

AYLIK POPÜLER BİLİM DERGİSİ

BİLİM ve TEKNİK



YENİ UFUKLAR

ROBOTİK-1

MAYIS 2003 SAYISININ ÜCRETSİZ EKİDİR

HAZIRLAYAN : PROF. DR. ABDÜLKADİR ERDEN
Atılım Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü

ROBOTİK

Bilim ve Teknoloji tarihini incelediğimizde, uzun durağan dönemlerden sonra önemli bilimsel ve/ya da teknolojik sıçramalar gözlemlenip, bu sıçramalar sonunda toplum yaşamında önemli değişim ve gelişmeler izleniyor. Genellikle bu sıçrama olgusu bir ya da birkaç bilim adamının adıyla birlikte anılmaktadır. Çağdaş bilim ve teknoloji sürecinde, tüm insan ve toplum yaşamını değiştirecek önemli bir çok olgu ile içiçe yaşıyoruz. Bunlar arasında robot kavramı ve uygulamaları, insan konforu ve güvenliğiyle ilgili temel kavramlarda ve uygulama niteliklerinde ilkesel düzeyde değişimlere yol açacak bilimsel ve teknolojik bir adım. Robot teknolojisi, çağımız gelişim süreci içinde gelişen birçok bilimsel ve teknolojik olgunun, Robot adını verdiğimiz teknolojik ürünler üzerinde bütünleşmesi ve uygulamasını içeriyor. Robot dediği zaman aklımıza, insan gibi yürüyen, insan davranışları sergileyen, daha da önemlisi insan gibi düşünen ve karar verebilen makineler geliyor. Bu düşüncede seyrettiğimiz bilim

kurgu filmlerin çok büyük etkisi var. Yıllar önce izlediğimiz ve hala da zevkle yeni bölümlerini takip ettiğimiz Yıldız Savaşları (Star Wars) filminin kahramanlarından olan C3PO da bu robotlara örnek olarak verilebilir. Bizler bu filmleri

Robot Tanımları

Webster Sözlüğü (1993);

Normal koşullarda insanlara atfedilen işlevleri yapan, ya da şekilsel olarak insana benzeyen otomatik bir düzenek.

Amerika Robot Enstitüsü (1979):

Çeşitli işleri yapabilmek için programlanmış hareketlerle malzeme, parça, alet, ya da özel cihazları taşımak için tasarlanmış çok işlevli, tekrar programlanabilir düzenek.

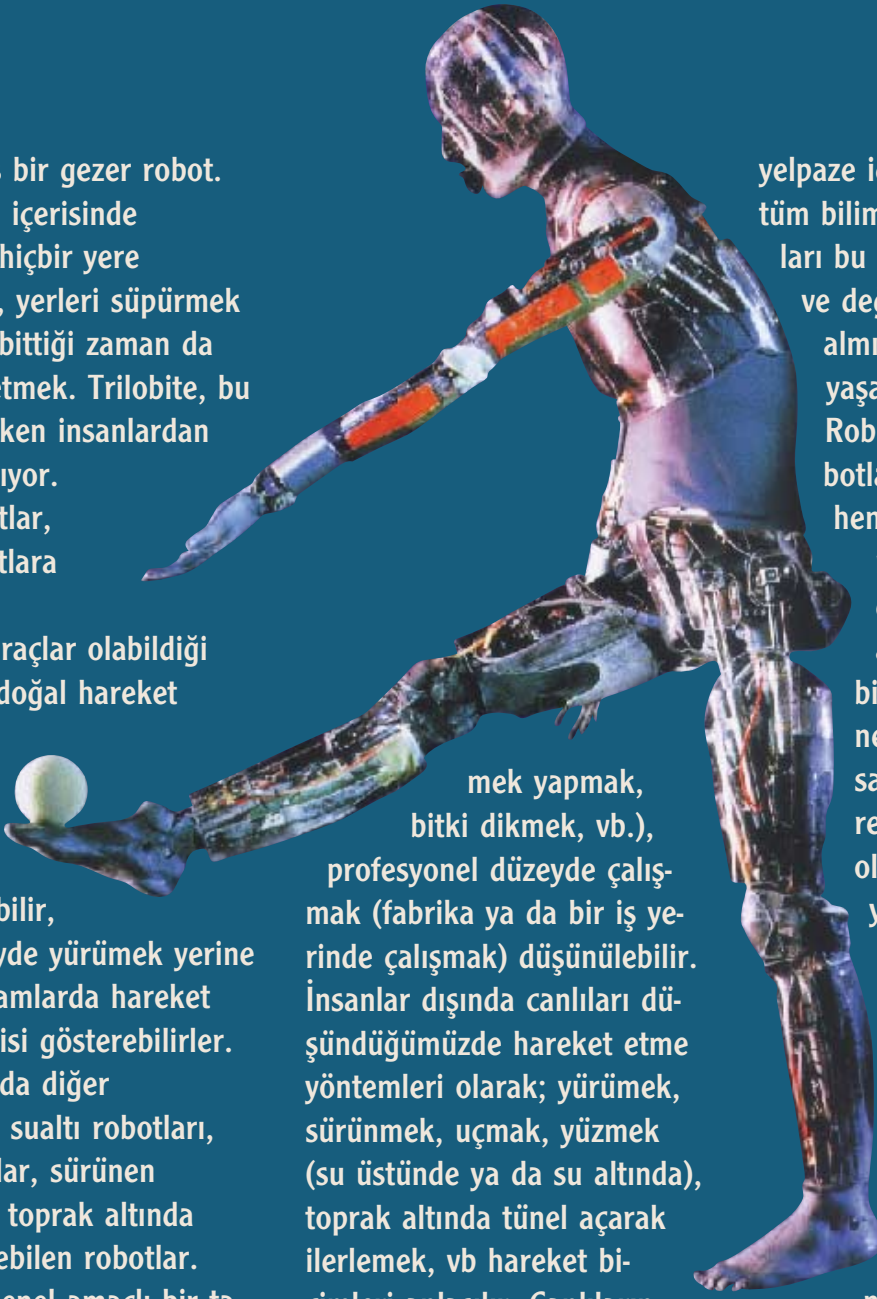
Günümüz koşullarında ve robot sıfatıyla anılan çok sayıda örneği incelediğimizde, bu tanımlardan birincisinin yetersiz olduğu, robot kavramlarının insan işlevleri ve şekliyle tanımlanması ve sınırlandırılmasının yanlış olduğu açık. Bu nedenle, Robot tanımı olarak, "canlılara benzer işlevleri olan ve davranış biçimleri sergileyen makineler" diyebiliriz. Robotların temel özellikleri olarak da işlevsel olarak kendi kendilerine yeter ve programlanabilir olmaları sayılabilir.

seyrederken, günlük yaşamımızda olmasa da fabrikalarda robotlar kullanılmaya başlandı. Bu robotlara en güzel örnek, fabrikalarda boya yapan, parça taşıyan ya da kaynak yapan robot kollar. Adlarından ve

görüntülerinden de anlayacağımız gibi bu robotlar, düşlediğimiz gibi bir insan görünümündeki robotlardan çok farklılar. İnsanın yalnızca koluyla kısmen benzerlik gösteren bu robotlar, günümüzde de üretimin yoğun ve hassas olduğu birçok fabrikada sıklıkla kullanılıyor ve monoton işleri insana bırakmadan sabırla yapıyorlar.

Gelişen teknolojiyle birlikte zaman içerisinde robotlar yalnızca robot kol olmaktan çıkıp etrafını algılayabilen, etrafına tepki verebilen ve bir noktadan başka bir noktaya gidebilen makineler haline geldiler. Bu tip robotlar, gezer robotlar diye adlandırılıyorlar. Gezer robotların en güzel örneklerinden biri NASA'nın tasarladığı ve MARS'a araştırma yapmak için gönderdiği Sojourner. Gezer robotlar, yalnızca uzay araştırmalarında değil, günlük hayatımızda birçok farklı uygulamada kullanılmaya başlandı. Electrolux'ün Trilobite adlı gezer robotu buna bir örnek. Trilobite, insansız elektrik süpürgesi olarak çalışmak için

tasarlanmış bir gezer robot. Amacı, oda içerisinde dolaşarak, hiçbir yere çarpmadan, yerleri süpürmek ve enerjisi bittiği zaman da pilini şarj etmek. Trilobite, bu işleri yaparken insanlardan yardım almıyor. Gezer robotlar, bilinen taşıtlara benzeyen tekerlekli araçlar olabildiği gibi, daha doğal hareket sağlayan iki ya da daha çok bacaklı olabilir, ya da yüzeyde yürümek yerine değişik ortamlarda hareket etme becerisi gösterebilirler. Bu kapsamda diğer örneklerse; sualtı robotları, uçan robotlar, sürünen robotlar ve toprak altında hareket edebilen robotlar. Robotlar, genel amaçlı bir tanımlama yapılırsa, canlıların işlev ve yaşam biçimlerini taklit eden ve programlanabilir yetenek ve zekâya sahip, gelişmiş ve çok disiplinli öğeler içeren makinelerdir. Bu tanımda kullanılan, "canlıların işlev ve davranış biçimleri" deyimini biraz açıklamak gerekebilir. İnsanların işlevleri arasında; hareket etmek (yürümek, koşmak, sıçramak, vb.), iletişim (konuşmak, yazmak, resim yapmak, gülmek, ağlamak, vb.), yararlı bir iş yapmak (çamaşır yıkamak, ye-



mek yapmak, bitki dikmek, vb.), profesyonel düzeyde çalışmak (fabrika ya da bir iş yerinde çalışmak) düşünülebilir. İnsanlar dışında canlıları düşündüğümüzde hareket etme yöntemleri olarak; yürümek, sürünmek, uçmak, yüzmek (su üstünde ya da su altında), toprak altında tünel açarak ilerlemek, vb hareket biçimleri anlaşılır. Canlıların davranış biçimleriyle, bireysel ve toplumsal etmenlerin etkileşimiyle gelişir. Bu kavramların robotlar üzerinde uygulanmasıyla; hareket eden, iş yapan, iletişim yetenekleri olan, çeşitli davranış biçimi sergileyebilen tüm makineleri Robot olarak tanımlamak mümkün. Robot teknolojisi bilimsel ve teknolojik olarak kolektif bir çalışmanın ürünü. Bu teknolojinin üretilmesinde ve uygulamasında sayılamayacak kadar çok kişi ve kurum katkıda bulunmuş, yine çok geniş bir

yelpaze içinde tanımlanan tüm bilim ve mühendislik kolaları bu gelişim süreci içinde ve değişik düzeylerde rol almış bulunuyor. İnsan yaşamına benzeterek; Robot teknolojisini (robotları) emekleme çağını henüz yeni tamamlayarak, iki ayağı üzerinde yalnızca bir kaç adım atabilmiş küçük bir çocuk olarak düşünebiliriz. Böyle bir insan yavrusunun gelişerek yetişmiş bir insan olarak ulaşacağı düzeyi, günümüzde içinde yaşadığımız robot teknolojisi düzeyiyle karşılaştırdığımızda, bundan sonraki nesilleri nasıl bir teknolojinin beklediğini açıkça görebiliriz. Bu teknolojik gelişim sürecinin içinde yaşamak, bu süreci gözlemlemek, bu ilk adımlardan yararlanmak gerçekten heyecan verici bir olgu. Bu heyecanı duyan ve yaşayan insanların robot teknolojisine gelecek yıllarda yapacakları daha yoğun ve verimli katkılarıyla, önümüzdeki yıllar, tüm insanların ve toplumların konfor ve güvenliğinde hissedilir önemli değişimlere neden olacak.

Abdülkadir Erden
Mekatronik Mühendisliği Bölümü,
Atılım Üniversitesi, Ankara

ROBOT TEKNİK

- Bilgilerinin ve yeteneklerinin sınırlarını bilmeliler.
- Benzer durumdaki farklılıkları ayırt edebilmeliler.
- Yaratıcı ve yenilikçi olabilmeliler, yeni kavram ve görüşler üretebilmeli, benzerliklerin farkına varabilmeliler.
- Farklı görünümlü durumlardan genelleme yapabilmeliler.
- Dış dünyayı algılayabilmeliler.
- Lisan ve sembolik gösterimleri anlayabilmeli ve kullanabilmeliler.

Bu nitelikleri sağlayarak; durum değerlendirmesi yapabilen ve buna bağlı olarak davranışlarını değiştirebilen yeteneği olan sistemler Zeki Sistemler olarak adlandırılır. Buna göre zekâ, uygun davranış uyarlamalarıyla durum değerlendirmesi yapabilme yeteneği oluyor.

Yapay Zekâyıysa, alışılmış tanımıyla "bilgisayarların daha zeki davranmalarını sağlayan bir yaklaşım" olarak tanımlamamız mümkün. Farklı bir tanım olarak, "yapay zekâ, makinelerin daha zeki davranmalarına olanak veren uygulamalardır". Yapay zekâ tanımlarının biyolojik zekâyı kapsamadığını, "yapay zekâ (Artificial Intelligence (AI))" yerine "uygulamalı zekâ (Applied Intelligence (AI))" kelimesinin de kullanılabilceğini özellikle belirtmek gerekir. Yapay zekâyıya sahip sistemlerin temel özellikleriyse şunlar:

- İletişim yetenekleri olmalı.
- Belirli bir konuda bilgi sahibi olmalılar.
- Bilgi sahibi oldukları konuda etki-leşim kurabilecekleri bir dünyanın

Robot sistemlerin işlem düzeyinde belirgin nitelikleri şunlar:

1- Robotlar kendi durumlarını ve konumlarını, ve bir parçası oldukları çevrelerini algılayabilirler,

2- Algılanan çevre, kendi konum ve durumlarıyla önceden belirlenmiş görevlerini karşılaştırarak, kararlar alabilirler,

3- Alınan kararları uygulayarak çevreyi, ve kendi durum ve konumlarını değiştirebilirler.

Bir makine ve sistem içinde bu işlevlerin yerine getirilmesiyle, insan yapısı makine ve sistemlere zeki davranış özellikleri kazandırılmakta. Burada belirlenen zeki davranış, makine ve sistemlerin insanlar tarafından algılanan belirgin davranışları. Gerçektenyse, insanda varolan zekâ olgusuyla mekatronik makine ve sistemlerin zeki davranışları arasında temel kavram ve önemli yapısal farklılıklar olduğu kabul edilmekte. Güncel ve yakın gele-

cekte beklenen teknolojiyle, bu iki kavram arasındaki açığın kapatılması beklenmiyor.

