

Yapay Zekâ ile Kablosuz Algılayıcı Ağları Eniyileme (Optimizing Wireless Sensor Networks with Artificial Intelligence)

¹Mehmet Akif Çiftçi,
İstanbul Aydın Üniversitesi, Bilgisayar
Mühendisliği Bölümü
wwwakif@msn.com

²Atilla Elçi
G. Mağusa, KKTC atilla.elci@gmail.com

Öz

Kablosuz sistemlerdeki ilerlemeler düşük maliyetli, tasarruflu, çok işlevli, minyatür algılama aygıtlarının üretilmesine imkân sağlamıştır. Bu aygıtlardan yüzlerce, hatta binlerce yardımıyla kablosuz algılayıcı ağları oluşturulmaktadır. Kablosuz algılayıcı ağlarda algılanan verilerin toplanması, analiz edilmesi ve bir baz istasyonuna gönderilmesi gibi aşamalar beraberinde bazı sorunları getirmektedir. Bu sorunlardan bazıları, algılayıcıların kısıtları, verinin doğru toplanması, gereksiz ve benzer veri sorunu, verinin güvenliği ile kablosuz algılayıcı ağ topolojisinde meydana gelen sorunlardır. Bunların en önemlisi ise algılayıcıların kısıtlı enerji sorunudur. Geleneksel yöntemler böylesi sorunlarla başa çıkamadığından, bu durum göz önünde bulundurularak, kablosuz algılayıcı ağların Yapay Zekâ ile daha işlevsel hale getirilmesinin gerekliliği üzerinde çalışıldı. Bu çalışmada, kablosuz ağların işlevselliği ve hayatta kalma özelliklerinin iyileştirilmesi için yapay zekâ yoluyla ağdaki "akıllı hesaplama", "kendi kendine öğrenme" ve "sürü öğrenme" yeteneğinin geliştirilmesi önerilmektedir. Yeni bir sistem önerisi ile algılayıcı düğümün yapısında bazı donanımsal değişiklikler yapılması tartışılmıştır. Bunun yanı sıra, düğümler üzerinde işlevselliğin artırılması, yeni sistemde aktivasyonunun sağlanması ve algılayıcı ağlarda Sürü Zekâsı vb. öğrenme tekniklerinin uygulanması hedeflenmiştir. Bu çalışmalar ve düğümdeki donanımsal değişiklikler sonucunda düğümler üzerinde işlenen kodların yoğunluğundan kaynaklanan pil (batarya) zafiyeti hafifletilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kablosuz algılayıcı ağı, yapay zekâ, bulanık mantık, algılayıcı düğüm, sürü zekâsı.

Abstract

Progress in wireless systems has enabled the creation of low-cost, cost-effective, multi-functional, miniature sensing devices. Wireless sensor networks are used for sensing, collecting, analyzing and sending the detected data to a base station. While doing so problems arise, some of which are limitations of sensors, correct aggregation of data, redundant and similar data problems, data security and reliable data, and problems in the wireless sensor network topology. The most important of these is the restricted energy problem of sensors. Considering the fact that traditional methods were not able to cope with such problems, this study took up rendering wireless sensor networks more functional through Artificial Intelligence techniques. We propose an innovative system to overcome these constraints. It is wholly investigated to explore how Artificial Intelligence can be used to help battery life. In this study, usage of artificial intelligence techniques is considered in order to develop smart nodes through "intelligent computing", "self-learning" and "herd learning" ability on the network to improve the functionality, utility, and survivability of wireless networks. Also considered for better energy performance is a slight change in the hardware structure of sensor node. Such proposed updates have resulted in prolonging the lifespan of sensor nodes.

Keywords: Wireless sensor network, artificial intelligence, fuzzy logic, sensor node, swarm intelligence

Gönderme ve kabul tarihi: 21.09.2017-25.12.2017

TÜRKİYE BİLİŞİM VAKFI BİLGİSAYAR BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ (2017 Cilt:10 - Sayı:2) - 64

1. Giriş

Kablosuz Algılayıcı Ağlarına (KAA, Wireless Sensor Network) olan ilgi, askeri, sivil, fiziksel ve biyolojik kullanımın yaygınlaşması ve bu alanların kontrol altına alınmasından dolayı hızla artış göstermektedir. Teknolojik gelişmeler ve algılayıcı fiyatlarındaki düşüş nedeniyle sağlık, güvenlik, çevre ve habitat izleme alanında da ilgi yoğunlaşmıştır. Günümüzde ise tarım, endüstri, trafik, eğitim gibi alanlarda KAA yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve neredeyse bütün sektörlerde yayılmıştır [1]. KAA'lar buldukları ortamlardaki nem, sıcaklık, basınç, ışık, ses, titreşim, gürültü seviyesi, kirlilik, çevresel ya da fiziksel koşulları tek başına ve ortaklaşa bir şekilde gözlemlemek için algılayıcı (sensor) kullanan hem birbirinden bağımsız hem de küme şeklinde çalışan araçlardır. Bir KAA'nın ardındaki temel kavram, veriyi elde edebilen ve işleyebilen çok sayıda algılayıcı düğüme (node) sahip oluşudur. Bu algılayıcılar özerk (otonom) çalışabilen akıllı araçlardır. Algılayıcı düğümlerde gecikme, enerji, veri güvenliği vb. sorunlar meydana gelmektedir; bunlarla başa çıkabilmek için insan gibi düşünen, kendi kendine öğrenip işlem yapabilen, zeki algılayıcı düğümlere ihtiyaç vardır.

Kalaycı (2006)'nın çalışmasında değinildiği gibi zekâ, insanın düşünme, akıl yürütme, nesnel gerçekleri algılama, kavrama, yargılama, sonuç çıkarma, soyutlama, öğrenme yetenekleri ve yeni durumlara uyması olarak tanımlanabilir. Literatürde ise "Artificial Intelligence" olarak adlandırılan Yapay Zekâ (YZ) ilk bakışta insanlara farklı bir çağrışım yapmaktadır. Kimilerine, YZ kavramı, insanoğlunun yerini alan insan gibi elektromekanik bir robotu çağrıştırmaktadır. Genel kabul ise insanoğlu ile makineler arasında kesin bir ayrımın olduğudur. YZ, makinelerin karmaşık problemler karşısında insanlar gibi davranması ve insancıl çözümler üretmesi ile ilgilenen bir bilimdir [2]. YZ'de makine insan zekâsının karakteristik özelliklerini alıp, taklit ederek sorunlar karşısında insanlar gibi davranarak problemleri çözer [3]. Bu özellik elbette gelişmiş algoritmalar uygulanarak yapılır. Gereğine göre, hangi etkiye karşı hangi mantıklı tavır sergilenecekse, buna uygun algoritmalarından yararlanan yaklaşımlar sergilenir. YZ'de son hedef bir insanın zekâ, bilgiçlik ve etkileşim kabiliyetlerini birebir taklit eden, özerk çalışabilen sistemler oluşturmaktır [4]. Bu çerçevede YZ, herhangi bir canlı organizmadan yardım almadan, tamamen yapay araçlar ile oluşturulan,

insancıl davranışlar sergileyebilen makinelerin geliştirilmesi teknolojisine verilen genel bir isimdir. Bilindiği gibi, telsiz algılayıcıların kullanımına ayrılan frekans bandı kısıtlıdır. Mevcut bandın verimli kullanılmamasından kaynaklanan, ortamda gereksiz enerji harcayan geleneksel yöntemler yerine YZ teknikleri önerilmektedir (Abbas vd. 2015). Bu çalışmada ise YZ'yi KAA'lara uygulayarak, KAA'larda verimlilik, hız, enerji tasarrufu ile veri güvenliğinin artırılması istenmektedir. Bu makale aşağıdaki sıra ile sunulacaktır: Bölüm 2'de literatürden örnekler verilerek mevcut çalışma ile karşılaştırma yapılacaktır. Bölüm 3'te KAA'lardaki problem tanımı yapılacaktır. Bölüm 4'te, YZ yaklaşımlarının KAA'ya nasıl uygulanacağı hakkında bilgi verilecektir. Bölüm 5'te, algılayıcı düğümü sistem mimarisi tanıtılıp yeni bir mimari gelişim önerilecektir. Bölüm 6'da, YZ çoklu aracı sistemi ile algılayıcı düğümü sistemine genel bakış verilecek; Bölüm 7'de, önerilen modelin incelemesi yapılacaktır. Son olarak Bölüm 8'de ilgili sonuçlar verilecektir.

