



COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Akıllı Şehir Rehberlik Uygulamaları Projesi

AKUSTİK ALGILAMA VE KONUM TESPİTİ

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

Tüm hakları saklıdır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni olmadan bu belgenin hiçbir kısmı elektronik ya da mekanik yollarla (fotokopi, kayıtların ya da bilgilerin arşivlenmesi, vs.) çoğaltılamaz.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı © 2024

AKUSTİK ALGILAMA VE KONUM TESPİTİ REHBERLİK KILAVUZU

Bu kılavuz, akıllı şehir uygulamalarından olan “Akustik Algılama ve Konum Tespiti” projelerini uygulamak isteyen kurum ve kuruluşlara, projenin geliştirme ve uygulama aşamalarında destekleyici rehber doküman olması amacıyla hazırlanmıştır.

Kılavuzda uygulamaya yönelik bir vaka üzerinden aşamalı ve detaylı olarak açıklama yapılmıştır.

Rehberlik kılavuzu ile uygulamanın projelendirilmesine ve fizibilite çalışmalarının yapılmasına destek olunması hedeflenmektedir.

1. Uygulamanın Tanımı

Akustik Algılama ve Konum Tespiti Sistemleri şehirler içerisine yerleştirilen mikrofon sistemlerinin şehir içerisinde meydana gelen anormal ses dalgalarının yakalanarak anormal ve/veya tehlikeli durumların anlık tespit edilerek bildirilmesine ve bu durumların gerçekleştiği konumun yüksek doğruluk oranı ile tespit edilmesine olanak sağlayan sistemlerdir.

1.1. Projenin Adı, Uygulama Yeri ve Süresi

- Projenin adı belirlenir.
- Projenin uygulama alanı, büyüklüğü ve yapısı belirlenir.
- Proje süresi belirlenir.
- Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamındaki Proje Fişleri hazırlanır.

Örnek Vaka	
Proje Adı	Akustik Algılama ve Konum Tespiti Projesi
Uygulama Alanı	1000 Ha yerleşim alanı – 200.000 kişi
Proje Süresi	Proje süresi 36 aydır.
Akıllı Şehir Proje Fişi, Akıllı Şehir Proje Yönetimi Standartları kapsamında hazırlanmış olup doküman www.akillisehirler.gov.tr adresinde yayınlanan Akıllı Şehir Bilgi Paylaşım Portalı'ndan erişilebilmektedir.	

1.2. Proje Teknik Bileşenleri

Akustik algılama ve konum tespiti projesinin teknik bileşenleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Yazılım geliştirme
- Veri toplama
- Donanımın yerleştirilmesi
- Deneysel çalışmalarla algoritmaların ve sistemin test edilmesi
- Kullanıcı arayüzünün geliştirilmesi
- Proje yönetimi

Bu proje, belirli bölgelerde olağanüstü durumlar meydana geldiğinde ilgili birimlerin uyarılması ve durum hakkında bilgilerin toplanmasını amaçlamaktadır. İlk adım olarak, şehrin güvenlik sorunu yaşanan bölgelerine ses ve görüntü alabilen yetenekli alıcılar yerleştirilmelidir.

Alıcıların üzerinde, küçük ve ekonomik bilgisayar çiplerine sahip bilgisayarlar olmalıdır.

Bu bilgisayarlar, olağanüstü durumları tespit edebilecek programlar çalıştıracaktır. Bu programlar, ortamda normalde olağan durumlar olarak kabul edilenleri tespit etmek ve öğrenmek için algoritmalara dayalı olacaktır.

Olağan durumların tespit edilmesi, zaman ve/veya frekans bölgesi kullanılarak yapılabilir. Bu iki yaklaşımın birlikte kullanılması, kararın daha etkin bir şekilde doğrulanmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda, olağan durumların "background detection" tipi algoritmalarla, özellikle görüntü işlemede kullanılan algoritmalara benzer şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, öğrenen algoritmalar da kullanılabilir.

Olağanüstü durumlar, anlık ve/veya kısa süreli ses sinyalleriyle olağan durumla karşılaştırılarak tespit edilebilir. Ayrıca, sisteme özel olarak belirli olağanüstü durumlar da eklenmelidir.

Akustik alıcının bulunduğu bölgedeki diğer alıcılarda da benzer durumlar varsa, bölgedeki kameralar devreye sokulabilir ve bilgiler toplanabilir. Gerekli birimler de uyarılır.

Olağanüstü durum tespit edildikten sonra, sınıflandırma algoritmaları devreye sokularak, tabanca sesi, insan çığı gibi durumların hangisine yakın olduğu tespit edilebilir.

Kameraların sürekli olarak devreye sokulmamasının nedeni, gereksiz görüntü bilgisi ile hatları doldurmamak ve görevlileri gereksiz yere meşgul etmemektir.

Bu sistemler, doğal felaketler sırasında çıkan sesler, trafik gürültüsü, kalabalık gürültüsü gibi olağanüstü durumlar tespit etmek için yazılım tarafında bazı ilavelerle kullanılabilir.

Donanım konusunda, akustik algılamanın standart durumlar için eşit yönlü yapılmasının ardından olağanüstü durum algılama yapılacak noktalarda yönlü algılamaya (elektronik yönlendirme) geçiş yapmak önemlidir. Bu durumda, ekonomik mikrofonlar kullanılarak ve en az 5 veya 6 mikrofondan oluşan bir mikrofon dizisi (microphone array) kullanılmalıdır. Bu donanımın maliyetini düşürmek için ise kart tasarımının yapılarak uygun maliyetli bir şekilde üretilmesi mümkündür.

