

MADENCİLİKTE ROBOTİK KONTROL**Robotics Control in Mining**

Deniz MAMUREKLİ¹
Cumhur AYDIN²
Hacı DEVECİ³
Ali Tolga SÖNMEZ⁴

Anahtar Sözcükler: Otomasyon, Robot, Teleoperasyon, Uzaktan Kumanda, Madencilik.

ÖZET

Madencilikte robot kullanımı, son yıllarda, ilgili pekçok kuruluşun ve araştırmacının üzerinde çalıştığı önemli bir konudur. Değişen ekonomik şartlar ve madencilğin kendine has problemleri robotik kontrollü sistemlerin gelecekte yerüstü ve yeraltı işletmelerinde çok geniş bir uygulama alanı bulacağını göstermektedir.

Bu çalışmada, madencilik sektöründe robotik kontrolün önemi, neden gerekli olduğu, bir maden robotu tasarımındaki süreçler, günümüz maden makinalarına robotik kontrol uygulamaları ve konu ile ilgili araştırma-geliştirme faaliyetlerinin ulaştığı seviye ve madencilikte robotik kontrolün geleceği ele alınmaktadır.

ABSTRACT

Robotics control in mining is an important aspect that many institutes and researchers work on in recent years. Changing economical conditions and specific problems of mining make the robotics controlled systems to have wide-range practice in openpit and underground mines.

In this study, the importance and necessities of robotic control in mining sector, mining-robot design stages, examples of robotic control applications to the existing mining machinery with related research levels and the future of the subject are discussed.

¹ Yrd.Doç.Dr.Hacettepe Üniversitesi. Maden Müh. Bölümü, Beytepe,ANKARA

² Araştırma Görevlisi. Hacettepe Üniversitesi. Maden Müh. Bölümü, Beytepe,ANKARA

³ Maden Mühendisi.

1. GİRİŞ

Madencilikte robot kullanımı, ülkemiz maden mühendislerinin çoğu için ilk kez karşılaşılan bir konu olabilir. Ne var ki, başta ABD olmak üzere madencilik sektörü gelişmiş pekçok ülkede konu ile ilgili araştırmalar, gündemin ilk sıralarında yer almaktadır. Son 10 yılda, özellikle Amerikan Madencilik Bürosunun (USBM), öncülük ettiği çalışmalarda, tamamen robotik kontrol altında çalışan maden işletmelerinin geliştirilmesi yolunda önemli adımlar atılmakta ve ilgili çalışmalara milyonlarca dolarlık kaynak aktarılmaktadır.

Bu çalışmada, madencilik sektöründe robotik kontrolün önemi, gereklilikleri, konuyla ilgili AR-GE (Araştırma Geliştirme) çalışmalarının günümüzde eriştiği nokta, bir maden robotu tasarımındaki aşamalar, gerçek bir maden robotunun sahip olması gereken özellikler, günümüz maden makineleri üzerinde robotik uygulamaları, konunun geleceği ve önemi ele alınmaktadır.

Madencilik endüstrisi için geliştirilen robotlar, bilim-kurgu filmlerinde görülen androidler • (insanimsı robotlar) ya da günümüz otomotiv, tekstil vs. endüstrilerinde kullanılan vida sıkma, kaynak yapan robotlardan farklı olarak, özellikle ilk etapta, günümüz mekanik maden makinelerinin operatörsüz, otonom (kendi kendine) ve akıllı bir şekilde işleyen tipleri olacaktır. Özellikle, tekrarlanan hareketlerin sayısal ifadesi ve algılayıcılar tarafından elde edilen verilerin mikro işlemcilerde değerlendirilerek hareketlendirici mekanizmaların uyarılması, günümüz çalışmalarının temelini oluşturmaktadır Robotun yeterliliği, geliştirilen

algoritma kadar, algılayıcı ve hareketlendiricilerin de gelişmişliğine ve uygunluğuna bağlı olacaktır.

2. MADENCİLİKTE ROBOT KULLANIMININ ÖNEMİ VE GEREKLİLİĞİ

Madencilik sektöründe robot makinelerin kullanımı, ilk bakışla gereksiz, hatta bazı açılardan imkansız görülebilir. Fakat, konuya yakın olmayanların gözden kaçırdığı bazı noktalar, konuya USBM vb. kuruluşların büyük miktarda kaynak aktarmasının ve yüzlerce personeli seferber etmesinin sebebini kolaylıkla izah edecektir.

Bilindiği gibi, makina verim hesaplamalarında en önemli faktörlerden biri, operatör verimidir. Operatör verimi insana bağlı özelliklerden dolayı operatörün makinayı, gerçek veriminin ancak $9 < 80$ 'i ile çalıştırabileceğinden yola çıkılarak ortaya konmuştur. Beklenmedik her türlü şartlar gözönüne alınarak hazırlanmış bir algoritmaya dayalı olarak çalışan, hassas algılayıcılara, yüksek kapasiteli ve hızlı mikro işlemciler ve kaliteli aktivatörlere (hareketlendirici) sahip bir robot-makinada, bu oran, $\% < 95-99$ ' a kadar çıkarılabilir . Bu da en azından $\% \backslash 5$ lik bir verim artışıdır ki yüksek kapasitelerde üretim yapan bir ocak için büyük bir rakama karşılık gelmektedir.

Personel problemleri, robotik kontrolü gerekli kılan diğer önemli bir öğedir. Günümüze kadar maden ocakları, nispeten düşük ücretli bir personel bolluğu yaşıyor idiyse de, değişen ekonomik şartlar, madencilik firmalarını otomasyon ve robotik kontrole yöneltmektedir. Özellikle.

gelişmiş ülkelerde büyük yerleşim birimlerine uzak madenler için işçi bulmak gün geçtikçe güçleşmektedir. İşgücünün bol ve ucuz olduğu az gelişmiş ülkelerde ise, günümüz gelişmiş maden makinalarını verimli bir şekilde kullanacak uzman eleman bulmak oldukça zordur. Ayrıca, sektörde verimliliğin artırılması için geliştirilen mekanize ekipmanların kontrolü, gün geçtikçe daha pahalı ve karmaşık hale gelmekte olup, zaten işi oldukça zor olan operatörlerin kapasitelerini aşmaya başlamıştır. Yukarıda belirttiğimiz gibi, bir makinanın potansiyel işgücü kapasitesini, operatörlerin özbecerileri sınırlar. Karmaşık makinalar iyi eğitilmiş operatörler tarafından bile güçlükle kullanılmaktadır. Ayrıca sözkonusu büyük maden makinalarının, madenciler diğer işlerle ilgilenirken, atıl kalmaması gerekmektedir. Kendi kendine işleyen bir robot-makina, (sahip olduğu diğer avantajlarla birlikte) maden sahiplerine bu tip sorunlar için mükemmel bir çözüm olarak gözükmektedir.