2. İlişkili Araştırmalar

Bu bölüm, YZ ile KAA'ları eniyileme alanında mevcut çalışmaları özetlemektedir. Bu bölüm üç kısma ayrılmıştır. Birinci altbölümde, "YZ-KAA: Adaptif ve Akıllı Kablosuz Algılayıcı Ağı" adlı çalışma ile karşılaştırma yapılırken; ikinci altbölümde, "AZY: YZ'ye dayalı yeni KAA yönlendirme protokolleri" adlı çalışmadan veriler tartışılmaktadır. Son altbölümde ise "KAA'larda Enerji Verimliliği- YZ Algoritmalarının Kullanımı" adlı çalışmadan özet sunulmaktadır.

2.1 YZ-KAA: Adaptif ve Akıllı Kablosuz Algılayıcı Ağı

"YZ-KAA: Adaptif ve Akıllı Kablosuz Algılayıcı Ağı" adlı çalışmalarında [Serpen vd. 2016] YZ tekniklerini kullanarak KAA'ların bulunduğu çevreye uyum sağlama kabiliyetlerini geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Bu çalışmanın eksik pek çok yönü bulunmaktadır çünkü çalışma sadece AD'lerin çevreye uyumu üzerine yoğunlaşmıştır. Yani çalışmanın temelinde KAA'ların; enerji verimliliği, benzer veri sorunu, güvenlik, gerçek zamanlı veriden ziyade çevreye uyum sorunu üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışmada ise sadece uyum değil, enerji verimli protokoller, verinin doğru toplanması, gereksiz ve benzer veri sorunu, verinin güvenliği ile güvenilir

veri ve kablosuz algılayıcı ağ topolojisinde özerk düzenleme gibi konular ele alınmaktadır.

2.2 AZY: YZ'ye Dayalı Yeni KAA Yönlendirme Protokolleri

“AZY: YZ'ye Dayalı Yeni KAA Yönlendirme Protokolleri” adlı çalışmadan (Barbancho vd. 2006) anlaşılacağı gibi KAA'larda hizmet kalitesini iyileştirmek için YZ tekniklerinden yararlanan bir yönlendirme algoritması üzerinde durulmuştur. Önerilen bu yeni protokol mimarisinde; algılayıcı düğümler, hizmet kalitesi, güvenilirlik, hata toleransı ve enerji gereksinimleri ele alınmaktadır; ayrıca, veri toplama teknikleri ile KAA'ların daha büyük ağlarla bütünleşmesi incelenmektedir. Bunun için de farklı algoritmalar üzerinde durulmaktadır. Bu çalışmayı mevcut çalışmadan farklı kılan özellikler ise gereksiz ve benzer veri sorununu çözebilme ile sürü zekâsı kullanılarak enerji tasarrufu sağlayıp algılayıcı düğümlerin ömrünü uzatmayı amaçlamasıdır.

2.3 KAA'larda Enerji Verimliliği- YZ Algoritmalarının Kullanımı

Bu çalışmanın amaçlarından bir diğeri ise, algılayıcı düğümlerin YZ teknikleri sayesinde hem gereksiz yükten kurtulması hem de enerji verimliliği sağlayıp uzun ömürlü olmasıdır. Hâlbuki “KAA'larda Enerji Verimliliği- YZ Algoritmalarının Kullanımı Üzerine Bir Araştırma” isimli çalışmada (Patil vd. 2017) yazarlar sadece enerji verimliliği üzerine odaklanmışlardır. Algılayıcı düğümlerin yüksek güç tüketimi olan düğümler için minimum hareketliliğe sahip olan KAA'lardan seçili bir bölgeye konuşlandırıldığını iddia etmektedirler. Bu nedenle, göz önüne alınması gereken önemli hususlar, düğümlerin güç tüketimini nasıl yoğunlaştıracağıdır; böylece ağın ömrünün yükseltilebileceğini düşünmektedirler. Herhangi bir KAA'ya bu kadar yoğun algoritmalar uygulandığında ağın ömrünün kısılacağını gözden kaçırmışlardır. İşte hem algoritma yükü hem de benzer veri sorunlarıyla — başa çıkabilmek için, bu çalışmadan farklı olarak, çeşitli YZ tekniklerini önermekteyiz.

3. Kablosuz Algılayıcı Ağları Sorunları

Sağladıkları kolaylıkları ile birlikte hayatımızda kullanımı yaygın hale gelen KAA'lar, bulunduğu ortamlar hakkında veri toplayan, bunları merkez uç birimlerine göndermek için iş birliği yapan, bağımsız,

küçük, düşük maliyetli ve düşük enerji tüketimine sahip olan çok sayıda algılayıcı düğümden meydana gelir [5]. Düğümlerin buldukları ortamdan algıladığı veriyi derleyip analiz ederek ana düğüm (sink) aracılığıyla baz istasyonuna iletilir, oradan da ana merkeze gönderilir. Tipik bir KAA kablosuz bir ortam aracılığı ile birbirine bağlanmış ve birbirleriyle iletişim içinde bulunan yüzlerce hatta binlerce algılayıcı düğümden oluşur. Telsiz olarak bağlı dağıtık algılayıcılar iş birliği yaparak bir algılama ağ sistemini oluşturur ki bilgiye her an, her yerden kolayca erişilmesini sağlar. Bu işlevi veriyi toplayarak, işleyerek, çözümlenerek ve yayarak yerine getirir. Böylece ağ, etkin bir şekilde, zeki bir veri ortamının oluşmasında rol oynamış olur. KAA'ların ana araştırma konusu; kapsama alanı, ağsal iletişim, bağlantı ağı ömrü, veri doğruluğu ile veri güvenilirliğidir. Son yıllarda KAA'ların sorunlarını çözmeye yönelik yöntemlere, yeni algoritmalara ve KAA'lar için yeni uygulamalar geliştirmeye yönelik olarak YZ ve Dağıtık Yapay Zekâ kullanımına ilgi artmaktadır.

KAA'da amaç, düşünme ve karar verebilme kabiliyetini, çeşitli işlevsel bağlamlardaki değişikliklere uyulanabilir hale getirmektir ki ayrıca KAA, YZ sayesinde akıllı davranış sergileyebilme kabiliyetine sahip olur. KAA çok sayıda algılayıcı düğüme, yoğun dağıtım özelliğine ve değişen topoloji yapısına sahiptir. En önemlisi, güç, hesaplama, depolama, sınırlı kaynaklar ve iletişim yeteneği dâhil olmak üzere pek çok zorluğu beraberinde getiren düşük maliyeti ve uygulama kolaylığı sayesinde günümüzde en çok yararlanan teknoloji olmayı başarmıştır. Bütün bunlar, KAA'lar üzerinde çalışan uygulamaların ve protokollerin yalnızca enerji açısından verimli, ölçeklenebilir ve sağlam olmasını değil; aynı zamanda değişen çevreye uyum sağlama ve uygulama kapsamı ile akıllı davranış sergilenmesini de gerektirir. KAA'ların kurulumu kolaydır, çünkü herhangi bir altyapıya veya insan müdahalesine gerek yoktur. KAA'lar algılayarak, hesaplayarak ve ortamda eyleme geçerek görevlerini yaparlar; kendilerini örgütleyebilir ve ayrıca pek çok uygulamayı desteklemek üzere uyulanabilirler. Çizelge 1 KAA'lar ve diğer izleme teknolojileri arasındaki bir karşılaştırmayı sunmaktadır. Görüldüğü gibi, KAA'lar çok sayıda ve ucuz algılayıcılar kullanarak geniş alanları kapsayabilir. Üstelik dağıtık yapılarından dolayı, doğal olarak hataya ve düğüm arızalarına karşı dayanıklıdırlar;

uzak ve düşmanca ortamları izlemek için uygundur.

