

Mayın Algılama ve Tespit Teknolojileri

İkinci Dünya Savaşı kara mayınlarının, düşmanı istenen bölgeden uzak tutması, yön değiştirtmesi, geciktirmesi ve/veya düşman kuvvetlerini imha etmesi bakımından ne denli etkili bir silah olduğunu ortaya koymuştur. Aynı zamanda hatları ve destek birliklerini rahatsız eden karşı kuvvetleri demoralize eden araç olarak kullanılmış ve başarılı olunmuştur. Anti tank mayınları mekanize araç trafiğini engellerken, anti personel mayınları da bu anti tank mayınlarını korumada ve arazi, köprü gibi önemli noktaların savunulmasında kullanılmıştır. Bazı durumlarda da sınır hatları boyunca askeri ve sivil geçişlere engel olmak için kullanılmaktadırlar. Kara mayınları etkili ve ucuz silahlar olarak görülseler de masum sivillerin güvenliği için önemli birer tehdit unsurudurlar ve son yıllarda kamuoyunda bu konuda farkındalık artmış bulunmaktadır.



Mayınlar

Anti tank ve anti personel mayınları şekil ve büyüklük bakımından farklılık gösterdikleri gibi malzemeleri metal, plastik veya tahta olabilmektedir. Şekil ve boyut olarak çok farklılık gösterebilmektedirler. Ateşleme mekanizmalarıysa ayak sürçmesine duyarlı basit basınç ateşleyiciler, hileli dal/çubuk ateşleyicileri, sismik-akustik ateşleyiciler veya ışık ya da manyetik etkilere duyarlı ateşleyicilerden oluşabilmektedir. Farklı özellikli arazi- lere ve farklı derinliklere gömülebildikleri gibi yü- zeye saçılı, menfezlerde, bina içerisinde veya üzeri yüksek otlarla kaplı arazi şartlarında kullanılabil- mektedirler. Yandaki resimde farklı tip ve boyutta mayın örnekleri görülmektedir.

Anti tank mayınları genelde yassı silindirik şe- killi ya da yuvarlak köşeli dörtgenlerden oluşmak- tadır. Boyutluları, 150 ile 300 mm (çap), kalınlıkla- rı ise 50 ile 90 mm arasında değişmektedir. Patlayı- cı içerik ise genellikle TNT, CompB ya da RDZ'den oluşmaktadır. Anti personel mayınlarıysa kulla- nım derinliği değişken olup yüzeye aynı seviyede veya yüzeyden 150 mm derinliğe kadar olan bölge-



Halen yeryüzünde gömülü durumda, sayıları 110 Milyonu aşan farklı malzeme ve patlama tekniğine sahip, şekil ve patlayıcı içeriği farklı mayın bulunuyor.

ye gömülebilmektedirler. Anti tank mayınları genel- de askeri araçlar hedef gözetilerek araziye da- ğıtılır ve belli ağırlık veya manyetik dürtülere du- yarlı olmakla birlikte genelde belli bir plan çerçe- vesinde döşenmektedirler. Anti personel mayın- ları ve bubi tuzaklarıysa daha düzensiz dağıtırlar ve duyarlılıkları daha hassas silahlardır. Genellikle disk şeklinde ya da silindirik şeklinde olup 20 ile 125 mm(çap) ve yükseklikleri 50 ile 100 mm arasında değişmekte, ağırlıkları ise 30 g civarındadır ve patlayıcı içerik olarak genelde TNT, Tetrayl ve Comp B gibi farklı patlayıcı malzemeler kullanılmaktadır.

Dünyanın birçok sorunlu bölgesinde mayınlar sayısız can kaybına ve sakatlanmaya neden oluyor.





Farklı ülkelerin balistik koruma sağlayan mayın temizleme kıyafetleri ve farklı amaçlı mayın örnekleri.



GPR teknolojisi (GPR, Ground Penetrating Radar) tekniğine dayalı uzaktan kumandalı arazi tarama aracı.



Mekanik sistemler hızlı ancak güvensiz temizleme sistemleri olup daha çok askeri uygulamalarda tercih edilmektedir.



Sinsi düşman mayınlar, nadiren de olsa doğa tarafında göz ile ayırt edilebilir şekilde ortaya çıkabilmektedirler.