1.3. Proje Girdileri

Akustik algılama ve konum tespiti için proje girdileri şunlardır:

- İş gücü
- Elektriksel ve mekanik sarf malzemesi harcamaları, kart tasarımı yapıldıktan sonraki kartların üretilmesi için gerekli harcamalar
- Anten dizilerinin bulunacağı yerlerin ayarlanması, yerleştirilmesi, haberleşme ağına bağlanması ile ilgili çalışmalar
- Merkez istasyonunun oluşturulması (yerinin ayarlanması, donanım ve yazılım giderleri), gerekli bilgisayar, ekran gibi donanım ve yazılım için yapılacak harcamalar, kameralı sistemle bağlantıların oluşturulması
- Proje yönetiminin, projede çalışacak mühendisler ve teknisyenlerin ayarlanması
- Projenin yapılacağı yerin bulunması, gerekli donanım, elektronik ve mekanik laboratuvarın hazırlanması, proje elemanlarının ve yönetim ofisinin bilgisayarlarının satın alınması, ofis eşyalarının ayarlanması ile ilgili giderler
- Proje gereksinimlerinin net bir şekilde ifade edilmesi, proje tamamlandığında bu gereksinimlerin tam olarak yapıp yapılmadığının nasıl kontrol edileceğine yönelik önerilerin hazırlanması

1.4. Beklenen Çıktılar

Akustik algılama ve konum tespiti için proje çıktıları şunlardır:

- Konum verileri
- Ses verileri
- Sinyal gücü
- Mesafe tahmini
- Yön tespit
- Veri görselleştirme
- Sonuçların yorumlanması
- Alarmlar ve bildirimler

1.5. Projenin Performans Göstergeleri

Akustik algılama ve konum tespiti projelerinde, projenin başarı düzeyini ve performansını değerlendirmek için kullanılan performans göstergeleri aşağıda sıralanmıştır:

- Algılama Doğruluğu: Projede algılanan nesnelerin veya kaynakların doğru bir şekilde tespit edilme oranı. Yani, gerçek nesnelerin kaçının doğru bir şekilde algılandığı.
- Konum Tespiti Hassasiyeti: Algılanan nesnelerin konumunun gerçek konumla ne kadar yakın olduğunu gösteren hassasiyet ölçüsü.
- Yanlış Pozitifler (False positive): Algılama sırasında gerçekte olmayan nesnelerin yanlışlıkla algılanma oranı.
- Yanlış Negatifler (False negative): Algılama sırasında gerçek nesnelerin algılanmama oranı.
- Gerçek Zamanlı İşleme: Projede elde edilen verilerin gerçek zamanlı olarak işleme kapasitesi.
- Çalışma Hızı: Algılama ve konum tespiti işlemlerinin ne kadar hızlı gerçekleştirildiği.
- Çoklu Kaynak Ayırıştırma: Birden fazla ses kaynağının doğru bir şekilde ayırıştırılma yeteneği.
- Enerji Verimliliği: Projede kullanılan donanım ve algoritmanın enerji verimliliği.
- Ortam Koşullarına Uygunluk: Projenin farklı ortam koşullarında (örneğin gürültülü veya zorlu hava koşullarında) nasıl çalıştığı.
- Veri Toplama ve Depolama: Elde edilen verilerin doğru bir şekilde toplanması ve depolanma kapasitesi.
- Güvenilirlik ve Sağlamlık: Projenin uzun süreli kullanımda ne kadar güvenilir olduğu ve sağlam yapıya sahip olup olmadığı.
- Hatalı Alarm Oranı: Projenin yanlış tespitlerin ne sıklıkta yapıldığı.

2. Proje Kapsamı ve Gerekçe

2.1. Proje Kapsamı

Akustik Algılama ve Konum Tespiti projesi kapsamında şehirlerde anormal durumların anlık olarak tespit edilmesi ve buna ek olarak anormal durumun gerçekleştiği konumun yüksek doğruluk oranları ile belirlenmesi amaçlanmaktadır. Projede bu amaç doğrultusunda şehirler içerisinde dağınık mikروفon sistemlerinin yerleştirilmesi, akustik sistemlerin yönetildiği bir merkez geliştirilmesi kapsamaktadır.

2.2. Proje Gerekçesi

Günümüzde şehirlerde yaşayan insan nüfusu kırsal kesimlere kıyasla artmaya devam etmektedir, bu da birim alanda yaşayan insan yoğunluğunu yıllar içerisinde çok yüksek bir seviyeye taşıyacaktır. Bu nedenle de yoğunluğu artan şehirler içerisinde anormal ve/veya tehlikeli durumların görülme olasılığını

artırmaktadır. Bu gibi durumların anında tespit edilmesi ve olası zararların önüne geçilebilmesi amacı ile gelişmiş anlık tehlikeli durumların tespitini ve konum tespitini sağlayacak teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Amaçlar:

Akustik algılama ve konum tespiti projelerinin temel amacı, ses veya akustik sinyalleri analiz ederek nesnelerin veya kaynakların konumlarını tespit etmektir. Bu tür projelerde, ses dalgaları ve akustik sinyaller, uygun sensörler veya mikrofonlar aracılığıyla algılanır ve elde edilen veriler analiz edilir. Analiz süreci, sesin kaynağından sensöre olan mesafeyi ve sinyalin geldiği yönü belirlemeyi içerir. Ayrıca olağanüstü durumlarda görevlilerin uyarılması, durumun yer bilgisi, durum hakkında sınıflandırıcı bilgi verilmesi, durum hakkında bilgi toplanması, bu bilgilerin merkeze iletilmesi, sistemin kendi performansını zamanla öğrenerek artırması da bu projelerin önemli amaçlarından.

Akustik algılama ve konum tespiti projelerinin bazı temel amaçları şunlardır:

- Nesnelerin veya kaynakların konumlarını tespit etmek
- Güvenlik ve izleme uygulamalarında tehlikeli durumları algılamak
- Askeri amaçlar için düşman veya tehdit konumlarını belirlemek
- Denizaltı tespiti ve izleme
- Endüstriyel ortamlarda arızaları veya hatalı işleyişi tespit etmek
- Deniz ve okyanus ortamlarında denizaltılar ve deniz canlılarını izlemek
- Sesli komut sistemlerinde insan sesini algılayarak cihazları kontrol etmek
- Çevre izleme projelerinde doğal afetleri veya çevresel değişiklikleri tespit etmek

Hedefler:

Akustik algılama ve konum tespiti projelerinin hedefleri şunlardır:

- Nesnelerin veya kaynakların konumunu tespit etmek
- Doğruluk ve hassasiyet sağlamak
- Gerçek zamanlı işleme yapmak
- Veri analizi ve yorumlamayı kolaylaştırmak
- Çoklu kaynak ayrıştırma yapmak
- Enerji verimliliğini artırmak
- Farklı ortam koşullarına uygunluk sağlamak
- Geniş uygulama alanına sahip olmak
- Olağanüstü bir durum oluştuğunda sistemin devreye girip bilgi toplama işlemini yaparken %95 performans ile çalışmasını sağlamak

2.3. Mevcut Durum

Proje konusu ile ilgili dünyada mevcut durumun tespiti

- Akustik algılama ve konum tespiti uygulamalarına yönelik dünyadaki güncel trendler incelenir.
- Bu trenlere bağlı güncel teknoloji, yazılım, otomasyon, ekipman, yapı, ürün vs. incelenir.