Çizelge-1:KAA teknolojileri ile diğer izleme teknolojileri arasındaki farklar

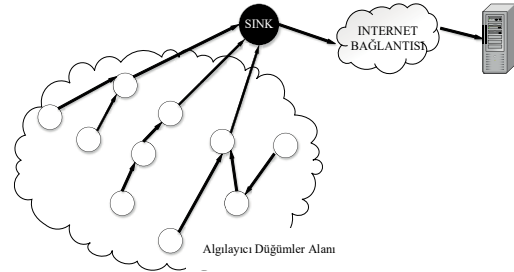
Algılayıcı Ağları
Düşük maliyetli yalın algılayıcılar
Geniş alanlarda etkili
Uzak, ulaşılması güç ortamları izleme
Düğüm hatalarına karşı dayanıklılık ve sağlamlık
Düzensiz örneklenmiş veri kümeleri
Dağıtık yapı
Düşük bant genişliği bağlantısı
Pille çalışan

Alternatif teknolojiler
Pahalı, fazla güç tüketen karmaşık yapılar
Küçük alanlarda etkili
Denetimli ortamları izleme
Hata hoşgörüsü olmayan
Düzenli olarak örneklenmiş veri kümeleri
Yerleşik merkezi yapı
Yüksek bant genişliği bağlantısı
Elektrikle çalışan

Üstelik algılayıcılar tarafından bildirilen örnek sayısının fazla olması, beklenen veri miktarının aşılmasına da neden olabilir [6]. Ayrıca KAA'nın enerji tasarrufu sağlayan ve dinamik olarak değişen yapısı, kullanım ömrünü uzatarak optimum yönlendirme yollarını öğrenip bunun sonraki düğümlere aktarılmasını sağlar. Bunlar için değişik ortam erişim kontrol protokolleri bulunmasına rağmen, YZ ile enerji tasarrufunun en üst seviyede olacağı düşünülmektedir. Tipik bir yönlendirme probleminin karmaşıklığı, daha basit alt yönlendirme problemlerine ayrıştırılarak azaltılmaktadır. Her alt problemde, düğümler yalnızca kendi yerel komşularını göz önüne alarak ana düğüm seçimini ve topolojilerini formüle eder, böylece düşük maliyetli, verimli ve gerçek zamanlı yönlendirme sağlanmış olacaktır. Göreceli basit hesaplama yöntemleri ve sınıflandırıcıları kullanarak yönlendirme probleminde servis kalitesinin gereksinimlerini karşılayıp, YZ ile hata önleme ve güç tasarrufu gibi sorunlar oluşmadan ortadan kaldırılacak, böylece servis kalitesinde sıçrama yaşanacaktır. KAA tasarımcıları, özellikle veri toplama ve verinin güvenilirliği, algılayıcı düğümler ve konumları ile hata toleransı ve veri güvenliği gibi konuları göz önünde bulundurmaya zorunda olduklarından, KAA'nın sadece bazı araçlardan ibaret olduğunu düşünebilirler. Oysaki YZ alanında uzman olanlar makine öğrenimini çok geniş temalar ve modeller

içeren zengin bir alan olarak görmek durumundadırlar. Şekil 1 bir algılayıcı düğüm alanını göstermektedir; birbirlerine bağlı algılayıcı düğüm kümeleri gerekli veriyi toplamak için kullanılmakta, toplanılan veri analiz edilerek ana düğüme yollanmaktadır. Ana düğüm (sink) diğer algılayıcı düğümlerin bağlı olduğu tepe düğüm gibi düşünülebilir; gelen verileri alır ve baz istasyonuna gönderir.

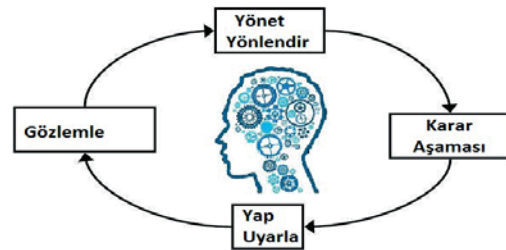
Bu tür temaları anlamak, YZ'yi, KAA'ya uygulamak isteyenler için yararlı olacaktır. Çok sayıda KAA uygulamasına YZ algoritmaları olağanüstü esneklik sağlar. Aşağıdaki bölüm, KAA bağlamında makine öğrenimini benimsemek için kullanılan bazı kuramsal kavramları ve stratejileri anımsatmaktadır.



Şekil-1: Algılayıcı düğüm örneği

4. Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Yapay Zekâ Kullanımı

Varlığımız süresince beynimiz; gözlerimiz, kulaklarımız ve diğer duyu organlarımızla, sürekli olarak elektrik sinyalleri biçiminde, bilgi alır, depolar ve gönderir [7]. Elde edilen veriler ışığında beyin çıkarsamalar yaparak sonuca ulaşır; YZ de tam olarak bunu yapmaya çalışmaktadır. Şekil 2'de gördüğümüz gibi YZ çevresini gözlemler, gözlemlediklerini algılar ve karar aşamasına taşıma kabiliyetini gösterir. Son olarak karar verdiği eylemleri yapar. Bu çalışmada YZ teknikleri kullanılarak KAA'ların daha etkin ve hızlı olmasına katkı sağlanacaktır.



Şekil-2: Yapay zekâ karar döngüsü

Akıllı bir algılayıcı, çevresindeki verileri toplama yeteneğini eniyilemek için davranışını değiştiren ve bulunduğu çevre koşullarına uyum sağlayan araçlar üzerinden bir baz istasyonu veya ana sistemle iletişim kuran yapıdır. Akıllı algılayıcının işlevselliği şöyle açıklanabilir: kendi kendine ölçümleme, kendini doğrulama ve kesinlik (compensation). Kendiliğinden ölçümleme (kalibrasyon), algılayıcının yeni bir ölçümleme gerekip gerekmediğine karar vermek için ölçüm koşullarını izleyebileceği anlamına gelir. Kendini doğrulama, matematiksel modellerle, hata yayılımı ve ayırması ile ilgili teknikler uygular. Bilgi kesinliği için ise yüksek doğrulama sağlamak üzere teyit yöntemlerini kullanır. Bu çalışmada yararlanılan YZ tekniklerinden bazıları makine öğrenmesi alanında Yapay Sinir Ağı, Bulanık Mantık ve Nöro-Bulanık Mantık'ın yanı sıra Sürü Zekâsı vb.'dir. Bu öğrenmeler KAA'ya yerleştirilen akıllı algılayıcı yapılar ve uygulanan algoritmalar sayesinde gerçekleşir. YZ tekniklerinin kullanımı, akıllı algılayıcı yapıların oluşturulmasında kilit rol oynar. Çizelge 2'de YZ'nin, KAA için yararları sıralanmıştır.

Çizelge-2: YZ'nin KAA için faydaları

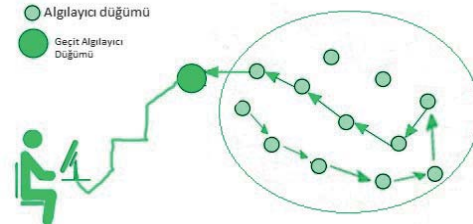
- KAA genellikle devingen ortamları izlediğinden, bir algılayıcı düğümünün konumu, toprak erozyonu veya deniz türbülansı gibi nedenlerden dolayı değişebilir. Bu gibi iklimsel koşullara uyabilen akıllı algılayıcı düğüm geliştirebilmeye yarar.
- KAA, ulaşılması güç ve tehlikeli yerler hakkında bilgi toplamak amacıyla kullanılmak istenebilir. Böyle durumlarda, KAA kendini yeni verilere göre ölçümleyebilen güçlü YZ algoritmalarına sahip olmalıdır.
- KAA'nın siber fiziksel sistemi sayesinde, makineden makineye iletişimde kullanılmaya başlanması daha akıllı kararlar alınmasını ve sisteme desteği artırmıştır. Burada YZ, görevlerini sınırlı insan müdahalesi ile gerçekleştirmek amacındadır.

Büyük ölçekli algılayıcı ağlar çok büyük boyutta veri toplayıp gönderir. Bu da algılayıcıların enerji verimliliğini önemli ölçüde etkiler. Burada çözüm olarak YZ algoritmaları sunulur. YZ algoritmaları sayesinde düğümler daha zeki hale gelir ve gereksiz veri ayıklanır; çünkü YZ bulunduğu ortama uyum sağlayan, bu ortamı öğrenen algoritmalara sahiptir. Genel olarak KAA'nın eniyilenmesinde kullanılması öngörülen algoritma YZ algoritmalarıdır. Aşağıdaki bölümlerde, algılayıcı sistem mimarisinden hareketle algılayıcılar için yeni bir

algılayıcı modeli sunulacaktır.

