

# Robotlar: Sosyal Etkileşimli Makineler

Asif Şabanoviç, Selim Yannier  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
Sabancı Üniversitesi  
Orhanlı, 34956 İstanbul-Tuzla  
E-Mail: [asif@sabanciuniv.edu](mailto:asif@sabanciuniv.edu), [selimy@su.sabanciuniv.edu](mailto:selimy@su.sabanciuniv.edu)

*Bu makalede, insanlarla etkileşimde bulunarak görevlerini yerine getiren robotlar üzerinde durulmuştur. Öncelikle robot-insan etkileşiminin sıkça gerekli olduğu durumlar tartışılmış, daha sonra bu tip robotların yapımında kullanılan yöntemler ve sistem bileşenleri üzerinde durulmuştur. Günümüzdeki son gelişmeler özetlenmiş ve araştırmaya açık konular tartışılmıştır.*

*Anahtar sözcükler: insan-robot etkileşimi, mobil robotlar, sosyal etkileşimli robotlar*

## 1. Giriş

Robotların ve uygulama alanlarının gelişimi incelendiğinde, gittikçe insanlar için ve insanlarla beraber daha sık çalışmalarının kaçınılmaz olduğu görülür. Robotlar, sağlık hizmetlerinde, rehabilitasyon çalışmalarında ve terapilerde yön gösterecek, ofislerde asistanlık yapacak veya ev işleri ile ilgilenecek, bazen de bizleri eğlendirecektir. Tüm bu uygulamalarda, robotların insanlarla etkileşimleri değişik seviyelerde olacak, insanların karmaşık davranışlarını anlamaya çalışmak zorunda kalacaklardır. Tasarımcılar, sosyal etkileşimler kurabilen robotlar geliştirmeye mecbur olacaklardır.

Robotiğin gelişim sürecinde, araştırmacılar uzun bir süre bir diğer makine ile etkileşme olanağı olan robotların büyüünde kalmışlardır. Robotların bazı işlerde insanların yerine kullanılması ana tema olmuştur. Robotlar uzun bir dönem, kurulum ve bakım dönemleri haricinde insanlardan uzakta, üretim bantlarında çalışmaktaydılar (araba, elektronik eşya üretimi vs.). İnsan Makine Arabirimi (İMA) sadece, insanların, robotun hareketini (genellikle uç noktanın izleyeceği yörünge) belirleyen komutlar girebileceği eğitim terminalleri gibi programlama araçlarından ibaretti. Robotlar, insanlarla etkileşimlerinin farkında değildi ve çoğu kez kazara insanlara zarar vermemeleri için çitlerle çevrili alanlarda çalışırlardı [1].

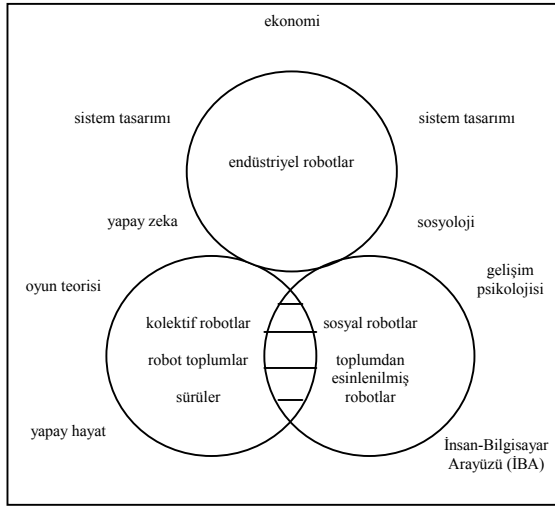
Mobil robotların gelişmesi insan-robot etkileşimine yeni bir boyut getirmiştir. Artık robotların insanlarla yaşaması sıradan hale gelmeye başlamıştır. En azından insanlarla aynı mekân paylaşmaları gerektiğinde, işlerini yaparken onlara zarar vermemelidirler [1]. Yapılandırılmamış ortamlarda çalışabilen otonom mobil makinelerin geliştirilmesi, çözülmesi gereken yeni mühendislik problemlerinin yanı sıra iki ana alandaki araştırmaları tetiklemiştir: “kolektif davranışlı robotik” ve “sosyal etkileşimli robotik”.

1990’ların başında, karınca benzeri robotlardan oluşan [2] “robot toplumlar” konusundaki araştırma ve bulgular, imece ile performansın yükseltilmesi konusunda birçok araştırmaya yol açmıştır [3]. Çoklu robotlar veya dağıtık robotik sistemlerde; haberleşme [4], engelleme [5] ve saldırgan mücadele [6] gibi etkileşim mekanizmaları kullanılmıştır. Bu yaklaşımların temelinde, kendi kendine organize olma ve bireylerin önem taşımadığı homojen böcek toplumlarından esinlenme vardır. Kolektif davranış biçimleri, robotik (ve Yapay Zeka) araştırmacıları tarafından çekici bulunan modellerdir çünkü nispeten basit bireylerden oluşan grupların zor işleri başarmasını mümkün kılarlar. Bu tip sistemler, kendini onarabilen makineler ve futbol oynayan robot takımları gibi kavramların da temelini oluşturduğu için araştırmacılar tarafından ilgi görmüştür.

