

Değişebilen Robotlar

VOLTRAN! Voltran! Voltran!.. Herhalde çoğumuz bu kelimenin sık sık kullandığı çizgi filmi hatırlıyordur. Aslan şeklindeki beş ayrı robotun birleşerek oluşturduğu devasa robotun maceralarını hepimiz izlemiştir. Çizgi filmdeki robot, bilimkurgu fantezisinden başka bir şey olamaz diye düşünmüştük. Ancak son yıllarda, özellikle Japon bilim adamlarının yapılarını düzenleyebilen robotlar konusundaki çalışmaları bu düşüncemizi değiştirmeye aday olabilir. Henüz bir Voltran yaratılmadıysa da, basit birkaç prototip geliştirilmiş durumda. Birçok teorik çalışmanın başarısı da, bilgisayar simülasyonlarıyla kanıtlandı. Robotların hayatımıza girdiği kısa süre incelenecek olursa, bugün şekil değiştirebilen robotlar konusunda oldukça önemli bir noktaya ulaştığımız görülebilir.

Robotların Tarihi

İnsan koluna benzeyen robotların yapımına 1950'li yıllarda başlandı. Çalışmalarda hedeflenen, sanayide fazla güç gerektiren, tekdüze işlerin robotlara yaptırılmasıydı. Geliştirilen ilk robot kollar, sadece bir nesneyi alıp, başka bir yere koymak gibi belirli işlerde kullanıldı. 1970'li yıllarda mikroişlemcilerin üretilmesiyle robotlar için yapay zekâ geliştirme fikri doğdu. 10 yıl içinde bilgisayar sistemleriyle donatılan robotlar, birçok alanda kullanılmaya başlandı.

1980'li yıllarda bilgisayar ağlarının geliştirilmesi, robot tasarımında yeni bir çığır açtı. Bilgisayar ağları birden fazla bilgisayarı birbirine bağlamayı başarmıştı. Artık işlemler tek bir bilgisayarda yapılmıyordu. Bir bilgisayar, ağa bağlı diğer bir bilgisayardaki verilere ulaşabiliyordu. Bunun sonucunda, belli bir görev birkaç bilgisayar arasında dağıtılabiliyordu.

Bilgisayar dünyasında hesaplamalar için gerçekleştirilen iş bölümü, robotlara da uyarlandı. Bilgisayar ağları gibi birbirleriyle haberleşebilen robot ağları kuruldu. Robot sistemleri, ya birden fazla robotun bir arada çalışmasından ya da robot özelliği taşıyan parçaların bir araya gelmesinden oluşmalıydı. Bu sistemde, her elemana özerklik sağlandı. Artık ayrı ayrı işlerle uğraşan robotlar, belli bir uyum içinde çalışabiliyordu. Böylece, sistem, yapılacak işe göre, bir iş bölümü belirleyip ona göre yapılabiliyordu. Sonuçta, dinamik bir yapıya sahip bir robot toplumu elde edilmiş olurdu. Artık tek sorun, bu toplumun ne gibi özelliklere sahip olması gerektiğini belirlemektir.



Birçok teknolojik uygulamada olduğu gibi bu alanda da, doğada geliştirilmesi planlanan yapıya benzer yapıdaki oluşumlar incelenmiştir. Arı ve karınca topluluklarının incelenmesi en önemli araştırmalardan biriydi. Bu topluluklardaki bireylerin grup içi davranışlarının ve aralarındaki iletişimin irdelenmesi, oluşturulacak bir robot toplumunun sahip olması gereken özelliklerin belirlenmesini sağladı.

Biyolojik mekanizmaların temel alınmasıyla gerçekleştirilen modellemeler, robot teknolojisine birçok yenilikler getirdi. Genetik yapıların, yapay sinir ağlarıyla oluşturulabileceği fikri bunlardan sadece biri. Önemli diğer bir gelişme de, insan beyninden esinlenerek kaydedilmiş. İlk kullanılan robotlarda veriler, birçok bölümden oluşan denetim merkezinde hesaplanırken, yeni yapı farklı işlerden sorumlu odaklanmamış denetim birimleri içermekte. Veriler, insan beyninde olduğu gibi, kendileriyle ilgili yerlere aktarılmakta.