Proje konusu ile ilgili Türkiye’de mevcut durumun tespiti

- Türkiye’deki mevcut akustik algılama ve konum tespiti uygulamaları incelenir.
- Proje için gerek duyulan alanlarda hizmet alınabilecek firmalar belirlenir.

Daha önce yapılan çalışmaların başarı-başarısızlık durumlarının tespiti

- Bu uygulamaları gerçekleştiren kurum ve firmalarla bilgi-tecrübe-fikir alışverişi yapılır.
- Başarılı süreçler arasında kıyaslama yapılarak bölge için en uygun teknoloji, yapı, ekipman, otomasyon, yöntem ve ürün belirlenir.
- Süreç içerisindeki karşılaşılan olumlu ve olumsuz durumlara dair bilgi notları hazırlanır ve bilgi havuzuna eklenir.

Literatür Araştırması

Günümüzde akustik algılama ve konum tespiti, geniş bir uygulama yelpazesine sahip önemli bir teknoloji alanıdır. Bu alandaki uygulamalar ve projeler, nesnelerin veya kaynakların ses sinyallerini analiz ederek konumlarını tespit etmeyi ve olağanüstü durumları belirlemeyi hedefler. Akustik algılama ve konum tespiti teknolojisi, güvenlik, endüstri, askeri, denizcilik, çevre izleme ve daha birçok alanda çözümler sunar. Projeler, akustik sensörler, veri analiz algoritmaları ve iletişim sistemleri kullanarak, ses verilerinin gerçek zamanlı işlenmesini ve etkili sonuçların sağlanmasını amaçlar. Gelişen teknoloji ve veri analitiği alanındaki ilerlemeler, akustik algılama ve konum tespiti uygulamalarının daha da güçlenmesine ve çeşitlenmesine olanak tanımaktadır. Bu bölümde dünya çapından çeşitli uygulama örnekleri incelenmektedir.

Temko ve diğerleri, çalışmalarında bir üniversitenin ders odasında kullanılmak üzere akustik olay tespiti ve sınıflandırma sistemlerinin değerlendirildiği bir vaka analizini içermektedir. Çalışmanın amacı, çeşitli akustik olayları doğru bir şekilde tespit etmek ve sınıflandırmak için farklı görevler üzerinde farklı sistemlerin performansını değerlendirmektir. Üç farklı katılımcıdan gelen ön çalışma sistemleri, Frekans Filtreleme ve SVM (Support Vector Machine, Türkçesi Destek Vektör Makinesi) gibi ayırıcı yaklaşımlar ile MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients, Türkçesi Mel Frekans Kepstrum Katsayıları) ve HMM (Hidden Markov Model, Türkçesi Gizli Markov Modeli) gibi üretken yaklaşımlar kullanılarak

incelenmiştir. Sonuçlar, farklı sistemlerin farklı görevlerde daha etkili olduğunu göstermiş ve akustik olay tespiti alanındaki araştırmalara rehberlik etmiştir [1].

Bir diğer çalışma, akıllı şehir modelinin daha fazla şehirde benimsenmesini sağlayabilecek Mobil Kalabalık Algılama (MCS) adı verilen yeni bir sensör verisi toplama yöntemini tartışmaktadır. MCS, akıllı telefonlardaki entegre sensörlerden veri akışı toplamaya izin verir ve pahalı ekipman veya uzman teknisyen gerektirmez. Platform, bir Android tabanlı mobil uygulama ve Web tabanlı bir uygulama içerir. Mobil uygulama, akustik ölçümleri toplamak için akıllı telefon mikrofonlarını kullanırken, Web uygulaması şehir yöneticilerine Gürültü Azaltma Müdahaleleri'nin (NRIs) önerilmesini sağlar. Çalışma, MCS tabanlı platformun geliştirilmiş bir versiyonunu sunarken, özellikle şehir yöneticilerine yönelik uygulamaların pratik kullanımını vurgulamaktadır [2].

Bu çalışmada, akustik olayların sınıflandırılması için bir proje kapsamında akıllı ev ve sağlık alanlarında bir deney yapılmıştır. On farklı akustik olay tanımlanmış ve kullanılan öznelikler arasında enerji, perde, spektral, MFCC'ler ve LSP (Line Spectral Pairs, Türkçesi Spektral Çizgi Genişliği) özellikleri (430 özellik) yer almaktadır. En uygun öznelik setini belirlemek amacıyla çeşitli sınıflandırıcılarla araştırma yapılmış ve en iyi sonuç %92,50 F-Ölçüsü ile elde edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, gerçek zamanlı bir akustik olay algılama sistemi uygulamak ve gerçekçi ortamlarda test etmektir. Ayrıca görsel ve işitsel bilgilere dayalı nesne lokalizasyonu ve takibi de yapılmayı planlamaktadır [3].

Konut ve kent içi uygulamaların yanında akustik algılama teknolojileri pek çok alanda faydalı bir biçimde kullanılabilir. Örneğin, bir çalışmada, büyük miktarda ses verisini otomatik olarak işlemenin önemine vurgu yapılmıştır. Gerçek dünya senaryolarında kullanılmak üzere, otomatik alan kayıtları analizi için geliştirilen bir yöntem önerilmiştir. Geleneksel GMM tabanlı çerçeveden sonra, hesaplama taleplerini azaltmak ve sınıflandırma doğruluğunu iyileştirmek amacıyla olay enerjisine dayalı bir eleme prosedürü kullanılmıştır. Ayrıca, kuş türlerini tanımak için yeni bir olay seviyesi özelliği çıkarılmıştır. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin, yaygın olarak kullanılan MFCC'ler artı HMM'ler yaklaşımına göre benzer tanımlama performansı ve uygun olmayan akustik olaylar için daha sağlam olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, otomatik alan kayıt analiz teknolojilerinin akustik izleme uygulamalarında yaygın kullanımını teşvik etmek için daha uygun bir yöntem sunmaktadır [4].