Yukarıda anlatılanların tersine, insan toplumunda bireysellik, yani toplumdaki her bireyin farklı olması kavramı oldukça önemli bir özelliktir. Bu bakış açısına göre insanlarla etkileşebilecek robotların geliştirilebilmesi, öğrenme ve taklit etmeyi, doğal diller ve mimiklerle iletişimi, duyguları ve etkileştiği partnerleri tanımaya dayalı tekniklerin kullanımını gerektirir. Tüm bu kavramlar oldukça karmaşıktır. Günümüzde ise insan robot iletişimini hedef alan birçok robot, geleneksel hizmetkar veya evcil hayvan rollerini üstlenmek için tasarlanmıştır. Bunlar, [7]’de belirtilen sosyal etkileşimli robotların geliştirilmesine doğru ilk adımı temsil ederler:

*“Sosyal robotlar, insan ve robotların oluşturduğu heterojen toplumun bir parçası olan somut bireylerdir. Birbirlerini tanıyabilir ve sosyal etkileşimlerde bulunabilirler, geçmişleri vardır (dünyayı kendi deneyimleri ne dayanarak algılama ve yorumlama), birbirleriyle doğrudan iletişim kurabilir ve birbirlerinden öğrenebilirler.”*

Bahsi geçen robot sınıflarının geliştirilmesi, Şek. 1’de gösterilen değişik model ve tekniklerin kullanılmasını gerektirir. Mekatronik sistemler olarak her üç gurubun da aynı mühendislik zeminini paylaşmalarına rağmen, davranış model ve teknikleri bu robotları oldukça farklılaştırır. Endüstriyel robotlar ile diğer iki grup arasında ortak noktalar neredeyse yok gibidir ancak “kolektif davranışlı robotlar” ve “sosyal etkileşimli robotlar” arasında bireyselliğin daha az rol aldığı ortak alanlar vardır.



Şek. 1: Robot sistemleri etkileyen temel alanlar.

Yukarıda kısaca belirtilen konular ikinci bölümde daha detaylı incelenilecektir. Öncelikle mobil robotların tasarım yaklaşımları, daha sonra ise hedef takibi, engellerden sakınma ve diğer sistem bileşenleri açılarından mobil robotların genel mühendislik problemleri incelenilecektir. Son olarak bu alandaki araştırmaya açık problemleri ve aşılması gereken temel zorlukları tartışacağız.

## 2. Tasarımda Göz Önüne Alınması Gerekenler

Tüm robotların tasarımı ortak birtakım problemlerin çözümünü gerektirir:

- Kavrama (planlama, karar alma),
- Algılama (seyrüsefer, çevreyi hissetme),
- Hareketler (hareket kabiliyeti, nesneleri kullanma),
- İnsan-robot etkileşimi (kullanıcı arabirimi, giriş cihazları, geri besleme cihazları vs...),
- Mimari (mekanik yapı, elektro mekanik sistemler, kontrol).

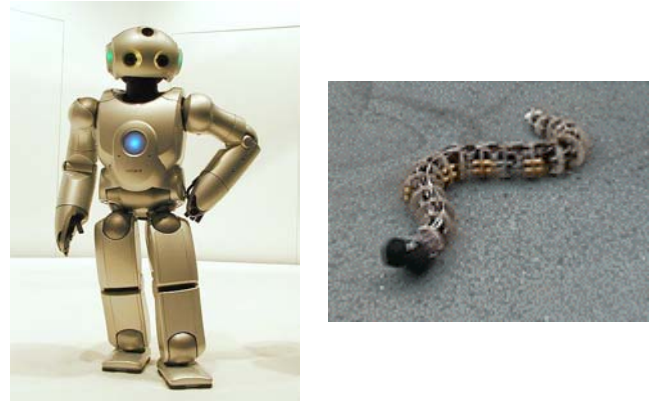
Sosyal anlamda aktif robotlar ayrıca aşağıda bazıları belirtilen sosyal etkileşim kurallarına uymalıdır [8]:

- İnsanların algılanması (robotun, insanların hareketini doğru olarak algılama ve yorumlaması),

- Doğal bir insan-robot etkileşimi (robotun inandırıcı davranışlar sergilemesi),
- Anlaşılabilir sosyal ipuçları (robotun durumunun doğru anlaşılabilmesini sağlayan ipuçları verebilmesi),
- Gerçek zamanda işleyiş (robotun insanlarla etkileşebileceği bir hızda çalışması).

Tasarım aşamasında bu tür problemlere pek çok çözümler bulunabilir. Tasarımcılar bunları değişik yöntemlerle çözmeye çalışmaktadırlar.

Örneğin robot mimarileri iki tekerlekli basit robotlardan çok bacaklı karmaşık yapılara; özel amaçlı yılan benzeri robotlara ve hatta yakın geçmişte ortaya çıkan, iki bacaklı insan benzeri robotlara kadar uzanır (Şek. 2).



Şek. 2: Modern robotların değişik mimarileri.

Mimari yalnızca mekanik hareket açısından değil, aynı zamanda belirli fonksiyonları yerine getirebilmek için gerekli altyapıyı oluşturmada da önemli bir rol oynar. Bu nokta hem kolektif robotlarda hem de toplumdan esinlenilmiş robotlarda çok önemlidir. Hareket kabiliyeti ve esneklik, taklit etme ve benzeri fonksiyonların kurulmasına zemin hazırlar.

Sosyal etkileşimli robotların yapısı iki ana türe ayrılır: biyolojiden esinlenilen (araştırmacılar, yaşayan canlıların zekasını simüle eden veya taklit eden robotlar yaratmaya çalışırlar), ve fonksiyonel olarak tasarlanmış (araştırmacılar, iç yapısı biyolojik zemine sahip olmasa bile dışarıdan sosyal olarak zeki görünen robotlar yaratmaya çalışırlar). Günümüzde robotların algılama, kavrama ve davranış yetenekleri insana göre oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle, yakın gelecekte insanlar ve robotlar arasındaki ciddi sosyal dengesizlikler sürecektir [9]. Ancak bu, -uzman sistemlerde olduğu gibi- bazı kısıtlı alanlarda robotların yüksek başarı elde edemeyeceği anlamına gelmemektedir.

