöntemleri kullanılarak geliştirilen algoritmalar belirli kriterler üzerinden karşılaştırılarak elde edilen veriler doğrultusunda çalışmanın konusu olan KM-KBA (Küme Merkezli Küme Başı Seçim Algoritma)'sına dayalı yeni bir kümeleme algoritmasının geliştirilmesine katkıda

bulunmuştur.

Literatür incelemesi sonucunda kümeleme alanında yapılan çalışmalar tezin bu kısmında beş başlık altında toplanarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu inceleme neticesinde kümeleme alanında yapılan en temel algoritma olan LCA'dan en popüler olan algoritmalara kadar ortaya konulan ilerlemeler ve iyileştirmeler ele alınmıştır. KAA'lar için kümeleme alanında yapılan bu çalışmaların bir devamı niteliğinde olan bu tez çalışması enerjinin daha verimli kullanılması adına, çalışmalara bir üst noktaya taşımaktadır.

2.2. SEZGİSEL DÜZEN

KAA'nın kümelere bölünmesi oldukça önemli bir problemdir. Bunu başarmanın birçok yolu vardır ve bu amaçla birçok algoritma geliştirilmiştir. Geliştirilen bu algoritmaların temel hedefleri ağdaki yükü dengelemek, ağı kararlı çalışmasını sağlamak, en iyi küme sayısı belirlemek ve en uygun küme başı atamasının yapılmasını sağlamaktır. Bu noktadan bakıldığında literatürdeki ilk kümeleme algoritmalarından biri olan LCA (Linked Clustered Algorithm)'dan başlanmıştır.

2.2.1. LCA

LCA (Linked Clustered Algorithm), ilk olarak kablolu algılayıcılar için geliştirilmiştir [21]. Ancak, KAA'ların gelişmesiyle kablosuz alanda da kullanılmaya başlanmıştır. LCA ilk kümeleme algoritmalarından olması sebebiyle sınırlı özelliklere sahiptir. Algılayıcıların KB olabilmeleri için iki seçeneği bulunur ve her bir algılayıcıya ID numarası atanır. Bu yollardan birincisi komşusu olduğu algılayıcılardan daha büyük ID numarasına sahip olmak, ikinci ise hiçbir komşusunun KB alması durumlarıdır. İlk iletim döngüsü yapıldığında maksimum ID'ye sahip algılayıcı KB seçilir ve yapılan bu seçim diğer KB ve SN (Sink Node) ile paylaşılır. Bu sayede ağdaki algılayıcıların rolleri belirlenmiş olur ve veri iletimi başlamış olur [22].

LCA2, ilk geliştirilen algoritmaya ek olarak, küme başı olamayacak algılayıcıları eleyerek algoritmanın verimliliğini artırmıştır. Bu iki algoritma küme içerisinde küme başı ile direkt bağlantı kurulması açısından etkili olmasına karşın büyük ölçekteki ağlarda kullanılması uygun değildir [22].

2.3. AĞIRLIKLIL DÜZEN

KAA'larda yaşanan ilerlemeler ve kümeleme alanında kullanılan algoritmalarından olan LCA ve LCA2'deki küme başı atama sorunları ve büyük ölçekteki ağlarda yaşanan sorunlar neticesinde WCA (Weighted Clustering Algorithm) geliştirilmiştir. WCA küme başı seçimi için birçok parametre kullanarak küme başı seçiminde ilerleme sağlanmasına katkıda bulunmuştur. Bu açıdan bakıldığında kümeleme alanında farklı bir bakış açısı kazandırmıştır.

2.3.1. WCA

WCA (Weighted Clustering Algorithm) KB seçimi için hareketlilik, iletim gücü, düğümlerin kalan enerjisi ve ideal algılayıcı derecesi gibi parametreler kullanılır [23]. KB seçme işlemi W olarak adlandırılan bir hesaplama yöntemiyle yapılır. KB seçimi en düşük BA (Birleştirilmiş Ağırlık)'a sahip olan algılayıcıdır [24]. Her bir algılayıcının ağırlık değerinin bulunabilmesi için öncelikle tüm algılayıcıların komşuları belirlenir, iletim mesafesi içerisinde olan algılayıcılar komşu kabul edilir, daha sonra mesafe hesaplaması yapılır ve son olarak W denilen ve tüm bu parametrelerin kullanılarak bulunduğu ve her bir algılayıcının sahip olduğu değer belirlenir. Belirlenen bu değer sayesinde KB seçimi yapılır.

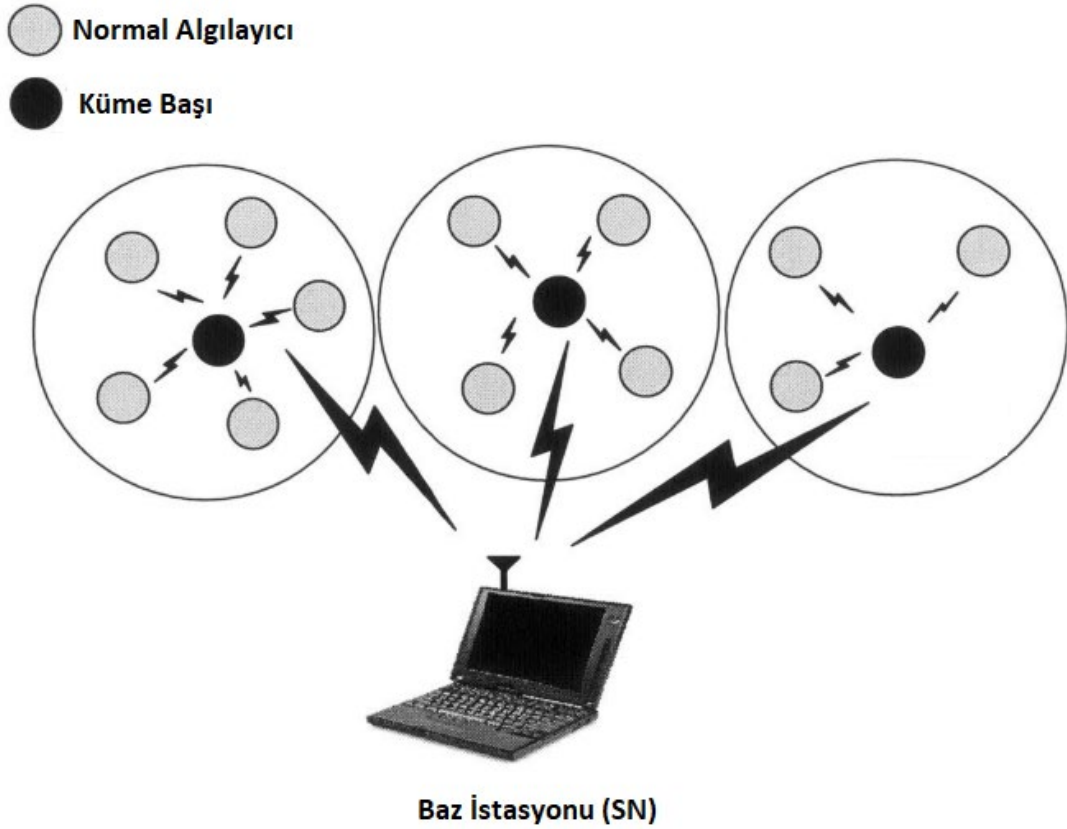
2.4. HİYERARŞİK DÜZEN

KAA'larda yaşanan gelişmeler ve KAA'ların sayısındaki büyük artışlar kümeleme alanında yapılan çalışmaları hızlandırmıştır. Büyüyen algılayıcı ağların etkin bir şekilde kullanılma ve yönetebilme ihtiyacı Hiyerarşik Düzen olarak adlandırılan sistem bir birçok algoritmanın gelişmesine zemin hazırlamıştır. Geliştirilen bu algoritmalar iki başlık altında incelenmiş ve KAA'daki ağ elemanlarının yapısıyla doğrudan ilişkilidir. KAA'larda yaşanan enerji problemi bazı algılayıcıların enerji veya donanımsal kapasitelerinin artırılması ihtiyacını doğurmuştur. Bu açıdan bakıldığında yapılan çalışmalar homojen (kullanılan tüm algılayıcıları özellikleri eşit) veya heterojen (kullanılan algılayıcıların özellikleri eşit değildir) olarak ayrılmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar heterojen ağ yapıları üzerinde yoğunlaşmaktadır.

2.4.1. Homojen:

2.4.1.1. LEACH

LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy); KAA'ların sonlu enerji kapasiteleri bulunan ve hem enerji hem de gecikme yönünden yüksek performans beklenen ağ elemanlarıdır. W. Heinzelman 2000 yılında kaleme aldığı doktora tezi ile düşük enerjili bir kümeleme algoritması geliştirmiştir [14]. Geliştirilen LEACH protokolü Şekil 2.1'de gösterildiği gibi kümelenmiş algılayıcılar ve her kümede bir KB bulunması prensibine dayanmaktadır.



Şekil 2.1. LEACH protokolü [14].

İletişim KB ile SN üzerinden yapılmaktadır. KB, LEACH protokolü içerisinde en önemli yere sahiptir, öyle ki KB olmayan algılayıcılar (NA) KB tarafından oluşturulan TDMA (Time Division Multiple Access) zamanlayıcısına uyararak eş zamanlı veri transferine başlarlar. Bu zamanlayıcı sayesinde veri transferi yapılmadığında uyku modunda çalışırlar [25].

LEACH protokolünde KB seçimi oldukça önemlidir. KB seçiminin doğru yapılması halinde enerji kullanımı, veri transferi ve kümeler arası veri çarpışması gibi problemlerin en aza indirilmesi öngörülebilir. İlk etapta küme içerisinde bulunan tüm algılayıcılar KB olma hakkına sahiptirler ancak LEACH protokolü KB seçimi için bazı ek düzenlemeler getirmiştir. Protokolün işleyişi döngülere bölünmüştür. Her bir döngüde tüm algılayıcıların tespiti, KB seçimi ve veri transferi gibi işlemler belli bir düzen içerisinde yapılır. KB seçimi için kullanılan istatistiksel formül sayesinde her bir algılayıcı en az bir kez KB olma şansına sahiptir. Öyle ki KB olan algılayıcılar daha fazla enerji harcamak zorundadır ve bu yüzden her bir algılayıcının enerjisi eşit oranda harcanması adına en az bir kez KB olmalıdır. Bu yaklaşım sayesinde enerji kullanımı tüm ağ elemanları arasında paylaştırılarak ağın ömrünün uzatılması sağlanmıştır [26].

2.4.1.2. LEACH-C

LEACH-C (LEACH-Centralized); LEACH-C protokolü algılayıcıların kümelenmesi ve küme başı seçimi konusunda LEACH protokolünden üstündür. LEACH protokolü kullanılan bir ağ yapısında KB sayısı belli olmadığı gibi enerjisi düşük olan algılayıcıların KB seçilebilir olması LEACH-C protokolünün geliştirilmesine olanak sağlamıştır [15]. LEACH-C protokolü ile iki katmanlı KB seçimi yapılmaktadır. Bu sayede merkezi bir kontrol algoritmasının kullanılması daha iyi bir kümeleme oluşturulmasında etkili olacak ve gereksiz enerji kullanımının önüne geçilmiş olunacaktır.

LEACH-C protokolü kapsamında, Kümelenmiş bir algılayıcı ağda tüm düğümler SN'e mevcut konumunu ve enerji miktarını gönderir, alınan bu veriler kullanılarak bir eşik değeri belirlenir. Belirlenen bu eşik değerinden düşük olan algılayıcılar KB seçilemezler. Merkezi kontrol algoritması ile belirlenen KB'lerin ID'si tüm algılayıcılara gönderilir ve gönderilen ID ile kendi ID'si eşleşen algılayıcılar KB olurken diğer algılayıcılar Time TDMA kapsamında uyku moduna geçerler [27].

2.4.2. Heterojen

2.4.2.1. SEP

SEP (Stable Election Protocol); KAA'lar eşit enerji gücüne sahip değil ise homojen protokollerin uygulanması ağ verimliliğini düşürecektir. Enerjinin verimli kullanılması adına farklı protokoller geliştirilmiştir. Bu protokollerden biri olan SEP ASO (ağırlıklı seçim olasılığı) mantığına dayanmaktadır. ASO GA (gelişmiş algılayıcı) ve NA (normal

algılayıcı) arasındaki enerji faktörü sabit bir kümeleme alanı geliştirir. ASO, GA(m) ve GA-NA(α) olasılıksak bir formülle ağın toplam enerjisi hesaplanmaktadır. Bu hesaplama sayesinde heterojen yapıya sahip olan ağda bulunan enerjisinin en verimli şekilde kullanılmasına yaramaktadır. Gelişmiş bu kümeleme mantığı sayesinde GA'nın KB olması NA'dan daha yüksek bir olasılığa sahiptir. Ayrıca GA, NA'dan daha fazla enerjiye ve daha yüksek hızlı veri transferine sahiptir [28]. SEP, ağın başlangıcı ile ilk algılayıcının ölmesi (enerjisinin tükenmesi) arasındaki zamanı artırmaktadır ve gelişmiş algılayıcıların enerjisini makul bir şekilde tüketen LEACH'ten daha dirençlidir [8].