Dağıtık Akustik Algılama (Distributed Acoustic Sensing, kısaca DAS), geleneksel sismik enstrümanlar için zorlu yerlerde (örn. kentsel alanlar, okyanuslar ve gezegenler) geniş açıklıklı, sürekli çalışan ve yoğun sismik dizilimler kurmak için uygun maliyetli ve ölçeklenebilir bir yöntemdir. Bu teknoloji, kaynak arama, üretim jeofiziği, depremler, gezegenin derin yapısı ve sismik tehlikelerin anlaşılması gibi birçok sismoloji uygulaması için yeni fırsatlar sunmaktadır. DAS ağları, özel fiber kablolarına veya mevcut telekomünikasyon fiber kablolarına sahip olarak, mikrosismite tespiti, sığ havza yapılarının

haritalanması, Dünya yapısındaki değişikliklerin izlenmesi ve sismik mikrobölgeleme gibi güçlü potansiyellerini göstermiştir. DAS teknolojisi sürekli olarak gelişmekte olup, daha uzun sorgulama aralıkları, daha yüksek hassasiyet ve daha düşük gürültü elde etmek için yeni sorgulayıcı ünite tasarımları ve özel fiberler kullanılmaktadır. DAS ağlarının veri depolama ve paylaşımı, enstrüman tepkisinin anlaşılması gibi bazı zorluklar olsa da, DAS ağları gelecekte çok ölçekli sismik ağların önemli bir bileşeni olacaktır ve farklı türde sensörlerle entegre edilerek önemli jeofizik sorunlarının çözümünde kullanılacaktır [5].

Türkiye'de ise, akıllı şehirler çerçevesinde henüz böyle bir akustik algılama ve konum tespiti sistemi bulunmamaktadır. Ancak askeri amaçlar için namı patlama sesi ve şok dalgası üzerinden keskin nişancıların yerini tespit etmeyi hedefleyen bir proje Savunma Sanayii Başkanlığı (SSB) tarafından başlatılmış ve Aselsan ile Havelsan gibi şirketler bu projeye katılmıştır. Bu yarışmada, Aselsan tarafından geliştirilen sistem projeyi kazanmıştır. Ancak Havelsan'ın ürettiği sistem, akıllı şehir projelerinde kullanım için daha uygun bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Bunun sebepleri arasında uygun maliyet, akustik dizilerin kullanılması için veri toplama kart tasarımı gibi faktörler bulunmaktadır [6].

Son olarak, projenin bağlantılı olduğu alanlar aşağıdaki gibidir:

- Akustik
- Elektronik
- Sinyal işleme
- Mekanik tasarım
- Yapay zekâ

2.4. İhtiyaç Analizi

Projeye duyulan ihtiyacı ortaya koyan verilerin incelenmesi

Bugün dünyada ve ülkemizde optik kameralarla benzeri sistemlerin kurulu olduğu düşünülürse, bu sistemlere ek olarak akustik işaretlerin birlikte kullanılması, bu tip sistemlerin performansını artırdığı düşünülmektedir.

Öncelikle, kameralardan bilgi edinilemediği durumlarda akustik diziler çok açıklayıcı bilgi verebilir.

Sistemin başarısı, hangi akustik olayların tanımlandığına (adedine), sistemin sinyal işleme kapasitesine, birden fazla akustik dizinin devreye sokulup sokulmadığına, sistemin eğitiminde yeterli veri kullanılıp kullanılmadığına (bazen yeterli veri olmayabilir) ve benzeri durumlara bağlı olarak değişebilir. Ancak performansın artacağı söylenebilir.

Özetle, optik kameralarla beraber kullanılan akustik algılama sistemleri ile konum algılama çalışmaları ve kentin güvenliği için yapılacak girişimlerin daha başarılı olacağı düşünülmektedir.

Proje ile ilgili beklentiler ve paydaşlara sağlanan faydalar ile çözüm getirilen problem ve sıkıntıların tespiti

Optik kameralardan alınan görüntülere akustik bilgi eklenince ortam bilgisi daha yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Kameralarda herhangi bir olağanüstü durum olmadığında akustik işaretler aracılığıyla tehlikeli bir durum tespit edilebilir. Yönlü akustik antenlerin varlığı mekanik bir gimbal olmadan bu işin yapılmasını sağlamaktadır. Akustik sistemlerle elde edilen ek bilgi olayların değerlendirilmesine fayda sağlamaktadır. Akustik olarak elde edilen bilgilerin bilgisayarda kapladığı alan görüntü bilgisine göre çok daha küçüktür.

Projenin başarılı olmasını sağlayacak güçlü yönlerin ve başarısızlığa neden olabilecek zayıf yönlerin tespiti

• Güçlü Yönler:

- Güvenlik iyileştirmelerini sağlaması
- Trafik yönetimi ve planlaması konusunda trafik akışını izleyerek katkıda bulunması
- Olaylar ve acil durumlar hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayarak gereken müdahaleleri yapması ve toplum güvenliğini sürdürmesi
- Çevresel izleme yaparak çevresel faktörlerden güvenlik ihlali oluşturacak konulara kadar geniş alanlarda bilgi toplanmasını sağlaması
- Halk sağlığını korumak ve güvenliği sağlamak adına önem teşkil etmesi
- Enerji tüketimi ve atık yönetimi konularında veri toplayarak şehirleri daha sürdürülebilir hale getirmesi
- Şehir planlanmasında kullanıcı davranışlarına bağlı olarak kentsel alanların daha etkili biçimlerde tasarlanıp, kullanımının ihtiyaçlara göre geliştirilebilmesini sağlaması

• Zayıf Yönler:

- Yüksek gürültü duyarlılığı
- Doğruluk ve hassasiyet sorunları
- Sınırlı ölçeklenebilirlik
- Yansımalar ve yankılar
- Ortam koşullarının etkisi
- Veri analizi zorlukları
- Gizlilik ve güvenlik endişeleri
- Farklı kaynakların ayrıştırılması

- Enerji tüketimi sorunu
- Özel donanım ve altyapı gereksinimleri
- Konum kesinliğinde kısıtlamalar

2.5. Talep Analizi

Proje ile üretilecek ürünlere ve/veya sunulacak hizmetlere yönelik mevcut talebin tespiti

- Emniyet ve güvenlik güçleri ile belediyelerin bu noktada talebinin olabileceği düşünülmektedir.

