ÖZET

Yeraltı Madenlerinde Gaz Risklerinin Üç Boyutlu Mekânsal Analizi ve Yapay Zeka Destekli Erken Afet Tahmini

Bu buluş, yeraltı madenlerinde gaz birikimlerinin izlenmesine ve havalandırma sistemlerinin kontrol edilmesine yönelik bir siber-fiziksel sisteme ilişkindir. Sistem; maden ortamında hareket edebilen bir insansız hava aracı, söz konusu insansız hava aracı üzerinde konumlandırılmış gaz algılama sensörleri, üç boyutlu algılama birimleri, veri işleme ve haberleşme altyapısı ile madenin havalandırma sistemleriyle etkileşim hâlinde çalışan bir kontrol biriminden oluşmaktadır.

İnsansız hava aracı tarafından toplanan gaz ve mekânsal veriler, kablosuz haberleşme yoluyla bir yer istasyonuna iletilmekte ve elde edilen veriler doğrultusunda maden ortamındaki havalandırma sistemlerinin kontrol edilmesine yönelik teknik müdahaleler gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede gaz yoğunluklarının etkin şekilde yönetilmesi ve maden ortamındaki riskli bölgelerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Buluş, hareketli algılama platformu kullanımı ve havalandırma altyapısı ile bütünleşik çalışabilen yapısı sayesinde, yeraltı madenlerinde gaz izleme ve güvenlik uygulamalarına teknik bir çözüm sunmaktadır.

İSTEMLER

1. Yeraltı madenlerinde gaz izleme ve havalandırma kontrolüne yönelik bir sistem olup, özelliği; maden ortamında hareket edebilen bir insansız hava aracını (a) içermesi ve söz konusu insansız hava aracı (a) üzerinde, maden ortamındaki gazların algılanmasına yarayan en az bir gaz sensörü (1), aracın hareket etmesini sağlayan en az bir motor (2), sistemin enerji ihtiyacını karşılamaya yarayan bir batarya (3), ortamın üç boyutlu geometrik yapısının algılanmasına yarayan bir üç boyutlu algılama sensörü (4) ve sensörlerden elde edilen verilerin toplanmasına ve işlenmesine yarayan bir yerleşik bilgisayarın (5) bulunması ve insansız hava aracı (a) tarafından toplanan verilerin kablosuz haberleşme bağlantısı (b) aracılığıyla bir yer istasyonu ve havalandırma kontrol birimine (c) iletilmesi ve söz konusu yer istasyonu ve havalandırma kontrol birimi (c) üzerinden maden ortamındaki havalandırma sisteminin kontrol edilmesine imkân sağlaması ile karakterize edilir.

TARİFNAME

Yeraltı Madenlerinde Gaz Risklerinin Üç Boyutlu Mekânsal Analizi ve Yapay Zeka Destekli Erken Afet Tahmini

Teknik Alan

Bu buluş, yeraltı madenlerinde güvenliğin artırılmasına yönelik teknik sistemler alanına ilişkindir. Daha özel olarak buluş; yeraltı maden ortamlarında bulunan patlayıcı ve zehirleyici gazların üç boyutlu ve zamana bağlı dağılımının belirlenmesi, söz konusu dağılımların mekânsal olarak haritalandırılması ve elde edilen veriler kullanılarak potansiyel risk durumlarının önceden öngörülmesine imkân tanıyan, otonom hareket kabiliyetine sahip insansız hava aracı (İHA) tabanlı bir izleme ve analiz sistemine ilişkindir.

Buluş, otonom sistemler, sensör teknolojileri, üç boyutlu haritalama, siber-fiziksel sistemler, yapay zekâ destekli veri analizi ve maden güvenliği alanlarının kesişiminde yer almakta olup; özellikle GPS erişiminin bulunmadığı, dar, karmaşık ve yüksek risk barındıran yeraltı maden ortamlarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Tekniğin Bilinen Durumu

Yeraltı madenlerinde gaz kaynaklı risklerin izlenmesi amacıyla günümüzde ağırlıklı olarak sabit konumlu gaz sensörleri kullanılmaktadır. Bu sensörler, belirli noktalara yerleştirilmekte ve yalnızca bulundukları konumdaki gaz yoğunluklarını ölçebilmektedir. Söz konusu sistemler genellikle eşik değer temelli çalışmakta olup, gaz yoğunluğu önceden belirlenmiş kritik seviyelere ulaştığında uyarı üretmektedir.