5. Algılayıcı Düğümü Sistem Mimarisi

Akıllı algılayıcı düğümleri arayüzleri ve bileşenleri açısından son derece basit, minyatür bilgisayarlar olarak varsayılabilir. Bu cihazlar kendi başlarına çok az kapasiteye sahip olmakla birlikte, toplu olarak çalıştıklarında önemli işlem yeterliği kazanırlar. Algılayıcı düğümlerin boyutları değişkendir. Toz bulutu kadar olabilecekleri gibi ayakkabı kutusu boyutunda da olabilirler. Şekil 3'te birbirine bağlı algılayıcı düğümler bulunmaktadır. İşbirliğinde çalışan bu düğümler elde ettikleri verileri geçit yolundan geçirerek baz istasyonuna ulaştırır [8]. Algılayıcı düğümler yaşam tehlikesi olan yerlere yerleştirilebilir ve dört mevsim işlem yapma yeteneğindedirler. Algılayıcı düğümler esnek bir yapıya sahiptir; öyle ki aynı alan içerisinde bulunan düğümlerden herhangi bir tanesi hata verirse, KAA kabul edilebilir derecede bilgi üretmeye devam eder; çünkü çıkarılan veri gereğinden fazladır ve enerji olduğu müddetçe kümede bulunan diğer düğümlerin de yardımıyla veri baz istasyonuna iletilirilebilir. Her algılayıcı düğümü kablosuz iletişim özelliğindedir. Sinyal yoluyla veri yaymaya yetecek donanım da bu düğümlerde bulunmaktadır. Sınırlı enerji, işlem gücü ve iletişim kaynaklarına sahip olması ise bir dezavantajdır; çünkü bu durum geniş bir alanda oldukça yüksek sayıda algılayıcı kullanımını gerektirmektedir. İşte, YZ öğrenme teknikleri sayesinde düğümler, daha akıllı hale getirilip enerji tasarrufu sağlamak hedeflenmektedir.



Şekil-3: Algılayıcı düğümü

KAA'larda kullanılan akıllı algılayıcı düğümü; hesaplama, algısal veri toplama ve ağdaki diğer bağlantılı düğümlerle haberleşme yeteneklerine sahip düğümlerdir. Algılayıcı düğümün başlıca bileşenleri; mikro denetleyici, alıcı-verici, dışsal bellek, güç kaynağı ve bir veya daha fazla algılayıcıdır [9]. Algılayıcı düğümünün bileşenleri Şekil 4'te gösterilmektedir. Tasarlanan düğümüne yeni bir batarya (güç kaynağı) eklenmiştir. Eklenen bu yeni batarya

sayesinde kritik verilerin akışı esnasında var olan güç kaynağının tükenme ve bozulma olasılığına karşı önlem alınması ve risk faktörünün en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Böylece hem işlenen kodlardan kaynaklanan yük hafifleyecek; hem de algılayıcı düğümün ömrü uzamış olacaktır. Yine düğümde bulunan mikro denetleyici, veriyi işler ve algılayıcı düğüm içerisindeki diğer bileşenlerin işlevselliğini denetler. Alıcı-Verici, algılayıcı düğümlerin Sınai, Bilimsel ve Tıbbi bandını (SBT, Industrial Scientific Medical Band) kullanır. Bu sayede geniş dalga kuşağında ve küresel elverişlilikle özgür radyo yayını sağlanmış olur. Güç kaynağı, algılayıcı düğümündeki enerji tüketimini hesaplar [9, 10]. Algılayıcı düğümünde veri iletişimi için daha fazla enerji gerekmektedir; fakat algılama ve veri işleme için enerji tüketimi daha azdır. Bir kilobayt veriyi yüz metrelik bir uzaklığa iletmek için gereken enerji, yaklaşık olarak saniyede yüz milyon komut işleyen bir işlemcide 3 milyon komut işlemek için gereken enerjiye eş değerdir. Algılayıcılar ise sıcaklık ve basınç gibi fiziksel değişimlere ölçülebilir tepkiler üretebilen donanım aygıtlarıdır. Algılayıcılar gözlemlenecek alanın fiziksel verisini ölçer veya algılar.



Şekil-4: Önerilen algılayıcı düğümü mimarisi

6. Algılayıcılar İçin Yeni Model Önerisi

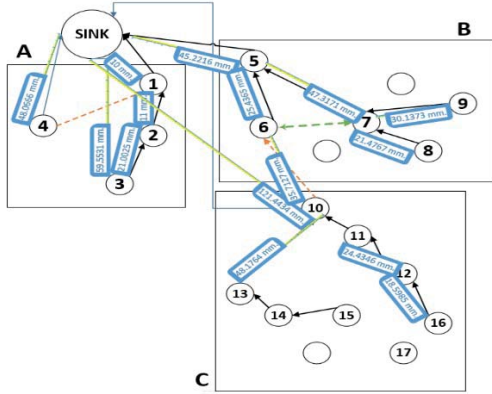
Bu bölümde, algılayıcı düğümler için yeni ve farklı modeller önerilmektedir. Mevcut modellerin yetersiz olduğundan (Shaikh vd. 2016) yeni modeller YZ teknikleriyle harmanlanıp sunulacaktır. Yeni modellerde veri güvenliği, gerçek zamanlı veri, benzer veri sorunu ile gereksiz veri ayıklaması gibi konular ele alınarak algılayıcı düğümün yaşam süresinin uzatılması hedeflenmektedir. YZ teknikleri sayesinde KAA'lar için yeni modeller tasarlanabilmektedir (Lu vd. 2016).

KAA, üzerinden yazılım temsilcilerinin dağıtımını taklit eden araçlarla, algılayıcı düğümlerin melez (hibrit) modelidir; burada farklı stratejileri

değerlendirmek için aracı tabanlı modeller kullanmak esastır (Choi, Jun Won, vd. 2017). Belirli bir uygulama için araçlar ağ kaynaklarını kontrol etmek ve YZ kullanımını kolaylaştırmak amacıyla iletişim içerisindedirler. Bunu elde etmek için, tüm iletişim protokollerini içeren protokol modelinden yararlanırlar. KAA'nın daha etkin hale gelmesi için var olan deterministik modellerden de yararlanılması kaçınılmazdır. Bunların işleyişi genellikle fiziksel modeldeki platformun durumuna bağlıdır; donanım ve ölçüm cihazları, düğümü bir radyo kanalı ve bir veya daha fazla fiziksel kanal aracılığıyla 'gerçek dünyaya' bağlayan medya modeli, düğümün batarya tüketimini hesaplayarak bataryasını tükettiğini kontrol etmekten sorumlu batarya modelleridir (Ege-Lopez ve diğerleri, 2006).

Yazılım temsilcilerinin herhangi bir KAA üzerinden konuşlandırılmasını taklit etmek için çok etmenli melez modeli önerilir. Ağ kaynaklarını kontrol etmek ve zekâyı kolaylaştırmak için mobil araçları kullanmak hedeflenmiştir; burada Egea-Lopez (2006) tarafından belirlenen temel deterministik modeller kullanılır. Bu modeller düğümlerin platformunu, güç tüketimi, radyo kanalı ve medya gibi özelliklerini belirler. Ayrıca benzetilecek uygulamaya göre topoloji ve fiziksel değişkenler eklenmelidir. Son olarak, uygulamanın çalışma örneği tarafından gerekli olan tüm görevleri yerine getirmek için yazılım araçları kullanılır. Önerilen sistem, algılama düğümlerinden oluşur. Bu düğümler fiziksel çevre içinde bulunan akıllı algılayıcı düğümlerinden meydana gelir. Düğümlerin hedefinde algılama, anlama, iş yapma ve iletişim gibi görevler vardır. Pratik dağıtım için birden fazla algılayıcı düğüm gerekebilir. Belirli bir düğüm bütün algılayıcıları kullanamayacağından, birden fazla algılayıcıya da ihtiyaç oluşur (Ilyas, Mohammad vd. 2016). Şekil 5'te ana düğüme bağlı dört farklı düğüm bulunmaktadır. 1 nolu düğüm en yakın düğüm olduğu için fazla enerji harcamasına gerek yoktur; fakat 3 nolu düğüm uzak olduğu için fazla enerji tüketmek zorundadır. Geliştirilen modelde 3 nolu düğüm YZ tekniklerini kullanarak uzak olan ana düğüm yerine 2 nolu düğümle bağlantıya geçerek verilerini 2 nolu düğüme aktaracaktır. Önceden aralarında iletişime geçen 6 ve 7 nolu düğümler aynı tür verileri taşıdıkları ve hatta 7 nolu düğümün 6 nolu düğümün tüm verilerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu yüzden 6 nolu düğümün tüm verileri 7 nolu düğümde bulunduğundan; 6 nolu düğüm uyku moduna geçip enerji tasarrufu sağlayacak ve veriler sadece 7 nolu düğümde aktarılacaktır. Şekil 5'te 10 nolu düğümün

ana düğümüne olan uzaklığı fazladır. Bunun yerine 10 nolu düğüm, öntakı (preamble) ile uyku modunda olan 6 nolu düğümü kolaylıkla uyandırıp, iletişime geçip verilerini 6 nolu düğüm üzerinden 5 nolu düğümüne aktarmaktadır. 5 nolu düğümde filtreden geçerken gereksiz verinin ayıklanması ve önemli verilere öncelik tanınması gibi ölçekler YZ tekniklerinden en yakın komşu metodu (nearest neighbour) sayesinde gerçekleştirilecektir.