2.4.2.2. EECS

EECS (Energy Efficient Cluster Scheme); KB seçimi için geliştirilmiş bir algoritmadır. LEACH ile benzerlik gösterir ve her bir küme tek bir KB altında birleşir ve KB SN ile direk olarak iletişim kurar. KB seçimi için artık enerji en önemli etkidir. SN algılayıcıların yerlerini tespit etmek için tüm ağa "Merhaba" paketi gönderir ve gelen cevap süreleri ile algılayıcıların ağdaki yaklaşık olarak konumunu belirler. KB, seçimi için her bir algılayıcı T olasılıklı bir hesap yapılıır. Hesaplama kapsamında algılayıcılar COMPETE_HEAD_MSG diye adlandırılan bir mesajla kendi enerji seviyeleri ile diğer algılayıcıların enerji seviyelerini karşılaştırır. Aday olabilecek algılayıcılar içerisinde en yüksek enerjiye sahip olan algılayıcı KB olmaya hak kazanır [29].

2.4.2.3. DEEC

DEEC (Distributed Energy Efficient Clustering); Bu protokol heterojen yapıya sahip KAA niteliğinde olduğu için ağ içerisinde bulunan elemanlar iki farklı enerji seviyesine sahiptir. GA, NA dan daha fazla enerji ile donatılmıştır. Algılayıcıların enerji seviyelerindeki farklılıklarından dolayı KB seçimi algılayıcıların başlangıç enerjisi ile artık enerjinin istatistiksel bir oranla tüm ağa genellemesiyle seçilmektedir. KB seçimi artık enerji ile ağın ortalama enerjisi arasındaki yapılan olasılık ile hesaplanmaktadır. Bu olasılık sayesinde ağa eklenen yeni bir algılayıcı ve ya artık enerjisi yüksek olan bir algılayıcının KB olma olasılığı düşük enerjili bir algılayıcıdan daha yüksektir. DEEC protokolü yapılan testler sonucunda heterojen ağlarda LEACH ve SEP'ten daha verimli olduğu kanıtlanmıştır[11].

2.4.2.4. EEHC

EEHC (Energy Efficient Hierarchical Clustering); EEHC protokolü çok katmanlı ağ elemanlarından oluşmaktadır. Bundan önceki protokollerden farklı olarak ağda SA

algılayıcılar bulunur. NA, GA ve SA için ayrı ayrı ağırlıklı olasılık hesaplanmaktadır. Elde edilen veriler doğrultusunda NA'nın KB olma olasılığı düşürülerek algılayıcıların daha fazla yaşaması sağlanmaktadır. Ayrıca, EEHC protokolünden iletişim önceliği bulunmaktadır. Bu öncelik kapsamında NA'lar KB ile iletişimini bitirdikten sonra SN ile iletişim kurarlar [10], [30].

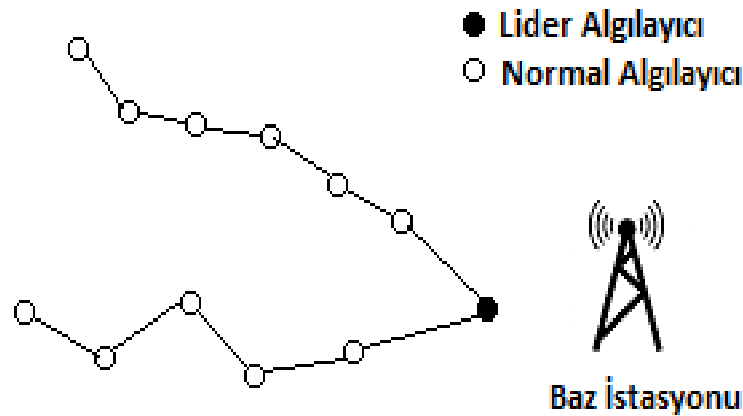
2.4.2.5. HEED

HEED (Hybrid Energy Efficient Distributed); HEED protokolü KB'yi seçmek için algılayıcıların mevcut enerjisini birincil öncelikli, mesafe ve komşuluğu ise ikincil öncelikli olarak ele alan bir algoritma kullanır. Enerji öncelikli yapılan hesaplamada en yüksek enerjili algılayıcı KB seçilir ancak birden çok KB aynı kümede seçilmesi durumunda algoritmanın ikinci kısmı devreye girerek diğer parametreler karşılaştırılır ve uygun olan algılayıcı KB seçilir [31]. KB seçimi her bir iterasyonda tekrarlanır ve daha önce KB olmayan algılayıcıların KB olma olasılığı iki katına çıkar. Böylece enerjisi yüksek olan algılayıcıların da ağda etkin bir şekilde kullanılmasının önü açılmış olur.

2.5. GRİD (ZİNCİR) TABANLI PROTOKOLLER

2.5.1. PEGASIS

PEGASIS (Power-Efficient Gathering Sensor Information System); PEGASIS protokolü dizin tabanlı olması itibarıyla diğer protokollerden farklıdır. Bu farklılık PEGASIS'in zincir kuralı yöntemine dayanmaktadır.



Şekil 2.2. PEGASIS zincir topolojisi [32].

Geliştirilen algoritma sayesinde ağ da bulunan tüm algılayıcılar birbirine bağlanarak SN'ye en yakın algılayıcının şekil 2.2'de de görüldüğü gibi LA (Lider Algılayıcı) seçilmesiyle iletişim kurmaktadır. Ağda bulunan tüm algılayıcıların en yakın komşusu belirlenmek suretiyle bir rota belirlenir. LEACH ile karşılaştırıldığında daha verimli olduğu kanıtlanmıştır [32]. Diğer düğümler üzerinden LA'ya gelen istekler SN'ye iletilmektedir. Çok sayıda algılayıcının bulunduğu bir ağda PEGASIS kullanılması veri transferi açısından gecikmelere neden olacaktır [33]. Bu açıdan bakıldığında gecikmenin önlenmesi için bazı ek düzenlemeler yapılmıştır. Ağda birden çok LA kullanılması bunlardan biridir. Tek bir zincir ağ yerine çoklu zincirli ve çoklu LA bulunan ağlar gecikmeyi bir ölçüde azaltmıştır [34].

2.5.2. H-PEGASIS

H-PEGASIS (Hierarchical-PEGASIS): PEGASIS protokolünden yaşanan gecikmelerin önlenmesi adına H-PEGASIS protokolü geliştirilmiştir [35]. Bu protokolde, veri çarpışmasını önlemek amacıyla eş zamanlı veri aktarımı önerilmiştir. Veri çarpışması ve olası sinyal parazitlerinden kaçınabilmek için CDMA sinyal kodlama ve mekânsal olarak ayrılmış algılayıcılar seçenekleri sunulmuştur. CDMA kullanan bir zincir tabanlı algılayıcı bir ağaç yapısı gibi hareket eder ve iletilecek veri alt katmanlarından başlayarak SN'ye ulaşır. Bu yapı sayesinde veri iletimi eşzamanlı bir şekilde iletilirken gecikme azaltılmıştır [36].

2.6. KÜMELEME PROTOKOLLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde KAA'larda paket yönlendirmesinde sıklıkla kullanılan ve en popüler olan enerji verimli kümeleme yöntemleri incelenmiştir. Bu yöntemlerin belirgin özellikleri Tablo 2.1'de karşılaştırılarak verilmiştir.

Literatürde en çok kullanılan kümeleme algoritmaları enerji, verimlilik, avantaj ve dezavantaj gibi bazı önemli kriterler çerçevesinde analiz edilerek tabloya aktarılmıştır. Kullanılan algoritmaların farklı ağ topolojilerinde kullanılması ve kullanılan ağ elemanların farklılık göstermesi karşılaştırmayı zorlaştırmaktadır. Nitekim LEACH-C homojen yapılarda üstünlük gösterirken HEED protokolü heterojen yapılar içerisinde en verimli algoritmalarından biridir. İki algoritmayı homojen bir ağda karşılaştırdığımızda LEACH-C'nin üstünlük göstereceği görülürken aksi durumunda da HEED protokolü

heterojen yapılar içerisinde daha verimlidir. Zincir tabanlı PEGASIS protokolü küçük ağ yapılarında oldukça verimli olduğu görülmekteyken ancak ağın büyümesiyle birlikte etkinliğini kaybetmektedir. Bu çalışma ile birlikte hibrit algoritmaların etkinliği bir kez daha kanıtlanırken bundan sonraki çalışmalarda yön verebilmesi öngörülmektedir.



Tablo 2.1. Enerji duyarlı kümeleme algoritmalarının karşılaştırılması

Kümeleme Protokolleri	Enerji Verimliliği	KB Seçimi	Kümelenme Metodu	Algoritma Karmaşıklığı	Küme içi topoloji	Kümelere arası topoloji	Avantajlar	Dezavantajlar
LEACH [14]	Oldukça Düşük	Rastgele	Dağınık	Sabit	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<ul style="list-style-type: none"> Daha basit algoritma Her döngüde rastgele KB seçimi 	<ul style="list-style-type: none"> KB dağılımı düzensiz KB seçiminde artık enerjinin hesaplamaya dahil edilmemesi
LEACH-C [27]	Düşük	Değer Tabanlı	Merkezi	Sabit	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<ul style="list-style-type: none"> Düzenli KB dağılımı ve Merkezi Kümeleme Artık enerjinin KB seçiminde kullanılması 	<ul style="list-style-type: none"> Her algılayıcı KB olamaz Verileri gönderiminde tek atlama kullanılması Her döngüde kümeleneenin revize edilmesi performansı etkiliyor
SEP [28], [8]	Düşük	Kendi Enerjisi	Dağınık	Sabit	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<ul style="list-style-type: none"> DEEC ile karşılaştırıldığında yüksek kararlılık KB seçiminde başlangıç ve artık enerji 	<ul style="list-style-type: none"> DEEC' e göre daha az ağ güvenliği
EECS [29]	Orta	Artık Enerji	Dağınık	Sabit	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<ul style="list-style-type: none"> KB seçiminin ağ etkisi düşüktür. KB ile SN arasında doğrudan iletişim 	<ul style="list-style-type: none"> Artık enerji ihtiyacı daha fazladır
DEEC [11]	Orta	Artık Ve Ortalama Enerji	Dağınık	Sabit	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<ul style="list-style-type: none"> KB mobil olabilir 	<ul style="list-style-type: none"> KB seçimi başlangıç enerjisine bağlı değildir.
EEHC [10], [30]	Düşük	Artık Enerji	Dağınık	Değişken	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<ol style="list-style-type: none"> Heterojen ağ yapısı KB seçiminde artık enerji kullanılması 	<ul style="list-style-type: none"> Verileri gönderiminde tek atlama kullanılması
HEED [31]	Orta	Artık Enerji	Dağınık	Sabit	Tek Atlamalı	Çok Atlamalı	<ul style="list-style-type: none"> KB seçiminde önemli kriterlerin kullanılması ağ ömrünü uzatmakta İki tip algılayıcı kullanılması (NA AA) 	<ul style="list-style-type: none"> Algılayıcıların enerjisi sınırlıdır.
PEGASIS [32],[33],[34]	Düşük	Rastgele	Dağınık	Sabit	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<ul style="list-style-type: none"> Maksimum enerji tasarrufu Algılayıcılar diğer algılayıcıların konumundan haberdar 	<ul style="list-style-type: none"> Sabit SN Algılayıcıların başlangıç enerjileri eşit Gecikme yüksek Enerji verimliliği oldukça düşük
H-PEGASIS [35], [36]	Orta	Rastgele	Dağınık	Değişken	Tek Atlamalı	Doğrudan Bağlantı	<p>PEGASIS ile karşılaştırıldığında enerji verimliliği daha iyi</p>	<ul style="list-style-type: none"> Sabit SN Algılayıcıların başlangıç enerjileri eşit

2.7. SONUÇ

KAA'ların enerjiye olan ihtiyacı göz önüne alındığında kümeleme teknikleri hayati bir önem taşımaktadır. Bu çalışmada, algılayıcı düğümlerin kendi aralarında oluşturabilecekleri kümeleme yöntemleri incelenmiştir ve amaç olarak; daha az enerji sarfiyatı sağlayan ve işlem karmaşıklığının hafiflemesiyle ağın kullanılabilirliğini arttıran kümeleme yöntemleri kıyaslanmış ve araştırmacılar için fayda sağlanacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak literatürde en çok geçen kümeleme tabanlı algoritmalar bu bölümde ele alınarak avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmıştır.



3. KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLAR İÇİN KÜME MERKEZLİ KÜME BAŞI SEÇİM ALGORİTMASINA DAYALI YENİ BİR KÜMELEME ALGORİTMASI

3.1. GİRİŞ

KAA'larda kümeleme algoritmaları 2. bölümde detaylı olarak anlatılmıştır. Literatür çalışmaları göz önüne alındığında KAA'larda küme başı seçimi algılayıcıların enerjilerinin verimli kullanılması için oldukça önemli olduğu gözlemlenmiştir.

KAA'larda kümelemenin önemi bu çalışmada kümelemeye yeni bir bakış açısı kazandırırken doğru kümelenemenin ağ performansını ciddi bir ölçüde etkilediği ortaya çıkmıştır. Kümelemenin bu önemine istinaden K-Means algoritmasına dayalı yeni bir kümeleme modeli geliştirilmiştir. Bu modele göre algılayıcı sayısının % 5'i kadar küme K-Means algoritması ile en doğru şekilde seçilir ve seçilen her bir kümede bulunan algılayıcıların küme merkezine olan uzaklıklarının ortalaması bulunmaktadır [5], [11], [26], [27], [37], [38]. Bu ortalama değer sayesinde her küme kendi içerisinde iki ayrı kümeye ayrılmaktadır. Birinci küme merkez noktası ile algılayıcıların ortalama mesafesi arasında kalanlar, ikincisi ise dışındakilerdir ve bu algoritma çalışmanın ilerleyen kısımlarında KM-KBA (Küme Merkezli-Küme Başı Seçim Algoritması) olarak anılacaktır.