Zekâ, Yapay Zekâ ve Mekatronik Zekâ

Zeki sistemlerin (yapay ya da biyolojik) taşınması gereken nitelikler şunlar:

- Düşünsel tavırları (inanç, istek, eğilim vb) olmalı.
- Yeni bilgi kazanabilmeliler (Öğrenme yeteneği).
- Sorun çözebilmeli, karmaşık sorunları daha kolay çözümlenebilir ya da alt sorunlara ayırabilmeliler.
- Belirsiz ve çelişkili ortamlar da dahil olmak üzere, anlama yetenekleri olmalı.
- Düşünülen eylem(ler)in sonuçlarını planlama ve öngörme yeteneği olmalı.

Robot Teknolojisinin Kilometre Taşları

Robot kelimesi ilk olarak 1920 yılında kullanılmış olsa da, robotlara ait ilk kavramlar ve robot benzeri ilk makineler için bilgiler MÖ 3000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Eski Mısır, eski Yunan ve Anadolu uygarlıklarında otomatik su saatleri benzeri makinelerin geliştirildiği bilinmektedir. Homeros'un İlyada eserinde insan yapımı kadın hizmetçilerden söz ediliyor. MÖ 100 yıllarında yaşamış olan İskenderiye'li bir mühendisin, otomatik açılan kapılar, fısıkiyeler vb. düzenekleri su ve buhar gücüyle çalıştırdığı eski kitaplarda yazıyor. Daha yeni çağlarda Leonardo da Vinci'nin yürüyen mekanik aslanı olduğu söylenmektedir. Bu süreç için-

de özellikle Batı dünyasında iyi bilinmeyen El Cezeri'nin (MS 12. yüzyıl) robot teknolojisi konusunda çok sayıda ve zamanına göre çok ileri öneeri ve uygulamaları bulunmaktadır.

Robotların gelişim süreci ve tarihinin kısaca gözden geçirilmesi, bu teknolojik gelişim sürecinin önemli kilometre taşlarını belirlemek için ilginç olabilir. Aşağıda verilen ve otomatik makinelerin gelişimini özetleyen liste günümüzde kullanılan robotların tarihi hakkında bilgiler içe-



İlk gezer robotlardan Shakey isimli robot

riyor.

~MÖ 270: Ctesibus adlı bir eski Yunan bilgini hareketli parçalardan oluşan organ ve su saatleri üretmiş.

~MÖ 100: Otomatik açılan tapınak kapıları (İskenderiye).

1136-1206: El Cezeri'ye ait çeşitli otomatik makineler (Yandaki yazı kutusuna bakınız).

~1800: Jacques de Vaucanson, Pierre & Henri-Louis Jaquet-Droz, Henri Maillerdet otomatik

NOLOJİSİ VE YAPAY ZEKÂ

varlığını farkedebilmeli ve bu dünya hakkında bilgi sahibi olmalılar.

- Hedef ve planları bulunmalı, görev tanımlarını biliyor olmalılar.

- Seçenekler üretebilecek yaratıcılık yetenekleri olmalı. Burada kullanılan yaratıcılık kelimesi, seçenek üretmekle sınırlı.

Yapay zekâ kullanan akıllı bir makinenin kendisini ve çevresini doğru algılaması ve göstermesi, bu bilgileri kodlaması ve kodlanmış bilgiyi çözmesi, mantıksal çıkarım uygulaması, ve bilgiye kolay erişim için sıralaması gerekmektedir. Tüm bu etkinlikler, yapay zekânın elemanları. Öğrenme yapay zekâ için çok önemli bir başka etkinlik. Özel bilgilerden genel bilgileri çıkarım, zekânın temel kavramlarından birisi. Bu nedenle, mekatronik sistemlerin daha zeki makineler olarak tanımlanabilmeleri için öğrenme birimlerinin olması da istenmektedir. İleriye yönelik tahmin yapabilmek, zeki makinelerden beklenen bir başka özellik. Yine zekânın bir parçası olarak hatalı yapılan işlerin farkına varılması ve düzeltilmesi de anlaşılmalı. Merak ve yaratıcılık zeki davranışlar için çok önemli iki temel kavram olmakla birlikte henüz makine düzeyinde bu kavramların uygulaması görünmüyor.

Bu yazının giriş bölümünde bahsedilen algılama-karar alma-uygulama yapabilen makineleri, günümüz teknolojisi içinde mekatronik zekâyâ sahip makineler olarak tanımlayabiliriz. Bu tanıma paralel olarak "mekatronik zekâ, makinelerin zeki davranmalarını

sağlayan donanım ve yazılımlar bütünüdür" diye tanımlamamız gerekir. Bu tanım, yapay zekâ araştırmacılarının ilk yıllarda beklediği insan benzeri makine tanımlarına tam olarak uymasa da, günümüz teknolojisinde önemli yararlar getirmiş ve teknolojik gelişmelerde önemli adımlar atılmasını sağlamış bulunuyor. Mekatronik zekâyâ biyolojik zekâ ve yapay zekânın farklı olduğunun, en azından mühendislik uygulamaları için farklı tanımlanması gerektiğini vurgulamak gerekir. Bu tanım, insan zekâsı üzerinde yapılan çalışmaları mekatronik zekâ uygulamaları konusu dışına taşımakta. Benzer şekilde, bilişim bilimi olarak isimlendirilen çalışmalar da mekatronik yapay zekâ uygulamaları dışında kabul edilmeli. Bu konuların, genel mühendislik felsefesi içinde bilim-mühendislik ilişkileri neyse, mekatronik mühendisliği ve yapay zekâ ile ilişkileri de aynı nitelik ve düzeyde.

Güncel teknolojik sınırlamalar içinde makinelerin hangi zekâ düzeylerinde üretilebileceği, tartışma konusu. Tümünü insan benzeri zeki davranışlarda bulunan makinelerin, yalnızca bilim kurgu filmlerinde varolabileceğini kabul etmek zorundayız. Bu durumda, teknolojik olarak zeki kabul edilen makineler, insan davranışlarını yalnızca yüzeysel düzeyde taklit edebilen makineler oluyor. Bu taklit düzeyi de, insanın bir bütün olarak taklit edilmesi değil, insanın bazı davranış biçimlerinin taklidi olarak gerçekleştirilmekte. Güncel ve yakın zaman-

da insanın tüm zeki davranışlarını bir birim içinde bütünleştiren bir teknoloji gelişimi olası görünmüyor.

İnsan-Makine Birlikteliği

Öncelikle makine-insan birlikteliğini iyi tanımlamak gerekir. Güncel teknolojik düzeyimizde insan iletişimi olmayan hiçbir makine yok ve olamaz. Çeşitli düzeylerde makineler, insan denetimi altında bulunuyorlar. Bu nedenle yalnızca makinelerin hakim olduğu bir ortam yok. Bu durumda, mühendislik sistemlerini insan-makine birlikteliği içeren sistemler olarak tanımlamak daha doğru olur. Bu durumda kuramsal olarak tümüyle makinelerden oluşan sistemlerle, tümüyle insanlardan oluşan sistemler iki ayrı uç noktayı tanımlanıyorlar.

Mekatronik/Yapay Zekânın Mühendislikteki Uygulamaları

Son 20-30 yıldır yaşanan teknolojik gelişmelerin ışığında, hiçbir zekâ niteliği olmayan makinelere yapay zekâ içeren birimler eklenerek zeki makineler üretilmesinin, ekonomik bir ölçü olarak olumlu sonuçlar verdiği görüldü. Bu nedenle, son yıllarda zekâ düzeyi sıfırın üstünde çok sayıda ticari, askeri, vb. makineler tasarlandı ve üretildi. Bu makineler çok karmaşık

yazı yazan ve müzik enstrümanı çalan makineler geliştirdiler.

1801: Joseph Jacquard ilk kez delikli kart kullanarak çalıştırılan otomatik dokuma makinesi geliştirdi.

1818: Mary Shelley, Frankenstein adlı hikâyesinde yapay bir yaşam şeklini kullandı.

1830: Christopher Spencer mekanik kam denetimli otomatik bir torna tezgahı geliştirdi.

1892: Seward Babbitt sıcak metal parçaları fırından almak üzere motorlu tutucuya sahip vinç tasarladı.

1920 - 1921: Çekoslovak Karel Capek'in yazdığı bir tiyatro oyununda ilk kez ROBOT kelimesi kullanıldı. Yazar bu kelimeyi Çek dilinde "hizmet eden" anlamında kullanılan "robota"dan tü-



Çağdaş bir robot uygulaması; Bomba imha robotu.

retti. Tiyatro oyunu, "insan makineyi yapar, makine de insanı öldürür" teması üzerine kuruluydu.

1938: DeVillbis firması için Willard Pollard ve Harold Roselund programlanabilir püskürtme

boyama makinesi geliştirmişlerdir.

1940: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) radar teknolojisinin geliştirilmesi, cisimleri insan etmeni olmadan algılama konusunda en önemli adımlardan birisi oldu.

1940: Grey Walter ışığa yönelik ilk gezer robotları (machina speculatrix) üretti.

1941: Isaac Asimov "Robot" kelimesinden "Robotik" kelimesini türeterek ilk kez kullandı. Robotik, robot teknolojisiyle ilgili tüm alanları kapsayan bir tanım olarak kabul ediliyor.

1942: Isaac Asimov, Runaround isimli hikâyesinde Robotların üç yasasını yazdı.

1946: George Devol, genel amaçlı, manyetik kayıt yapabilen, ve tekrar çalıştırılabilen bir cihaz geliştirdi ve çeşitli makinelerde kullandı.

(silah sistemleri) olabildiği gibi, ev işlerinde kullanılan (çamaşır yıkama makineleri) ve basit kararlar alabilen makineler de olabiliyorlar. Uygulanan zekâ düzeyini belirleyen en önemli etken, kuşkusuz ekonomik boyut. Halen büyük boyutlarda bilgi ve veri depolama amaçlı sistemlerin ürün bazında uygulanabilir olduğu biliniyor. İşlem bazındaysa, gerçek zaman boyutu nedeniyle bunu söylemek kolay değil. Ancak, mekatronik makinelerin özelliği olarak algılama sistemleri boyutlarında yaygın bir uygulama olmamasının nedeni, yine bu ekonomik boyut. Algılama ve daha sonra eyleyici sistemlerinde sağlanacak ekonomik gelişmelerle daha zeki makineler üretimi yaygınlık kazanabilecek.

Güncel niteliklere sahip bir mekatronik mühendisinin, tasarım sürecinde mekatronik zekâ düzeyiyle ilgili olarak kullandığı temel nitelikler şunlar:

1- Mekatronik, zekâ mühendislik uygulamalarında yeni ufuklar açmakta, uygulayıcı mühendis ve tasarımcıya tamamen yeni ve çok geniş tasarım ve ürün seçenekleri sunmakta.

2- Mekatronik zekâ kullanılarak makinelerin yetenekleri genişletilmekte, makinelerin tanımlanan görev ve işlevleri çeşitlendirilmekte.

3- Mekatronik zekâyla makinelerin esnek davranışlar göstermeleri sağlanmakta, böylece "ortama göre davranış gösterebilen" yetenekli makineler üretilmektedir.

4- Mekatronik zekâ, üretim düzeyinde ağırlıklı olarak bir yazılım paketi olduğu için birden çok sayıda üretimi kolay ve ucuz olmaktadır. Bu nedenle donanım ağırlıklı sistemlere göre üstünlükleri bulunmaktadır.

Uygulama düzeyinde Yapay Zekâ elemanları

Doğal Konuşma Lisanı		
Sorum çözme ve planlama	<ul style="list-style-type: none"> - Buluşsal arama - Yapay zekâ dilleri ve araçları - Sağduyu ile akıl yürütme ve mantık - Bilginin medellemesi ve gösterimi 	Bilgisayarla Görme
Uzman Sistemler		

Yapay zekâ uygulamalarını zorunlu yapan koşullar; belirsizlik, karmaşıklık, ve kararsızlık olarak tanımlanabilir. Mekatronik zekâ, uygulama düzeyinde algılama teknolojisi, karar verme süreci ve eyleyici işlevlerinde etkili oluyor.

a) Algılama Sistemlerinde Yapay Zekâ: Zeki makinelerin tasarımında algılayıcılar temel elemanları oluşturuyor. Algılayıcı teknolojisini kullanarak hem makine içindeki birimler, hem de makine çevresi hakkında bilgi sağlamak mümkün. Ancak, algılayıcı bilgileri her zaman kullanıma hazır olmuyor. Algılayıcılardan gelen bilgi kümesi içindeki gereksiz bilgilerin ayıklanması ve temizlenmesi, gürültü niteliğindeki bilgilerin ayıklanması ya da en alt düzeye indirgenmesi, ve algılayıcı bilgilerinin daha kolay anlaşılabilen sembolik gösterimlere taşınması gerekiyor. Bilgilerin sembolik olarak gösterilebilmesi, hem insanın kavraması, hem de mekatronik zekâ için çok önemli bir konu. Bu konular algılama teknolojisindeki yapay zekâ uygulamalarını oluşturuyorlar. Bu kapsamda şu konular sayılabilir:

- *Örüntü sınıflandırma ve tanıma:*

Örüntü tanıma; "biyometrik" olarak isimlendirilen alanda yaygın olarak kullanılıyor. Biyometrik, fiziksel ve davranışsal niteliklerini inceleyerek, insanı otomatik olarak tanımaya çalışan bir teknoloji alanı. Bu kapsamda, özellikle yüz tanıma, parmakizi tanıma, iris ve retina tanıma, konuşma tanıma, yüz sıcaklık haritası, ve el geometrisi belirleme yaygın olarak kullanılan teknikler. Uygulama düzeyindeyse, el yazısı tanıma, tarım ürünlerinin otomatik olarak sınıflandırılması, imalat hatlarında hatalı ürünlerin tanınması, kalite kontrol uygulamaları, ürün yüzey özelliklerinin izlenmesi ve tanınması vb mühendislik uygulamaları bulunur.

- *Yapay sinir ağları:* Bu, örüntü tanıma ve öğrenme işlemleri için çok yaygın olarak uygulama bulmuş bir yöntem.

- *İmge işleme:* Optik, sonik, ve radar kaynaklı imgelerin gereksiz bilgilerinden arındırılarak daha anlaşılabilir ve istenen bilgilere odaklanabilir duruma getirilmesi.

- *Veri kaynaşımı:* Çeşitli kaynaklardan oluşan verilerin bir odak çevresinde bileşiminin sağlanması.

