

Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) ile Tasarlanmış Afet Uyarı Sistemleri ve Öncelikli Araçların Afet Sonrası Geçişlerinin Kolaylaştırılması Tasarımı

Disaster Warning Systems Designed with Wireless Sensor Networks (WSN) and Design of Facilitating Passage of Priority Vehicles After Disasters

Merve Babaoğlu

Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Meslek Yüksek Okulu, Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin

 0000-0003-3030-8690

mervebabaoğlu@artuklu.edu.tr

Özet

Afetler, doğal yollarla veya insan eliyle gerçekleşebilen ve tehlike yaratan olaylardır. Doğal afetler, doğadaki canlıları ve yapıları ciddi şekilde etkileyebilir. Ülkeler, oluşabilecek zararları azaltmak için yatırımlar yaparak afet öncesi önlemler alabilir ve kayıpları en aza indirebilir.

Afet öncesi, sırası veya sonrasında kullanılacak erken uyarı sistemleri, önlemlerin hızlı alınmasını kolaylaştırır. Geçmişte farklı teknolojiler kullanılmış olsa da bağlantı kopuklukları ve bilgi iletimindeki gecikmeler Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) kullanımını artırmıştır. Bu çalışmada, farklı afet türleri için tasarlanmış teknolojiler incelenmiş ve kavramsal bir model önerilmiştir. Önerilen modelde, IR sensörlerle acil geçiş araçlarının kavşaklardaki mesafesi takip edilerek trafik ışıkları otomatik yönetilmektedir.

Bu sistem, afet sonrası veya normal durumlarda acil araç geçişlerini kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Çalışma bir fikir ve tasarım niteliğindedir; henüz gerçek ortamda uygulanmamıştır. Gelecekte simülasyon ve prototip çalışmalarıyla test edilebilir.

Anahtar kelimeler: Kablosuz Algılayıcı Ağ, Sensör, Acil Geçiş, Afet Erken Uyarı Sistemleri

Abstract

Disasters are hazardous events that may occur due to natural processes or human activities. Natural disasters can have severe impacts on living organisms and structures. Countries can take preventive measures before disasters occur by making investments to reduce potential damage and minimize losses.

Early warning systems, which can be used before, during, or after a disaster, facilitate the rapid implementation of necessary measures. Although various technologies have been used in the past, communication disruptions and delays in information transmission have increased the use of Wireless Sensor Networks (WSNs). In this study, technologies designed for different types of disasters are examined, and a conceptual model is proposed. In the proposed model, infrared (IR) sensors monitor the distance of emergency response vehicles from intersections, and traffic signals are automatically controlled accordingly. The system aims to facilitate the passage of emergency vehicles both in the aftermath of disasters and under normal conditions.

This study is conceptual and design-oriented; the proposed system has not yet been implemented in a real-world environment. In future studies, the proposed model can be tested and evaluated through simulations and prototype implementations.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Sensors, Emergency Vehicle Priority, Disaster Early Warning Systems

1.Giriş

İnsan yaşamını veya doğadaki tüm canlıları etkileyebilecek, doğal ve/veya fiziksel yapıları etkileyen bir olguya sahip, hayatı durma noktasına getirebilecek yapıda, insan eliyle veya kendiliğinden gerçekleşen olayların tümüne afet denmektedir. Afet öncesinde, afet sırasında ve afet sonrasında yaşanabilecek sıkıntılar, alınabilecek önlemler her daim insanoğlunu ilgilendirmiş ve bu yönüyle toplumsal ve akademik çalışmalara konu olmuştur.

Afetler oluşmadan önce alınabilecek önlemler, hiçbir şekilde zarara uğranmamasını veya zararları asgari düzeye düşürmeyi sağlayabilirler. Sıkça afet yaşayan veya risk potansiyeli yüksek olan ülkeler bu manada alacakları kararlar ve yapacakları uygulamalar ile hem bu risk faktörlerini ortadan kaldırırlar hem de kalkınma düzeylerini yükseltmektedirler.

Türkiye, en başta deprem olmak üzere; yangın, sel, çığ ve heyelan gibi birçok insan kaynaklı veya doğal afetin yaşandığı ve canlı ölümü açısından dünyada en riskli bölgeler arasında yer almaktadır [1].

Afetler insani veya doğal sebeplerden dolayı oluşabilmektedirler. İnsani bir etki olmadan, evrenin kendi düzeni içerisinde gerçekleşen ve birden fazla türü bulunan afetler doğal afetlerdir. Bunlar meteorolojik, biyolojik, iklimsel ve jeolojik vb. yapıda görülebilmektedir.

Gerçekleşen doğal afetlerin büyük bir bölümü de meteorolojik kaynaklıdır [2]. İnsan kaynaklı afetler ise dikkatsizlik veya yanlış bir davranış sonucu yine hayatı tehlikeye yol açabilecek durumların ortaya çıkması durumudur. Doğal veya insani afetlerin neler olduğu Tablo1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Afet Türleri.

Afet Türü	Örnekler
Doğal Afetler – Jeolojik Kökenli	Toprak kayması, deprem, yanardağ patlaması, tsunami vb.
Doğal Afetler – Meteorolojik Kökenli	Dolu, erozyon, yıldırım, taşkın, kuraklık, hortum, çığ, hava kirliliği, sel vb.
İnsan Kaynaklı Afetler	Kazalar, Biyolojik Saldırıları, Terör Olayları vb.

Afetlere müdahale; can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi, acil durumda bulunan hasta ve yaralıların sağlık hizmetlerinden hızlı bir şekilde yararlanabilmesi, güvenlik ve barınma ihtiyaçlarının karşılanması ve afet bölgesinin daha etkin bir şekilde tanınabilmesi amacıyla haritalandırma çalışmalarının yapılması gibi çeşitli önlemler alınarak gerçekleştirilmektedir. İyileştirme ise, afet sonrası dönemde, yaşanan aksaklıkların saptanması, hataların giderilmesi ve düzeltme yoluna gidilmesi durumudur. Ayrıca afet bölgesinde gerçekleşmiş yapısal ve psikolojik bozulmanın devlet eliyle düzeltilmeye çalışılmasıdır. Ancak, afet hazırlık aşamaları daha çok kalkınmış ülkelerde gerçekleşmekte, kalkınmamış veya kalkınmakta olan ülkelerde benzer biçimde gerçekleşmediği için zararlar çok daha fazla meydana gelmektedir [2][3]. Hiç şüphesiz afet erken uyarı sistemlerine sahip bir ülkede kalkınma daha hızlı gerçekleşecek ve karşılaşılabilecek riskler bertaraf edilebilecektir.