3.2. KÜME MERKEZLİ-KÜME BAŞI SEÇİM ALGORİTMASI (KM-KBA)

KAA'lara yeni bir kümeleme modellemek için geliştirilmesi hedeflenen KM-KBA, K-Means algoritması kullanılarak kümelene algılayıcıların her bir kümesi için ayrı ayrı uygulanması üzerine tasarlanmıştır. Çalışmanın bu kısmında K-Means algoritmasının çalışma prensibinden bahsedilmiş ve devamında ise önerilen algoritma detaylı olarak anlatılmıştır. Ayrıca algoritmamız bir örnek üzerinde uygulanarak çalışma mantığı detaylı olarak anlatılmıştır.

3.2.1. K-Means

Bu çalışmada algılayıcılar, düzlemde rastgele olarak yerleştirilecek olması nedeniyle kümeleme probleminin çözümünde makine öğrenmesi tekniklerinden olan denetimsiz öğrenme algoritmalarından olan K-Means, Single link hierarchical clustering, DBSCAN ve Gaussian clustering model kümeleme algoritmaları incelendiğinde en iyi kümeleme sağlayan algoritma olan K-Means algoritmasının kullanılmasına karar verilmiştir [39].

K-Means kümeleme ilk olarak 1967 yılında McQueen tarafından geliştirilmiştir [40]. Kümeleme sınıflandırma problemine dayanan bir öğrenme yöntemidir. Sınıflandırmanın ölçütleri kümelemenin sınırlarını belirleyen önemli bir faktördür. KAA'larda sınıflandırma yöntemlerinden biri olan K-Means kümeleme yöntemi araştırmaları başta olmak üzere birçok araştırmacı tarafından etkinliği kanıtlanmıştır [40], [41]. Bu açıdan bakıldığında belirsiz algılayıcı dağılımına sahip algoritmamızda kullanılması tez çalışmasının önemli bir kriteri olan enerji maliyetinin düşürülmesinde etkili olacağı düşünülmektedir.

K-Means algoritmasındaki formül 4.1'de gösterilen $\{\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_i\}$ = algılayıcı sayısı, 'K' harfi sınıflandırma sayısına işaret etmekte 'means (ortalama)' ise oluşturulan 'K' kriterine göre nesnelerin ortalama mesafesini ifade etmektedir.

$$\mu^K = \frac{1}{n} \sum_{\chi_i \in C^k} \chi_i \quad (3.1)$$

KAA'larda kullanılan K-Means kümeleme algoritması küme başı sayısı kadar rastgele 'K' konumları belirlenmekte ve oluşturulan bu konumların merkezine en yakın algılayıcı küme merkezli seçilmekte ve yeni 'K' sınıf merkezi belirlenmektedir. Yapılan bu işlem için belirlenen tekrar sayısı kadar tekrarlanarak en iyi sonuç alınması sağlanmaktadır.

KAA'larda bulunan tüm algılayıcı düğümlerin rastgele yerleştirilen küme merkezlerine olan uzaklıkları belirlenmekte ve oluşturulan bu yeni kümelerin merkezine en yakın algılayıcı yeni merkez nokta olmakta ve iterasyon sayısı kadar optimizasyon yapılmaktadır. Son iterasyon ile merkez noktalar ve bu merkez noktalara yakın olan algılayıcılar kümelere ayrılacak şekilde birbirinden ayrılmaktadır [41], [42].

3.2.2. KM-KBA (Küme Merkezli - Küme Başı Seçim Algoritması)

KM-KBA algılayıcıların ağ ömrünün uzatılması, enerjinin daha verimli kullanılması

adına geliştirilmiş yeni bir kümeleme algoritmasıdır. Önerilen algoritma literatürdeki algoritmalarından farklı olarak her bir kümenin kendi içerisinde iki ayrı kümeye ayrılmasını öngörmektedir. Bu iki küme Küme Merkezi ve Küme Merkezi Dışındakiler olarak belirlenmiştir.

Algoritmanın getirmiş olduğu yeni yaklaşım ile merkez küme içerisinde bulunan algılayıcı statüleri yükseltilecek KB seçiminde önemli bir aşama kaydedilmesi düşünülmektedir. Bölüm 3.2.1’de K-Means algoritması kablosuz ağı istatistiksel olarak belirlenen küme başı sayısı kadar kümeye ayırmaktadır. Kümelenmiş bu KAA’ların her bir kümesi için bir küme başı seçilmesi gerekmektedir. Bu aşamadan sonra geliştirilen algoritma devreye girerek her bir küme için Küme Merkezi (KM) ve Küme Merkezi Dışındaki (KMD) kümeler oluşturmaktadır. Küme merkezi sınırları her kümenin merkezi ile bu kümedeki algılayıcıların bu kümenin merkezine olan ortalama mesafesi arasında kalan alandır.

KM-KBA iki önemli kısımdan oluşmaktadır. Birincisi K-Means kullanılarak küme oluşturulması, ikincisi ise oluşturulan her küme için bir merkezi küme ve bir de dış küme olmak üzere iki ayrı küme oluşturmaya dayanmaktadır;

- K-Means kullanılarak küme oluşturulması Bölüm 3.2.1’de açıklanmıştır.
- Merkezi küme, küme içerisinde bulunan algılayıcılar ve belirlenen sınırlar içerisinde bulunan algılayıcıları tanımlar. Dış küme ise ortalama mesafenin üzerindeki algılayıcıların oluşturmuş oldukları kümedir.

Her kümenin KM ve KMD sınırlarını belirlemek için Formül 3.2 kullanılmaktadır. Bu formülde K_i , K-Means ile belirlenen her bir kümeyi ifade etmekte, M_i , K-Means ile belirlenen her bir kümenin merkez konumunu ifade etmekte, x_n , K_i kümesi içerisindeki her bir algılayıcının bulunduğu konumu göstermekte ve n ise K_i kümesi içerisindeki tüm algılayıcıları ifade etmektedir.

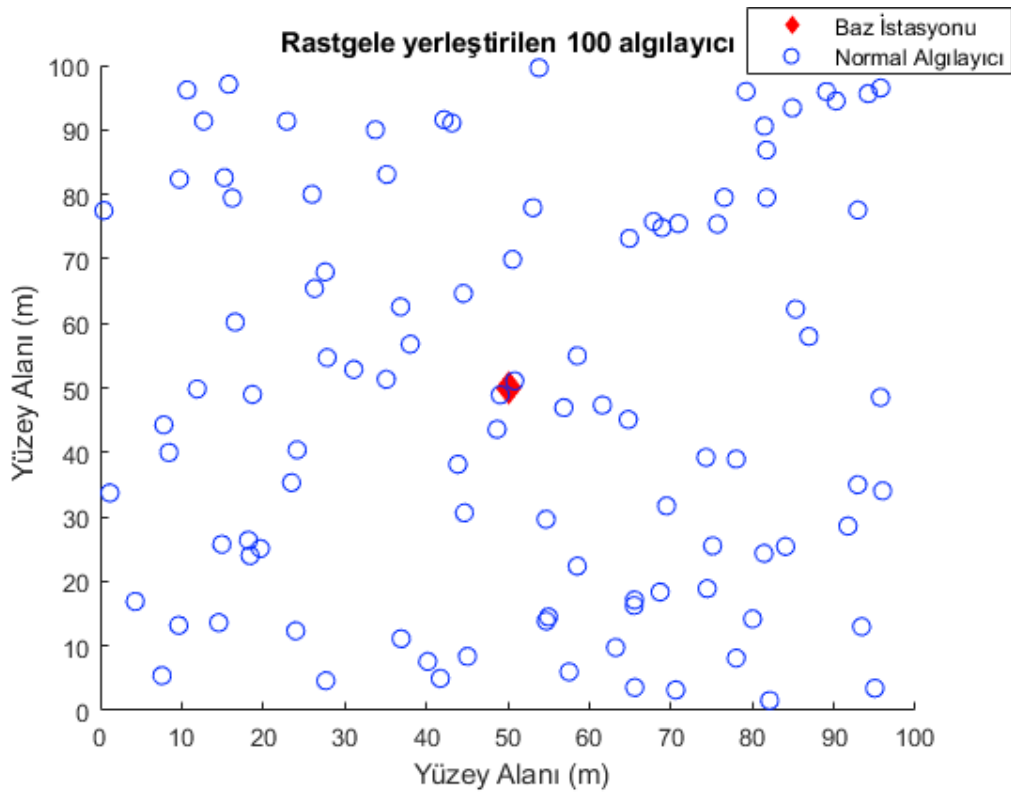
$$K_i = \frac{1}{n} \sum_{x_n \in K_i} M_i - x_n \quad (3.2)$$

KM ve KMD kümelerinde bulunan algılayıcılar belirlendikten sonra KM içerisinde bulunan algılayıcıların KB olmasına öncelik verilmektedir. KM içerisindeki algılayıcılar öncelik verilmesinin sebebi, KB ne kadar merkezi bir konumda olursa küme içerisindeki diğer algılayıcıların verilerini daha kısa bir mesafeye göndermesi anlamına gelir ki bu da

enerji sarfiyatını azaltmaktadır. Bu yöntemle algılayıcıların paket gönderecekleri KB'nin merkezi bir konumda olması sağlanmakta ve mesafeye bağlı olarak algılayıcıların harcamış oldukları enerjilerinin azaltılması ön görülmektedir.

Aşağıda KM-KBA'nın bir küme örneği üzerinden KM ve KMD kümeleri nasıl seçtiği anlatılmıştır. K-Means algoritması uygulandıktan sonra belirlenen kümelerin her birinin ayrı ayrı KM ve KMD kümelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

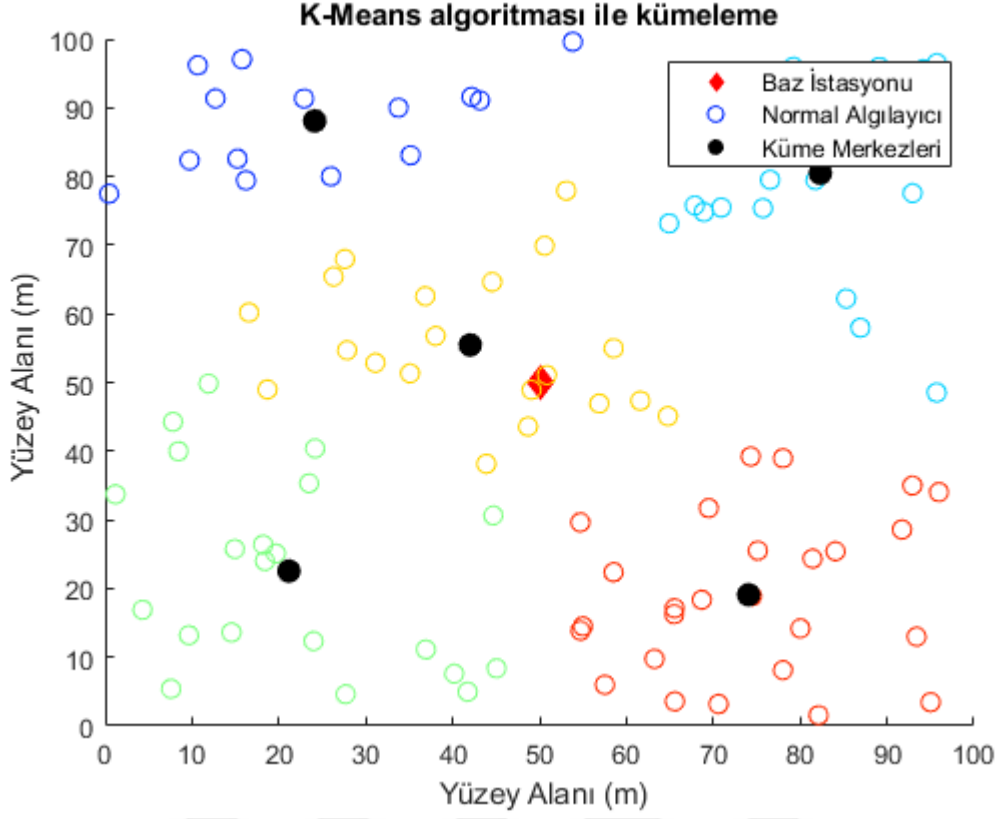
Aşağıda KM-KBA'nın bir örnek üzerinden çalışma şekli anlatılmıştır. Bu örnekte 100 algılayıcı kullanılmıştır. KB sayısı tüm algılayıcıların %5'i kadar olarak belirlenmiş ve her bir küme için ayrı ayrı olarak KM ve KMD kümeleri belirlenmektedir.



Şekil 3.1. Rastgele algılayıcıların yerleştirilmesi.