Yukarıda irdelenen problemlere hem açıkocak, hem de yeraltı işletmelerinde rastlanmasına rağmen, yeraltı madenciliği daha tehlikeli ve verimsiz işletme şartlarına sahip olduğu için günümüzdeki robotik kontrol çalışmaları daha çok yeraltı işletmelerine yönelik olarak sürdürülmektedir. Ayrıca, bir yeraltı işletmesinde optimal işçi performansına uygun suni bir yaşam ortamı meydana getirmek, zor ve pahalı bir işlemdir. Bilindiği gibi yeraltında ortam şartları, fazla sıcak ya da nemli olmamalı ve işleyen ekipmanın çıkardığı toz, gürültü, egsoz gazları, metan vs. tehlikelerden arındırılmış olmalıdır. Zehirli ve patlayıcı gazlar, kaya düşmesi ve göçük tehlikesi, yeraltı

madenleri emniyet ve sağlık düzenlemeleri ile ilgili nizamnameler kapsamındadır. Böylesi yasal düzenleme ve yaptırımlar, maden rezervlerinin' karlı bir şekilde işletilmelerini engelleyecek düzeyde aşırı ilkyatırım ve önışletme maliyeti getirmektedir. Tüm 'bunlara ek olarak, gelecekte yüzeye yakın rezervlerin tükenmeye başlaması ile diğer sözkonusu zorluklar, daha da belirginleşecektir. Kendi kendine işleyen akıllı bir robot için, yeraltında karşılaşılan bu tip problemler önemli olmamaktadır.

Yeraltı maden işletmelerinde göreceli olarak en düşük verimle çalışan ve en çok kazalara sebep olan makinalar, hareketli olanlardır. Çok değişken şartlan taşıyan jeolojik ortamlar için gerekli olan algılama ve yapay zeka seviyeleri oldukça karmaşık ve henüz geliştirme aşamasında olduğundan bunların kontrolü zordur. Bununla beraber, değişken özelliklerdeki kayaç yapısı içerisinde sürdürülecek delme ve kazı işlemlerinin kontrolü ve gerekli olan optimum güç tayini karmaşık ve zor bir olaydır.

Bu problemlerden bazıları, yükleme aktiviteleri ne sahip birincil nakliye araçlarında da görülebilir. İri parçaların ayırdedilemeyerek incelere karışması, bunlardan biridir. Buna rağmen, gelecek bölümlerde bahsedilen rotasal planlama, algılama, değerlendirme ve kontrol aktiviteleri, bu tip makinalara rahatlıkla uygulanabilir. Yeraltı nakliye araba ve kamyonları iyi tanımlanmış yollarda döngülü hareketler izledikleri için, robot teknolojisi uygulamaları için uygun birer aday konumundadırlar.

Tüm bunlara ek olarak, canlı yaşamını imkansız kılan şartlar ve ortamlarda sürdürülecek madencilik faaliyetleri

için robot kullanımı bir zorunluluktur. Yeraltında çok derin zonlarda, dalgalı sığ denizlerde (Banasso, 1992), okyanus diplerinde, ay, mars ve dünyaya 'yakın mesafelerde bulunan büyük gezegenlerde ve uygun uydularında yapılacak madencilik çalışmaları (Miller ve Murfey, 1994), robot tasarım projelerinin hedefleri arasındadır. Özellikle, yerleşime en uygun gezegen olarak düşünülen Mars'ta kolonizasyonun başlıca şartı olan gaz çıkışı ve iklim düzenlemesi için gerekli olan madenlerin çıkarımında, gelişmiş robotların kullanımı bir nevi zorunluluk olacaktır (Hurley ve Garcia, 1994).

3. ROBOT TASARIM AŞAMALARI

Otomotiv, tekstil gibi diğer endüstri dalları, verimliliklerini arttırmak için robot kullanımını başarılı bir şekilde uygulamış olmalarına rağmen, madencilikteki ilk uygulama ve deneyler için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Bunun sebebi, madencilik operasyonlarının bir vida sıkma ya da kaynak yapma işlemine olduğu gibi sabit döngülü hareketler olmamasıdır. Madencilik faaliyetleri, genelde şartları sürekli değişkenlik ve belirsizlik gösteren jeolojik ortamlarda sürdürülmektedir. Sonuç olarak madencilik sistemlerinin, otomatik olarak işleyen yapılardan çok bu belirsizlikleri farkedip üstesinden gelebilecek, dayanıklı, aynı zamanda değişken düşünebilme yeteneğine sahip "akıllı madencilik sistemleri" olmaları gerekmektedir.

Örneğin yükleme, boşaltma ve nakliye aşamalarında çalışan bir maden makinası, robotik kontrol sürecine girdiğinde, kendi kendine yerine

getirmesi gereken hareketler, sırasıyla aşağıda verilen şekilde sıralanabilir :

- Bir rota boyunca araç pozisyonunun algılanması,
- Algılayıcıdan elde edilen verilerin araç üzerinde veya haricinde kayıtlı bir harita ile karşılaştırılarak aracın bulunduğu yerin belirlenmesi,
- Cevher yığıma noktaları ile nakliye çıkışları arasında rota planlaması,
- Algılanmış pozisyon ile planlanmış pozisyonlar karşılaştırılarak gerekli kontrol komutlarının belirlenmesi,
- Aracın çalışma ve kondüsyon şartlarının tespiti,
- Yüksek hızda dönüş gibi özel amaçlı hareket ve görevlere hedeflenebilme,
- İki nokta arası hareketi sonunda, yükleme ve boşaltma gibi hareketleri gerçekleştirebilme,
- Rota veya planlanmış yol üzerindeki cisimleri belirleyerek onlardan sakınma.

Bir maden makinasının robotik kontrole ulaşma süreci ise, şu aşamalarla açıklanabilir :

- Mekanizasyon
- Uzaktan Kumanda
- Teleoperasyon
- Robotik

Robotik kontrol, uzaktan kumandalı, yani operatörün makinadan belli bir uzaklıkta, fakat makinanın operatörün görüş sahası içinde kaldığı bazı sürekli kazı makinalarında ve LHD'lerde gerçekleştirilebilmiştir. Teleoperasyonlu yani makinanın operatörün görüş sahasının dışında kaldığı sistemler, henüz deney aşamasındadır. Bu konuda karşılaşılan en büyük problem, makina üzerine monte edilmesi gereken kameranın görüntüsünü, yeraltında,

uzak mesafelere iletim sistemlerinin yetersizliğidir.

Günümüzde araştırmalar, daha çok robotik konusunda yoğunlaşmış durumdadır. Bu aşamada, otomasyon ile robotik kontrolün sınırlarını birbirinden ayırma zorunluluğu da ortaya çıkmaktadır, "Otomasyon", makina hareketlerinin değişmeyen bir sayısal düzene bağlanarak insan kontrolünden çıkması olarak tanımlanabilirken, "Robotik Kontrol", algılama ve hareket arasında düşünüp karar verebilen, akıllı bir bağlantı mekanizması olarak tanımlanabilir. Burada algılama denildiğinde, robotun içinde bulunduğu ortamı "anlayabilme" yeteneği akla gelmelidir. Böylesi bir sistemin verimlilik ve emniyet açısından büyük faydalar taşıyacağı kesindir. Madencilik sektöründe, robotik makinanın çalışma ortamına uyum sağlayabilmesi için yapay zeka tabanına dayalı yazılımlar ile algılama ve harekete geçme hareketleri arasında iyi bir ilişki olmalıdır.

Akıllı bir maden robotunun tasarım aşamaları, .u .ekilde yürütülmektedir. (Okawa ve ark., 1992).

Mekanik donanım için;

1. Adımda:

- Uygun ortamlarda otomatik çalışması,
- Düşük hızda çalışması,
- Herhangi bir değişim, bir düzensizlik ya da bir problem tespitinde sistemin kendi kendini durdurması,
- Denetimcilerin (denetim/kontrol) müdahalesi altında çalışması, gerekmektedir.

2. Adımda:

- Herhangi bir ortamda otomatik çalışması,
- Orta hızda çalışması,

- Bir değişim, düzensizlik yada sapma durumlarında sistemin gerekli şekilde harekete geçip önlem alması,
- Ortam şartlarına göre otomatik olarak durup, çalışması, gerekmektedir.