Aşağıda, robotiğin gelişmesi için bizce önemli görülen konuların bir kısmı tartışılmıştır. Bu konular tasarımın tamamının bir tanıtımı olarak değil, mimarilerde ve insan robot etkileşimlerinde önemli rol oynayan

noktalar arasından seçilmiş bir kesit olarak düşünülmelidir.

## 2.1 Mimariler (gerçekleme biçimi ve kontrol)

Endüstriyel robotların başarısını belirten nispeten basit ölçütler vardır; hareketin hassasiyeti, tekrar edilebilirlik gibi. Bunlar, bir bakıma robot ve robotun çalıştığı ortam arasındaki ilişkiyi ifade eder. Robotun görevi örneğin bazı nesnelerin işlenmesi, kaynak yapmak, nesneleri izlemek, piyano çalmak olabilir. Bunlara uygulanan ölçütler karşılaştırma amacıyla kolaylıkla kullanılabilir.

İnsanlarla etkileşimde olan robotlar için ise, başarının ölçütleri kolaylıkla belirlenemez. Ölçütler genellikle yoruma bağlı olduğu için sınıflandırmak zordur. Bu tip robotlar için, aşağıdaki paragrafta tanımı verilen gerçekleme biçimi, bir çeşit ölçüt oluşturabilir veya en azından karşılaştırma için bir çıkış noktası teşkil eder.

*Gerçekleme biçimi, "sistem ile çevre arasındaki alışveriş için gerekli koşulları oluşturarak karşılıklı fiziksel etkileşimler için zemin hazırlayan yapı" şeklinde tanımlanır [10].*

Gerçekleme biçimi bu tanımı ile çevre ile robot arasında sadece fiziksel olan bir ilişkiyle kalmayıp robotun tüm algılayıcıları ile hissedebileceği ve eyleyicileri ile çevre üzerinde yapabileceği değişikliklerin tümünün bir ölçütü olarak ortaya konur. Bu tanıma göre insanlarla etkileşen robotlar sadece mekanik hareketlerle sınırlı değildir ve hatta fiziksel bir vücuda sahip olmaları bile gerekmez.

Gerçekleme biçimi ölçütü, bir başkasının dikkatini çekip bir çeşit yakınlık duygusu uyandırabilen robot hayvanlar için oldukça önemlidir. Örnek olarak Şek. 3'te görülen robot köpek AIBO (Sony) ve BoeBot'u (Parallax) inceleyelim. AIBO yaklaşık 20 eyleyiciye ve birçok algılayıcıya (dokunma, duyma, görme vs...) sahiptir. AIBO'nun aksine BoeBot sadece iki motora ve belki birkaç kızılötesi uzaklık algılayıcısına sahiptir. Bu AIBO'nun çevre ile alışverişte bulunmak için daha fazla imkanının olduğunu ve bu nedenle gerçekleme biçiminin BoeBot'a göre daha üstün olduğunu gösterir (mesela herhangi bir hareketi insanın görme duygusuyla bir etkileşim kuracaktır).

Robotun fiziksel yapısı ve şekli de önemlidir çünkü ikisi de insanların robot ile etkileşimini şekillendirecek ve beklentileri etkileyecek unsurlardır. Robot, kendisinden yetenekleri ile ilgili yanlış beklentileri en aza indirmek açısından bir miktar "robotluk" göstermelidir.

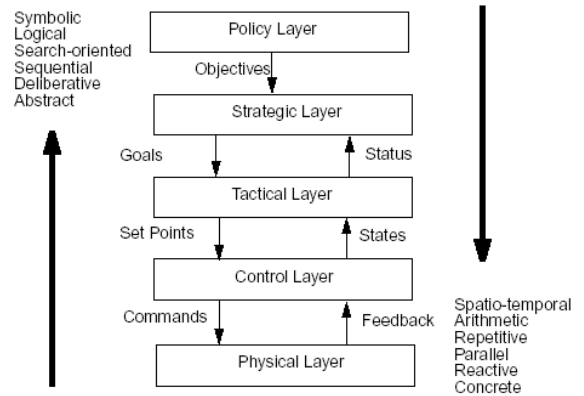
Bir robotun kontrolünün karmaşıklığı hem fiziksel yapısı hem de gerçekleme biçimi ile yakından ilişkilidir. Fiziksel yapı genellikle eyleyici sistemlerin

ve ilgili kontrollerin karmaşıklığını belirler. AIBO'nun kontrolü sadece iki motorunun kontrol edilmesi gereken BoeBot'a göre çok daha karmaşıktır. Genellikle, robotların hareket kontrolü çok karmaşık bir problem olup büyük miktarda mühendislik çabası gerektirir. Bu makalenin ileriki bölümlerinde BoeBot benzeri bir robot için kontrol sistemi yapısı kısaca gösterilecektir. Konumlanma, seyrüsefer, engellerden sakıma gibi fonksiyonlar kontrol sisteminin bir parçasıdır.



Şek. 3: AIBO (Sony) (yukarıda) ve BoeBot (Parallax) (aşağıda).

