

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK MANTIK İLE KABLOSUZ VÜCUT ALAN  
AĞLARINDA YÖNLENDİRME METODUNUN  
GELİŞTİRİLMESİ**

**Hazırlayan  
Hatice ARSLANTAŞ**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÖKDEM**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Temmuz 2017  
KAYSERİ**

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK MANTIK İLE KABLOSUZ VÜCUT ALAN  
AĞLARINDA YÖNLENDİRME METODUNUN  
GELİŞTİRİLMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Hatice ARSLANTAŞ**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÖKDEM**

**Bu tez çalışması 6779 nolu proje ile Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma  
Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir.**

**Temmuz 2017  
KAYSERİ**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Hatice ARSLANTAŞ

## YÖNERGEYE UYGUNLUK

Bulanık Mantık İle Kablosuz Vücut Alan Ağlarında Yönlendirme Metodunun Geliştirilmesi adlı Yüksek Lisans, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Hatice ARSLANTAŞ



Danışman

Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÖKDEM



Bilgisayar Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Derviş KARABOĞA

Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÖKDEM danışmanlığında **Hatice ARSLANTAŞ** tarafından hazırlanan “**Bulanık Mantık İle Kablosuz Vücut Alan Ağlarında Yönlendirme Metodunun Geliştirilmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

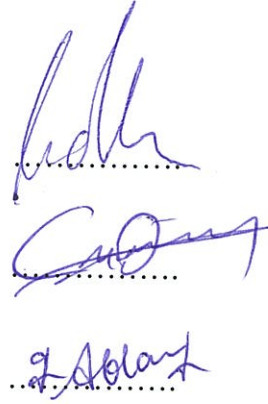
13 / 07 / 2017

**JÜRİ:**

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÖKDEM

Üye : Yrd. Doç. Dr. Celal ÖZTÜRK

Üye : Yrd. Doç. Dr. Günyaz ABLAY



**ONAY**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 01/08/2017 tarih ve 2017/32-23 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

01 / 08 / 2017

  
Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam sűresince beni yűnlendiren, her zaman bana destek olan ve deneyimlerini paylaőan tez danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Selçuk ŐKDEM' e ve desteėini hiçbir zaman eksik etmeyen, her zaman arkamda olan ve bu sűrete bana en bűyűk katkıyı saėlamıő olan canım aileme teőekkűr ederim.



# BULANIK MANTIK İLE KABLOSUZ VÜCUT ALAN AĞLARINDA YÖNLENDİRME METODUNUN GELİŞTİRİLMESİ

Hatice ARSLANTAŞ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2017  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Selçuk ÖKDEM

## ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte kablosuz vücut alan ağları (KVAA) hayatımızda yer almaya başlamıştır. KVAA medikal verilerin uzaktan takibinde kullanılan, kablosuz ortamda haberleşen, vücudun üzerine veya içine yerleştirilen küçük boyutlu algılayıcı düğümlerden oluşan zeki aygıtlardır.

KVAA'ların temel amacı kalite ve verimliliğin artırılmasının yanında tıbbi acil durumlar meydana gelmeden önce önleyici tedbir alınmasını mümkün hale getirmektir. Bunu sağlayabilmek için de literatürde bir çok yönlendirme protokolü geliştirilmiştir. Bu protokollerin genelinde enerji etkinliği, pil ömrü, verimli iletim teknikleri araştırılarak metotlar bu parametreler üzerinde geliştirilmiştir.

Günümüzde KVAA'ları meydana getiren kablosuz algılayıcı düğümlerin en büyük problemi sınırlı enerji kaynakları nedeniyle ömürlerinin kısa oluşudur. Bu amaçla, bu çalışmada, iletim kararı verilirken, düğümlerin birbirine olan uzaklıkları ve enerjisi dikkate alınarak “yol seçimi” önerisinde bulunulmuştur. Mesafe ve enerji bilgileri giriş parametresi olarak alınarak bulanık mantık denetleyici ile düğümler arası “komşu eleman seçimi” çıkış değeri hesaplanmış ve düğümlerin daha etkin yol seçimi yapması sağlanmıştır. Sonuç olarak, geliştirilen metot ile az sayıda düğüm içeren daha uzun sürede düğümlerin hayatta kalması sağlanmıştır. Daha çok sayıda düğüm içeren ağlarda ise karşılaştırma yapılan eşe-eş isteğe bağlı uzaklık vektör yönlendirme (Ad hoc On-Demand Distance Vector –AODV) protokolü ile eşit sürede ağ ömrü hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz vücut alan ağları, bulanık mantık, ağ ömrü, yönlendirme protokolleri.

# **DEVELOPMENT OF ROUTING METHODS IN WIRELESS BODY AREA WITH FUZZY LOGIC**

**Hatice ARSLANTAŞ**

**Erciyes University, Institute of Science and Technology**

**Master Thesis, July 2017**

**Supervisor: Assist. Prof. Dr. Selçuk ÖKDEM**

## **ABSTRACT**

With the developing technology, wireless body area networks (WBAN<sub>s</sub>) have started to take place in our lives. WBAN are smart devices that are used remotely to medical data, with communicating capability in wireless environment, and are small sized sensor nodes placed on or inside the body.

The basic aim of WBAN is aimed at increasing the quality and efficiency, as well as making it possible to take preventive measures before medical emergencies happen. In order to provide this, many routing protocols have been developed in the literature. Throughout these protocols energy efficiency, battery life, efficient transmission techniques have been investigated and methods have been developed on these parameters.

Nowadays, the biggest problem of wireless sensor nodes that bring WBAN to life is their short life due to limited energy resources. For this purpose, in this study, when the transmission decision is given, the “road selection” proposal has been made considering the distances between the nodes and the energy. By taking the distance and energy information as input parameters, the output value of "neighbor node selection" between fuzzy logic controller and nodes is calculated and nodes are made be eligible more effective path selection. As a result, with the developed method, it is possible to survive longer nodes much longer in networks established with a few nodes. In networks with a larger number of nodes, the network lifetime was calculated to be equal to the ad hoc on-demand distance vector (AODV) protocol.

**Keywords:** Wireless body area networks, fuzzy logic, network life, routing protocols.



## İÇİNDEKİLER

### BULANIK MANTIK İLE KABLOSUZ VÜCUT ALAN AĞLARINDA YÖNLENDİRME METODUNUN GELİŞTİRİLMESİ

YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
ONAY .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ .....	1

#### BÖLÜM 1

##### KABLOSUZ VÜCUT ALAN AĞLARI

1.1. Kablosuz Vücut Alan Ağları .....	3
1.1.1. Temel KVAA Yapısı .....	3
1.1.2. Temel KVAA Gereksinimleri .....	6
1.1.3. KVAA Uygulama Alanları ve Avantajları.....	7
1.1.4. KVAA'lar İle İlgili Yapılmış Çalışmalar .....	8

#### BÖLÜM 2

##### BULANIK MANTIK

2.1. Bulanık Mantık Kavramı .....	10
2.2. Bulanık Mantık Uygulama Alanları.....	11
2.3. Bulanık Mantık Avantajları ve Dezavantajları.....	11
2.3.1. Avantajlar .....	11
2.3.2. Dezavantajlar .....	12
2.4. Bulanık Sistem Çalışma Yapısı .....	12
2.4.1. Bilgi Tabanı .....	12

2.4.2. Kural Tabanı .....	13
2.4.3. Bulanıklaştırma .....	13
2.4.4. Bulanık Karar Verme .....	13
2.4.5. Durulaştırma .....	13
2.4.6. Üyelik Fonksiyonları.....	13
2.5. Matlab Bulanık Mantık Araç Kutusu .....	14
2.6. Bulanık Mantık İle İlgili Yapılmış Çalışmalar .....	21

### BÖLÜM 3

#### KULLANILAN YÖNTEMLER VE TEKNİKLER

3.1. Kullanılan Yöntem .....	23
3.1.1. Eş-Eşe İsteğe Bağlı Uzaklık Vektör Yönlendirme (AODV) Protokolü .....	23
3.2. Bulanık Mantık Giriş Ve Çıkış Parametreleri .....	25

### BÖLÜM 4

#### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Senaryo 1 .....	29
4.2. Senaryo 2.....	373
4.3 Senaryo 3.....	36

### BÖLÜM 5

#### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Tartışma ve Sonuç.....	43
5.2. Gelecek Çalışmalar .....	44
KAYNAKLAR .....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48

## TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. KAA ile KVAA arasındaki farklara genel bakış.....	6
Tablo 2.1. Klasik mantık-Bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar.....	10
Tablo 3.1. Enerji seviyesi girişine ait üçgen üyelik fonksiyonlarının sınırları.....	27
Tablo 3.2. Mesafe girişine ait 10 düğüm için geçerli üçgen üyelik fonksiyonlarının sınırları .....	27
Tablo 3.3. Komşu eleman seçimi çıkışına ait üçgen üyelik fonksiyonlarının sınırları .....	27
Tablo 3.4. Komşu eleman seçimi kural tablosu.....	28
Tablo 4.1. Benzetim parametreleri .....	30
Tablo 4.2. Senaryo 1'e göre AODV ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler.....	31
Tablo 4.3. Senaryo 1'e göre bulanık mantık ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan enerjiler.....	32
Tablo 4.4. 5 Düğümlü senaryoda bulanık mantık ile yönlendirmede iletim yapılacak düğümün seçimi .....	33
Tablo 4.5. Senaryo 2'ye göre AODV ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler.....	34
Tablo 4.6. Senaryo 2'ye göre Bulanık mantık ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler .....	35
Tablo 4.7. 5 Düğümlü senaryoda bulanık mantık ile yönlendirmede iletim yapılacak düğümün seçimi .....	36
Tablo 4.8. Senaryo 3'e göre bulanık mantık ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler .....	37
Tablo 4.9. Senaryo 3'e göre AODV ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler.....	38
Tablo 4.10.10 Düğümlü senaryoda bulanık mantık ile yönlendirmede iletim yapılacak düğümün seçimi .....	40

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1. KVAA kullanılarak tıbbi verilerin elde edilmesi ve ilgililere iletilmesi süreci .....	4
Şekil 1.2. Algılayıcı düğüm mimarisi .....	5
Şekil 2.1. Bulanık mantık karar verme sistemi .....	12
Şekil 2.2. Bulanık küme gösterimi .....	14
Şekil 2.3. Bulanık mantık editör açma komutu .....	14
Şekil 2.4. Bulanık mantık editör açma yolu .....	15
Şekil 2.5. Araç kutusu editörü .....	15
Şekil 2.6. Yeni editör açma .....	16
Şekil 2.7. Fonksiyon parametrelerinin belirlenmesi.....	16
Şekil 2.8. Giriş veya Çıkış parametre ekleme işlemi.....	17
Şekil 2.9. Üyelik fonksiyonu oluşturma .....	17
Şekil 2.10. Üyelik fonksiyonu parametre ayarları.....	18
Şekil 2.11. Üyelik fonksiyonu ekleme .....	18
Şekil 2.12. Kural editörü açma yolu.....	19
Şekil 2.13. Kural editörü .....	19
Şekil 2.14. Kural ekranı açma yolu .....	20
Şekil 2.15. Kural ekranı.....	20
Şekil 3.1. Haberleşme öncesi ağ kurulumu .....	23
Şekil 3.2. Parçalı iletim .....	24
Şekil 3.3. Program akış diyagramı .....	24
Şekil 3.4. Bulanık sistem yapısı .....	25
Şekil 3.5. Bulanık giriş ve çıkış değerlerinin görünümü. ....	26
Şekil 3.6. Enerji seviyesi üyelik fonksiyonu .....	26
Şekil 3.7. İki girişli tek çıkışlı bulanık kural tablosunun örnek bir kesiti .....	28
Şekil 3.8. Bulanık kural tabanı kural editörü görünümü .....	29
Şekil 4.1. Senaryo 1'e göre düğümlerin rastgele konumlandırılması .....	30
Şekil 4.2. AODV ile iletim düğümlerde kalan enerjiler .....	31

Şekil 4.3. Bulanık mantık ile iletimde düğümlerde kalan enerjiler.....	32
Şekil 4.4. Senaryo 2'ye göre düğümlerin rastgele konumlandırılması .....	34
Şekil 4.5. Senaryo 2'ye göre ağda kalan tur sonlarındaki enerjiler.....	35
Şekil 4.6. Senaryo 3'e göre düğümlerin rastgele konumlandırılması.....	37
Şekil 4.7. Senaryo 3'e göre ağda kalan tur sonlarındaki enerjiler.....	38



## KISALTMALAR LİSTESİ

ABS	:Automatic Balance System
AODV	: Ad hoc On-Demand Distance Vector (Eşe-Eş İsteğe Bağlı Uzaklık Vektör Yönlendirme)
ATLAS	: A Traffic Load Aware Sensor
CDMA	: Code Division Multiple Access (Kod Bölmeli Çoklu Erişim)
FIS	: Fuzzy Inference System
IEEE	: Institute of Electrical and Electronic Engineers (Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
KAAs	: Kablosuz Algılayıcı Ağlar
KVAA	: Kablosuz Vücut Alan Ağları
OSI	: Açık Sistemler Arabağlaşımı (Open Systems Interconnection) TDMA
PDA	: Personal Digital Assistant (Bireysel Sayısal Asistan )
RACOON	: Random Contention-based Resource Allocation
TaMAC	: Traffic-Adaptive Medium Access Control

## GİRİŞ

Sağlık, insanların huzurlu ve mutlu bir yaşam sürmesi için oldukça önemlidir. Milyonlarca insan kanser, kalp-damar hastalıkları, astım, obezite, diyabet ve bir çok kronik veya ölümcül hastalıktan dolayı ölmektedir. Bu ölümcül hastalıkların ortak sebebi hastalık teşhisi konulmasının çok geç olmasıdır. Araştırmalar, çoğu hastalığın erken safhalarında saptanmaları durumunda önlenbilir olduğunu göstermiştir. Bu yüzden geliştirilen sağlık sistemlerinin, sağlıklı yaşamın sağlanması ve hastalığa yakalanmadan önce hastalıkların tespiti ve önlenmesi üzerine yoğunlaşması gerekmektedir [1]. Bu yüzden yaşam kalitesini artıran ve insan sağlığını olumlu yönde etkileyen teknolojilere günümüzde daha çok önem verilmeye başlanmıştır. Son yıllarda teknolojinin getirdiği yeniliklerden yararlanılarak sağlık alanında kaliteli ve verimli hizmet olanakları artmıştır. Bu da insanların daha sağlıklı yaşamalarını sağlamaktadır.

Günümüzde, kablosuz teknolojilerin gelişmesi ile sağlık hizmetlerinin birçok alanında bu teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. İnsan merkezli haberleşme ve Kablosuz Vücut Alan Ağları (KVAA) önem verilen bu alanlardan biridir. KVAA medikal verilerin uzaktan takibinde kullanılan, kablosuz ortamda haberleşen, vücudun üzerine veya içine yerleştirilen küçük boyutlu algılayıcı düğümlerden oluşan zeki aygıtlardır. Bu aygıtlar devamlı bir şekilde kişinin sağlık durumunun gözlenmesini ve gerçek zamanlı olarak geri dönüş alınmasını sağlar. KVAA teknolojisi ile kronik rahatsızlığı bulunan veya hayati risk taşıyan bireyler zaman ve mekân kısıtlaması olmadan izlenebilmektedirler. Böylece daha güvenilir, rahat ve verimli sağlık hizmetleri sunulmaktadır. KVAA'ların temel amacı kalite ve verimliliğin artırılmasının yanında tıbbi acil durumlar meydana gelmeden önce önleyici tedbir alınmasını mümkün hale getirmektir.

KVAA teknolojisinde bir çok yönlendirme protokülü mevcuttur. Bu protokollerin genelinde enerji etkinliği, pil ömrü, verimli iletim teknikleri araştırılarak metotlar bu parametreler üzerinde geliştirilmiştir.

Tez çalışmasında amaçlanan, KVAA'lar için gerekli olan iletim radyasyonunu mümkün olduğu ölçüde küçük değerlerde tutulması ve ağ ömrünün süresini artıracak şekilde bulanık mantık ile amaca uygun bir yönlendirme metodunun geliştirilmesidir. Radyasyon değerinin küçük tutulma sebebi ise KVAA'nın insan vücudu üzerine veya içine yerleştirilmesidir. Geliştirilen yönlendirme metodu ile erişilmek istenen sonuçlardan biri, enerji tüketiminin en az değerde olması daha düşük radyasyon iletimi ile vücuda verilen zararı en aza indirmektir. Erişilmek istenen bir diğer sonuç ise ağ ömrünün süresini uzatarak daha fazla veri iletimi yapılmasını sağlamaktır.



