

İŞ ROBOTLARININ GELİŞİMİ VE GÜNÜMÜZDEKİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Mehmet BODUR ve M. Erol SEZER
ODTÜ Elektrik ve Elektronik Müh. Böl, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada, günümüzde üretimin en gelişkin aşaması olan iş robotlarının bugüne kadarki gelişimi incelenmekte ve üretim otomasyonunda robotların kullanılması örneklerle sergilenmektedir.

Yazının ilk bölümünde, iş robotlarının, günümüzde esnek üretim birimlerinde kullanılan modern iş robotlarına kadar gelişimi, ilk iş robotlarının gerçekleştirilmesine ağırlık verilerek anlatılmış; ikinci bölümde ise robot ile endüstriyel otomasyon örnekleri verilmiştir. Örnekler, robotlu esnek üretim birimlerinin, özel amaçlı otomasyon makinalarına göre üstünlüğünü göstermektedir.

1. GİRİŞ

Günümüzde, üretimlerini ileri teknoloji kullanarak gerçekleştiren gelişmiş ülkelerin üretim teknolojilerinde yeni bir aşama gözlenmektedir. Bu ülkelerde endüstri-

yel üretim için tasarlanmış ve üretilmiş robotlar, üretim süreçlerinin çeşitli basamaklarında yer almaktadır. Endüstriyel iş robotları kullanmanın ekonomik yararlar sağladığı görüldükten sonra bu robotlar hızla yaygınlaşmış ve iş robotları üretim süreçlerinde yerlerini alırken bugün "robotik" olarak adlandırdığımız bilim dalı ortaya çıkmıştır.

İş robotu, istenen yere, istenen yönden ulaşabilen genel amaçlı bir mekanik kol ve bu kolu hareket ettiren denetleç biriminden oluşur. Robot çevresindeki değişimleri denetim birimindeki bilgisayarının programı ile izleyip değerlendirir ve mekanik kolunu programladığı biçimde hareket ettirebilir. Robot, yalnızca belli bir işi yapmak üzere tasarlanan, özelleşmiş otomat makinalardan, bu özelliği ile ayrılmaktadır.

2. ROBOTLARIN TARİHÇESİ

Batı tarihinde, canlıların hareketlerini taklit eden mekanik düzenlerin yapımına yönelik ilk çalışmalar ara-

sında, otomatik olarak kanat çırpan bir kuş modeli ile mekanik heykellerin dans ettiği, mekanik bir tiyatroya rastlamaktayız. Kanat çırpan kuş modeli M.ö. 400-350 yılları arasında Plato'nun arkadaşı olan Traentum'lu (İtalya'dadır) Archytas tarafından gerçekleştirilmiştir. Mekanik tiyatroyun varlığını ise MÖ. 200'lerde yaşayan İskenderiye'nin Hero'nun kitaplarından öğrenmekteyiz (1). Programlanabilir robotların öncülleri olan bu cins mekanik oyuncaklar, 1700 yıllarından sonra "otomata" olarak adlandırılmıştır. Bunlar arasında, Fransız mühendis Jacques de Vaucanson'un "kaval çalan çoban"ı ile 1895 Alman yapımı "resim çizen soyтары" otomatlarının mekanik programlanabilir özelliği nedeniyle önemi vardır.

Türkçe'ye İngilizce'den geçen "robot" sözcüğü, İngilizce'ye Çek yazar Karel Capek'in "Rossum'un Evrensel Robotları" adlı tiyatro eserinden girdi. Çekçe çalışmak anlamına gelen robot, bu eserde yer alan makina insanlar için kullanıldı (2). Capek'in tiyatro eseri 1920'de Fransa'da, 1921'de İngiltere'de sahnelendi. Kurgu-bilime bu şekilde giren robot düşüncesi, 1926 Alman yapımı "Metropolis" adlı filmde sinemaya yansdı. 1939'da New York dünya fuarında, yürüyebilen robot "Electra" sergilendi. Aynı yıl Asimov, robotlarla ilgili bilim kurgu romanlarına başlamıştır. İngilizce'ye "robotik" sözcüğünü, Asimov kazandırmıştır.