Şekil-5: Önerilen model için bir örnek

YZ Teknikleri düğümler üzerine uygulanırken düğümün bulunduğu ortamın fiziksel koşulları göz önüne alınır. Hangi ortamda hangi YZ tekniğine ihtiyaç varsa denetimli veya denetimsiz o tekniğe başvurulur [11]. Örneğin enerjisi tükenmek üzere olan bir algılayıcının bulunduğu çevrede kendine komşu olan en yakın düğüm ile temas geçerek kendinde bulunan önemli veriyi analiz etmeden hızlı bir şekilde aktarması sağlanacaktır.

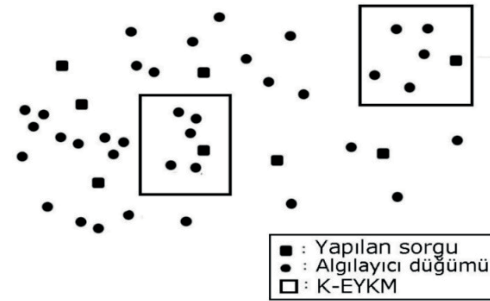
Tehlike (emergency), aciliyet (urgency) ve emniyet (security) gibi durumlarda verinin önem ve önceliğine göre YZ tekniği otomatik olarak seçilmektedir.

6.1 Denetlenen Öğrenme

6.1.1 K-En Yakın Komşu Modeli

K-En Yakın Komşu Modeli (k-EYKM, k-Nearest Neighbour), benzer ve birbirine yakın veri örneklerinin etiketlerine (yani, çıktı değerlerine) dayalı sınıflandırma yapar [14]. Örneğin, belirli bir çap içindeki komşu algılayıcıların ortalama ölçümleri kullanılarak bir algılayıcı düğümünün eksik okumaları kestirilebilir ve böylece yarım olan verinin bütünlüğü sağlanır. En yakın düğüm kümesini belirlemek için birkaç işlem yapılır; örneğin, Öklid Uzaklığı, düğümler arası uzaklığı kullanan en basit yöntemdir (Sato, Koji, vd. 2014). Fonksiyon yerel

noktalara en yakın komşunun yüksek hesaplama gücüne ihtiyaç duymaz. Bu faktör, komşu düğümlerin birbiriyle ilişkili okumaları ile birleştiğinde, en yakın komşuyu KAA için uygun bir şekilde dağıtılmış öğrenme algoritması yapar [15]. Farklı veri örneklerine olan uzaklık değişmediğinden, yüksek-boyutlu boşluklarla ilgili problemleri analiz ederken, k-EYKM algoritmasının hatalı sonuçlar sağlayabileceği gösterilmiştir. KAA'larda, k-en yakın komşu algoritmasının en önemli uygulaması sorgu işleme alt sisteminde bulunur. Şekil 6'da, k-EYKM örneklenmektedir: verilerin farklı gruplandığı gösterilmekte, aynı özellikteki veri setleri aynı gruba ayrıştırılmış bu da denetimli olarak yapılmıştır.



Şekil-6: K-En yakın komşu modeli ile algılayıcı düğümü

6.1.2 Karar Ağacı

Karar ağacı (Decision Tree), öğrenme ağacı aracılığıyla girdi verilerini yineleyerek verilerin etiketlerini tahmin etmek için kullanılan bir sınıflandırma metodudur. Bu işlem sırasında, veriler özelliklerine göre sınıflandırılır (Zanin, Massimiliano, vd. 2016). Literatür, farklı KAA'ların tasarım zorluklarını çözmek için karar ağacı algoritması kullanan çözümlerle doludur. Karar ağacı; kayıp oranı, hata hoşgörüsü, ortalama süre ve geri yükleme ortalama süresi gibi bir kaç kritik özelliği tanımlayarak, KAA'larda bağlantı güvenilirliğini tanımlamak için basit ama etkili bir yöntem sağlar [16]. Örneğin, kritik bir eşikte pilin bitmek üzere olduğunu anlayan algılayıcı düğüm, veri toplamaya mı devam etsin yoksa elindeki -önemli veya önemsiz- veriyi acilen transfer mi etsin, işte bu aşamada karar ağacı algoritmaları buna karar verecektir.

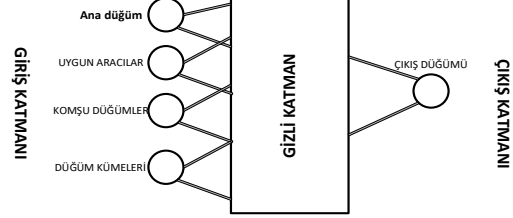
Karar ağacı uyarlanan algılayıcı düğümü veri aktarımında bulunurken kendine en yakın komşuyu seçmede ve seçtiği komşuya, (enerji, güvenlik gibi sorunlar olduğunda) önemli ivedi verileri gönderirken en çok yararlanan YZ tekniğidir [17]. Bununla

birlikte, karar ağacı sadece doğrusal ayrılabilen verilerle çalışır.

6.1.3 Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA, Neural Networks), “öğrenme algoritması doğrusal olmayan ve karmaşık fonksiyonları tanımaya yönelik olarak kullanılan karar birim zincirleri ile inşa edilir” [18]. YSA paralel dağılmış bilgi işlemeli bir yapıdadır. Bilindiği gibi YSA, insan beyninin temel çalışma ilkelerini örnek alarak oluşturulmuştur. YSA'nın temel işlevi bilgisayarın öğrenmesini sağlamaktır. Problemleri inceleyerek, anlayarak benzer problemlere akıllıca cevap verilmesini sağlamaktır [19]. Zaten YSA'nın kendisi bir veri işleme yöntemidir. YSA'yı diğer öğrenme türlerinden ayıran önemli özelliklerden bir tanesi programlama yerine örneklerle öğrenme yöntemini izlemesidir. Bu özellik sayesinde diğer programların sahip olduğu çoğu olumsuzluk YSA'da yoktur. KAA'da, ağ ağırlıklarını öğrenmek için yüksek hesaplama gereklilikleri nedeniyle YSA'yı dağıtık şekillerde kullanmak beklendiği kadar yaygın ve kolay değildir. Bununla birlikte, merkezileştirilmiş çözümlerde, sinirsel ağlar aynı anda birden fazla çıktı ve karar sınırlarını öğrenebilir. Böylece aynı modeli kullanarak ağda karşılaşılan birkaç sorunun aynı anda çözülmesini sağlar.

YSA algılayıcı düğümler yoluyla yeni gelen verileri analiz etmek için kullanılabilir. YSA'nın insan beyninin öğrenme sürecini taklit edebiliyor olması büyük bir avantajdır. Çevreden alınan veriler doğrusal olsun veya olmasın, gürültülü ve özensiz karmaşık problemler dahi olsa YSA işleyebilir ve bunlarla başa çıkabilir (Demirhan ve Güler 2010); bu da algılayıcıların daha kısa zamanda çok iş yapıp enerjiden tasarruf etmelerine yardımcı olacaktır. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile bağlanmasından meydana gelir. YSA katmanlar şeklinde düzenlenmiştir (Şekil 7). Bu katmanlar giriş, ara ve çıkış katmanlarıdır. YSA, öğrenme döneminden sonra bilgiyi toplama, derleme, hücreler arasındaki bağlantı kurma ağırlıkları ile bu bilgiyi depolama ve elde ettiği bulgular sonucunda genelleme yeteneğine sahip karmaşık ve doğrusal olmayan bir işlemcidir [20].



Şekil-7: KAA için Yapay Sinir Ağları modeli

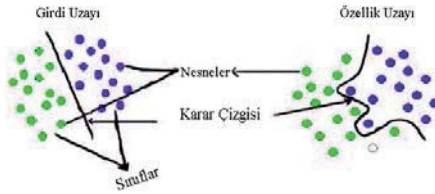
YSA yaklaşımı; Bhanderi vd. (2014) tarafından düğüm düğümlerinden verimli bir yakınsak rota bulması için önerilmiştir ve yakınsama rotasının, güç ve ağırlık zaman gecikmesini en aza indirmede etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu yöntem YSA'nın kısıtlı en iyileme probleminin çözümü için bir hesaplama aracı olarak sunulmaktadır. Önerilen yöntem, uygulanan donanımın YSA'nın son derece yüksek bir tepki hızı elde edebilmesi gerçekleştiğinde dolay gelecekteki yüksek hızlı düğüm ağları için muhtemel bir yakınsama yönlendirme algoritmasının oluşumunu kolaylaştırıcaktır [21]. YSA'nın, makine öğrenmede çok yüksek miktarda işlem gücü gerektiğinden, düğümde kullanıldığında bataryayı (pil) çabuk bitirme gibi olumsuz bir yanı da bulunmaktadır; yaygın kullanım için küçük bellek ve düşük işlem gereksinimleri vardır. Çok yüksek miktarda eğitim setine ihtiyaç olduğu gibi çözüm tasarımı da sezgisel değildir. Çevrimiçi sürümleri olmasına rağmen yüksek kaynak gereksinimi ve uygun çevre olmadığında uygulanamaz. YSA'nın da algılayıcı düğümler gibi yüzlerce, binlerce yapay sinir ağından oluştuğunu varsaydığımızda KAA gibi bir mantıkla çalıştığı düşünülebilir.