Canlılarda, birkaç bireyin bir araya gelmesiyle küçük gruplar veya birey sayısının artmasıyla topluluklar meydana gelir. Canlılar arasında oluşturulan toplulukların büyüklüğü, topluluğu oluşturan türün zekâ seviyesiyle yakından ilgilidir. zekâ seviyesi yüksek olan insan türü, her zaman diğer türlerden daha büyük ve karmaşık birlikler kurar. Her bireyin kendi kendini idare edebilme yeteneği, gelişmiş toplulukların en önemli özelliğidir. Benzer özelliklerle

re sahip olmaları nedeniyle yapılarını düzenleyebilen robot sistemleri de, belli bir zekâya sahip olmalıdır.

Canlılardaki toplumsal yapıların bütünlüğünü, bireyler arasındaki görev dağılımı, bireylerin birbirleriyle iletişim halinde ve birbirlerini tamamlayıcı özellikte olmaları sağlar.

Toparlayacak olursak, yapılarını düzenleyebilen bir robot sisteminin yapısı üç ana başlık altında işlenebilir: Sistemi oluşturan parçaların özellikleri, parçalar arası iletişim, sistemin zekâsı.

Sistemi Oluşturacak Parçaların Özellikleri

Bir robot sisteminin şekil değiştirebilmesi için kendini oluşturan elemanlar doğru seçilmelidir. Bu konuda nasıl bir yöntem izleneceği hakkında bir fikir birliği henüz oluşmuş değil. Bazı tasarımcılar, sistemi birden fazla robotla oluşturmayı düşünürken, bazıları da akıllı küçük parçalardan oluşan bir robot geliştirmeye çalışıyor. Bu yüzden parçaların belirlenmesi, tamamen yaratıcılıkla ilgili. Ancak bu güne kadar geliştirilen sistemleri, heterojen ve homojen olarak ikiye ayırmak mümkün.

Heterojen sistemler birbirinden farklı yapıdaki elemanlardan oluşuyor. Bu sistem, hareket edebilen birden fazla robottan oluşan bir bütün olarak düşünülebilir. Yani parçalar tek bir gövde oluşturmamaktadır. Birbirinden bağımsız robotlar, kendilerine verilen göreve göre hareket etmektedirler.

Heterojen yapıdaki robot sistemlerine en iyi örnek Japon Nagoya Üniversitesi Mekanik Bileşim ve Sistem Bölümü Başkanı T. Fukuda ve arkadaşlarının geliştirdiği Hücreli Robot Sistemi (CEBOT)'dir. CEBOT çalışmaları 1987 yılında başladı ve bugüne kadar üç adet prototip hazırlandı. Bunlardan sonuncusu, üç robot kol ve iki kameradan oluşan bir robot kol imalat sistemiydi. Tavana

yerleştirilen bir kamera, sistemin bulunduğu ortamın tespiti için kullanılırken, diğeri üretim sırasında parçaların doğru olarak yerleştirilmesini sağlıyordu. Robot kollarından ikisi üretimi gerçekleştirirken, diğeri de kamerayı tutuyordu.

Hücreli Robot Sistemi'nin yapısı dinamik ve heterojen kelimeleriyle özetlenebilir. Sistem, kendi kendine şekil değiştirme özelliğine sahip olduğundan dinamiktir. Birkaç çeşit hücreden oluşması nedeniyle de heterojendir. Hücreli Robot Sistemi, kendi kendini idare edebilen parçalardan oluştuğu için, kendi kendini yapılandırma ve tamir etme gibi özelliklere de sahip.