## BÖLÜM 1

### KABLOSUZ VÜCUT ALAN AĞLARI

#### 1.1. Kablosuz Vücut Alan Ağları

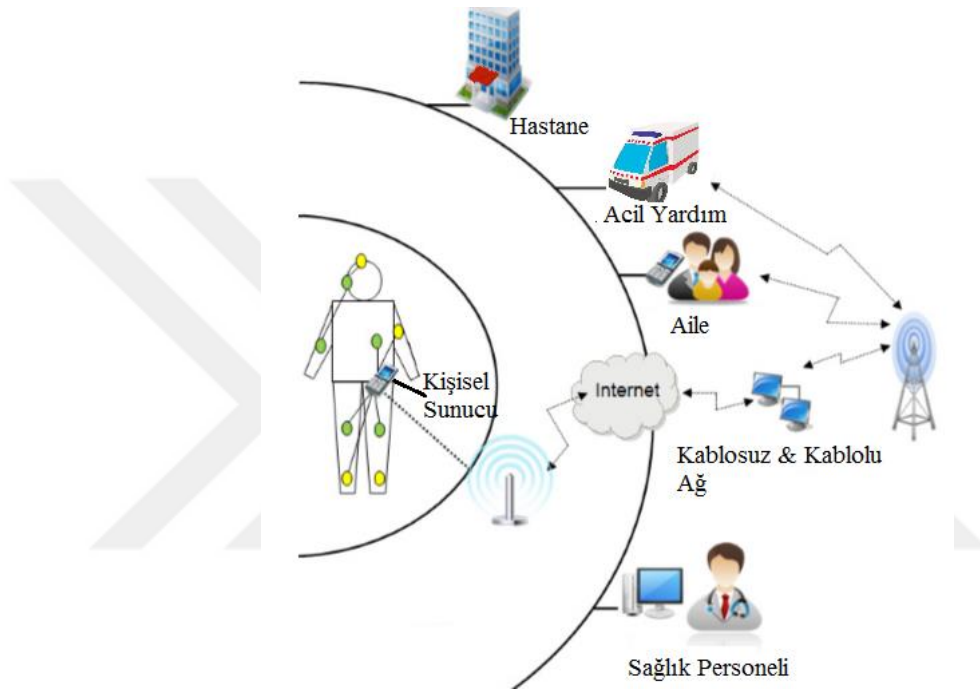
KVAA dış ortama ait fiziksel büyüklükleri ve bireylere ait fizyolojik sinyalleri algılama özelliğine sahip, birçok sayıda ucuz, hafif, minyatür algılayıcıdan oluşan, veri işleyebilen akıllı cihazlardır. Bu cihazlar vücudun üzerinde, elbiseye entegre edilmiş veya vücudun içine gömülü olabilmektedir. Bu teknoloji 1990'lı yıllarda kablosuz personel alan ağları teknolojisinin insan vücudu yakınında iletişimde kullanılmaya başlanmasından sonra geliştirilmeye başlanmış, 2000'li yıllarda ise bu teknoloji Vücut Alan Ağları adını almıştır [2]. Yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte kablosuz haberleşmeye sahip elektronik cihazların boyutları küçülüp kapasiteleri artarken, pil ömürleri uzatılmıştır. Bu sebeple, son derece kritik bir özellik olan her zaman ve her yerde kullanılabilme imkânını sunan KVAA'lar, tıbbi izleme sistemleri için anahtar bir öneme sahiptirler.

KVAA ağların genel amacı tıbbi uygulamalarda, hasta takibinde ve vücut merkezli elektronik cihazların haberleşmesinde sensörler aracılığıyla vücudu kapsamaktır. KVAA ağları, eğlence-oyun sektöründen, asker, polis, itfaiyeci gibi kamu düzenini korumaya çalışan insanların tehlikeli görevlerde takibine kadar birçok uygulamada ve özellikle tıp alanında büyük oranda kullanılabilirliği mevcuttur.

#### 1.1.1. Temel KVAA Yapısı

KVAA teknolojisinin temel yapısı, gezgin bir birim kurma ve hastanın hayati parametrelerini hastanın bulunduğu yerden görevli kişiye aktarılmasına dayanır. Şekil 1.1'de üç katmandan oluşan bir temel KVAA yapısı görülmektedir. Bu yapı içerisinde birinci bölümde, vücut sinyallerini ölçen kablosuz algılayıcı düğümler bu sinyalleri

düğümün daha üst katmanında yer alan, ağ bağlantısıyla haberleşmesini sağlayan kişisel sunucuya yönlendirir. İkinci kısımda ise ağ geçidi üzerinden gelen işlenmiş fizyolojik verileri kablosuz olarak toplayan bir baz istasyonu ile bu baz istasyonuna bağlı genellikle internet bağlantısı olan bir bilgisayar yer almaktadır. Bu bilgisayarda, toplanan verilerin işlenmesi ve değerlendirilmesini sağlayan bir izleme uygulaması çalışır ve tüm veriler yetkililerce uzaktan erişilebilecek şekilde kayıt altında tutulur [1].



Şekil 1.1. KVAA kullanılarak tıbbi verilerin elde edilmesi ve ilgililere iletilmesi süreci [1]

Şekil 1.2’de gösterildiği gibi KVAA’larda kullanılan algılayıcı düğüm yapısı temelde 5 bileşenden oluşmaktadır. İlk bileşen olan algılayıcı devresinde, izlenilecek ortamdaki olaylar, sensör düğümler tarafından algılanır. Daha sonra algılanan bu sinyaller analog-sayısal çevirici bileşeninde sayısal sinyale çevrilmektedir. Mikrodenetleyici bileşeninde ise mikrodenetleyici görevleri yapar, veriyi işler ve sensör düğüm içerisindeki diğer bileşenlerin işlevselliğini denetler. Düğümler arasında haberleşmenin sağlandığı birim ise radyo birimidir. Sensör düğümündeki enerji tüketimi algılama, iletişim ve veri işleme nedeniyle olmaktadır. Düğümün ömrünü belirleyen ve çalışmasına olanak sağlayan güç kaynağı bileşeni bu enerjiyi karşılamaktadır [3].



Şekil 1.2. Algılayıcı düğüm mimarisi [3]

KVAA içerisinde yer alan kablosuz düğümlerin kullanıcı konforu ve taşınabilirlik açısından mümkün olduğunca küçük ve hafif olması istenir. Ancak kablosuz algılayıcı düğümlerin enerji kaynağı olan pillerin kapasitesi ise hacimleri ile doğru orantılıdır. Dolayısı ile düğüm ömrünün, pil ebatları arttırılmadan, uzatılabilmesi için enerji tüketiminin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Bu amaçla bilim insanları ağırlıklı olarak, insan vücudu üzerinden enerji elde edilmesi, daha az enerji tüketimini destekleyen haberleşme algoritmalarının geliştirilmesi ve donanımların enerji tüketim değerlerinin düşürülmesi gibi çözüm yöntemleri üzerine çalışmaktadırlar [4].

KVAA'lar KAA'lardan farklı özelliklere sahiptir. Genelde KAA'lar geniş alan ölçekli, veri hızı homojen yapıda olan, güvenilirliği daha düşük olan ağlardır. KVAA'lar ise vücut alan ölçekli, farklı türdeki düğümlerden oluştuğu için heterojen yapıda, güvenilirliği KAA'lara göre daha üst seviyededir. Tablo 1.1'de KAA ile KVAA arasındaki farklar özetlenmiştir.

Tablo 1.1. KAA ile KVAA arasındaki farklara genel bakış [6]

Özellikler	Ağlar	
	KAA	KVAA
Ölçek	Çevre(m/km)	Vücut(cm/m)
Düğüm Boyutu	Küçük olması öncelikli ama çok önemli değil	Küçük olması şart
Veri Hızı	Genelde homojen	Genelde heterojen
Ağ Topolojisi	Genelde sabit veya statik	Vücut ile birlikte hareketli
Düğüm Sayısı	Geniş alan kapsamı için gereksiz düğümler bulunur	Sınırlı alandan dolayı daha az düğüm sayısı
Güvenlik	Düşük	Hastanın bilgilerini korumak için daha yüksek
Kablosuz Teknoloji	Bluetooth,Zigbee,GPRS,..	Düşük güç teknoloji gerekli

### 1.1.2. Temel KVAA Gereksinimleri

Bir KVAA sisteminde bulunması gereken temel özellikler; işlevsellik, giyilebilirlik, dağıtım kolaylığı, dayanıklılık, güvenilirlik, güvenlik ve diğer sistemlerle birlikte çalışabilirlik olarak sıralanabilir. IEEE 802.15.6 standartının ana gereksinimleri aşağıda listelenmiştir:

- KVAA bağlantısı 10 kb/s ile 10 Mb/s aralığında bit hızını desteklemelidir.
- Düğümler kaldırılabilir ve ağa 3 saniyeden kısa bir sürede eklenebilir olmalıdır.
- Düğümler, kişi hareket halindeyken bile güvenilir iletişim kurabilmelidir
- KVAA 'lar farklı standarttaki ağdan bilgi almak için birbiri arasında işbirliği yapacağı heterojen bir ortamda çalışmalıdır [1].

KVAA sistemleri, farklı fiziksel özelliklere ve haberleşme tekniklerine sahip düğümlerin birlikte kullanımını gerektirir. Örneğin vücut içerisine yerleştirilen algılayıcı düğümler ile giyilebilir olanlar arasında aynı pil ile çalışma süresi, sinyal gönderim hızı, uyuma/uyanık kalma oranı, haberleşme tekniği, dışarıdan bir önsöz (preamble) gönderimi ile uyandırılma ihtiyacı olup olmaması gibi ciddi farklılıklar mevcuttur. KVAA sistemlerinde kullanılan kablosuz algılayıcı düğümlerin, kullanıcının günlük hayatında herhangi bir aksamaya veya davranış değişikliğine yol açmayacak

şekilde olabildiğince küçük, kolay taşınabilir ve kablosuz iletişim kurabilir olmaları gerekmektedir.

KVAA uygulamalarında medikal verilerin toplanması ve değerlendirilmesi aşamalarında verinin doğruluğu, bütünlüğü, gizliliği, güvenliği, veri akış hızı, düğümlerin ağa katılma ve haberleşmeye başlama süreleri gibi parametreler de göz önünde bulundurulmuş kritik unsurlardır.

### **1.1.3. KVAA Uygulama Alanları ve Avantajları**

Sağlık alanında kablosuz algılayıcıların kullanımının yaygınlaşması ve kullanılan teknolojilerdeki ilerlemeler neticesinde uygulama alanları genişlemekte ve dünya genelinde büyüyen bir pazar oluşmaktadır.

Hastanelerde kullanılan kablosuz olarak gerçekleştirilen ölçümler, kablolu alternatifleri ile karşılaştırıldığında sağladıkları avantajlar kısaca aşağıdaki gibi sıralanabilir,

- Kullanım kolaylığı,
- Enfeksiyon riskinin daha az olması,
- Hata riskinin daha az olması,
- Daha fazla kullanıcı konforu,
- Daha fazla hareket özgürlüğü ve taşınabilirlik,
- Daha düşük maliyet, vücut sensörlerinin artan talebi ile birlikte daha fazla sensör özellikle oyun ve tıbbi ortamlarda nispeten daha düşük maliyetle üretilmesi .
- Her yerde ve her zaman kullanılabilirlik,
- Ölçümlerin kesintisiz yapılabilmesi. Vücut sensörlerinin sağladığı sinyaller etkili ve güvenilir bir fizyolojik tahminin elde edilmesi için işlenebilirler. Düşük güç tüketimiyle uzun ömürlü olmasını sağlar [7].

Tıp alanında kullanılan KVAA'ların temel amacı sağlık alanında kalite ve verimliliğin artırılmasının yanında tıbbi acil durumlar meydana gelmeden önce önleyici tedbir alınmasını da mümkün hale getirmektir [8].

KVAA uygulamaları sadece tıp sektörü ile kısıtlı değildir. Savunma sanayiden eğitime, sporcu performanslarının değerlendirilmesinden kişisel eğlence cihazlarına ve tüketici elektroniğine kadar pek çok farklı disiplin için geliştirilmiş uygulamalar bulunmaktadır. Örneğin askerler, itfaiyeciler, tehlikeli maddelerle çalışanlar, dağcılar ve tehlikeli bölgelerde görev yapan kişiler için acil durum hallerinin takibinde kullanılabilir. Yaralı bir insana ait yaşamsal veriler ilk yardım ekiplerine hızlıca ulaştırılabilir ve böylece hayat kurtarıcı kararlar daha doğru ve hızlı bir şekilde alınabilir [8].

#### **1.1.4. KVAA'lar İle İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Literatürde kablosuz vücut alan ağları ile ilgili yapılmış çok sayıda sistem mevcuttur. Su ve Zhang, kablosuz sağlık uygulamalarında önemi olan güvenilirliği ve veri iletiminin zamanında olmasını ve düğümlere ait bataryaların ömürlerini uzatmayı hedefleyen bir tasarım gerçekleştirmişlerdir. Geliştirilen protokolda veri iletimi, sadece Time Division Multiple Access (TDMA) tabanlı zaman çizelgelemesi tarzında gerçekleşmektedir. Gecikme gereksinimlerini karşılamanın yanı sıra önerilen protokol IEEE 802.15.4 ve Bluetooth protokollerinden daha iyi performans gösterdiğini söylemektedirler [9].

Li ve arkadaşları, KVAA'lar için veri depolama ve erişim güvenliğini ön planda tutan bir protokol geliştirmeyi amaçlamışlardır. Her bir zaman dilimi kendi içinde dört adet mini dilimlere bölünmüştür. Mini dilimler trafik gecikmesini ve enerji tüketimini azaltacak şekilde tasarlanmıştır [10].

Ullah ve Kwak düşük güç tüketimi ile haberleşme sağlamak amacıyla düğümlerdeki trafik bilgisinden yararlanarak TaMAC (Traffic-Adaptive Medium Access Control) adını verdikleri bir protokol geliştirmişlerdir. Bu protokol acil ve isteğe bağlı olayları güvenilir bir şekilde barındıracak bir uyandırma radyosu bulundurulur. Uyandırma radyosu veri kanalıyla birlikte ayrı bir kontrol kanalı kullanır ve bu nedenle oldukça düşük güç tüketimi gereksinimleri vardır [11].

Dağtaş ve arkadaşları akıllı evler için ZigBee kullanarak bir sağlık takip sistemi geliştirmişlerdir [12].

Cao ve arkadaşları KVAA'lar için servis kalitesi desteği sağlayan ve IEEE 802.15.4 çerçeve yapısını kullanan bir ana çerçeve yapısı önermişlerdir. Servis kalitesi gereksinimlerini sağlamak için dört adet ölçüt tanımlanmıştır; öncelik, gecikme sınırı, varış zamanı ve geçerli patlama zamanı. Bu parametrelere göre tasarlanan protokol onlarca KVAA düğümlerinin bulunduğu ortam simülasyonunda zaman sınırlamasına uymaktadır [13].

RACOON (Random Contention-based Resource Allocation) protokolü, çok kullanıcıli servis kalitesi destekli bir protokoldür. Birçok KVAA'nın bir arada olma durumunda, düğümün ve kullanıcının önceliğine bakarak ortamın tahsisini gerçekleştirir. Özellikle hareketlilik ile ortaya çıkan probleme çözüm üretilmiştir [14].

Barua ve arkadaşları KVAA'larda gerçek zamanlı uygulamalar için güvenlik ve gizlilik esasına dayalı bir paket çizelgeleme algoritması geliştirmişlerdir. Sistem; gerçek zamanlı ve gerçek zamanlı olmayan trafik, e-sağlık uygulamaları veri trafiğinin bekleme süresini en aza indirmek üzere sınıflandırılmıştır. Güvenlik analizi ve sayısal sonuçlar, protokolün KVAA'daki gerçek zamanlı bir trafiğin ortalama bekleme süresini en aza indirgeyebildiğini ve uygun güvenlik ve gizlilik sağladığını göstermektedir [15].

Yan ve arkadaşları, IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) 802.15.6 standartlarına dayanan ve düğümlerin iletim sırasını eşik değerine göre ayarlayan bir protokol tasarlamışlardır. Enerji tüketiminden, zamanla değişen trafikten ve KVAA'daki kanal varyasyonundan kaynaklanan teknik zorlukların üstesinden gelmek için en uygun alan tahsisi kullanarak servis kalitesi odaklı bir zamanlama yaklaşımı önermişlerdir. TDMA tabanlı olan protokolda, düğümlerin ne zaman uyuyacağını ve ne zaman uyanık olacakları optimizasyon problem çözümü ile formülize edilir [16].

Rahman ve arkadaşları ATLAS (A Traffic Load Aware Sensor) adlı, trafik yükü duyarlı, IEEE 802.15.4 çerçeve yapısını kullanan bir protokol geliştirmişlerdir. Ortalama tüketim döngüsü, enerji tüketimi, verim, teslimat oranı ve gecikme açısından diğer KVAA protokollerine göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir [17].

## BÖLÜM 2

### BULANIK MANTIK

#### 2.1. Bulanık Mantık Kavramı

Bulanık mantığın temeli bulanık küme ve alt\_kümelere dayanır. Klasik yaklaşımda bir varlık ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Matematiksel olarak ifade edildiğinde varlık küme ile olan üyelik ilişkisi bakımından kümenin elemanı olduğunda “1”, kümenin elemanı olmadığı zaman “0” değerini alır. Bulanık mantık klasik küme gösteriminin genişletilmesidir. Klasik kümelerin aksine bulanık kümelerde elemanların üyelik dereceleri  $[0, 1]$  aralığında sonsuz sayıda değişebilir. Klasik kümelerdeki soğuk-sıcak, hızlı-yavaş, aydınlık-karanlık gibi ikili değişkenler, bulanık mantıkta biraz soğuk, biraz sıcak, biraz karanlık gibi esnek niteleyicilerle yumuşatılarak gerçek dünyaya benzetilir [18].