- *Öğrenme:* Deneyim birikimi sağlanarak makinelerin yeteneklerinin geliştirilmesi.

b) Biliş Sistemlerinde Yapay Zekâ: Makinelerin kendileri ve çevreleri hakkında yeterli bilgiye sahip olduktan sonra, kısa ve uzun vadeli olarak uygulamaya yönelik kararlar almaları gerekir. Bu amaçla, makinenin kendisini ve çevresini modelleyebilmesi ve işlevsel olarak konumu ve görevleri hakkında bir sonuca ulaşabilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda şu etkinlikler düşünülebilir:

Robotların Üç Yasası

- Bir robot bir insana zarar veremez, ya da kayıtsız kalarak bir insanın zarar görmesine neden olamaz.

- Birinci yasayla çatışmamak koşuluyla, bir robot insanlar tarafından verilen emirlere uymak zorundadır.

- Birinci ve İkinci yasayla çatışmamak koşuluyla, bir robot kendi varlığını korumalıdır.

1946: J. Presper Eckert ve John Mauchly, Pennsylvania Üniversitesi'nde ilk elektronik bilgisayar olarak bilinen ENIAC isimli bilgisayarı geliştirdi. Whirlwind adlı bir başka bilgisayar,

MIT'de ilk olarak bir bilimsel problemi çözdü.

1948: MIT'den Norbert Wiener Elektronik, Mekanik, ve Biyolojik sistemlerin denetim ve iletişimini inceleyen, "Sibernetik" başlıklı kitabı yayınladı.

1951: Raymond Goertz, ABD Atom Enerjisi Komisyonu için uzaktan işletilen bir kol tasarladı.

1954: George Devol, programlanabilir genel amaçlı robotu tasarladı ve patent başvurusunu yaptı.



Gelişmiş bir gezer robot, Robart III

1956: G. Devol ve Joseph F. Engelberger, Unimation Inc. adlı dünyanın ilk robot firmasını kurdular.

1958: Satış amaçlı ilk ticari robot üretildi.

1959: MIT'de servomekanizma laboratuvarında robot kullanılarak bilgisayar destekli üretim amaçlı bir gösteri yapıldı.

1959: Planet firması, ilk genel amaçlı ticari robotu pazarlamaya başladı.

1960: Harry Johnson ve Veljko Milenkovic'in tasarladığı

- *Akıllı yürütme*: Gösterim, Mantıksal akıl yürütme, Bilgi tabanlı sistemler, Bulanık mantık, vb.

- *Çizelgeleme ve planlama*: Gösterim, Etkinlik planlama, Kritik yol analizi, Yol planlama, Acil durum planlaması, vb.

- *Sorun çözme*: Buluşsal sorun çözme vb.

- *Öğrenme*: Deneyim birikimiyle hızlı karar verme süreçleri elde edilmesi, ve böylece makine yeteneklerinin geliştirilmesi.

c) Eyleyici İşlemlerinde Yapay Zekâ: Makinenin kendi içinde karar verdikten sonra eyleyicilerle çevresini değiştirmesi, olağan bir davranış. Bu eylem, otonom robotlardaki gibi tüm makinenin hareketi (gezinmesi) olabildiği gibi, endüstriyel robot kollarındaki gibi makinenin bazı elemanlarının hareketini de kapsayabilir. Genelde karar sonrası eylem, bir hareket içerir. Genel anlamda, hareket, yer değiştirme, ısıtma/soğutma, akış kontrolü başlıca eylem seçenekleri. Eylem aşamasında yapay zekâ uygulamalarında dağınık yapay zekâ, yaygın olarak kullanılan bir yaklaşım. Dağınık yapay zekâ içeren sistemlerde, merkezi denetim biriminin ürettiği ve alt birimlere gönderdiği komutlar, alt birimlerce ayrıca yorumlanır. Bu elemanlar bu komutlara göre eyleyicilerin özel komutlarını üretirler ve uygularlar.

Mekatronik/Yapay zekâ yaklaşımını kullanan programlama teknikleri ve alışılmış bilgisayar programlama teknikleri de farklılıklar gösterir. Konunun ayrıntılarına girmeden bu farklılıklar Çizelge'de özetlenmiş bulunmaktadır.

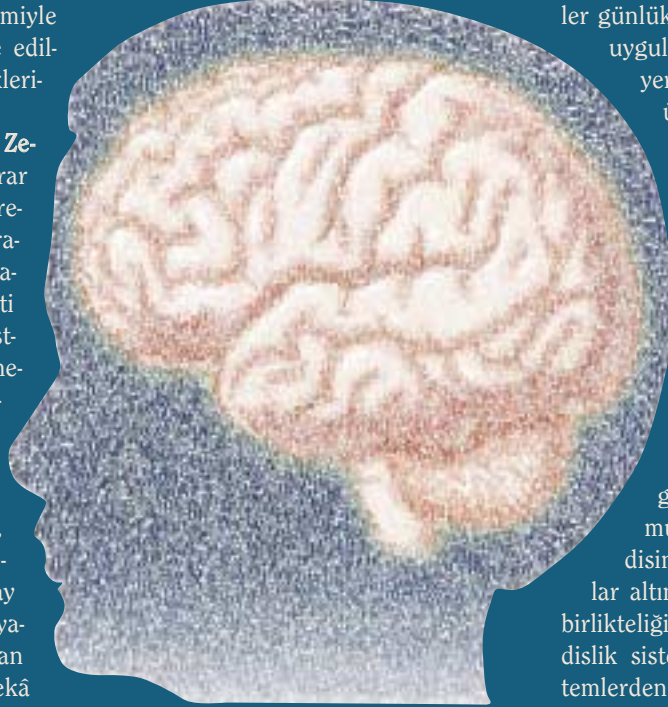
Çizelge; Yapay Zekâ ve Alışılmış bilgisayar programlama tekniklerinin karşılaştırması

Yapay Zekâ Programlama Teknikleri

Öncelikle sembolik işlemler
Buluşsal arama (Çözüm adımları gizli)
Bilgiden bağımsız program denetimi
Değiştirme, güncelleme ve büyütme kolay
Bazı yanlış cevap ve öneriler kabul beklenebilir
Tatmin edici cevaplar kabul edilebilir

Alışılmış Programlama Teknikleri

Genellikle ve öncelikle sayısal işlemler
Algoritmik yaklaşım (Çözüm adımları belirli)
Bilgi ve program bütünlük yapıda
Güncelleme ve değiştirme zor
Tamamen doğru sonuçlar beklenir
Genellikle en iyi çözüm ve öneriler istenir



sıyla gelişen mekatronik zeki sistemler günlük yaşamımızda ve teknolojik uygulamalarda giderek daha çok yer alıyorlar. Zeki sistemlerin üretilmesiyle daha esnek ürünler, daha uygun ekonomik koşullarda üretilmiş, dolayısıyla teknolojinin yaygınlaşması sağlanmış bulunuyor. Ancak, yapay zekâ uygulamalarının güncel bilgisayar teknolojilerinden kaynaklanan ve ekonomik nitelikli yapısal sınırlamaları bulunmakta. Bu kısıtların gelişen teknolojiyle aşılması mümkün. Mekatronik mühendisinin geçerli teknolojik koşullar altında en uygun insan-makine birlikteliğini tasarlayarak zeki mühendislik sistemleri üretmesi, ve bu sistemlerden en uygun verimi alması gerekiyor.

Mekatronik konular kapsamında en önemli yapay zekâ uygulama alanlarından birisi, bilgisayarla görme sistemleri. Bir özet olarak bilgisayarla görme sistemlerinin diğer konularla olan ilişkileri de Çizelge 2'de gösteriliyor.

Sonuç

Yapay zekâ benzeri yaklaşımların mekatronik sistemlerde uygulanma-

Abdülkadir Erden

Mekatronik Mühendisliği Bölümü,
Atılım Üniversitesi, Ankara

Kaynaklar

- 1- G. Rzevski (Ed.), Designing Intelligent Machines; Mechatronics, Volume 1: Perception, Cognition and Execution, Butterworth-Heinemann Ltd. 1995.
- 2- G. Rzevski (Ed.), Designing Intelligent Machines; Mechatronics, Volume 2: Concepts in Artificial Intelligence, Butterworth-Heinemann Ltd. 1995.
- 3- <http://biometrics.cse.msu.edu>
- 4- <http://tcts.fpms.ac.be/rd/rd/fuk.htm>
- 5- M. A. Fischler, O. Firschein, Intelligence, The eye, the brain, and the Computer, Addison-Wesley, 1987
- 6- M. W. Firebaugh, Artificial Intelligence, PWS-Kent Publ. Co

Versatran isimli robot pazarlanmaya başlandı. Unimation robotlarının adı Unimate Robot sistemleri olarak değiştirildi.

1962: General Motors ilk kez bir endüstriyel robotu (Unimate) üretim hattında kullanmaya başladı. Robot, sıcak parçaları kalıp döküm makinesinden alarak istiflemek amacıyla kullanıldı.

1963: Bilgisayar denetimli, altı eklemli ilk yapay kol (Rancho arm) geliştirildi.

1964: Dünyanın önde gelen bazı üniversite ve araştırma merkezlerinde (MIT, Stanford Araştırma Enstitüsü, Stanford Üniversitesi, Edinburgh Üniversitesi) ilk kez Yapay Zekâ araştırmaları başladı ve laboratuvarları açıldı.

1965: DENDRAL isimli ilk uzman sistem yazılımı geliştirildi.

1966: Nokta kaynağı yapan ilk robotlar üre-



C3PO ve R2D2 isimli Star Wars sinema filmi robotları (1977)

tildi.

1967: Japonya, ilk kez robot ithal ederek robot teknolojisini kullanmaya başladı.

1968: Marvin Minsky, on ayaklı ahtapot benzeri bir robot geliştirdi.

1968: Stanford Araştırma Enstitüsü'nce Shakey isimli ve görme yeteneği olan ilk gezerek robot üretilti.

1970: Stanford Üniversitesi'nce bir robot kol geliştirildi ve bu robot kol Stanford Kolu adıyla araştırma projelerinde bir standart olarak yerleşti.

1973: Richard Hohn, Cincinnati Milacron Corporation adına ilk mini-bilgisayar denetimli robotu geliştirdi. Geliştirilen robot T3 (The Tomorrow Tool) olarak adlandırıldı.

Robotlar ve El-Cezeri

El-Cezeri'nin (Bediüzzaman Ebü'l İzz İbni İsmail İbni Rezzaz El Cezeri), Artuklu Türklerinin Diyarbakır'da hüküm sürdüğü yıllarda, 1136-1206 yılları arasında yaşadığı tahmin edilmekte. El-Cezeri 32 yıl Artuklu sarayında mühendislik yapmış, zamanına göre çok ileri düzeyde teknoloji içeren ve otomatik olarak çalışan çok sayıda düzenek kurmuş. Cezeri'nin mühendislik açısından büyük önem taşıyan eserinin orijinal adı, Kitab-ül Cami Beyn-el-İlmi ve'l-Ameli en Nafi Fi Sinaatil Hiyele (mekanik hareketlerden mühendislikte faydalanmayı içeren kitap) olarak biliniyor. Eserin başka isimleri de var.

Kitab-ül Hiyele, 6 bölümden oluşmakta:

1.Bölüm: Binkam (su saati) ve fınkanların (kandilli su saati) saat-ı müsteve ve saat-ı zamaniye olarak nasıl yapılacağı hakkında 10 şekil.

2.Bölüm: Çeşitli mutfak eşyalarının yapılışı hakkında 10 şekil.

3.Bölüm: Hacamat (kan aldırma) ve abdestle ilgili ibrik ve tasların yapılması hakkında 10 şekil.

4.Bölüm: Havuzlar, fiskiyeler ve müzik oto-

Otomatik Abdest Alma Makinesi

Cezeri'nin bu makineyi yapışı hakkında, kitabının 332. sayfasında şu bilgilere yer veriliyor: Hükmüdar Mahmut, hizmetçilerin ve cariyelerin abdest suyu dökmelerinden iğrenmektedir. Bunun için de Ebu'l İzz'in yaptığı makinenin tavus kuşlarından faydalanır ve bunların döktüğü sularla abdest alır. Bu sistemde gerekli olan otomatik hareketler, hidrolik güçle sağlanmıştır. Sıvı, basıncın ve akış hızının en üst düzeyde olacağı şekilde en üstteki depoya doldurulmuştur. Su deposuyla hizmetçinin elinde bulunan testi, sütun ve hizmetçinin elbisesinin altından geçen U biçimindeki ince boruyla birleştirilmiştir. Testi iki bölümden meydana gelmiştir. Testinin önce alt bölümü dolar; testinin su akıtma ağızı sifon şeklinde yapılmış olduğundan; su akmadan testi doldurmaya devam eder. Aynı zamanda su, hizmetçinin eli içinde bulunan ve elbise içine gizlenmiş ince borudan geçerek sağ kolunun dirsek bölümüne basınç yapar. Bu basınç düdüğ sesinin çıkmasını sağlar. Düdüğ sesi, testi do-

matları hakkında 10 şekil.

5.Bölüm: Sığ bir kuyudan ya da akan bir iverden suyu yükselten düzenekler hakkında 5 şekil.



matlanı kadar devam eder. Testi dolunca, suyun ağırlığıyla hizmetçinin kolu aşağıya doğru uzanır; dolayısıyla su testinin ağızından aşağıdaki kaba akmaya başlar.

Gökhan Tok, Asya'da Rönesans, Bilim ve Teknik, Ekim 2001, s. 92-96

matları hakkında 10 şekil.

6.Bölüm: Birbirine benzemeyen muhtelif şekillerin yapılışı hakkında 5 şekil.

Bu altı bölümde yaklaşık 50 adet otomatik makine, pompa, fiskiye, su terazileri, müzik aletleri, ve mühendislikle ilgili birçok düzeneklerin ayrıntılı planları hakkında bilimsel ve uygulamalı bilgiler verilmekte. Kitaptaki resim ve şekilleri bizzat Cezeri çizmiştir.

Kitab-ül Hiyele'den Örnekler

Otomatik Kuşlar

Filli saat

Otomatik yüzen kayak ve çalgıcılar

Birbirine şerbet ikram eden iki şeyh

Dört çıkışlı iki şamandıralı otomatik sistem

İki bölümlü testi (termos)

Otomatik abdest alma makinesi

Otomatik su akıtma, ikramda bulunma ve kurulum makinesi

Su çarkı kepçe mekanizması

Motor-kompresör mekanizması

Su çarkı su dolabı

http://www.tarihvakfi.org.tr/toplumsal tarih/genctarih/2000/katilanlar/muhammet_ozlem.asp



El-Cezeri'nin otomatik makinelerinden iki örnek.



1974: Stanford kolunu geliştiren Profesör Scheinman Vicarm Inc. isimli bir firma kurarak mini-bilgisayar kullanan robot kollarının pazarlamasına başladı.