Bu çalışmanın temel katkısı, afet sonrası merkezi haberleşme altyapısında yaşanabilecek kesintiler dikkate alınarak kavşak bazlı çalışan düşük gecikmeli bir acil araç öncelik sistemi önerilmesidir. Literatürde bulunan GPS veya RF tabanlı sistemlerden farklı olarak önerilen yapıda, yönlü algılama sağlayan IR sensörler ile Kablosuz Algılayıcı Ağ altyapısının birlikte kullanılması hedeflenmiştir.

Bir sonraki bölümde kablosuz algılayıcı ağ (KAA) hakkında bilgi verilecek daha sonra KAA ile tasarlanmış bazı afet erken uyarı sistemleri gösterilecektir.

Üçüncü bölümde ise afet sonrasında acil geçiş araçlarının ulaşımını kolaylaştırıp hızlandıracak Kızılötesi (IR) Teknolojisi ile tasarlanmış ve KAA altyapısı ile araç bilgisinin gerekli merkeze iletimini sağlayan bir yapı önerilecektir.

2. Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA)

KAA kavramı ilk kez 1980’lerin başlarında ortaya çıkmıştır. İlk başta özellikle askeri alanda kullanılan kablosuz algılayıcı (sensör) ağları; maliyetlerinin gün geçtikçe düşmesi ile yaygın bir biçimde kullanılmaya başlamıştır [4]. Kablosuz algılayıcı ağlar, bulundukları ortamın fiziki koşullarını izleyip kaydetmek ve/veya bilgileri merkezi bir ortamda düzenlemek için oluşturulmuş ve dağıtılmış özel sensör manasına gelmektedirler. Isı, gaz, kirlilik, nem, basınç, titreşim, mesafe vb. durumları ölçebilmektedirler. Böylelikle ortamdaki uzakta, ortamla ilgili bilgiler anlık olarak alınabilmekte ve gerekli adımlar daha hızla atılabilmektedir. Kablosuz algılayıcı ağların kullanım yerleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

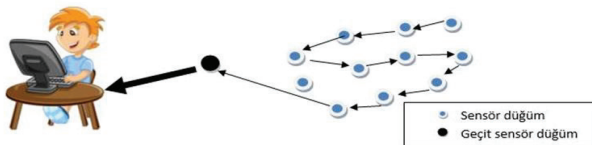
Teknolojide gerçekleşen değişim ve gelişmeler, ayrıca sağlamış olduğu kolaylıklardan dolayı KAA teknolojileri giderek artmaktadır. Habitat izleme, çevre ve sağlık alanında yoğunlaşmıştır. Ayrıca eğitim, endüstri, tarım, trafik gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlamış ve hemen hemen tüm sektörlerde tercih edilmeye başlamıştır [5].

Kablosuz algılayıcı ağlar, profesyonel bilgiye sahip olmadan kolayca kurulabilme, güvenilir sonuçlar verebilme, esnek ve maliyet verimliliği gibi sağladığı birçok fayda ile farklı alanlarda tercih edilmektedir.

Tipik bir KAA, kablosuz bir ortamda birbirine bağlı ve birbiriyle bilgi alışverişi yapan yüzlerce hatta binlerce sensör düğümünden oluşur [6].

Sensör düğümleri bir film teneke kutu içerisinde kendi pili, sensör panosu (board), mikro kontrolörü ve RF adaptörü ile tümleşik bir yapı oluşturur [7].

Sensörler genişçe bir alana dağıtılarak bir adhoc ağ oluşturulur. Bu ağ sayesinde birbirleri ile iş birliği yapan sensörler bilgiye her an, kolayca ulaşılabilmesini sağlarlar. Sonunda ağ, zeki bir ortam oluşturulmuş olur. Bir kablosuz ağ yapısı Şekil 1’te gösterildiği gibidir. Bir kablosuz düğümün genel yapısı ise Şekil 2’de gösterilmiştir.

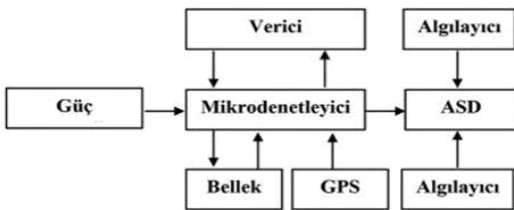


Şekil 1. Kablosuz Algılayıcı Ağ Yapısı

Tablo 2. Kablosuz Algılayıcı Ağ Kullanım Alanları.

Algılayıcı Ağ	
Takip	İzleme
Doğa Takibi (Hayvan takibi, Orman takibi vb.)	Doğa (Hayvan nesli izleme, Jeolojik ölçümler vb.)
Askeri (Düşman takibi vb.)	Askeri (Güvenlik, yasadışı giriş izleme vb.)
Kamu/Endüstriyel (Araç takibi, Eleman takip vb.)	Ticari (Envanter kontrolü vb.)
Ticaret (Müşteri takip vb.)	Kamu/Endüstriyel (Kimyasal atık izleme, Fabrika izleme vb.)
Otomasyon (Akıllı ev uygulamaları vb.)	Çevre (Kimyasal Gaz izleme, Orman yangını izleme vb.)
	Sağlık (Hasta takip vb.)

Ağın kendi yapısında, bütün algılayıcılara komut iletmek ve algılayıcı düğümlerden bilgi almak adına bir toplama istasyonu bulunmaktadır [8]. Algılamaya ek olarak düğümler, diğer bütün düğümlerin elde ettikleri bilgileri toplama istasyonuna iletmek görevini de gerçekleştirmektedirler [9].



Şekil 2. Kablosuz Düğümün Genel Yapısı [10].

2.1. Kablosuz Algılayıcı Ağlar ile Tasarlanmış Afet Erken Uyarı Sistemleri

Hangi tip afet olursa olsun insan odaklı olmak ve her açıdan güvenliği sağlamak ülkelerin tartışmasız ilkelerinden biri olmalıdır. Özellikle doğal afetlerin yaşama olan etkisi ve yarattığı tehlike, bu manada erken uyarı sistemlerin önemini göstermektedir.