Bulanık mantığın ve bu mantık kurallarını kullanan bulanık küme teorisinin Lütü Aliasker Zade ( Lotfi A. Zadeh) tarafından geliştirilip 1965 tarihli orijinal makalesinde yayınlanmasından sonra belirsizlik içeren sistemlerin incelenmesi yeni bir boyut kazanmıştır. 1980’li yılların ikinci yarısından sonra Japonların ürünlerinde bulanık mantığı kullanmalarıyla da hız kazanarak, günümüzdeki doruk noktasına gelmiştir [19].

Tablo 2.1. Klasik mantık-Bulanık mantık arasındaki temel farklılıklar [19]

<b>Klasik Mantık</b>	<b>Bulanık Mantık</b>
A <u>veya</u> A Değil	A <u>ve</u> A Değil
Kesin	Kısmi
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler



## 2.2. Bulanık Mantık Uygulama Alanları

Günümüzde hemen hemen her alanda uygulama imkanı bulan bulanık mantık, özellikle sanayi alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bulanık mantık ilk kez 1973 yılında, Londra'ki Queen Mary College'da profesör olan Ebrahim H. Mamdani tarafından bir buhar makinasında uygulandı. Ticari olarak ise ilk defa, 1980 yılında, Danimarka'daki bir çimento fabrikasının fırınına kontrol etmede kullanılmıştır [18].

Bulanık mantığın kullanım alanlarından bazıları; insansız uçakların kontrolünde, tren frenleme sistemlerinde, ABS (otomatik fren sistemi) ve ASC (otomatik vites kontrolü) kontrolünde, robotik, ev elektroniği, trafik, görüntü işleme, veri tabanı sorgulama, yapay zeka, sistem analizi, karar analizi, nümerik analiz, veri işleme, mühendislik, genetik algoritmalarıdır.

## 2.3. Bulanık Mantık Avantajları ve Dezavantajları

Bulanık mantıktan yola çıkılarak kullanılan bulanık denetleyicilerle ilgili başlıca üstünlükler, zayıf noktalar aşağıda açıklanmıştır.

### 2.3.1. Avantajlar

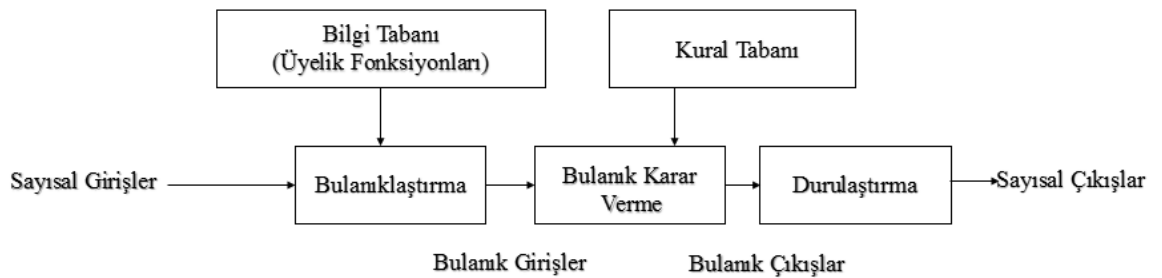
- Günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir.
- İnsan düşünce sistemine ve tarzına yakındır.
- Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
- Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esneklerdir.
- Bulanık mantık denetiminin sağladığı bir diğer avantaj ise doğrudan kullanıcı girişlerine ve kullanıcının deneyimlerinden yararlanabilmesine olanak sağlamasıdır.
- Bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir.

### 2.3.2. Dezavantajlar

- Bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır.
- Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur.En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir.
- Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz ve sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır.

### 2.4. Bulanık Sistem Çalışma Yapısı

Bulanık sistemler; girdilerin tümünü çıktıların tümüyle ilişkilendirerek küme ve kuralların tanımlamasını yapmaktadır. Bu nedenle de bulanık sistemlerin çalışma yapısı matematiksel bir neden-sonuç fonksiyonunun çalışma şekline benzemektedir. Bulanık sistemlerdeki en önemli kavramlardan bir tanesi bulanık kurallardır. Bulanık kurallar, kontrol amacını gerçekleştirmek üzere tasarlanmış bulanık kontrol kurallarını içermektedir. Bu aşamanın temel amacı ise uzman bilgilerin neden-sonuç ilişkisi içerisinde ifade etmektir.



Şekil 2.1. Bulanık mantık karar verme sistemi [20]

#### 2.4.1. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı, sistemle ilgili bilgilerin toplandığı bir veri tablosundan ibarettir. Girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanır. Bulanık kontrol kuralları genellikle uzman bilgisinden türetilir.

### **2.4.2. Kural Tabanı**

Kural Tabanı, kontrol kurallarının saklandığı veri tabanıdır. Bir sistem için kural tabanı geliştirilirken, sistem çıkışını etkileyebilecek giriş değerleri tespit edilmelidir. Bulanık kontrol kuralları genellikle bir uzman bilgisinden türetilir [21].

### **2.4.3. Bulanıklaştırma**

Bulanıklaştırma birimi, sistemden alınan giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeleri ve üyelik derecesi tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atanır.

### **2.4.4. Bulanık Karar Verme**

Bulanıklaştırma biriminden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık sonuçlar üretilmektedir. Girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanır. Bu birimde elde edilen değer kural tablosundan dilsel ifadeye çevrilir ve durulama birimine gönderilir. Bulanık çıkarım yöntemleri içerisinde en yaygın kullanılan ve bu çalışmada da kullanılan yöntem Mamdani yöntemidir.

### **2.4.5. Durulaştırma**

Karar verme biriminden gelen bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değer elde edilmesini sağlar. Durulaştırma, bulanık bilgilerin kesin sonuçlara dönüştürülmesi işlemidir. Durulaştırmama işleminde değişik yöntemler esas alınmaktadır. Ağırlık merkezi yöntemi en yaygın kullanılan durulama yöntemidir. Bulunan çözüm alanından tek bir değer elde edilmesi işlemine bulanık önermenin netleştirilmesi denir. Çünkü sonuçta ortaya tek bir yargı çıkmalıdır.

### **2.4.6. Üyelik Fonksiyonları**

Sisteme verilen her bir giriş için üyelik fonksiyonlarının seçimi tamamen keyfi olmakla birlikte üçgen, yamuk, sinüsoid, çan, sigmoid, gaussian tiplerde olabilmektedir. Bulanık önermelerde genellikle üyelik değerinin en yüksek olduğu noktaya karşılık gelen değer, problemin çözümü olan tek değerdir. Bu alandan böyle tek bir değer belirlenmemesi

durumunda en yüksek değerlerin ortalaması veya oluşan çözüm alanının ağırlık merkezine karşı gelen nokta çözüm değeri olarak alınır. Bu şekilde fonksiyonun değeri 0 ile 1'den ibaret değil, bunlar arasında herhangi bir değer de olabilir [22].

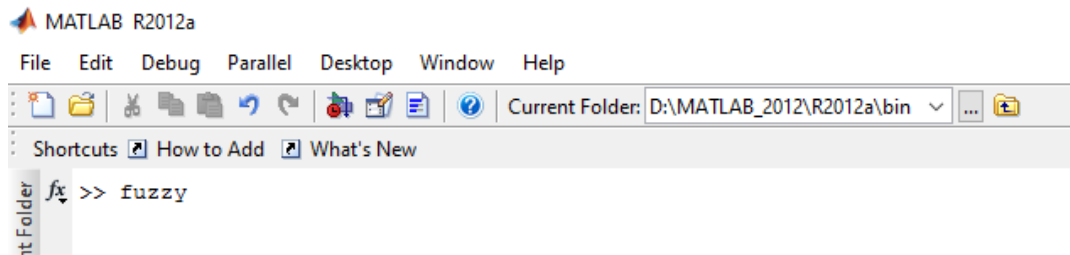


Şekil 2.2. Bulanık küme gösterimi [23]

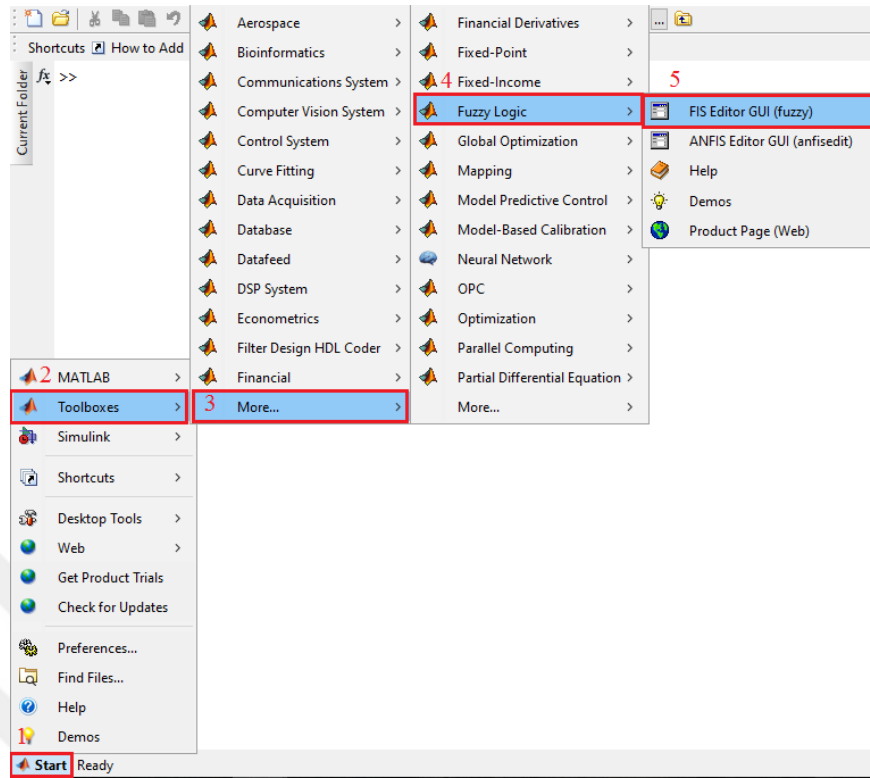
## 2.5. Matlab Bulanık Mantık Araç Kutusu

Haberleşmenin hangi komşu düğüm üzerinden yapılacağını belirlemek için bulanık mantık araç kutusu kullanılmıştır. Giriş sinyalleri ile üyelik fonksiyonları belirlenerek ve kurallar oluşturularak sayısal çıkış elde edilmiştir. Bu adımların oluşturulma sırası aşağıda gösterildiği şekilde gerçekleştirilmiştir:

**Adım 1.** Matlab komut satırına fuzzy yazılarak ya da Şekil 2.3 'de gösterilen yol izlenerek bulanık mantık araç kutusuna ulaşılır. Böylece Şekil 2.5 'de gösterilen giriş-çıkış sinyallerinin ve kuralların bulunduğu .fis uzantılı bulanık mantık dosyası oluşturulur. Gerekli parametre girişleri yapılarak **Adım 2'** ye geçilir.

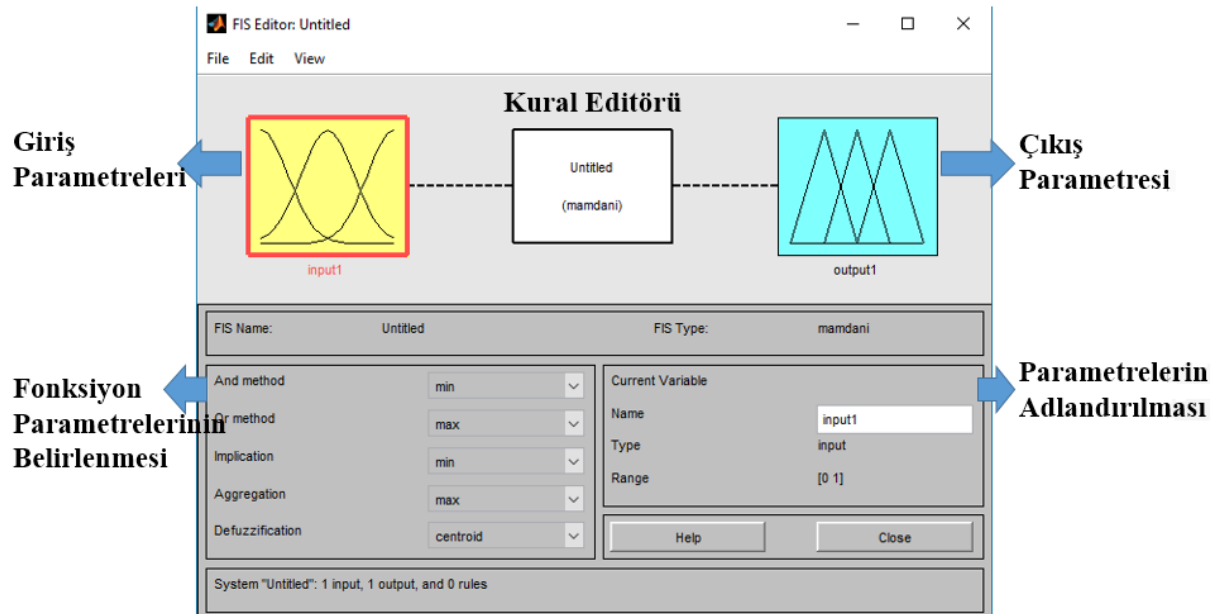


Şekil 2.3. Bulanık mantık editör açma komutu

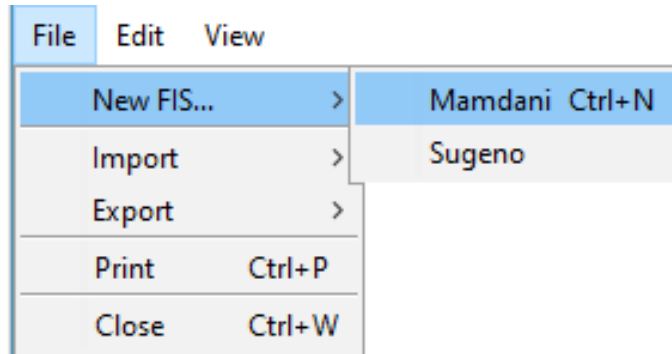


Şekil 2.4. Bulanık mantık editör açma yolu

Bulanık mantık araç kutusu üzerinde Giriş ve Çıkış Parametreleri, Kural editörü, Fonksiyon Parametreleri ve Parametrelerin adının belirlendiği alanlar bulunmaktadır.



Şekil 2.5. Araç kutusu editörü



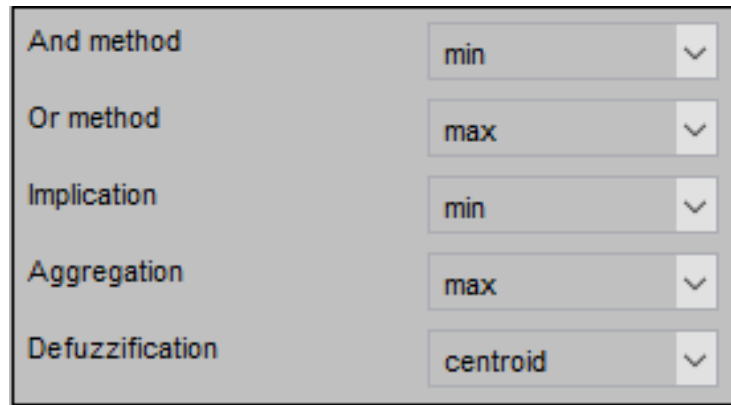
Şekil 2.6. Yeni editör açma

Girişler belli bir matematiksel modele göre değerlendirilerek çıkışlar elde edilir. Şekil 2.6 'da gösterildiği gibi bulanık mantık araç kutusunun hangi metoda göre tasarlanacağı belirlenir. Matlab'ta iki farklı yapı vardır:

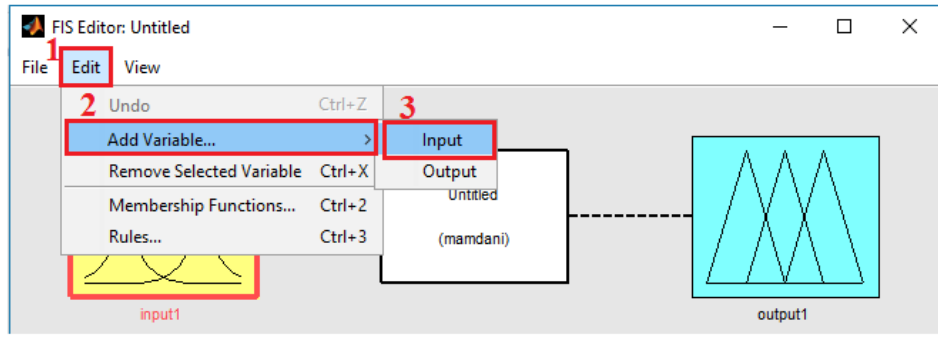
1. Mamdani
2. Sugeno

Sugeno girilen inputlara göre sabit yada lineer bir çıkış üretirken, Mamdani metodunda çıkışlar nonlineer fonksiyonlar olabilir. Mamdani sonucu, ağır hesaplamalarla gerçeğe daha yakın bir şekilde oluşturur.