1974: Dokunma ve basınç algılayıcıları kullanarak küçük parçaların montajını yapabilen ilk robot, üretim hattında kullanılmaya başlandı.

1976: Viking 1 ve Viking 2 uzay araçlarında robot kollar kullanıldı.

1977: ASEA isimli Avrupalı bir robot firması,

ODTÜ'de geliştirilen basit bir gezer robot prototipi (1992)



iki ayrı boyutta robot üretimine başladı.

1977: Star Wars sinema filmindeki C3PO ve R2D2 robot animasyonlarıyla robot kelimesi geniş insan kitlelerine yayıldı.

1978: PUMA isimli robot üretildi ve pazarlanmaya başladı.

1979: Stanford Cart isimli gezer robot, üzerine monte edilmiş bir kameralardan alınan görüntüleri kullanarak engellerle dolu bir odayı engelleri aşarak boydan boya geçti.

1984: SRI tarafından Sha-

key'den daha fazla gelişmiş bir gezer robot olan Lakey üretildi.

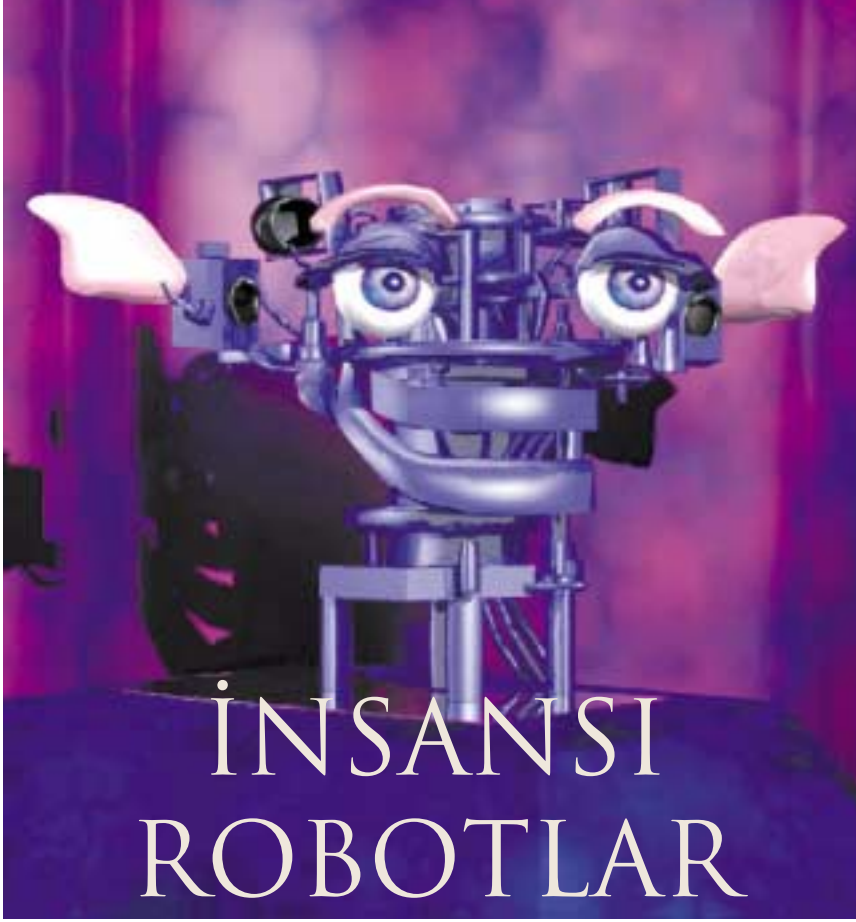
1990: ABD'de 12 dolaylarında robot firması görülürken, Japonya'da 40'dan fazla robot firması kuruldu.

1993-1994: Önceki robotlara göre ucuz maliyetli ERRATIC ve PIONEER1 isimli gezer robotlar üretildi.

1998: Robot oyuncak FURBY piyasaya çıktı.

Abdülkadir Erden
Mekatronik Mühendisliği Bölümü,
Atılım Üniversitesi, Ankara





Son yıllara kadar bilim ve teknoloji dünyasında popüler olan robotlar, C3PO'dan ve filmlerde gördüğümüz robotlardan çok farklıydılar. Bu robotlar, insana hiç benzemedikleri gibi, zekâları da insan zekâsına göre çok zayıftı. Son yıllarda yaşanan işlemcilerin hız ve kapasitelerindeki önemli gelişim, yapay zekâ ve mekatronik alanındaki ilerlemeler, iki bacaklı yürüme mekanizmaları üzerindeki araştırmalar, bunların yanı sıra robotik görüntüleme sistemlerindeki ilerlemeler insansı robotlar üzerinde araştırmalar yapılmasına izin verdi ve ileride bu yönde ciddi gelişmeler olabileceğini gösterdi. İnsansı robotların yapılması teknolojik gelişmelere bağlı olmakla birlikte, bunun ötesinde insan taklit edilmeye çalışıldığı için, insanın zekâ, psikolojik, ve fonksiyonel olarak çözümlenmesi de gerekiyor. Bu yüzden, insan beyni, psikolojisi ve anatomisi üzerinde yapılan çalışmalar insansı robotların tasarımında ve yapımında çok büyük önem taşıyor. Bu konulardaki gelişmeler, insansı robot yapımına büyük katkılarda bulundu ve bulunmaya devam ediyor.

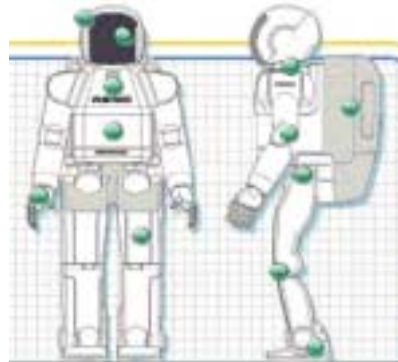
Şu anda dünyada en çok bilinen insansı robot, Honda firmasının yapmış olduğu Asimo. Asimo, yaklaşık 20 yıllık bir çalışmanın ürünüdür. Bu, insan gibi yolda yürüeyebilen, basamak çıkabilen ve bir eşyayı bir yerden bir yere

taşıyabilen bir robot ve insansı robotların geldiği son noktayı bizlere göstermekte.

İnsansı robotların, Asimo'da olduğu gibi insan gibi görünmenin, yürümenin ve basamak çıkmanın yanısıra, insan gibi tepki vermesi de bekleniyor. Üzüntü, sevinç, kızgınlık, şaşkınlık, mutluluk, heyecan, vb. davranışlar, artık robotlar için de kabul edilen iletişim ve davranış biçimleri haline gelmiş bulunuyor. Robotların, bu tepkilerini karşı tarafa, insanlara ve diğer robotlara ifade etmeleri gerekiyor. Asimo, tasarımı gereği bir astronotu çağ-



Asimo ve arkadaşı



Asimo (c) Honda

rıştırdığı için, kızma duygusu olsa bile bunu karşı tarafa belli etmesi çok zor. Aslında burada iki sorun olduğu ortaya çıkıyor. Birincisi, robotun sevinme, kızma ve şaşırma gibi tepkileri hissetmesini sağlamak; diğeri de bunları karşı tarafa gösterebilmek.

MIT, Yapay Zekâ Laboratuvarı'nda yapılmakta olan Kismet adlı, ayakları olmayan sadece kafadan oluşan insansı bir robot, bu tepkileri verebiliyor. Kismet, Asimo'dan farklı olarak insan gibi bir yüze sahip ve yüzü sayesinde de kızdığını, sevindiğini ve üzülmediğini gösterebiliyor. Kismet, üzerine takılmış olan mikrofon sayesinde sesleri işitebiliyor ve kamera sayesinde çevresini görebiliyor. Bu mikrofon ve kamera çok güçlü hesaplama gücü olan bilgisayarlara bağlı. Bu bilgisayarlarda çalışan ve yapay zekâ yöntemleri içeren denetim programları, Kismet'in etrafında gelişen olayları algılamasını sağlıyor. Kismet etrafındaki duruma göre ses çıkarıyor, kafasını ve kulaklarını oynatıyor, gözlerini çeviriyor, bir başka deyişle tepkisini çevresine gösteriyor. Kismet'in tepkilerinin nasıl olması gerektiği programlanırken, bir çocuğun annesine verdiği tepkilerden yola çıkılmış ve bunda da başarılı olunmuş.

Aslında, insansı robotlarla ilgili son noktayı ünlü yönetmen Spielberg, Yapay Zekâ (A.I.) adlı filmde koymuştu. Filmde tamamen insan görünümlü bir robot çocuk başrolü oynamış ve hepimizi sonunda ağlatmıştı.

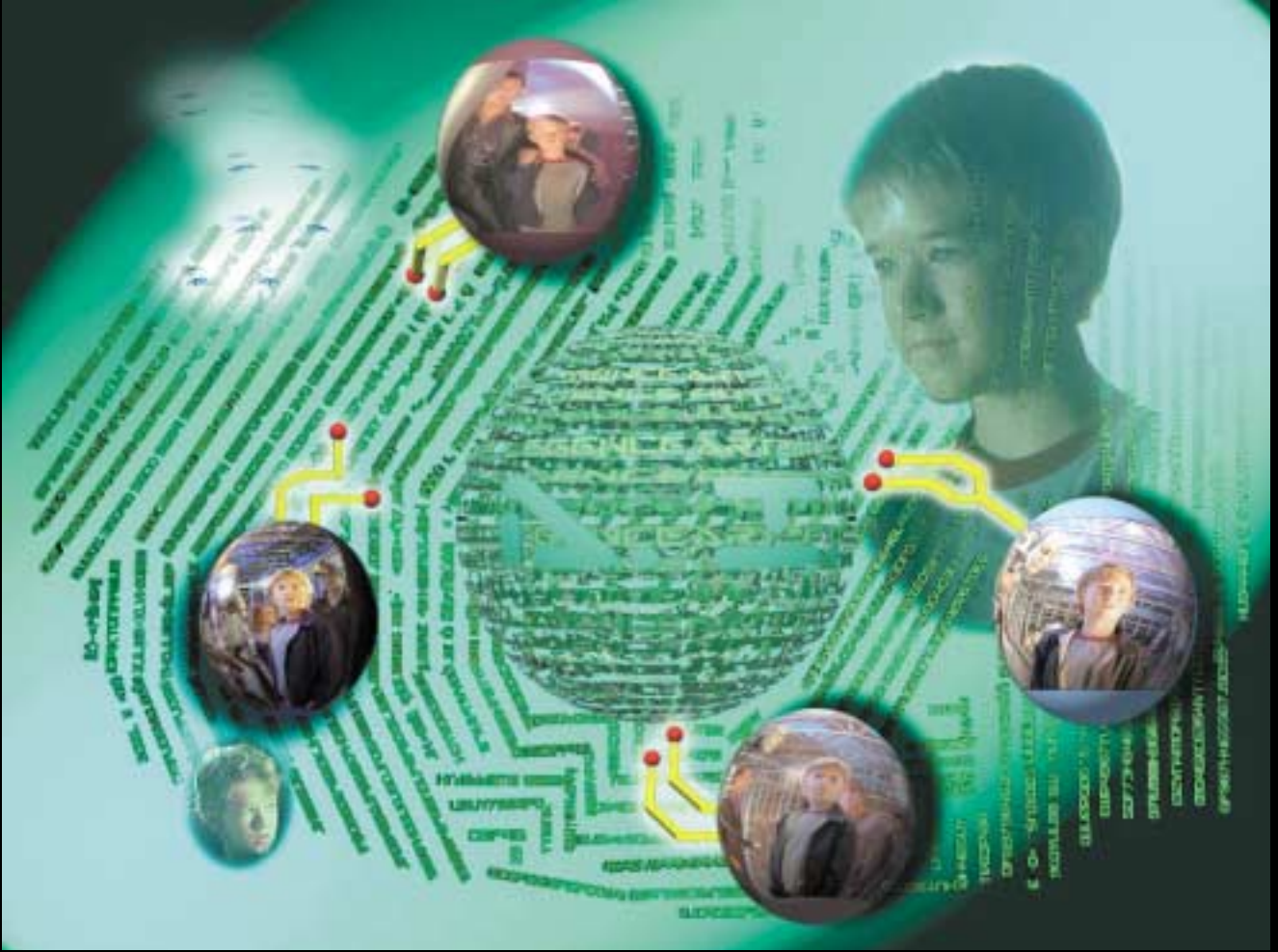
İnsansı robotlar üzerindeki çalışmalar daha çok uzun süre devam edeceğe benziyor, kimbilir belki Yapay Zekâ filmde olduğu gibi belki bizlerin de robot çocukları olabilecek ve çok yaramazlık yaptıkları zaman onları kapatıp sonra tekrar çalıştırabileceğiz. İnsansı robotların bu şekilde hayatımıza girmeye başlamasıyla da Asimov'un ünlü "Robot Yasaları"nın devreye girmesi gerekecek!

Serkan Güröğlü

Mekatronik Mühendisliği Bölümü,
Atılım Üniversitesi, Ankara

Kaynaklar
asimo.honda.com
www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/
humanoids.usc.edu
aimovie.warnerbros.com
trilobite.electrolux.com

MEKATRONİK TEKNO

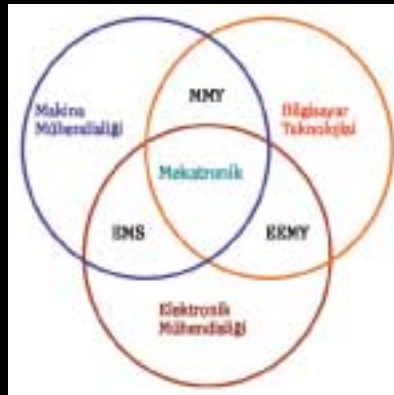


1990'lı yıllardaki hızlı gelişimiyle mekatronik teknolojisi güncel yaşamımızda önemli bir yer kazanmış durumda. Mekatronik teknoloji ve bu teknoloji ürünü robot ve makineler, özel ve iş yaşamımızda giderek çoğalmakta ve daha çok kullanılmakta. Kullanıcıların günlük yaşamda bu teknolojinin farkında olması beklenen birşey değil. Aslında, farkında olunmaması, belki de kullanıcı konforunu artırıyor. Ancak, gelişen konfor düzeyimizi sağlayan birkaç temel öğeden birisinin mekatronik teknoloji uygulamaları olduğu açık.