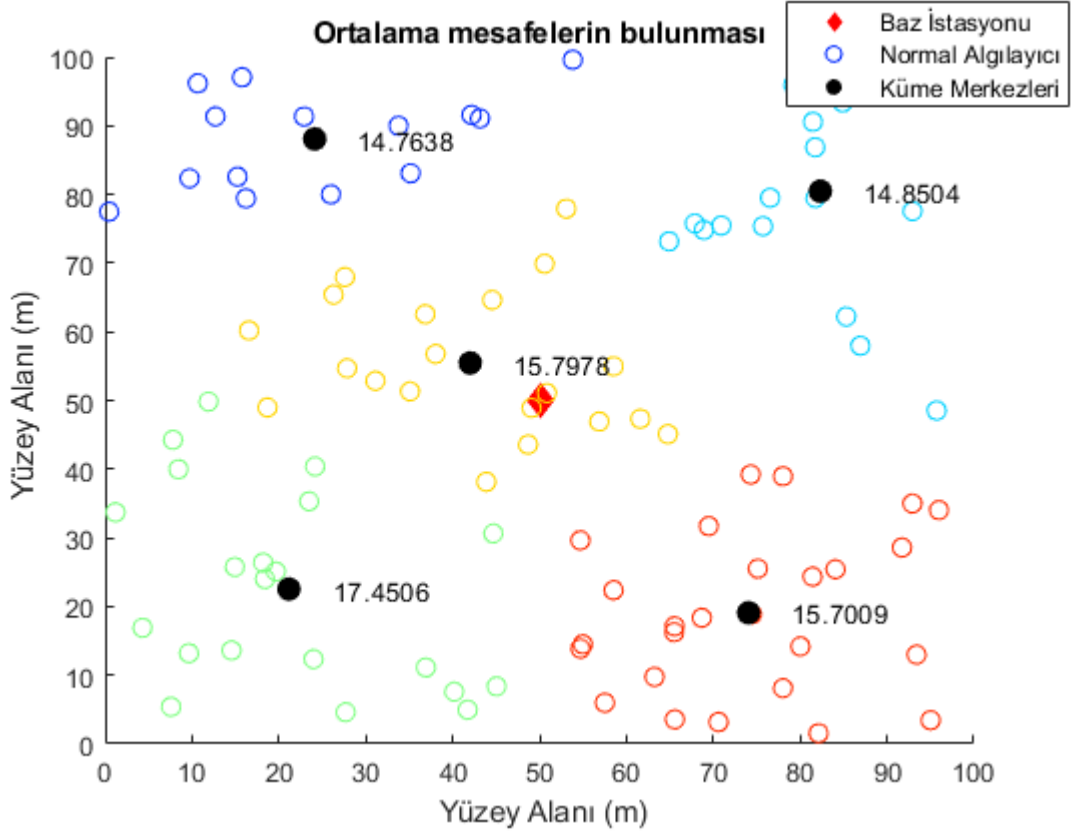
Matlab benzetim aracı kullanılarak 100mX100m'lik bir düzlemde 100 algılayıcı rastgele olarak dağıtılmaktadır. Ayrıca bu düzlemde (50,50) konumuna baz istasyonu yerleştirilmiştir.

Rastgele konumlandırılan bu algılayıcıların sınıflandırılması (kümelenmesi) için K-Means algoritması kullanılmakta ve Şekil 3.2'de gösterildiği gibi her bir küme farklı bir renk ile birbirinden ayrılmaktadır.



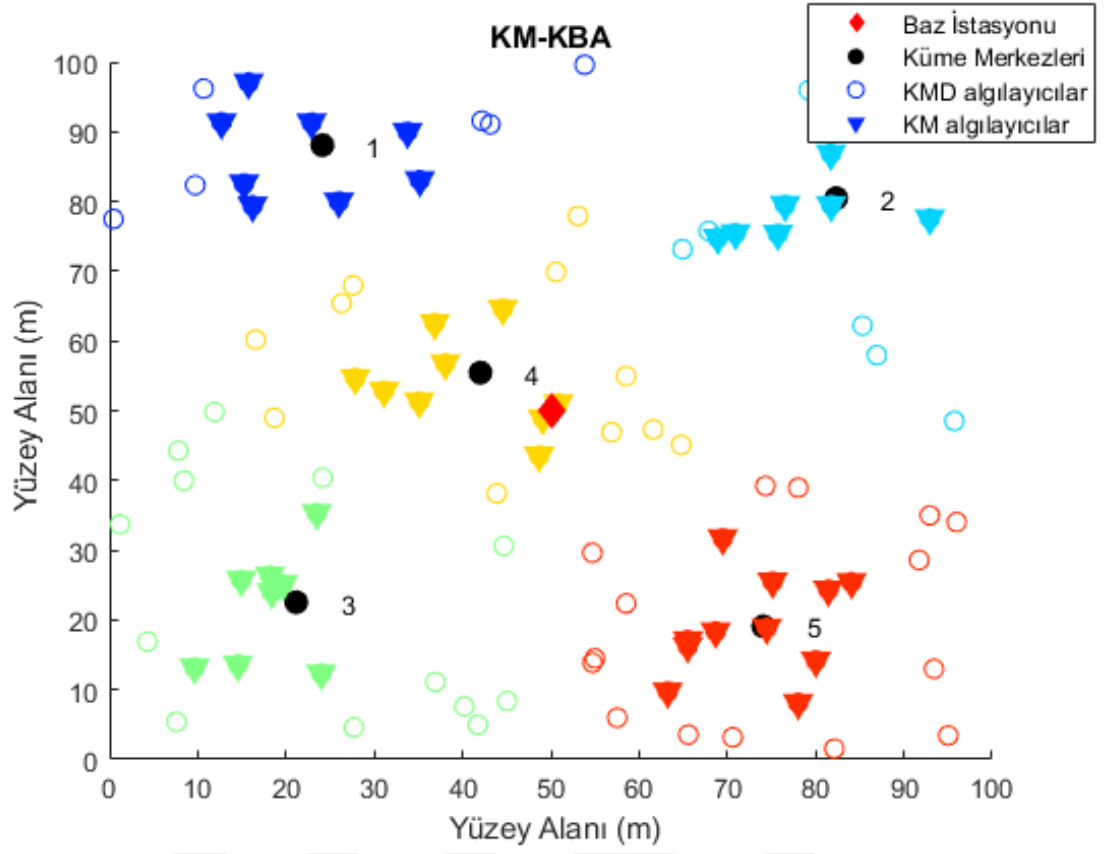
Şekil 3.2. K-Means algoritması ile merkez noktaların belirlenmesi ve kümelerin sınıflandırılması.

K-Means algoritması ile sınıflandırılan bu algoritmaların yine K-Means algoritması ile küme merkezleri şekilde de görüldüğü gibi belirlenmektedir. Belirlenen bu kümelere Formül 3.2 (KM-KBA formülü) uygulanmakta ve her bir küme merkezinin küme içerisindeki algılayıcılara olan ortalama mesafesi Şekil 3.3'te gösterildiği gibi belirlenmektedir.

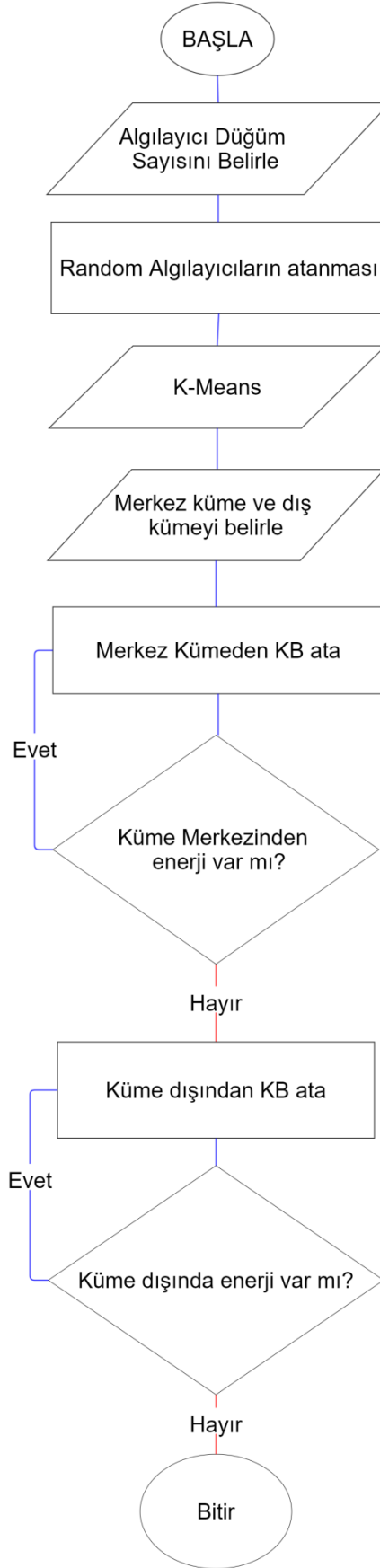


Şekil 3.3. Her bir kümenin ortalama değerinin belirlenmesi.

Her bir kümenin ortalama mesafesi bulunduğundan sonra her bir algılayıcının içinde bulunduğu küme merkezine olan uzaklığı belirlenmekte ve eğer bu değer ortalama değerden düşük ise Küme Merkezi olarak atanmasına aksi durumda ise KMD olarak atanması işlemi yapılmaktadır. Şekil 3.4'te de görüldüğü gibi merkezde bulunan ve siyah nokta ile gösterilen konum bu kümenin merkezini göstermektedir. Ters üçgenler KM kümesini ve dairelerde KMD kümesini göstermektedir. Geliştirmiş olduğumuz KM-KBA algoritması ters üçgen olarak gösterilen KM içerisindeki algılayıcıları KB seçmektedir. KM içerisindeki algılayıcıların enerjileri tükendiğinde ise KMD küme içerisinde KB seçimi yapılarak tüm algılayıcıların enerjileri tükenene kadar bu işlem devam etmektedir.



Şekil 3.4. Küme merkezi ve küme merkezi dışındaki kümelerinin belirlenmesi.



Şekil 3.5. KM -KBA akış diyagramı.

KM-KBA'nın Şekil 3.5'te verilen akış diyagramına göre KAA düzleminde algılayıcı sayısı belirlenir ve rastgele olarak yerleştirilen algılayıcılar K-Means algoritması ile kümelendir. Kümelenen algılayıcılar KM-KBA algoritması ile KM ve KMD belirlenerek KB atanacak algılayıcılar belirlenir. Döngü boyunca enerjileri tükenene kadar KM içerisindeki algılayıcılar KB atanır ve daha sonra KMD algılayıcılar KB olarak atanır. Bu işlem tüm algılayıcıların enerjileri tükenene kadar devam eder ve algoritma sonlanır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. GİRİŞ

Tez çalışmasının bu bölümünde KAA'larda kümeleme algoritmasının performans değerlendirme ölçütleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra KM-KBA'nın performans değerlendirmelerinin yapılabilmesi amacıyla Matlab-R2018b'de çeşitli senaryolar üretilmiştir ve geliştirilen yeni algoritmalar mevcut yöntemlerle karşılaştırılmıştır.

4.2. KM -KBA'NİN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.2.1. KM -KBA'nin Performans Değerlendirmesi

KAA'larda en önemli performans kriteri enerji tüketimidir . KAA'larda verilerin iletimi için enerjiye ve bant genişliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Enerji tüketim hesabında gönderilen paket sayısı, düğümler arası mesafe ve küme başı sayısı etkili olmaktadır [13], [43], [44]. Ayrıca karşılaştırma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada KAA'larda bulunan tüm algılayıcıların özellikleri eşit tutulmuştur (homojen). İkinci aşamada ise heterojen bir yapı kullanılarak KAA'lara Gelişmiş Algılayıcı (GA)'lar eklenmiştir.

Bu çalışmada önerilen kümeleme algoritmanın performansı aşağıdaki kriterler açısından değerlendirilmiştir:

1. Yaşam döngü sayısı: Gerçekleştirilen benzetimlerde, yaşam döngü sayısı her veri gönderiminden sonra hayatta kalan algılayıcı sayısının belirlenmesine dayanmaktadır. Karşılaştırma için kullanılan değişkenler algılayıcı sayısıdır.
2. Enerji tüketimi: Gerçekleştirilen benzetimlerde, enerji tüketimi üç değişkene göre değerlendirilmiştir. Bu değişkenler; algılayıcılar arası mesafe, algılayıcı sayısı ve KB sayısıdır.

3. Gönderilen paket sayısı: Gerçekleştirilen benzetimde, baz istasyonuna (Sink) gönderilen paket sayısının tespiti iki değişkene bağlıdır. Her küme içerisinde küme başına gönderilen paketler ve küme başlarında baz istasyonuna (Sink) gönderilen paketler. Paket sayısının tespiti için her bir algılayıcı için literatürden yola çıkılarak paket boyutu her bir döngüde 4000 bit olarak belirlenmiştir.

4.2.2. KM -KBA'nın Homojen KAA'larda Performans Değerlendirme Ortamı

Performans değerlendirme ortamını sabit düğümlerin bulunduğu kablosuz aę yapısı oluşturmaktadır. Sabit düğümlerin bulunduğu yapıda, algılayıcı düğümlerin yerleşimleri için rastgele yerleştirme modeli kullanılmış. Literatürde yer alan çalışmaların birçoğunda algılayıcılar rastgele yerleştirilmiştir [8], [14], [29], [45]. Bu nedenle karşılaştırmanın doğru bir şekilde yapılabilmesi için literatür çalışmaları referans alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Literatürde benzetim süresi için tüm algılayıcıların enerjileri tükenene kadar devam etmektedir. Benzetimde kullanılan toplam algılayıcı sayısı 100 ila 200 arasında değişkenlik göstermektedir. Karşılaştırmada kullanılan tüm algılayıcılar eşit enerjiye sahiptirler.