Asimov'un kitaplarından esinlenen Columbia Üniversitesi fizik öğrencisi Joseph Engelberger, 1956'da programlanabilir bir hareketli aktarım makinası geliştiren George C. Devol ile ilişki kurdu (3). 1961'de Devol, sayısal tezgahların denetim birimiyle teleoperatörlerin edilgen (slave) tarafından oluşturulan ilk iş robotunu (Industrial Robot) tanıttı. Bu robot kol, sayısal belleğine kaydedilen bir dizi basit hareketi tekrarlayabiliyordu. Dış dünya ile etkileşim, mekanik hareket ve kaskacın açılıp kapanması, bir eşzamanlama sinyalinin beklenmesi, ya da belli bir duruma gelindiğini bildiren sinyallerin verilmesi biçiminde olabiliyordu. Bu robot bir otomatik döküm presinden parçaların alınıp istiflenmesi gibi işleri yapabiliyordu.

Devol ve Engelberger'in kurduğu Unimation şirketinin bu iş robotunu geliştirmesi, gerçekte pek çok alandaki teknolojik birikimlerin kullanılmasıyla sağlandı. 1945'lerden sonra kullanılmaya başlanan dikey sayısal otomatik torna tezgahları ile radyoaktif maddele uzaktan çalışabilmeyi sağlayan teleoperatörler, yürüyebilen ve algılayıcıları ile çevresinden topladığı bilgileri değerlendiren gösteri amaçlı robotlar, iş robotları teknolojisine en çok katkıda bulunmuş gelişmelerdir.

1961'de MIT'ye bağlı Lincoln Laboratuvarlarında, bir teleoperatörün edilgen kolu bir bilgisayara bağlandı (4). Edilgen kola dokunma algılayıcıları (tactile sensors)

takıldı. Yapılan deneylerde yalnızca dokunma duyusunun yetersiz kalması, görüntü işleme araştırmalarına önem verilmesine yol açtı. 1963'te aynı laboratuvar da blok biçimli nesnelerin yarım tonlamalı resimlerini sayısal olarak inceleyerek, blokları ayırdedebilmek ve konumları ile yönlerini belirlemek üzere çalışmalar başladı.

Bu araştırma ve geliştirme çalışmalarına paralel olarak, iş robotlarının kullanımının da yaygınlaştığını görmekteyiz. 1962'de General Motors, Devol ve Engelberger'in robotunu kullanmaya başladı. 1973'te Richard Hohn, Cincinatti Milacron yapımı ilk iş robotu olan T3'ü geliştirip pazara çıkardı. T3'ün özelliği bilgisayar denetiminde çalışan ilk ticari iş robotu olmasıdır.

Günümüzde robotların denetim birimlerinde, mikro işlemciler ile geniş ölçekli tümleşik bellekler kullanılmaktadır. Geniş hacimli kalıcı bellek gereksinimi, manyetik teyp ya da disket ile çözümlenmektedir. Bu yapının en önemli ayrıcalığı, istenilen hareketin daha büyük bir bilgisayardan denetlenebilmesidir. Günümüzde bilgisayarlı tasarım ve üretim (CAD/CAM), mikro işlemci sayısal tezgahlarla bilgisayar arasında gerekli iletişim bağı kurularak gerçekleştirilmiştir. Bugün tümüyle bilgisayar denetiminde çalışan bir ya da birkaç robot ile bu robotların kullandıkları sayısal denetimli iş tezgahlarından oluşan esnek üretim birimleri (flexible manufacturing cells) başarıyla kullanılabilen ve hızla yaygınlaşmaktadır, örneğin Citroen, 3 300 000 sterline kurduğu tümüyle esnek üretim sistemli bir fabrikası için, aynı iş hacminde geleneksel bir fabrikanın 3 500 000 sterline çıkacağını hesaplamıştır. Bu fabrikada 33 kişi, eskiden 73 kişinin yapabildiği işi gerçekleştirmektedir (5).

3. İŞ ROBOTLARININ GÜNÜMÜZDEKİ KULLANIM ALANLARI

3.1. Üretim biçimleri içinde robot

İş robotlarının endüstride kullanımını hazırlayan temel etkenler, robotların insan gücüne göre daha ucuz olması, tehlikeli ve sağlığa zararlı ortamlarda kullanılabilmesi, üretim hızını arttırması, kaliteyi yükseltmesi, üretimi esnekleştirilmesi, malzeme kaybını ve işgücü döngüsünü azaltmasıdır. Bu etkenlerden endüstrideki kullanımı en belirleyici olanları, robotların insan iş gücüne göre ucuzluğu ile sağlığa zararlı ortamlarda çalışabilmeleridir (6).