Şekil 2.7 'de gösterilen bölümde fonksiyon parametre değerleri belirlenir. Bu parametreler aşağıdaki gibidir:

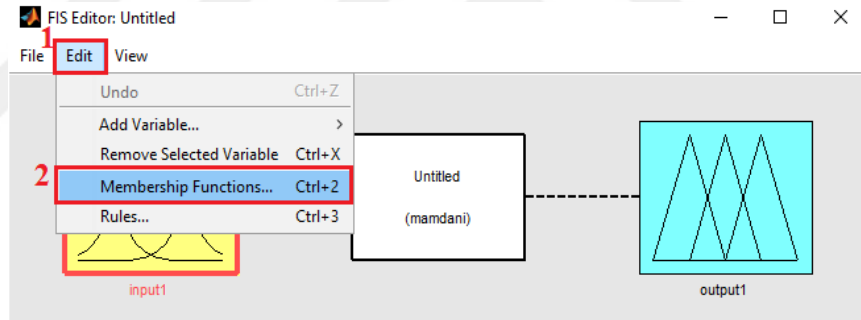


Şekil 2.7. Fonksiyon parametrelerinin belirlenmesi



Şekil 2.8. Giriş veya Çıkış parametre ekleme işlemi

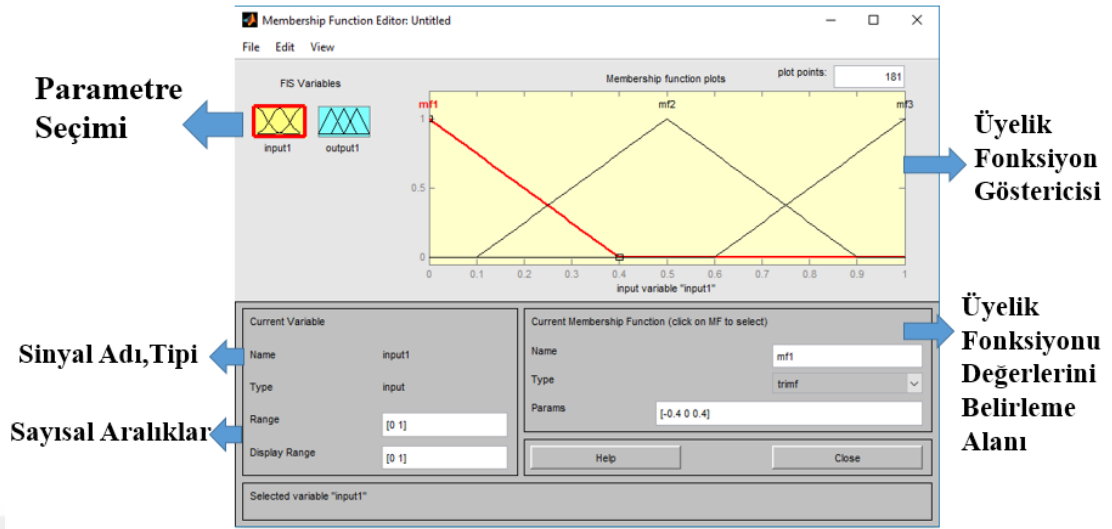
**Adım 2.** Bulanık mantık kontrol ekranına giriş ve çıkış parametreleri eklenebilir ya da çıkarılabilir. Şekil 2.9' da gösterildiği gibi “Edit → Add Variable → Input/Output” yolu seçilerek ekleme işlemi ya da “Edit → Remove Selected Variable” yolu seçilerek çıkarma işlemi yapılmaktadır. Giriş ve çıkış sinyalleri eklendikten sonra **Adım 3**' e geçilir.



Şekil 2.9. Üyelik fonksiyonu oluşturma

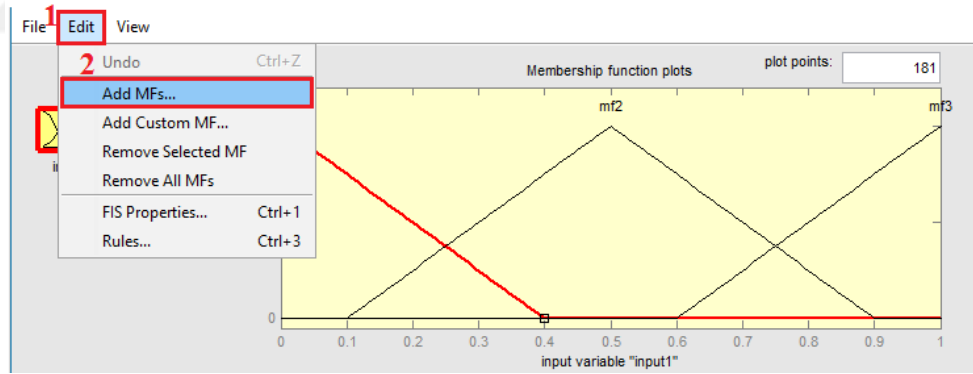
**Adım 3.** Giriş veya çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarını görüntülemek için değişkenlerden birinin üzerine çift tıklanmalıdır. Ya da Şekil 2.9' de gösterildiği gibi “Edit → Membership Functions “ menüsü kullanılmalıdır.

Giriş ve çıkış parametrelerine ait üyelik fonksiyonu parametre değerlerinin belirleneceği ekran Şekil 2.9' da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Üyelik fonksiyonu parametre ayarları

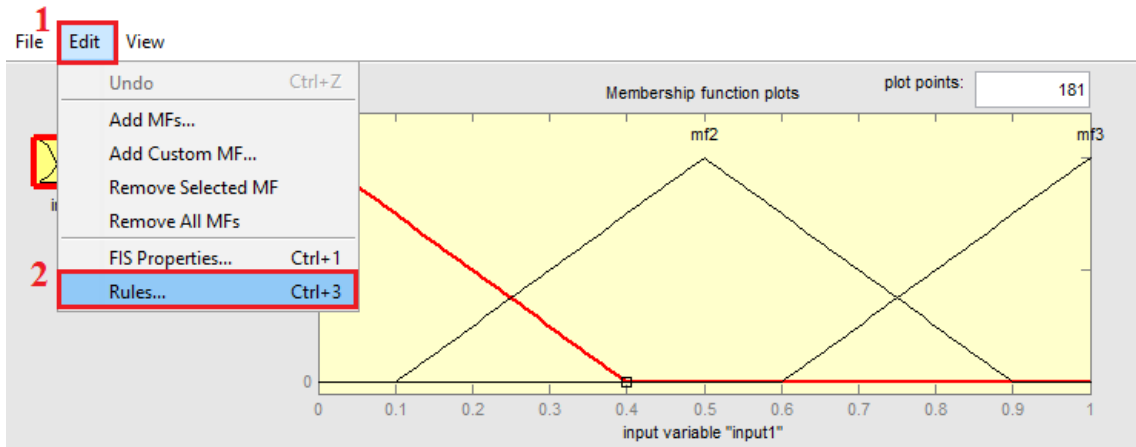
Şekil 2.11’ de gösterildiği gibi “Add MFs” veya “Add Custom MF “ ile seçili olan giriş veya çıkışa ait değerlere yeni kümeler eklenebilir. “Remove Selected MF” ile de seçilen küme kaldırılabilir.



Şekil 2.11. Üyelik fonksiyonu ekleme

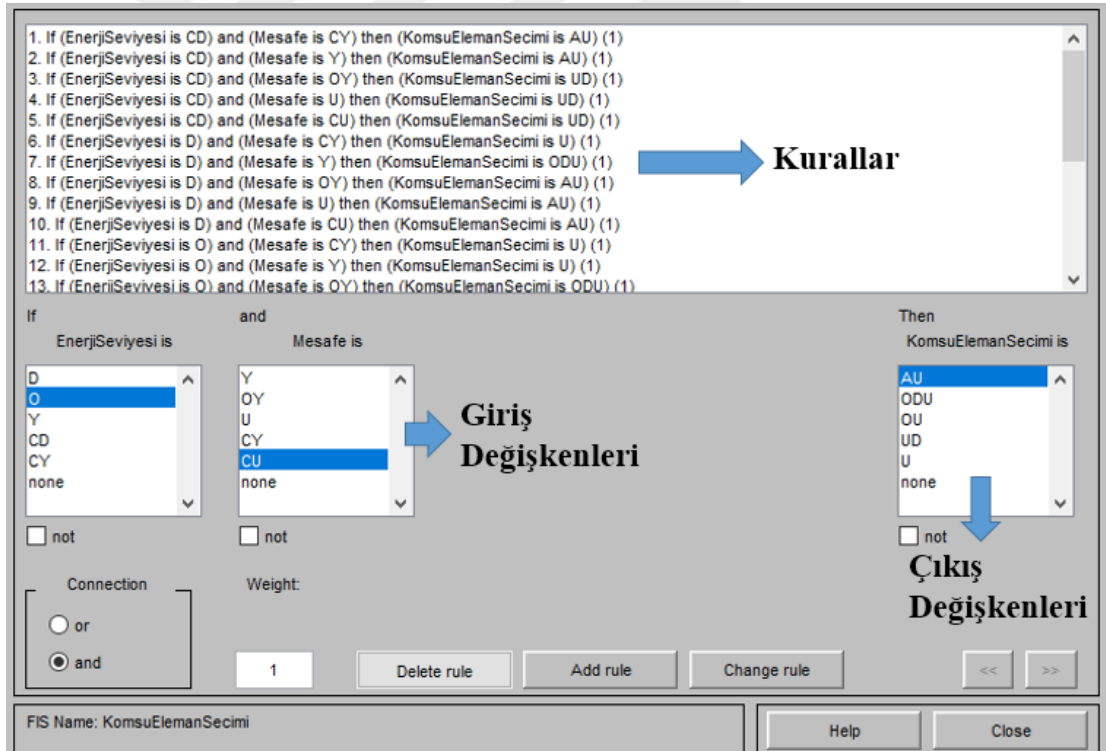
**Adım 4.** Üyelik fonksiyonu editöründen “ Edit→Rules” seçilerek kural editörü menüsüne geçilir.





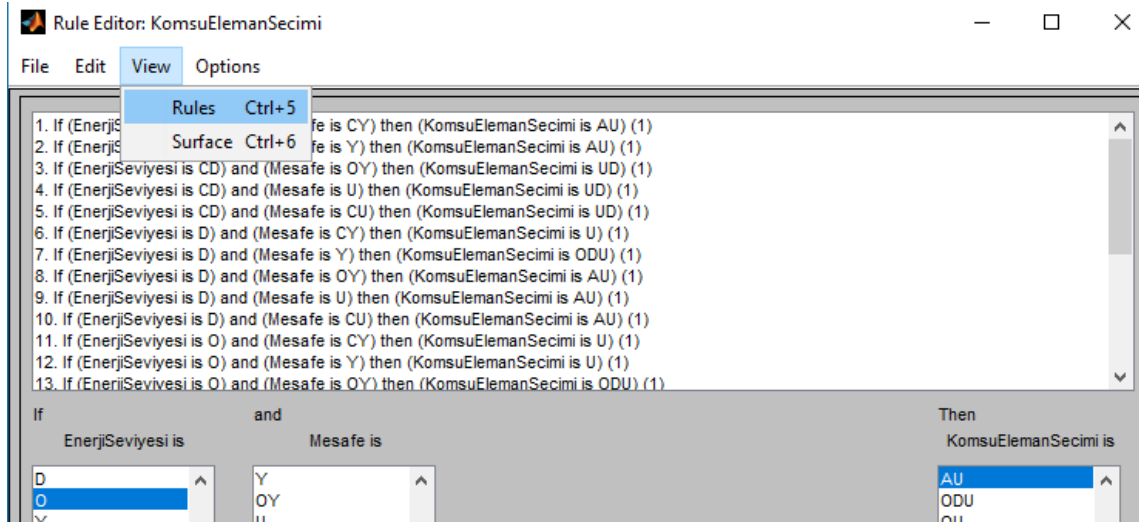
Şekil 2.12. Kural editörü açma yolu

Şekil 2.13’de gösterildiği gibi giriş parametreleri birbiri ile and veya or bağlantısı ile bağlanır ve çıkışında olması istenen çıkış değişkeni seçilerek kural tablosu oluşturulur.



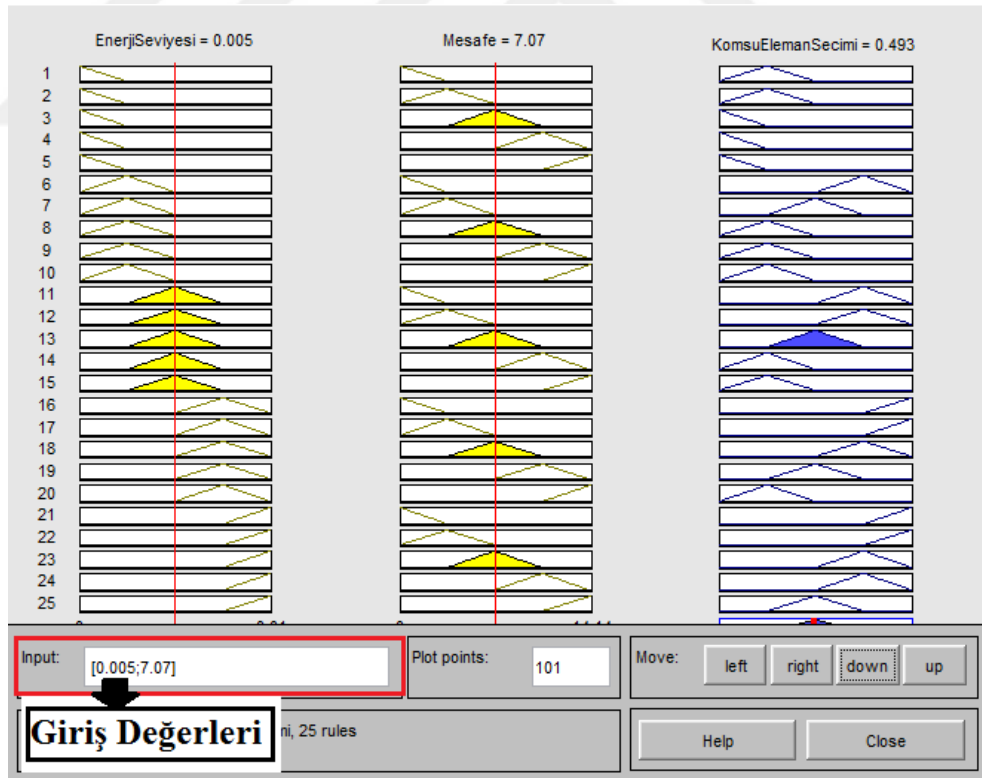
Şekil 2.13. Kural editörü

**Adım 5.** Rule Editor’de Ana menüden “View→Rules” seçenekleri ile Rule Viewer menüsüne geçiş yapılır.



Şekil 2.14. Kural ekranı açma yolu

Rule Viewer ile oluşturulan kural tabanına uygun olarak girişlerdeki değerlerin değişimine göre çıkışlarda meydana gelen değişim incelenebilir.



Şekil 2.15. Kural ekranı

## 2.6. Bulanık Mantık İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Literatürde bulanık mantık kullanılarak yapılmış çok sayıda sistem mevcuttur. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

Kara ve Özçelik, pozisyon tabanlı algoritmaların yönlendirme kararını verirken, düğümlerin coğrafi konum bilgilerinin yanında, düğümlerin batarya ömürleri ve yoğunlukları bilgilerini de kullanarak yol seçimi önerisinde bulunmuşlardır. Konum, batarya ömrü ve düğüm yoğunluğu bilgileri kullanılarak bulanık mantık yöntemiyle düğümler arası “maliyet” ağırlık değeri atanıp, düğümlerin graf yapısı üzerinden yol seçimi yapması sağlanmıştır. Bulanık mantık yöntemi uygulanmış ve uygulanmamış ağların benzetimi yapılarak, yönlendirme amacıyla kullanılan düğümler belirlenmiştir. Sonuçta, bulanık mantık uygulanmış ağlarda daha az düğüm üzerinden geçilerek hedefe ulaşıldığı ve bataryası iyi durumda olan düğümlerin yönlendirme zincirine katıldığı görülmüştür [24].

B. Otal ve arkadaşları bulanık mantık zamanlayıcı kullanarak vücut sensör ağları için enerji tasarrufu sağlayan MAC protokolü üzerinde çalışan çapraz katmanlı bir zamanlama mekanizması geliştirmişlerdir. Elde edilen bulgulara göre bulanık mantık programlama uygulaması ile sistem performansının, zamanlayıcıya göre % 15 ila % 30 daha güvenilir ve uygulama basitliği nedeniyle sağlık senaryolarının kullanımı içinde uygun bir çalışma olduğunu göstermiştir [25].

AlShawi ve Imad S. , bulanık yaklaşım ve A-yıldız algoritmasının bir kombinasyonunu kullanarak veriyi düğüm noktasından düğüm noktasına iletim yolu ile efektif olarak yönlendirmek ve ağın ömrünü uzatmak için bir algoritma geliştirmişlerdir. Yapılan Simülasyon sonuçları, rasgele dağıtık düğümlerle kablosuz algılayıcı ağlarının ömrünün uzatılmasına ilişkin yeni yaklaşımın performans etkinliğini iyi göstermektedir [26].