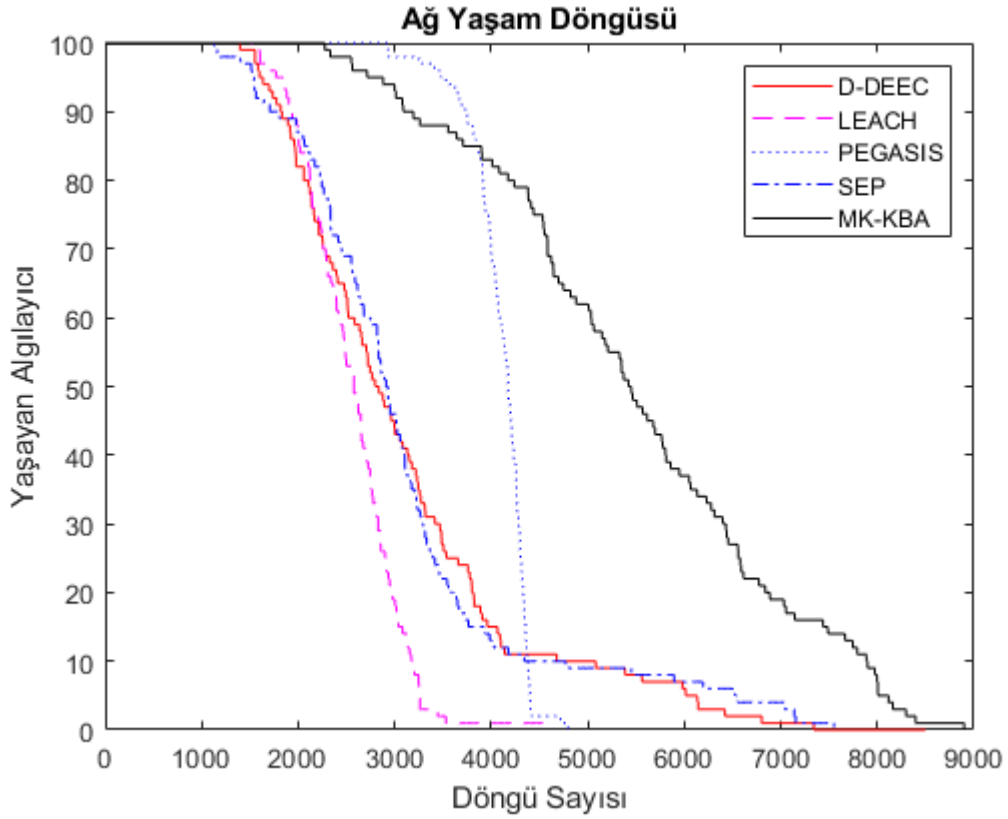
4.2.2.1. Benzetim Parametreleri ve Karşılaştırma Sonuçları

Karşılaştırma yapılacak olan algoritmalar için Çizelge 4.1’de belirlenen parametreler kullanılarak her bir algoritma için ayrı ayrı bu parametreler uygulanarak benzetim sonuçları karşılaştırmada grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Karşılaştırma 1’de kullanılan parametreler.

Parametre	Değer	Sembol
Ortam boyutu	100mX100m	mXm
Düğüm sayısı	100	n
Başlangıç Enerjisi	2 J	E_0
Küme başı seçme olasılığı	0.05	p
Paket boyutu	4000 bit	k
Küme başı sayısı	P*n	N_0
Baz istasyonu konumu	(50,50)	(Sinkx,Sinky)
Her bit için gönderim ve alımda harcanan enerji	50nJ/bit	Eelec
Dağıtım enerjisi	100*0.000000000001J	Eamp
İletim enerjisi	50* 0.000000001J	ETx
Alım enerjisi	50* 0.000000001J	ERx
Veri toplama enerji	5* 0.000000001J	EDA

KM-KBA Çizelge 4.1’de gösterilen 1. Karşılaştırma parametreleri çerçevesinde LEACH, DEEC, PEGASIS ve SEP algoritmaları ile karşılaştırılarak her bir Kablosuz Ağın yaşam toplam yaşam döngüsü boyunca hayata kalan algılayıcı sayısı şekil 4.1’de gösterilmiştir.

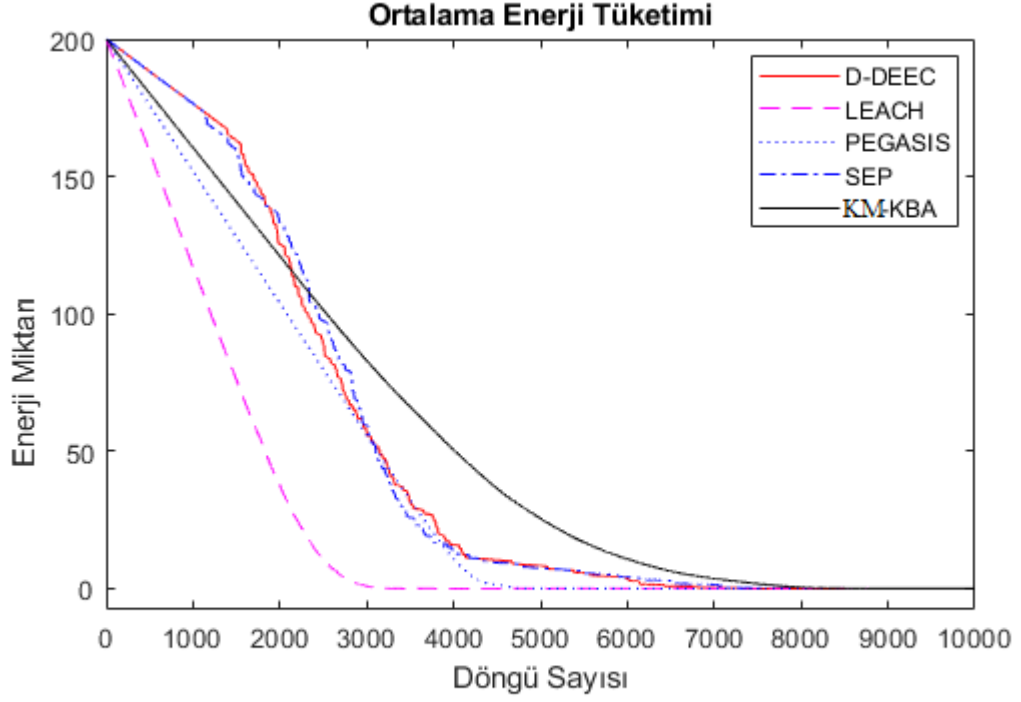


Şekil 4.1. 100 algılayıcı için yaşayan algılayıcı sayıları.

Yapılan birinci karşılaştırma sonucunda önerilen algoritmanın yaşam döngüsü ya da yaşayan algılayıcı sayısı diğer algoritmalara oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. KM -KBA algoritması SEP’ten % 18,6, D-DEEC’ten % 23,6, LEACH’ten % 93,4 ve PEGASIS’ten yüzde 83,5 daha verimli olduğu gözlenmiştir.

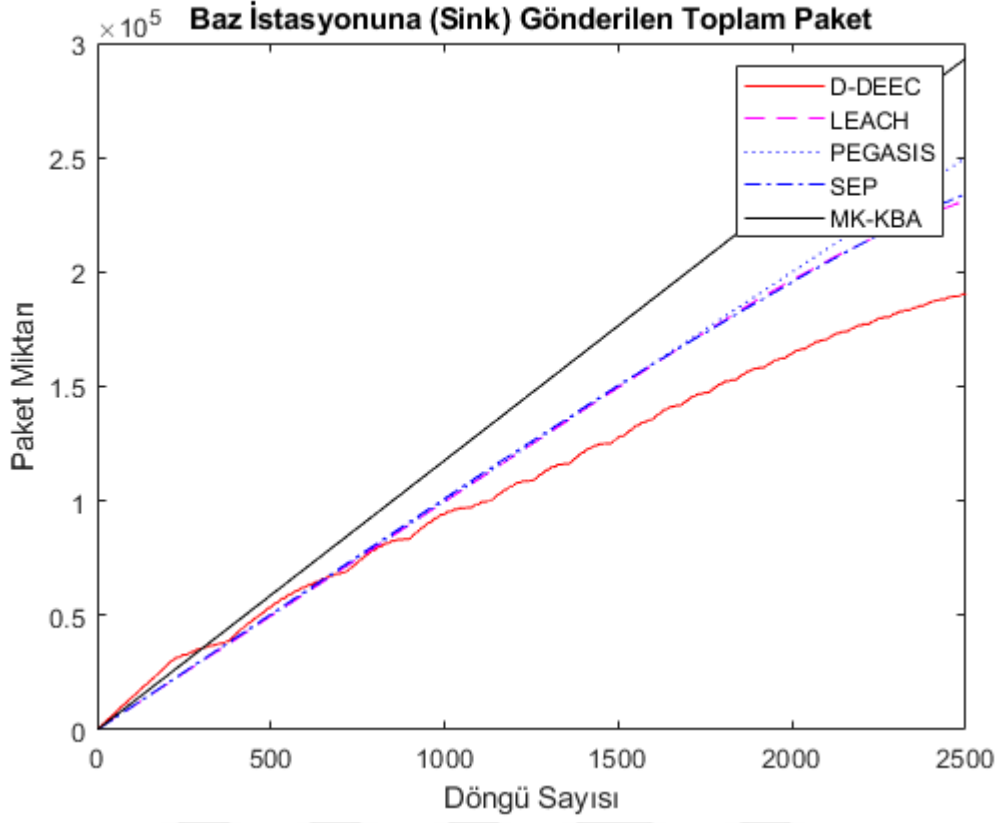
Ayrıca belirtilmesi gerekir ki ağın başlangıcından itibaren ilk algılayıcının enerjisi tükenene kadar geçen süredeki döngü sayıları sırasıyla SEP 1132, D-DEEC 1398, LEACH 1518, KM-KBA 2276 ve PEGASIS 2931’dir. PEGASIS algoritmasının ilk algılayıcının enerjisini tüketme süresinin önerilen algoritmadan üstün olmasının temel sebebi, KM –KBA algoritmasının sadece KM içerisinden KB ataması yapıyor olmasıdır.

Karşılaştırmada kullanılan algılayıcıların döngü başına enerji seviyeleri şekil 4.2’de görüldüğü gibi önerilen algoritmanın diğer algoritmalarından daha verimli olduğu görülmektedir.



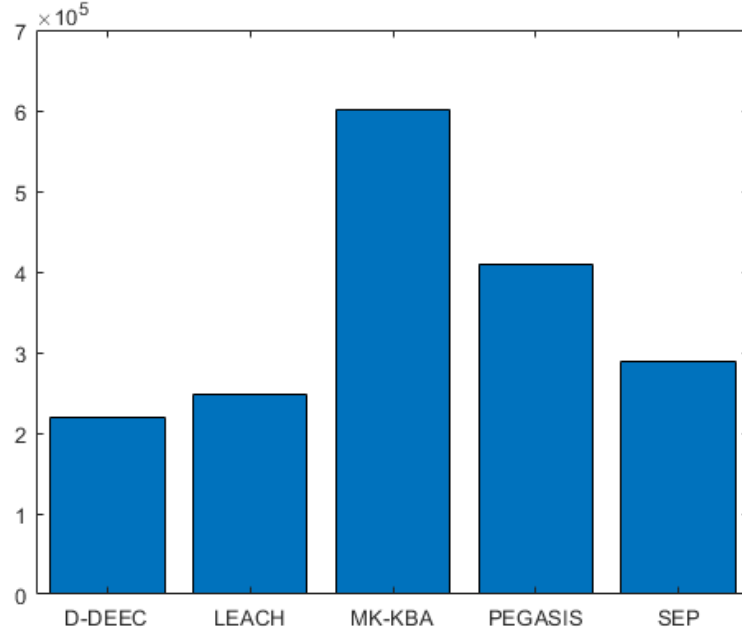
Şekil 4.2. 100 algılayıcı için döngü başına kalan enerji miktarı.

Baz istasyonuna gönderilen paket miktarı ağ performansı açısından önemlidir. LEACH Algoritmasının ağ ömrü dikkate alınarak yapılan bu karşılaştırmada önerilen algoritmanın daha fazla paket gönderdiği Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3. 2500 döngüde baz istasyonuna gönderilen toplam paket sayısı.