Ancak sabit sensör tabanlı sistemler; madenin tüm hacmini temsil edecek şekilde veri sağlayamamakta, tavan ve taban seviyelerinde oluşan gaz birikimlerini eş zamanlı olarak algılayamamakta ve gazların mekânsal dağılımını üç boyutlu olarak değerlendirememektedir. Bu durum, özellikle metan gibi tavanda biriken ya da ağır gazların tabanda yoğunlaştığı senaryolarda ciddi güvenlik zafiyetlerine yol açmaktadır.

Literatürde ayrıca, giyilebilir gaz algılama cihazları ve IoT tabanlı taşınabilir sistemler geliştirilmiş olsa da bu çözümler yalnızca bireysel maruziyeti ölçmekte; maden genelinde hacimsel gaz dağılımı ve bölgesel risk analizi yapılmasına imkân tanımamaktadır. Öte yandan, bazı insansız hava aracı tabanlı sistemler geliştirilmiş olmakla birlikte bu sistemler çoğunlukla sınırlı gaz türlerini algılayabilmekte, sensörleri sabit konumda bulunduğundan yalnızca tek seviyede ölçüm yapmakta ve elde edilen verileri ileri düzey bir mekânsal ve zamansal analizden geçirememektedir.

Ayrıca bilinen sistemlerin büyük bir kısmı yalnızca ölçüm ve uyarı fonksiyonuna sahip olup, madenin havalandırma altyapısı ile entegre çalışan, aktif müdahale üretebilen ve yapay zekâ destekli öngörü mekanizması içeren bütünleşik bir yapı sunmamaktadır.

Buluşun Amacı

Bu buluşun temel amacı; yeraltı madenlerinde bulunan patlayıcı ve zehirleyici gazların yalnızca lokal ve tek seviyeli ölçümlerle değil, madenin tamamını kapsayacak şekilde üç boyutlu ve hacimsel olarak izlenmesini sağlayan, güvenilir, otonom ve sürdürülebilir bir teknik sistem geliştirmektir.

Buluşun bir diğer amacı; maden ortamındaki gaz yoğunluklarının zamansal değişimlerini de dikkate alarak, potansiyel risk durumlarının henüz kritik eşik değerlere ulaşmadan önce teknik olarak öngörülebilmesini mümkün kılmaktır. Bu sayede, mevcut sistemlerde sıklıkla karşılaşılan geç algılama sorunlarının önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

Ayrıca buluş; dar, karmaşık ve erişimi zor maden tünellerinde güvenli şekilde hareket edebilen, engellere uyum sağlayabilen ve sensör konumlarını dinamik olarak değiştirebilen bir İHA mimarisi sunarak, geleneksel sabit sensörlü ve sabit gövdeli dron sistemlerinin sınırlamalarını ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır.

Buluşun bir diğer amacı da, elde edilen üç boyutlu gaz verilerinin madenin mevcut havalandırma ve kontrol sistemleri ile entegre edilerek, yalnızca pasif izleme değil, aktif ve otomatik müdahale imkânı sunan bir siber-fiziksel sistem oluşturulmasıdır.

Buluşun Açıklamasında Yardımcı Şekiller

Şekil 1: Dron Şeması

Buluşun Açıklanmasına Yardımcı Referans Numaraları

1. maden ortamında bulunan gazların algılanmasına yarayan gaz sensörü,
2. insansız hava aracının hareket etmesine ve havada tutulmasına yarayan motor,
3. insansız hava aracının ve sistem bileşenlerinin enerji ihtiyacını karşılamaya yarayan batarya,

4. ortamın üç boyutlu geometrik yapısının algılanmasına yarayan üç boyutlu algılama sensörü (3D LIDAR),
5. sensörlerden elde edilen verilerin toplanmasına ve işlenmesine yarayan yerleşik bilgisayar

Şekil 2: CPS havalandırma sistemi

Buluşun Açıklanmasına Yardımcı Referans Numaraları

a. maden ortamında görev yaparak gaz verilerinin toplanmasına yarayan insansız hava aracı,
b. insansız hava aracı ile yer istasyonu arasında veri iletiminin sağlanmasına yarayan kablosuz haberleşme bağlantısı,
c. insansız hava aracından elde edilen verilerin alınmasına ve maden altyapısına aktarılmasına yarayan yer istasyonu ve kontrol birimi

Buluşun Açıklaması

Buluş, yeraltı madenlerinde bulunan zararlı ve patlayıcı gazların üç boyutlu ve zamana bağlı olarak izlenmesine, bu gazların mekânsal dağılımlarının belirlenmesine ve elde edilen veriler kullanılarak potansiyel risk durumlarının teknik olarak öngörülmesine imkân tanıyan otonom bir sistemdir. Sistem; otonom hareket kabiliyetine sahip bir insansız hava aracı, çoklu gaz algılama sensörleri, üç boyutlu haritalama birimleri, veri işleme altyapısı ve yapay zekâ destekli analiz modülünden oluşmaktadır.

