

Robot Tasarımcıları Canlılardan Esinleniyor

"Ortamın koşullarına uygun özellikleri taşıyan canlıların yaşamda kalma şansları vardır." Evrim kuramının temelini oluşturan bu görüş, kâşif robotlar için de (!) geçerli olacak gibi görünüyor. İnsanların herhangi bir nedenden ötürü ulaşamadığı yerlerde inceleme yapmak üzere tasarlanmış bu robotlar, geliştirilme amaçlarını gerçekleştirmekte yetersiz kaldıkça doğal seçilimin (!) etkisiyle eleniyorlar. Elenenlerin yerine de yenileri geliştirilmeye çalışılıyor. Elbette robotların doğal seçiliminde bilim belirleyici oluyor. İşte, bu kâşif robotların durumuna en uygun örneklerden biri NASA'nın Mars yüzeyini araştırmak amacıyla geliştirdiği Sojourner adlı yüzey aracı. NASA, 1996 yılında Pathfinder'la gönderdiği Sojourner'i Mars'ın yüzeyine bıraktı. Sojourner, Dünya'dan kumanda ediliyordu. Ancak, Dünya'yla arasındaki mesaj iletimi biraz zaman alıyordu. Ayrıca, Sojourner'in çalışma düzeneği kendi kendini yönetebilecek kadar yetkin değildi. Küçük kayaları incelemek için yeterli olan Sojourner, devrildiğinde kendi kendine yeniden doğrulmak ve dengesini sağlamak açısından yetersizdi. Yana yattığında ya da tekerlekleri kaydığına, Dünya'dan gelecek komutları almak üzere durup bekleyecek biçimde programlanmıştı. Bu durum birçok soruna yol açıyordu.

Sojourner, Mars yüzeyinde kayalarla dolu bir alandan geçtiği sırada sürekli yana yatıyordu. Her yana yatışta duruyor ve yeniden harekete geçmek için Dünya'dan gelecek komutları bekliyordu. NASA'nın Yeni Milenyum Programı'nda görevli olan Dave Crisp, yürürken bizim bile üzerine bastığımızda fark edemeyeceğimiz

kadar küçük taşların da zaman zaman Sojourner'in çalışmasını etkilediğini ve bu yüzden Sojourner'in kayalarla dolu alanda haftalarca kaldığını söylüyor.

Tekerlekler üzerinde gitmek üzere tasarlanmış Sojourner'den farklı bir deneyim de, Dante adı verilmiş sekiz bacaklı bir başka robotla yaşanmıştı. Zorlu koşullar altında robotlar yardımıyla inceleme yapmanın ne denli olası olduğunu anlayabilmek amacıyla



1993 yılında, Dante Antarktika'da etkin bir yanardağın kraterine indirilmişti. Ancak, Dante'nin denetim sistemleri çok ilkeldi ve çok yavaş hareket ediyordu. Bir adım atabilmek için, bilgisayarının, her bir bacağın konumunu ayrı ayrı hesaplamasını bekliyordu. Dante'nin kraterin içine yolculuğu birkaç metre ilerledikten sonra son buldu; çünkü araştırmacılarla bağlantısını sağlayan fiberoptik kablo koptu.

Dante ve Sojourner benzeri örnekler daha da çoğaltılabilir. Kâşif robotları geliştiren bilim adamlarını en çok hareket yeterliğini sağlamak zorluyor. Çünkü farklı coğrafik koşullarda robotların hareket edebilmelerini sağlamak her zaman kolay olmuyor. Bilim adamları, bugüne kadar geliştirilmiş robotların yetersizliklerini gidermek için yeni yöntemler aramaya başladılar. Bu arayışlar, bilim adamlarını robot tasarımında yeni bir yaklaşımı benimsemeye zorladı. Bu yeni yaklaşımı benimseyen bilim adamları, robot tasarımında artık canlıları örnek almaya başladılar.

En İyi Kâşif Kim?