Ayrıca bu karşılaştırmanın her bir algoritmanın yaşam ömrü dikkate alınan Baz istasyonuna gönderilen toplam paket sayıları ayrıca grafiksel olarak Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

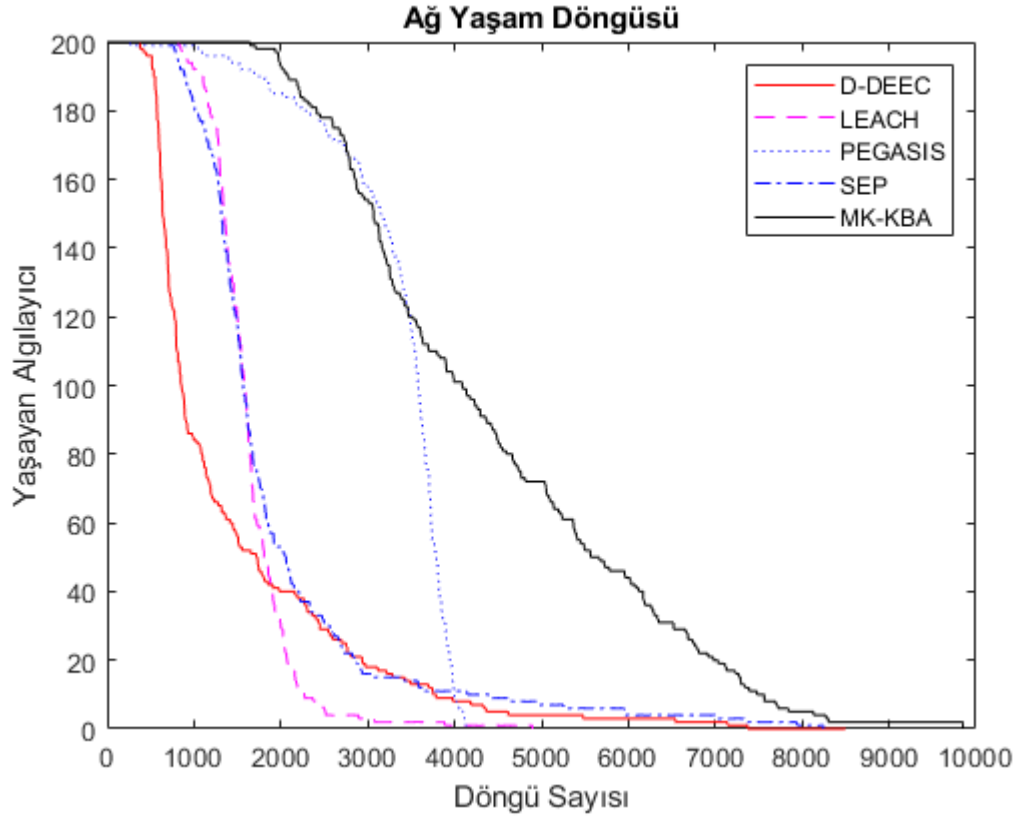


Şekil 4.4. 100 algılayıcı için baz istasyonuna gönderilen toplam paket sayısı.

KM-KBA Çizelge 4.2’de gösterilen 2. Karşılaştırma parametreleri çerçevesinde LEACH, DEEC, PEGASIS ve SEP algoritmaları ile karşılaştırılarak ölü algılayıcı sayısı Şekil 5.2’de gösterilmiştir. 2. Karşılaştırmada ortam boyutu, düğüm sayısı ve baz istasyonu konumunda değişikliğe gidilmiş ve böylece karşılaştırma yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Karşılaştırma 2’de kullanılan parametreler.

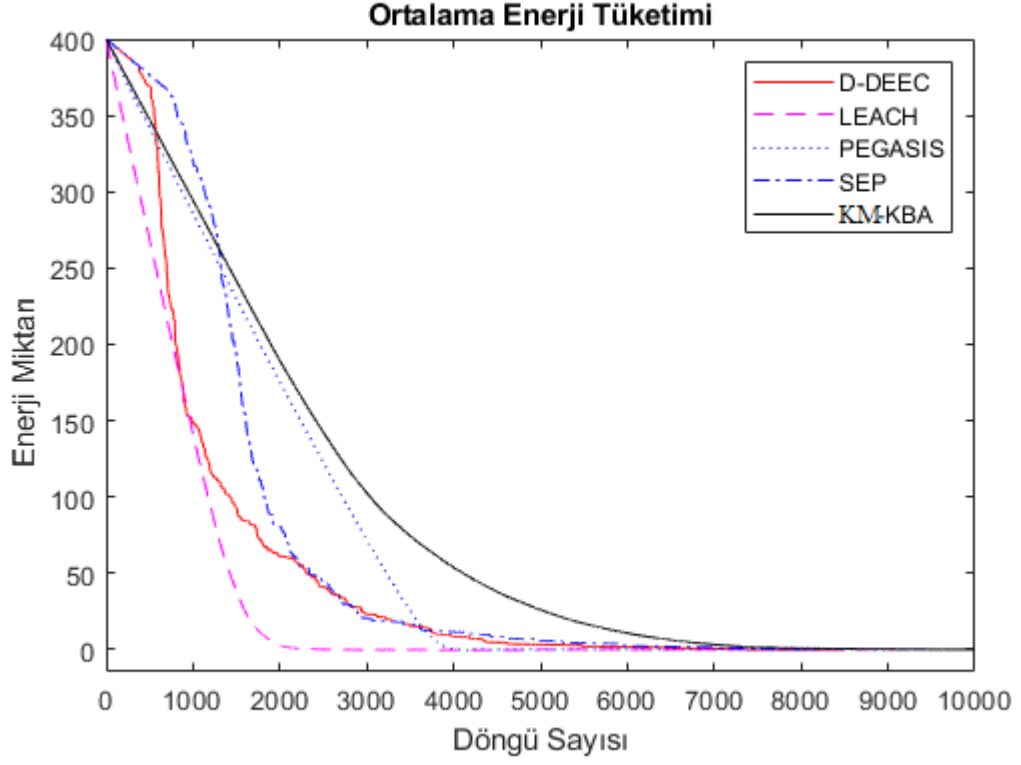
Parametre	Değer	Sembol
Ortam boyutu	200X200M ²	MXM
Düğüm sayısı	200	n
Başlangıç Enerjisi	2 J	E ₀
Küme başı seçme olasılığı	0.05	p
Paket boyutu	4000 bit	k
Küme başı sayısı	P*n	No
Baz istasyonu konumu	(50,150)	(Sinkx,Sinky)
Her bit için gönderim ve alımda harcanan enerji	50nJ/bit	Eelec
Dağıtım enerjisi	100*0.000000000001J	Eamp
İletim enerjisi	50* 0.000000001J	ETx
Alım enerjisi	50* 0.000000001J	ERx
Veri toplama enerji	5* 0.000000001J	EDA



Şekil 4.5. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve hayatta kalan algılayıcıların dağılımı.

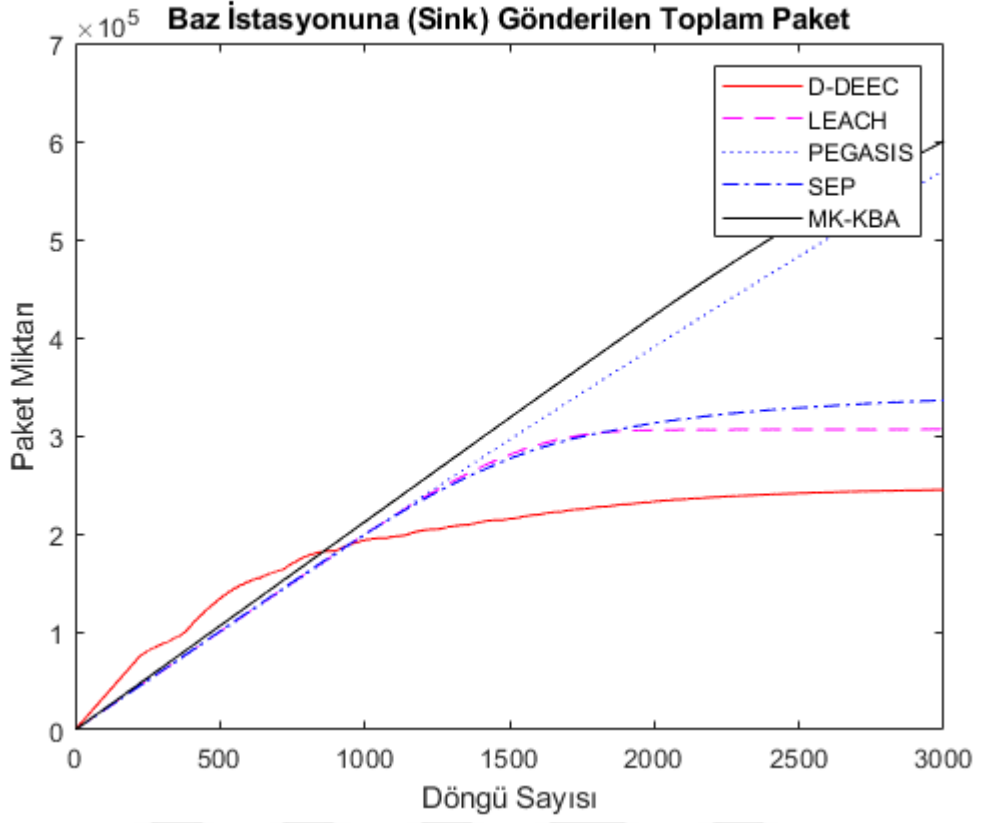
İkinci karşılaştırmada PEGASIS algoritmasının ilk 80 algılayıcıda önerilen algoritmadan daha iyi olduğu görülse de benzetimin tümü göz önüne alındığında KM -KBA'nın daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Karşılaştırmada kullanılan algılayıcıların döngü başına enerji seviyeleri şekil 4.6'da görüldüğü gibi önerilen algoritmanın diğer algoritmalarından daha verimli olduğu görülmektedir.



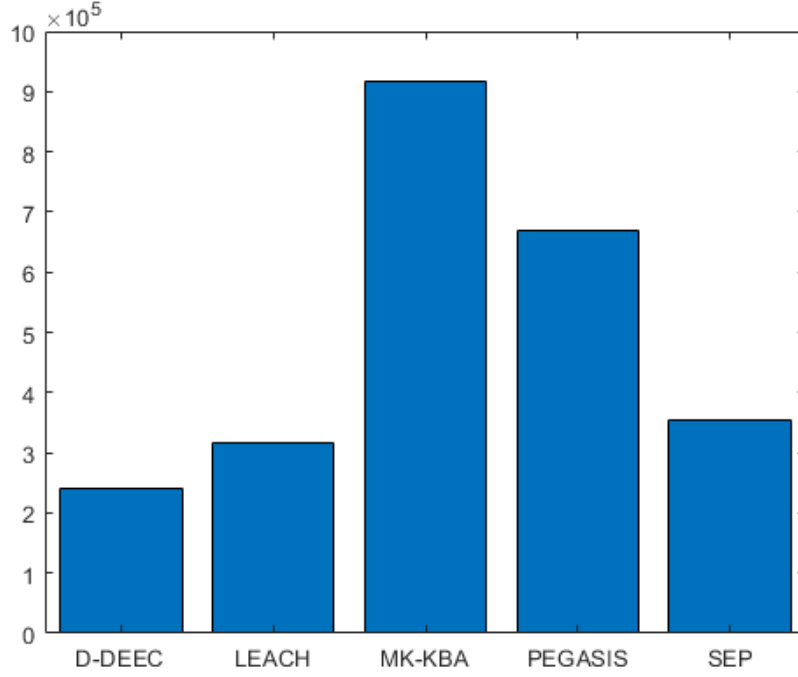
Şekil 4.6. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve döngü başına kalan enerji miktarları.

Yine LEACH Algoritmasının ağ ömrü dikkate alınarak yapılan bu karşılaştırmada önerilen algoritmanın daha fazla paket gönderdiği Şekil 4.7'te görülmektedir. Ayrıca bu karşılaştırmaların her bir algoritmanın yaşam ömrü dikkate alınan Baz istasyonuna gönderilen toplam paket sayıları ayrıca grafiksel olarak Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve 3000 döngüde Baz istasyonuna gönderilen paket sayıları.

Şekil 4.8'deki karşılaştırma sonucu ile her bir algoritmanın 2. Karşılaştırma parametreleri çerçevesinde ağ yaşam süresi boyunca baz istasyonuna gönderdikleri toplam paket sayıları gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Çizelge 4.2'deki parametrelerin kullanılması ve toplam paket sayıları.

4.2.3. KM-KBA'nin Heterojen KAA'da Performans Değerlendirme Ortamı

Performans değerlendirme ortamını İkinci aşamasında ise KAA'ya Gelişmiş Algılayıcılar (GA)'lar dahil edilmiş ve döngü sayısı, enerji miktarı ve paket sayıları yukarıda belirtilen algoritmalarla karşılaştırılmıştır.

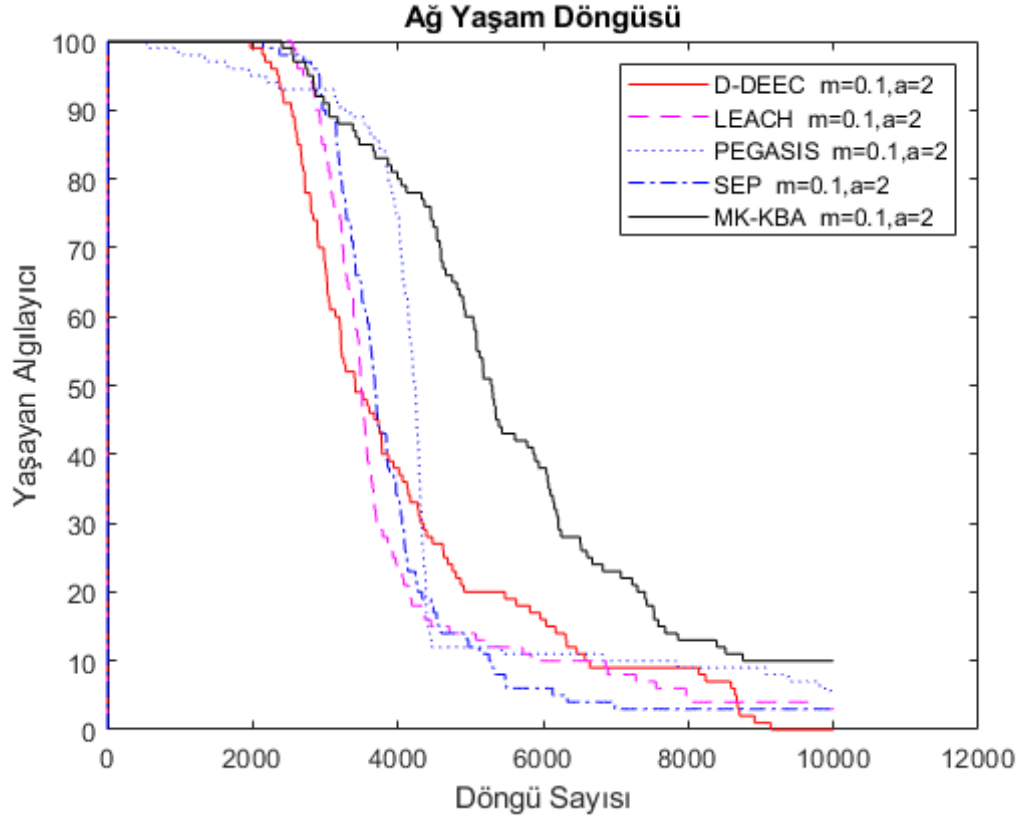
4.2.3.1. Benzetim Parametreleri ve Karşılaştırma Sonuçları

Çizelge 4.3'te belirtilen parametreler çerçevesinde Matlab benzetim ortamında karşılaştırılan protokoller koşulmuş ve bunun sonucu olarak her bir algoritma için 10000 döngüde hayatta kalan algılayıcı sayıları Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Benzetim sonucunda KAA'da GA kullanılması durumunda hayatta kalan algılayıcı sayısı itibariyle KM-KBA'nın diğer algoritmalarından üstün olduğu açıkça görülmektedir.