1984 için, tipik ortalama bir robotun ısmarlan iş fiyatı yaklaşık 60.000 dolardır (2). Ortalama olarak robotu kullanmak için gereken diğer malzemeler 30 000 dolar, yerleştirme için gereken emek ve mühendislik

20 000 dolardır. Bakımı ve çalıştırma giderleri saatte 2 dolar civarındadır. Bu harcamalara karşılık robot ortalama olarak saatte iş gücünden 20 dolar, malzemeden de 1 dolar tasarruf sağlamaktadır. Ortalama 6 yıllık ömrü olan robotların yukarıdaki sayılara göre yaklaşık 3.9 yılda (gelişmiş ülkelerde) tüm giderlerini karşılayacağı görülmektedir. Yukarıda sayılanlar dışında robotun kullanıldığı işe bağlı başka önemli tasarrufları da olabilmekte ve kendini ödeme süresi bazı durumlarda, beklenmedik biçimde, bir yıla kadar düşebilmektedir. Örneğin boyama robotlarının çalışacağı ortamın, insanların çalıştığı ortam kadar temiz olması gerekmekte ve havalandırma ile ısıtma giderlerinde büyük azalma olmaktadır.

3.2. Endüstriyel robot uygulamaları (3), (S)

3.2.1. Boyamada robotlar

Boyamada robot kullanılmasının temel nedeni boyama atölyelerinde çalışma ortamının sağlığa zararlı ve yangına elverişli olmasıdır. Robotun boyama işlerinde kullanımı, Norveç'li mühendis Ole Molaug'un küçük bir firmadaki araba alt boyama işini bir manipülatöre yaptırmaya karar vermesiyle başladı. Gerçekleştirilen uygulamada, operatör arabanın altına bir kere girip robota boyamayı yaptırarak öğretiyor, robot diğer arabalar için aynı işlemleri tekrarlıyordu. 1969'da Norveç'te Tralfa firması, boya tabancası kullanan uzun önkollu robotlar üretmeye başladı. İlk tümüyle robotize sayısal denetimli boyama ünitesi ise General Motors'un ABD'de Doraville'deki tesislerinde kuruldu. Bu tesiste, yapılacak iş, robotlara ayrı bir bölümde öğretilmekte, robotların çalıştığı boyama bölümüne insan girmemekte ve arabaların kapılarını robotlar açıp kapamaktadır.

3.2.2. Nokta kaynak

Nokta kaynak, endüstride robotun ilk yaygın kullanım alanı olmuştur. Otomotiv sanayiinde şase ile karoserin çeşitli parçalarının birleştirilmesinde nokta kaynak kullanılır. Gerçekte, özel amaçlı nokta kaynak otomatları ile, ön kaynaklarla bitleştirilmiş parçaların kaynaklarını tamamlamak mümkündür. Robotlu esnek (genel amaçlı) nokta kaynak birimleri yaygınlaşmadan önce, yüksek üretim hacmi amaçlandığında bu tür özel amaçlı otomatlar kullanılmaktaydı. Bu otomatların kötü yanı, üretimde esneklik gösterememesidir. Her model değişikliğinde otomatlarda büyük değişiklikler gerekir. Robotlu nokta kaynak birimlerinde ise, model değişince yeni parçaların tutturulacağı masaları ve robotların programlarını değiştirmek yeterlidir.

İlk robotlu nokta kaynak uygulamalarını, değişik firmalar değişik biçimlerde gerçekleştirdi. British Ley-

land ilk uygulamalarında robotu karoserin çeşitli parçalarını bitiştirmek için kullandı. İngiliz Ford fabrikalarında ise bir Unimate robot, sabit nokta kaynak makinalarına daha önce el ile yerleştirilen parçaların yerleştirilmesi ve alınmasında kullanıldı. 1970'te GM ilk kez tümüyle kaynak robotlarının çalıştığı bir montaj hattı kurdu- Lordstown'daki bu hatta, gövdelerin kaynak istasyonlarına taşınması için, kaynak sırasında stasyonlara mekanik olarak kilitlenen bir taşıyıcı mekik (Shuttle Conveyor) kullanıldı. Toplam 8 isiasyonda, ortalama 20'şer kaynak yapan, 22 robot çalışıyordu. İşin geniş hareket becerisi gerektirmesine karşılık, bu uygulamada robotların hareket serbestliğinin 5'nci dereceden olması yeterli oldu.

