

# İNSANSI ROBOTLAR

İnsansı robot, android ya da humanoid adı verilen robotların ilk gerçek ve oldukça basit örnekleri üretilmeden çok önce bilim kurgu yapıtları onları konu almaya başlamıştı. Bu yapıtların okuyucu ve izleyicileri insana benzer ancak birçok yönleri ile insandan güçlü androidlerin insanlarla aynı ortamı paylaşmaları, insanlara yardımcı olmaları bazen de karşılarında rakip olarak mücadele etmeleri fikrini büyük bir ilgi ile benimzediler.

İnsana yardımcı bilim kurgu androidlerinden biri Mighty Atom adındaki bir çizgi roman kahramanı olarak 50'li yıllarda Japonya'da doğdu. Japon toplumu Mighty Atom'u sevmişti. İlk deneysel insansı robot çalışmalarına 1960'lı yılların sonunda Japonya'da Waseda Üniversitesi'nde başlandı. O zamandan günümüze geçen 40 yıl boyunca da Japonya insansı robot çalışmalarının en yoğun yapıldığı ülke oldu.

Japonlar'ın insan sekilli ve insanın dostu robotların gerçekten de geliştirilebileceği fikrine olumlu bakmalarının sebeplerinden biri bilim kurgu robot kahramanlarına olan sempaticileri olarak görülse de, günümüzdeki yoğun araştırmalar ciddi bir ihtiyaçtan kaynaklanıyor. Japon nüfusu hızla yaşlanıyor ve bu yaşlı nüfusa sağlık ve bakım hizmeti verecek gençlerin yüzdesi azalıyor. Eğer araştırma ve geliştirme çalışmaları başarıya ulaşırsa, bu hizmetleri insanların yerine insansı robotlar verebilecekler. İki bacak üzerinde yürüyen insansı yapı, insan ortamında çalışmaya en uygun olanı. İnsan yaşama ve çalışma ortamı insan yapısı

için tasarlanmış bulunuyor. Tekerlekli robotların basamak çıkması zordur, eşikleri atlayamazlar. Bacaklı robotlar içinse bunlar sorun oluşturmayacak. İnsan boyutunda ve hareket kabiliyetindeki bir robot, insanın günlük yaşamında uzanması gereken elektrik düğmelerine, raflara ulaşabilir. İnsan gibi eğilip kalkabilen, dizlerini kırabilen, oturabilen iki bacaklı bir robot bir otomobil içinde seyahat edebilir.

İnsansı robotlar konusunda Japonya dışında da araştırmalar var. Ancak tüm dünyada bu çalışmaların ivmelenmesi, 1996 yılındaki çarpıcı bir gelişmenin sonrasında olur. Honda, 10 yılı aşkın bir süredir süredir dış dünyaya kapalı şekilde sürdürdüğü insansı robot araştırmalarını açıklar ve 1996'da P2 (Prototip 2)

adını verdikleri robotu dünyaya sunar. P2 dışarıdan bir güç kablosu bağlı olmadan çalışan ilk yürüyen insansı robottur ve çok başarılı bir çalışmadır. İnsansı robotların endüstriyel bir ürün olarak üretilebileceğinin ilk örneğini ortaya koymaktadır.

P2'nin tüm dünyada televizyon ekranlarında görüntülerinin yayınlanmasından sonra, uluslararası bilim ve teknoloji dünyasının iki bacak üzerinde yürüyen robotlara ilgiyi gittikçe yoğunlaştı. Bugün birçok ülkede bilim adamları birbirleri ile yarışarcasına insansı robot teknolojilerine katkıda bulunan çalışmalar yürütüyorlar. Kuşkusuz insansı robot çalışmalarının tek motivasyonu hasta ve yaşlılara robotlu bakım hizmetleri verilmesi değil. İnsan şeklinde bir robot, ağır ve tehlike

li işlerde de insanın yerini alabilecek, insanla yardımlaşabilecek.