CEBOT birçok topluluklarda görülen hiyerarşik bir yapı içeriyor. Koordinasyondan sorumlu bir merkez komutasında çalışan yapay bir sinir ağından oluşmakta. Bu yapı içerisindeki her birim, canlılardaki sinir hücreleri gibi birbiriyle sürekli iletişim halindedir. Hücrelerin karar verme mekanizmaları önceden programlanmamıştır. Her birinin öğrenme ve karar verebilme yeteneği vardır. Sistemin, yapılması istenen işe göre kendi kendine bir evrim geliştirmesi de bu özelliklerden kaynaklanmaktadır.

Fukuda, Hücreli Robot Sistemi'nin heterojen yapısının kolaylıklar sağladığını iddia ederken, son araştırmalarda homojen yapılardan da yararlanılıyor.

Bir makinenin birbirinin tıpatıp aynı parçalardan yapılması fikri 1950'lerde geliştirilmiş. Belirlenen esaslara göre kendi kendini oluşturabilen bir sistemde elemanlar birbirlerinin eşleniği olmak zorunda. Bu düşüncenin geliştirilmesiyle, günümüzde homojen parçaların her birinde diğeri parçalarla birleşebilme, bağlantısını koparabilme ve değiştirebilme özellikleri aranır olmuş.

Japonya'daki araştırmacıların birçoğu homojen parçalardan oluşan robotların üretilmesinin daha uygun olacağı görüşünde. Her şeyden önce birbirinin aynısı olan parçalar hata riskini azaltıyor. Heterojen parçalar, istenen her şekilde dü-



Bir robot sistemi, verilen işi yerine getirebilmek için elemanlar arasında bir işbölümü oluşturmalı.

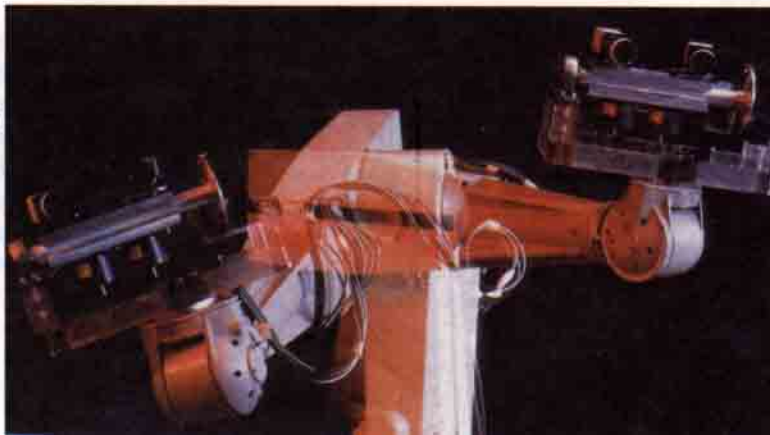
zenlenemeyeceği için hata yapma olasılıkları artıyor. Homojen bir sistemdeyse, parçalar birbirleriyle olan bağlantılarını değiştirerek, kolayca istenen şekli alabiliyor. Bunun yanı sıra homojen sistemler, istenilen ortama uygun şekilde yapılandırılmaları için, seri üretimde daha başarılı kullanılıyor.

Japonya'da bir makine laboratuvarında bu şartlara uygun bir parça şekli geliştirilmiş durumda. Parçalar, düzgün bir yüzey üzerine yerleştirilmiş mıknatıs ve elektro-mıknatıslardan oluşuyor. Üzerinde bir mikroişlemci yer alan parçalar birbirleriyle haberleşebiliyorlar. Tasarımcılar, bugüne kadar bu parçalardan üç taneyle yaptıkları testler sonucunda, parçanın robot teknolojisinin temel yapıtaşı olabileceği sonucuna vardılar.