Afet erken uyarı sistemlerinin hazırlanması sayesinde insanlar hızlı hareket edip önlem alabilir, cihazlar ve ihtiyaç duyulacak malzemeler korunabilmektedir. Afet yönetiminde acil durumların müdahalesinde hız çok önemli bir etkidir. Bundan dolayı zarar gören iletişim altyapılarının tamir edilmesinden önce, farklı iletişim sistemlerinin tasarlanması ve kullanımının sağlanması daha uygundur. [11] [12].

Afet anında; iletişim sistemleri çıktığında afetzedelerin konumlarının belirlenmesi veya saha personeli ile haberleşmek belki de en büyük sorun olmaktadır. Doğru bilgiye doğru zamanda erişim birçok hayat kurtarabilir. Konum tabanlı ve konum altyapılı sistemler bu sorunun çözülmesinde önemli rol oynayabilir. Uydu sistemleri sayesinde elde edilecek konum bilgisi ve iletişim sayesinde doğru bilgiye en hızlı ve en doğru şekilde ulaşmak mümkün olmaktadır [13].

Türkiye özelinde, jeolojik olarak genç bir ülkedir. Bu nedenle sürekli olarak doğal afet tehlikesiyle karşı karşıyadır. Ülkemizde sel, heyelan, orman yangınları, deprem gibi birçok afet görülmektedir. Afetlerin oluşturacağı can kaybı, ekonomik ve psikolojik sorunlar ciddi sıkıntı yaratmaktadır. Bu türden problemleri ülkemizde yaşamamak, yaşanmadan önce haberdar olmak ve/veya en az zararla atlatabilmek adına kablosuz sensör ağ yapılarına çokça yatırım yapılmalı ve takibine önem verilmelidir.

Sensörler deprem zamanında veya metrolarda da kullanılabilirler. Mesela bir metroda herhangi bir nedenle mahsur kalmış insanların nerede mahsur kaldıkları verisi bilgisi yardım ekiplerine gönderilebilir. Deprem anında, çöken binalarda insanların tahmini olarak nerede veya hangi yükseklikte oldukları bilgisi yine ekiplere bildirilebilir. [14]. Farklı afet türlerine göre geliştirilmiş, kablosuz sensör ağlar kullanılarak oluşturulmuş bazı erken uyarı sistemleri bir sonraki bölümde gösterilecektir.

2.1.1. Orman Yangını Algılama Sistemleri

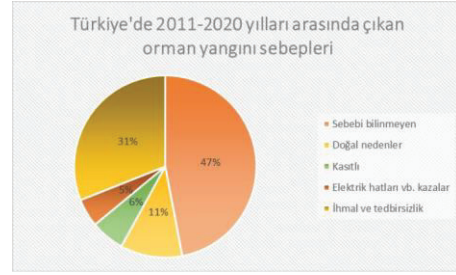
Ormanlar ülkelerin hazineleridirler. İçerisinde yaşayan canlılara besin ve yuva, insanlara da oksijen, gıda, yakıt deposu ve daha sayılamayacak nice faydaları vardır. Böylesine değerli yapıların yangınlarla yok olmasını engellemek adına çok sayıda orman yangını uyarı sistemi geliştirilmiştir. Bu yangınlar meteorolojik kaynaklı olabileceği gibi insan hatasından dolayı da gerçekleşebilmektedir.

Türkiye’de 2011-2020 yılları arasında çıkan orman yangınlarının sadece %11’inin doğal nedenlerden kaynaklandığı gözükmemektedir. %89’luk büyük bir kısmı ise insan kaynaklı çıkmıştır [15].(Şekil 3).

Kablosuz sensör ağları, yangınların tespiti için önemli olan, CO, CO₂, ortam nem miktarı, ortam sıcaklığı gibi değerlerde ölçülmekte ve ilgili merkeze bildirmektedir. Böylelikle beklenmedik değerler ölçüldüğünde hızla hareket edilebilir ve herhangi bir sıkıntı durumunda müdahale edilebilir.

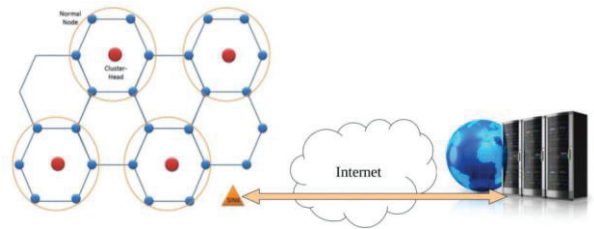
Orman yangınlarının özellikle ilk 5 dakikalık sürede fark edilmesi çok önemlidir. Sonraki 15-20 dakikada gerekli müdahalede bulunulamayan yangınlar çok geniş alanlara yayılarak kontrol edilmesi güçleşebilmektedir. Kurulan sistemler ile orman yangınlarının daha henüz başlangıç aşamasında tespit edilmesi ve yangınla mücadele ekiplerinin bilgilendirilmesinin ardından acil müdahalede bulunulması ve yangının ilerlemesinin önüne geçilmesi mümkün kılınmaktadır [16].

Şekil 4’de gösterilen kablosuz sensör ağında orman yangınlarını erken fark etmek ve müdahalede bulunabilmek adına oluşturulan sistemde örgü ağ topolojisi kullanılmış ve kablosuz cihazlara bağlı sensörler, ormanlık alanlarda ölçüm yaparak olası bir tehdidi algılayıp merkeze iletmektedir. Ayrıca ormanın bulunduğu alanın hava şartları, nem durumu gibi bilgilerde takip edilmektedir.



Şekil 3. Türkiye’de orman yangını çıkış sebepleri [15].

Orman yangınlarını önceden tespit edebilmek için kullanılan bir başka kablosuz sensör ağ sistemi olan FireBugs, yangın ortamlarında real time veri toplamak için ağlar içinde kendisini organize eden TinyOS işletim sistemine dayanan küçük KAA sistemidir. Bu sistemde ortamın davranışlarını izleyen ve bunu internet üzerinden gönderen bir teknoloji ve kundakçı algılayıcı teknolojisi kullanılmaktadır [17].



Şekil 4. Orman yangını erken uyarı sistemi işleyişi [16].

2.1.2. Deprem Algılama Sistemleri

Türkiye deprem afeti açısından dünyanın en tehlikeli yerleri arasında bulunmakta ve “yüksek risk” grubu içinde yer almaktadır. En tehlikeli ve yıkıcı faylar, kalabalık şehirlerimizden geçmektedir. Dolayısıyla ülkemizde oluşturduğu can ve mal kaybı oran olarak da fazla olmaktadır. Bu nedenle özellikle yapıların bu durum gözetilerek oluşturulması, takibinin yapılması, olası iletişim kopukluğu için hazırlıkların yapılması elzemdir.