Talebin gelecekteki gelişim potansiyeli ve talep için gelecek öngörülerin tespiti

- Geleceğe yönelik nüfus, ekonomi ve teknoloji öngörülerini dikkate alınarak hesaplamalar yapılır

3. Teknik Analiz ve Alternatif Teknolojilerin Değerlendirilmesi

Fiziki/Mekânsal Büyüklük

- Proje çalışmalarının yürütüleceği, sistemlerin kontrol edileceği bir merkezin gereksinimleri projenin başında yapılacak analiz ile belirlenir.

Kapasitenin Belirlenmesi

- Sistemi çok büyük şehirlerde kurmak mümkündür, ancak ilk aşamada daha küçük şehirlerde kurulum yapılarak başlanması, burada elde edilen bilgi birikimine dayanarak daha büyük şehirlerde kurulum yapılması önerilmektedir.

Yapısal Proje Gereksinimleri

Akustik algılama ve konum tespiti projelerinin yapısal proje gereksinimleri, projenin başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan donanım ve altyapı unsurlarını içerir. Bu gereksinimler, projenin kapsamına ve hedeflerine bağlı olarak farklılık gösterebilmesine rağmen basitçe aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- **Sensörler:** Akustik algılama ve konum tespiti için kullanılacak uygun özelliklere sahip mikrofonlar veya akustik sensörler gereklidir. Sensörler, düşük gürültü seviyelerini yakalayabilme, geniş frekans aralığında çalışabilme ve doğru verileri toplayabilme yeteneklerine sahip olmalıdır.
- **Veri Toplama ve İşleme Birimi:** Projeden elde edilen akustik verilerin toplanması, ön işleme ve analiz edilmesi için uygun bir veri toplama ve işleme birimi gereklidir. Bu birim, yeterli bellek, işlemci gücü ve gerekli bağlantı arayüzlerine sahip olmalıdır.

- **Konum Tespiti Algoritması:** Akustik verileri kullanarak nesnelerin veya kaynakların konumunu belirlemek için geliştirilmiş bir konum tespiti algoritması gereklidir. Bu algoritma, doğru ve hızlı sonuçlar elde edebilecek şekilde optimize edilmelidir.
- **Güç Kaynağı:** Projenin uygulanacağı alana ve kullanılacak cihazların güç tüketimine bağlı olarak uygun bir güç kaynağı gereklidir. Bu, şebeke gücü, pil veya diğer enerji kaynaklarından olabilir.
- **Altyapı ve Montaj:** Sensörlerin doğru şekilde yerleştirilmesi ve monte edilmesi için uygun altyapı ve montaj gereksinimleri düşünülmelidir. Bu, sensörlerin doğru konumda ve yönde yerleştirilmesi için önemlidir.
- **Veri Depolama ve İletişim:** Proje sonucunda elde edilen verilerin depolanması, analiz edilmesi ve gerektiğinde iletişim için uygun bir veri depolama ve iletişim yöntemi gereklidir.
- **Çevresel Faktörler:** Projede kullanılacak cihazların ve donanımın çevresel faktörlere dayanıklı olması önemlidir. Özellikle açık hava veya zorlu çalışma koşullarında projenin başarılı bir şekilde çalışması için uygun dayanıklılık ve koruma sağlanmalıdır.
- **Test ve Doğrulama:** Projede kullanılacak cihazların ve algoritmanın doğru bir şekilde çalıştığından emin olmak için test ve doğrulama süreçleri gereklidir. Bu, projenin güvenilir ve etkili sonuçlar üretmesini sağlar.
- **Yasal ve Düzenleyici Uyumluluk:** Projenin uygulanacağı alanlarda gerekli yasal ve düzenleyici gereksinimlere uyum sağlamak önemlidir, özellikle gizlilik ve güvenlikle ilgili konularda.

Bu yapısal proje gereksinimleri, akustik algılama ve konum tespiti projelerinin başarılı bir şekilde planlanması ve uygulanması için temel unsurları içerir. Her projenin kendi özel gereksinimleri olabilir, bu nedenle projenin özelliklerine göre gereksinimlerin belirlenmesi önemlidir.

Otomasyon ve Donanım Gereksinimleri

- Veri Toplama Otomasyonu
- Veri İşleme Otomasyonu
- Konum Tespiti Algoritması
- Farklı Kaynakların Ayrıştırılması
- Gerçek Zamanlı İşleme
- Akustik Sensörler
- Veri Toplama Birimi
- İşlemci ve Bellek
- Güç Kaynağı
- Veri Depolama Birimi
- Harici Arabirimler

Alternatif teknolojiler nelerdir? Karşılaştırma yapınız.