Bu konuyu ABD'de de oldukça ilginç bir çalışma yürütülüyor. Johns Hopkins Üniversitesi'nde homojen parçalardan oluşan yeni bir robotun geliştirilmesine çalışılıyor. Metamorfik robot adı verilen bu sistemin parçalarda şu özellikler bulunuyor:

- Bütün parçalar, aynı fiziksel özellikleri taşıyor. Böylece yapılacak işlerin planlanmasında tek bir yaklaşım yeterli oluyor.
 - Parçaların şekli, bir araya geldiklerinde boşluk bırakmayacak şekilde tasarlanmış.
 - Her parça, parçalar üstünde hareket edebilecek kinematik özgürlüğe sahip.
 - Parçalar, birbirlerine yapıştıktıklarında tek bir nesne haline gelebiliyor.
- Johns Hopkins Üniversitesi'ndeki araştırmacılar bu özelliklerdeki

İlk robotlar fazla güç gerektiren tekdüze işlerde kullanılıyordu. Bugün ise robotlar, nesnelerin renklerine göre ayırdedilmesi gibi karmaşık işlerde kullanılabilir.





Sistemin karmaşık işleri gerçekleştirebilmesi için, elemanlarının belli bir zekâya sahip olması gerek.

şeklin bir altıgen olabileceği görüşündeler. Mekatronik (mekanik-elektronik) parçalar adını verdikleri bu parçalar, biraraya gelerek metamorfik robotları oluşturuyor. Metamorfik robotların en önemli özelliği, parçalarının şekil değiştirirken bile birbirleriyle bağlantılarını koparmaması. Bu sebeple araştırmacılar, sonsuz sayıda mekatronik parçadan oluşan bir metamorfik robotun, mekatronik bir amip haline dönüşeceğini belirtiyorlar. John Hopkins Üniversitesi'ndeki araştırmacılar, teorik çalışmalarını 1994 yılında tamamladılar. Şu anda, metamorfik bir robot prototipinin geliştirilmesine çalışıyor.

Bu son iki çalışma da Hücresel Robot Sistemi'nden farklı olarak tek bir gövdeye sahip ama parçalardan oluşmuş bir robot sistemi geliştirmeyi hedefliyor. Günümüzde bu konuda çok ilginç fikirler ileri sürülmekte. Örneğin araştırmalardan biri, parçaların biraraya getirilmesinde, elektromanyetik teorideki bir kuramdan yararlanıyor.

Parçalar Arası İletişim

Bir robotun, yapısını düzenleyebilmesi için parçalarının yeni oluşturulacak şekle göre bir yer alması gerekmektedir. Yani, parçalar, buldukları konumdan başka bir noktaya gidebilmek için bütün sistem hakkında bilgi sahibi olmak zorundadır. Parçanın sahip olduğu bilgi, yani yazılımı, canlılarda hücrelerin sahip olduğu DNA molekülleriyle aynı görevdedir. Ancak parçaların sistem hakkında bilgi sahibi olması yeterli değildir. Bulunulan ilk noktanın ve gidilecek son noktanın bilinmesi de gerekmektedir. Bunun yanı sıra parçaların belli bir düzen içinde hareket etmesi büyük önem taşır. Bu amaçla parçalar birbirleriyle sürekli iletişim halinde olmak zorundadır.

Haberleşme sistemlerinin bazı özellikleri olması gerekir. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Uyum: Robot sistemi hareket halinde olduğu için, iletişim sistemi buna uyum sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Dakiklik: Robot sistemindeki parçalar belirli bir düzen içinde, ortaklaşa çalıştıkları için zamanında haberleşmelidirler. Haberleşmede meydana gelecek gecikmeler düzeltilmesi olanaksız hatalara neden olabilir.
- Güvenilirlik: İletişim sırasında bilgilerin doğru olarak iletilmesi önemlidir.