Mekatronik ve Mekatronik Mühendisliği

Mekatronik; makine mühendisliği, elektrik/elektronik mühendisliği, ve

bilgisayar teknolojisinin eşamaçlı olarak bir makine ya da sistem üzerinde uygulanması. Mekatronik makineler, mekanik işlevsellikle tümleşik algoritmik denetimi beraberce içeren ürün ve sistemler. Mekatronik ürünlerin ge-



Mekatronik ve diğer mühendislik alanları (EMS: Elektromekanik sistemler, MMY: Makine mühendisliği yazılımları, EEMY: Elektrik/elektronik mühendisliği yazılımları)

nel özellikleri, çevrelerini algılayabilmeleri, algılanan çevreyle ilgili yorum yaparak karar alabilmeleri ve çevrelerini değiştirebilmeleri. Gelişmiş mekatronik ürünler, basit makineler yerine çevrelerini değiştirebilen bilgisayar sistemlerine dönüşmüş bulunuyor. Bu temel kavramlara göre mekatronik, çok disiplinli ve disiplinlerarası konuları kapsayan bir mühendislik felsefesi ve mühendislik uygulamalarına tümleşik bir yaklaşım. Mekatronik kavramlar, özellikle tasarım felsefesini ve mühendislik eğitimi etkilemiş ve temel değişikliklere neden olmuş görünüyor.

Mekatronik, aynı zamanda, çeşitli mühendislik disiplinleri arasında sistematik bir eşgüdüm sağlayarak amacına ulaşabilen bir mühendislik yaklaşımı. Bu yaklaşımın ve mekatronik kavramlarının, ürünlerin tasarım aşama-

DİJİTAL TEKNOLOJİ VE ROBOTLAR

Çizelge 1 Çeşitli teknoloji düzeylerinde makine tanımları

Teknoloji Düzeyi	Hareket	Güç	Açık Çevrim Denetim	Dış Geribeslemeli Denetim	Özel İşlev	Programlanabilen İşlev	Kendinden hedef belirleme	Kendinden programlama ve Öğrenme
Alatlar	•							
Mekanizasyon	•	•						
Otomatik Makineler (açık denetim)	•	•	•					
Otomatik Makineler (Geribeslemeli denetim)	•	•		•				
CNC Tezgah ve Makineler	•	•	•		•			
Esnek Tezgah ve Makineler, Robotlar	•	•	•			•		
Yarı Akıllı Makineler (Kısmen kendinden denetimli makineler)	•	•		•		•	•	
Akıllı Makineler (Kendinden denetimli makineler)	•	•		•		•	•	•

sından başlayarak mekanik, elektronik ve yazılım teknolojilerini tümleştirdiği düşünülürse, bu tümleşmeyi gerçekleştirecek uzmanlara duyulan gereksinim daha iyi anlaşılmalıdır. Mekatronik mühendisliği kavramıysa, değişik mühendislik teknolojilerinin aynı ürün üzerinde toplanması sonucu doğan bir kavram.

Mekatronik Mühendisleri

Mekatronik mühendisleri bu tanımlara uygun olarak ilgili disiplinlerde uzmanlık kazanan, tüm tasarımı ve her düzeyde tasarım sürecini denetleyebilen, yönlendirebilen, ve katkıda bulunan kişiler. Mekatronik mühendisleri ilgili disiplinlerdeki uzmanlarla iletişim kurabilen, bu uzmanlık konularındaki bilgilere erişebilen, bu bilgileri yorumlayabilen, ve bu bilgileri ekonomik, yenilikçi, ve müşteriye üst düzeyde tatmin eden bir ürüne dönüştürmek amacıyla kullanabilen uzmanlar.

Mekatronik mühendislerinin temel görevi, tasarım süreci içinde mühendislik yaratıcılığında disiplinlerarası tümleşmenin sağlanması. Bu nedenle mekatronik mühendis-

nin herşeyden önce bir tasarım sürecini çok iyi bilmesi ve uygulaması gerekiyor. Böyle bir kişi, değişik disiplinlerde gereksinim duyulan ayrıntı düzeydeki bilgiyi alıp harmanlayabilecek yetenekleri kazanmış olmalıdır.

Mekatronik Teknoloji

Günümüzde ulaştığımız teknolojik düzeyde, makinelerin teknolojik gelişim süreçleri ve yaşadığımız çevrede gördüğümüz uygulama örneklerini incelediğimizde, Çizelge 1'de özetlenen



bir sınıflandırma elde edilmekte. Bu çizelgede yukarıdan aşağıya doğru işlevsel olarak basit işlevlerden karmaşık işlevlere doğru bir gelişim gözleniyor. Son üç grup makineleri (Esnek tezgah ve makineler, Yarı akıllı makineler, ve Akıllı makineler) basit de olsa mekatronik öğeler kullanmadan gerçekleştirmek mümkün değil. Özellikle, kendinden denetimli akıllı makinelerle (Robotlar) mekatronik teknoloji tamamen bütünleşik bir yapıda bulunurlar.

Çağdaş mekatronik teknolojisi ürünleri, bir ya da birkaç mikroişlemci çevresinde yerleştirilen algılayıcılar (sensörler), eyleyiciler (motor sistemler), ve tüm sistem ya da makineyi merkezi ya da dağıtık yapıda denetleyebilen bilgisayar programlarından oluşur. Bu tanıma uygun sistem ve makineler kendisine tanımlanan çevreyi gözlemlemekte, çevredeki değişimleri algılamakta, ve algıladığı bilgileri yorumlayarak gerekli motor sistemler yardımıyla çevresini değiştirebilmekteler. Doğal olarak bu yapıdaki makine ve sistemler akıllı davranışlar gösteriyorlar. Hernekadar mekatronik sistemlerle akıllı mekatronik sistem tanımları farklı olsa da, gelişen teknolojiyle bu fark giderek kaybolmakta.

Bir makinede Mekatronik teknolojinin var olup olmadığını anlamak



için Şekil 1, 2, ve 3' te verilen şematik ürün yapılarına uygunluğunun incelenmesi gerekiyor. Şekil 1'de alışılmış makine yapısı görülmekte. Bu yapıdaki makineler, yalnızca tasarım yapısında tanımlanan işi yapan, ve en basit teknolojik özelliklere sahip makineler. Bunların temel özellikleri; işlevlerinin ve çalışma performanslarının tasarımcının ve imalat mühendisinin başarısına çok bağlı olmasıdır. Bu makinelerin performansı ancak yeniden tasarımıyla iyileştirilebilir.

Şekil 2'de verilen makinelerse, makine içinde geri beslemeyle daha iyi performans beklenen, kısmen esnek makineler. Ancak, geri besleme sisteminin makine içinde kalması nedeniyle her zaman için kısıtlı bir ortamda çalışmak zorundalar.

Şekil 3'te şematik olarak özetlenen makinelerse çevre algılama özellikleriyle mekatronik teknoloji öğeleri içeriyorlar. Makinenin işlevleri ve performansı çevreden gelen verilerle değişebiliyor; makine bu verilere göre değişik düzeylerde düşünerek karar alabiliyor. Şekil 3'te verilen şematik yapıdaki makineleri çağdaş teknolojik kapsamda ve genel olarak mekatronik teknolojiye sahip makineler olarak tanımlayabiliriz. Robotlar, teknolojik olarak bu kapsamda düşünülen maki-

nelerdir.

Robotların tasarımına temel olan ve vazgeçilmez nitelikli teknolojik özelliklerini iki grupta toplayabiliriz;

1- Çevrenin İzlenmesi, Algılanması ve Değişimi: Burada çevre kelimesi olarak robotun etkileşim içinde bulunduğu fiziksel ortam, robotun dışındaki fiziksel değişkenlerden oluşan ve robotun yaptığı işle bağımlı ya da bağımsız olarak değişebilen fiziksel ortam anlaşılır. Bu kavram, çevrenin tanınması ve tanımlanması, çevredeki olayların farkına varılması ve izlenmesi, algılayıcı ve sonuçta robotun işlevine bağlı olarak çevrenin algılanması özelliklerini kapsıyor. Bu durum teknolojik olarak algılayıcı teknolojisinin uygulanmasını gerektirmekte. Algılayıcı teknolojisine paralel olarak, eyleyici teknolojisi de robotlar için alışılmış makine anlayışından farklılıklar taşır. Bütün robotlar, az ya da çok buldukları ortamı değiştirirler. Ancak, Şekil 1'de verilen makineler bu değişimi ne pahasına olursa olsun yaparlar. Şekil 2'deki makinelerse, makinenin korunması ve verimin artırılması içgüdüyle daha gelişmiş düzeydedirler. Ancak, robotların yapılan işin farkında olmak özelliğini taşımaları beklenir. Buysa, algılama sistemleriyle eyleyici sistemlerin yakın ve karmaşık işbirliği-

ni gerektirir. Bu husus Şekil 3'de özellikle belirtilmiş bulunuyor.

2- Karar Verme Yeteneği: Düşünme olgusu, karar verme olgusundan daha karmaşık bir olgu. Bu nedenle, robotların düşünen makineler ya da akıllı makineler olduğunu genellemek her zaman doğru olmayabilir. Bunun sonucu olarak robotları akıllı makineler olarak tanımlamak durumunda, bazı robotların kapsam dışı kalması gerekir. Bunun yerine karar alma yeteneği olan makineleri robotlar olarak tanımlamak daha doğru bir yaklaşım olur. Bu durum, öğrenme gibi bazı temel zekâ işlemlerini robotlar için zorunlu bir özellik yapmaz. Güncel teknolojik koşullarda bir makinenin karar verme yeteneği kazanabilmesi için temel koşul, yazılım tabanlı bir denetim sisteminin var olması. Bu husus yazılım teknolojisinin robotlarla bütünleşmesini sağlayan bir özellik. Mikroişlemci ve yazılım tabanlı denetim nedeniyle uygulama düzeyinde, mikroişlemci teknolojisi ve yazılım teknolojisi (özellikle Yapay Zekâ (AI) uygulamaları), robot teknolojisi kapsamında temel öğeler olmaktadır. Bu husus biliş sistemleri ve biliş sistemleri teknolojisinin uygulamasını gerektirir.

Algılayıcılar ve Algılayıcı Teknolojisi

Algılayıcılar, sistem dışından gelen uyarılara tepki veren, bunları algılayan, ve önceden belirlenmiş bazı değişkenleri ölçebilen algılayıcı cihazlar. Çağdaş mekatronik teknoloji kapsamında bir algılayıcıdan beklenen işlevler şunlar olarak sıralanabilir:

- 1- **Algılama:** Dış olguların varlığını algılama,
- 2- **Seçme:** Dış uyarılardan birisini süzme ve istenirse ölçme,
- 3- **Sinyal İşleme:** Girdi sinyalini çıktı sinyaline dönüştürme,
- 4- **İletişim:** Denetim sistemi, kayıt sistemi ya da insana bilgi aktarımı.



Çizelge 2 Mekatronik Teknoloji Uygulama Örneklerinin Sınıflandırması

Uygulama Grubu	Uygulama Örnekleri	Sabit konumlu	Gezer (Hareketli) Konumlu	Otomasyon Sistemleri	Gözlem ve Bilgilendirme	Eylem ve İşlem	Normal Boyut	Mini Boyut	Mikro Boyut
Endüstriyel Robot ve cihazlar, Otomasyon Sistemleri	Otomatik üretim tezgahları ve hatları	•		•		•	•		
	Kaynak robotları		•			•	•		
	Boyama robotları		•			•	•		
	Montaj robotları	•		•		•	•		
	Makine sağlığı izleme	•			•		•		
	Çevre koşullarını izleme	•	•		•		•		
	Kalite kontrol robotları	•	•		•		•		
	Bakım robotları	•	•			•	•		
	Malzeme taşıma robotları		•		•		•		
Depolama robotları	•		•	•	•	•	•		
Tıp ve Sağlık Sistemleri	Teşhise yardımcı cihazlar	•	•		•		•	•	•
	Protezler				•		•	•	•
	Tedaviye yardımcı robotlar	•	•		•	•	•	•	•
Savunma Uygulamaları	Patlayıcı taşıyan robot ve ukm(*)		•			•	•		
	Silah nitelikli robotlar		•		•		•		
	Gözlem robotları	•	•		•		•	•	
	İmha robotları		•				•		
Tarım Endüstrisi	Hasat robotları		•			•	•		
	Tarım ürünlerini işleme robot ve makineleri	•		•		•	•		
	Ürün sınıflandırma sistemleri	•			•		•		
	Kalite denetleme sistemleri	•			•		•		
Eğitim ve Eğlence	Eğitim robotları ve ukm	•	•			•	•	•	
	Araştırma robotları ve ukm	•	•		•		•	•	
	Eğlence sistemleri ve ukm	•	•		•		•		
Diğer çeşitli uygulamalar	Kurtarma robotları ve ukm		•		•	•	•		
	Yangın söndürme robotları ve ukm		•		•	•	•		
	Duvar tırmanan robotlar ve ukm (Yangın, boyama, kaynak, gözlem vb. İşler için)		•		•	•	•		
	Su altı robotları ve ukm (Gözlem, arkeoloji, kurtarma, tamir, bakım, boyama vb. İşler)		•		•	•	•		
	Maden kazaları ve deprem sonrası kurtarma robotları ve ukm		•		•	•	•		
	Radyoaktif ve zehirli ortamlarda çalışan robot ve ukm		•		•	•	•		

(*) umk: Uzaktan Kumandalı Makine(ler)

Algılayıcılar, algılama sistemlerinin bir parçası, biliş sistemlerininse önkoşuludur. Algılayıcı teknolojisi ölçüm teknolojisinden daha kapsamlı bir kavram olup, bir fiziksel olgunun varlığının algılanması algılayıcı teknolojisinin görev tanımı kapsamındadır. İnsan duyuları çevreden gelen uyarıları algılayabilirler, ancak ölçüm olmaz. İnsan fizyolojisi "sıcaklık" ve "soğukluk" derecelerini ayırt edebilir; ama bir termometre gibi hassas bir ölçüm veremez. Bir üretim hattında kalite

denetimi sisteminin bir parçası olarak ölçüm yapılabilir; ama bu ürünün kalitesi hakkında da algılayıcılar bilgi veremezler. İnsan algılayıcılarının değişik kaynaklardan gelen uyarıları birleştirip bir sonuç bildirme özelliği bulunur. Alışılmış algılayıcılarda bu özellik olmaz. Mekatronik algılayıcı teknolojisinin gelişim eğilimi, alışılmış gerekirci denetim sistemleri yerine, daha gelişmiş insan algılayıcı-beyin sistemi benzer yöntemler geliştirmektir.