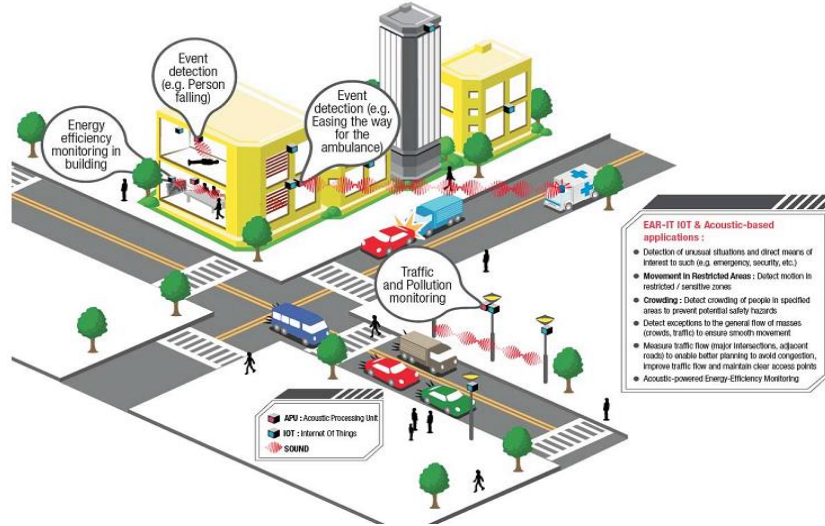
Bu sisteme alternatif olarak optik kameralı sistemlerden söz edilebilir. Optik kameraların olduğu sistemler çok fazla bilgiyi işleyerek sonuca giderler. Ancak içerdikleri bilgi içerisinde akustik bilgi bulunmamaktadır. Böyle sistemlerin tamamlayıcı sistemler olarak kullanılması gerektiği düşünülmektedir.

Teknoloji seçiminin dayandığı kriterler nelerdir? Açıklayınız.

- 1) Teknoloji yeni mi?
- 2) Teknoloji yerli mi?
- 3) Teknoloji yerli değilse yerleştirilebilir mi?
- 4) Mikrofon dizileri maliyetli mi yoksa çok sayıda daha ekonomik olacak şekilde mi seçilmeli?

Teknik tasarım süreçlerini (süreç tasarımı, makine-donanım, inşaat işleri, arazi düzenleme, yerleşim düzeni vb.) açıklayınız.

Projenin hayata geçirilebilmesi için akustik kamera dizilerinin nispeten yüksek fakat optik kameralardan daha yüksek olmasına gerek duyulmayan yerlere monte edilmesi gerekmektedir. Bunların dışında proje tamamlandığında, 500 adet anten dizisi, uygun yerlere (yetkililer veya müşteri tarafından belirlenen yerler) yerleştirilecektir. Bu anten dizileri, merkezle kablosuz ve telefon hatları üzerinden iletişim kuracaktır. Anten dizilerinin yerleştirilebileceği olası yerler, aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

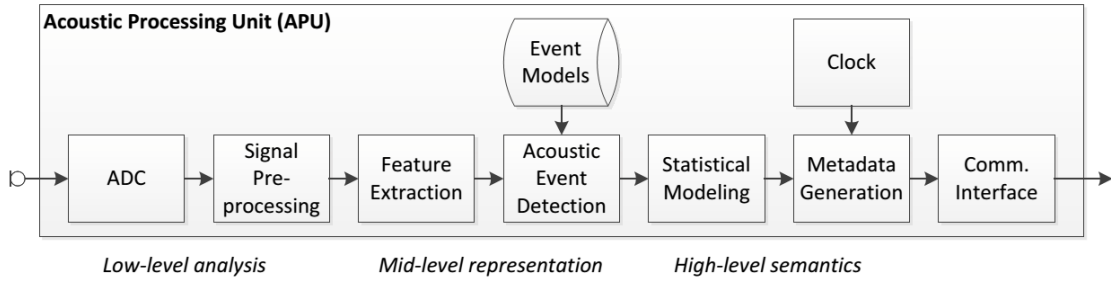


Şekil 1. Anten dizilerinin gösterimi [6]

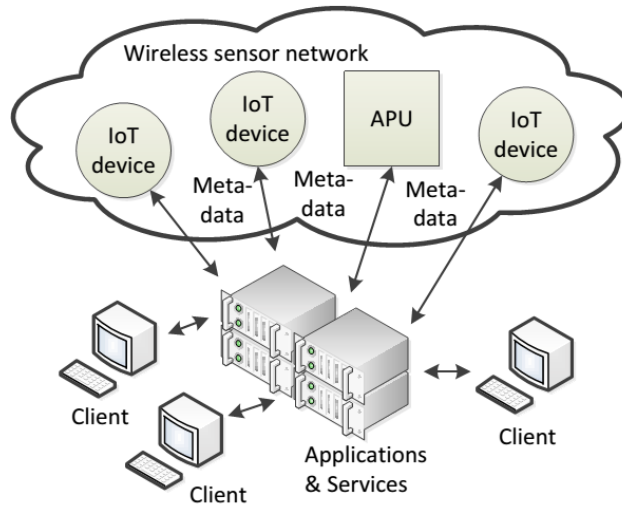
Yer istasyonu birimi ofis, yazılım ve donanımı kapsayacak şekilde hazırlanacak ve projenin sonunda belirlenen mekânda düzenlenecektir.

Yer istasyonu yazılımları, sistem bilgisayarlarına yüklenecektir. Bu yazılımlar, yer istasyonundaki görevlilere olağanüstü durumlar oluştuğunda otomatik olarak önemli bilgileri ve sorunun çıktığı bölgeyi

iletecek, müşterinin isteği gelmeden uyarılar ve bilgiler aktarılacaktır. Ayrıca, olağanüstü duruma ait bilgiler otomatik olarak depolanacak ve doğru tespitler daha sonradan sisteme yüklenecektir.

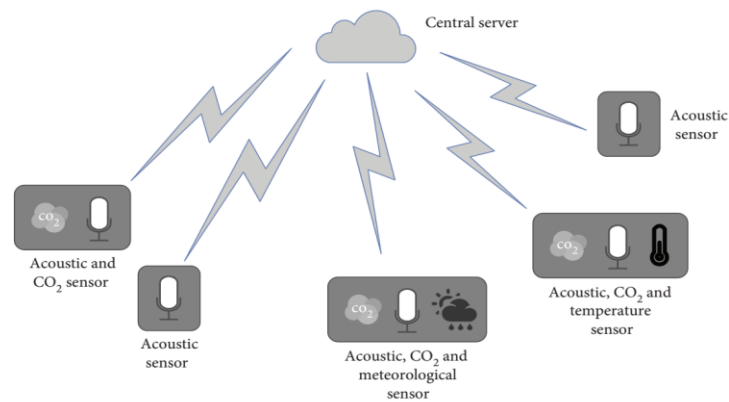


Şekil 2. Yer istasyonu sinyal işleme yapısı [6]



Şekil 3. Yer istasyonu bilgi akış gösterimi [6]

Kameralı sistem ile ortak çalışma sağlanacaktır. Her iki sistemden birbirlerine bilgi aktarımı yapılacaktır. Yerel birimler ve bilgi aktarımı konusunda aşağıdaki şekil bir fikir verebilir.