Genellikle, robot kontrol sistemleri hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Şek. 4'te, böyle bir yapıdaki seviyelerin örnek bir konumlandırılması görülmektedir. Üst seviyelerde kavramların genelleşmesi ve karmaşıklığı artmakta (solda yukarı ok) ve bu, programlamanın karmaşıklığı ile yorumlamadaki belirsizliğin atışını simgelemektedir.



Şek. 4: Robot kontrol sistemlerin hiyerarşik yapısı.

Robotun belirli bir davranış biçimi sergileyebilmesi için gereken özelliklerin tamamı, robotun kontrol mimarisinden türetilmiştir. Bu mimari robotun üzerindeki yazılımın herhangi bir bölümü olarak değil de, yazılımın tümünün yapısı olarak düşünülmelidir. Kontrol mimarisi, alt seviyede algılayıcıların okunması ve haberleşme gibi, üst seviyede ise performans optimizasyonu ve seyrüsefer görevleri gibi

birden fazla program sürecinin paralel olarak işlenmesine izin vermelidir. Kontrol mimarisi, yapısının doğası gereği eldeki işe özel tasarlanmak zorunda değildir ancak mimaride kullanılacak girişler (algılayıcı) ve çıkışlar (eyleyici) uygulamayla kurulacak bağlantıyı belirler.

Çevre ile etkileşimlerin algılanması, robotun algılayıcı yapısına ve gelen etkileşim bilgilerinin doğru yorumlanmasına (ölçülmesine) kuvvetle bağlıdır. Algılayıcı bilgilerinin yorumlanması ve anlamlı durumlara çevrilmesi için ise ileri düzeyde işaret işleme yeteneği ve algılayıcı bilgilerini tümleştiren tekniklere ihtiyaç vardır.

## 2.2 İnsan-Robot Etkileşimi

Gerçekleme biçiminin algılayıcılardaki etkileşimin ölçümü olarak tanımlanması, insan-robot etkileşimini hem gerçekleme biçiminin hem de kontrol mekanizmasının bir parçası olarak düşünebilmemiz için gerekli zemini hazırlar. Böylece insan-robot ara yüzleri çok daha geniş bir kapsamda ele alınabilir; örneğin çevredeki (insan) tüm değişiklikleri algılama, yorumlama ve robotun davranışlarını buna göre ayarlama gibi. Bu bölümde basit kullanıcı ara yüzleri değil sosyal etkileşimli robotlar için önemli olabilecek insan-robot etkileşimi üzerine yoğunlaşacağız.

**Duygular** insanların davranışlarında önemli rol oynar. Duyguların yapay olarak yaratılıp robotların insanlarla etkileşmesinde kullanılması, araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bir örnek MIT’te geliştirilen Kismet adlı robotun davranış ve motivasyon sistemlerinin üzerinde duyguların etkilerinin araştırılmasıdır [8].

**Konuşma**, duyguların iletilmesi için oldukça etkin bir iletişim metodudur fakat konuşma içerisinde duyguların iletilmesini sağlayan parametreler tüm dünyada ortak dahi olsa robotların kullanımı için hala oldukça karmaşıktır. Aynısı vücut dili ve yüz ifadeleri olmadan oldukça zayıf kalan sentezlenmiş yapay ses için de geçerlidir.

**Yüz ifadeleri**, insanlar arası oldukça önemli bir etkileşim olmasına karşın insan-robot etkileşiminde yetersizdir. Bunun en temel sebebi bu ifadelerdeki ipuçlarının algılanmasının oldukça karmaşık, günümüz robotlarının ise henüz yüz ifadelerini şekil olarak yansıtmakta yetersiz olmasıdır. Yüz ifadelerini insan-robot etkileşmesine sokmanın birçok yolu vardır. Üç boyutlu bilgisayar grafikleri kullanmak bunların arasında ilginç bir yöntemdir [11].

**İnsanların algılanması**, insan-robot etkileşimini tasarlarken göz önüne alınacak en önemli noktalardan biridir. İnsanlarla anlamlı bir ilişkiye girebilmek için robotlar, dünyayı insanların algıladığı gibi algılayabilmelidirler. Bu, robotların insanlara benzer algılama yeteneklerine sahip olması gerektiği anlamına gelir. İnsanların davranışlarını takip etme

[12], konuşanın kim olduğunu, ne söylediği ve bunu nasıl söylediğini anlamak, insan-robot ara yüzünün bir parçası olmalıdır [8].

**Kullanıcı modelleme**, kişilerle insanların yaptığı gibi etkileşmek için gereklidir. Değişik amaçlar için geliştirilmiş birçok kullanıcı modeli vardır. Kullanıcı modeli olan robotlar insanların davranışlarını ve diyaloglarını anlayabilir, değişik yetenek, tecrübe ve bilgi seviyelerindeki kullanıcılara uygun robot davranışlarını gerçekleştirebilir. Birçok araştırmacı klişeleşmiş örnekler (stereotype) ile kullanıcı modelleri yaratma üzerine deneyler yürütmektedir [13].

## 3. Uygulamalar

Bu bölümde, robot toplulukların bir parçası olarak veya insanlarla yakın ilişkide bulunabilmek için belirli davranış biçimleri sergileyecek şekilde tasarlanan robotlara ait uygulamalar üzerinde durulacaktır. Öncelikle özel işler için tasarlanmış ve aynı mekanı paylaşmak dışında insanlarla çok az etkileşecek veya hiç etkileşmeyecek makineler üzerinde durulacak, daha sonra geniş insan-robot ara yüzleri tartışılacaktır.