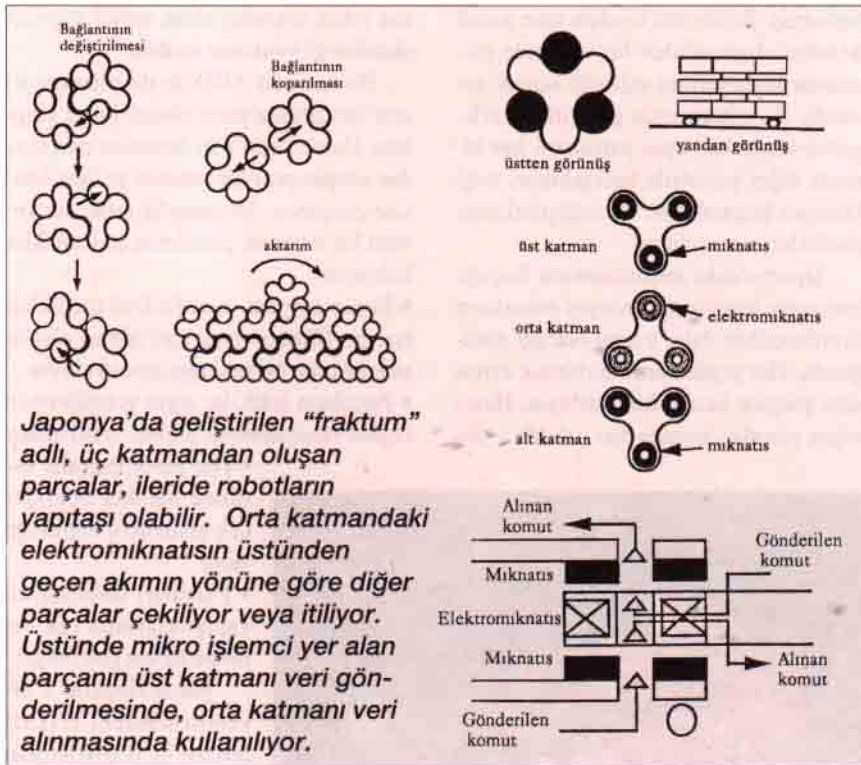
Yanlış bilgilendirme, parçaların görevlerini yerine getirmesini engeller. Hatta birbirleriyle çarpışmalarına yol açabilir.

• Boyutların değiştirilebilmesi: İletişim ağı diğer bilgi ağlarıyla bağlantı kurabilecek ve onları kesecek özelliklere sahip olmalıdır. Örneğin sistemin, belli bir bölümü zarar gördüğünde o bölgeyle iletişim kesilmelidir.

Yapısını düzenleyebilen robotlarda, parçaların belli bir düzen içinde ortak bir çalışma gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Parçaların bu uyumunu sağlamak için, her parçanın görevi bildirilirken bazı konular göz önünde tutulmalıdır.

• Görevlerin Yerine Getirilmesi: Yapılacak bir iş bir gruba dağıtıldığında, elemanların hiçbiri kendi görevini yerine getirirken diğerlerinin görevlerini yerine getirmesini engellememelidir.

• Görevlerin birbirini tamamlaması: Bir grup içinde her eleman kendi üzerine düşen görevi yaptığında, görevlerin tümü belirli bir işin yapılmasını sağlamalıdır. Örneğin, yürürken her bacağın görevi ileri doğru atılmaktır. Ancak yapılan iş, her bacağın sırayla ileri doğru atılmasıyla oluşan uyumla belirli bir tempoda yürümektir. Yapılan iş sabit bir merkezden yönetilmeyip, birkaç noktadan kontrol edildiğinde, her birim kendi görevini yerine getirmeye çalışacağından verimlilik artacaktır.



Sistemin Zekâsı

Parçaların böyle karmaşık görevler üstlenebilmesi için belirli bir zekâ seviyesine sahip olmaları gerekmektedir. Robot sistemlerinin işlevlerini yerine getirebilmesi için, grup zekâsının en uygun seçim olduğu düşünülmekte.