Mayın Temizleme

Bir askeri karşı mayın operasyonunda amaç sıklıkla kaba kuvvet kullanılarak da olsa mayınlı alanı olabildiğince çabuk aşmaktır. Hâlbuki daha düşük şiddetteki operasyonlarda durum biraz daha farklıdır. Süreç önce arazinin tanımlanması ile başlar ve daha sonra patlayıcıların, harman döver, silindir, saban ya da taraklama gibi yöntemler kullanılarak temizlenmesiyle devam eder. Burada birincil amaç birliklerin en az zayıyla güvenli geçişini sağlamak ve başlangıçta bir araç genişliğinde ve gerektiğinde uzun bir koridor açmaktır. Mayın temizleme sabanları geçiş hatları boyunca saklı mayınların ortaya çıkarılmasında yardımcı olur. Fakat kazılan toprak altında kalan ve gözden kaçabilen patlamamış artık mayınlar arkadan gelen personel için tehdit arz etmektedir ve riski göreceli olarak düşürmüş sayılmamaktadır. Savaş şartlarında bazen mayınlı bölgeler daha sonra gerek görülmesi halinde temizlenmek üzere işaretlenir ve çevresinden dolaşarak geçilir. Diğer taraftan sivil amaçlı mayın temizleme, askeri mayın temizlemeden çok daha zor ve tehlikelidir çünkü kesin ve tam güvenilir mayın temizliği gerektirir. Sivil trafik ve arazinin tekrar kullanılması bakımından arazide patlayıcı bırakılmaması ve mutlaka temizlenmesi gerekmektedir. Bu bakımdan mayın temizleme süreçleri oldukça meşakkatli ve özel temizlik garantileyici algılama ve tespit teknolojilerinin kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Mayın Belirleme Teknolojileri

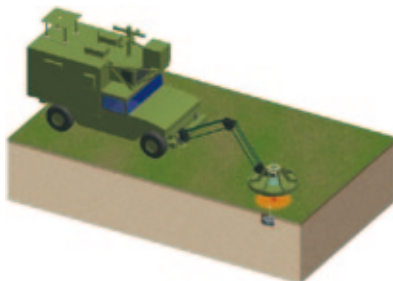
Mayın tespitinde kullanılacak yöntemi belirlemede, mayının tahmini gömülme tarihi, çevre koşulları ve mayında kullanılan malzeme önemli rol oynar. Halen kullanılmakta olan elektromanyetik alan temelli Metal ve Toprak Nüfuzlu Radarlara (GPR) göre Sismik Sinyal tekniği kullanımı çok yaygın olan küçük plastik anti-personel mayınların tespitinde daha etkilidir. Metal detektörler ve GPR'lar, taşlı ve metal döküntülü toprak yığınlarında yanlış alarm verebilmektedir. Diğer taraftan Sismik Sinyal tekniğinde yakın geçmişte gömülen mayının çevresindeki toprak farklılaşacağı esastan hareketle mayın tespiti yapılabilmektedir.

Kara mayınlarının tespitinde sıklıkla toprağa gömülü durumdaki metal objelerin neden olduğu elektromanyetik dağılımları algılama esasına dayalı çalışan metal detektörler kullanılmaktadır. Manyetik esaslı alaşımların tespitinde de manyeto-



metreler kullanılır fakat bu algılayıcılar yerin kendi doğal yapısı nedeniyle daimi yer manyetik alanı etkisi ile yanlış alarm vermektedir ve yaklaşık olarak her bir gerçek alarm karşılık 1000 yanıtıcı (1\1000) alarm vermektedirler. Ayrıca artık modern anti personel mayınların plastik veya ahşaptan yapılıyor olması da bu yöntemi etkisiz kılmaktadır.

Yer nüfuzlu radar (GPR), kızıl ötesi görüntüleme, X-ışını geri-saçılımı, nötron ısıl aktivasyonu, NQR, kimyasal algılayıcılar gibi durumun karmaşıklığını kavramış daha yeni tespit yöntemleri önerilmektedir. Bu yöntemlerin çoğu görüntüleme tekniklerine dayalı olmakla birlikte bazen bir mayını taş veya diğer birikintilerden ayırt edememektedir. Diğer görüntülemeye dayalı olmayan nötron ısıl aktivasyonu gibi tekniklerin karmaşıklıkları yanında toprağa olan sınırlı nüfuz derinliği, çevre ve personel güvenliğindeki yetersizlikleri yaygın kullanımlarını kısıtlamaktadır. Farklı koşullarda tatmin edici performans elde



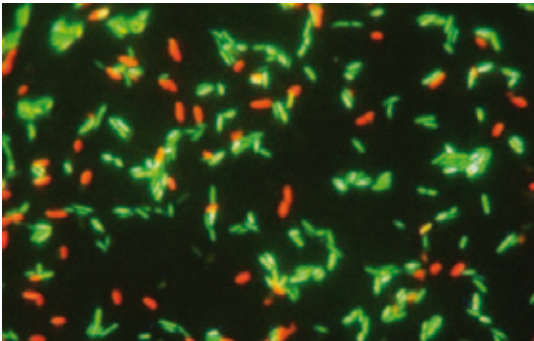
Solda sırası ile veri-birleştirici (data-fusion) algoritmaların kullanıldığı (GPR+IR Kamera), NQR ve temsili GPR+NQR+IR Kameralı çözümlere ait otonom veya uzaktan kumandalı arazi tarama araçlarına ait örnekler görülmektedir.