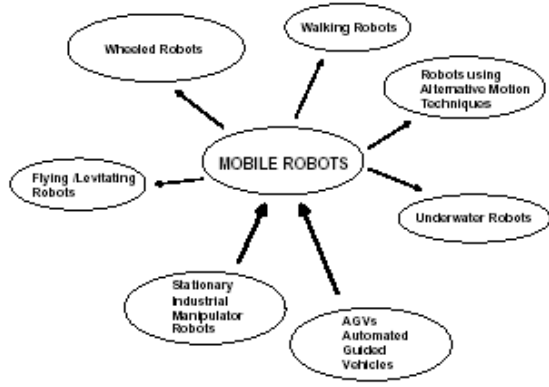
### 3.1 Hizmet Robotları

Robotlar insanlara hizmet edebildikleri zaman fonksiyonel değerleri ortaya çıkar. Belirli bir iş için tasarlanmış endüstriyel robotlar, otomatik üretim sistemlerinin performansını oldukça artırmıştır. Aynı beklenti ev temizliği, yaşlıların bakımı, eğlence gibi işlere odaklı olarak tasarlanıp test edilmiş otonom robotlar için de geçerlidir.

#### 3.1.1 Otonom Makineler Olarak Mobil Robotlar

Birçok uygulamada otonom robotlar sosyal etkileşimde bulunmak zorunda değildirler. Genellikle robotların otonomluğu bir çeşit hareket serbestisine sahip oldukları ve bir insanın denetimini gerektirmeden hareket edebilmeleri anlamına gelir. Uygulamaların çok geniş yelpazeye yayılmış olması sebebiyle mobil robotların net ve açık bir sınıflandırmasını yapmak oldukça zordur. Örneğin tekerlekli robotlar boyutlarına göre sınıflandırılırken yürüyen robotlar bacak sayılarına göre sınıflandırılmaktadır. Şek. 5’te mobil robotların hareket yöntemlerine göre sınıflandırılması önerilmektedir.

Yapılacak işin kolaylıkla modellenilebildiği ve belirsizliklerin sadece engellerden sakınma ile kısıtlı olduğu birçok alandaki mobil robot uygulamaları sofistike insan-robot ara yüzleri gerekmemektedir. Aşağıda, ilginç uygulama alanlarından birkaçı kısaca özetlenmiştir.



Şek. 5: Mobil robotların sınıflandırılması.

**Temizlik sanayi:** Havaalanları, süpermarket, cadde ve sokaklar, fabrika ve benzeri yerlerde yıkama, süpürme, kurulama, ovalama, cilalama, parlatma, vakumlama, kazıma, çöp toplama gibi karmaşık bileşenlerden oluşan oldukça yoğun bir iştir. Üstelik tuvalet temizliği, pencere ve döşeme temizliği gibi daha tatsız işleri de içerebilir.



Şek. 6: Ticari olarak mevcut temizleme robotu (solda) ve otonom elektrik süpürgesinin taslağı (sağda)

**Çimenlerin bakımı** (şu anda piyasada satılan sistemler bulunmakta): golf sahası ve otobanların orta ve kenarlarındaki çimlerin biçilmesi.

**Tehlikeli işler ve enerji kaynakları:** bomba ve mayın haritalama, çıkarma veya imha etme, nükleer santral denetimi, buhar jeneratörü, tehlikeli atık saklama tankı, boru hattı ve yüksek gerilim hatlarının denetimi vs.

**Kurtarma robotları,** deprem, sel, büyük yıkımlar gibi afetlerden sonra arama kurtarma görevlerini üstlenebilecek, mobil otonom veya uzaktan güdümlü robotları içeren yeni bir sınıftır.

**Tıbbi servisler:** yemek, su, gazete, ilaç vs. getirmek, laboratuvar örnekleri, tıbbi kayıtlar, özel yemekler, yönetici raporları, tehlikeli malzemeler, biyolojik artıklar, eczane otomasyonu.

**Tarım:** (1870’de, Amerika Birleşik Devletleri toplam işgücünün %47’si gıda üretmek için kullanılıyorken, şimdi %3’den daha azı yiyecek üretiminde çalışıyor) Uygulamalar ekim, zararlıları temizleme, ilaçlama, budama, biçme, hasat ile meyve ve sebzelerin toplanmasını içeriyor.

Tüm bu uygulamalarda, işe özel tasarlanmış robotlar, otonom makineler olarak çalışırlar ve insanlarla etkileşimleri çoğu endüstriyel robotla aynı seviyeye indirilmiştir.



Şek. 7: Çok sayıda algılayıcı ve silahları ile robot koruyucu.

### 3.1.2 Robot Toplulukları (Çok-Robotlu Sistemler)

Bir araştırma alanı olarak “robot toplulukları” veya “imece yapan çok robotlu sistemler”, önceden yapılagelen mobil robotlar üzerindeki araştırmalara, simülator çalışmalarına ve yapay zeka araştırmalarından esinlenen bireylere dayanır. Belki zamanı gelmediği için, belki de teknolojik seviyenin yetersizliğinden, henüz imece yapan çoklu robotların görevleri için tam ve güvenilir bir kontrol mimarisi tasarlamaya yarayan bir teori yoktur. Bu sebeple, bu alandaki araştırmalar genellikle deneyseldir.

İmece yapan çok robotlu sistemler, geniş bir teknolojik ve bilimsel yelpazeyi kaplar. Birkaç ana alan olarak otonom çalışma, kendi kendine organize olma, dağınık algılama ve robotların dağınık kontrolü sayılabilir. Görüldüğü gibi, ileri seviyeden çoklu robot sistemler gerçek birer çok disiplinli araştırma alanlarıdır.