Birden çok parçadan oluşan robot sistemlerinde, grup zekâsı, gruptaki parçaların davranışlarını düzenleyen ve işbirliğini sağlayan bir yapı niteliğindedir. Grup zekâsı, sistemin elemanlarına dağıtılmış zekânın bileşkesidir. Yani her elemanın sahip olduğu zekâ, sistemin zekâsının sadece bir kısmıdır. Sahip olunan bilgi de sistemin elemanlarına dağıtılır. Bu yapı, karar verme mekanizmasının da parçalara dağıtılması anlamına gelir. Her eleman, kısıtlı bir zekâya ve bilgiye sahip olması nedeniyle karar vermede yetersiz kalabilir. Bu nedenle elemanların bir sorunu çözmek

için beraber çalışması gerekir. Elemanlar arasındaki ortak çalışma şekilleri, görev paylaşımı ve sonuç paylaşımı olarak ikiye ayrılmaktadır. Karar verme mekanizması, karmaşık problemleri çözen elemanlardan daha basit problemleri çözen elemanlara doğru hiyerarşik bir yapı izler.

Grup zekâsına sahip olan sistemlerde, bulunulan ortamın tanımlanması görevi de elemanlar arasında dağıtılmıştır. Çeşitli algılayıcılardan gelen verilere göre dış dünya tanımlanabilir. Tanımlama işlemi, verilerin bir merkezde toplanıp değerlendirilmesiyle ya da birkaç işlemcinin, elde edilen veriler üzerinde ortaklaşa çalışmasıyla gerçekleştirilir.

İç yapının tanımlanması da dış ortamın tanımlanması kadar önemlidir. Bunun için parçaların birbirlerinden haberdar olmasını sağlayan yapay sinir ağlarına benzer bir sistem kullanılır.

Birçok yapay zekâ, önceden belirlenmiş görevleri yerine getirecek şekilde tasarlanmıştır. Fakat grup zekâsında zekânın yapısı, yani yapılacak işin nasıl ele alınacağı, sisteme o anda verilen göreve göre belirlenmektedir. Başka bir deyişle, grup zekâsının farklı amaçlar için kullanılması, ona dinamik bir yapı kazandırır. Bu nedenle grup zekâsı diğer yapay zekâlardan daha üstündür.

Grup zekâsının, öğrenme konusunda da birçok üstünlükleri var. Öğrenme, genel olarak nesnel ve davranışsal olarak iki şekilde gerçekleştirilir. Nesnel öğrenme, daha önceden tanınan nesnelerin verileriyle yeni verilerin karşılaştırılması esasına dayanır. Davranışsal öğrenme ise dış dünyadaki ilişkilerin belirlenmesi ve ortama uygun hareket edilmesidir. Grup zekâsının davranışsal öğrenme yöntemini kullanan robot sistemleri farklı ortamlara rahatlıkla uyum sağlar.

Grup zekâsı, dış dünyayla ilgili bilgilerin somutlaştırılması konusunda da değişik bir yol izler. Yapay zekâların çoğu, nesnelerin aynısını kendi içinde

modellemeye çalışır. Grup zekâsında bu işlem yapay sinir ağlarına benzer bir sistemle gerçekleştirilir. Yapay sinir ağları aldıkları bilgiyi, ağı oluşturan sinir hücreleri (nöronlar) arasında değişen ilişkilere dönüştürür. Grup zekâsı da, modeli, kendi içindeki birimler arasında oluşturduğu ilişkilere çevirerek temsili bir yapı oluşturur. Bugün birçok bilim adamı grup zekâsına sahip sistemlerde görev dağılımını sağlayacak yazılımlar üzerinde çalışmakta.