Çizelge 4.3. Heterojen KAA'da 10000 döngü parametreleri.

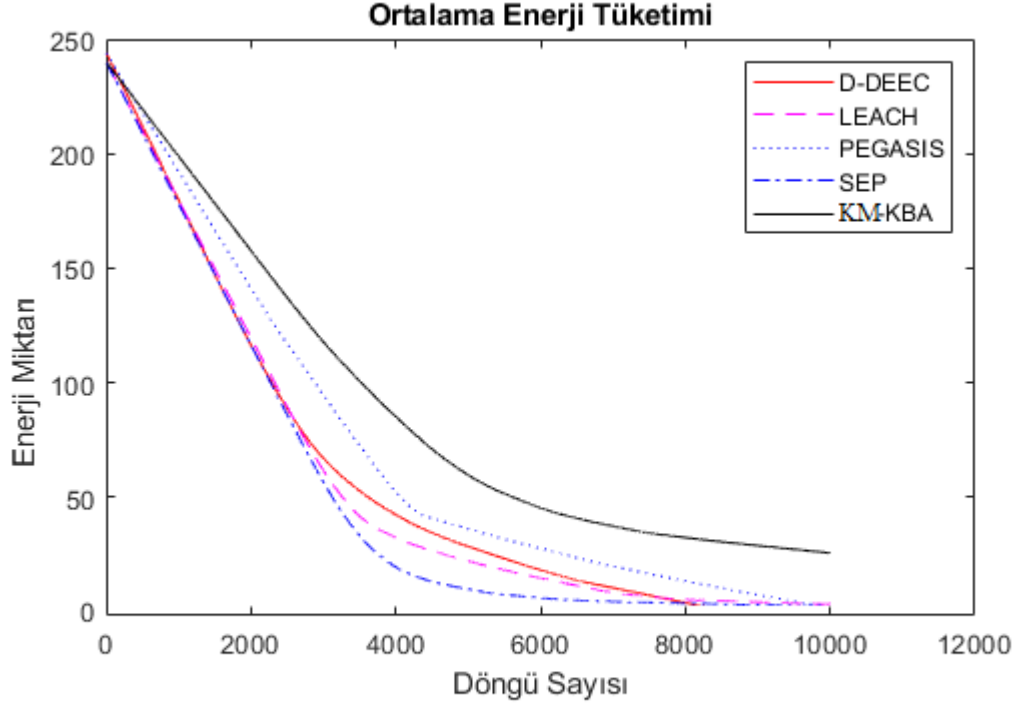
Parametre	Değer	Sembol
Ortam boyutu	100X100M ²	MXM
Normal Algılayıcı Sayısı	$p / (1+a*m)$	pNrm
Gelişmiş Algılayıcı Sayısı	$p*(1+a)/(1+a*m)$	pAdv
Döngü Sayısı	10000	Rnd
Başlangıç Enerjisi	2 J	E ₀
Küme başı seçme olasılığı	0.05	P
Paket boyutu	4000 bit	K
Küme başı sayısı	P*n	No
Baz istasyonu konumu	(50,50)	(Sinkx,Sinky)
Her bit için gönderim ve alımda harcanan enerji	50nJ/bit	Eelec
Dağıtım enerjisi	100*0.000000000001J	Eamp
İletim enerjisi	50* 0.0000000001J	ETx
Alım enerjisi	50* 0.0000000001J	ERx
Veri toplama enerji	5* 0.0000000001J	EDA

Gelişmiş algılayıcıların bulunduğu bu simülasyon çalışmasında önerilen algoritmanın diğer algoritmalarından farklı olarak GA'a öncelik vermediği halde daha iyi olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi 10000 döngüde önerilen algoritmanın hala ondan fazla algılayıcısının hayata olduğu görülmektedir.



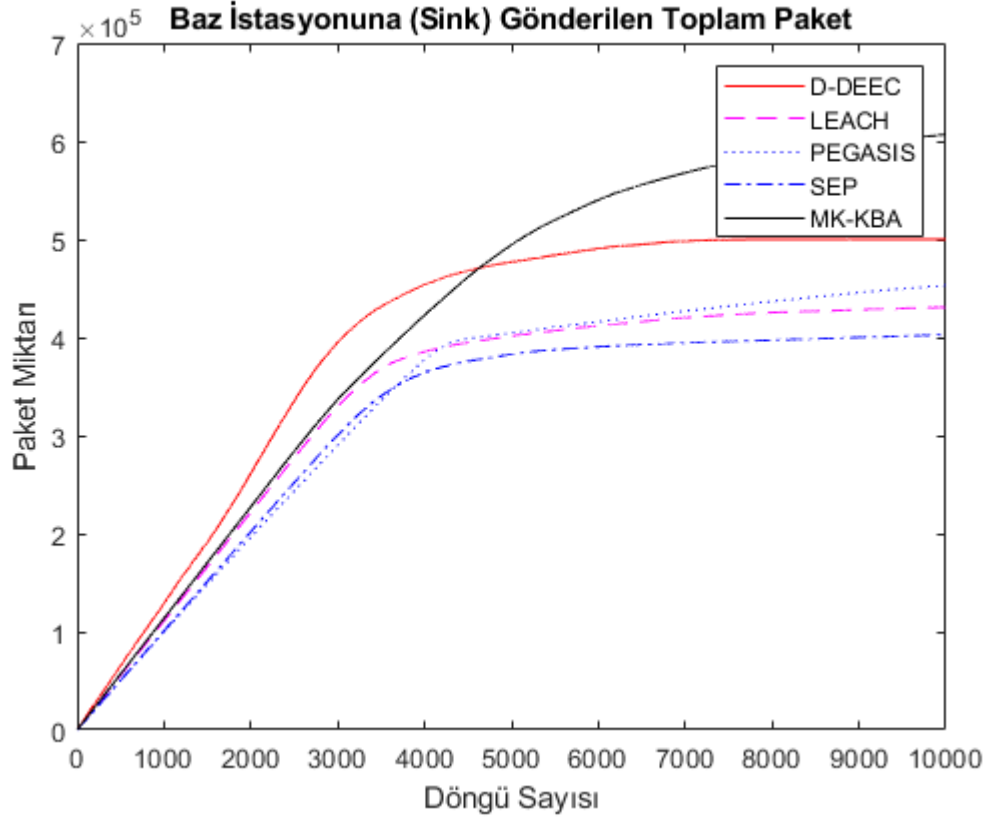
Şekil 4.9. 10000 döngüde hayatta kalan algılayıcı sayıları.

KAA'a eklenen GA sayesinde tüm algoritmelerde ağ yaşam döngüsünde artışa olumlu katkıda bulunması dolayısıyla döngü başına harcanan enerjinin de daha az kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu açıdan bakıldığında GA'ın bulunduğu bu benzetimde önerilen algoritmanın oldukça başarılı sonuç verdiği Şekil 4.10'da görülmektedir.



Şekil 4.10. Döngü başına kalan enerji miktarı.

Önerilen algoritma en yakın algoritmaya oranla 10000 paket daha fazla paket gönderdiği Şekil 4.11’de görülmektedir. Bu oran tüm algoritmaların yaşam ömrü dikkate alındığında daha iyi sonuç vereceği Şekil 4.1,Şekil 4.5 ve Şekil 4.9’da kanıtlanmıştır.



Şekil 4.11. 10000 döngüde toplam gönderilen paket sayısı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇ

KAA'larda enerji, en fazla verinin düğümler arasında iletimi sırasında harcanır. Bu sırada harcanan enerji algılayıcılar arasındaki mesafe ve verinin boyutuyla orantılıdır. Literatürde KAA'larda bu ve benzeri enerji problemlerini aşmak amacıyla, taşınan veriyi en kısa yoldan hedefe ulaştırma, algılayıcıların görevlerine göre uygun pozisyonlara yerleştirme, düğümleri uyutma gibi çözümler önerilmiştir. Bir diğer çözüm ise küme başlarının doğru pozisyonda olmasını sağlamaktır. Böylece, veri belirlenen uygun hat üzerinde taşınır.

Bu tez çalışmasında KAA'lar için kullanılan mevcut popüler kümeleme yöntemlerine göre daha etkili bir yöntem önerilmiştir. Önerilen algoritma diğer algoritmalarından, “küme sayısı” ve “küme başı seçimi” değişkenlerine bağlı olarak karar vermesi yönüyle ayrılmaktadır. KM-KBA, karşılaştırması yapılan diğer popüler kümeleme algoritmalarına oranla daha fazla enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Aşağıda yapılan çalışmalar, tezin sunumuna uygun olarak, kısaca değinilmiş ve elde edilen bulgular sunulmuştur.

1. KAA'larda kullanılan algılayıcı düğümlerin, veriyi önce küme başına daha sonra baz istasyonuna göndermesi gerekmektedir. Bu da kümelemenin temel prensibidir. Bu sayede algılayıcı düğümlerin bataryaları daha verimli kullanılarak ağın ömrünün de uzaması sağlanmaktadır (Bölüm 1).
2. Yeni bir algoritma tasarımı yapabilmek için, literatürde KAA'larda kullanılan kümeleme algoritmaları incelenmiş ve avantaj, dezavantajları tablosal olarak çıkarılmıştır (Bölüm 2).
4. KAA'lar için verimli kümeleme algoritmalarından yola çıkarak geliştirilen KM-KBA'nın ayrıntılı çalışma adımları verilmiş ve “Küme Merkezi” ve “Küme Merkezi Dışındakiler” kümelerinin nasıl belirleneceğine, detaylı olarak değinilmiştir (Bölüm 3).
5. Geliştirilen KM-KBA'nın benzetim aracı olan Matlab R2018b'de performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme için öncelikle belirlenen kümeleme algoritmaları ayrı ayrı kullanılarak iki önemli kriter olan normal algılayıcı ve gelişmiş

algılayıcılar çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar algılayıcı sayıları, Baz istasyonu konumu ve başlangıç enerjisi gibi değerler üzerinden ayrı ayrı olarak gerçekleştirilmiştir. (Bölüm 4).

6. Öne çıkan kümeleme algoritmalarının performanslarını ölçmek için kullanılacak Matlab benzetim aracına uyum sağlayan programlama dili ile kodlanmış ve performans değerleri ölçülerek, karşılaştırılmıştır. Ayrıca benzetimde kullanılan parametreler literatür dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu parametreler yüzey alanı, baz istasyonu konumu, normal ve gelişmiş algılayıcı sayısı değişkenlik gösterirken, küme başı sayısı (N_0), başlangıç enerjisi (E_0), KB seçme olasılığı (p) ve veri iletiminde kullanılan parametreler sabit tutulmuştur. Sabit tutulan veriler benzetimde kullanılan sabit değişkenlerden oluşmaktadır (Bölüm 4).
7. Son olarak çalışmanın literatüre katkısı ve bundan sonraki çalışmalara yapacağı katkıdan söz edilmiştir (Bölüm 5).

5.2. ÇALIŞMANIN GETİRDİĞİ KATKILAR

KAA'larda enerji en çok veri iletimi sırasında harcanmakta ve sarf edilen enerji miktarını azaltma amacı taşıyan, en uygun küme başının seçimine karar veren KM-KBA'nın getirdiği katkılar aşağıda sıralanmıştır.

- a. KAA'lar için kümelemeye dayalı ve enerji duyarlı yeni bir algoritma geliştirilmiştir. Daha verimli bir kümeleme algoritması geliştirilerek enerji tasarrufu sağlanmıştır. KM-KBA ile kümeleme için kullanılacak yöntem KAA'larda kullanılan popüler algoritmalar olan ve statik algılayıcıların bulunduğu D-DEEC, LEACH, PEGASIS ve SEP'den daha verimli olduğu tespit edilmiştir.
- b. Kablosuz iletişimde maksimum ağ performansı sağlanması amacıyla rastgele yerleştirilen ağda en iyi kümeleme ve en verimli küme başı seçimi yapılması sağlanmış ve bu sayede iletimde harcanan enerji LEACH ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azaltılması sağlanmıştır.
- c. Hem homojen hem de heterojen ağlarda kullanılabilmesi açısından esnekliği kanıtlanmıştır.
- d. Geliştirilen KM-KBA algoritması normal algılayıcıların bulunduğu kablosuz ağda, LEACH'ten yüzde 93,6, PEGASIS'ten yüzde 83,5, D-DEEC'ten yüzde 23,6 ve SEP'ten yüzde 18,6 daha verimli olduğu gözlenmiştir.