Haidar T. ve Yusuf M. , kablosuz algılayıcı ağlarda bulanık değişkenler ve kural tabanı kullanılarak enerji optimize edilmiş yönlendirme yapabilmek için ayarlanabilir parametre tabanlı bir yaklaşım sunmuşlardır. Benzetim sonuçları bu yaklaşımın güvenilirliğini ve verimliliğinin iyi olduğunu göstermiştir [27].

## BÖLÜM 3

### KULLANILAN YÖNTEMLER VE TEKNİKLER

Sağlık alanında büyük ölçüde önemi olan KVAA'nın haberleşmesi için yönlendirme protokolleri kullanılır. Veri akışını belirleyen en önemli parametre veri paketinin hedefe hangi elemanlar üzerinden gideceğidir. Veri akışında güzergahın belirlenmesi işlemi OSI referans modelinin katmanlarından biri olan “ağ katmanı” içerisinde yer alan yönlendirme protokolüne yapılır. Literatürde KAA için geliştirilmiş bir çok yönlendirme protokolü mevcuttur. Ancak KVAA, KAA'lardan bazı yönleriyle farklılık göstermektedir. Bu yüzden KAA için geliştirilen ortam erişim protokolleri KVAA'lar için uygun olmamaktadır. KVAA' da işletilen yönlendirme teknikleri kablosuz sensör ağlarından farklı olmalıdır. Bu farklılıklardan dolayı literatürde bulunan yönlendirme protokolleri haricinde yeni bir metotla KVAA için yönlendirme metodu geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada KVAA' da yönlendirme işleminde enerji tüketimi ve mesafe parametreleri dikkate alınarak bulanık mantık giriş sinyallerinde bu parametreler kullanılmıştır. Çıkış sinyalinde iletimin hangi komşu eleman üzerinden yapılacağına karar verilmektedir. Yönlendirme metodu bu maddeler içinde en çok enerji tüketimi parametresini dikkate almaktadır. Çünkü iletim radyasyonunun düşük değerde olması KVAA'da öncelikli durumdur. İnsan sağlığı için önemli yeri olan bu parametre değeri öncelikli olarak dikkate alınarak düğümler arasında en uygun yol seçimi yapılacaktır. Bulanık mantık kümelerinde KVAA için önemli olan parametreler “üyelik derecelerine” eşlenmektedir.

### 3.1. Kullanılan Yöntem

Matlab 7.14 ile geliştirilen benzetim programı “Bulanık Mantık İle Yönlendirme Metodu” “ Eş-Eşe İsteğe Bağlı Uzaklık Vektör Yönlendirme (AODV-On-Demand Distance Vector Routing)” protokolü ile benzetime tabi tutulmuştur.

#### 3.1.1 Eş-Eşe İsteğe Bağlı Uzaklık Vektör Yönlendirme (AODV) Protokolü

AODV protokolü isteğe bağlı yönlendirme protokollerinden biridir. Yönlendirilme yapılacağı sırada yön bulma mekanizmaları çalıştırılarak hedefe ait yönler bulunur. AODV protokolünde düğümler arası uzaklığın en kısa olanı dikkate alınarak yönlendirme yapılır. İletim yapacak olan düğüm kendisine en yakın olan komşu düğümü bularak yönlendirme işlemini gerçekleştirir.

Sayısal değerlerin alınmasında bulanık mantık metodu ile işletilen adımlar aşağıda verilmiştir.

**Adım 1. Başlatma:** Geliştirilen sistemde öncelikle “**ban\_initialize\_nodes**” fonksiyonu çalıştırılarak düğümlerin koordinatlarının rastgele yerlere atanması yapılmaktadır. Başlangıç enerji seviyesi  $10^{-2}$ , iletim frekansı 2,4 Ghz, saniyede bit olarak veri aktarım hızı  $250 \cdot 10^3$ , paket boyutu  $256 \cdot 8$  olarak kabul edilmiştir.

```
[nodes params] = ban_initialize_nodes(5, 5, 5, 1e-2, 2.4e9, 250e3, 256*8, 50e-9, 100e-12)
```

Şekil 3.1. Haberleşme öncesi ağ kurulumu

**Adım 2. Ağdaki her komşuluk için uzaklık hesaplaması yapılır:**

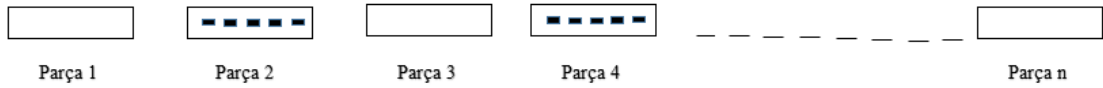
- Ağın kurulması için “**ban\_setup\_phase**” fonksiyonu çağrılır. Bu aşamadan sonra düğümlerin birbirine olan uzaklıkları hesaplanarak bulanık mantık editöründe haberleşmenin yapılacağı düğüm seçilir.

**Adım 3. Seçilen düğüm üzerinden iletimin gerçekleşmesi:**

Belirlenen düğüm üzerinden “**ban\_steady\_state**” fonksiyonu ile yapılan haberleşme için enerji düşümü hesaplanır ve düğümlerde kalan enerjiler “**nodes(2:end,3)**” komutu ile gösterilir. Bir sonraki düğüm için haberleşmenin gerçekleştirileceği düğümün

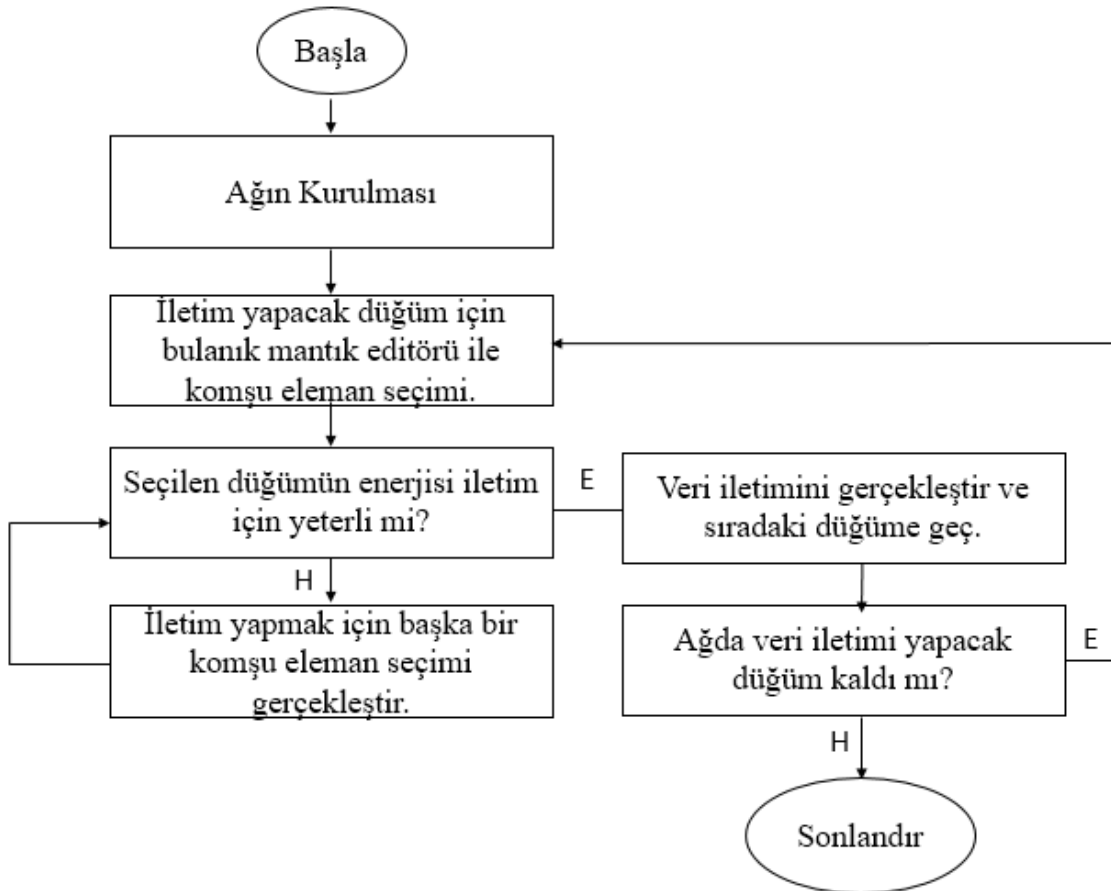
bulanık mantık editörü ile seçimi yapılarak enerji düşümü hesaplanır. Bu süreç haberleşmenin yapılacağı düğümlerdeki enerji bitene kadar tekrarlanır.

Kod bölmeli çoklu erişim (CDMA-Code Division Multiple Access) kullanılarak kurulum yapılmıştır. Daha sonra “**ban\_steady\_state**” fonksiyonu ile zaman bölmeli çoklu erişim (TDMA) kullanılarak periyodik veri aktarımı yapılır. Mac katmanında IEEE 802.15.4 protokolü işletilmiştir. Çerçeve uzunluğu 128 byte (max. Frame Size) alınmıştır. 1024 byte veri gönderilebilecek şekilde parçalı (fragmentation) iletim gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Parçalı iletim

Programın akış diyagramı Şekil 3.3’ de gösterilmiştir.



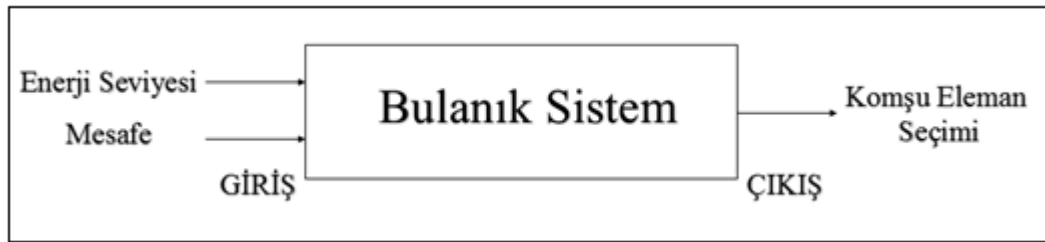
Şekil 3.3. Program akış diyagramı

### 3.2. Bulanık Mantık Giriş ve Çıkış Parametreleri

Çalışmada ilk olarak önemli olan ilişkili girdi ve çıktı değerlerinin belirlenmesidir. Daha sonra alt küme aralıkları açıklanmakta ve bulanık alt kümelerin biçim ve pozisyonları belirlenmektedir. Ardından bulanık eğer – o halde kuralları belirlenerek hesaplamalar yapılmaktadır. Tez çalışmasında dikkate alınan en önemli yönlendirme parametreleri aşağıda verilmiştir :

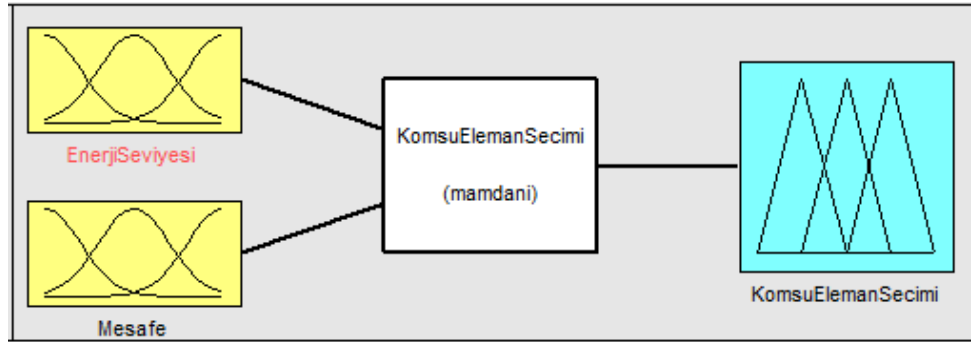
- Enerji Tüketimi,
- Mesafe

Bu parametreler bulanık mantık sistemine giriş sinyali olarak verilmiştir. Bulanık sistem de çıkış sinyali olarak “ veri paketinin gönderileceği komşu eleman seçimi” alınmıştır. Dikkate alınacak parametrelerin birlikte değerlendirilmesi konusunda sistem girişi ve çıkışı Şekil 3.4’de verilmiştir.



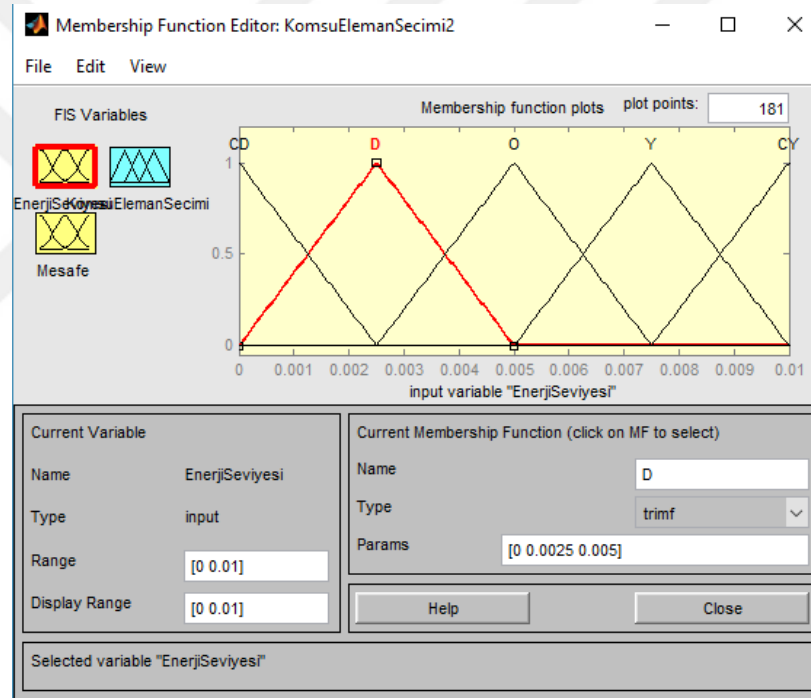
Şekil 3.4. Bulanık sistem yapısı

Herhangi bir düğüm, hedef bir düğüme paket göndermek istediğinde, mesafe ve enerji seviyesi değerlerini bulanık mantık kullanarak komşu eleman seçimi değerleri oluşturur. Yönlendirme kararını AODV’de olduğu gibi sadece mesafeye göre değil, enerji seviyesi ve mesafeyi ön planda tutarak seçilmiş olan komşu eleman değerine göre verir. Bulanık mantık kullanarak komşu eleman seçimi oluşturmak için, “enerji seviyesi” ve “mesafe” olmak üzere iki giriş değişkeni, “komşu eleman seçimi” olarak bir çıkış değişkeni kullanılmıştır. Giriş ve çıkış değişkenlerinin blok görünümü Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3.5. Bulanık giriş ve çıkış değerlerinin görünümü.

Enerji seviyesi girişine ait üçgen üyelik fonksiyonu Şekil 3.6'da gösterildiği gibidir.



Şekil 3.6. Enerji seviyesi üyelik fonksiyonu

Bulanıklaştırma işleminde giriş ve çıkış değişkenleri için üçgen üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de giriş ve çıkış değişkenlerine ait üçgen üyelik fonksiyonlarının sınırları verilmiştir.

Enerji seviyesi üyelik fonksiyonlarına 0- 0.01 aralığında eşit aralıklarla sınır olarak kabul edilmiştir. Çok Düşük (ÇD), Düşük (D), Orta (O), Yüksek (Y), Çok Yüksek (ÇY) olmak üzere 5 adet üyelik fonksiyonu belirlenmiştir.



Tablo 3.1. Enerji seviyesi girişine ait üçgen üyelik fonksiyonlarının sınırları

<b>Enerji Seviyesi Değerleri</b>	<b>Oran</b>
Çok Düşük	0 0 0.0025
Düşük	0 0.0025 0.005
Orta	0.0025 0.005 0.0075
Yüksek	0.005 0.0075 0.01
Çok Yüksek	0.0075 0.01 0.01

Mesafe girişine ait değerler düğüm sayısına göre değişmektedir. Çalışmada 5 ve 10 adet düğüm sayısına sahip olan ağlar ile karşılaştırmalar yapılmıştır. 5 düğüm için geçerli olan aralık 0-14.14 iken 10 düğüm için geçerli olan aralık 0-28.28 olarak kabul edilmiştir. Ve bu aralıktaki değerler eşit sınırlarla üyelik fonksiyonlarına atanmıştır. Çok Yakın (ÇY), Yakın (Y), Orta (O), Uzak (U), Çok Uzak (ÇU) olmak üzere 5 adet üyelik fonksiyonu belirlenmiştir.

Tablo 3.2. Mesafe girişine ait 10 düğüm için geçerli üçgen üyelik fonksiyonlarının sınırları

<b>Mesafe Değerleri</b>	<b>Oran</b>
Çok Yakın	0 0 7
Yakın	0 7 14
Orta	7 14 21
Uzak	14 21 28
Çok Uzak	21 28.28 28.28

Komşu eleman seçimi çıkışına ait oran 0 – 1 aralığında eşit aralıklarla üyelik fonksiyonlarına atanmıştır. Uygun Değil (UD), Az Uygun (AU), Orta Derecede Uygun (ODU), Uygun (U), Oldukça Uygun (OU) olmak üzere 5 adet üyelik fonksiyonu belirlenmiştir.