Şekil 1' de şematik olarak gösterildiği üzere, buluş kapsamında geliştirilen sistemin merkezinde otonom hareket kabiliyetine sahip bir insansız hava aracı yer almaktadır. Söz konusu insansız hava aracı, yeraltı madenleri gibi GPS sinyalinin bulunmadığı ortamlarda çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Araç üzerinde, ortamın üç boyutlu geometrik yapısının çıkarılmasına olanak tanıyan algılama birimleri ile gaz ölçümüne yönelik sensörler birlikte konumlandırılmıştır.

İnsansız hava aracının gövdesine entegre edilen yenilikçi sensör konumlandırma sistemi kapsamında, gövdeden bağımsız olarak farklı yönlerde uzayıp kısalabilen hareketli sensör kolları bulunmaktadır. Bu kolların uç kısımlarında, oksijen, karbonmonoksit, karbondioksit, metan gibi gazları algılayabilen sensörler yer almaktadır. Bu yapı sayesinde sistem, maden tünelinin yalnızca tek bir seviyesinden değil; tavan, taban ve yan yüzeyler dâhil olmak üzere farklı yükseklik ve konumlardan eş zamanlı veri toplayabilmektedir.

Sistem, maden ortamında otonom olarak hareket ederken, algıladığı mekânsal ve gaz verilerini eş zamanlı olarak kaydeder ve işleme birimine iletir. Böylece madenin iç geometrisi ile gaz dağılımları birlikte değerlendirilerek, ortamın üç boyutlu ve hacimsel bir gaz haritası oluşturulabilir.

Şekil 2'de gösterildiği üzere, buluş yalnızca pasif bir izleme sistemi olmayıp, madenin mevcut altyapıları ile entegre çalışabilen bir siber-fiziksel sistem olarak yapılandırılmıştır. İnsansız hava aracı tarafından toplanan gaz yoğunluğu ve mekânsal veriler, yer istasyonunda işlenerek madenin kontrol ve izleme sistemlerine aktarılmaktadır.

Bu entegrasyon sayesinde, sistem tarafından riskli olarak değerlendirilen bölgelerde, madenin havalandırma altyapısına yönelik teknik müdahaleler otomatik veya yarı otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, belirli bir bölgede gaz yoğunluğunun artış eğilimi göstermesi durumunda, ilgili havalandırma fanlarının çalışma hızları ayarlanabilmekte veya hava yönlendirme elemanlarının konumları değiştirilebilmektedir.

Bu yapı, maden ortamındaki gaz birikimlerinin yalnızca tespit edilmesini değil, aynı zamanda kaynağında ve erken aşamada seyreltilmesini veya yönlendirilmesini mümkün kılarak, sistemin teknik etkisini artırmaktadır. Böylece buluş, klasik eşik temelli uyarı sistemlerinden farklı olarak aktif ve bütünleşik bir güvenlik yaklaşımı sunmaktadır.

Yapay zekâ destekli analiz modülü, sistemin temel teknik bileşenlerinden biridir. Bu modül, insansız hava aracı tarafından toplanan üç boyutlu gaz yoğunluğu verileri ile zamana bağlı değişimleri birlikte değerlendirerek potansiyel risk durumlarını öngörmeye yönelik olarak yapılandırılmıştır.

Yapay zekâ modülü, mekânsal verilerin analiz edilmesine imkân tanıyan çok boyutlu veri işleme yapıları ile zamansal değişimlerin değerlendirilmesini sağlayan ardışık veri analiz mekanizmalarını birlikte kullanmaktadır. Bu sayede sistem, gaz yoğunluklarının yalnızca anlık değerlerini değil, zaman içerisindeki artış, azalış ve dağılım eğilimlerini de teknik olarak analiz edebilmektedir.