KAA son derece veri merkezlidir. KAA'daki veri iletişimi etkili olmalı ve minimum güç tüketmelidir. Her algılayıcı düğüm, aynı düğümde gömülü birden fazla algılayıcıdan oluşur. Böylece her algılayıcı düğüm bir veri kaynağına dönüşür. Bu ham veri akışları komşu düğüme veya baz istasyonuna hemen iletilmez. Bir grup algılayıcı düğüm bir küme oluşturur. Her düğüm bir küme başlığına veri aktarır ve ardından küme başı verileri toplar ve baz istasyonuna gönderir. Bu nedenle, kümeleme ve sınıflandırma teknikleri önemlidir. Böylece KAA paradigmasına yeni bir boyut katabilir. Dolayısıyla, veri fazlalığını azaltmak ve sonuçta iletişim üzerindeki yükü azaltmak amacıyla etkili veri kümeleme teknikleri kullanılmalıdır ki bu, KAA'ya kolayca uyarlanabilen YSA paradigması içinde geliştirilen bazı algoritmaları kullanarak çok iyi gerçekleştirilebilir. YSA, farklı katmanlarda

düzenlenmiş ve birbirlerine bağlı olan nöronlar olarak adlandırılan küçük bilgi işlem birimlerinden oluşur. Her nöronda basit matematiksel hesaplamalar yapılır (Ahad vd. 2016). YSA'yı KAA'da kullanmanın birçok avantajı vardır. Basit paralel dağıtılmış hesaplamalar, dağıtılmış depolama ve veri sağlamlığı gibi KAA gereksinimleri YSA sayesinde sağlanır. Böylece bellek kullanımı en aza indirebilir. KAA düğümleri farklı gruplar halinde kümelenebilir, böylece ağ boyutu azaltılır. Sonuçta bu iletişim ve bellek maliyetini de düşürür (Prabhu vd. 2017).

6.1.4 Destek Vektör Makineleri

Destek vektör makineleri (DVM, Support Vector Machines) bir eğitimli öğrenme türüdür; etiketli eğitim örneklerini kullanarak, veri noktalarını sınıflandırmayı öğrenen bir makine öğrenme algoritmasıdır (Ladds vd. 2016). Örneğin, bir düğümün kötü niyetli davranışını tespit etmek için kullanılan bir yaklaşım, verilerin zamana ve mekâna bağlı korelasyonlarını araştırmak için DVM'den yararlanır [22]. Görselleştirmede KAA'nın bulgularını özellik alanındaki noktalar olarak verdiği için, DVM uzayı parçalara böler. Şekil 8'de görüldüğü gibi, parçalar olabildiğince geniş kenar boşluklarıyla ayrılmış ve girdilerin gösterdiği gibi boşlukların tarafına göre sınıflandırılmıştır.



Şekil-8: KAA için Destek Vektör Makine modeli

Doğrusal kısıtlamalarla karesel bir işlevi eniyileyen bir DVM algoritması, dışbükey ve kısıtlamasız eniyileme problemi olan çok katmanlı sinir ağına alternatif bir yöntem sağlar. KAA'larda DVM'nin olası uygulamaları güvenlik ve yer belirlemedir. Örneğin bir algılayıcı düğümün bir ortamda yaklaşan bir cismin, bir nesnenin ya da insanın dost veya düşman olduğuna karar vermesi DVM yoluyla optimal oranda karar verilir.

6.1.5 Bulanık Mantık

Bu çalışmada bulanık mantık (BM, Fuzzy Logic), algılama mantığının ana uygulaması olarak kullanılmıştır. BM, bilgisayarların genel olarak yaptığı hesaplamalardan çok daha esnek olan insan düşüncesinin mantığına öykünür ve denetim problemi

için özellikle iyi bir seçenek sağlayan birçok benzersiz özellik sunar (Dziengel vd. 2016). Kesin, gürültüsüz giriş gerektirmeyen ve güvenli bir şekilde hata verebilen bu programlanabilir sistem doğal olarak sağlamdır. Çıkış denetimi, çok sayıda giriş çeşitlemelerine rağmen pürüzsüz bir işlemdir. BM denetleyicisi, hedef sistemi yöneten kullanıcı tanımlı kuralları işlediğinden, sistem başarımını iyileştirmek veya büyük ölçüde değiştirmek için kolayca kurgulanabilir.

Yüksek bir başlangıç enerji değerine sahip bir düğümün bulunması, yüksek enerji tüketimi oranına rağmen kalan enerjinin görece yüksek bir değerinde bulunmasını gerektirir. Dolayısıyla, enerji tüketiminde yüksek oranlara sahip düğümlere daha yüksek bağlantı maliyeti oluşur (Booth vd. 2016). BM girdi değişkeni 'ağ geçidine uzaklık', minimum atlamalı güzergâhların seçilmesini sağlar. Dolayısıyla, ağ geçidine yakın düğümlere, yüksek çıkış gücü gerektirmediğinden, daha düşük bağlantı maliyeti atanır. Her algılayıcı düğümüne mevcut yerine göre devingen bir ağırlık verilir. Ne algılama ne de aktarmalı etkin olmayan bir düğümüne en yüksek değer atanırken, bu iki görevi yerine getiren bir düğüm en az ağırlık olarak atanmış olur. Bu değiştiren, etkin olmayan veya yalnızca algılama durumunda olan düğümlerin seçiminde yardımcı olur. Dolayısıyla, yüksek ağırlık değerli bir düğüm sonraki atlama için uygun hale gelir ve bağlantı maliyetinin daha düşük bir değeri ile sonuçlanır. Bulanık yönlendirmenin amacı, algılayıcı ağının ömrünün en yüksek seviyeye çıkarılması ve iki algılayıcı düğüm arasındaki bağın maliyet değerinin düşürülmesidir [23]. KAA'nın ömrü genellikle, birinci algılayıcı düğümünün enerji seviyesinin sıfıra düştüğü zaman olarak tanımlanır. BM kural tabanı, yalnızca algılayıcı ağının ömrünü uzatmakla kalmayıp aynı zamanda, maksimum sayıda düğümün kendi algılama görevlerini yerine getirmeye devam etmek için yeterli enerjiye sahip olduğu yönlendirme yüklü algılayıcı düğümlerini etkili bir şekilde dengelemek üzere ayarlanır. Önerilen bulanık sistem, çeşitli uygulanabilir yolların seçiminde yönlendirme protokolünü desteklemek için, her bir rotanın kalitesi ile ilişkili bir niceliksel değer tahmin eder (Husain vd. 2017). Bu nedenle, rota kalitesine bağlı olarak, yönlendirme protokolü, belli sayıda mesaj göndermek için gerekli zamanı eniyilemek amacıyla toplanan verileri göndermek için hangi rotanın kullanılacağını tanımlamalıdır. İlk algılayıcı düğümün paket kaybı oranı ve ömrü, pil tükenmesi nedeniyle ilk düğümün ölme periyodu

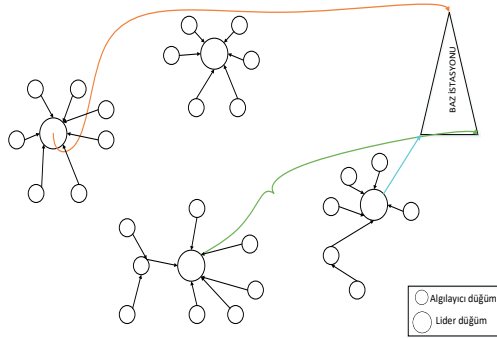
olarak tanımlanır [24].

6.2 Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenmede etiket verilmez (diğer bir deyişle çıktı vektörü yoktur). Temel olarak, denetimsiz bir öğrenme algoritmasının amacı, aralarındaki benzerliği araştırarak örneklem kümesini farklı gruplara ayırmaktır.