Kontrol, Emniyet ve Maliyet için;

- Makina kondüsyonunun yine makina tarafından kontrolü,
- Değişken çalışma noktalarına göre esnekliği,
- Aynı anda iki farklı işin birden yapılabilmesi,
- Yeterli emniyet aygıtları / birimleri,
- Düşük, ilkyatırım ve işletme maliyeti.
- Alışlagelmiş yöntemlere göre daha yüksek verim katsayısı,
- Yüksek dayanıklılık, güvenilirlik ve performansı,
- Orta hızda yüksek dayanıklılık, güvenilirlik ve performans gösterebilmesi ve aynı anda iki farklı işi birden yapabilmesi, gözönünde tutulmalıdır.

Görüldüğü gibi 3.Adım olarak nitelendirilen aşama, robotun en son, ekonomik / ticari açıdan kullanılabilir şeklidir. Bu aşamaya, 1. ve 2. adımlardan geçilerek ulaşılabileceği gibi; tasarım, baştan bu aşama hedeflenerek de gerçekleştirilebilir.

4. ÇEŞİTLİ MADEN MAKİNALARINA ROBOTİK KONTROL UYGULAMALARI

Akıllı bir maden robotu geliştirmek, uzun, zor ve pahalı bir işlem olmakla birlikte araştırmaların günümüzde ulaştığı nokta, bu konuda oldukça umut vericidir.

Konuyla ilgili mühendis ve araştırmacılar, endüstriyel uygulamaları daha hızlı gerçekleştirebilmek için, halihazırda geliştirilmiş olan

sistemleri günümüz maden makinalarına uygulamaya çalışmaktadırlar. Alışlagelmiş madencilik metodlarından yeni geliştirilen metodlara geçiş sürecinde konu ile ilgili AR-GE çalışmaları hızla devam edecektir.

4.1. Galeri Açma Makinalarının Otomasyonu Üzerine Çalışmalar

Bir galeri açma makinası temel olarak, bir kol üzerine yerleştirilmiş döner kesme kafası, (genelde paletli) bir hareket düzeneği ve malzeme toplama-nakliye sisteminden meydana gelir (Şekil 1). Avrupa'daki yeraltı maden işletmelerinin % 80'inde, galeri ve nakliye yolları, galeri açma makinaları yardımıyla sürülmektedir. Ayrıca, bu makinalar, bazı uygulamalarda, doğrudan maden üretimi için de kullanılabilirler.

Tünel/galeri kazısı esnasında belli bir açı ve doğrultu üzerinde kazı yapılması istenen makinalar, bu iş için özel geliştirilmiş lazer algılayıcılarla donatılmaktadırlar. Diğer algılayıcılar, makinanın üretim performansı, mekanik ve elektriksel aksam kontrolünde yer almaktadırlar. Analog basınç ve elektrik algılayıcıları, filtre/pompa kondüsyonunu, yağ seviyesini ve sıcaklığını, su akışını ve basıncını, otomatik pilot moduna geçilmesini kontrol edebilirler. Bu şekilde hata tespit zamanı kısaltıldığı gibi. karşılaşılabilecek problemlerin zamanında anlaşılıp önlem alınarak çarelerinin bulunmasını sağlamaktadır (Singhal ve ark., 1989).

Görüldüğü gibi galeri açma makinaları, bugünkü yapılarıyla robotik kontrol aşamasına hazır durumdadırlar.

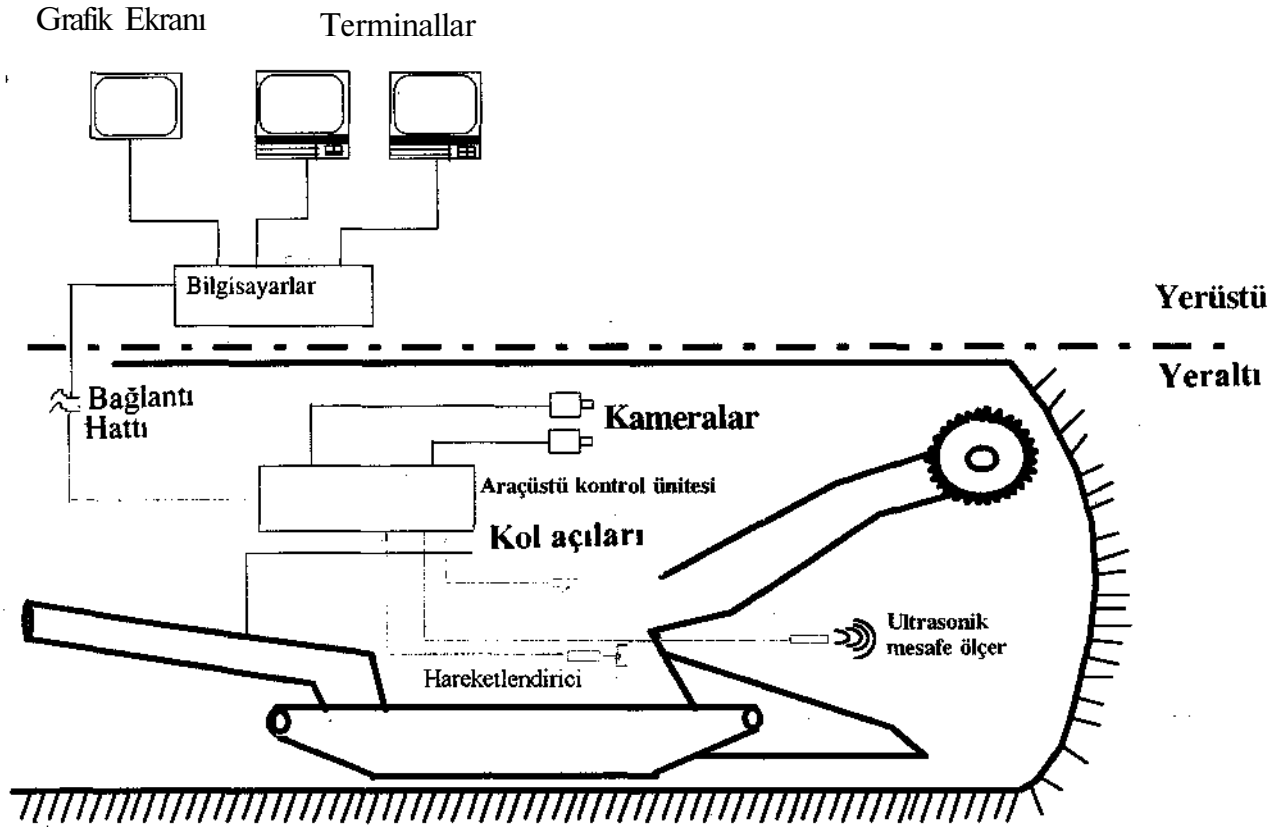
4.1.1. Bilgisayar Düzeneğinin Kazıcı Üzerine Uygulanması

Seçimli kazının otomasyonu ve dolayısıyla cevheri tanıyarak seçimli kazı yapabilen bir robot kazıcı geliştirilmesi, ekonomik faydalan açısından oldukça ilgi çekici olacaktır. Maden işletmeciliğinin pek çok alanları, çeşitli sebeplerden dolayı seçimli bir kazı uygulaması gerektirir. Bu sebepler, kabaca şu şekilde gruplanabilir :