Birçok uygulamada algılayıcı çıktı-

ları, denetim sistemi için doğru karar verecek yeteri düzeyde sağlıklı bilgi veremez. Bu durumda ortaya çıkan belirsizliklerin doğru değerlendirilmesi gerekir. Buysa, yapay zekâ yaklaşımlarının uygulanmasını gerektirir. Bu durumlarda, iki ya da daha fazla algılayıcıdan gelen bilgilerin kullanıldığı "algılayıcı tümleştirme" işleminin yapılması gerekir (Örnek; ses, koku, ve kamera bilgilerinin beraberce kullanılması). Benzer şekilde, bir mekatronik robot uygulamasında bir gezer ro-

botun şu de-ğişkenleri algılaması beklenir: Bir cismin varlığı, bir cismin uzaklığı, sıcaklık, kimyasal yapı, basınç, hava akımı, ivme, açılal hız. Karar verme aşamasında robotun, bu bilgilerin tümünü kullanarak karar vermesi (Örneğin yönünü belirlemesi) gerekmektedir.

Mekatronik algılayıcılar, bir ölçüle-bilen değişken yerine, birden çok sayıda fiziksel değişkeni birarada kullanan bir yapıda tasarlanırlar. Buna tipik bir örnek olarak, protez bir el için tasarlanan bir dokunma algılayıcısı şekil 6'da gösteriliyor. Burada tutulmakta olan cismin kayması, bu kayan yüzeyin yarattığı çok hafif titreşimlerin mikrofona tarafından algılanmasıyla duyulmakta. Protez, elin katı bir cismi sıkmasıysa, esnek tüpün geometrik şekil değiştirilmesiyle ışık iletiminde görülen değişimlerin algılanması. Bu iki fiziksel olgu, sonuçta protez bir parmak için dokunma duyusu kazandırabilmekte.

Biliş Sistemleri ve Biliş Sistemleri Teknolojisi

Mekatronik sistemler, algılayıcılardan gelen bilgileri, kullanıcılardan gelen istekleri, ve sistem tasarımcısının önceden yüklediği bilgileri değerlendirerek bir eylem oluşturan sistemler. Biliş ve biliş sistemleriye, bu süreç içinde algılama ve eylem arasındaki

tüm işlem ve işlevleri içeren, sistemin amaç, davranış, ve çevre arasında köprü kuran kavram ve uygulamalar. Genel anlamda düşünülüğünde, biliş sistemleri aşağıdaki işlemlerden sorumlu:

1- **Örüntü algılama:** Biliş sistemleri algılayıcılardan ve algılama sistemlerinden gelen bilgileri, gerekirse ve çoğunlukla işleyerek, çevreyle ilgili kalıpları arar. Bu kalıpları değerlendirerek önceden belirlenmiş bazı kalıplarla uyumlu olup olmadığına bakar.

2- **Çevre modelleme:** Mekatronik sistem tasarımcısının sisteme tasarım aşamasında yüklediği bilgileri de kullanarak, ilgi alanı dünyanın (çevre) modelini geliştirir. Bu model her zaman kesin bir model olmaz; belirsizlikler içerir. Gerekirse bu belirsizliklerin ortadan kaldırılması için varsayımlar yapılabilir, ya da yakıştırma yaklaşımları kullanılabilir. Kuramsal olarak mekatronik sistemin çevresini tam olarak modellemek mümkün görünse de, pratik olarak bu durum çok zor ya da mümkün değildir. Bu nedenle varsayım ve yakıştırmalar kaçınılmaz olur. Belirsizlikler ve bunlarla ilgili düzenlemeler biliş sistemleri içinde önemli bir yer tutar.

3- **Eylem geliştirme:** Algılama bilgileri ve çevre modeliyle beraber biliş sistemleri, eylem türü, niteliği, ve niceliği hakkında bir karar alabilirler. Bu eylem, bir dizi planlama ve alt eylem-

ler içerir. Bu eylemlerin belirlenmesi ve tanımı biliş sistemleri içinde önceden yüklenmiş olmalıdır. Örneğin, bir robotun hareket eylemini biliş sisteminden doğrudan bir emir olarak çıkarmak mümkün. Ancak, bu hareket eyleminin engel atlama alt eylemini de içermesi gerekir. Bu nedenle, planlama eylemleri üst düzeyde sistem amaçlarına daha yakın görünür. Alt düzeylerdeyse çevreye daha yakındır. Denklem tabanlı planlamaysa robot kol v.b. uygulamalarda görülür. Biliş sistemi için önceden yüklenmiş bir dizi denklemler, algılama sisteminden gelen bilgilere göre kullanılarak hesaplama yapılır. Bu hesaplama sonuçlarına göre eylem için veri üretilir ve bu verilere göre eylem yapılır.

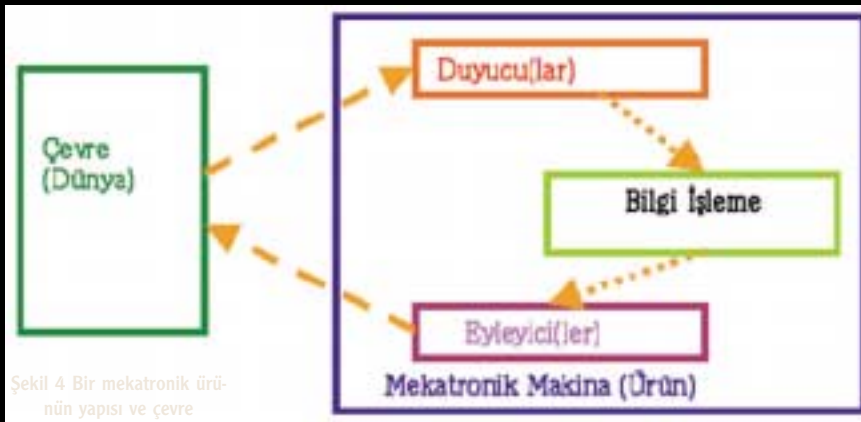


Şekil 5 Sürücü bir insan ve mekatronik sistem benzetimi (G. Rzevski 1995).

4- **Öğrenme:** Çevre hakkındaki belirsizlikler, fazla ve gereksiz bilgi, ve eksiklikler sonucu tüm eylemlerin başarılı olması beklenemez. Bazı eylemler, istenen sonucu sağlamaz ve sistemin üst düzey amaçlarına ulaşamaz ya da verimli ve tatmin edici sonuçlar alınamaz. Biliş sistemleri, bu durumlarda deneyim birikimi sağlayarak daha sonraki davranışların yeniden düzenlenmesine olanak verir. Bu süreç öğrenme olarak bilinir. Öğrenme, biliş sistemleri için önemli ve mutlaka varılması istenen bir kavram.

Eyleyiciler ve Eyleyici Teknolojisi

Robot davranışının üçüncü aşaması, çevreyi değiştiren bir eylem içerir. Eyleyiciler algılama ve biliş sistemlerinin görevlerini tamamlamasından sonra genellikle bir hareket başlatan, enerji aktarımı ve değişimi içeren, önceden belirlenmiş bir amaca yönelik olarak çevreyi değiştirebilen cihazlar-



Şekil 4 Bir mekatronik ürünün yapısı ve çevre

dır. Yapı olarak eyleyiciler de algılayıcılar gibi transduser yapısında olup, kendilerine gelen bir enerjiyi başka bir enerji türüne dönüştürürler. algılayıcı seçiminde olduğu gibi eyleyici seçiminde de gözönüne alınması gereken birçok etmen bulunur:

a- İvme: Duran bir konumdan hareketli bir konuma geçişte, ya da frenleme işlevinde geçen zaman önemli. İvmenin her durumda insan konforunu olumsuz yönde etkilememesi gerekir.

b- Hız: Çalışma koşullarına göre hızın denetimli olması gerekir.

c- Tepki süresi: Örneğin, çarpışmaları önlemek için robotların kısa tepki süreleri olması gerekmektedir. Bu süre, ivme ve hızla yakından ilgili.

d- İşlem gücü: Bazı uygulamalar yüksek güç isteseler de, kamera merceklelerinin hareketi gibi uygulamalarda küçük elektrik motorları kullanılabilir.

Robot Teknolojisi ve Uygulamaları

Robot teknolojisi uygulamaları, çağdaş teknoloji kapsamında kısa örneklemeler yapamayacak kadar çoğalmış bulunuyor. Bu uygulama konularının sınıflandırmasına yönelik yapılabilecek her tür sınıflandırmanın bazı konuları sınıflandırma dışında bırakması da çok olası. Yine de bu yazıda tamamen gözleme dayalı çeşitli sınıflandırmalar veriliyor.

Uygulama konularına göre sınıflandırma:

a- Üretim otomasyonuna yönelik uygulamalar (tezgah ve makinelerinin otomasyonu, fabrika içi otomasyon sistemleri, ve tarımda otomasyon uygulamaları),

b- Sağlık ve tıpla ilgili uygulamalar,
c- Silah ve savunma sistemleri,
d- Güvenlik sistemleri,



e- Çalışma koşullarının insan için uygun olmadığı çevrelerdeki (Uzay, Yangın, Petrol vb.) uygulamalar,

f- Eğitim ve eğlence amaçlı uygulamalar.

Konumlarına göre sınıflandırma:

a- Gezer (Hareketli) robotlar (Gövde hareketli),

b- Robot Kollar (Gövde sabit, kollar ve alt sistemler hareketli),

Boyutlarına göre sınıflandırma:

a- Normal boyuttaki uygulamalar; 25 mm'den büyük robot ve makineler,
b- Mini (robot) uygulamaları; 10 mm – 25 mm arasındaki boyutlardaki robot ve makineler,
c- Mikro (robot) uygulamaları; 10 mm'den küçük robot ve makineler.

İşlevlerine göre sınıflandırma:

a- Gözlem yapan robot ve cihazlar,
b- İşlem yapan robot ve makineler,
c- Gözlem ve İşlemi birlikte yapan robot ve makineler.

Yukarıda verilen sınıflandırmaları özetleyen ve yaygın uygulama konuları kümelendirerek verilen uygulama özellikleri Çizelge 2'de gösteriliyor. Bu tür sınıflandırmaların hiçbir zaman tüm uygulamaları kapsamadığını, eksik ve özel uygulamaların sınıflandırma dışı kalabildiği durumlar olabileceğini tekrar belirtmek gerekir.

Abdülkadir Erden

Mekatronik Mühendisliği Bölümü,

Atılım Üniversitesi, Ankara



Şekil 6 Protez bir parmak için bir algılayıcı yapısının şematik gösterimi

Kaynaklar

- 1- Auslander M. David and Kempf J. Carl (1996), *Mechatronics Mechanical System Interfacing*, Prentice-Hall International Ltd.
- 2- Bolton W. (1995), *Mechatronics Electronic Control Systems in Mechanical Engineering*, Longman Group Ltd.
- 3- Bradley D. A., Dawson D., Burd N. C. and Loader A. J. (1991), *Mechatronics Electronics in Products and Processes*, Chapman and Hall.
- 4- Fraser Charles and Milne John (1994), *Integrated Electrical and Electronic Engineering for Mechanical Engineers*, McGraw-Hill International Ltd.
- 5- Hystand M. B. (1998), D. G. Alciatore, *Introduction to Mechatronics and Measurement Systems*, McGraw-Hill Book Co.
- 6- Johnson Jeffrey and Picton Philip (1995), *Mechatronics; Designing Intelligent Machines, Volume 2: Concepts in Artificial Intelligence*, Butterworth-Heinemann Ltd.
- 7- MacConaill P. A., Drews P. and Robrock K.-H. (1991), *Mechatronics & Robotics*, I, IOS Press.
- 8- Rzevski George (1995), *Mechatronics; Designing Intelligent Machines, Volume 1: Perception, Cognition and Execution*, Butterworth-Heinemann Ltd.
- 9- Shetty Devas and Kolk A. Richard, (1997), *Mechatronics System Design*, PWS Publishing Company, Inc.
- 10- Stadler Wolfram (1995), *Analytical Robotics and Mechatronics*, McGraw-Hill, Inc.



UÇAN

ve çok düşük Reynolds sayılarında aerodinamik çevrenin kontrolü; güvenli, düşük güç tüketimli, gerçek zamanlı görüntüleme yeterli bant aralığına sahip haberleşme ve elektronik işleme kabiliyeti; mikro-jiroskoplar ve çok küçük sistem üstü yol gösterim, navigasyon, ve jeo-konum sistemleri; yüksek uyumluluk özelliğine sahip elektromekanik çoklu fonksiyonel modüllerle sağlanmış (örnek olarak, birleştirilmiş uçuş kontrolü, çarpışma önleme, navigasyon ve haberleşme sistemleri), yüksek mertebeli fonksiyonel/fiziksel tasarım sinerjisi; geliştirilmiş hafiflik, güçlü konstrüksiyon, yüksek g dayanımı ve mermi/roket atım sistemleri için özel paketleme; ve çeşitli MAV uyumlu algılayıcıların geliştirilmesi ya da modifikasyonu.

Uygulama Örnekleri

Mikro hava araçları üzerinde halen sürdürülmekte olan çalışmalar, aşağıda özetleniyor:

Aero Vironment Inc., "Black Widow-Kara Dul" isimli bir prototip hava aracı üzerinde çalışmakta. Araçta yükseklik, hız ve denge özelliklerini kontrol edebilen bir otomatik pilot var. Araç içine, 2 gr ağırlığında bir kamera, 2 gr ağırlığında bir video yayın vericisi ve 0,5 gr ağırlıklı çalıştırıcılarla işleyen, 5 gr ağırlığında tam oransal bir radyo kontrol sistemi yerleştirilmiş durumda. Aracın kanat açıklığı 15 cm. MAV alt sistemlerinin entegrasyonu ve en yüksek dayanım için araç optimizasyonu, genetik algoritma kullanılarak çok disiplinli tasarım optimizasyonu yöntemiyle yapılmış bulunuyor. Araç, lityum pillerle çalışan elektrik motorları sayesinde 16 dakika uçabiliyor.

California Üniversitesi araştırmacılarıysa Mayıs 1998'den beri "Robofly" olarak adlandırdıkları küçük boyutlu robot yapıyla ilgilenmektedirler. Robofly'nin araştırmalarının 2004 yılında bitirilmesi planlanıyor. Robofly, dört kanatlı bir sinek. Robofly'nin ağırlığı yaklaşık 43 mg, kanat açıklığıysa 25 mm. Gövdesi, kağıt kalınlığındaki paslanmaz çelik, kanatlarıysa Mylar malzemeden yapılmış. Robofly güç kaynağı olarak güneş enerjisi kullanıyor. Piezoelektrik malzemeden yapılan küçük eyleyiciler, Robofly'nin dört kanadını saniyede 180 kez hareket ettiriyorlar.