6.2.1 K-Aracı Kümelemesi

K-aracı kümelemesi (K-Means Clustering) verileri farklı sınıflara ayırmak için kullanır (Baron vd. 2017). Bu denetimsiz öğrenme algoritması, doğrusal karmaşıklığı gidermesi ve basit uygulanabilir özelliğiyle algılayıcı düğüm kümeleme problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. K-aracı kümelemesi, benzer nesnelerin gruplandırılması (Şekil 9) ve/veya bir veri akışının kümelenmesi, elemanların belli özelliklere göre kümelere bölünmesidir (Velmurugan 2014). Şekil 9'da görüldüğü gibi algılayıcı düğümler yan yana gelerek kümeler oluşturmuştur. Bu kümeler bir lider düğüme bağlı bulunmakta; lider düğümler ise baz istasyonuna bağlı olup veri akışı sağlamaktadır. Kümeleme algoritması, görselleştirme, kalıp tanıma, öğrenme kuramı, bilgisayar çizgeleri, sinir ağları, YZ ve istatistikler gibi çeşitli alanlarda en çok başvurulan yöntemdir. KAA kümelenmenin pratik uygulamaları [25], denetlenmeyen öğrenme, yakınlık arama, zaman dizisi çözümlenmesi, gezinme altındaki model sınıflamasını ve enerji tasarrufu gibi konuları içerir.



Şekil-9: KAA için K-aracı kümelemesi

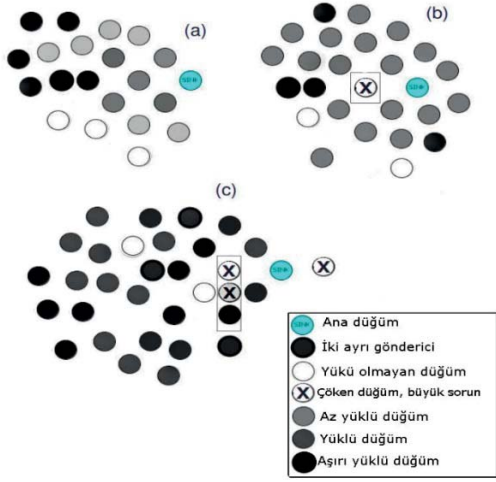
Ölçeklenebilirlik ve enerji israfı gibi sorunları çözmek için, KAA yaygın olarak K-aracı kümelemesinden yararlanmaktadır. Kümeleme algoritmaları, yerel alandaki iletişimi sınırlar ve yalnızca gerekli bilgileri, var olan düğümleri vasıtasıyla ana düğüme iletir. Bir grup düğüm yan yana gelerek bir küme oluşturur ve küme üyeleri

arasındaki yerel etkileşimler için bir küme başı (lider) seçer, bu seçilen düğüm grubu kontrol eder. Küme üyeleri genellikle küme başı ile iletişim kurar ve toplanan veriler enerji tasarrufu için küme başına iletir. Küme başları, ana düğüme ulaşmadan önce kendi aralarında başka bir küme tabakası oluşturabilir [26].

6.3 Sürü Zekâsı

Sürü Zekâsı (SZ, Swarm Intelligence), tanımı açık olmamakla birlikte, kendini düzenleyen ve toplu davranış gösteren çok etmenli bir sistem olduğu varsayımdır (Giagkos, Alexandros vd. 2014). SZ sistemleri basit araçlar içerir; genellikle yakın çevreleri ile iletişim kurabilirler ve bazı akıllı davranışlar gösterebilirler. İlham kaynağı sıklıkla doğadan, özellikle de biyolojik sistemlerden gelir [27]. KAA, pek çok açıdan, görevlerini toplu olarak (basit komşu-komşu etkileşimleri ile) yerine getirmeye çalışan, doğadaki toplumsal gruplar (ör. kuş sürüleri, karınca kolonileri) gibi, dağıtık (âdem-i merkeziyetçi) bir biçimde iş yapar. Bu çalışmanın amaçlarından bir tanesi de, KAA'nın başarımında en iyileme için işe yarayacak doğal sistemlerin davranışsal eğilimlerinin neler olabileceğini araştırmaktır. Örneğin, SZ, sürülerin ortak davranışlarından hareketle, sorunlu veya başarısız düğümlerin sorunu çözmeye ve veri akışını hızlandırmakta kullanılır.

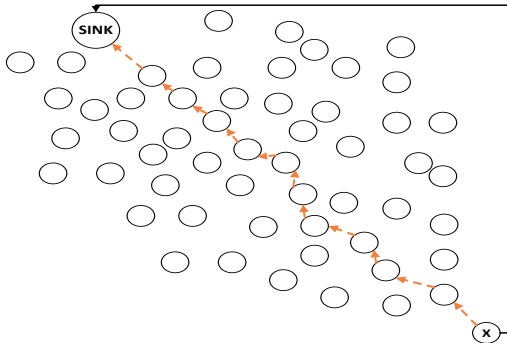
Şekil 10'daki modelde, veri paketi taşıyan düğümlerin sorun çözme davranışları örneklenmiştir. Burada, 1 saniyelik zaman aralığında gelen paketlerin derinliği renk yoğunluğu olarak gösterilmiştir: (a) Bir sürü paket engelsiz bir ortamda ana düğüme doğru hareket edebilir; (b) başarısız bir düğümün büyük sorunlara neden olup düğümleri iki veya daha fazla gruba bölmeye olasıdır; (c) ikinci göndericinin etkinleştirilmesinden sonra, engel ağının arkasından gelen paket akışının ana düğümden daha az sıkışık bir yol izlemesine neden olan aşırı yüklenmiş bir düğüm tarafından desteklenmesi tasarlanmıştır. Bu durumdan kaynaklanan çarpışma ihtimalleri gereksiz ve benzer veri problemlerini ortadan kaldıracığı için, algılayıcı düğümlere uygulanacak olan kod yoğunluğuna rağmen enerji tasarrufu sağlanabileceği düşünülmektedir. Zira çarpışmalar ve gereksiz veri akışı, algılayıcı düğümlerde çok daha fazla enerji kaybına sebep olabilir.



Şekil-10: Veri paketi taşıyan düğümlerin sorun çözme davranışları

Aracı düğümler çok basit kuralları takip eder. Bireysel etkenlerin nasıl yönlendirileceğini belirleyen merkezi denetim yapısı bulunmamasına rağmen araçların kendi aralarında yerel ve bir dereceye kadar rastgele davranışları gerekmektedir (Harvey vd. 2014). Araçlar birey için bilinmeyen "akıllı" küresel davranışların ortaya çıkmasına yol açar.

KAA için önerilen SZ modeli Şekil 11'de gösterilen modeldir. Bu modelde görüldüğü gibi X düğümü doğrudan ana düğümüne ulaşmaya çalıştığında hem zaman hem de enerji kaybı yaşamaktadır, bu da verinin zamanında düzenli bir şekilde hedefine ulaşmaması demek olur. Bunun yerine X düğümü SZ kullanıp elden ele taktığı uygulasa çok kısa zamanda hem veri yerine ulaşacak hem de X düğümü enerji kaybetmeden tekrar uyku moduna dönebilecektir.



Şekil-11: KAA için Sürü Zekâsı modeli

7. Sonuç

Bu çalışmada, mevcut algılayıcı düğüm problemini geleneksel yöntemler yerine YZ algoritmaları uygulanarak çözüme ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu sayede algılayıcı düğümler daha zeki davranıp veri bütünlüğü ve güvenliğini sağlamış, enerji verimliliğinde büyük bir düzelme meydana gelmiştir. Bu çalışmadaki asıl amaç enerji israfından öte, veri güvenilirliğini ve bütünlüğünü sağlamaktır. Bu amaçla tasarlanan düğüm mimarisine (Şekil 4), yedek bir batarya (pil) takviye edilmesi yoluyla YZ algoritmalarının oluşturduğu aşırı kod yükünü hafifletip, zeki olmayan algılayıcı düğümlerine "akıllı düşünüp" engellerle başa çıkabilme kabiliyeti kazandıran, kendini örgütleyebilen, çökmeden önce elde ettiği veriyi sağlam düğümüne gönderip garantiye alan bir sistemin organize edilmesinin gerekliliği üzerinde durulmuştur.