Tablo 3.3. Komşu eleman seçimi çıkışına ait üçgen üyelik fonksiyonlarının sınırları

<b>Komşu Eleman Seçimi Değerleri</b>	<b>Oran</b>
Uygun Değil	0 0 0.25
Az Uygun	0 0.25 0.5
Orta Derecede Uygun	0.25 0.5 0.75
Uygun	0.5 0.75 1
Oldukça Uygun	0.75 1 1

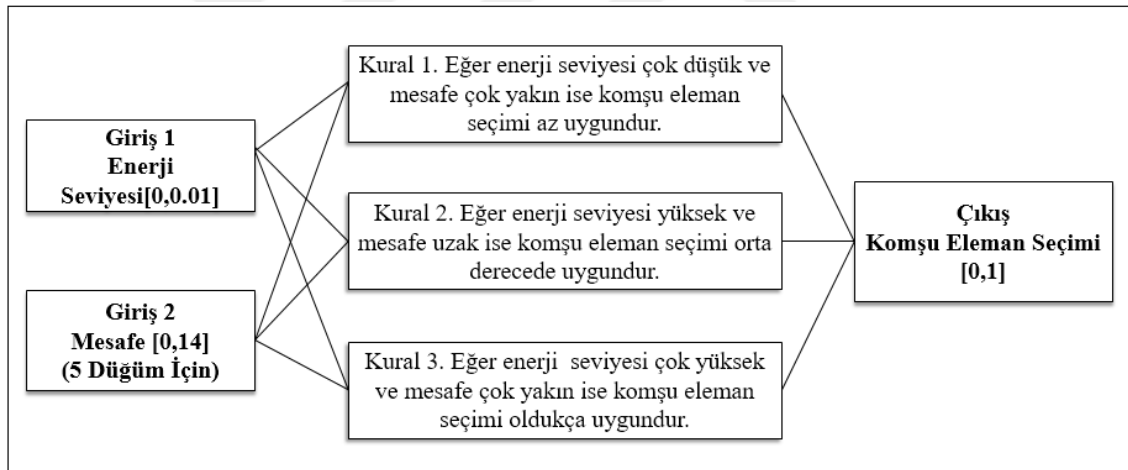
Giriş ve çıkış üyelik elemanları kullanılarak 25 adet kural oluşturulmuştur. Durulaştırma işlemi ağırlık merkezi (Mamdani) yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Tablo 3.4'te giriş değişkenleri için elde edilmiş komşu eleman seçimi değerleri verilmiştir.

Tablo 3.4. Komşu eleman seçimi kural tablosu

Enerji Seviyesi	Mesafe					
		ÇY	Y	O	U	ÇU
ÇD	AU	AU	UD	UD	UD	UD
D	U	ODU	AU	AU	AU	UD
O	U	U	ODU	AU	AU	AU
Y	OU	OU	U	ODU	AU	AU
ÇY	OU	OU	U	U	ODU	ODU

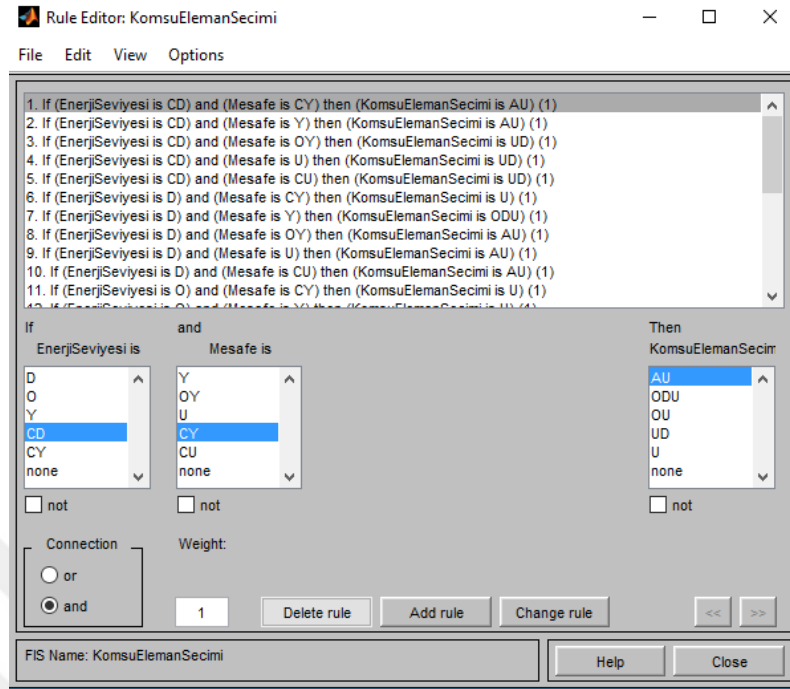
Tablo 3.4'e bakarak bu sistem için aşağıdaki kuralı yazabiliriz.

IF enerji seviyesi ÇD and mesafe O THEN komşu eleman seçimi UD 'dir.



Şekil 3.7. İki girişli tek çıkışlı bulanık kural tablosunun örnek bir kesiti

Komşu eleman seçimi kural tablosu matlab görünümü Şekil 3.8.'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.8. Bulanık kural tabanı kural editörü görünümü

## BÖLÜM 4

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

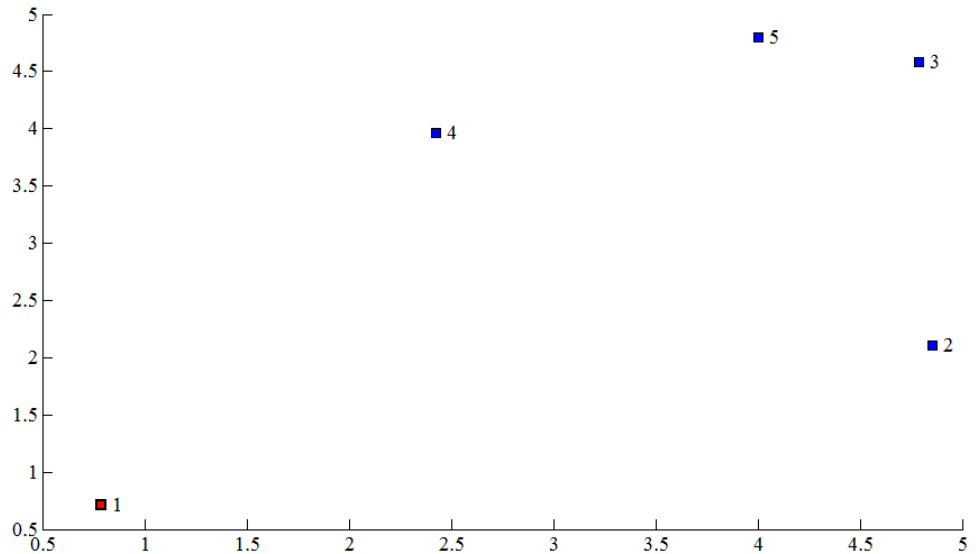
Geliştirilen yönlendirme metodunun başarımlı değerlendirilmesi üç farklı senaryoda uygulanmıştır. Mevcut protokollerle karşılaştırma sonuçları ve değerlendirmeleri bu bölümde gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Benzetim parametreleri

Parametre	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
Düğüm Sayısı	5	5	10
Frekans	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz
Paket Boyutu	256*8	256*8	256*8
Kablosuz Kanal Modeli	Serbest Uzay	Serbest Uzay	Serbest Uzay
Alan	5*5	5*5	10*10

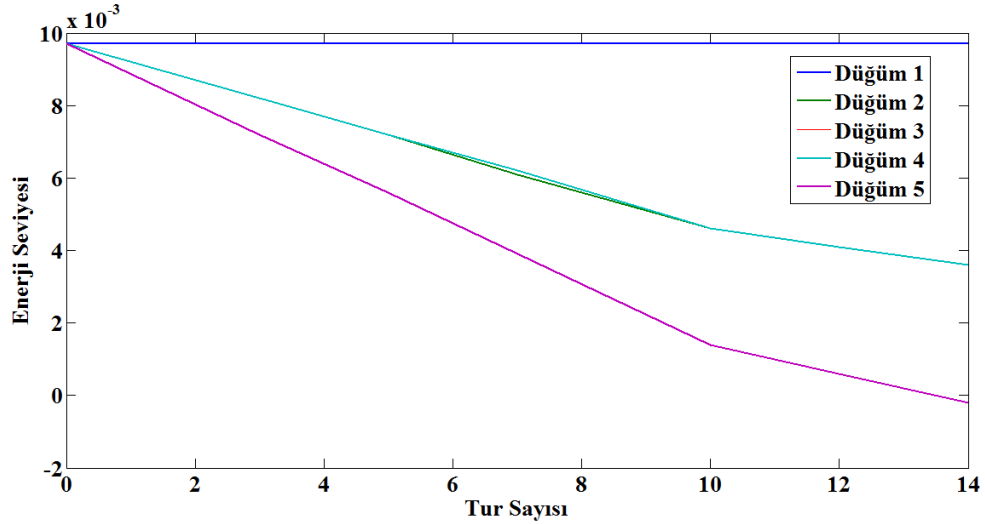
#### 4.1. Senaryo 1

Senaryo 1'e göre toplamda ağda 5 düğüm bulunmaktadır. 1 numaralı düğüm baz olarak atanmıştır. Düğümlerin rastgele konumlara atanması Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Senaryo 1'e göre düğümlerin rastgele konumlandırılması

AODV protokolüne göre Senaryo 1’de yönlendirilme yapıldığında veri iletimi en kısa mesafe baz alınarak gerçekleştirilmiştir. İletim yapacak olan düğüm kendisine en yakın düğüm üzerinden veri iletimini gerçekleştirmektedir. Bu iletim yapılan deneyde toplam 12 tur sürmüş olup 12. Turun sonunda 3 ve 5 nolu düğümlerin enerjilerinin bitmesiyle sonlanmıştır. Şekil 4.2’ de düğümlerde tur sayısına göre enerji değişimini gösterilmiştir.

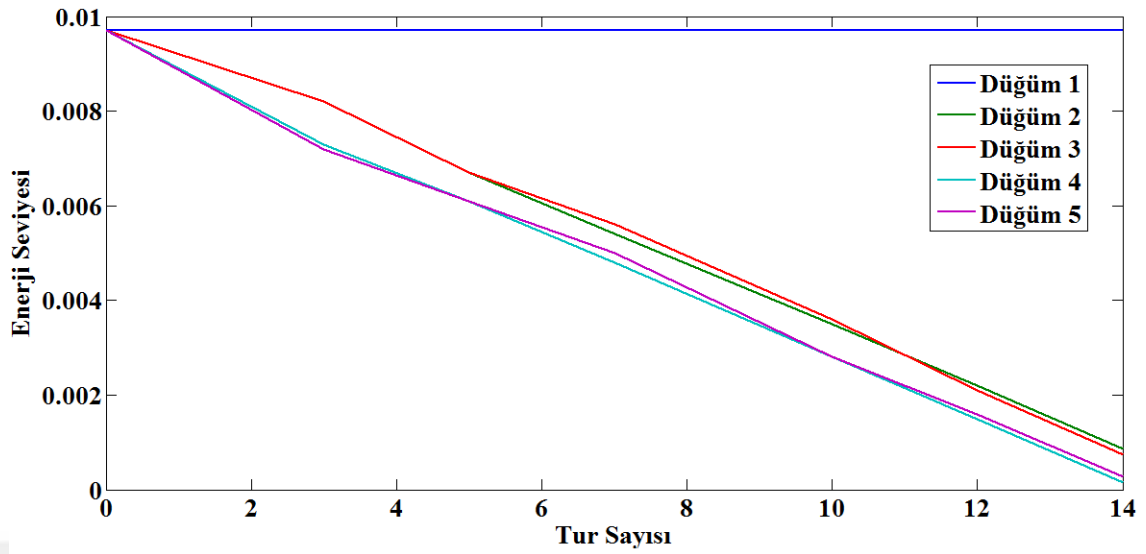


Şekil 4.2. AODV ile iletim düğümlerde kalan enerjiler

Tablo 4.2. Senaryo 1’e göre AODV ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler

Düşüm Numarası:	3.Tur	5.Tur	7.Tur	10.Tur	11.Tur	12.Tur	14.Tur
2	0.0082	0.0072	0.0061	0.0046	0.0041	0.0036	0.0018
3	0.0072	0.0056	0.0039	0.0014	0.0006	-----	-----
4	0.0082	0.0072	0.0062	0.0046	0.0041	0.0036	0.0026
5	0.0072	0.0056	0.0039	0.0014	0.0006	-----	-----

Bulanık mantık ile gerçekleştirilen iletimde, iletim yapacak olan düğüm öncelikle iletimi hangi düğüm üzerinden yapacağına karar vermektedir. Bu da bulanık mantık komşu eleman seçimi ile gerçekleştirilmektedir. Enerji ve mesafe parametrelerine göre komşu eleman seçildikten sonra veri iletimi gerçekleştirilir. Bulanık mantık kullanılarak yapılan iletim deneyinde toplamda 14 tur veri iletimi gerçekleştirilmiş ve 14 tur sonunda düğümlerin enerjilerinin bitmesiyle veri iletimi sonlanmıştır. Şekil 4.3 ‘ te düğümlerde kalan enerjiler gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Bulanık mantık ile iletimde düğümlerde kalan enerjiler

Tablo 4.3. Senaryo 1'e göre bulanık mantık ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan enerjiler

Düğüm Numarası:	3.Tur	5.Tur	7.Tur	10.Tur	13.Tur	14.Tur
2	0.0082	0.0067	0.0054	0.0035	0.0015	0.00086
3	0.0082	0.0067	0.0056	0.0036	0.0016	0.00074
4	0.0073	0.0061	0.0048	0.0028	0.0007	0.00015
5	0.0072	0.0061	0.0050	0.0028	0.0010	0.00028

Tablo 4.4 'de bulanık mantık ile yapılan yönlendirmede iletim yapılacak olan düğüm seçimi gösterilmiştir. 2 nolu düğüm iletime başlar komşu düğümlerde bulanık mantık ile alınan sonuç hangisinde yüksek ise o düğüm üzerinden iletim yapılır.

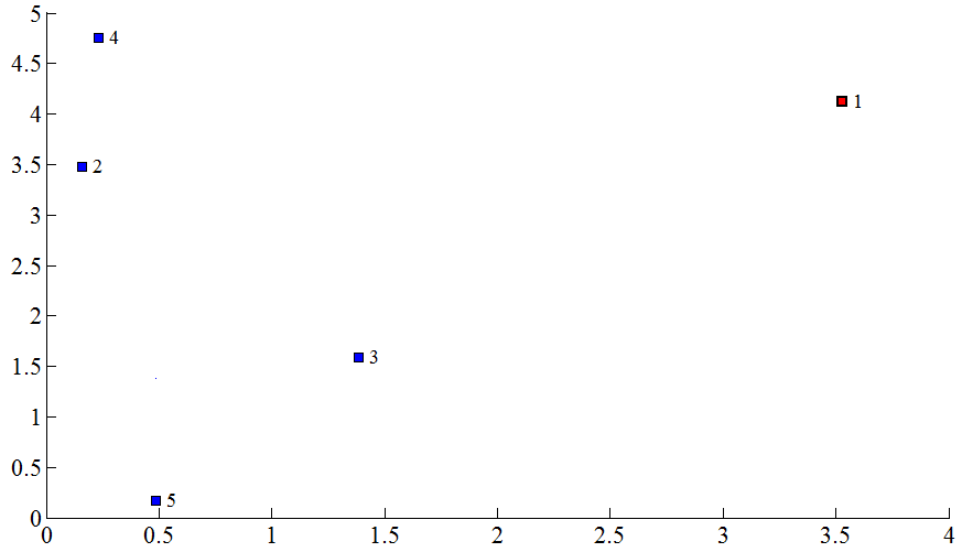
Tablo 4.4. 5 Dügümlü senaryoda bulanık mantık ile yönlendirmede iletim yapılacak düğümün seçimi

Düğümler Arası Mesafe	Düğümler	1.Tur	2.Tur	3.Tur	4.Tur	5.Tur	6.Tur	7.tur	8.Tur	9.Tur	10.Tur	11.Tur	12.Tur	13.Tur	14.Tur
8.0343	2-3-1	0.708	0.666	0.656	0.667	0.667	0.564	0.527	0.488	0.417	0.417	0.363	0.266	0.246	0.233
6.6935	2-4-1	0.751	0.752	0.751	0.724	0.655	0.615	0.581	0.502	0.442	0.388	0.331	0.278	0.262	0.225
8.0201	2-5-1	0.708	0.666	0.668	0.620	0.559	0.527	0.480	0.418	0.418	0.363	0.292	0.249	0.233	0.203
6.7698	3-2-1	0.751	0.751	0.751	0.751	0.724	0.663	0.606	0.529	0.463	0.411	0.365	0.311	0.268	0.247
6.0797	3-4-1	0.760	0.761	0.760	0.698	0.656	0.624	0.581	0.524	0.466	0.434	0.359	0.321	0.302	0.278
6.0142	3-5-1	0.761	0.763	0.761	0.709	0.657	0.626	0.585	0.565	0.492	0.438	0.363	0.327	0.313	0.295
7.3513	4-2-1	0.715	0.710	0.713	0.716	0.654	0.600	0.554	0.481	0.430	0.379	0.320	0.264	0.242	0.215
8.0021	4-3-1	0.678	0.661	0.666	0.669	0.608	0.554	0.507	0.459	0.419	0.395	0.322	0.249	0.239	0.209
6.9827	4-5-1	0.750	0.750	0.750	0.680	0.637	0.605	0.539	0.452	0.389	0.322	0.267	0.244	0.222	0.174
7.1193	5-2-1	0.737	0.734	0.736	0.738	0.656	0.616	0.548	0.473	0.412	0.371	0.310	0.249	0.233	0.203
6.378	5-3-1	0.755	0.756	0.755	0.755	0.695	0.642	0.586	0.557	0.495	0.431	0.372	0.302	0.294	0.273
5.4241	5-4-1	0.776	0.776	0.766	0.682	0.649	0.631	0.616	0.532	0.484	0.442	0.365	0.353	0.320	0.260

\*Kırmızı renk ile gösterilen rakamlar iletim için seçilen düğümlerin komşu eleman çıkış değerleridir.