Pentagon ve Lockheed Martin'in ortak çalışması olarak geliştirilen bir başka hava aracındaysa, 15 cm'lik kanat açıklığına ve 85 gr ağırlığa ulaşıldı. Bu araç, günümüz teknolojisiyle yapılan en küçük uçan cisimlerden biri olma özelliğindedir.

Georgia Tech Araştırma Enstitüsü (GTRI), Cambridge Üniversitesi (İngiltere) ve ETS Laboratuvarları'nın ortak çalışmasındaysa uçan ve sürenen, çok amaçlı bir böcek üzerinde çalışılıyor. "Entomopter" olarak isimlendirilen bu mekanik böcek, yeni geliştirilen kimyasal kas (RCM) sistemini kullanan bir yöntemle çalıştırılmakta. Bu yeni sistem, kimyasal bir enerji kaynağını kullanarak, bağımsız kanat çırpma hareketi sağlıyor.

Gelişen robot teknolojisine paralel olarak yaygınlaşan uçan robotlar, özellikle savunma konularında uygulama bulmuş durumdadır. Robot özellikleri olarak tanımlanan tasarım ayrıntıları, yerde gezen robot yapılarına benzerlik taşısa da, uçuşa özellikleri nedeniyle gezen robotlara göre önemli farklılıklara sahiptirler. Uçan robotlar günümüz teknolojisinde özellikle gözlem amaçlı olarak ve gereğinde gözden çıkarılabilir uçan araçlar olarak kullanılıyorlar. Mikro Hava Araçları (MAV: Micro Aerial Vehicle) olarak tanımlanan uçan araçlar, genellikle 100-200 g dolaylarında ağırlıkta, gereğinde gözden çıkarılabilir maliyette (örneğin 1000 USD), bir görev tanımlanabilen yarı özerk uçan araçlardır. Araçların görüntüleme (sürekli ve kesikli), seyir (navigasyon) ve haberleşme yeteneklerine sahip olması hedefleniyor. Uçuş menzilinin 5-10 km olması, uçuş süresinin 2 saat dolaylarına çıkabilmesi, 50 km/sa hız yapabilmesi, istenen diğer araç özelliklerinden. Mikro hava araçları, özel görevleri olanaklı kılan, "altı serbestlik dereceli" algılayıcı platformlar olarak da düşünülebilir. Gelecekteki görevleri arasında, video ve çoklu-kızıl ötesi tanımlama ve gözetim, savaş-imha yargılaması, anahtar bölgelerdeki silahların hedef belirlemesi, özerk algılayıcıların yerleştirilmesi, haberleşme bağlantıları, ya da tehlikeli maddelerin ya da kara mayınlarının bulunması ve imhası sayılabilir. Silahlı bölge ya da rehine görüntüleme, ulusal sınırların devriyesi, ve kaza bölgelerinin aranması, olası diğer kullanım alanları.

Mikro uçan araçların önemli bazı özellikleri şunlardır:

- İletilen görüntüdeki önemli ayrıntıları ayırt edebilecek düzeyde çözünürlük,
- Kısa menzil gece/gündüz saha görüntüleme sistemi taşıma gerekliliği,
- Kullanıcıların, görüntülerin nereden geldiğini belirleyebilmeleri için, uygun jeo-konum belirleme yeteneği,
- Yeterli araç menzili,
- Tam-zamanlı haberleşme,
- Hafiflik ve bir sırt çantasında taşınacak dayanıklılık,
- Araç feda edilebilecek düzeyde kabul edilebilir maliyet,
- Aracın gizliliğini koruyabilmesi; görülmesi,

duyulması ve başka türlü ortaya çıkartılmasının zor olması,

- Kullanıcısının yerini belli etmeyecek özelliklerde olması.

Güncel teknoloji kullanılarak bir çok MAV teknolojisi prototipi geliştirilmiş durumda. Yapılan çalışmalar, halen kullanılmakta olan güç kaynaklarından daha üstün özelliklere sahip, uzun ömürlü güç kaynaklarının geliştirilmesi gerektiğini gösteriyor. Güç kaynaklarına bir örnek olarak, IGR Inc. gösterilebilir. Bu firma, mikro hava araçlarında itki oluşturmak ve elektrik aksamında kullanılmak üzere hafif, yaklaşık 25 gr ağırlığında, tek kullanımlık katı-oksit yakıt hücreleri üretmekte. Bu güç kaynaklarının enerji yoğunluğu, lityum pillerin enerji yoğunluğunun yaklaşık altı katı kadar. Phoenix'te (ABD) bir teknoloji şirketi olan M-DOT ise, 600 gr itki oluşturabilen, çok küçük gaz-türbinli motorlar üzerine çalışmakta. Bunlar, kabaca bir yumurta büyüklüğünde ve yaklaşık 78 mg ağırlığında. Aynı zamanda, kanat çırpma teknolojisi gibi geleneksel olmayan uçuş teknolojileri de geliştiriliyor. Faulhaber, 1,9 mm çap, 5,5 mm uzunluk ve 91 mg ağırlıkla, 2001 yılında, manyetik motor ölçülerinde bir alt sınıra ulaşmış. Bu motorlar halen Almanya'da Mikro-teknik Enstitüsü'nde ve Stanford Üniversitesi'nde kullanılmakta.

MAV projesinin yürütülmesinde öne çıkan önemli mühendislik konularının arasında şunlar sayılabilir: küçük, hafif, yüksek güç ve enerji yoğunluklu itki ve güç kaynakları; alışılmamış kaldırma konseptleri; uçuş dengelemesi



ROBOTLAR



Kaliforniya Üniversitesi'ndeki Robofly isimli robot



Entomopter



Altair-2 isimli uçan robot.



MFI projesi

biliyor. Çalışan elektronik ağıtlara küçük miktarda elektrik akımı verebilen bu sistemin, gelecekte yönlendirilmiş uçuşlarında kanatlar üzerinde a ç ı s a l kontrolleri

olanaklı kılması bekleniyor. Bu böcek robot, kanatlarını yaklaşık 10 Hz'de çırpabiliyor. Kanat açıklığı 15 cm ve ağırlığı yaklaşık 50 gr olarak düşünülüyor.

Altair-2 isimli uçan robotsa, önceki örneklerle göre çok büyük (5 m uzunluğunda) ve helyum gazıyla havalanabilen bir balon. Wales Üniversitesi'nde geliştirildi. Gemileri, önceden tanımlı yol noktalarına tam olarak yönlendirecek, gezegen keşif ya da meteorolojik görevler benzeri uygulamalar düşünülmemekte. Hava gemisiyle yerdeki kontrol istasyonu arasında kablosuz iletişim kullanılacak. Bir seri laboratuvar deneyleri, küresel helyum dolu özerk araçlar kullanılarak sürdürülmekte.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilen Papa-TV-Bot isimli MAV'sa, kablosuz görüntü aktarabilen bir kamera taşımakta. Aracın boyu yaklaşık 15 -20 cm, ağırlığıysa 200 gr kadar. Gövdesi içine gizlenmiş dört küçük pervanesiyle helikopter gibi havalanabiliyor, ya da asılı şekilde havada kalabiliyor.

Vanderbilt Üniversitesi'nde, böcek benzeri, sürünen ve uçan robotlar üzerinde çalışılmakta. Robotlardaki, sürünme ve uçuş fonksiyonlarının piezoelektrik eyleyicilerle yapılması planlanıyor.

Mikro mekanik uçan böcek (MFI) projesi, Berkeley Üniversitesi'nde başlamış bulunuyor. Tasarım sırasında, bir et sineğinden faydalanılmış. MFI'nin kanat uçları arası, 25 mm. Güvenli bir özerk uçuşu sağlayacak şekilde tasarlanmış, ve gerçek sineklerdeki olağanüstü uçuş performansını yakalayabilmek amacıyla biyomimetik

kuralları kullanarak geliştirilmiş. Gerçek sineklerin yüksek performansı, düzgün olmayan aerodinamik yapı sayesinde oluşan güçten, yüksek motor-ağırlık oranlı motor sistemi, ve entegre görsel ve dinamik algılayıcıların yüksek hızlı kontrol sistemi kullanılarak elde ediliyor. Yapılan ön çalışmalar, piezoelektrik eyleyiciler ve esnek gövde yapının, gereken güç yoğunluğunu ve kanat zarfını sağlayabileceğini gösteriyor. Gereken yeterli güçse, solar hücrelerle doldurulan lityum pillerle sağlanabiliyor. Gövde yapı, küçük piezo eyleyicilerin sapmalarını, yüksek kanat zarfı ve rotasyonuna çevirebilmekte, bu da etkili uçuşun başarılmasını sağlamakta.

Lockheed Martin tarafından geliştirilen MikroSTAR'sa havada 20 dakika kadar kalabiliyor, 15 cm uzunluğunda ve yaklaşık 80 gr ağırlığında.

Uzayda Robotlar

Güneş sistemimizdeki gezegenlerden bilgi toplamak için kullanılan öncü uzay araçları, bazen uzaktan kumandayla, bazen de kendi başlarına kararlar alabilen ilk uzay robotlarıdır. Bu kapsamda önemli görülen uzay araçları ve yönlendirildikleri gezegenler şunlar: Mariner 2 (1962, Venüs), Venera 7, Venera 13 (1982, Venüs), Mariner 10 (1974, Venüs, Merkür), Pioneer Venus (1978, Venüs), Magellan (1989, Venüs), Viking 1 ve Viking 2 (1976, Mars), Mars Global Surveyor (1996, Mars), Pathfinder ve Sojourner isimli gezer robot (1997, Mars), Pioneer 10 (Asteroid, Jüpiter), Pioneer 11 (1979, Satürn, Titan), Voyager 1 ve 2 (1986, Satürn, Uranüs), Galileo (1989, Jüpiter), Cassini (1997, Satürn).

California Teknik Üniversitesi'nde geliştirilen mikro uçan aracı adıyla "Microbat". Bu araç titanyum alaşım MEMS kanat teknolojisini kullanarak, düzgün olmayan kanat çırpma uçuşu aerodinamiğiyle çalışmakta. Bunun dışında, pil, doğrudan akım, doğrudan akıma çeviren konvertör, motor, bir dişli mekanizması ve çırpma transmisyonuna sahip hafif güç aktarım sistemi kullanılmıştır.

The Portable Satellite Assistant (PSA) (Portatif Uydu Asistanı), insanlı ya da insansız basınçlı mikro-yerçekimli ortamlarda çalışabilecek uzay araçlarında, özerk olarak görev alabilmek üzere tasarlanmış, top büyüklüğündeki bir uçan robot. PSA'nın sahip olduğu mikro yerçekimi ortamlarını, basınçlı çevreleri, gazları algılama yetenekleri, taşıdığı sıcaklık ve yangın detektörleri, onun uzay aracını görüntüleyebilmesini, yük ve mürettebatın durumlarını belirleyebilmesini sağlıyor. Ayrıca video ve ses arayüzleriye navigasyon, uzaktan görüntüleme ve video konferans olanakları da yardımcı donanımlar olarak ortaya çıkıyor. İtki, boğazlı fanlarla, taşınabilir enerjije pillerle sağlanmaktadır.

Stanford Üniversitesi de, bir süredir "Mesicopter" konsepti üzerinde çalışıyor. Mikromekanik uçan böcek (MFI) prototipinden biraz daha geniş boyutlardaki Mesicopter'de, enerji kaynağı olarak, lityum-iyon pil teknolojisi kullanılmakta. Bu teknoloji, 130 mW/g güç sağlamakta ve aracı 30 dakika kadar çalıştırabilmekte. Genel boyut olarak 1,5 cm x 1,5 cm'lik platformlar kullanılıyor. D-STAR isimli bir şirkette, yaklaşık 60 cm kanat açıklığı ve 10 kg ağırlığı olan bir uçan robot geliştirilmiş bulunuyor.

Uçan robotlar teknolojisi, henüz gelişmekte olan, ve sivil ve savunma uygulamalarının giderek artması beklenen özel bir ilgi alanı. Hem uçuş teknolojisi, hem de robot teknolojisinin, aynı ürün üzerinde özümsemesi gerekiyor. Uçuş teknolojisi olarak alışılmış kabul edilen mekanizmaların dışına çıkılması, daha verimli uçuş yöntemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması, gelecek yıllarda beklenen en önemli gelişmeler.

Fahri Buğra Çamlıca,
Endüstri Mühendisliği Bölümü,
Başkent Üniversitesi, Ankara

Abdülkadir Erden
Mekatronik Mühendisliği Bölümü,
Atılım Üniversitesi, Ankara

Kaynaklar

1. www.memagazine.org/contents/current/features/palmsize/palmsize.html
2. http://www.aber.ac.uk/compsci/Admin/staff/HTML/gmc.html
3. http://www.aber.ac.uk/~dcswww/Research/mbsg/
4. http://www.ukdf.org.uk/ts6.html
5. http://aero.stanford.edu/mesicopter/htmlversion/index.htm
6. http://www.robotbooks.com/spy-fly-robot.htm
7. http://avdil.gtri.gatech.edu/RCM/RCM/Entomopter/EntomopterProject.html
8. http://www.moller.com/~mi/aerobot.htm
9. http://avdil.gtri.gatech.edu/RCM/RCM/Entomopter/EntomopterProject.html
10. http://robotics.eecs.berkeley.edu/%7Eronf/mfi.html
11. http://aero.stanford.edu/mesicopter/
12. www.dstarengineering.com/spy.html

SUALTI

Bu hesaba göre yaklaşık 10 metre derinlikte çalışan bir sualtı robotu üzerine, toplam olarak $P_{\text{Sualtı}} = 2,02 \times 10^5$ Pa basınç etkileyecektir ve bu da atmosferik basıncın 2 katına eşittir. Pek çok sualtı araştırması için yüzlerce metre derinlik gerektiğini (Titanik enkazı 3800 m derinlikte bulunmuştur.) düşünersek, bu basınç değerinin ne kadar yükseklere erişebileceği hakkında fikir sahibi olabiliriz.

Kuşkusuz, sualtı robotlarının tasarımında karşılaşılan tek sorun, yüksek basınç değil. Nem, deniz suyunun kimyasal yapısından kaynaklanan aşındırma etkisi, hareketli parçalar arasında yağlama problemi gibi pek çok konunun, tasarım sırasında göz önünde bulundurulması gerekiyor. Fakat bu tür robotların tasarımında karşılaşılan en büyük sorunlar, gezinim (navigation) sisteminin tasarlanması, aracın denetimi ve yörlüme planlaması (path planning) gibi konularda yaşanıyor.