Robot toplulukları, bir arada çalışarak aynı amaca ulaşmayı hedefleyen otonom mobil robotları tanımlayan genel bir teknik kavramdır. İlk [14]’de aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

*“Robot toplumu, üye olarak adlandırılan bireylerin bir araya gelmesi ile oluşmuş, bilgi ve kontrol yapılarıdır. Tüm üyeler benzer olmak zorunda değildirler, ancak aynı özelliğe sahip üyeler küme veya sınıflar oluşturabilirler. Kontrol yapısı bilginin üyelerin arasında nasıl yayılacağını ve her üyenin diğer üyelerle nasıl haberleşeceğini tanımlar. Ayrıca kontrol yapısı toplumun üyelerini nasıl etkileyeceğini de tanımlar. Tüm işgücü üyelerden geldiği için, kontrol yapısı toplumun işlerinin yönetimini üstlenmiştir.”*

Bazı durumlarda, bu tanımlama, belirli bir işe odaklanmış endüstri bezeri robot uygulamaları için daraltılabilir:

*“Robot topluluk kavramının pratikte en temel görevi, bireysel bir robotmuş gibi kullanıcıdan veya toplum yöneticisinden gelen isteğe göre iş yapabilecek bir çeşit “dağınık robot” yaratmaktır. Bu demektir ki, toplumun davranışı dışarıdan kontrol edilebilir olmalı ve toplumun, kontrol edenle bilgi bağı olmalıdır. Temelde, bir toplulukta iletişim üyeden üyeye yapılır.”*

Her iki tanımda da ortak olan amaç kolektif çalışma ile iş performansını arttırmaktır. Bu alandaki araştırmalar kendi kendine organize olma ve böceklerin davranışlarından esinlenmiş yöntemler kullanır. Böcekler, nispeten basit varlıkların nasıl karmaşık işler yapabileceğine örnek homojen guruplardır. Mikro ve nano teknolojilerin gelişmesi ile kendi kendini tamir edebilen robotlar ve hatta kendi kendine çoğalabilen robotlar yaratmak mümkün olmuş ve bu özellik daha da çekicilik kazanmıştır.

İyi bir robot topluluk davranış örneği olarak Şek. 8’de gösterilen gurup içindeki bozuk üyeyi bularak onun yerine başkasının geçmesi verilebilir. Futbol oynamak da benzer beceriler gerektiren bir iş olarak görülebilir.



Şek. 8: Kendini onarabilen robotlardan oluşmuş bir topluluk.

Daha önce tartışılan mobil robotlar genellikle belirli bir işe yönelik ve sosyal etkileşime yeteneği az robotlardı. Modern toplumdaki değişiklikler ile yine belirli bir işe yönelik fakat aktif sosyal etkileşime daha yetenekli robotlara ihtiyaç vardır. Bir sonraki bölümde bu tip robotlar, veya daha doğrusu bu konudaki araştırma çalışmaları üzerinde durulacaktır.

### 3.1.3 Yardımcı Olarak Robotlar

Belli bir işe yönelik robotların, bir miktar sosyal etkileşimde bulunabilmesi faydalar getirir. Robotun bir veya daha fazla insanla etkileşmesi gereken

durumlarda, sözlü veya hareketle iletişim gibi sosyal davranışlar robotu kabul edilebilir kılar. Böylece insanlar robotlarla aynı ortamı paylaşırken daha rahat edeceklerdir.

Yaşlı veya hasta insanlara yardım eden hizmetçi robotlar onların bir süre daha kendilerine bakabilmelerini sağlar ve teşekkürü bakım evlerine gitme zorunluluklarını aylarca belki de yıllarca erteleyebilir. Bu, Japonya’nın bu konuda ciddi yatırımlar yapmasının nedeni olabilir.

Yardımcı robotlara bir örnek, Şek. 9’da gösterilmiştir.



Şek. 9: Yaşlılar için robot yardımcı.

Aynı kategoride engellilere yardım edebilecek niteliklerle donatılmış robotlara da ihtiyaç vardır. Ancak bu konu birçok araştırmacıya pek çekici gelmemekte ve kısıtlı miktarda sosyal etkileşimde bulunan sistemlerle sınırlı kalmaktadır (Şek. 10). Bu, çeşitli kazalar sonucunda sakat kalan insanlar için oldukça talihsiz bir durumdur.



Şek. 10: Bir engelliye yardım eden mobil robot.

Sözü edilen sınıfa, rehberlik yapan robotlar da eklenilebilir. En son örnek İsviçre’deki Expo’2002 sergisindeki robotlardır (Şek. 11). Bu robotların görevi serginin bazı kısımlarını gezdirmek ve robot teknolojisinin geldiği son noktayı göstermektir. Sergi robotlarının fiziksel tasarımları, robotların sosyal

karakterini ekrana çizdiği karikatür yüzler aracılığıyla yansıtmaktadır.



Şek. 11: Expo'2002 sergisinde Robox.

### 3.2 Eğlence ve Oyuncaklar

Eğlence ve oyuncak sektöründe ticari olarak bulunan robotların tasarımında birçok sınırlayıcı etmen vardır. Bir eğlence robotu en fazla eğlenceyi en az masrafla sağlamalıdır. Bu, algılayıcıların ve eyleyicilerin birden fazla amaç için kullanılması ve en az sayıya indirgenmesi anlamına gelir. Bu nedenle oyuncak robotlar teknolojik olarak endüstriyel robotlardan daha alt seviyededirler ve görünüme göre yakın gelecekte teknolojik olarak daha derinleşmeyeceklerdir.