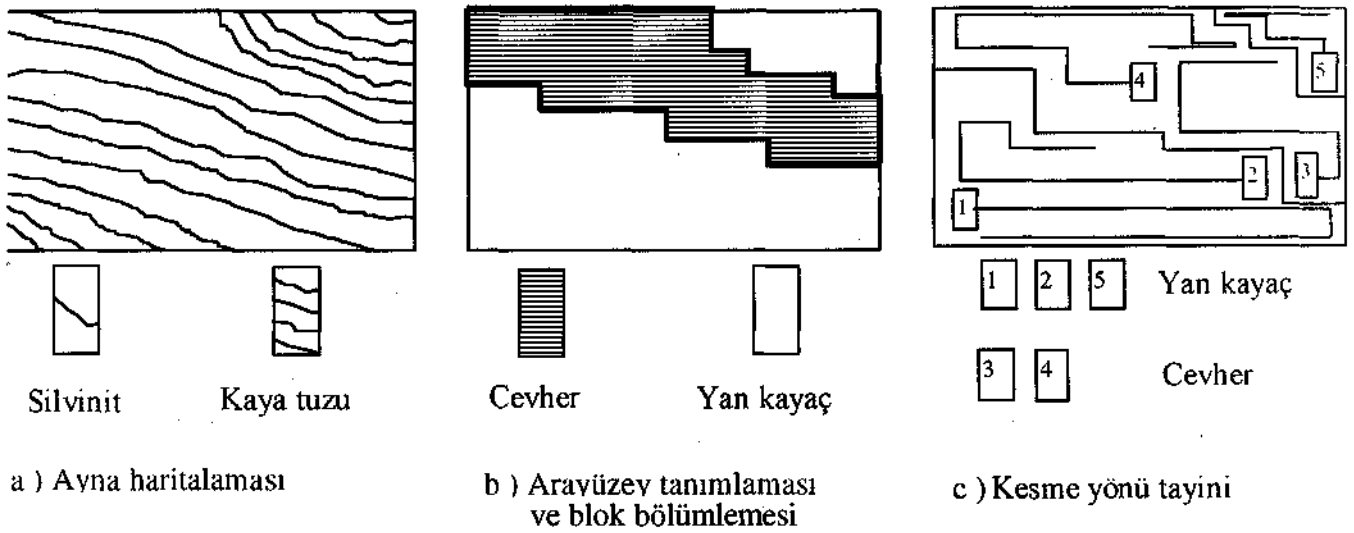
- Yüksek ve düşük tenörlü cevher ile paşanın farklı yükleme noktalarından naklediliyor olması.
- Uygun kazı verimi,
- Yeraltı işletmelerinde tavan tahkimatı ve kazı emniyeti.

Örnek olarak İspanya'da bir yeraltı silvinit işletmesinde yapılan bir çalışma, cevher kazısı için kullanılan Alpine AM-100 tipi bir galeri açma makinasını gerekli algılayıcı, hareketlendirici, kontrol ekipmanı ve bilgi-işlemcilerle donatıp, kazı işlemini otonom bir şekilde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Sistem, kazı aynasındaki mineral dağılımını tanıyıp bir "ayna haritası" ortaya koyarak kazı planlamasını otonom olarak sürdürebilmektedir (Devry ve ark., 1993).

Uygulamada, kazı işleminin, Silvinit A ve Silvinit B tipi yüksek tenörlü cevherlerin yantaşı olan ve her ikisinin ortasında yer alan tuzdan ayrı bir şekilde kazılması ve yüklenmesi esas alınmıştır (Şekil 2). Projenin yürülümünde, iki ana amaç hedeflenin iştir:



Şekil 1. Bilgisayarlı ses-görüntü düzeneğinin galeri açma makinasına uygulanması (Devry ve ark., 1993).



Şekil 2. Galeri açma makinasının kazı planı örneği (Devry ve ark., 1993).

- Aynada bilgisayar görüntüleme sisteminin mineral dağılımının tanınmasında ve ayna haritasının çıkarılmasında uygunluğunun ve etkinliğin gösterimi,
- Kazı işleminin optimizasyonu için bir strateji belirlenmesi ve kazının, kesici kafayı taşıyan kollarla kontrol edilmesi.

Makina, ayna önünde sabitleştirildikten sonra sistem görüntüyü elde edip aşağıdaki işlemleri yürütmektedir:

- Aynadaki geometrik çarpıklıkların düzeltilmesi,
- Ayna görüntüsünün birleştirilmesi,
- Haritalama.

Ardından kazı planı oluşturulmaktadır:

- - Makina, bir köşeden diğerine kazıcı kafaya ilk saplama yolu açmak için ilerler,
- Makinanın yeni seviye ve pozisyonunu da hesaba katarak kazı planının düzeltilmesi için, aç ve mesafe algılayıcılarından elde edilen değerlere göre geometrik dönüşümler gerçekleştirilir,
- Sistem, seçimliliği optimize etmek için hazırlanmış olan plana göre kazıya hazırdır.

Kazı operasyonu, kazıcı kafanın aynaya ilk saplandığı noktadan, ayna sınırlarına kadar sürmektedir. Kazı sırasında toz kontrolü, kamera ile net görüntü elde edilmesi bakımından önem taşımaktadır. Alman görüntüler yardımıyla, cevher yapısı, "renk" ve "doku" özelliklerinden faydalanarak tanınmaktadır. Burada, silvinit, genelde turuncu ya da beyaz renkli olup tuzdan daha kırmızımsı bir renge sahiptir. Dokusal veri ise, silvinitin belirgin şekilde bir tabakalanmaya sahip olması ile ortaya çıkmaktadır. Kameraların, böyle bir dinamik ortamda

kalibrasyonu da önem taşımaktadır. Bu problem 2 adet optik teodolitin kameralarla uyumlu bir şekilde çalışmasıyla çözülmüştür. Ayna haritası oluşturulduktan sonra, kazı planı istenen son profil, kazıcı çalışma limitleri, ve yükleme işlemi (vagon yada konveyör kapasitesi) gözönüne alınarak oluşturulmaktadır.

Araştırmanın bundan sonraki safhası, geliştirilen sistemin görüntüleme, kesici kafa rotası ve kazı çalışması tespiti için yörünge planı aşamalarını da kapsayacak şekilde çok daha elverişsiz ortam şartları için sürdürülmektedir (Devy ve ark., 1993).

4.2. Uzunayak Ekipmanında Robotik Kontrol

USBM, USDE (Birleşik Devletler Enerji Birimi) ve UK National Coal Board Lab. (İngiltere Milli Kömür Dairesi Laboratuvarları), uzunayak otomasyonu üzerine ileri programlar sürdürmektedirler. Son çalışmalar, kömür-yantaşı kesit belirlenmesi (kömürün sistem tarafından tanınması), otomatik kesici ilerletimi, ve sistemin ekrandan izlenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Kömür tanısı çalışmaları sonucunda, kömür kalınlığı ve sınırları belirlenebilmektedir. Çalışmalar, doğal gamma ışını fon algılayıcısının kömür tanısında en uygun araç olduğu sonucunu göstermiştir.

İngiliz Milli Kömür Dairesi, maden içersine yerleştirilen alıcılardan verileri toplayıp değerlendirmek amacıyla yerüstünde bulunan bilgisayarlarına ileten standart bir sistem geliştirmiştir. Yeryüzü bilgisayar operatörü, üretimde bir kesiklik olduğu zaman alın çalışan elde ettiği veriler sayesinde problem ve hata kaynakları

hakkında uyarılmaktadır. Bu çalışma, komple ocak otomasyonu için atılmış önemli adımlardandır (Singhal ve ark., 1989).