Afet uyarı sistemlerinin önemi 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Pazarcık depreminde bir kez daha görülmüştür. Kahramanmaraş’ta gerçekleşen depremin 50 saniye sonra diğer illerde yıkıcı etki yarattığı bilgisi başkanlığını Prof. Dr. Tuncay Taymaz’ın yaptığı ve aralarında Kocaeli Üniversitesi’nden Doç. Dr. Serkan İrmak’ın da bulunduğu ekip tarafından belirlenmiştir [18]. Dolayısıyla, Kahramanmaraş dışındaki şehirlere zamanında bilgi aktarılmasını sağlayan bir uyarı sistemi, olası bir afetin etkilerinin ve meydana gelebilecek can ve mal kayıplarının azaltılmasına katkı sağlayabilirdi.

Depremin büyüklüğü ve gerçekleştiği yönü tespit ve bina sağlamlığının değerlendirilmesi için bir binaya entegre edilebilen sismik algılayıcılar, afet öncesinde uyarı verebilmektedirler [19].

Başka bir sistem ise algılayıcıları konum algılamak için insanlar tarafından giyilen cep algılayıcıları, GPS alıcılarından oluşmaktadır. Kişinin konum hareketi ve konum bilgileri iletilmektedir [20].

Dünyada deprem konusunda en fazla zorluk çeken ülkelerin başında hiç şüphesiz Japonya gelmektedir. Japonya’da çokça kullanılan erken uyarı (Earthquake Early Warnings-EEW) sistemi, deprem bildirimi konusunda Japonya’da kullanılan en iyi uygulamadır. 1 Ekim 2007’den bu yana kullanılan bu uygulama Japonya genelinde birden fazla cihaz aracılığıyla çalışır durumda olup güçlü olma olasılığı yüksek olan sarsıntılar gelmeden önce uyarı sağlamaktadır.[21]. Suzuki ve diğ. [36], afet sonrası ortamlarda özellikle enkaz altında kalanlar için yer altı alanlarında kullanılabilen ve kablosuz algılayıcı ağ aracılığı ile bilgilerin toplandığı mobil robot sistemi geliştirdiler.

Depremde erken uyarı sistemleri, insanlara kendilerini koruyabilecekleri ve güvenli bir alana geçebilecekleri kıymetli birkaç saniye vermektedir.

2.1.3. Sel / Taşkın Algılama Sistemleri

Türkiye’de gerçekleşen depremlerden sonra en çok can ve mal kaybına neden olan doğal afet olan sel/su baskınları nedeniyle her yıl en az 100 milyon dolar ekonomik kayıp yaşanmaktadır [22].

Fazla yağış, kar erimesi, baraj patlaması vb. durumlardan kaynaklanan, su yataklarının kapasitesini aşması ve sonrasında neden olan seller, su basmalarına veya taşkınlara sebep olmaktadır. Bu taşkınlar canlı yaşamına, yerleşim yerlerine ve tarım arazilerine ciddi boyutlarda zarar verebilmektedir.

Akarsu ve derelerdeki taşkını öncesinden haber verecek birtakım sistemler geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen, TEFER (Taşkın Tahmini ve Erken Uyarısı) projesidir. Bu proje radar sensörlü gözlem istasyonu ile dere yataklarındaki su seviyesini anlık (real time) olarak izleyip, yaklaşık bir saat öncesinde bölge halkına haber vererek can ve mal kaybını önlemektedir [23]. (Şekil 5).

Afet yönetimi konusunda Fang ve diğerleri [24], önerdikleri sel/taşkın erken uyarı sistemi yönteminde web servisleri, akıllı algılayıcılar ve uzaktan algılama görüntüleri kullanarak oluşturdukları modelin prototipini Çin’in Xinjiang şehrinde yer alan Quergou nehrinde meydana gelen kar erimesi sonucunda oluşan değişimleri izlemede başarı bir şekilde uygulamışlardır.



Şekil 5. TEFER projesi uygulaması [23].

Elman diye adlandırılan bir başka sistemde su sistemlerinin sebep olduğu taşkın durumlarının önlenmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Tehlikeli olabilecek noktalara yerleştirilen bu cihaz sahip olduğu sensörler sayesinde bu noktalardan geçen su miktarının tespitini gerçekleştirir ve anlık olarak bilgilendirme yapar. Acil durumlarda ise halka gerekli bilgilendirmeyi farklı cihazlardan gerçekleştirebilmektedir [25]. (Şekil 6)



Şekil 6. ELMAN Taşkın Bildirim Sistemi [25].

2.1.4. Heyelan Bildirim Sistemleri

Heyelan algılama sistemleri heyelan esnasında olabilecek en küçük toprak hareketlerini algılayabilmek için bir KAA kullanılmaktadır. Gerekli tüm verileri toplayarak uzun heyelan oluşumu gerçekleşmeden önce bu bilgilerin iletilmesini anlık olarak sağlamaktadır.

Bozkurt & Erenoğlu [26], çalışmalarında, heyelanın mühendislik yapılarını etkileyerek oluşabilecek kazaların önüne geçilebilmesi için bulut bilişim ve nesnelerin interneti tercih edilerek bir erken uyarı sistemi tasarlanmıştır. Bunun için ülkemizde heyelan oluşma riski fazla olan Edirne ili Uzunköprü ilçesi Demirtaş Köyü yakınlarında, 41°17'45.0"N, 26°41'53.0"E coğrafi koordinatlarını tercih etmişlerdir. Mühendislik yapısı olarak da demiryolu kullanılmış ve burada oluşan mesafe ölçümleri sürekli izlenmiş, sonuçlar Google Drive üzerinden kaydedilmiştir. Sistem geliştirilerek farklı yapılarda da test edilebilir ve kullanışlı bir sistem geliştirilebilir.

Sofwan ve ark. [27], nesnelerin interneti kullanarak heyelana neden olan ve birçok fiziksel parametreyi ölçebilen bir KAA yapısını başarıyla geliştirilmiştir.

Frigerio ve ark. [35], Rotolon heyelanının (Doğu İtalya Alpleri) otomatik ve sürekli izlenmesi için web tabanlı bir platformun tasarımı gerçekleştirmişlerdir.