Bu analiz sonucunda elde edilen çıktılar, maden ortamında oluşması muhtemel risk bölgelerinin belirlenmesine imkân tanır. Yapay zekâ modülü tarafından üretilen değerlendirmeler, sistemin havalandırma ve kontrol altyapıları ile etkileşime girerek gerekli teknik önlemlerin zamanında alınmasını destekler.

Teknik Etki

Yukarıda açıklanan yapı sayesinde buluş, yeraltı madenlerinde gaz kaynaklı risklerin yalnızca tespit edilmesini değil, bu risklerin mekânsal ve zamansal olarak değerlendirilmesini ve gerekli teknik müdahalelerin önceden planlanmasını mümkün kılmaktadır. Sistem, hareketli sensör konumlandırma yapısı, üç boyutlu veri toplama kabiliyeti ve yapay zekâ destekli analiz mekanizması ile bilinen çözümlerden teknik olarak ayrılmaktadır.

Toplanan tüm gaz ve konumsal veriler, yer istasyonuna anlık olarak aktarılmakta ve burada geliştirilen yapay zekâ modeli tarafından analiz edilmektedir. Yapay zekâ modeli; üç boyutlu mekânsal verileri analiz eden derin öğrenme tabanı ile zamansal değişimleri değerlendiren ardışık veri işleme yapısını birlikte kullanmakta olup, bu sayede risk eğilimlerini teknik olarak tahmin edebilmektedir.

Sistem ayrıca madenin havalandırma altyapısı ile entegre çalışacak şekilde yapılandırılmıştır. Yapay zekâ tarafından riskli olarak değerlendirilen bölgelerde, havalandırma fanlarının çalışması veya hava yönlendirme elemanlarının konumları otomatik olarak ayarlanabilmektedir.

Uzun süreli kullanımda sensör hassasiyetinin korunması amacıyla, sistemde otonom bir bakım ve kalibrasyon istasyonu da bulunmaktadır. Dron bu istasyona iniş yaptığında, sensör yüzeyleri temizlenmekte ve doğruluk kontrolleri otomatik olarak gerçekleştirilmektedir.