## 4.2. Senaryo 2

Senaryo 2' ye göre toplamda ağda 5 düğüm bulunmaktadır. Ve bunlardan biri baz düğüm olarak atanmıştır. Düğümlerin rastgele konumlara atanması Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Senaryo 2'ye göre düğümlerin rastgele konumlandırılması

AODV protokolüne göre Senaryo 2'de iletim yapıldığında veri iletimi en kısa mesafe baz alınarak gerçekleştirilmiştir. İletim yapacak olan düğüm kendisine en yakın düğüm üzerinden veri iletimini gerçekleştirmektedir. Bu deney toplam 15 tur sürmüştür olup 15. turun sonunda sadece 3 nolu düğüm ağda canlı kalmıştır.

Tablo 4.5. Senaryo 2'ye göre AODV ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler

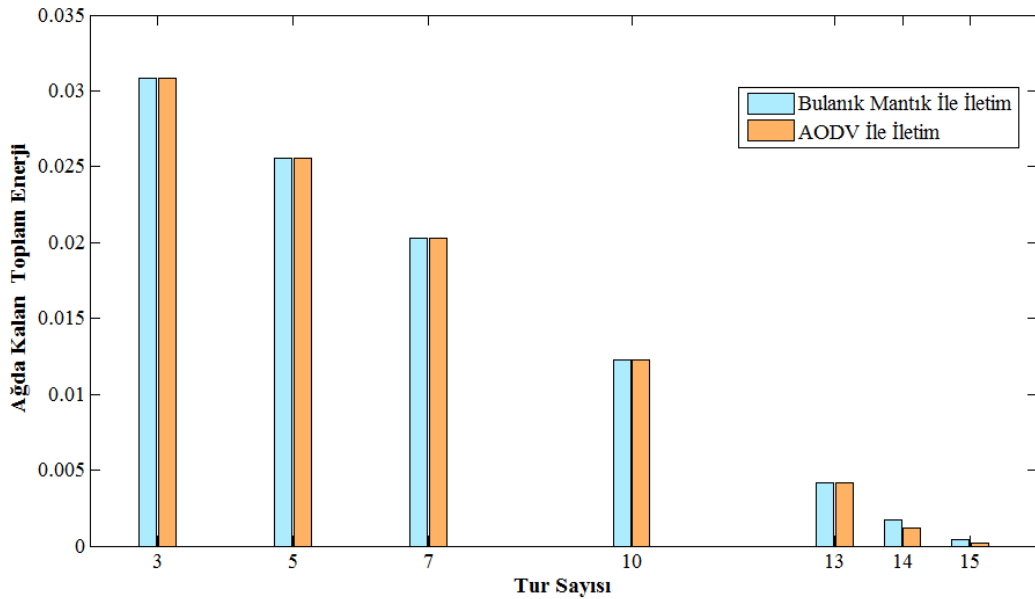
Düğüm Numarası:	3.Tur	5.Tur	7.Tur	10.Tur	13.Tur	14.Tur	15.Tur
2	0.0077	0.0064	0.0051	0.0031	0.0011	0.0003	-----
3	0.0077	0.0064	0.0051	0.0031	0.0010	0.0003	0.0002
4	0.0077	0.0064	0.0051	0.0031	0.0011	0.0003	-----
5	0.0077	0.0064	0.0050	0.0030	0.0010	0.0003	-----



Tablo 4.6. Senaryo 2'ye göre Bulanık mantık ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler

Düğüm Numarası:	3.Tur	5.Tur	7.Tur	10.Tur	13.Tur	14.Tur	15.Tur
2	0.0074	0.0061	0.0046	0.0026	0.0003	-----	-----
3	0.0077	0.0064	0.0051	0.0031	0.0010	0.0002	-----
4	0.0077	0.0064	0.0051	0.0031	0.0011	0.0004	-----
5	0.0080	0.0067	0.0055	0.0035	0.0018	0.0011	0.0004

Şekil 4.5 'de AODV ve Bulanık Mantık ile yapılan yönlendirmede ağda tur sonlarında kalan toplam enerjiler gösterilmiştir. Bu enerji kıyaslamaları ağdaki toplam enerjiyi ifade etmektedir. Toplam enerji hesaplanırken mevcut iletişim turu için gerekli haberleşme enerjisine sahip olmayan düğümler hesaba katılmamıştır. AODV ile iletimde son iki turdaki enerjinin az olmasının sebebi budur.



Şekil 4.5. Senaryo 2'ye göre ağda kalan tur sonlarındaki enerjiler

Tablo 4.7 'de bulanık mantık ile yapılan yönlendirmede iletim yapılacak olan düğümlerin seçimi gösterilmiştir. 2 nolu düğüm iletme başlar ve komşu eleman seçimi çıkışı hangi düğümde yüksek ise o düğüm üzerinden yönlendirme yapılır. Daha sonra sıradaki düğüm iletim için seçim yapar. Düğümün kendisi ve baz istasyonu haricinde kalan düğümler üzerinden bulanık mantık denetleyicide hesaplamalar yapılarak en büyük çıkış değeri hesaplanır ve iletim o düğüm üzerinden gerçekleşir.

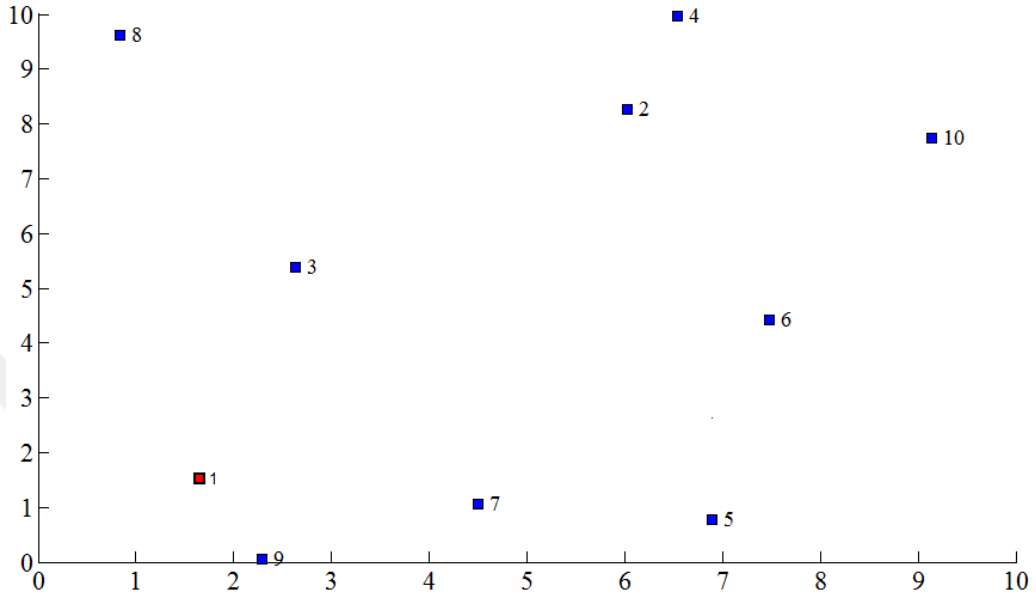
Tablo 4.7. 5 Dügümlü senaryoda bulanık mantık ile yönlendirmede iletim yapılacak düğümün seçimi

Mesafe	Düğümler	1.Tur	2.Tur	3.Tur	4.Tur	5.Tur	6.Tur	7.tur	8.Tur	9.Tur	10.Tur	11.Tur	12.Tur	13.Tur	14.Tur	15.Tur
5.5701	2-3-1	0.772	0.772	0.772	0.772	0.716	0.660	0.620	0.607	0.533	0.483	0.436	0.356	0.342	0.324	-----
4.6387	2-4-1	0.810	0.808	0.808	0.810	0.740	0.687	0.672	0.661	0.578	0.527	0.482	0.410	0.393	0.348	-----
8.3013	2-5-1	0.706	0.659	0.643	0.651	0.635	0.551	0.505	0.464	0.401	0.401	0.355	0.294	0.249	0.239	-----
5.6833	3-2-1	0.769	0.771	0.769	0.726	0.665	0.621	0.601	0.527	0.477	0.431	0.349	0.335	0.315	0.219	-----
6.729	3-4-1	0.751	0.751	0.751	0.751	0.672	0.614	0.562	0.499	0.431	0.385	0.327	0.273	0.259	0.227	0.197
6.6582	3-5-1	0.752	0.752	0.752	0.752	0.724	0.655	0.599	0.553	0.494	0.437	0.384	0.322	0.280	0.271	0.251
4.7109	4-2-1	0.806	0.802	0.806	0.738	0.683	0.671	0.656	0.564	0.516	0.458	0.405	0.376	0.307	-----	-----
6.688	4-3-1	0.752	0.752	0.752	0.737	0.672	0.615	0.552	0.503	0.435	0.381	0.320	0.276	0.260	0.226	0.173
9.5693	4-5-1	0.688	0.645	0.597	0.576	0.515	0.460	0.428	0.360	0.326	0.338	0.321	0.265	0.246	0.225	0.194
6.7499	5-2-1	0.751	0.751	0.751	0.681	0.622	0.562	0.485	0.421	0.375	0.314	0.269	0.245	0.193	-----	-----
4.9936	5-3-1	0.793	0.788	0.793	0.757	0.689	0.662	0.642	0.583	0.527	0.481	0.405	0.383	0.353	0.293	-----
7.9457	5-4-1	0.671	0.667	0.673	0.624	0.558	0.510	0.451	0.423	0.379	0.329	0.250	0.239	0.215	0.163	-----

\* Kırmızı renk ile gösterilen rakamlar iletim için seçilen düğümlerin komşu eleman çıkış değerleridir.

### 4.3. Senaryo 3

Senaryo 3'e göre ağda toplam 10 düğüm bulunmaktadır. Ve bunlardan biri baz düğüm olarak atanmıştır. Düğümlerin rastgele konumlara atanması Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Senaryo 3'e göre düğümlerin rastgele konumlandırılması

Bulanık mantık ile iletimin hangi düğüm üzerinden yapılacağı karar verilerek, 8. Turda 3,5,6 ve 8 numaralı düğümlerin enerjilerinin tükendiği gözlemlenmiştir. 9.turda bu düğümlere 2,4,7 ve 9 numaralı düğümlerde katılmıştır. 9.turun sonunda canlı kalan sadece 2 düğüm bulunmaktadır. Bu düğümlerde kalan son enerjilerde iletim yapmaya yetmemiştir ve ağ ömrü 9 tur sürmüştür.

Tablo 4.8. Senaryo 3'e göre bulanık mantık ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler

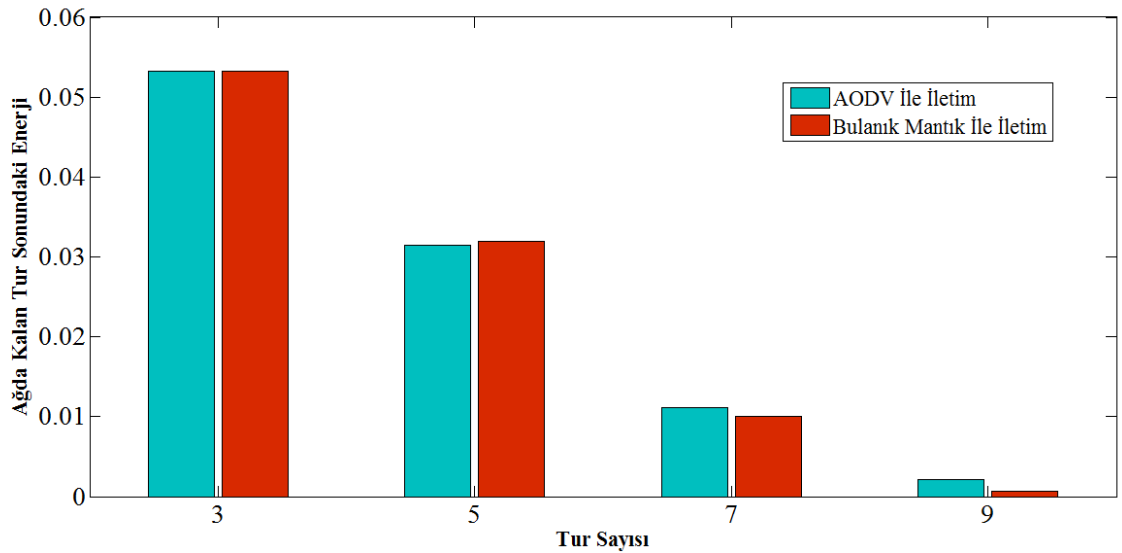
Düğüm Numarası:	3.Tur	4.Tur	5.Tur	7.Tur	8.Tur	9.Tur
2	0.0061	0.0049	0.0037	0.0012	0.0001	-----
3	0.0056	0.0043	0.0031	0.0004	-----	-----
4	0.0062	0.0052	0.0042	0.0019	0.0009	-----
5	0.0062	0.0050	0.0037	0.0011	0.0001	-----
6	0.0061	0.0049	0.0035	0.0011	-----	-----
7	0.0051	0.0038	0.0026	0.0001	-----	-----
8	0.0062	0.0052	0.0042	0.0002	0.00010	0.0005
9	0.0055	0.0041	0.0028	0.0021	-----	-----
10	0.0062	0.0052	0.0042	0.0020	0.0011	0.0002

AODV protokolü ile yapılan yönlendirmede, düğümlerin enerjisi 7.turda son bulmaya başlamıştır.

Tablo 4.9. Senaryo 3'e göre AODV ile iletim yapıldığında düğümlerde kalan son enerjiler

Düğüm Numarası:	3.Tur	5.Tur	6.Tur	7.Tur	8.Tur	9.Tur	10.Tur
2	0.0049	0.0018	0.0003	-----	-----	-----	-----
3	0.0059	0.0035	0.0024	0.0012	0.0001	-----	-----
4	0.0059	0.0035	0.0023	0.0009	-----	-----	-----
5	0.0054	0.0027	0.0014	0.0001	-----	-----	-----
6	0.0064	0.0043	0.0033	0.0023	0.0016	0.0005	-----
7	0.0055	0.0028	0.0015	0.0001	-----	-----	-----
8	0.0064	0.0043	0.0033	0.0021	0.0012	0.0004	-----
9	0.0064	0.0043	0.0033	0.0023	0.0016	0.0009	0.0006
10	0.0064	0.0043	0.0033	0.0021	0.0010	0.0003	0.000

Şekil 4.7 'de AODV ve Bulanık Mantık ile yapılan yönlendirmede ağda tur sonlarında kalan toplam enerjiler gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Senaryo 3'e göre ağda kalan tur sonlarındaki enerjiler

Tablo 4.10 'da bulanık mantık ile yapılan yönlendirmede iletim yapılacak olan düğümlerin seçimi gösterilmiştir. 2 nolu düğüm iletme başlar ve komşu eleman seçimi çıkışı hangi düğümde yüksek ise o düğüm üzerinden yönlendirme yapılır. Daha sonra sıradaki düğüm iletim için seçim yapar. Düğümün kendisi ve baz istasyonu haricinde

kalan düğümler üzerinden bulanık mantık denetleyicide hesaplamalar yapılarak en büyük çıkış değeri hesaplanır ve iletim o düğüm üzerinden gerçekleşir. Örneğin 2 numaralı düğümün iletim yapacağı komşu eleman seçimine bakacak olursak, ağda toplamda 10 düğüm bulunmaktadır kendisi ve baz istasyonu haricinde toplamda 8 düğüm ile komşu eleman seçimi değerine bakılması gerekmektedir. İlk tur için 3 numaralı düğümün komşu eleman seçimi çıkış değeri en yüksek olduğu için 2-3-1 yolu seçilmiştir. Komşu eleman çıkış değeri iki düğümde de aynı derecede yüksek olduğu zamanlarda toplam mesafenin değerine bakılarak mesafe değeri küçük olan yol seçilmiştir.