Yüksel Yazıcı, 1998 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Ardından 2002 yılına kadar farklı firmalarda IT uzmanı olarak çalıştı. Yüksek lisans eğitimini 2002-2005 yılları arasında Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. Halen bir özel sağlık kuruluşunda yönetici olarak çalışıyor. Hobileri arasında SCUBA ve Serbest dalış bulunuyor.

etmek farklı yaklaşımlı algılayıcıların birlikte kullanılmasıyla daha güvenilir bir sonuca ulaşılabilmektedir. Bu bağlamda sismik algılayıcıların GPR ve Metal Detektörle birlikte kullanılması yerinde olacaktır.

Yukarıda belirtilen ileri teknoloji sistemlerin haricinde köpeklerin, farelerin, balıkların, domuz ve hatta arıların kullanıldığı biyolojik çözümlerin yanında genetik mutasyona uğratılmış bitki ve bakterilerin kullanılması gibi alternatif çözümler de bulunmaktadır.



Mayın algılamada her türlü çevresel koşulda etkinlik, maliyet ve güvenilirlik bakımından kesin çözümler sunabilen biyolojik yaklaşımlar örnekler görülmektedir. Özel eğitim alan köpek, fare, yunus balığı ve genetik mutasyona uğratılmış bitki örnekleri bunlardan bazılarıdır.

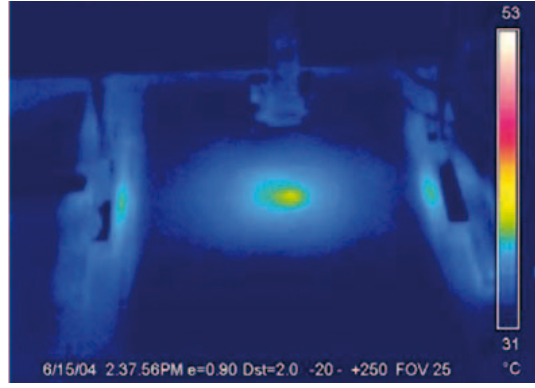
Daha hızlı ancak kalıcı ve güvenilir olmayan askeri amaçlı mekanik çözümler bulunmakla birlikte, daha güvenli insan-makine ara-yüzlü robotik çözümler de bulunmaktadır. Son olarak görece olarak en garantili çözüm olarak bilinen manüel tespit ve etkisizleştirme yöntemleri de mevcuttur.

Çok Algılayıcı ve Data Birleştiricili Sistemler

Her türlü toprak, mayın ve sahte hedef koşulları altında yanlış alarm oranı düşük ve mayın tespitinde çok iyi sonuç verebilecek algılama kabiliyetine sahip tek bir teknolojinin var olduğunu düşünmek yanlış olacaktır. Bu nedenle birbirini tamamlayıcı algılayıcılar ve uygun bilgi birleştirme teknikleri birlikte kullanılarak daha sağlıklı sonuçlara varılabilir. Günümüzde değişik algılayıcı teknolojiler geliştirilmekte ve her biri kendi alanında ilginç uygulama fırsatları sunmaktadır ancak şurası kesindir ki hiçbir teknoloji tek başına tespit performansı ve gerekli verimlilik seviyesini sağlayamamaktadır. Diğer taraftan araç ya da el ile taşınabilir boyuttaki cihazlar üzerine yerleştirilecek bu çok algılayıcı sistemler mayın temizlemede risk ve maliyeti düşürecektir.

Örneğin, aynı büyüklükteki bir mayınla bir kapa parçasının ekosu aynı olacağından sadece GPR teknoloji ile bu hedefle ilgili teşhiste bulunmak oldukça zordur ancak eklenecek bir metal detektörü ile bu iki farklı cismi ayırt etmek mümkün olacaktır. Diğer taraftan bir toprak yığını içinde yeterince metal birikintisi olması durumunda metal detektörü bu durumu mayın karakteristiği olarak algılayarak alarm verirken GPR ile bunun gerçekte ne olduğunu anlamak daha mümkündür.