Fiat, Comau ile ortaklaşa, robotları en ekonomik kullanılacak bir "robogate" sistemi geliştirdi. Bu sistemde bir önceki bölümde parçalar dağılmadan duracak kadar elle gövdeye kaynaklanır. Robotlar kaynakları, gövde robogate adı verilen, birçok kısıkaçtan oluşan sabit bir tezgahı yapar. Gövde daha sonra "robotrailler" ile bir sonraki robogate'e iletilir. Bu şekilde 6 robogate ile 500 kadar nokta kaynak yapılır. Aynı robogate üç-dört değişik model için kullanılabilir. Fiat'ın ardından, Japon Nesson ve Mitsubishi de benzeri robotlu kaynak birimleri kurmuştur. Nissan, robotlu kaynak üzerine geniş çalışmalar yapmış ve parçaları robotla kaynaklamak üzere birbirlerine bitişik tutacak kısıkaçtı destekler yerine, gövdeyi yalnızca 40' civarında ön kaynakla tutturmanın yeterli olduğunu gözlemiştir. Bu 40 kaynağı yapacak özel kaynak otomatı, bütün kaynakları yapacak bir otomattan ucuza çıkmakta ve kaynak yerleri iyi seçilirse değişik modeller aynı otomatta önkaynaklanmaktadır.

3.2.3. Parça abp koyma ve makina kullanma

İş makinalarına parça alıp koyma işi robotların en iyi yapabildikleri işler arasındadır. Robotlar, soğuk sac preslerinde sac parçaların aktarılmasında kullanıldığı gibi, sıcak preslemede çok sıcak parçaların prese yerleştirilmesi ve prestin alınması için de kullanılmaktadır.

Japon Fanuc, DC servomotor üretiminde sayısal denetimli iş makinalarını robotlara kullanırmak üzere ilk denemesine 12 robotla başlamıştır. Robotlar parçaları, üzerine üç saatlik parça dizilmiş tablalardan alıp tornaya bağlıyordu. Fanuc bu şekilde öğle tatillerinde fabrikanın yalnızca bilgisayar operatörü yönetiminde, işsiz olarak çalışmasını sağladı. Fanuc, Miyanağa'daki matkap ucu fabrikasında ise 11 robotu ile üretimi günde iki vardiya (24 saat) sürdürmektedir. Gündüz vardiyasında 12 işçi, robotların bakımını ve tablalara parça dizme işini yapmaktadır. Gece vardiyasında ise, yalnızca iki işçi, tornaların aşınan kalemlerini ve

parça tablalarını değiştirmek için kalmaktadır. Bu 11 robot için geri ödeme süresi 4 yıl olarak hesaplanmıştır.

3.2.4. Ark kaynağı kullanımında robotlar

Ortalama bir endüstriyel kaynak makinası 1 000 sterlin, kaynak yapmak üzere üretilen ö.ncı dereceden bağımsız genel amaçlı robotlar ise 30 000 sterlin civarındadır (1983). Dikey eksenli (Kartezyen) ve dirsek eklemli (joint arm) kollar daha yaygındır. Dikey eksenli kolun, kalın kolonlardan oluşan ağır bir yapısı vardır. ASEA ve Yaskawa'nın ürettiği gibi dirsek eklemli kollar ise karmaşık yapılı, hareket becerisi yüksek, fakat pahalı makinalardır.

Ark kaynağı robot tarafından kullanılıyorsa, genellikle, parçaların tutturulduğu kısıkaçlarla donatılmış bir döner masa gerekir. Operatör, masanın bir tarafında, parçaları kısıkaçlara yerleştirir. Masanın öbür tarafında ise, robot parçalara gereken kaynakları yapar. Masanın iki tarafı bir pano ile ayrılmıştır ve operatör arkadan rahatsız olmaz. Bu düzenleme özellikle bir parça üzerinde birçok kısa kaynak yapılacaksa verimli olmaktadır. İnsanın ancak dakikada 70 cm hızla kaynatabildiği parçayı robot, hızlı ve düzgün hareket becerisiyle, daha yüksek akım kullanarak, dakikada 270 cm hızla kaynatabilmektedir. Robotun kaynatılan ayırıtı doğru izleyebilmesi için geliştirilen algılayıcılar, doğrusal tarama yapan ince bir kızılötesi ışın ile ayırıtın profilini algılayabilmektedir. Böylece bir ayırıtın tam ve düzgün kaynatılması için yalnızca başlangıç ve bitiş noktalarının 15 mm'lik toleransla programlanması yetmektedir.