Oyuncak sektörü, oyun şekillerini temel alan tasarım prensiplerini robot-insan etkileşimi için en ustaca kullanan sektördür. Seçilen bir oyuncak için tasarımcı, kullanıcının etkileşebileceği sonlu sayıdaki durumu belirler ve sonra sadece istenilen davranışlara izin verecek şekilde etkileşim listesi veya oyun şeklini oluşturur.

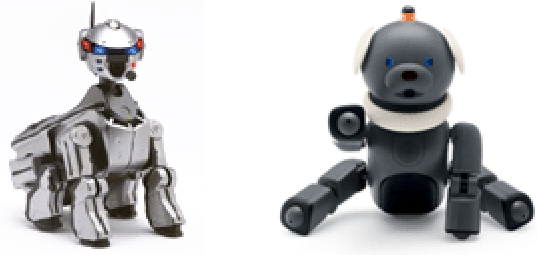
#### 3.2.1 Sosyal Arkadaşlar

Kullanıcılarına arkadaş görevi gören robotlar, oyuncak robotların yüksek teknolojiye en çok ihtiyaç gösterenleridir. Bu tip sosyal arkadaşlar hem insanlarla doğrudan temas halindeyken hem de insanlarla uzaktan izlenirken olduğu gibi pasif etkileşim durumlarında iyi işlev görmesi için yeterli düzeyde otonomiye sahip olmalıdır.

Hareketlilik, kendine yeterliliği ortaya koymanın çok güçlü bir göstergesi olduğundan arkadaş robotlar için oldukça önemlidir; gerçekte bu yeterlilik oldukça sınırlı olsa da. Sony AIBO piyasadaki ilk ve teknolojik olarak en gelişmiş quadruped (dört bacaklı) arkadaş robottur. İnsan ile evcil bir köpek arasındaki ilişkiler modellenmiş ve AIBO sadece doğrudan etkileşim için değil aynı zamanda bir eğlence kaynağı olarak da tasarlanmıştır (Şek. 12). Orijinal AIBO, 20 serbestlik derecesi (SD), kendi gücünü kullanarak ayakta durabilme ve oturabilme yeteneğiyle oldukça

karmaşıktır. Sony özellikle motor ve motor kontrolörlerini geliştirirken önemli yatırımlar yapmış ve tüm vücut hareketlerinde istenilen yumuşaklık ve bütünlüğü elde etmiştir.

AIBO, CMOS tabanlı kamerası ile renkleri ayırt edebilir ve parlak nesneleri kovalayabilir. Bu özellik ivme ölçer, basınç algılayıcılar ve kızıl ötesi algılayıcılar ile birleştiğinde bu robota engellerden sakınma, havaya kaldırıldığını anlama ve hatta kendini yere düşmekten kurtarabilme yetisini verir. 75 sesli komutu algılama ve sabit fotoğraf çekme özelliği vardır.



Şek. 12: AIBO ERS-200 (solda) ve ERS-300 (sağda)

Birçok üretici hızla, AIBO'nun yeteneklerini kısmen kopyalamış ve düşük fiyatla piyasaya sunmuştur; örneğin I-Cube (Tiger Electronics).

2002'de Omron, kullanıcılarının sevgisini kazanabilecek ve böylece pozitif bir arkadaş olacak NeCoRo'yu geliştirdi (Şek. 13).



Şek. 13: NeCoRo (Omron)

### 3.3 İnsansı Robotlar (Hümanoidler)

İnsana benzeyen robotlar tasarlayabilmek için çok yoğun bir mühendislik çabası gerekir. Bunu başarabilen robotların üstesinden gelmeleri gereken en zor problem eyleyicilerle ilgilidir. Sony ve Honda insansı robotlar konusunda öncü olarak ağırlık/güç oranları endüstride şimdiye dek duyulmamış kadar iyi motorlar geliştirmişlerdir.

Sony Dream Robot SDR-4X (Şek. 14) dans edip şarkı söyleyerek eğlendirmeyi amaçlayan bir robottur. 38SD'li robotun gelen bir sesin kaynağını bulmak için 7 mikrofonu, görüntü ile insan tanıma, çift kamera ile derinlik algılama ve sınırlı konuşma tanıma özellikleri

vardır. SDR-4X nispeten küçük bir robot olup, sadece 58cm uzunluğunda ve 6.5kg. ağırlığındadır.



Şek. 14: SDR-4X (Sony)

Honda'nın insansı robot tasarım projesi ise 1986'da başlamıştır. Şek. 15'de tüm toplumda insanlara yardım etmek üzere tasarlanmış ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility, Hareketlilik Buluşunda İleri Adım) [15] görülmektedir.



Şek. 15: ASIMO (Honda)

Bu insansı robotların sahip oldukları yetenekler şimdiden etkileyicidir; SDR-4X düştüğü zaman yardıma ihtiyaç duymadan kalkabilmekte, ASIMO ise alışveriş sepetlerini sürebilmektedir. Yine de her iki şirketin ve paralel olarak üniversitelerin bu konudaki araştırmaları kesintisiz devam etmektedir. İnsan-robot etkileşimini geliştirmek için de birçok araştırma ilerlemektedir [16].