2.1.5. Maden Afet Uyarı Sistemleri

İş güvenliği açısından yer altı madenciliği ciddi tehlikeler barındırabilen ve iş güvenliği açısından önem verilmesi gereken alanlardan biridir. Madencilikte tehlike yaratabilen ve takip edilmesi gereken durumlar başlıca aşağıdaki gibidir:

- Yangın
- Çökme
- Gaz Sıkışması
- Su Baskını
- Toz

Yukarıda belirtilenler ve bunların dışında ortaya çıkabilecek birçok tehlikenin önceden belirlenmesi belki de dünyanın bu en riskli çalışma ortamlarını güvenli hale getirmekte, can ve mal kaybına engel olmaktadır. Kablosuz yeraltı algılayıcı ağ yapısı son zamanlarda özellikle yurtdışındaki madenlerde çokça tercih edilmeye başlamıştır. Bu teknik kullanılarak yeraltı kömür ocaklarında uygun yerlere algılayıcı sensörler yerleştirilerek çevresel parametrelerin (nem, hava akımı, sıcaklık, maden gazları) izlenmesi ve maden içinde oluşabilecek göçük, yangın ve patlama gibi olası tehlikelerin varlığı önceden tespit edilebilmiştir [28].

Özellikle kömür madenlerinde KAA uygulaması ile izlenebilen çevresel parametreler 8 başlık altında toplanmaktadır [29]. Bunlar;

1. Ocaktaki çeşitli patlamaların izlenmesi
2. Sıcaklık ve nemin izlenmesi
3. Personel ve makine ekipmanın izlenmesi
4. Göçüklerin izlenmesi
5. Ocak yangınlarının izlenmesi
6. Zararlı gazların izlenmesi
7. Tozların (tas ve kömür tozları) izlenmesi
8. Hava basıncı veya hava akım hızının izlenmesi

Gaz sensörleri ise belli bir bölgede mevcut olan farklı gazların varlığını tespit etmek için kullanılır. Sensörler belirlenecek gazın yoğunluğuna bağlı olarak orantılı bir elektriksel tepki verirler. Eğer izlenen gazın yoğunluğu önceden belirlenmiş eşik değerleri aşarsa sensör/sensörlerin kullanıldığı alete, yakındaki personele alarm vermekte veya ekipmanın güç kaynağını kapatma gibi acil eylemleri gerçekleştirebilmektedirler [30].

Özellikle yer altı bildiri sistemlerinde mesafelerin nasıl ölçüldüğüne göre lokalizasyon (yer belirleme) algoritmaları menzile dayalı ve menzile dayalı olmayan şekilde iki kategoriye ayrılır:[33]. Menzile dayalı yaklaşımlar, bilinmeyen düğümlerin konumunu tahmin etmek için komşu düğümler arasındaki mutlak noktadan noktaya mesafe veya yönlendirme bilgilerini kullanır. Bu teknikler ek donanım gerektirir, böylece onları daha pahalı hale getirir. Bu nedenle, büyük ölçekli KAA'da uygulanamayabilirler. Menzile dayalı yaklaşımlardan farklı olarak, menzilsiz yaklaşımlar mesafe veya açı bilgisi gerektirmez. Bu nedenle, ek maliyetli donanım kullanmazlar, bu da onları daha uygun maliyetli ve daha basit alternatifler haline getirir. [34].

3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

3.1. Önerilen Sistemin Farklı Sistemlerle Karşılaştırılması

Çalışmada, bir önceki bölümde anlatılan sistemler dışında, afet sonrası veya acil durumlarda müdahale öncesi ve sonrasında öncelikli araçların geçişlerini kolaylaştırmak adına WSN ağları kullanılması düşünülmüştür. İtfaiye, ambulans, emniyet araçları ve AFAD gibi acil müdahale ekiplerinin özellikle büyük ve kalabalık şehirlerde kavşak noktalarında yoğun trafik ve kırmızı ışık sürelerinden ötürü yaşadıkları gecikmenin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla birden fazla yöntem kullanılabilir. Literatürde çokça tercih edilen farklı yöntemler ile önerdiğimiz yöntem karşılaştırması Tablo 3'te verilmiştir.

Önerilen IR teknolojisi düşük gecikme süresi, düşük enerji tüketimi ve hızlı tepki avantajları sunmasına rağmen; haberleşme mesafesi ve doğrudan görüş hattı (Line of Sight) gereksinimi gibi bazı teknik sınırlılıklar barındırmaktadır. Özellikle büyük ölçekli yol ve kavşak sistemlerinde bu durum sensör sayısının artmasına ve sistem yönetim karmaşıklığının yükselmesine neden olabilmektedir.

Tablo 3. Farklı Sistemlerle Karşılaştırma.

Sistem	Teknoloji	Avantaj	Dezavantaj
Optik Sistem	IR/Optik	Düşük maliyet, hızlı tepki	Görüş hattı gerekir, hava koşullarından etkilenir
RF Sistem	Radyo Frekansı	Uzun menzil, engel tanımaz	Parazit riski, maliyet yüksek
GPS Tabanlı Sistem	GPS + GSM	Araç takibi, merkezi kontrol	Gecikme olabilir, altyapıya bağımlı
Önerilen Sistem	KKA + IR	Düşük gecikme, düşük enerji tüketimi, gerçek zamanlı haberleşme	Kısmi görüş hattı gerektirir

Tablo 3'te gösterildiği gibi her sistemin kendine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Bununla birlikte IR tabanlı yapı, çalışmada önerilen sistem için temel algılama mekanizması olarak değerlendirilmiş olup; kısa mesafeli ve gerçek zamanlı acil araç tespiti açısından avantaj sağlamaktadır. Ancak afet sonrası haberleşme sürekliliği, uzun menzil ihtiyacı ve görüş hattı problemlerinin azaltılması amacıyla sistemin gelecekte hibrit haberleşme altyapıları ile desteklenmesi planlanmaktadır.

Bu kapsamda:

- ZigBee ,
- 433 MHz RF haberleşme sistemleri,
- LoRa,
- NB-IoT ,
- ve GSM/LTE tabanlı hücresel IoT

altyapılarının sisteme entegre edilmesiyle daha geniş kapsama alanı, düşük altyapı bağımlılığı ve daha güvenilir veri iletimi sağlanabileceği değerlendirilmektedir.