4.3. Sürekli Kazıcı Robot

USBM, bilgisayar destekli maden makina geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir. Bu çalışmalar, makinanın temel elektrik-hidrolik aksamını, algılayıcı ve algoritmalarını, akıllı kapalı devre kontrol yazılımlarını, arıza algılayıcılarını, bilgi tabanına dayalı sistemleri, ve rota tayin algoritmalarını kapsamaktadır. Sistem pek çok maden makinasına uygulanabilir olmasına karşın büro personeli, Pittsburg Maden Makinaları Test Araştırma Merkezi'nde düzenlenmiş elektrikli bir yeraltı sürekli kazıcısında çalışmalarını sürdürmektedirler. Çalışmalar sonucunda; hareket haricinde tüm makina fonksiyonlarının kapalı sistem kontrolleri, döner değişken differansiyel aktarıcılardan, hidrolik basınçtan, sıcaklık ve akış algılayıcılarından, elde edilen çıktılar sayesinde gerçekleştirilebilmiştir. Sistem, hareket hızını, yönünü ve eksenini açık devre modunda (zaman sınırlamalı) kontrol edebildiği gibi, emniyet duraksamasını, pompa, toplama kolu, konveyör ve kesici motorların, kontrol edebilmektedir. Sistem, sıkıştırılmış kömür kazısına sokulduğunda kazı titreşimi ve baskısı altında düzgün bir şekilde işlemektedir. Son aşamada, algılayıcılar başlangıç kazı planının yapıldığı şartlardan sapmalar bildirmeye başladığında, makina, kazı planım dışarıdan müdahale olmaksızın değiştirebilecektir (Sammarco,1988; King, 1992).

Damar kalınlığının çok ani değişimler gösterdiği madenlerde, yatay kazılar

esnasında, kontrol ünitesi olarak sadece pozisyon algılayıcılarının kullanılması sık sık beklenmedik durumları ortaya çıkarmıştır (Sammarco, 1988). Ayrıca, makina ve kömür üzerine monte edilmiş hız denetleyicilerinden elde edilen dalgalara karşı, kömür ve kayaçtan yansıyan titreşimler sayesinde, bu iki yapının ayırtılması esasına dayanan bir sistem daha vardır. Yatay kazı tanımlanmasında, doğal gamma radyasyonu da başarıyla kullanılmıştır. Kızılötesi görüntüleme, kömür ve kayaç kesimi esnasında ortaya çıkan yüksek sıcaklıklı bölgelerin görüntülerinin elde edilmesi esasına dayanan diğer bir tekniktir. Ancak, bu sistem, bilgisayar destekli görüntü işlemcisine ihtiyaç duymaktadır.

Robotik kontrol altında çalışan sürekli madencilik sistemleri, günümüz şartlarındaki diğer makinalardan daha pahalıdır. Bu nedenle, endüstriyel kullanımları için, gereğince dayanıklı, emniyetli ve düşük maliyetli olmalıdır.

4.4. İnsansız Dekapaj Kamyonları

İnsansız dekapaj kamyonları, eksiksiz maden otomasyonu yönünde atılan ilk adımdır. Bu konuda dekapaj kamyonlarının seçilmesinin sebebi, diğer maden makinalarıyla karşılaştırıldığında fonksiyonlarının daha basit olması ve kamyon operatörlerinin, özellikle açıkocak işletmelerinde çalışan personelin büyük kısmını oluşturmalarıdır. İdeal bir insansız kamyon, şu anda pek çok araştırmacının üzerinde çalıştığı akıllı maden robotlarının bir türüdür. Konunun gerçekleştirilebilmesi için çeşitli teknolojiler geliştirilmektedir. Bunlar, aşağıdaki şekilde gruplanabilir (King, 1992).

4.4.1. Yön Bulucu

Alt sistem olarak bir fiber optik yön bulucu aygıtı, şaft kodlayıcı ve lazer ünitelerini içerir. Kodlayıcıdan elde edilen bilgiler aracılığı ile aracın o anki konumunu belirlenir. Hesaplamalardaki kümülatif hatalar, zemin üzerine yerleştirilen yansıtıcılara lazer ünitesi tarafından gönderilen ışınların yansımaları kullanılarak düzeltilir.

4.4.2. İnsan Makina Bağlantısı

Kontrol paneli dokunmalık likid kristal görüntüleme (LCD) ekranı ile IC kartı, okuyucusunu ve yazıcısını kapsar. Buradaki LCD tüm sistemin giriş çıkış (I/O) aygıtıdır. Operatör kontrol ünitesindeki gerekli komutları LCD üzerinde belirli noktalara dokunarak iletir. Operatör, kamyonu hareket edeceği rotayı öğretmek için LCD üzerinde "öğretme" moduna dokunduktan sonra kamyonu istenen yol üzerinde bir kere sürer. Aracın geçerli rotası, yön bulucu tarafından sayısal hale getirilir ve iletim ağı aracılığı ile IC kartına kaydedilmek üzere insan-makina bağlantı ünitesine gönderilir. Araç belirlenen rota üzerinde hareket ederken, IC kartına kayıtlı veriler iletim ağı aracılığı ile merkezi kontrol ünitelerine iletilir.

4.4.3. Radyo Operatörü

Yerüstü insan denetleyiciler, yükleyici operatörleri ve diğer araçlarla bağlantıyı sağlayacak kablosuz bir modem içerir. Denetleyiciler, aracı uzak bir noktadan gerektiğinde harekete geçirebilir yada durdurabilir. Yükleyici operatörleri ise, aracı yükleme yapacakları noktaya radyo bağlantısı aracılığıyla sevk edebilir. Aracın o anki konumu gibi değişken bilgiler,

uyumlu bir kamyon filosu çalışması için diğer araçlara, yine radyo bağlantısı sayesinde iletilir.

4.4.4. Güvenlik Koruyucusu

Güvenlik koruyucusunun iki ana işlevi vardır. Birincisi, makinanın çalışma şartlarının(yağ basıncı, yakıt durumu, arızalar vs.) izlenmesidir. Herhangi bir arıza yada uyumsuzluk halinde, güvenlik koruyucusu, bunu veri hattı ile diğer kontrol ünitelerine bildirir. Güvenlik koruyucusunun diğer görevi ise, aracın hareket edeceği yol üzerinde bulunabilecek cisimlerin belirlenmesidir. Bu işlem için üç tip cisim belirleyici araçlara monte edilmiştir. Herhangi bir cisim belirlendiğinde ise, güvenlik koruyucusu, aracın hızının düşürülmesini veya durdurulmasını sağlar.

4.4.5. Sürücü

Rota üzerinde gerektiği gibi hareket edebilmek için ne kadar vites değiştirilirse ne kadar hızlanacağını ve ne zaman fren yapılacağını hesaplar. Ardından sonuçları hareketlendiricilere sinyal olarak gönderir. Aynı zamanda radyo operatöründen gelen radyo kontrol sinyalleri de sürücü tarafından işleme sokularak hareketlendiricilere iletilir. Sürücü, kamyon hareketi ile ilgili hertürlü yetki ve sorumluluklara sahip bir ünedir.