Halen geliştirilme aşamasında olan farklı algılayıcı sistemlerin potansiyel birleşik detektör olarak kullanımı ve veri-birleştirme (data-fusion) karakteristiğini geliştirmeye yönelik denemeler ampirik yöntemlerle sınırlanmaktadır. Örneğin farklı algılayıcı birleştirme algoritmalarının kullanıldığı karşılaştırmalı arazi çalışmalarında, birlikte kullanılan EMI, GPR ve Kızılaltı kaynaklardan edinilen bilgilerin birleştirilmesiyle yanlış alarm olasılığında 8 faktörlük bir iyileşme görülürken bu algılayıcıların yalnız kullanılması durumunda faktörün 1 olduğu kaydedilmiştir. Başka bir çalışmada ileri bilgi-birleştirme algoritmasının uygulandığı örnekte EMI, GPR ve Manyetik Algılayıcı Sistemde yanlış mayın algılama oranındaki iyileşme faktörü her birinin tekil kullanımında 1 iken birleşik



Görüntünün elde edildiği ve doğruluğunun garanti edildiği IR+GPR uygulaması (Solda)
Gömülü bir nesnenin kazılmamış yüzeye göre IR spektrum farklılığı (Sağda)

Yüksek Tespit Olasılığı/Düşük yanlış Alarm Oranı, Dayanıklılık, Teknik olgunluk ve Ucuzluktur.

Bu sistemler mayın tespit olasılığını artırırken yanlış alarm olasılığını da azaltacaktır, böylece arazi temizleme hızı artacak, maliyet verimliliği ve güvenlikte artış sağlanacaktır. Bu amaca ulaşmak için çok-algılayıcı sistemlerin ve algılayıcıların kendilerinin de optimize edilmesi gerekir.

kullanımda 6 ile 15 arasında olduğu kaydedilmiştir. Son olarak her türlü sıra dışı arazi koşullarında kullanılabilecek metal detektörü, GPR ve kızılaltı algılayıcılardan oluşan beş araca monte edilmiş sistemlerden toplanan bu üç sinyale uygulanan veri-birleştirme, sistemin karakteristiğinde münferit ya da eşler halindeki önceki kombinasyonlara göre çok daha iyi bir performans sağladığı kaydedilmiştir.

Mayın tespit algılayıcıları, isteğe göre tasarlanmış takip ekranı sistemi, uzaysal konum doğrulama (GPS) ve bilgi birleştirme algoritmaları arasında koordinasyonlu bir haberleşme sağlanarak, taranan algılayıcı bilgilerinin bir seyr-ü sefer algılayıcısı ile birleştirilerek büyük bir hassaslıkla tespit edilen objeler harita üzerinde konumlandırılabilir. Güvenirlik ve sistem zindeliğini sürdürmek için gerektiğinde kızılaltı algılayıcı gibi bazı tarama modları manuel olarak aktive edilebilir ve destek doğrulama sağlanabilir. Bilgi birleştirme algoritması otomatik çalışır ve birleştirilmiş veya birleştirilmemiş algılayıcı sonuçları merkezi ekranda gösterilir.

Daha karmaşık ve yeni algılayıcıların geliştirilmesine gerek kalmaksızın çok kötü çevre şartlarında dahi birden çok farklı algılayıcının kullanılacağı bir sistemle mayın tespit performansı artırılabilir. Yeni çok algılayıcı ve veri birleştirme algoritmalarını içeren sistem tasarımlarıyla ilgili Ar-Ge projelerinin tasarım kriterlerini sıralamak gerekirse;



Kaynaklar

Lee, C. P., *Mine Detection Techniques Using Multiple Sensors*, Electrical and Computer Engineering The University of Tennessee at Knoxville
Rosengard, U., ve diğerleri, "Humanitarian Demining, Nuclear Techniques may help the search for Landmines" *BULLETIN*, 43/2/2001
Detection of Explosives and Narcotics Using Nuclear Quadrupole Resonance, Department of Electrical Engineering Division for Information Technology, Karlstad University, 2005

"A Review of Sensing Technologies for Landmine Detection: Unmanned Vehicle Based Approach", 2nd *International Conference on Autonomous Robots and Agents*, December 13-15, 2004, New Zealand
"Landmine Detection: The Problem and the Challenge", <http://www.unb.ca/ME/LTMD/>
"Manual demining systems - comparative trials", *Mozambique 2004*
"Exposing Buried Danger: Field Tests Advance Seismic Landmine Detection System", *For Immediate Release* February 25, 2004