New York'ta Dahlstrom firması bilgisayar şasesi üretmek için gereken 35-70 arası kaynağı, bir Cincinatti Milacron T3 robota yaptırmaktadır. Kaynak teli markası dahil kaynak makinasının büyük bölümü robot kola monte edilmiştir. Robot bu birimde, el ile 42 dakika süren, her biri 50 mm uzunluktaki 44 kaynağı yalnızca 12 dakikada bitirmektedir.

3.2.5. Montaj robotları

Montaj (Assembly) işlemi bir bütün olarak robot uygulaması açısından üretimin en zor basamağıdır. Montaj, geniş hareket becerisi yanı sıra, büyük ölçüde görsel ve dokunsal algılamaya dayanan karar aşamaları gerektirir. Pratikte montajın kısmen robotlaştırılması son derece kolay gerçekleşmektedir. Bazı montaj aşamaları, parça tasarımında yapılacak ufak değişikliklerle robot kullanmaya uygun duruma sokulabilir. Fakat gene de montajda daha uzun bir dönem el emeğinden vazgeçilemeyecek aşamalar bulunmaktadır.

Japonya'da Yamanashi Üniversitesi Hassas Makinalar Mühendisliği (Precision Engineering) Bölümü profesörü, ve Scara montaj robotunun tasarımcısı Hiroshi

Makino, parça yerleştirme, sıkı geçme, vidalama gibi montaj işlerinin yüzde sekseninin dik veya yatay doğrultuda basit tek yönlü hareketler gerektirdiğini söylemektedir. Benzer şekilde ABD'da Massachussets'te Charles Stark Draper Laboratuvarındaki çalışmalar, montajda parçaların yüzde 60'ının aynı yönden, yüzde 20'sinin ters yönden, yüzde 10'unun bunlara dik yönden, geriye kalan yüzde 10'unun işe değişik yönlere takıldığını belirlemiştir. Üretilen parçaların tasarımlarında küçük değişikliklerle parçaların montajının otomasyonunu kolaylaştırmak mümkündür.

Fanuc'un Japonya'da DC servomotor ürettiği fabrikasında robotların bir montaj hücresi oluşturacak biçimde düzenlenmesi denenmiştir. Preslerin, parça besleyicilerin ve dört robotun tek bir bilgisayar denetiminde olduğu bu birimde Fanuc 24 saatte 300 motor üretmektedir. Bu düzenlemenin, bir vardiyada 30 motor üretilen geleneksel üretime göre montaj maliyetini yüzde 30 oranında azalttığı gözlenmiştir.

4. SONUÇ

Gelişmiş ülkelerde robotların çeşitli üretim süreçlerinde esnek üretim birimleri oluşturacak biçimde düzenlenmesi hızla yaygınlaşmaktadır. Artık, tümüyle bilgisayar denetiminde fabrikalar kurulması aşamasına gelmiştir. Bu tip fabrikaların maliyetinin geleneksel fabrikalara göre daha fazla olmadığı da örneklerle gözlenmektedir.

Yurdumuzda işgücünün ucuz, imalathanelerin üretim hacminin düşük olması, bugün için robot kullanmayı engelleyici etmenler olmaktadır. Yurdumuzda pek çok konuda olduğu gibi, üretimin otomasyonu konusunda da yeterli istatistik çalışmaları yapılmamıştır. Gelişmiş ülkelerin teknolojisine ayak uydurabilmek için çağımızın otomasyon yöntemi olan iş robotları ve esnek üretim birimleri konusunda çalışılması zorunludur.

KAYNAKLAR

- (1) John Cohen, Human Robots in Myth and Science, Unwin Brothers Ltd., London, UK 1966.
- (2) E. Kafrissen, M. Stephans, Industrial Robots and Robotics, Prentice Hall Comp., Reston, Virginia, USA 1984.
- (3) J. F. Engelberger, Robotics in Practice, AMACOM, USA 1980.
- (4) R. L. Paul, Robot Manipulators, Mathematics, Programming and Control, MIT Press, Cambridge, Mass., USA 1981.
- (5) John Hartley, Robots at Work, IFS Publ. Ltd., Bedford, UK 1983.
- (6) H. öner Yurtseven, Introduction to Robotics, a seminar presented in the Dept. of Elect. Eng., METU Ankara, TURKEY, 1984.