## Çok Yönlü Araştırma Sahası

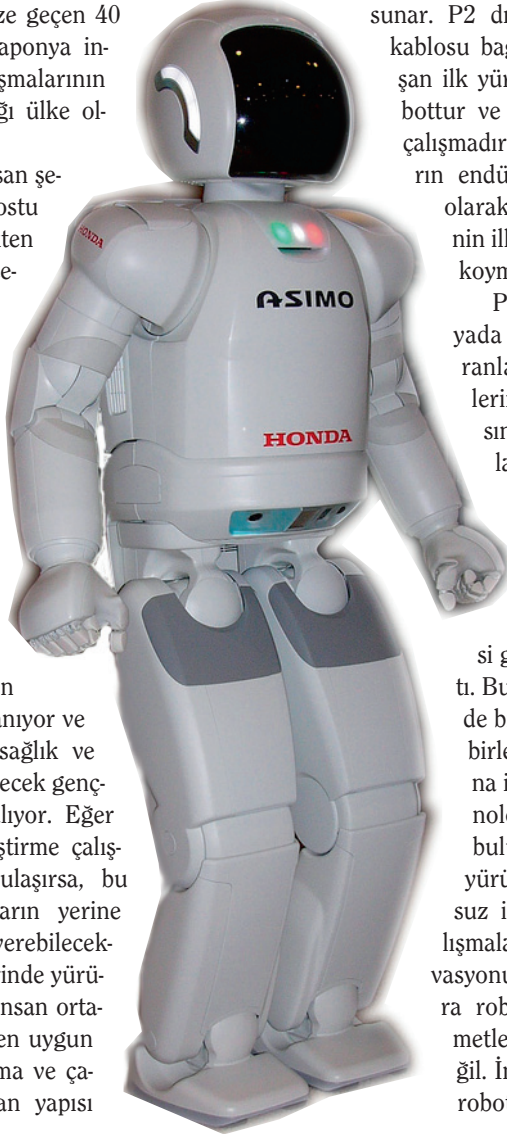
İnsansı robot çalışmalarının en önemli öğelerinden biri kuşkusuz iki bacak üzerinde dengeli şekilde yürüme işlevinin yerine getirililebilmesi. Yukarıda anılan örneklerde de en çok bu hedef gerçekleştirilmeye çalışılmış bulunuyor. Ancak, dengeli yürümenin ve hareketliliğin sağlanması da, birçok bilim dalının katkısıyla meydana gelmekte olan insansı robot teknolojisinin sadece bir ayağını oluşturmaktadır. İnsan ortamında başarılı bir şekilde faaliyet gösterecek insansı robotun geliştirilmesi için geniş bir yelpazedeki araştırma alanlarında çalışmalar sürüyor.

## Yürüme ve hareketlilik

Günümüze kadar elde edilen yürüme sonuçlarının çoğu, sadece düz zemin üzerinde ilerleme ve düz basamakları çıkabilmeyi sağlayabiliyor. İnsansı robotların insan ortamına, eve ve işyerlerimize girmesinden önce yürüme ve denge konusunda daha katedilecek çok yol olduğu görülüyor. Hareketlilik konusunda hedeflenen yetenekler arasında engebeli zemin üzerinde yürümek, basamakları ve merdivenleri tırmanmak, yere yatmak, emeklemek, sürünerek ilerlemek, yerden ayağa kalkmak, kendine zarar vermeden yere düşmek, kapıları açıp kapamak, kol ve bacaklarını eşgüdümlü olarak kullanmak, ve yüksek hızda koşmak sıralanabilir. Bu hedeflere ulaşmak için gerek kuram, gerekse uygulama açısından yeniliklere, yeni denge kıstaslarına gereksinim bulunuyor. Araştırmaların çok önemli bir bölümü denge kuramları üzerinde devam ediyor.

## Mekanik tasarım

İnsan eklem hareketlerini gerçekleştirecek bir yapının hafif ve dayanıklı, bununla birlikte kendi ağırlığını ve fazlasını taşıyacak kadar güçlü motorları barındıracak şekilde tasarımı, optimizasyon tekniklerini de gerektiren zor bir problem.





## Çevre ile etkileşim

Robotun çoğu zaman elleri, ancak gereğinde kolları bacakları ve gövdesiyle çevresindeki cisimleri itmesi, çekmesi tutması, yerlerini değiştirmesi, taşınması için ileri seviyede kontrol teorisi ve tekniklerinin kullanılması gerekiyor. Bu işlemlerin çevreye ve robota zarar vermeden, gereğinden fazla kuvvet kullanmadan gerçekleştirilmesi önem taşımaktadır.