Tablo 4.10. 10 Döğümlü senaryoda bulanık mantık ile yönlendirmede iletim yapılacak döğümün seçimi

Döğümler Arası Mesafe	Döğümler	1.Tur	2.Tur	3.Tur	4.Tur	5.Tur	6.Tur	7.tur	8.Tur	9.Tur	10.Tur
8,4253	2.3.1	0,839	0,837	0,683	0,696	0,595	0,508	0,404	0,295	-----	-----
11,5304	2.4.1	0,766	0,767	0,724	0,64	0,597	0,506	0,437	0,336	0,313	-----
12,8151	2.5.1	0,754	0,755	0,727	0,626	0,552	0,472	0,322	0,275	0,177	-----
10,6091	2.6.1	0,78	0,78	0,734	0,649	0,607	0,482	0,372	0,334	-----	-----
10,2348	2.7.1	0,787	0,787	0,68	0,633	0,509	0,398	0,35	0,239	-----	-----
13,4938	2.8.1	0,751	0,751	0,737	0,622	0,529	0,437	0,36	0,268	0,236	-----
10,6267	2.9.1	0,78	0,78	0,692	0,628	0,52	0,414	0,349	0,249	-----	-----
12,8842	2.10.1	0,754	0,754	0,739	0,626	0,552	0,463	0,398	0,296	0,272	-----
12,4693	3.2.1	0,757	0,757	0,687	0,597	0,514	0,435	0,314	0,285	-----	-----
15,7704	3.4.1	0,68	0,675	0,614	0,536	0,441	0,403	0,302	0,233	-----	-----
11,5604	3.5.1	0,766	0,766	0,724	0,632	0,579	0,465	0,344	0,315	-----	-----
11,4535	3.6.1	0,767	0,767	0,713	0,625	0,545	0,463	0,346	0,318	-----	-----
7,5922	3.7.1	0,874	0,877	0,759	0,721	0,59	0,486	0,369	-----	-----	-----
12,7353	3.8.1	0,755	0,755	0,727	0,619	0,556	0,461	0,391	0,296	-----	-----
6,9553	3.9.1	0,916	0,917	0,812	0,754	0,645	0,527	0,389	0,268	-----	-----
16,6498	3.10.1	0,674	0,65	0,592	0,51	0,414	0,4	0,326	0,244	-----	-----
9,8055	4.2.1	0,797	0,797	0,699	0,657	0,576	0,493	0,392	0,327	-----	-----
10,0016	4.3.1	0,792	0,792	0,675	0,64	0,52	0,389	0,361	0,243	-----	-----
14,4743	4.5.1	0,725	0,725	0,659	0,572	0,473	0,355	0,25	0,196	0,087	-----
12,1223	4.6.1	0,76	0,76	0,698	0,609	0,515	0,429	0,324	0,288	-----	-----
12,0101	4.7.1	0,761	0,761	0,649	0,566	0,451	0,33	0,304	-----	-----	-----
13,8493	4.8.1	0,75	0,75	0,711	0,605	0,508	0,403	0,3	0,245	0,21	-----
12,3953	4.9.1	0,758	0,757	0,645	0,568	0,451	0,317	0,297	-----	-----	-----
13,1374	4.10.1	0,753	0,753	0,692	0,608	0,54	0,437	0,355	0,283	0,253	-----
15,5515	5.2.1	0,675	0,684	0,584	0,495	0,421	0,32	0,239	0,17	-----	-----
10,2529	5.3.1	0,787	0,787	0,667	0,632	0,508	0,382	0,336	-----	-----	-----
18,9356	5.4.1	0,653	0,583	0,503	0,436	0,333	0,344	0,25	0,22	-----	-----
10,2007	5.6.1	0,788	0,788	0,705	0,649	0,556	0,476	0,377	0,301	-----	-----

5,289	5.7.1	0,913	0,915	0,785	0,721	0,605	0,557	0,429	-----	-----	-----
18,8484	5.8.1	0,662	0,585	0,514	0,444	0,335	0,343	0,266	0,233	-----	-----
6,2682	5.9.1	0,910	0,919	0,785	0,75	0,621	0,52	0,402	-----	-----	-----
17,0482	5.10.1	0,655	0,638	0,56	0,487	0,388	0,387	0,296	0,235	-----	-----
12,1251	6.2.1	0,762	0,76	0,664	0,582	0,489	0,401	0,314	0,267	-----	-----
8,9257	6.3.1	0,805	0,799	0,695	0,654	0,538	0,42	0,343	-----	-----	-----
15,3632	6.4.1	0,684	0,691	0,591	0,519	0,441	0,371	0,25	0,215	-----	-----
8,9803	6.5.1	0,811	0,819	0,705	0,681	0,596	0,507	0,409	0,31	-----	-----
7,3741	6.7.1	0,877	0,893	0,753	0,684	0,577	0,472	0,329	-----	-----	-----
16,5681	6.8.1	0,653	0,652	0,561	0,491	0,402	0,379	0,25	0,229	-----	-----
8,4003	6.9.1	0,824	0,815	0,71	0,638	0,534	0,438	0,348	-----	-----	-----
13,4396	6.10.1	0,751	0,751	0,672	0,59	0,5	0,408	0,318	0,263	-----	-----
15,3737	7.2.1	0,679	0,691	0,577	0,48	0,403	0,301	0,233	-----	-----	-----
8,6872	7.3.1	0,811	0,785	0,7	0,645	0,539	0,426	0,338	-----	-----	-----
18,874	7.4.1	0,637	0,584	0,489	0,419	0,334	0,342	0,249	-----	-----	-----
7,6916	7.5.1	0,856	0,873	0,759	0,724	0,63	0,537	0,41	-----	-----	-----
10,997	7.6.1	0,775	0,774	0,674	0,616	0,512	0,439	0,346	-----	-----	-----
17,442	7.8.1	0,638	0,627	0,533	0,461	0,377	0,372	0,249	-----	-----	-----
4,0467	7.9.1	0,906	0,865	0,775	0,692	0,609	0,568	0,463	-----	-----	-----
17,8579	7.10.1	0,642	0,615	0,523	0,452	0,365	0,367	0,268	-----	-----	-----
13,3817	8.2.1	0,752	0,737	0,639	0,532	0,426	0,332	0,263	0,203	-----	-----
8,5793	8.3.1	0,818	0,77	0,701	0,633	0,535	0,428	0,33	-----	-----	-----
15,4622	8.4.1	0,676	0,687	0,574	0,498	0,437	0,355	0,248	0,209	0,151	-----
16	8.5.1	0,658	0,669	0,554	0,459	0,395	0,303	0,233	0,141	-----	-----
14,94	8.6.1	0,697	0,707	0,596	0,496	0,395	0,289	0,233	0,103	-----	-----
12,1909	8.7.1	0,76	0,708	0,586	0,495	0,412	0,316	0,251	-----	-----	-----
11,2895	8.9.1	0,77	0,726	0,623	0,539	0,442	0,348	0,29	-----	-----	-----
18,2326	8.10.1	0,637	0,604	0,506	0,434	0,354	0,357	0,25	0,229	0,187	0,133
17,0437	9.2.1	0,638	0,608	0,513	0,403	0,387	0,283	0,225	-----	-----	-----
9,3284	9.3.1	0,809	0,726	0,674	0,588	0,498	0,402	0,308	-----	-----	-----
20,5372	9.4.1	0,613	0,523	0,411	0,331	0,274	0,276	0,246	-----	-----	-----

9,9487	9.5.1	0,792	0,794	0,671	0,642	0,521	0,432	0,367	-----	-----	-----
13,3012	9.6.1	0,752	0,752	0,639	0,535	0,422	0,323	0,266	-----	-----	-----
5,3246	9.7.1	0,913	0,838	0,756	0,662	0,57	0,483	0,348	-----	-----	-----
17,8185	9.8.1	0,616	0,616	0,502	0,421	0,366	0,359	0,177	-----	-----	-----
20,033	9.10.1	0,629	0,544	0,441	0,369	0,295	0,3	0,25	-----	-----	-----
11,1793	10.2.1	0,771	0,727	0,644	0,605	0,488	0,355	0,33	0,255	-----	-----
10,901	10.3.1	0,775	0,698	0,626	0,539	0,451	0,352	0,284	-----	-----	-----
13,1575	10.4.1	0,753	0,752	0,632	0,543	0,461	0,385	0,284	0,254	0,212	-----
12,6069	10.5.1	0,757	0,741	0,636	0,561	0,444	0,346	0,286	0,207	-----	-----
10,2186	10.6.1	0,788	0,77	0,664	0,634	0,509	0,398	0,356	-----	-----	-----
11,014	10.7.1	0,774	0,681	0,613	0,498	0,391	0,342	0,242	-----	-----	-----
16,6398	10.8.1	0,648	0,65	0,523	0,441	0,4	0,341	0,244	0,215	0,181	-----
11,9112	10.9.1	0,762	0,691	0,594	0,496	0,394	0,32	0,242	-----	-----	-----

\* Kırmızı renk ile gösterilen rakamlar iletim için seçilen düğümlerin komşu eleman çıkış değerleridir.



## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

#### 5.1. Tartışma ve Sonuç

Tıp sektöründe geniş uygulama alanı bulan KVAA'lar, askeri uygulamalardan sportif çalışmalara, acil yardım ekiplerinden tüketici elektroniğine pek çok farklı sektörde kullanılmaktadırlar. Günümüzde KVAA'ları meydana getiren kablosuz algılayıcı düğümlerin en büyük problemi sınırlı enerji kaynakları nedeniyle ömürlerinin kısa oluşudur.

Tez çalışması içerisinde KVAA gereksinimleri incelenerek AODV protokolü ile karşılaştırmalar yapılmış ve mesafe ile düğüm enerjisi parametrelerini ortak baz alarak iletim yapan, haberleşmede toplam iletim enerjisini düşük tutarak insan vücuduna yayılan radyasyonu azaltmayı hedefleyen ve ağ ömrünü uzatan yeni bir yönlendirme metodu geliştirilmiştir.

Geliştirilen sistemde düğümlerdeki enerji ve düğümler arası mesafe baz alınarak bulanık denetleyiciden çıkış değeri alınmıştır ve bu değerın büyüklüğüne göre komşu eleman seçimi yapılmıştır. Üç farklı senaryo üzerinde ağ ömrü kriterine göre kıyaslama yapılmıştır ve farklı sayıdaki düğümler ile iletimde ağda kalan toplam enerji ve düğümler üzerinde kalan enerjiler gözlenmiştir. Metodun geliştirilmesi ve kıyaslamalar Octave programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yapılan karşılaştırmalarda bulanık mantık ile gerçekleşen yönlendirme metodunda 5 düğümlü senaryoda ağ ömrünün daha uzun olduğu gözlemlenirken 10 düğümlü senaryoda AODV protokolü ile yapılan haberleşme ve bulanık mantık ile yapılan haberleşmenin ağ ömürlerinin eşit olduğu tespit edilmiştir.

## 5.2. Gelecek Çalışmalar

Tez çalışması kapsamında önerilen bulanık mantık ile yönlendirme metodunda, bir KVAA içerisinde yer alan düğümler arasındaki iletişim dikkate alınmıştır. Bir sonraki adım olarak, birçok KVAA'nın bulunduğu bir ortamda, ağlar arasındaki haberleşmenin de dikkate alınacağı bir çalışma gerçekleştirilebilir. Buna ek olarak, benzetimi sunulan metodun uygulaması gerçekleştirilebilir. Uygulama türüne göre ek nitelikler kazandırılabilir.



## KAYNAKLAR

1. Movassaghi, S., Abolhasan, M., Lipman, J., Smith, D., & Jamalipour, A., 2014. Wireless body area networks: A survey. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, **16**(3), 1658-1686.
2. Küçüköner, E. M., Yavuz, E., 2016. "Yaşlı ve Engelli Hastalar İçin Uzaktan Takip Sistemi", **Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi**, **4** (2), 99-104
3. Abdullah, S. , 2016. Kablosuz Vücut Alan Ağları İçin Servis Kalitesi Destekli Yeni Bir Ortam Erişim Kontrol Protokolü. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Sakarya, 66s.
4. Memduh, S., 2015. Ultra Geniş Bant (UGB) Kablosuz Sistemlerin Vücut İçeri Ortamlarda Kullanımı Ve Mesafe Ölçüm Hatalarının Modellenmesi Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 61s
5. Yüce, M. R., Khan, J. 2011. Wireless Body Area Networks: Technology, Implementation, and Applications. CRC Press, 511s.
6. Abdullah, S., Akif, A., Murat, Ç., 2014. Kablosuz vücut alan ağlarında ortam erişim protokolleri, **SAÜ Fen Bilimleri Dergisi**, **18** (3), 139-147.
7. Chen, M., Gonzalez, S., Vasilakos, A., Cao, H., Leung, V. C. 2011. Body area networks: **Mobile networks and applications**, **16**(2), 171-193.
8. İsmail, K. 2013. Dinamik Lider Düğüm ve Çakışma Önleme Temelli Kablosuz Vücut Alan Ağı OEK Protokolü Tasarımı Ve Gerçeklemesi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Sakarya, 154 s.
9. Su ,H., Zhang, X. 2009. Battery-dynamics driven tdma mac protocols for wireless body-area monitoring networks in healthcare applications. **IEEE Journal on selected areas in communications**, **27**(4).
10. Li, C., Hao, B., Zhang, K., Liu, Y., Li, J. 2011. A novel medium access control protocol with low delay and traffic adaptivity for wireless body area networks. **Journal of medical systems**, **35**(5): 1265-1275.
11. Ullah, S., Kwak, K. S. 2012. An ultra low-power and traffic-adaptive medium access control protocol for wireless body area network. **Journal of medical systems**, **36**(3): 1021-1030.

12. Dagtas, S., Pekhteryev, G., Sahinoglu, Z. 2007. Multi-Stage real time health monitoring via zigbee in smart homes. pp. 782-786. *In AINA Workshops* (2).
13. Cao, H., González-Valenzuela, S., Leung, V. C. 2010. Employing IEEE 802.15. 4 for quality of service provisioning in wireless body area sensor networks. *In Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 2010. **24th IEEE International Conference on IEEE**. pp. 902-909.
14. Cheng, S., Huang, C., Tu, C. C. 2011. RACOON: A multiuser QoS design for mobile wireless body area networks. **Journal of medical systems**, **35**(5): 1277-1287.
15. Barua, M., AlamM, S., Liang, X., Shen, X. 2011. Secure and quality of service assurance scheduling scheme for wban with application to ehealth. pp. 1102-1106. *Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), 2011 IEEE*. IEEE.
16. Yan, Z., Liu, B., Chen, C. W. 2012. Qos-driven scheduling approach using optimal slot allocation for wireless body area networks. pp. 267-272. *In e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, 2012. **IEEE 14th International Conference on IEEE**.
17. Rahman, M. O., Hong, C. S., Lee, S., Bang, Y. C. 2011. ATLAS: A traffic load aware sensor MAC design for collaborative body area sensor networks. **Sensors**, **11**(12): 11560-11580.
18. Işıklı, Ş. 2008. Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler. **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi**, **19**: 105-126.
19. Pek, M., 2016. Bulanık Mantık Nedir Ve Uygulama Alanları Nedir. (Web Sayfası:<https://mesutpek.com/bulanik-mantik-nedir-ve-uygulama- Alanlari%20nelerdir.html>), (Erişim Tarihi: Mayıs 2017).
20. Serhat, Y., 2006. Bulanık Mantık Ve Mühendislik Uygulamaları Ders Notları. KOÜ Yayınları Yayın No: 289.
21. Hacımurtazaoğlu, M., 2014. Bulanık mantık ile manyetik kilit uygulaması.
22. Işıklı, Ş. 2008. Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler. **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi**, **19**: 105-126.
23. Özek, A., Sinecen, M., 2004. Klima sistem kontrolünün bulanık mantık ile modellenmesi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **10**(3): 353-358.

24. Kara, R., Özçelik, İ. ,2009. Pozisyon tabanlı ad hoc yönlendirme algoritmalarında bulanık mantık ile yol seçimi. 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS)*,2009, Karabük, Türkiye
25. Otal, B., Verikoukis, C., Alonso, L. 2009. Fuzzy-logic scheduling for highly reliable and energy-efficient medical body sensor networks. pp. 1-5. *Communications Workshops, 2009. ICC Workshops 2009. IEEE International Conference IEEE.*
26. AlShawi, Imad S. 2012. Lifetime enhancement in wireless sensor networks using fuzzy approach and A-star algorithm. **IEEE Sensors Journal** **12**(10): 3010-3018.
27. Haider, T., Yusuf, M. 2009. A fuzzy approach to energy optimized routing for wireless sensor networks. **Int. Arab J. Inf. Technol.**, **6**(2), 179-185.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Hatice ARSLANTAŞ

Doğum Tarihi ve Yeri: 2 Haziran 1989, Kayseri

email: arshatice@windowslive.com

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2017
Lisans	Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü	2013
Lise	Melikgazi Mustafa Eminoğlu Anadolu Lisesi	2009

### İŞ DENEYİMİ

Yıl	Kurum	Görev
Eylül 2015 – Şubat 2016	Proax Yazılım Danışmanlık	Microsoft Dynamics AX ERP Üretim , Ticaret ve Lojistik Genç Danışmanı

### YABANCI DİL

İngilizce