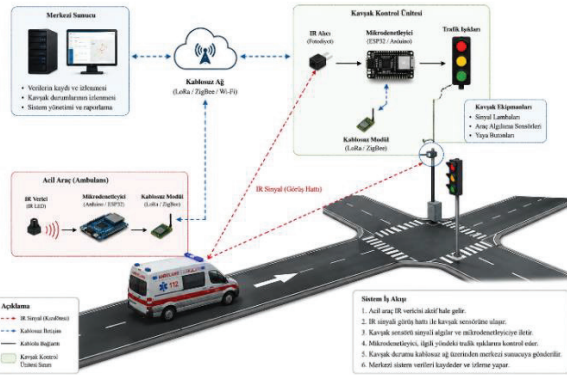
Böylece önerilen sistemin yalnızca IR tabanlı değil, çok katmanlı ve ölçeklenebilir bir akıllı ulaşım altyapısına dönüştürülebileceği öngörülmektedir.

3.2. Önerilen Sistem Yapısı

Tercih ettiğimiz sistemde araçtaki verici ile direklerdeki alıcılar çeşitli teknolojiler kullanılarak birbirleri ile iletişim kurabilirler.

- HGS sistemlerinde kullanılan Proximity veya Mifare teknolojisi,
- Kızılötesi (IR) teknolojisi,
- Bluetooth ve Wifi gibi WSN alıcı ve verici teknolojisi.

Acil durum araçlarında önceden kurulacak olan acil durum bildirim sensörleri ile yaklaşılan kavşağındaki alıcılara sinyal gönderilerek ilgili kavşağındaki trafik ışıklarının gelen acil müdahale aracı yönünde yeşile döndürülerek geçişinin kolaylaştırılması planlanmaktadır. Çalışmanın yapısal özeti anlatan görsel Şekil 7'deki gibidir.



Şekil 7. Önerilen IR Tabanlı acil geçiş öncelik sisteminin genel mimarisi.

Çalışmada, Wifi, Bluetooth ağları, Proximity veya Mifare teknolojileri ile yapılacak sistemlerde kavşağındaki alıcı sensörler arasındaki mesafeler yakın olabileceğinden verilen sinyallerin kavşağındaki diğer algılayıcılar tarafından algılanıp karışıklığa sebep olacağı düşünüldüğünden, tek yönlü iletişim kurabilmek adına IR teknolojisi kullanmanın daha sağlıklı sonuç vereceği düşünülmektedir.

3.3. Kızılötesi (IR) Teknolojisi

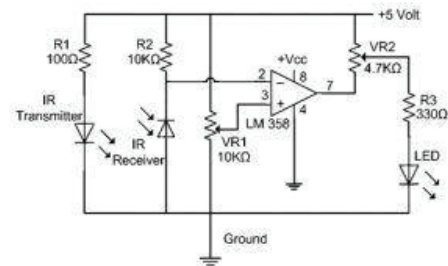
İnfrared (IR) radyasyon ilk kez William Herschel tarafından 1800'lü yıllarda keşfedilmiştir [31]. IR teknolojisi, uzaktan kumanda ve algılamayı içeren çok çeşitli kablosuz uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu sensörde verici olarak IR LED, dedektör olarak fotodiyot kullanılır. Fotodiyot üzerine bir kızılötesi ışık düştüğünde, çıkış voltajı ve direnci alınan IR ışık büyüklüğü ile orantılı olarak değişecektir. IR Sensörü çalışma prensibi, bir kızılötesi sensör, verici ve alıcı (verici ve alıcı) olmak üzere iki bölümden oluşur.

Ortaklaşa bir optokuplör veya bir fotokuplör olarak adlandırılır. Burada verici olarak IR LED, alıcı olarak IR fotodiyot kullanılır. Bunda kullanılan fotodiyot, bir kızılötesi LED aracılığıyla üretilen kızılötesi ışığa çok duyarlıdır. Fotodiyot ve çıkış voltajının direnci, elde edilen kızılötesi ışıkla orantılı olarak değiştirilebilir. Bu, temel IR sensörünün çalışma prensibidir [32].



Şekil 8. IR Sensör Örneği

Kızılötesi sensör devresi, bir cihazdaki temel ve popüler sensör modüllerinden biridir. Bu devre Şekil 9 'de gösterildiği gibidir [32].



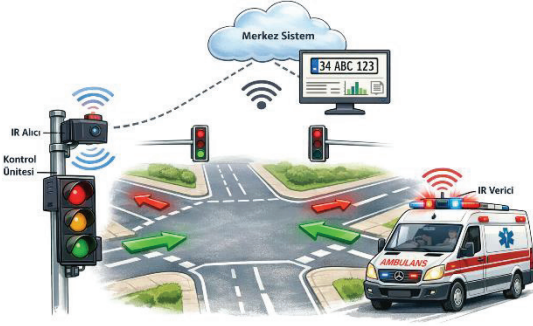
Şekil 9. IR Sensör Devre Şeması.

3.4. Sistemin İşleyişi

Bu çalışmada önerilen sistem, afet sonrası ve acil durum senaryolarında öncelikli araç geçişlerini kolaylaştırmaya yönelik kavramsal bir tasarım niteliğindedir. Öneri kapsamında, acil geçiş önceliğine sahip araçların tepesine monte edilecek IR sensör vericilerinin, görevli personel tarafından aktif edilen tepe lambalarıyla eş zamanlı olarak çalışması ve sürekli sinyal üretmesi öngörülmektedir. Kavşağına yaklaşan aracın gönderdiği sinyal, trafik lambası direklerine konumlandırılmış IR sensör alıcıları tarafından algılanarak işlenecektir.

Bu işleme süreci sonucunda, trafik kontrol kartlarına iletilen veri sayesinde aracın seyir yönündeki trafik ışıklarının uygun şekilde yeşile dönmesi, diğer yönlerde ise trafik akışının kontrollü biçimde durdurulması sağlanabilecektir. Ayrıca sistemin, güvenlik ve denetim amacıyla araç plakası veya tanımlanmış özel kod bilgisini kaydederek kablosuz algılayıcı ağ altyapısı üzerinden merkezi birimlere iletilmesi planlanmaktadır. Böylece hem operasyonel kolaylık hem de kayıt altına alınabilirlik sağlanmış olacaktır.

IR sensörlerin hem trafik lambası direklerine hem de acil müdahale araçlarına entegre edilebilmesi, sistemin teknik açıdan uygulanabilirliğini artırmaktadır. Bu çalışma, henüz kavramsal ve tasarım düzeyinde bir öneri olmakla birlikte; geliştirilmesi, prototip üretimi ve saha testleri ile desteklenmesi durumunda özellikle büyük ve yoğun trafikli şehirlerde acil müdahale sürelerini azaltarak önemli ölçüde can ve mal kaybının önlenmesine katkı sağlayabilecek potansiyele sahiptir.