## Modelleme ve dinamik simülasyon

Gerek yürüme, hareketlilik ve çevre ile etkileşim kontrol yöntemlerinin sınanması, gerekse mekanik tasarım için bilgisayarda gerçekleştirilen bir robot modeli üzerinde çalışılması da son derece önemli. İmalat öncesinde kullanılacak motor güçlerinin belirlenmesinde simülasyon verileri kullanılmaktadır. Gerçek zamanda çalıştırılabilecek kadar hızlı bir simülasyon programı, robotun bir sonra atacağı adımın denge kaybına yol açmayacağını hesaplayabilecektir. Gerçek zamanlı simülasyon yöntemleri ve gerçeğe yakın temas kuvveti modellenmesi, bu konudaki açık araştırma alanları.

## Algılayıcılar

İnsansı robotun, insaninkine benzer algılayıcı sistemlerle donatılması gerekiyor. İnsanın dokunma duygusu birçok sinir hücresiyle tüm vücuduna dağılmış şekildedir. Robotun benzer bir algılamaya sahip olması için de yapay bir algılayıcı deriyle kaplanması konusundaki araştırmalar sürüyor. Kameralar görüntü algılama konusunda önemli bir rol oynamakla birlikte, göz görevini görecektir kameraların aktif olarak kullanımı için hareketli platformlara montajı ve koordinasyon problemleri üzerinde çalışılmaktadır.

## Hareketlerde doğallık

İnsanlarla birlikte çalışacak ve onlara yardımcı olacak robotun, insanlar tarafından yadırganmadan onlarla iletişime geçebilmesi gerekli. Bunun bir gereği, robotun hareketlerinin insana benzer bir doğallıkla gerçekleşmesi. Öte yandan, iki bacaklı yapının en mükemmel örneği olan insanın hareketleri robot için iyi bir model oluşturmaktadır, bu model robotun güç kaynaklarının en verimli şekilde kullanımında önem taşımaktadır.

## Duygusal ve sosyal robotik

Robotların insan ortamında insanlar tarafından yadırganmadan çalışabilmesinde önem taşıyan diğer bir etken de onlara yapay duygular kazandırmak olacaktır. Yapay zeka tekniklerinin kullanımı ile robot öğrenme kabiliyetine sahip olacağı gibi, insanlarla da onların alıştığı şekilde iletişim kurabilecek. Özellikle hasta bakımında katı bir mekanik yapının duygularla zenginleştirilmesi önem taşıyor. İnsanın yardımcısı robot, onun arkadaşı da olabilmeli. Heyacanlanabilmeli, üzülebilmeli, hatta bazen (izin verildiği kadar) kızabilmeli. Duygularını sözleri olduğu kadar hareketleri ve mimikleriyle de ifade edebilmeli. Bilgisayar bilimi araştırmacıları bu konularda yoğun çalışma içindedir.

## Uygulama alanı araştırmaları

Robotların insanın yerini alabileceği alanların ve bu alanların gerektirdiği robot özelliklerinin incelenmesi, bu konularda deneysel çalışmalar yapılması, diğer alt başlıklardaki araştırmalara yön verecek nitelik taşıyor.

## Güvenlik

En son alt başlık olarak sıralamamıza karşın önem sırasında ilk sırayı alan öge güvenlik. Zor işlerde insana yardımcı bir robotun güçlü olması gerekir. Ancak, bu güç çevresine ve özellikle de çevresindeki insanlara zarar vermemeli.

Robot gücünün kısıtlandığı durumlarda bile, dengesini yitirecek bir robotun düşmesi durumunda insanları yaralaması mümkün. Bunun için robot ağırlığının azaltılmasına çalışılıyor. Honda robotlarının P1'den ASIMO'ya doğru giderek daha hafif yapılandırıldığı görülüyor. Ne kadar önlem alınsa da kazaların tamamen engellenmesi mümkün olmayacaktır. Olası bir kazada insanların en az zarar görmesi için yumuşak robot kaplamalarının ve yapılarının kullanılması, acil durum prosedürlerinin hataya

en az imkan tanıyacak şekilde geliştirilmesi güvenlik araştırmalarının konusu.