Şekil 4. Yerel birimler (basit ve karmaşık olanlar) [6]

Sistem, yangın, trafik, insan, silah sesi ve kalabalık gürültüsü gibi olağanüstü durumları %95 başarı ile doğru olarak otomatik bir şekilde tespit edebilir. Ancak, tanımlamayı daha da geliştirmek için arka plan gürültüsü ve SNR (sinyal-gürültü oranı) gibi faktörler eklemek gereklidir. Olağanüstü durumlar için uygun eşik değerlerinin belirlenmesi önemlidir. Proje başlangıcından itibaren veri toplanması, algoritmaların optimize edilmesi ve uygun parametrelerin bulunması, yanlış teşhisleri (yanlış pozitif ve kaçırılan pozitifler) minimize etmek için gereklidir.

Anten dizilerinin olduğu noktalarda, olağanüstü durumları tespit eden yazılımlar yüklü olmalıdır. Yazılımlar, güçlü ama ekonomik bir bilgisayar üzerinde çalışacaktır. Merkez istasyonu, problemlili durum tespit edildiğinde komşu noktaları ve ilgili kameralı istasyonları aktive edecek ve tüm bilgileri toplayarak son karar verici olarak çalışacaktır.

Ayrıca projenin zaman planı aşağıdaki tabloda görüldüğü şekilde şematize edilebilmektedir:

Tablo 1. Proje zaman planı [6]

	İlk 6 ay	İkinci 6 ay	Üçüncü 6 ay	Son 6 ay	Zorluk
Proje yönetimi					Orta
Algoritma geliştirme					Yüksek
Yer istasyonu tasarımı					Orta
Donanım çalışmaları					Yüksek
Sistemin yerleştirilmesi					Orta
Test çalışmaları					Orta

4. Finansal Analiz

Finansal analiz kapsamında yatırım bütçesi, işletim maliyetleri ve gelirler belirlenerek yatırımın geri dönüş süresi tespit edilmelidir.

Yatırım bütçesinin planlanmasında aşağıdaki maliyet kalemleri göz önüne alınmalıdır.

- Yerel istasyon malzemesi
- Altyapı
- Sarf malzemeler
- Teknoloji Transferi
- Test maliyetleri

İşletim maliyetlerinin hesaplanmasında aşağıdaki temel parametreler göz önüne alınmalıdır.

- Yıllık Elektrik Tüketimi
- Yetkin Çalışan Maliyeti

- Donanım Bakım-Onarım Maliyetleri

Örnek Vaka:

Finansal analiz kapsamında yatırım bütçesi, işletim maliyetleri ve gelirler belirlenerek yatırımın geri dönüş süresi tespit edilmelidir. **200.000** kişinin yaşadığı, **65.000 daire** bulunduran, **1000 hektarlık** alanı kapsayan bu projede, proje çalışmalarının yapılacağı ortam için 100 metrekarelik bir oda yeterlidir. Ancak projede, antenleri dahil olmak üzere sistemin montajının yapılacağı, malzemelerin depolanacağı yerler de dahil edilirse 200 metrekarelik bir oda yeterli olabilir.

Projenin iş paketleri aşağıdakilerden oluşmaktadır:

1. İş paketi 1 (İP1): Proje yönetimi,
2. İş paketi 2 (İP2): Algoritma geliştirme,
3. İş paketi 3 (İP3): Yer istasyonu tasarımı,
4. İş paketi 4 (İP4): Donanım çalışmaları,
5. İş paketi 5 (İP5): Sistemin yerleştirilmesi.

Ayrıca, proje bütçesi belirlenirken aşağıdaki maliyet kalemleri kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır:

- Projede görevlendirilecek;
 - 4 mühendis,
 - 3 teknisyen,
 - Bir yönetici,
 - Ve bir sekreteryaya.
- Malzeme maliyeti:
 - Projede değerlendirilecek 500 adet akustik anten için yaklaşık olarak;
 - 500 adet alıcı kartı,
 - 500 bilgisayar,
 - 500 elektronik malzeme,
 - 500 mekanik malzeme.
- Altyapı giderleri:
 - Çalışılacak ortamda kullanılacak alet ve malzemeler
 - Masa ve sandalye gibi mobilyalar
 - Mühendisler ve diğer personel için kişisel bilgisayar ve dizüstü bilgisayar
 - Yer istasyonu kurulumu için yapılacak harcamalar

- Sarf malzemesi
- Muhasebe ve avukat giderleri
- Bilgi aktarımı ile ilgili giderler
- Sistemin testleri için yapılacak çalışmalar
- 36 ay boyunca elektrik, su, ısınma, internet ve sarf maliyetleri

Bunlara göre tüm maliyet kalemleri aşağıdaki tabloda görüldüğü üzere özetlenebilir:

Tablo 2. Maliyet kalemleri*

	1-6 ay	7-12 ay	13-18 ay	19-24 ay	25-30 ay	31-36 ay	Toplam
Personel	\$84.759	\$84.759	\$84.759	\$84.759	\$84.759	\$84.759	\$508.553
Yerel istasyon malzemesi	\$0	\$0	\$0	\$0	\$897.620	\$0	\$897.620
Alt yapı	\$91.233	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$91.233
Sarf	\$5.886	\$5.886	\$5.886	\$5.886	\$5.886	\$0	\$29.430
Muhasebe ve avukat	\$7.358	\$7.358	\$7.358	\$7.358	\$7.358	\$7.358	\$44.145
Bilgi aktarımı	\$0	\$0	\$0	\$0	\$14.715	\$29.430	\$44.145
Test	\$0	\$0	\$0	\$14.715	\$14.715	\$14.715	\$44.145
Isınma +internet+ su+elektrik	\$4.709	\$4.709	\$4.709	\$4.709	\$4.709	\$4.709	\$28.253
Öngörülemeyen giderler	\$14.715	\$14.715	\$14.715	\$14.715	\$14.715	\$19.718	\$93.294
Toplam	\$208.660	\$117.426	\$117.426	\$132.141	\$1.044.476	\$160.689	\$1.780.819

*Hesaplanan bu maliyetler bu çalışmaların hazırlanmasında yardımcı dokümanların Ekim 2020 yılına ait fiyatlandırma verisine bağlı kalınarak listelenmektedir. Uygulamayı gerçekleştirecek olan yerel yönetimlerin, kendi fizibilite çalışmaları hazırlanırken hatalarla karşılaşmamak adına için bu bölümü yeniden güncellemeleri önerilir.