Şekil 9. Acil Durum Trafik Kontrol Sistemi.

Dolayısıyla önerilen model, afet yönetimi ve akıllı ulaşım sistemleri literatürüne uygulanabilir ve geliştirilebilir bir fikir sunmakta olup, gelecekte yapılacak deneysel çalışmalar için temel oluşturabilecek niteliktedir.

IR sensör Şekil 9 da gösterildiği biçimde hem trafik lambası direğine hem de acil geçişli araçlara konumlandırılabilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada öncelikle Türkiye’de ve dünyada yapılmış olan Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA) uygulamaları incelenmiş ve farklı afetlere göre sınıflandırılarak anlatılmıştır. Amaç, Kablosuz Algılayıcı Ağlar (KAA) afet uygulamaları konusunda temel kaynak oluşturmaktır.

Kablosuz Algılayıcı Ağlar afet uyarı sistemlerinde kullanıldıklarında olası tehlike ve tehditleri engelleyebilme, doğru ve güvenilir sonuca en kısa sürede ulaştırma ve tedbir alınmasını kolaylaştırma konusunda önemli faydalar sağlamaktadır. Ancak KAA’nın en büyük sorunlarından birini maliyet oluşturmaktadır. Türkiye gibi KAA üretimi yapılmayan ve ithal edilmek zorunda kalan bir ülkede bu manada sıkıntı daha büyük olabilmektedir. Doğal veya yapay afet konusunda dezavantajlı bir durumda olan ülkemizde KAA teknolojisi üretim yapılmalı, teşvik edilmeli ve böylelikle afet teknolojileri üretimi kolaylaştırılmalıdır.

Önemli olan bir diğer nokta bu teknolojilerin kurulum ve uygulama aşamalarında görevli olacak çalışanların bu teknolojiler hakkında bilgilendirilmesi, sonraki dönemlerde aksaklık olmaması amacıyla kapasite geliştirme çalışmalarının yapılması durumudur. Ülkemizde gelecekte karşılaşılabilecek durumlar ön görülerek mevcut altyapı güçlendirilmeli ve gelişen teknoloji yakından takip edilip uygulanmasının hızla sağlanması gerekmektedir. Ayrıca yasalarla denetlenebilecek sunucular ile sensörlerden alınan verilerin güvenliği koruma altına alınmalıdır.

Çalışmada, IR teknolojisi kullanılarak öncelikli araçların geçişlerini kolaylaştırmak, oluşabilecek karmaşayı ve gecikmeyi engelleyecek, geliştirilebilir ve gerçek hayatta kullanılabilir ve bu araçlarla ilgili verilerin yine kablosuz algılayıcı ağ sayesinde gerekli mercilere iletim yapısı önerilmektedir. Bu yapı geliştirilip uygulanabilir duruma getirilirse, ülkemizde özellikle büyük ve kalabalık şehirlerde faydalı olacaktır.

5. Kaynaklar

- [1] AFAD, “Türkiye’de Afet Yönetimi ve Doğal Kaynaklı Afet İstatistikleri,” 2018. URL: <https://www.afad.gov.tr/kitaplar> (Erişim tarihi: 2 Kasım 2019).
- [2] M. Kadioğlu, *Afet Yönetimi: Beklenmeyi Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek*, Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları, İstanbul, 2017.
- [3] F. Şenses, “Sunuş: Afetler ve Kalkınma Konusuna Toplu Bakış,” M. Tiryakioğlu (Ed.), *Afetlerle Kalkınma: Tecrübeler, Politikalar ve Beklentiler*, Efil Yayınevi, Ankara, ss. 17–34, 2016.
- [4] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “Wireless Sensor Networks – A Survey,” *Computer Networks*, vol. 38, pp. 393–422, 2002.
- [5] T. Soylu, “Kablosuz Algılayıcı Ağların Uygulama Alanları ve Bir Algılayıcı Düğüm Tasarımı,” Yüksek Lisans Tezi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Trakya Üniversitesi, 2012.
- [6] B. Dolay, “Kablosuz Sensör Ağlar,” 2023. URL: <https://e-bergi.com/y/kablosuz-sensor-aglari/> (Erişim tarihi: 11 Mayıs 2023).
- [7] Wikipedia, “Wireless Sensor Network.” URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network (Erişim tarihi: 10 Mayıs 2023).
- [8] Y. Shen and H. Ju, “Energy-Efficient Cluster-Head Selection Based on a Fuzzy Expert System in Wireless Sensor Networks,” *2011 IEEE/ACM International Conference on Green Computing and Communications*, Sichuan, pp. 110–113, 2011.
- [9] P. V. S. Reddy, “Fuzzy Conditional Inference and Application to Wireless Sensor Network Fuzzy Control Systems,” *2015 IEEE 12th International Conference on Networking, Sensing and Control*, Taipei, pp. 1–6, 2015.
- [10] A. E. Özdemir, “Orman Yangınlarının Erken Algılanması İçin Kablosuz Algılayıcı Düğüm Teknolojisi,” *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi*, Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, 2021.
- [11] G. Tuna, T. V. Mumcu, and K. Gulez, “Design Strategies of Unmanned Aerial Vehicle-Aided Communication for Disaster Recovery,” *Proceedings of High Capacity Optical Networks and Emerging/Enabling Technologies*, IEEE, Istanbul, Turkey, pp. 115–119, 2012.
- [12] E. Yulianto, P. Utari, and I. A. Satyawan, “Communication Technology Support in Disaster-Prone Areas: Case Study of Earthquake, Tsunami and Liquefaction in Palu, Indonesia,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 45, 101457, pp. 1–8, 2020.
- [13] Y. Xu, X. Chen, and L. Ma, “LBS Based Disaster and Emergency Management,” *The 18th International Conference on Geoinformatics: GIScience in Change*, Peking University, Beijing, China, June 18–20, 2010.
- [14] S. Doğru Dağın, “Mobil Sensörlerin Afet Anında Kullanım Alanları,” *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara, 25–28 Mart 2015.
- [15] TRTHABER, “Orman Yangınlarının Yüzde 89’u İnsan Kaynaklı,” 2023. URL: <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/orman-yanginlarinin-yuzde-89u-insan-kaynakli-557050.html> (Erişim tarihi: 9 Mayıs 2023).