## TÜBİTAK Destekli Sabancı Üniversitesi Robotu

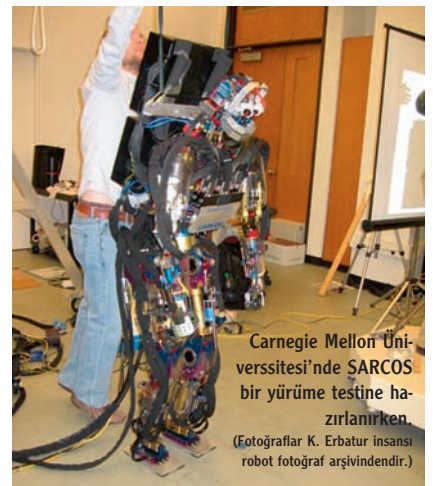
Ülkemizde de TÜBİTAK tarafından desteklenen deneysel insansı robot çalışmaları sürdürülmekte. Sabancı Üniversitesi'nde yürütücülüğünü yaptığım "İki Bacaklı İnsansı Robot Tasarım, İmalat ve Kontrolü" adını taşıyan proje, TÜBİTAK 1001

araştırma destek programınca desteklenmektedir. 2006 yazında başlayan ve üç yıl sürecek bu projede engebeli zemin üzerinde yürümenin yanısıra görsel kontrol ve kuvvet kontrolü tekniklerinin çevre ile etkileşimde kullanılması ana hedefleri üzerinde yoğunlaşılıyor. Tamamen insan boyut ve şeklinde planlanan robotun mekanik ve kontrol donanımı tasarımları tamamlanıp, yürüme deneylerine başlanmış bulunmaktadır.

Yrd. Doç. Dr. Kemalettin Erbatur  
Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve  
Doğa Bilimleri Fakültesi



HRP2'nin mekanik yapısı yere yatmak, ve düşmesi durumunda yerden kalkmak da dahil bir çok hareketine olanak tanıyacak şekilde tasarlanmıştır.



Carnegie Mellon Üniversitesi'nde SARCOS bir yürüme testine hazırlanırken. (Fotoğraflar K. Erbatur insansı robot fotoğraf arşivindedir.)

# İnsansı Robot Teknolojisinin Kilometre Taşları

Bacak ve kolları ile tüm vücut olarak insanı andıran ilk örnek 1973 yılında Waseda Üniversitesi tarafından yapılan WABOT-1 (WAseda roBOT-1) adlı robot (daha önceki birçok araştırmada sadece bacakları olan daha basit robot yapıları üzerinde çalışılmış). WABOT-1 basit bir yürüme yöntemi ve insanınkinden çok daha büyük ayaklar kullanmasına karşın bir öncü oldu. Waseda Üniversitesi'nin insansı robot bilimine katkıları WABIAN (WAseda Bipedal humANoid) adını taşıyan bir dizi tüm vücutlu robot ile devam etti. 90'lı yıllarda üzerinde çalışılan WABIAN-R11 modeli, 43 eklemli bir yapıya sahip 131,4 kg ağırlığında bir robottur. Serinin son modeli 63,5 kg ağırlığında ve 41 eklemli WABIAN-2R. Bu robot, 2005 yılında tamamlanmıştır ve insan ölçülerine en yakın Waseda Üniversitesi robotu olma özelliğini taşıyor.

Japonya'da insansı robotlar üzerinde araştırma yapan üniversiteler arasında tüm vücutlu robotları öne çıkan bir diğer kuruluş, Tokyo Üniversitesi. Robotlarına H5 (Humanoid 5), H6 ve H7 adlarını verdiler. 2000 yılında tamamlanan H7'nin mekaniğinde, uçak yapı malzemelerinden yararlanarak 35 serbestlik derecesinin (eklemin) 55 kg ve 1,37 m'lik yapıya sığdırılması başarılıydı. H7, 25 cm yüksekliğindeki basamaklara tırmanabilmekte.



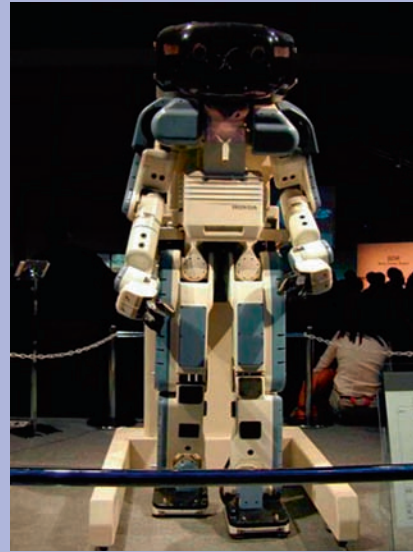
Honda P1-Honda'nın ürettiği ilk tüm vücut insansı robot