Robot Sistemlerinin Geleceği

Yapılarını düzenleyebilen robotların ilk kuşağını oluşturan bugünkü prototiplerin gelişmiş modelleri, gelecekte büyük kolaylıklar sağlayabilir. Hareket edebilen ve düşünebilen parçalardan oluşmaları, en önemli üstünlükleri. Parçalar kendi kendilerini idare edebildikleri için, buldukları yerin geometrik kısıtlamalarını belirleyip, ortama uygun bir şekil alabilirler. Bu, boyutlarının büyüyüp küçülebileceği anlamına gelir. Yapılarını düzenleyebilen sistemler, çalışmalarını sırasında görev dağıtımını yaptıkları için birden fazla işin yapılmasında kullanılabilir. Ayrıca dinamik bir yapı, daha işlevsel olduğundan üretimdeki verimliliği artırır. Kendi kendilerine şekil değiştirebilen robotlar, şartların sürekli değiştiği ortamlara uyum sağlayabildiklerinden, insanlar için tehlikeli sayılan işleri yapabilirler.

Sağlayabilecekleri kolaylıklar nedeniyle bu robotlar birçok kuruluşun ilgisini çekiyor. Dünya çapındaki birçok kurum ve kuruluşun ortaklaşa gerçekleştirdiği Akıllı Üretim Sistemleri Projesi

kapsamında Holonik Üretim Sistemleri adlı bir araştırma yürütülüyor. Araştırma, yapılarını düzenleyebilen robot sistemlerinin üretim alanında kullanılmasını amaçlıyor. Bir bütünün parçası anlamında kullanılan holonik kelimesi, Yunancadan geliyor; 'hol' tam, 'on' ise parçacık anlamını taşıyor.

Yürütülen bu proje, üreticilerin konuya verdiği önemi gösteriyor. Şekil değiştirebilen bir robotun yapılması, yeni ürünlerin imali için yeni robotların yapılıp, eski robotların üretimden çekilmesi gibi yüksek maliyete neden olan sorunları ortadan kaldırılabiliyor.

Bunun yanı sıra, uzay araştırmalarında üreticilerin hayal ettiği modellerin daha gelişmişleri kullanılabilir. Dünya'dan milyonlarca kilometre uzaklıkta, insanların sinyallerle bile ulaşmasının zaman aldığı bir noktada, robot sistemlerinin acil sorunlara çözüm getirebilmesi büyük kolaylıklar sağlayabilir. Boyutları küçültülmüş modeller şekil değiştirerek ortama uyum sağlamaları sebebiyle insan vücudundaki çeşitli hastalıkların tanısı ve cerrahi müdahale amacıyla kullanılabilir.

Bugün bütün bunlar çoğumuza hayal gibi gelebilir. Ancak daha bu yüzyılın ortasına kadar hayatımızda robotlarla ilgili hiçbir şey olmadığı hatırlanacak olursa, bu sistemlerin de teknolojinin inanılmaz hızı sayesinde kısa bir süre içinde geliştirilebileceği söylenebilir. Bugüne kadar yapılarını düzenleyebilen robotlarla ilgili yoğun teorik çalışmalar yapıldı. Prototipler, istenilen yapıda bir robotun geliştirilebileceği izlenimini doğuruyor. Henüz bu tip robotların geliştirilmesi tamamlanmadıysa da bu robotların gelecekte birçok yerde kullanılacağı tahmin edilebiliyor.

Çocuklara, ileride yaratıcılık gerektiren bu araştırmalarda yer almalarını sağlamak için, şimdiden bir LEGO seti hediye etmek iyi bir başlangıç olabilir!

Murat Ertem

Robotların yapısının daha iyi anlaşılması için MIT'de legoların kullanıldığı bir tasarım dersi veriliyor. Her grup, üç hafta içinde kendi yönünü bulabilen robotlar geliştiriyor.



Kaynaklar:
Fukuda T., ve Ueyama T., "Cellular Robotics and Micro Robotic Systems", World Scientific Yayınları 1994.
Murata S., Kurokawa H., Kokaji S., "Self Assembling Machine". IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation 1994.
Chirikjian G.S., "Kinematics of Metamorphic Robotic System". IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation 1994.