4.4.6. Komuta Edici

Komuta edici veri hattını yönlendirir. Araç üstü tüm kontrol üniteleri, komuta edicinin denetimi altındadır. Tüm diğer kontrol ünitelerinden gelen bilgileri değerlendirerek aracın lambalarını yakıp söndürmek sureliyle etraftaki insanlara, kamyon hangi konumda çalıştığını da haber verir. Günümüz madenlerinde alışlagelmiş yöntemlerle

çalışan dekapaj kamyonları kolaylıkla kendi kendine çalışır hale dönüştürülebilir. Bu özellik robotik kontrolün kısa bir sürede hızla yaygınlaşması açısından diğer araştırmacılara örnek olacak niteliktedir. Yeni otomasyon ve robotik sistemlerinin alışlagelmiş maden makinalarına uyarlanması ile kısa bir sürede robotik kontrol ile madencilik faaliyetlerine geçebilmek mümkün görünmektedir.

4.5. Belirsizlik Teorisinin Hız Kontrolünde Kullanımı

Hız kontrolünde karşılaşılan en önemli problem, hız değişiminin uzun zaman almasıdır. Ağır iş makinalarının dev motorları büyük bir kütleye, dolayısıyla yüksek atalet momentine sahiptirler. Doğrusal kontrol teorisinin sistem kontrolündeki yetersizliğinden dolayı, hızlandırıcıdan gelen komutlara cevap vermeleri, uzun zaman almaktadır. Bu yüzden operatörleri bir anlamda taklit etmek için belirsizlik kontrolü (fuzzy control) teorisi, "...hız hatası negatif alanda ve hızlandırma hatası az pozitifse hızı biraz daha yükselt!!" gibi bir dizi mantıksal kuraldan meydana gelmiştir. Belirsizlik denetleyicisi, motora gönderilen sinyalleri işleme sokar. Hızlandırma hataları, belirsizlik mantığı ile düzenlenmiş bir tabloya bakılarak değerlendirilir ve hızlandırıcının konumunu değiştirecek şekilde sinyal haline getirilir. Bu sinyaller biraraya getirilerek motora gönderilir.

Sonuç olarak insansız kamyonların ilk aşaması ortaya çıkmıştır. Araç tasarımında ve kontrol teorilerinde kullanılan yöntem, yüksek hız erişimini mümkün kılmıştır. Komple maden otomasyonunun ilk aşaması olarak görülen insansız kamyonların ileriki

aşamalarında, en kısa sürede, üretimi için çalışmalar hızla sürdürülmektedir (Okawa ve ark., 1992).

4.6. Yarı Otonom LHD Geliştirme Çalışmaları

LHD'ler, cevherin yığılma noktalarından yüklenmesi, nakliye çıkışlarına taşınması, boşaltılması, ardından cevher yığılma noktalarına geri dönülmesi veya bir diğer yığılma noktasına geçiş yapılması gibi aşamalardan meydana gelen bir dizi hareketler zinciri içinde çalışmaktadırlar. LHD'lerin yarı-otonom robotik kontrol altında çalışması amacıyla yapılan çalışmalarda, bu araçların, 3. bölümde bahsedilen yükleme - boşaltma makinaları için sözkonusu olan hareketlerin tümünü gerçekleştirmesi gerektiği öngörülmüştür (King, 1992). Bilgisayar kontrollü makinalar, öğle tatili ve vardiya aralarında da çalışabildiklerinden, denetleyici kontrolünde otonom olarak çalışan bir sistem, vardiya başına çalışma zamanını uzatarak çalışma ünitelerinin sayısını azaltabilir, aynı zamanda operatör kaynaklı hataları da sınırlar.

Fazla bügi-işlem gerektirmeyen ve sağlam algılayıcılar ekonomik uygulamalar için birer kilit noktası konumundadır. Ultrasonik tarayıcılar bu konuda iyi bir çözümdür; çünkü araç, daha önceden bilinen, tanımlanmış bir yol üzerinde hareket etmekte ve tarayıcı, tarama esnasında algıladığı bilgileri, araç üzerinde kayıtlı haritayla karşılaştırarak aracın yerini belirleyebilmektedir. Günümü/deki çalışmalar, cisimleri birbirinden ayırdedebilen ultrasonik sinyal algılamaları arasında yolunu bulabilecek bir algoritma düzeneği üzerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 3).

Ayrıca, bir yönlendirme sistem deneyinde, üzerine TV Kamera yerleştirilmiş LHD teleoperasyonla kullanılmış, bir diğerinde ise, kabin camları kapalı LHD, operatör tarafından TV monitörü aracılığıyla kullanılarak sonuçlar analiz edilmiştir. Araştırmacılar, 100 mm. genişliğinde bir çizgi çekip bu çizginin kameralarla izlenmesini sağlayarak (boyalı çizgi izleme tekniği) bir deneyde kullanmışlardır. Böyle bir sistem, rotadan 10mm. sapmaları tespit edebilmektedir (King, 1992).

4.7. Bilgisayar Destekli Tahkimat Üniteleri

Kendi kendine ilerleyen güçlendirilmiş tahkimat sistemleri, mekanize uzunayakların tamamlayıcı bir parçasıdır. Son 10 yıl içerisinde, tavan tahkimatı düzeneklerinde önemli değişiklikler meydana getirilmiştir. Bu tür tahkimatların temel unsurları, kalkan tabanı, ayaklar, tavan kirişi, hidrolik aksam, kontrol sübapları, ve hidrolik güç kaynağıdır. Günümüzde, hemen tüm üreticiler, zor ortam şartları için daha büyük ayak boylarında ve yüksek kapasitelerde, ağır tabanlı, ağır iş kalkanları üretmektedirler. Kalkan hareketlerini gerçekleştirmek ve kontrol etmek için, 4 temel kontrol mekanizması sağlanmalıdır (Singhal ve ark., 1989) :

- Herbir ünitenin tek başına kontrolü,
- Bir kalkanın bitişikteki diğeri aracılığıyla kontrolü,
- Kalkanların kesikli bir tarzda kontrolü,
- Ayna sonundan tüm sıra kontrolü.

Tamamen hidrolik ve tamamen elektrohidrolik olmak üzere 2 çeşit kontrol mekanizması vardır. Tüm kalkan üreticileri, elektronik kontrollü

hidrolik sistemini, bir standart olarak kabul etmişlerdir. Kalkanların kesikli bir sistemde (6-15 kalkan arası) kontrolü da yine bir standart haline gelme yolundadır. Kalkanların güçlendirilmiş yükleyici tarafından iletimi de sisteme girmiş durumdadır. Bu sistem, bir bütün halinde uzaktan kumanda ile ayak sonundan kontrolü mümkün kılmıştır (Singhal ve ark., 1989).