- [16] Bimetri, "Orman Yangını Erken Uyarı Sistemi," 2023. URL: <https://www.bimetri.com/cozumler/orman-yangini-erken-uyari-sistemi/> (Erişim tarihi: 1 Mayıs 2023).
- [17] K. Sohraby, D. Minoli, and T. Znati, *Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols, and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2007.
- [18] NTV, "Kırılan Fayın Yıkıcı Etkisi Hatay'a 50 Saniye Sonra Ulaşmış," 2023. URL: <https://www.ntv.com.tr/turkiye/kirilan-fayin-yikici-etkisi-hataya-50-saniye-sonra-ulasmis> (Erişim tarihi: 2 Mayıs 2023).
- [19] J. A. Jamalipour, *Wireless Sensor Networks: A Networking Perspective*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, New Jersey, 2009.
- [20] J. Yick, B. Mukherjee, and D. Ghosal, "Wireless Sensor Network Survey," *Computer Networks*, vol. 52, no. 12, pp. 2292–2330, 2008.
- [21] HaberTürk, "Japonlar Depremi Erken Uyarı Sistemi ile Önceden Biliyor," 2023. URL: <https://www.haberturk.com/japonlar-depremi-ne-kadar-sure-once-biliyor-2862074> (Erişim tarihi: 13 Mayıs 2023).
- [22] C. Şahin and Ş. Sipahioğlu, *Doğal Afetler ve Türkiye*, 2. Baskı, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, 2003.
- [23] Vatan, "Taşkın Erken Uyarı Sistemi Kuruluyor!" 2023. URL: <https://www.gazetevatan.com/gundem/taskin-erken-uyari-sistemi-kuruluyor-hemen-uyarilacaklar-1396338> (Erişim tarihi: 12 Mayıs 2023).
- [24] S. Fang, L. D. Xu, Y. Zhu, J. Ahati, H. Pei, J. Yan, and Z. Liu, "An Integrated System for Regional Environmental Monitoring and Management Based on Internet of Things," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 2, pp. 1596–1605, 2014. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6725615>.
- [25] Elman, "Sel Erken Uyarı Sistemi," 2023. URL: <https://elmantech.com/ehs/> (Erişim tarihi: 15 Mayıs 2023).
- [26] O. Bozkurt and C. Erenoğlu, "Doğal Afetlerin Mühendislik Yapıları Üzerindeki Etkilerinin Yer Bilimleri Tabanlı Disiplinlerarası Bir Yaklaşımla Erken Uyarı Sistemi Tasarımı," *Lâpseki Meslek Yüksekokulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*, vol. 2, no. 3, p. 77, 2021.
- [27] A. Sofwan, M. Aghus, M. Ridho, and A. Goni, "Wireless Sensor Network Design for Landslide Warning System in IoT Architecture," *2017 4th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*, IEEE, 2017.
- [28] J. Zhi-Zhong, D. Simplot-Ryl, and V. C. M. Leung, "Ad Hoc Networks," *Second International Conference, ADHOCNETS 2010*, Victoria, BC, Canada, vol. 49, Springer, 2010.
- [29] L. Muduli, D. P. Mishra, and P. K. Jana, "Application of Wireless Sensor Network for Environmental Monitoring in Underground Coal Mines: A Systematic Review," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 106, pp. 48–67, 2018.
- [30] Y. Aydın and K. Barış, "Yeraltı Kömür Ocaklarında Gaz İzleme Ağları: Sensör Ölçümlerinin ve Konumlarının Doğruluğunun Analizi," *Madencilik*, vol. 54, no. 2, pp. 19–32, 2015.
- [31] C. Skjöldebrand, "Infrared Heating," in R. Richardson (Ed.), *Thermal Technologies in Food Processing*, Boca Raton, Florida, pp. 208–227, 2001.
- [32] FMUSER, "IR Sensör Nedir: Devre Çalışması," 2023. URL: <https://tr.fmuser.net/wap/content/?21028.html> (Erişim tarihi: 8 Mayıs 2023).
- [33] X. Y. Li, L. S. Yan, W. Pan, and B. Luo, "Secure and Robust DV-Hop Safety Localization Based on the Vector Refinement Feedback Method for Wireless Sensor Networks," *The Computer Journal*, vol. 60, no. 6, pp. 810–821, 2017.
- [34] S. Phoemphon, C. So-In, and N. Leelathakul, "Optimized Hop Angle Relativity for DV-Hop Safety Localization in Wireless Sensor Networks," *IEEE Access*, 2018.
- [35] S. Frigerio, L. Schenato, G. Bossi, M. Cavalli, M. Mantovani, G. Marcato, and A. Pasuto, "A Web-Based Platform for Automatic and Continuous Landslide Monitoring: The Rotolon (Eastern Italian Alps) Case Study," *Computers & Geosciences*, vol. 63, pp. 96–105, 2014.
- [36] T. Suzuki, R. Sugizaki, K. Kawabata, Y. Hada, and Y. Tobe, "Autonomous Deployment and Restoration of Sensor Network Using Mobile Robots," *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 7, no. 2, pp. 105–114, 2010.

Özgeçmişler



Merve Babaoğlu, lisans eğitimini 2006–2010 yılları arasında Dumlupınar Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. Yüksek lisans eğitimini 2019–2021 yılları arasında Hasan Kalyoncu Üniversitesi Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamış olup, doktora eğitimine Atatürk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde devam etmektedir. Özel sektörde uzun yıllar yazılım geliştirme uzmanı olarak görev yaptıktan sonra, 2018 yılından itibaren Mardin Artuklu Üniversitesi'nde Öğretim Görevlisi olarak akademik hayatını sürdürmektedir.

Akademik ilgi alanları arasında yazılım mühendisliği, web teknolojileri, veri tabanı sistemleri, yapay zekâ, makine öğrenmesi, kablosuz algılayıcı ağlar ve afet yönetimi bilgileri teknolojilerinin kullanımı yer almaktadır. Araştırmalarında bilişim teknolojilerinin gerçek yaşam problemlerine uygulanmasına, veri odaklı yöntemlerin geliştirilmesine ve yenilikçi teknoloji çözümlerinin ortaya konulmasına odaklanmaktadır. Ayrıca öğrencilerin uygulamalı yazılım geliştirme becerilerini desteklemeye yönelik proje ve uygulama temelli çalışmalar gerçekleştirmektedir. Bulanık mantık, makine öğrenmesi, derin öğrenme, meta-sezgisel algoritmalar, optimizasyon algoritmaları ve veri bilimi başlıca araştırma alanları arasında yer almaktadır.