Ayrıca, Titanik enkazının incelenmesi örneğinde olduğu gibi pek çok sualtı araştırma ve faaliyetinde, sualtı robotları numune toplamak, onarım ya da yapılandırma (inşa) gibi alanlarda kullanılmak üzere mekanik kolları ihtiyaç duyarlar. Bu mekanik kolların kontrolü sırasında, kara robotlarında karşılaşılmayan yeni sorunlar ortaya çıkmakta.

Bunların dışında, engelden sakınma ve yörlüme planlaması gibi sorunlar, tıpkı kara robotlarında olduğu gibi sualtı robotları için de, çözülmesi gereken sorunlar listesinde yer alıyor.

Bütün bu sorunlar karşısında tasarımcılar, çoğu zaman doğadaki çözümleri örnek alıyor ve sualtı canlılarının algılama tekniklerini, davranışlarını ya da hareketlerini taklit ederek bu sorunlara çözüm arıyorlar.

Gezinim Sistemi ve Yörlüme Planlaması

Sualtı robotları, çoğu zaman 3 boyutlu ortamlarda çalışmak zorundalar. Kara robotları bir zemin üzerinde hareket ettikleri için, 3. boyut üzerinde seyir planlaması ve denetimine ihtiyaç duymazlar. Sualtı robotları içinse düzlemsel konum kontrolü yanısıra derinlik kontrolü de son derece önemli bir ihtiyaç.

Sualtıta konumlama, karada çalışan robotların konumlanmasına göre çok daha zor. Ko-

Junku Yuh, Tamaki Ura ve George A. Bekey'in, su altı robotları üzerine yapılan akademik çalışmaları topladıkları kitabın önsözü "Biyolojik hayat suda, fakat tüm robotlar karada doğmuştur." diye başlar. Gerçekten de yakın geçmişe kadar sualtı robotları, araştırmacıların ilgisini kara ve hava robotları kadar çekemedi. Fakat gelişen teknoloji ve artan ihtiyaçlarımız, dikkatlerin hava ve kara robotlarının yanısıra, sualtı robotlarının üzerine de çekilmesine yol açmıştır.

Neden Sualtı Robotları?

Bugün insanoğlu, büyük bölümünü kendisi için riskli ya da olanaksız olarak kabul ettiği sualtı ortamında, değişik konular üzerine araştırma yapmak, faaliyet göstermek zorunda. Sualtı araştırmalarında insan faktörü daima "çalışılacak derinlik" ve "çalışma süresi" üzerinde belirleyici olmuştur. Yüksek basınç, düşük sıcaklık, suyun kimyasal yapısı ya da sualtı canlılarından gelebilecek tehlikeler yüzünden, pek çok sualtı çalışması, insan gücü kullanımına izin vermez. Bu nedenle, sualtı robotları yavaş ama sürekli olarak kaydedilen ilerlemelerle, sualtında insanın yerini almakta.

Günümüzde sualtı robotlarının başlıca kullanım alanları; okyanus tabanı araştırmaları, sualtı jeolojisi, sualtı madenciliği, sualtı arkeolojisi, sualtı biyoteknolojisi, balıkçılık, su tarımı ve askeri amaçlı çalışmalar. Her geçen gün bu alanlara yenileri eklenmekte ve bu yeni alanların belirlediği ihtiyaçlar, sualtı robotlarının evrim basamaklarını oluşturmaktadır.

Sualtı Robot Teknolojisi

Sualtı robotlarının tasarımı, daha önce kara robotlarında karşılaşılmayan pek çok sorunu da beraberinde getirdi. Bu sorunlardan en önemlisi, sualtındaki yüksek basınç ortamı.

Kapalı bir kap içerisindeki suyun, içindeki bir nesneye uyguladığı basınç, suyun yoğunluğu, nesnenin derinliği ve yer çekimi ivmesinin çarpımıyla bulunur.



OTTER (Mühendislik Araştırmaları İçin Okyanus Teknolojisi Deneme Aracı) sualtı robotu.

$$P = \rho * g * h$$

ρ = suyun yoğunluğu (kg/m^3) (deniz suyu yoğunluğu = $1,03 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)
 g = yerçekimi ivmesi (m/s^2) (yerçekimi ivmesi = $9,8 \text{ m/s}^2$)
 h = derinlik (m)

Bu hesabı ağız açık bir kapta yaptığımızdaysa, su yüzeyi atmosferik basınca maruz kalacağından, hesaplanan suyun basıncı yanısıra, su yüzeyine etki eden atmosferik basıncın da eklenmesi gerekir. Sualtı robotlarının üzerine uygulanan basıncın bulunmasındaysa, bu formül geçerlidir;

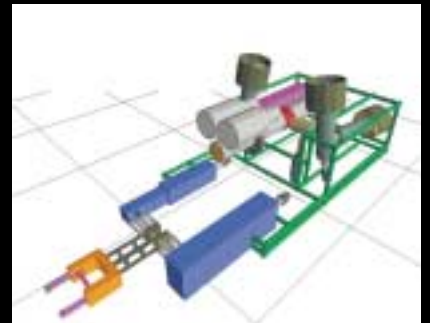
$$P_{\text{Sualtı}} = P_{\text{Atmosfer}} + P$$



TURTLE I, nükleer santrallerde duvar muayenesi için tasarlandı. DC servo motorlar tarafından sürülen 5 pervaneyeye sahip olan Turtle I, ana denetim birimi olarak Intel 486 bir bilgisayar kullanıyor. Turtle I'in algılayıcıları kamera, eğim ölçer ve basınç dönüştürücüsünden oluşuyor. Boyutları: 750mm x 460mm x 260mm.



Turtle I in gelişmiş bir model olarak tasarlanan Turtle II'nin eyleyicilerinde bir değişiklik yapılmamış. Ana denetim birimi olarak Intel 80196 mikroişlemci kullanılmış. Turtle II, kamera ve basınç dönüştürücüsü yanında, radyasyon tespit ve sızıntı algılama algılayıcılarına sahip. Boyutları: 620mm x 520mm x 300mm.



TURTLE serisinin son tasarımı olan TURTLE III, DC motorlarla sürülen 4 pervaneyeye sahip. Kontrol birimi olarak PIC BASIC 5000G mikroişlemci kullanan TURTLE III'ün kamera, basınç dönüştürücü ve sızıntı algılayıcıları var. Boyutları: 620mm x 350mm x 300mm.

ROBOTLARI

nuhlama sorunu için "görsel işaret" kullanımı, kara robotları için son derece yaygın olmasına karşın, suyun dalgali ve bulanık olması nedeniyle, sualtı robotunun kendini konumlaması için görsel işaret ve kamera kombinasyonu her zaman elverişli değil. Bu nedenle, özellikle okyanus tabanına yakın çalışacak sualtı robotları için, okyanus tabanı yükseklik haritasının çıkarılması ve bu haritaya göre robotun kendisini konumlaması için sonar sistemleri gibi çözümlere başvurulmaktadır.

Hidrodinamik Etkileşim

Mekanik kolun hareketi, kol ve sualtı robotu arasındaki hidrodinamik etkileşim nedeniyle, robotun duruş ve konumunda değişime yol açar.

Bu değişimin incelenmesi için MBARI (Monte-rey Bay Akvaryum Araştırma Enstitüsü), OTTER isimli sualtı robotunu kullanarak testler gerçekleştirdi. Bu değişimin telafisi için robotun ve mekanik kolun iyi bir modelinin çıkartılması ve güçlü bir kontrol algoritmasının geliştirilmesine gerek var.

Biyobenzeetim Teknolojisiyle Geliştirilen Sualtı Robotları

Doğadaki canlılar hayatta kalabilmelerini, yaşadıkları ortama en iyi şekilde uyum sağlayabilmelerine borçlular. Biyobenzeetim teknolojisi de canlıların uyum sağlamak amacıyla geliştirdikleri özelliklerden ilham alan tasarımların geliştirilmesiyse, ortaya çıktı.

İster mühendislik yaklaşımıyla bulunsun, ister biyobenzeetim yoluyla geliştirilsin, sualtı robotlarının önlerindeki engelleri kaldırmak için tasarlanan bütün bu çözümler, her geçen gün insanlığın sualtındaki ihtiyaçlarına biraz daha fazla cevap veriyor. Bu sayede ileride dünyamızı kaplayan sularda da, karalardaki kadar rahat faaliyet göstermemiz mümkün olabilecektir.

Kaynaklar

Johnson A. E., Marital H., 1996, Seafloor Map Generation for Auto-

Robo Istakoz

Istakozlar karanlık ve çalkantılı sularda, kayalık, kumlu ya da alglerle kaplı zeminlerde hareket yeteneğine sahiptir. Böyle bir robotun, özellikle askeri alanda sualtı mayınlarını bulmada ve etkisiz hale getirmede son derece etkili olacağı düşünülmüştür. Bu robotun tasarımında standart mekanik eyleyicilerin yanısıra yapay kaslardan da faydalanılmış. Nitinol olarak adlandırılan şekil bellekli bir alaşımdan üretilen yapay kaslar, üzerlerinden akım geçirildiğinde ısınarak %5 kısalır, akım kesildiğindeyse deniz suyuyla soğuyarak eski uzunluğuna geri dönerler. Robo-istakoz, çevresini mikro-elektro-mekanik algılayıcılar sayesinde algılar. MEMS akış algılayıcılarıyla robot, aynen istakozun hassas tüyleriyle yaptığı gibi, akıntının hızı ve yönünü tespit eder.

Robo Tuna

Denizaltı araçlarının tasarımında pervaneli çözümler son derece yaygın olmasına karşın, bu çözümler oldukça düşük verimliliğe sahip. Bu sistemlerde özellikle geçici rejim tepkisinde ciddi gecikmeler görülmüştür. Ayrıca pervanelerin ihtiyaç duyduğu enerjiyi alacağı akü ya da pil, tüm hacmin yaklaşık %70'ini kaplıyor. Bütün bunlar aracın denetimini zayıflatmakta, taşınabilecek yararlı yük değerini azaltmakta ve görev süresini kısaltmakta. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü mühendisleri, bu nedenle 160 milyon yıldır sularda bütün bu sorunları çözmemiş olarak gezinen ton balığını taklit etmeyi hedeflemişler. Bu hedef, son derece karışık bir tasarım sürecini başlatmış durumda. Kullanılan mekanizmanın kinematik incelenmesinin yanısıra, gövdenin bu mekanizmaya suda yaratdığı hareketin modellenmesi ayrıntılı hesaplamaların yapılmasını gerektiriyor.

Robot Balık

Biyobenzeetim yoluyla tasarlanan bir başka sualtı robotuysa, robot balık. Balığın kuyruk kısmı istenilen esnekliği ve sügeçirmezliği sağlamak amacıyla, kaçıktan tasarlanmıştır. Kuyruğun hareketi iki servo motor ve dişli mekanizmasıyla sağlanıyor. 68hc811e2 mikro denetimcisi balığın tüm hareketlerini kontrol eder. Ayrıca, robot balığın, çevresini algılayabilmek için sonar algılayıcı sistemi var. Robot balık yaklaşık 6 m/s ile hareket yeteneğine sahip.



nomous Underwater Vehicle Navigation, Autonomous Robots 3, Netherlands, pp.145-168.

McLain T. W., Rock S. M., Lee M. J., 1996, Experiments in the Coordinated Control of an Underwater Arm/Vehicle System, Autonomous Robots 3, Netherlands, pp. 213-232.

Ryu J. H., Kwon D. S., Lee P. M., 2001, Control of Underwater Manipulators Mounted on an ROV Using Base Force Information, Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation Seoul, Korea, pp. 3238-3243.

Junku Y., Tamaki U., Bekey G. A., 1996, Underwater Robots, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.

RMS Titanic, Inc., 2000, http://www.titanic-online.com/titanic/expeditions/exp_other.html

Uttley C. A., 2002, http://www.therealtitanic.cwc.net/the_wreck_site.htm



Kristof E., December 1999, National Geographic.

Powell Y. C., 2000, Robots mimic living creatures, The International Society for Optical Engineering,

<http://www.spie.org/web/oeer/sepember/sep00/cover1.html>

Kim M. Y., 2000, Underwater Inspection Robot,

http://lca.kaist.ac.kr/research/robotics/res_auv.html

Barret D., 1994, <http://web.mit.edu/towtank/www/tuna/brad/tuna.html>

Massie D., Kirkland M., Manda J., Strimaitis I., http://www.seattle-robotics.org/encoder/200211/autonomous_robotic_fish.html

Serkan Güröğlü

Mekatronik Mühendisliği Bölümü,

Atılım Üniversitesi, Ankara

Titanik'in Keşfi



Üç kişilik denizaltı ALVIN'in Titanik'in pruvası üzerindeki temsili görüntüsü.

15 Nisan 1912 tarihinde Kuzey Atlantik'de batan Titanik yolcu gemisi kalıntıları (Şekil 1) 1985'te Amerikan Okyanus Bilimci Robert Ballard tarafından yaklaşık 3,8 kilometre derinlikte bulundu. Bu derinlikte basınç, yaklaşık 400 atm

değerindedir.

Ballard bu ilk keşif gezisi sırasında iki sualtı robotu ANGUS ve ARGO'yu kullandı. Bu araçlar yaklaşık 6.000 m derinlikte çalışabilecek şekilde geliştirilmiş, insansız sualtı robotlarıydı. ARGO çevreyi taramak için kullandığı bir sonar cihazı ve son derece gelişmiş gerçek zamanlı (real time) çalışabilen video kameralarıyla, bu kameralardan elde edilen görüntüleri kontrol merkezine iletecek fiber optik kablolar taşımaktaydı. ANGUS'a biraz daha eski bir model olup, video kameraları olmamakla birlikte son derece başarılı fotoğrafma yeteneğine sahipti ve okyanus dibi haritalanmasında çok başarılı oldu.

İkinci araştırma gezisindeyse Ballard, 3 kişilik bir denizaltı olan ALVIN'i (Şekil 2) ve kendi hareket yeteneğine sahip, fotoğraf ve video çekebilen insansız sualtı aracı JASON JUNIOR'u (Şekil 3) kullandı. JASON, küçük boyutları sayesinde Titanik'in koridor ve kabinlerinde dolaş-

biliyordu.

Titanik enkazının keşfi için, sualtı robotu ya da denizaltıyla daha birçok dalış gerçekleştirildi. Bu denizaltılardan biri olan Fransız Nautilus (Nautilus anlamına gelir), mekanik kollara ve hidrolik örnek toplama sepetlerine sahipti. Bu denizaltı, aynı zamanda, bir uzaktan kumandalı mini sualtı robotu olan ROBIN'i taşımaktaydı. Kendi hareket yeteneğine sahip ROBIN, Nautilus'a çektiği video görüntülerini gönderiyordu.