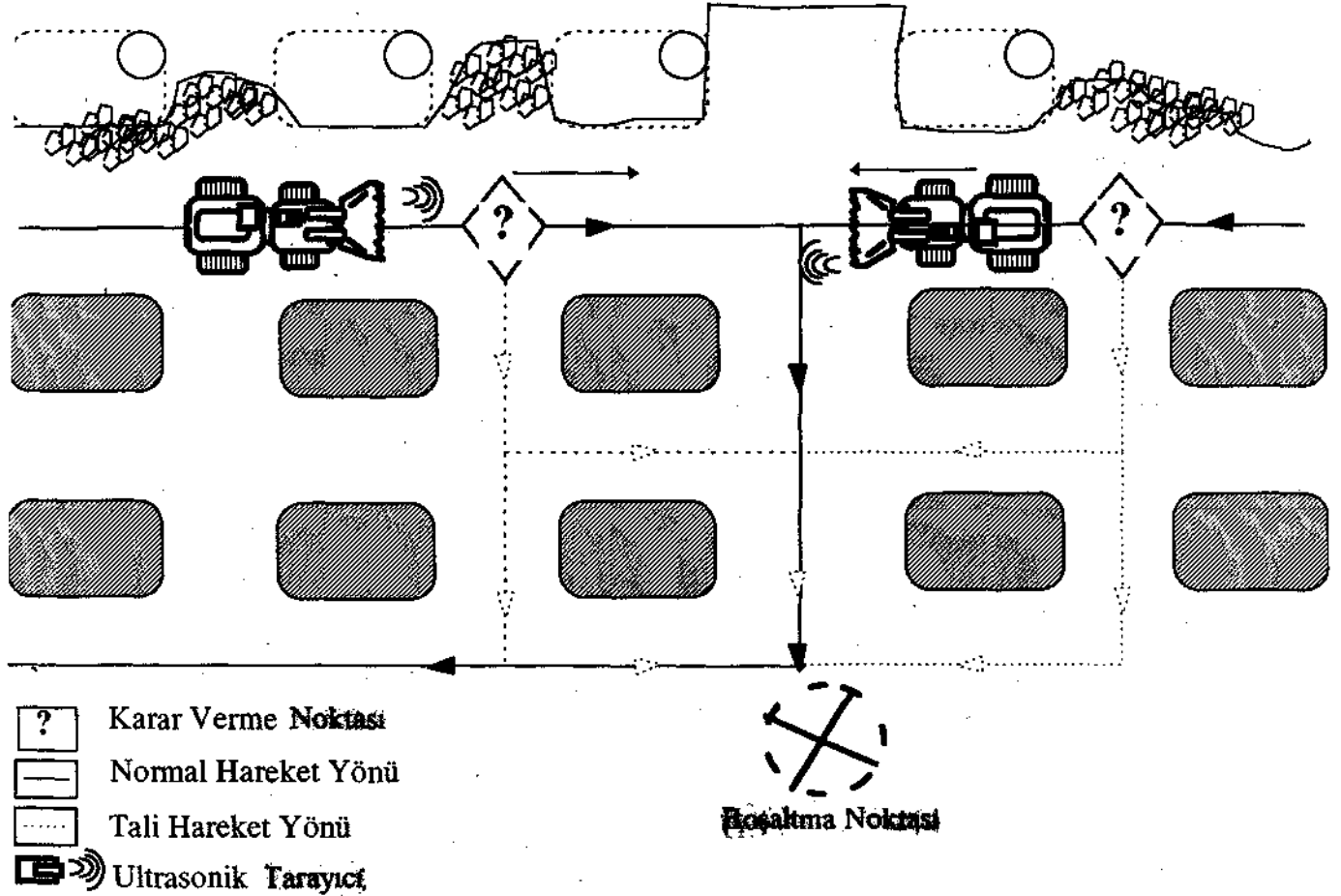
4.8. Bilgisayar Destekli Delme İşlemi

Son gelişmeler, maden delici ekipmanlarını kısmen otomatik hale getirmiştir. Robotik kontrol, delme-patlatma ekipmanlarında da kullanılmaya başlanmış olup, pekçok madencinin özellikle araştırma amaçlı kaya sokulumu, patlatma ve zemin tahkimatı için vazgeçilmez destekçisi konumundadır. Her ne kadar makinanın yapısı, biçimi ve fonksiyonlarına göre değişim gösterse de, ileri robotik uygulamaları için (tünelcilik, yeraltı nükleer atık depolama amaçlı kazılar, yeraltı füze rampası ve sivil amaçlı inşaatlar vb.), yeterli derecede benzerlik mevcuttur (King, 1992).

Bilgisayar kontrollü jumbo delici, kendi kendine çalışması sırasında, bilgisayar içindeki delme rotası, deliklerin pozisyonunu, yönünü ve derinliklerini, tünel eksenine bağlantılı olarak tayin edebilmektedir (Bristow, 1985). Operatör, delgi rotalarını, taşınabilir bir bilgisayar vasıtasıyla değiştirebilmekte ve kaydedebilmektedir. Delme işlemine, bilgisayara, tünel eksenine ile sabit lazer ışını arasındaki açı gibi bir başlangıç referansı girilmesiyle başlanır. Daha sonra, jumbo delici manuel olarak aynaya yaklaştırılmakla, bu arada da delici kısım, lazer

aracılığıyla yönlendirilmektedir. Jumbo, eğer fiziksel olarak tüm delik pozisyonlarına yetişebiliyorsa, delme işlemi başlamaktadır. Bir video ekranı ile tüm delik geometrisi ve hangi deliklerin delindiği görüntülenerek operatörün, ortamın jeolojik yapısındaki değişiklikleri izlemesine

yüksek sokulum oranına (high penetration rate) sahip hidrolik delicilere, yeterince hızlı bir şekilde pozisyon aldırılmamaktadırlar. Ayrıca, pahalı delme işlemleri, operatörlerin işbaşı ve vardiya değişimi gibi sebeplerle ayrıldıklarında, eğer sondaj bilgisayar kontrollü değilse, durmak



şekil 3 LHD'li bir sistemin rotasal planlaması

ve böylece kesici kafaları değiştirme zamanını saptamasına yardımcı olmaktadır. Ekranda, delici kol pozisyonunun ana eksene göre konumu da izlenebilmektedir.

Delici/sondaj teknolojisindeki geliştirme çalışmaları, operatörlerin maksimum ekipman verimini sağlayamamaları nedeniyle sürdürülmektedir. Örneğin operatörler,

zorunda - kalmaktadır. Yakın gelecekte, delici makineler daha otonom bir hale gelerek randımanları artacak, çalışma ve işgücü maliyetleri azalacak, buna karşın ilk yatırım tutarları artacaktır.

4.9. Tavan Saplama Makinasında Bilgisayar Kontrollü Uygulamalar

Tavan saplama makinalarının optimal tip ve yerleşimini belirlemek amacıyla, bir saplama makinası, bilgisayar kontrolüne sokulmuştur (Hay ve Howie, 1988). Bu konudaki araştırmalar, tavan saplama makinalarının otonom kontrolü için günümüzdeki çalışmalarında temelini teşkil etmektedir. Sistem, kayanın kütleli özellikleri değiştiğinde operatörün en iyi destek sağlayacak saplama makinalarını belirleyebilmesi için standart delik geometrilerini yeniden ayarlamasını sağlamaya yöneliktir. Makina üzerindeki algılayıcılar tork, baskı, sokulum ve dönme oranını ölçer ve saplama operatörünün tabakalanma içerisindeki boşlukları ve değişimleri belirleyebilmesine yardımcı olmaktadır. Algılayıcılarla araç üzerindeki bilgisayara gönderilen verilerin (delici uca ve boşluk pozisyonuna karşı harcanan bağıl enerji gibi) bir kısmı sökülebilir bir yarı iletken hafızaya kaydedilip, ileri derecede bir yazılım geliştirilmek üzere "yerüstü" bilgisayarına iletilebilir. Hidrolik kontrol ünitesine sübaplar ekleyerek sistemin kapalı devre otomatik kontrolü sağlanabilir. Herbir saplamanın emniyet gerilmesini ve yerleştirme torkunu kaydederek en iyi tavan desteği verecek şekilde saplama yerleştirme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Sistem, bu kombinasyonu kullanarak, delme işlemi esnasında tavan özelliklerini belirlemek suretiyle, en iyi desteği sağlayacak uygun saplama tipini ve yerleştirme aşamasını seçebilmektedir.

5. SONUÇLAR

Her ne kadar bazı madenciler robotik kontrolü kendi işleri için bir tehdit olarak görseler de bu düşünce, konu hakkında fazla bilgi sahibi olmamalarından kaynaklanmaktadır.