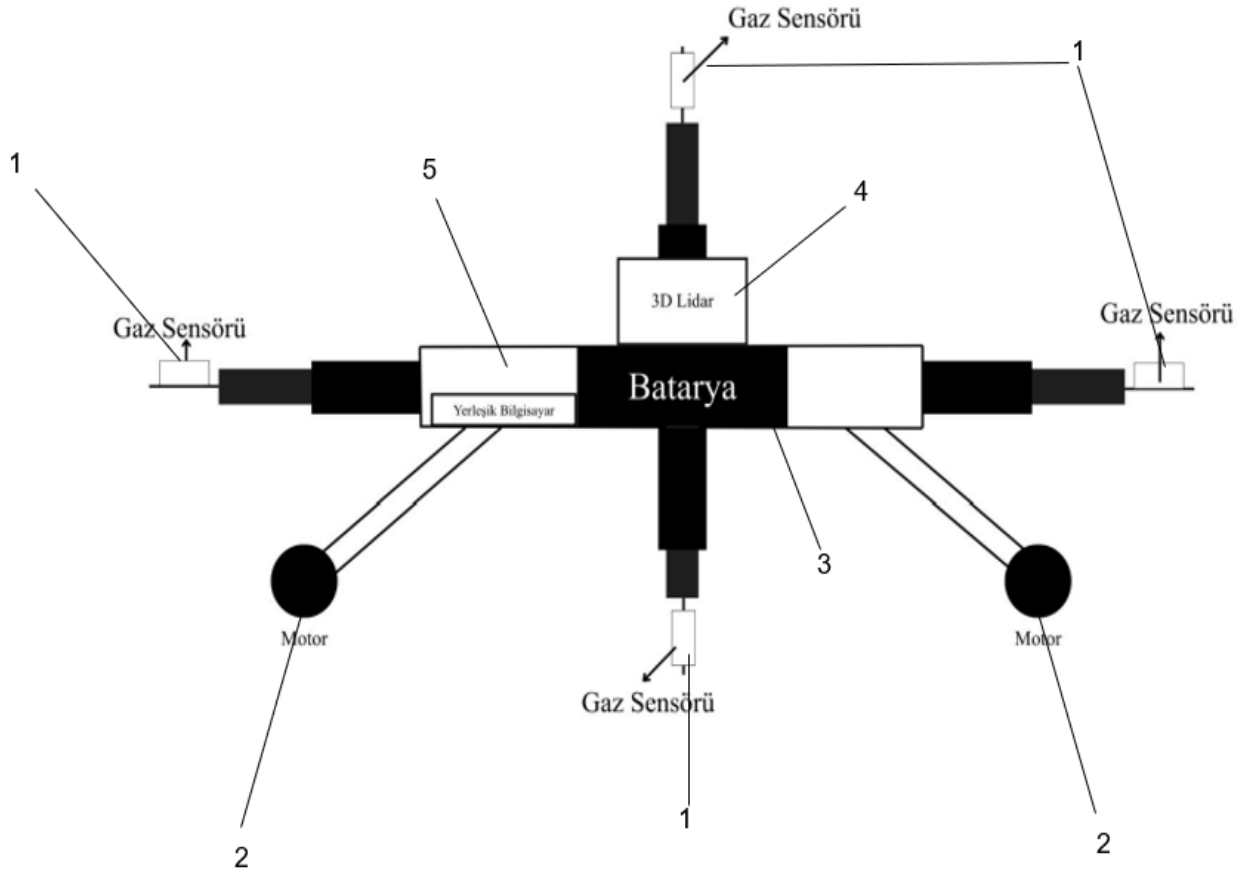
Buluşun Sanayiye Uygulanabilirliği

Buluş konusu sistem, özellikle kömür, linyit ve metal madenleri başta olmak üzere yeraltı madenciliği faaliyetlerinin yürütüldüğü tüm sanayi tesislerinde uygulanabilir niteliktedir. Modüler yapısı sayesinde farklı maden geometrilerine ve farklı gaz türlerine uyarlanabilmektedir.

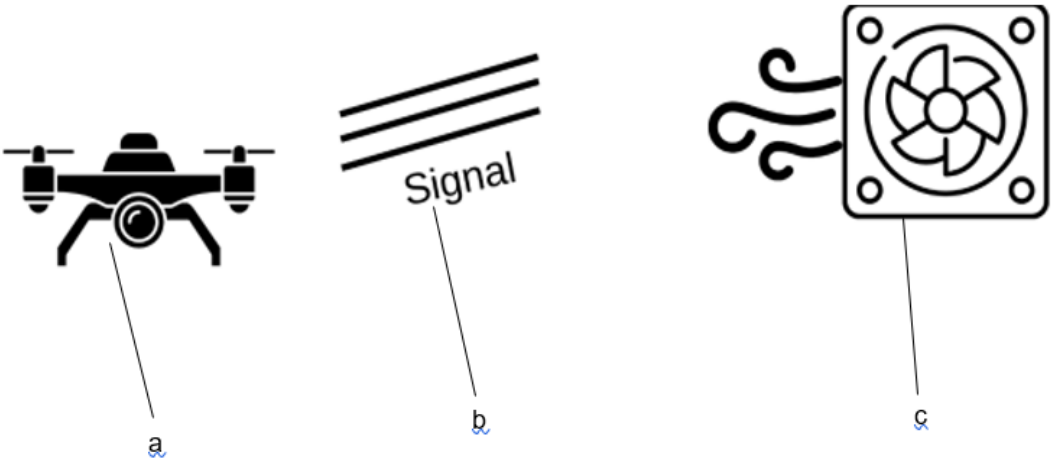
Sistem; mevcut maden altyapılarına entegre edilebilir olması, ticari olarak temin edilebilen sensör ve donanımlar kullanılarak üretilebilmesi ve yazılım tabanlı ölçeklenebilirliği sayesinde seri üretime ve endüstriyel kullanıma uygundur.

Ayrıca buluş; maden sahaları dışında, tüneller, metro hatları, doğal mağaralar ve kapalı endüstriyel alanlar gibi benzer risk profiline sahip ortamlarda da güvenlik ve izleme amaçlı olarak kullanılabilir.

Bu yönleriyle buluş, sanayiye uygulanabilir nitelikte olup, madencilik sektöründe güvenliğin artırılmasına yönelik teknik bir çözüm sunmaktadır.


Gaz Sensörü
1
1
5
4
3D Lidar
Gaz Sensörü
Gaz Sensörü
Batarya
Yerleşik Bilgisayar
3
Motor
Motor
Gaz Sensörü
1
2
2

Şekil – 1



Şekil – 2