- e. Geliştirilen algoritma gelişmiş algılayıcıların bulunduğu bir heterojen ağda 10000 döngüde, diğer algoritmalarından yaklaşık olarak 10 kat daha fazla enerjiye sahip olduğu belirlenmiştir.
- f. Gerçekleştirilen benzetimlerde her bir düğüme atanan 2 *joule* değer ile kablosuz ağın yaşam döngüsü en yakın algoritmadan 1500 döngü daha fazla olduğu görülmüştür.

5.3. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında geliştirilen algoritma ve benzetim sonuçlarından faydalanarak gelecekte yapılabilecek çalışmalara yol göstermek üzere aşağıdaki öneriler sunulmaktadır:

- a. Çalışmada KAA'ların ağ yaşam süresinin uzatılması konusunda eğilim gösterilmiş, bu nedenle ağın yaşam döngüsünün başlaması ile ilk algılayıcının enerjisini tükettiği zaman aralığı diğer algoritmalarından daha düşük olduğu gözlenmiştir. İlerleyen çalışmalarda bu konuda mesafe kaydedilmesi adına merkez küme içerisinde ve dışında kalan algılayıcılar en iyi olasılıksak hesaplama ile sıralı olarak küme başı seçimi yapılarak kablosuz ağın ilk algılayıcının enerjisini tüketmesi süresi uzatılabilir.
- b. Rastgele yerleştirilen algılayıcıların komşuluk sınırından daha yakın olan algılayıcılar sırasıyla kullanılan algılayıcının enerjisi tükenene kadar uyutularak gereksiz enerji harcanmasının önüne geçilebilir.
- c. Bu tez çalışmasında benzetim ortamları kullanılarak yapılan çalışmalar gerçek algılayıcıların kullanılan çalışmadan yaklaşık olarak 17000 döngü daha fazla çalışmıştır [46].
- d. Merkezi küme içerisinde veya dışında kalan algılayıcıların oranları tutarsız olması durumunda yeniden merkez kümesi seçimi yapılabilir ve merkez kümesi çapı genişletilerek daha fazla algılayıcının merkez kümeye dahil edilmesi sağlanabilir.

6. KAYNAKLAR

- [1] I. F. Akyildiz and M. C. Vuran, “*Wireless Sensor Network*,” 1th ed., West Sussex, United Kingdom: A John Wiley and Sons, 2010, ss. 17-33.
- [2] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, “Wireless sensor network: Survey,” *Computer Networks*, c. 52, sayı 12, ss. 2292–2330, 2008.
- [3] R. Selmic, V. Phoha, and A. Serwadda, “Wireless sensor networks: security, coverage and localization,” *Springer International Publishing AG*, c. 65, sayı 7, 2016.
- [4] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “Wireless sensor networks: A survey,” *Computer Networks*, c. 38, ss. 393–422, 2002.
- [5] W. R. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, “Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks,” *Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, c. 1, ss. 10, 2000.
- [6] C. Buratti, A. Conti, D. Dardari, and R. Verdone, “An overview on wireless sensor networks technology and evolution,” *Sensors*, sayı 9, ss. 6869–6896, 2009.
- [7] G. Smaragdakis, I. Matta, and A. Bestavros, “SEP: A Stable Election Protocol for clustered heterogeneous wireless sensor networks,” *2nd International Working Sensors Actor Network Protocols Application*, 2004, ss. 251–261.
- [8] M. Ye, C. Li, G. Chen, and J. Wu, “An energy efficient clustering scheme,” *Ad Hoc Sensor Wireless Networks*, c. 3, ss. 99–119, 2007.
- [9] D. Kumar, T. C. Aseri, and R. B. Patel, “EEHC: Energy efficient heterogeneous clustered scheme for wireless sensor networks,” *Computer Communication*, c. 32, sayı 4, ss. 662–667, 2009.
- [10] L. Qing, Q. Zhu, and M. Wang, “Design of a distributed energy-efficient clustering algorithm for heterogeneous wireless sensor networks,” *Computer Communication*, c. 29, sayı 12, ss. 2230–2237, 2006.
- [11] C. R. Lin and M. Gerla, “Adaptive clustering for mobile wireless networks,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, c. 15, sayı 7, 1997.
- [12] A. Kumar and D. Singh, “Importance of energy in wireless sensor networks : a survey,” *An International Journal of Engineering Sciences*, c. 17, ss. 500–505, 2016.
- [13] W. B. Heinzelman, “Application-specific protocol architectures for wireless networks,” Ph.D. dissertstion, Computer Engineer, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2000.

- [14] W. B. Heinzelman, A. P. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks," *IEEE Transformation Wireless Communication*, c. 1, sayı 4, ss. 660–670, 2002.
- [15] M. Z. Masoud, Y. Jaradat, D. Zaidan, and I. Jannoud, "To cluster or not to cluster : A hybrid clustering protocol for wsn," *2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology*, Jordan, 2019, ss. 678–682.
- [16] S. Dhiviya, A. Sariga and P. Sujatha, "Survey on WSN using clustering," *Second International Conference on Recent Trends and Challenges in Computational Models (ICRTCCM)*, Tindivanam, 2017, ss. 121-125.
- [17] S. Misra, "A literature survey on various clustering approaches in wireless sensor network," *2nd International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication*, United States, 2016, ss. 18–22.
- [18] S. L. Raghavendra and C., "PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems," *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, Los Angeles, c. 3, 2002, ss. 1125-1130.
- [19] W. R. Heinzelman, J. Kulik, and H. Balakrishnan, "Adaptive protocols for information dissemination in wireless sensor networks," *Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking*, United States, 1999, ss. 174–185.
- [20] H. Lee and K. Lee, "Energy minimization for flat routing and hierarchical routing for wireless sensor networks," *Proc. - 2nd International Conference Sensor Technology Application*, Hsinchu , 2008, ss. 735–742.
- [21] D. J. B. and A. Ephremides, "The architectural organization of a mobile radio network via a distributed algorithm," *Transaction on Communications*, c. 29, sayı 11, ss. 1694–1701, 1981.
- [22] S. K. Singh, M. P. Singh and D. K. Singh, "A Survey of Energy-Efficient Hierarchical Cluster-Based Routing in Wireless Sensor Networks," *International Journal of Advanced Networking and Applications*, c. 2, sayı 2, ss. 570-580, 2010.
- [23] M. Chatterjee, S. K. Das, and D. Turgut, "WCA : A weighted clustering algorithm for mobile adhoc networks," *Journal Cluster Computation*, c. 5, sayı 2, ss. 193–204, 2002.
- [24] A. S. D. J. Dechene, A. El Jardali and M. Luccini, "A survey of clustering algorithms for wireless sensor networks," *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, c. 26, sayı. 7, ss. 869–873, 2012.
- [25] A. Biazi, C. Marcon, F. Shubeita, L. Poehls, T. Webber, and F. Vargas, "A dynamic TDMA-based sleep scheduling to minimize wsn energy consumption," *13th IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control*, Mexico City, 2016, ss. 1–6.
- [26] S. Gupta and N. Marriwala, "Improved distance energy based LEACH protocol for

- cluster head election in wireless sensor networks,” *4th IEEE International Conference on Signal Processing Computing and Control (ISPC 2k17)*, Solan, 2017, ss. 91–96.
- [27] S. Shi, X. Liu, and X. Gu, “An energy-efficiency optimized LEACH-C for wireless sensor networks,” *7th International ICST Conference on Communications and Networking*, China, 2012 ss. 487–492.
- [28] M. M. M. Islam, M. a. Matin, and T. K. K. Mondol, “Extended stable election protocol (SEP) for three-level hierarchical clustered heterogeneous wsn,” *IET Conference on Wireless Sensor System (WSS 2012)*, London, 2012, ss. 1–4.
- [29] M. Ye, C. Li, Chen, A. G., and J. Wu, “EECS: An energy efficient clustering scheme in wireless sensor networks,” *The 24th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP 2016)*, Singapore, 2005, ss. 535–540.
- [30] D. Kumar, T. C. Aseri, and R. B. Patel, “A novel multihop energy efficient heterogeneous clustered scheme for wireless sensor networks,” *Tamkang Journal of Science and Engineering*, c. 14, sayı 4, ss. 359–368, 2011.
- [31] H. Kour and A. K. Sharma, “Hybrid energy efficient distributed protocol for heterogeneous wireless sensor network,” *International Journal Computer and Application*, c. 4, sayı 6, ss. 1–5, 2010.
- [32] S. L. Raghavendra and C., “PEGASIS: Power-efficient gathering in sensor information systems,” *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, c. 3, ss. 1125–1130, 2002.
- [33] W. Linping, C. Zhen, B. Wu, and W. Zufeng, “Improved algorithm of PEGASIS protocol introducing double cluster heads in wireless sensor network,” *2010 International Conference Computer Mechatronics & Control Electronic Engineering Congres*, United States, 2010, c. 1, ss. 148–151.
- [34] M. R. Jafri, N. Javaid, A. Javaid, and Z. A. Khan, “Maximizing the lifetime of multi-chain PEGASIS using sink mobility,” *World Application Scitific Journal*, c. 21, sayı 9, ss. 1283–1289, 2013.
- [35] S. Lindsey, C. Raghavendra, K. Sivalingam, and P. O. Box, “Data gathering in sensor networks using the energy delay metric,” *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems (TPDS)*, ss. 0–7, 2001.
- [36] S. Mehta, S. Vhatkar, and M. Atique, “Comparative study of PEGASIS protocols in wireless sensor network,” *Network*, c. 1, sayı 5, ss. 2, 2015.
- [37] G. Y. Park, H. Kim, H. W. Jeong, and H. Y. Youn, “A novel cluster head selection method based on K-Means algorithm for energy efficient wireless sensor network,” *27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, Korea, 2013, ss. 910–915.
- [38] B. Elbhiri, S. Rachid, S. El Fkihi, and D. Aboutajdine, “Developed distributed energy-efficient clustering (DDEEC) for heterogeneous wireless sensor networks,” *2010 5th International Symposium On I/V Communications and Mobile Network*,

Rabat, 2010, ss. 1-4.

- [39] A. Kassambara, “*Practical Guid to Cluster Analysis R: Unsupervised Machine Learning*,” 1th ed., Scoots Valley, USA:CreateSpace Independent Publishing Platform, 2017.
- [40] J. Macqueen, “Some methods for classification and analysis of multivariate observations,” c. 233, sayı 233, ss. 281–297, 1967.
- [41] E. Rabiaa, B. Noura, and C. Adnene, “Improvements in LEACH based on K-means and Gauss algorithms,” *Procedia - Procedia Computer Science.*, c. 73, ss. 460–467, 2015.
- [42] P. Kaur, “K-Means based general self-organized tree-based energy balancing routing protocol for wireless sensor networks,” *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, c. 6, sayı 4, ss. 3457–3464, 2015.
- [43] A. Chamam and S. Pierre, “On the planning of wireless sensor networks: Energy-efficient clustering under the joint routing and coverage constraint,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, c. 8, sayı 8, ss. 1077–1086, 2009.
- [44] J. Sen, “A survey on wireless sensor network security,” *Computer Networks*, c. 1, sayı 2, ss. 59–82, 2009.
- [45] S. K. Singh, M. P. Singh, and D. K. Singh, “A Survey of Energy-Efficient Hierarchical Cluster-Based Routing in Wireless Sensor Networks.,” *The International Journal of Advanced Networking and Applications (IJANA)*, c. 2, sayı 2, ss. 570–580, 2010.
- [46] G. Hou, K. W. Tang, and E. Noel, “Implementation and analysis of the LEACH protocol on the TinyOS platform,” *2013 International Conference on ICT Convergence (ICTC)*, Jeju, 2013, ss. 918-923.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Muhammet TAY
Doğum Tarihi ve Yeri : 29.08.1989-TATVAN
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : muhammettay_@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2019
Lisans	Bilgisayar Müh. (İng.)	İstanbul Aydın Üniversitesi	2016
Lise		Adana Anadolu İHL	2008

YAYINLAR

M. Tay and A. Şentürk, "Energy-aware clustering algorithms used in wireless sensor networks," *Scientific Meeting on Electrical-Electronics & Biomedical Engineering and Computer Science (EBBT)*, İstanbul, 2019, ss. 1-4.

M. Tay and A. Şentürk, "Machine learning based routing algorithms in wireless sensor networks," *2nd INTERNATIONAL CONGRESS on ENGINEERING and ARCHITECTURE (ENAR)*, Marmaris, 2019, ss.1-8.

M. Tay and A. Şentürk, "Cluster based cluster head selection algorithm," *2nd INTERNATIONAL CONGRESS on ENGINEERING and ARCHITECTURE (ENAR)*, Marmaris, 2019, ss.1.

M. Tay and A. Şentürk, "A new routing algorithm based on machine learning for wireless sensor networks," *2nd INTERNATIONAL CONGRESS on ENGINEERING and ARCHITECTURE (ENAR)*, Marmaris, 2019, ss.1.