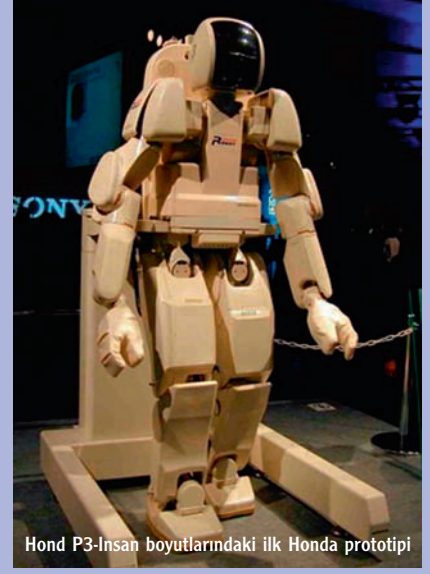
HRP çerçevesinde Honda P3'ün mekanik sistemi de kullanıldı. Robot bir hastane ortamı senaryosunda hastasına ilaçlarını ve tekerlekli bastonunu getiriyor.

2000'li yılların başında tasarlanan Johnnie adlı insan boyutlarındaki 17 serbestlik dereceli robot Münih Teknik Üniversitesi'nin bir ürünü oldu.

Honda, yukarıda bahsedilen P2 örneğinden olduğu gibi, bir dizi başarılı insansı robot modelini üretti. P2 firmanın ürettiği ilk robot değil. P2 öncesinde gizli tutulan insansı robot araştırmaları Honda'da 1986'da başlamış, tüm vücutlu modellere geçilmeden önce E0-E6 (Experimental Robot 0-6) adları verilen yedi ayrı bacak modülü tasarlandı ve denendi. Bunu P1 (Prototip 1) tüm vücutlu robotu izledi. P1 2,5 m boyu ve 300 kg'a yakın ağırlığı ile kendi zamanının en gelişmiş robotu olmakla birlikte, çalışmaların dünyaya açılması P2'nin üretiminin ve başarılı deneylerinin sonrasında oldu. P2 200 kg ağırlığında ve 1,90 m boyunda bir robot. P2 tanıtımının yankıları sürerken, Honda bir sonraki robot modelini dünyaya duyurdu: P3 modelinin ölçüleri insan boyutlarına daha da yakın. 1,6 m boyundaki robotun ağırlığı 130 kg. P3'ü, 2001 yılında Honda'nın son modeli ASIMO izledi. ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility) yürüyüş kabiliyetiyle önceki modelleri geride bırakırken boy ve ağırlık olarak da küçültülmüştü.



Honda P2-1996'de dünyaya tanıtılması bilim ve teknoloji çevrelerinde büyük ilgi uyandırmıştı.



Hond P3-İnsan boyutlarındaki ilk Honda prototipi

26 serbestlik derecesine sahip 1,2 m boyundaki ASIMO'nun ağırlığı 43 kg.

Sony ise, SDR serisi 0,5 m boyunda ve 5 kg ağırlığındaki eğlence robotlarıyla insansı robot teknolojisini sergiledi, SDR-3X ve SDR-4X modellerinden sonra benzer boyutlardaki Qrio robotuyla da koşma işlevini gerçekleştirdi.

Japonya'da devlet ve endüstri firmalarının işbirliğiyle 1998-2003 yılları arasında gerçekleştirilen HRP (Humanoid Robot Project), teknolojinin gelişiminde önemli bir rol oynadı. Projede Honda'nın katkısı olarak kullanılan P3 için uygulama alanları aranmasının yanı sıra, tamamen yeni bir insansı robot tasarımı da yaratıldı. HRP2 adındaki bu robot 1,56 m boyunda ve 56 kg. Gövdesindeki bel eklemleri robotun kendine zarar vermeden yere düşebilmesine ve yardım almaksızın yerde kalkabilmesine imkan veriyor. Projenin 2003 yılında sona ermesinden sonra da HRP başlıklı çalışmalara devam edilmiş ve son olarak HRP3 adlı bir model üretilmiş bulunuyor.

Son yıllarda Japon ATR firmasının SARCOS adlı hidrolik robotları serbestlik derecelerinin çokluğu ve yüksek eklem hızlarıyla dikkat çekiyor.



ASIMO-Honda'nın yürüme teknolojisinde geldiği ileri nokta.