Günümüz maden makinalarının robotik kontrol altında çalışanları, ilk etapta hedeflenen süreçtir.

Açıkocak işletmelerinde radyo bağlantısı geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Kamyon ve ekskavatörlerin radyo bağlantısı ile haberleşmeleri sürekli kayıt algoritmalarına dayanmaktadır. Açıkocak işletmelerinde araçların karşılıklı konumlarının uyumunu sağlayabilecek sistemler araştırma aşamasındadır. Nirengi noktalarını kullanan radyo-dalgalı konum saptayıcıları, uydu bağlantılı küresel konum bulucular yine araştırma ve geliştirme safhasındadırlar. Ayrıca, mikroişlemciler kullanan koruyucu bakım için tasarlanmış araçüstü izleme sistemleri, yakın gelecekte maden makinalarında geniş, bir kullanım alanına sahip olacaktır.

Yeraltı maden ocaklarında, zemin üzerine serilmiş bir takım frekans yayıcı kabloları izleyerek (RF) otomatik olarak yön bulan LHD'ler, 1970'li yılların başlarında geliştirilmişlerdir. Makinaların üretim noktalarına ulaştıklarında insan yardımı olmaksızın manevra yapabilmeleri hususundaki problemler, yakın gelecekte çözülmüş olacaktır. Araştırmalar, üretim/kazı esnasındaki tekrarlı ve döngülü hareketlerin otomasyonu ve aracın uzaktan kumanda aracılığı ile kumanda edilmesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bunun yanında, LHD'lerin kapalı devre televizyon sistemi kullanarak uzaktan kontrolü da halen bir kısım yeraltı maden ocaklarında işlerliktedir. Uzaktan kumanda problemlerinin çözümü ancak kayaçları ve geometrik özelliklerini ayırt edebilecek kapasitede 3-boyutlu yapay görüntüleme

sistemlerinin geliştirilmesi ile mümkün olacaktır.

Yeraltı maden ocaklarının daha ileriki safhada otomasyonunu engelleyen en büyük etken. bu ortamlarda kullanılacak özellikle yeterli ve uygun haberleşme sistemlerinin olmayışıdır. Yeraltı maden otomasyonu, özellikle sabit ve hareketli merkezler arasında hızlı veri ve görüntü aktarımına ihtiyaç duyulması açısından haberleşmeye dayalı bir programdır. Araştırmalar aynı zamanda tel-operasyon ve uzaktan kumanda için kullanılacak kablosuz aktarım sistemlerinin beş yıl içerisinde hazır olacağını öngörmektedir.

Günümüzde otomatik delici sistemler var olmasına karşın özellikle açık işletmelerde. derin patlatma deliklerinin delinmesi esnasında ortaya çıkan sapmaların en aza indirgenmesi konusunda araştırmalar sürdürülmektedir. Bu araştırmalarda güdülen bir diğer amaç da tüm delme işlemi döngüsü boyunca delici makineler için bir kontrol mekanizması oluşturmak ve deliği en uygun delik geometrisi boyunca yönlendirmektir. Önümüzdeki 5-10 yıl içerisinde sözkonusu mekanizma, uygulanabilir hale gelecektir. Patlayıcıların otomatik şarjı da gündemde olmasına rağmen bu konuda fazla bir ilerleme kaydedilmemiştir (Sommer, 1992).

Bir başka orta vadeli araştırma projesinde. halallı yerkazalar üzerinde yürütülmekte olup, en uygun ka/abilirliç ulaşma amacına yöneliktir. Halen kullanılmakta olan makinelerin robotik kontrol altına alınması haricinde, araştırmacılar, "Sürekli Kazıcı" ve "Plazma Patlatıcı Makina" gibi yeni makinelerin üretilmesi için de otomasyon ve robotik kontrol üzerindeki çalışmaları bir

öngereklilik olarak görmektedirler. Sommer (1992), "Plazma Patlatıcısı"nın bir ilkörneğinin önümüzdeki 5 yıl içerisinde hazır hale geleceğini ifade etmektedir.

Önümüzdeki yıllarda, bu çalışmada üzerinde kısaca değinilen pek çok gelişmelerin istenen düzeye erişerek biraraya getirilmesi öngörülmektedir. Madenlerde otomasyon ve robotik kontrolü, yaygınlaşacak ve madencilğin tüm aşamalarının bilgisayar denetimine geçmesi, insangücü ihtiyacını. şu anki seviyesinin '7/5\' seviyesine indirgeyecektir.

İnsan müdahalesine ihtiyaç duyulan çok dar damarlar ve cevher kütleleri haricinde, yüzdeyüz otonom bir maden işletmesi, yakın gelecekte görülebilecek, halta faaliyetteki pek çok maden işletmesi, tamamen robotik kontrol altına alınacaktır. Burada "tamamen" robotik kontrol, döngülü ve tehlikeli ağır işler için artık hiç insangücüne ihtiyaç kalmaması, sadece az miktarda yüksek derecede eğitim görmüş vasıflı personelin ekipmanların temel yapısının geliştirilmesi ve bakımı için görev alacağı maden işletmelerini ifade etmektedir.

Sonuç olarak, madencilik sektöründe yapay zeka ve robotik kontrol tekniklerinin gittikçe artan bir şekilde kullanımı, yakın gelecekte maden mühendislerinin, alışlagelmiş madencilik eğitime ek olarak, bu konularda da bilgi sahibi olmalarını gerektirmektedir.

KAYNAKLAR :

BONASSO, R.P.. 1992; "Coordinating Perception and Action with An Underwater Robot in a Shallow Water

Environment", Proc. of SPIE Int. Soc. Optical Eng., Vol. 1611, s.320-330.

BRISTOW, N., 1985; "Computerized Drilling and Tunneling", Colliery Guardian, Vol. 233, N.7, s.294-299.

DEVY, M., ORTEU, J.J., FUENTES-CANTILLANA, J.L., ÇATALINA, J.C., RODRIGUEZ, A., DUMAHU, D. ve de JANTI, P. V., 1993; "Application of Computer Vision to the Automation of a Roadheader", Robotics and Autonomous Systems, Vol. 11, No. 2, September, s.65-74.

HURLEY, J. ve GARCIA, S., 1994; "Is it Possible to Collonize Mars?", Proc. 4th Int. Conf. on Eng. Construction and Operations in Space, s.782-786.

KING, R.H., 1992; "Automation and Robotics", SME Mining Eng. Handbook, Second Ed., Vol. 2, s. 1908-1917.

MILLER, R.J. ve MURFEY, R.R., 1994; "Robotic Options for Mining of Near Earth Objects", ASCE Speciality Conf. on Robotics for Challenging Environments, s.457-463.

OKAWA, Y., NAGAI, T., MURAYAMA, O. ve SUDO, T., 1992; "Vehicle Control of Unmanned Dump Trucks", SAE Tech. Paper Series, Int. Off-Highway and Powerplant Congress, s. 1-7.

SAMMORCO, J.J., 1988; "Closed Loop Control for a Continues Mining Machine", Rept. of invest. No. 9209, USBM, Washington, USA.

SINGHAL, R.K., FYTAS, K. ve LAMA, R.D., 1989; "Underground Coal Mining Technology: An

Overview and a Look Ahead", Min. Eng., Vol. 41, No. 9, Sept., s.905-912.

SOMMER, G., 1992; "Contemplative Stance on the Automation of the Mining, Mineral and Metal Processing Indust. an IFAC Report", Automatica, Vol. 28, No, 6, s.1273-1278,'