Yerel istasyonla ilgili alımlar 5. Altı aylık dönemde, yer istasyonu ile ilgili harcamaların çoğu ilk 6 aylık dönemde yapılacaktır. Diğer bütçe harcamaları proje süresine oldukça düzgün dağıtılmıştır.

5. Ekonomik Analiz

Akustik algılama ve konum tespiti projelerinin ekonomik etkileri aşağıdaki gibidir:

- Proje, kurulum masraflarından sonra ciddi anlamda işletme gideri olmayacak şekilde tasarlanmıştır. İlave istihdam getirmesi beklenmez, sadece yer istasyonunda bir görevli gerekebilir.

- Elektronik olarak yönlendirilebilen akustik dizinin bir maliyeti olacaktır. Yer istasyonu için ise ayrı bir maliyet gerekebilir veya mevcut sisteme ek yazılımlarla bu maliyet sıfırlanabilir.
- Sistem bir yıl içinde düzgün bir performans sergilerse şehir ve kasabalara yaygınlaştırılabilir. Ayrıca uygun şekilde düzenlenmiş hali sınır savunma ve güvenlik amaçları için de kullanılabilir.
- Başarılı bir sistem, yurt içinde kullanıldığı gibi ihracat potansiyeline sahiptir. Ayrıca, uygun değişikliklerle doğal hayatın korunmasında da kullanılabilir.

6. Sosyal Etkinin Analizi

Projenin sosyal açıdan birçok getirisinden söz edilebilir. Örneğin, sistemin sağlayacağı ek güvenlik olanakları ile bölge halkı daha fazla güven duygusuna sahip olacaktır. Bu durum hem akıllı sistemlere olan kabulün artmasında, hem de oluşturulan güvenli yaşam alanı ile bölge cazibesinin artmasına olumlu etkiler sağlayacaktır. Ayrıca sistemin doğal yaşamı koruma noktasında da fayda üreteceği düşünülmektedir.

7. Çevresel Etkinin Analizi

Önerilen çözümün topluma ve genel olarak çevrenin korunmasına sağlayacağı fayda olarak bilhassa yangın ve deprem gibi afet durumlarında, ilgili yerlere anında uyarı ve bilgi aktarımının yapılacağını söylenebilir. Bu açıdan çevrenin korunması yönünde olumlu bir etkiden söz edilebilir. Orman, dağ gibi yerlere kurulabilecek sistemin biraz değiştirilmiş hali doğal hayata insanlar tarafından yapılabilecek müdahaleleri anında önleyebilir.

8. Risk Analizi

Akustik Algılama ve Konum Tespiti Sistemlerinin geliştirilmesinin önünde risk teşkil eden konulara aşağıda örnekler verilmiştir. Bu örnekler kapsamında odaklanılan konulara yönelik ve bu örnekler haricinde siber güvenliğinin sağlanmasına yönelik risk analizlerinin yapılması gerekmektedir.

- İş gücü yetersizliği
- Ürünlerde dışa bağımlılık sebebi ile yaşanacak tedarik problemleri

9. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Projenin iş paketleri, sinyal işleme ve algoritma tasarımı, elektronik kartların tasarımı ve imalatı, yerel alıcıların yerleştirilmesi ve testler olarak belirlenmiştir. Yeterli bütçe ve kalifiye insan gücü mevcutsa, bu işlerin başarılı bir şekilde tamamlanması mümkündür. Projedeki en kritik iş, akustik ve kameralı

sistemlerin birleştirilerek ortak çalıştırılmasıdır. Her iki sistemin başarısının artırılması için bu çalışma gereklidir ve proje surecinde değerlendirilebilir.

10. Kaynakça

- [1] Andrey Temko, Robert Malkin, Christian Zieger, Dusan Macho, Climent Nadeu, Maurizio Omologo, “Acoustic Event Detection and Classification in Smart-Room Environments: Evaluation of CHIL Project Systems”, IV Jornadas en Tecnologia del Habla, Zaragoza, November 8 to 10, 2006.
- [2] Marco Zappatore, Antonella Longo, and Mario A. Bochicchio, “Crowd-sensing our Smart Cities: a Platform for Noise Monitoring and Acoustic Urban Planning”, Journal of Communications Software and Systems, vol. 13, no. 2, pp. 53 – 67, June 2017.
- [3] Hussein Hussein, Marc Ritter, Robert Manthey, Jan Schloßhauer, Etienne Fabian, Manuel Heinzig, “Acoustic Event Classification for Ambient Assisted Living and Healthcare Environments, ESSV Konferenz Electronische Sprachsignalverarbeitung, pp. 271 – 278.
- [4] Zhao Zhao, Sai-hua Zhanga, Zhi-yong Xu, Kristen Bellisario, Nian-hua Dai, Hichem Omrani, Bryan C. Pijanowski, “Automated Bird Acoustic Event Detection and Robust Species Classification”, Ecological Informatics, vol. 39, pp. 99–108, 2017.
- [5] Zhongwen Zhan, “Distributed Acoustic Sensing Turns Fiber-Optic Cables into Sensitive Seismic Antennas”, Seismol. Res. Lett. 91, 1–15, doi: 10.1785/0220190112, 2020.
- [6] TBTAK- TSSDE. (Ekim 2020). Esenler Belediyesi Akıllı Şehir Uygulamaları Fizibilite Projesi. Akustik Algılama ve Konum Tespiti Değerlendirme Raporu.