Yapay Zekâ (YZ) ilkeleri, algoritmaları ve uygulaması, KAA'ları daha zeki hale getirmek, eniyilemek ve enerji tasarrufu gibi konularda verimliliği artırmak için kullanılır [28]. Eniyilemeyi elde etmek için Sürü Zekâsının yanı sıra denetimli ve denetimsiz birçok öğrenme türünden faydalanılmıştır. Çok etmenli sistem yaklaşımı ise bu başarıyı elde etmek için akıllı araçları kullanarak KAA eniyilemesine izin verir. YZ'nin KAA'da kullanımını kolaylaştırmak için çok katmanlı sistemlerle birlikte katmanda mimari bir yapıdan da yararlanır. Ayrıca, katmanlı bir mimari KAA sistemi için modüler bir yapı sağlayabilir. Üstelik bu araştırmada önerilen model KAA'nın nasıl çalıştığı ve onun nasıl akıllı hale getirileceği üzerine vurgu yapmaktadır. Çoklu araçlar, suni topluluklar ve benzetilmiş örgütlenmeler bakımından, dağıtık bir algılayıcı ağı verimli bir şekilde kurulabilir ve yeniden kurgulanabilen akıllı araçların farklı türleriyle birlikte fiziksel değişkenlerin ölçümlerini kendi başına gerçekleştirme hedeflerine ulaşabilir. Her türlü uygulama ve önlemi almak, ayrıca fiziksel değişkenlerin izlenmesi gereksinimlerini karşılamak için en uygun strateji seçilmelidir. Bir sinir ağı ile gömülü olan KAA, dağıtım sonrasında ve işletim aşamasında zorlukları gidermek için devingen çevredeki değişikliklere uyum sağlamak zorundadır. KAA, geleneksel ağlardan farklıdır. Bu nedenle, benzersiz zorlukları ve kısıtlamaları ele alan protokoller ve araçlar gereklidir. Sonuç olarak KAA'lar, enerji farkındalığı olan ve gerçek zamanlı yönlendirme, güvenlik, zamanlama, yerleştirme, düğüm kümeleme, veri toplama, hata algılama ve veri

bütünlüğü için yenilikçi çözümler gerektirir. YZ, KAA çevresinin devingen davranışına göre uyum kabiliyetini arttıran bir dizi teknik sunar. Şimdiye kadar yapılan tartışmalardan KAA'lardaki birçok tasarım zorluğunun çeşitli YZ yöntemleri kullanılarak çözüldüğü açıkça ortaya çıkmıştır. Özetle, KAA'lardaki YZ algoritmalarının benimsenmesi için, KAA sınırlı kaynaklarının yanı sıra, eldeki soruna uyacak temalar ve kalıp öğrenme çeşitliliğin de dikkate alınarak düşünülmesini zorunlu kılar [29]. Dahası, sayısız konu hala açıktır. Bu yüzden hafif ve dağıtılmış ileti gönderme teknikleri geliştirme, çevrimiçi öğrenme algoritmaları, hiyerarşik kümeleme kalıpları geliştirme ve KAA'ların kaynak yönetimi probleminde makine öğrenmeyi benimseme gibi konularda daha fazla araştırma çabasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Geleneksel algılayıcı düğümler ile kıyaslanırsa, yapılan bu çalışma ile ideal bir algılayıcı düğümün ömrünün en az 3-4 sene uzayabileceği, daha zekice kararlar alınabileceği, enerji tasarrufu sağlayan bir sistem oluşturulabileceği düşünüldüğünden düğümlerdeki kod yoğunluğunun pek de sorun olmayacağı görülmüştür. Gelecekteki çalışmalara ışık tutacak olan bu çalışma bir önyak niteliğindedir. YZ algoritmalarından bulanık mantık vb. gibi tekniklerin KAA'ya uygulanması geliştirilmeye çalışılacaktır. K-EYKM yüksek boyutlu boşluklarda hatalı sonuçlar gösterebildiği gözlemlenmiştir. Buna karşın da önlemler alınacaktır.

8. Kaynaklar

- [1] Sadowski, B., O. Nomaler, and J. Whalley, *Technological Diversification of ICT companies into the Internet of things (IoT): A Patent-based Analysis*. 2016.
- [2] Santos, L.R. and A.G. Rosati, *The evolutionary roots of human decision making*. Annual review of psychology, 2015. **66**: p. 321-347.
- [3] Hendler, J. and A. Mulvehill, *Social Machines: The Coming Collision of Artificial Intelligence, Social Networking, and Humanity*. 2016: Apress.
- [4] Ryan, M., *The Digital Mind: An Exploration of artificial intelligence*. 2014: Michael Ryan.
- [5] Ilyas, M. and I. Mahgoub, *Smart Dust: Sensor network applications, architecture and design*. 2016: CRC press.
- [6] Amjad, A., et al., *Characterization of Field-of-View for Energy Efficient Application-Aware Visual Sensor Networks*. IEEE Sensors Journal, 2016. **16**(9): p. 3109-3122.
- [7] Mihnea, A. and M. Cardei, *Efficient Wireless Communication in Grid Networks*. International Journal of Interdisciplinary Telecommunications and Networking (IJITN), 2015. **7**(3): p. 57-79.
- [8] Singh, N.K., A. Kasana, and V.K. Sachan, *Enhancement in lifetime of sensor node using Data Reduction Technique in Wireless Sensor Network*. International Journal of Computer Applications, 2016. **145**(11): p. 1-5.
- [9] Rawat, P., et al., *Wireless sensor networks: a survey on recent developments and potential synergies*. The Journal of supercomputing, 2014. **68**(1): p. 1-48.
- [10] Jan, M.A., *Energy-efficient routing and secure communication in wireless sensor networks*. 2016.
- [11] Chawla, S. and S. Singh, *Computational Intelligence Techniques for Wireless Sensor Network: Review*. International Journal of Computer Applications, 2015. **118**(14).
- [12] Witten, I.H., et al., *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. 2016: Morgan Kaufmann.
- [13] Bevilacqua, F., et al., *2007: Wireless Sensor Interface and Gesture-Follower for Music Pedagogy*, in *A NIME Reader*. 2017, Springer. p. 267-284.
- [14] Lei, J., et al., *An in-network data cleaning approach for wireless sensor networks*. Intelligent Automation & Soft Computing, 2016. **22**(4): p. 599-604.
- [15] Yang, P.-T. and S. Lee, *Spanning tree of residual energy based on data aggregation for maximizing the lifetime of wireless multimedia sensor networks*. in *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bali, Indonesia, Jan. 2014*.
- [16] Alsheikh, M.A., et al., *Machine learning in wireless sensor networks: Algorithms, strategies, and applications*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2014. **16**(4): p. 1996-2018.
- [17] Saravanan, M. and M. Madheswaran, *A Spanning Tree for Enhanced Cluster Based Routing in Wireless Sensor Network*. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, 2016. **9**(9): p. 2102-2111.
- [18] Liu, W., et al., *A survey of deep neural network architectures and their applications*. Neurocomputing, 2017. **234**: p. 11-26.
- [19] Prieto, A., et al., *Neural networks: An overview of early research, current frameworks and new challenges*. Neurocomputing, 2016. **214**: p. 242-268.
- [20] Lai, K.P., *A deep learning model for automatic image texture classification: Application to vision-based automatic aircraft landing*. 2016, Queensland University of Technology.
- [21] Zhang, Z., et al., *On swarm intelligence inspired self-organized networking: its bionic mechanisms, designing principles and optimization approaches*. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2014. **16**(1): p. 513-537.
- [22] Shahid, N., I.H. Naqvi, and S.B. Qaisar, *One-class support vector machines: analysis of outlier detection*

- for wireless sensor networks in harsh environments.* Artificial Intelligence Review, 2015. **43**(4): p. 515-563.
- [23] Guo, W. and W. Zhang, *A survey on intelligent routing protocols in wireless sensor networks.* Journal of Network and Computer Applications, 2014. **38**: p. 185-201.
- [24] Abbas, N.I., M. Ilkan, and E. Ozen, *Fuzzy approach to improving route stability of the AODV routing protocol.* EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2015. **2015**(1): p. 235.
- [25] Toral-Cruz, H., et al., *A Survey on Wireless Sensor Networks,* in *Next Generation Wireless Network Security and Privacy.* 2015, IGI Global. p. 171-210.
- [26] Younis, M., et al., *Topology management techniques for tolerating node failures in wireless sensor networks: A survey.* Computer Networks, 2014. **58**: p. 254-283.
- [27] Kumar, J., S. Tripathi, and R.K. Tiwari, *A survey on routing protocols for wireless sensor networks using swarm intelligence.* International Journal of Internet Technology and Secured Transactions, 2016. **6**(2): p. 79-102.
- [28] Rault, T., A. Bouabdallah, and Y. Challal, *Energy efficiency in wireless sensor networks: A top-down survey.* Computer Networks, 2014. **67**: p. 104-122.
- [29] Dias, G.M., B. Bellalta, and S. Oechsner, *A survey about prediction-based data reduction in wireless sensor networks.* ACM Computing Surveys (CSUR), 2016. **49**(3): p. 58.