### 3.4 Eğitimde Robotlar

Robot bir ekip projesinin amacı haline geldiği zaman, öğrenci-robot ilişkisi yaratıcı ile yaratılan arasındaki ilişkiye dönüşür. Yaratıcılar olarak öğrenciler problemlere yapıcı çözümler üreterek amaca uygun bir robotik ürün elde etmelidirler. Bu tip bir projeden alınacak dersler değişken olmasına karşın genel olarak robotik eğitiminden öğrenilebilecekler aşağıdakileri içerir:

- Teknolojiye doğru yetkilenme, bilgilenme,
- Takım çalışması,
- Araştırma ve birleştirme yetileri.

Müfredatın veya teknik konferansların içeriği olarak düzenlenecek robot yarışmaları, öğrenci takımları için oldukça cazip olabilir.

## 4. Tartışma ve Sonuçlar

İnsanların robotlar hakkındaki önyargıları, bilgi ve tecrübeleri oldukça etkilidir. Kaynak [17]'de belirtildiği gibi *“Paradoksal gibi gözükse de otomasyon sistemleri üzerine yapılan araştırmalar, aslında insan ve makineyi içeren yapay zeka sisteminin tasarımı için yapılan araştırmanın ta kendisidir. Yeni bir otomatik sistemin tasarımı aslında bir takımın tasarlanmasıdır ve makine birey ile insan arasında işbirliği yapılabilmesine uygun olması gerekir.”* Diğer bir ifade ile insanlar ve robotlar, birbirleri ile verimli bir etkileşim kurmak için hareketlerini koordine etmek zorundadırlar. İnsan-robot etkileşim sistemi tasarımı üzerine oldukça ciddi çalışma ve araştırmalar olmasına karşın hala çok sayıda çözülmemiş problem vardır:

- Sosyal robot nasıl değerlendirilmeli?
- Sosyal robotları, iyi bir robot-insan ilişkisi gösterenlerden ayıran farklar nelerdir?
- Gelecekteki teknolojik gelişmeleri yönlendirecek temel sosyal konular nelerdir?
- Bu konu ile ilgili uyulması gereken ahlaki kurallar var mıdır?
- Uzun süreli etkileşimler için nasıl tasarımlar yapılmalıdır?

İleriye baktığımız zaman, insanlarla çalışma ve beraber iş yapma açısından sosyal robotların hayatımızda gittikçe daha fazla rol oynayacağını görürüz. Sosyal robotlar sağlık alanında, rehabilitasyon ve terapide yardımcı olacak, tur rehberi, ofis asistanı ve ev bakıcısı olarak insanlara yakın çalışacaklar. Bize bağlanacaklar, eğlendirecek ve aydınlatacaklar.

Sosyal robotlar için en önemli olan, insan ve robotların yakın ve verimli bir şekilde etkileşmesidir. Önemli olan sadece kısıtlı işleri başarabilecek teknikleri yaratmak değil sosyal robotların insan toplumunun bir parçası olmasının yollarını aramaktır.

## 5. Referanslar

- [1] Handbook of Industrial Robotics, New York: John Wiley, 1999
- [2] J.-L. Deneuburg et al., The Dynamic of collective Sorting robot-like ants and ant-like robots, Proc. Of 5<sup>th</sup> Intl. Conf. On the Simulation of Adaptive Behavior, 2000
- [3] C. Kube et al., Cooperative Transport by the ants and robots, Robotics and Autonomous Systems 30 (1-2), 2000.

- [4] T. Balch, et al., Communication in reactive multi-agent robotic systems, *Autonomous Robots* 1 (1994)
- [5] D. Goldberg et al., Interface as a tool for designing and evaluating multi-robot controllers, *Proc. Of AAAI*, 1997
- [6] R. Vaughan et al., Go ahead make my day: robot conflict resolution by aggressive competition, *Proc. Of 6<sup>th</sup> Intl. Conf. On Simulation of Adaptive Behavior*, 2000
- [7] K. Dautenhahn et al., Bringing up robots or - the psychology of socially intelligent robots: from theory to implementation, *Proc. Of Autonomous Agents*, 1999
- [8] C. Breazeal, *Designing social robots*, Cambridge, MIT Press, 2002
- [9] C. Breazeal, Designing sociable robots: lessons learned, in K. Dautenhahn et al., *Socially intelligent Agents: Creating Relationship with Computers and Robots*, Kluwer 2002 Cambridge, MIT Press, 2002
- [10] K. Dautenhahn et al., From embodied to socially embedded agents-implications for interaction-aware robots, *Cognitive Systems Research* 3 (3) 2002
- [11] D. Massaro *Perceiving talking faces: from speech perception to behavioral principles*, MIT Press, 1998
- [12] D. Gavrilla, The visual analysis of human movement: A survey, *Computer Vision and Image Understanding* 73 (1) (1999)
- [13] T. Fong et al., Collaboration, dialogue, and human - robot interaction, *Proc. Of the 10<sup>th</sup> Intl. Symposium on Robotics Research*, Springer 2001
- [14] Halme et al., The concept of robot society and its utilization, *Proceedings of the 1993 IEEE Intl. Workshop on Advanced Robotics*, Tsukuba, Japan, pp. 29-35, 1993.
- [15] Honda, Honda debuts new humanoid robot: Asimo, Press release 20. Nov. 2000, Honda Corp. 2000
- [16] T. Rogers et al., Human agents: a work in progress toward human-humanoid interaction, in *Proc. Of Intl. Conf. On Systems, Man and Cybernetics*, 2000
- [17] D. Woods: Decomposing automation: apparent simplicity, real complexity, in *Automation and Human Performance: Theory and Applications*, R. Parasuraman et al. eds., New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, 1996