Hareket birçok canlının ortak özelliğidir. Kimisi yüzer, kimisi yürür, kimisi sürünür, kimisi uçar... Suda yürümek ya da tekerlekler üzerinde ilerlemek zordur; ancak bir balık gibi yüzmek daha kolaydır. Havada ilerlemek gerekiyorsa bir kuş gibi uçmak en iyisidir. Engibeli bir toprakta tekerlekler üstünde ilerlemektense, bir örümcek gibi vücudu sekiz bacak üzerinde dengede tutarak ilerlemek daha kolaydır. İşte, bu ve buna benzer nedenlerden dolayı doğanın belki de en becerikli kâşiflerinin hayvanlar olduğu düşünülüyor. Hatta yalnızca hayvanların değil, tekhücreliler de dahil olmak üzere tüm canlıların böyle olduğu düşünülüyor. Yeryüzündeki canlıların yaşamlarını sürdürebilme becerilerinin nelere bağlı olduğunu bulmaya çalışan bilim adamları, tüm canlıların içinde yaşadıkları ortamlarla ilişkilerini inceliyorlar. Bu amaçla en basit tekhücreli canlılardan başlayarak karma-



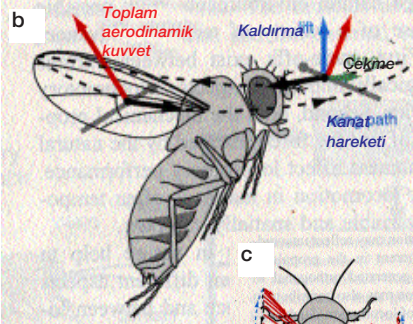
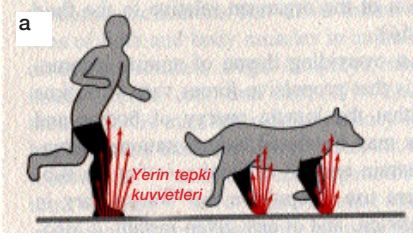
şık bitki sistemlerine kadar tüm canlılar için yaşama sürdürülebilirliğini nasıl başarıldığını anlamaya çalışıyorlar. NASA'nın Jet İtme Laboratuvarı'nda astrobiyolog olan Kenneth H. Nealson'a göre, canlıların yayılma, yaşadıkları alanla etkileşime girme, bu alanda değişiklik yapabilmeye ve yaşama sürdürme becerilerinin incelenmesi gerekiyor. Nealson, bir canlının dünya üzerinde yaşamını sürdürme başarısını gösterebilmesinin temelinde yayılma özelliğinin olduğunu düşünüyor. Yayılma becerisine sahip canlıların arasına rüzgârla taşınmaya uygun özellikler taşıyan mikroorganizmaları ve bitkileri de katıyor. Basit yapıya sahip küçük organizmalar yeterince yayılabilirliklerinden, bu canlılar için yaşama alanı seçiminin çok önemli olmadığına inanıyor. Bakteriler ve bitkiler için yaşama alanıyla etkileşime girmenin, yaşamı sürdürülebilirliğini önemli bir bölümü olduğunu söylüyor. Yaşama alanıyla etkileşime girmenin bir yönünün de, üzerinde buldukları yüzeyi değiştirebilmeye özelliğini taşımaları olduğunu düşünüyor. Gerçekten de bakterilerin ve bitki tohumlarının yüzeylere tutunup onları değiştirebilmeye sağlayan çok çeşitli mekanizmaları var. İşte, Nealson bu mekanizmalardan esinlenerek zor ve sert koşullarda yaşamı sürdürebilmeye sağlayacak yeni seçenekler üretebileceğini düşünüyor. Ona göre, tıpkı bit-

kilerin yeryüzünde yaptığı gibi, Mars'taki rüzgâr ve kütleçekimi benzeri doğal enerji kaynaklarını kendi yararımıza kullanabiliriz ve incelemelerimizi bunlardan yararlanarak sürdürülebiliriz. Örneğin, iniş yaptıktan sonra rüzgârın varlığını hissettiğinde çok sayıda küçük algılayıcısını serbest bırakan ve böylece onların yayılmasını sağlayan uzay araçları geliştirebiliriz. Böylece, uzay aracı enerjisini hareket etmek yerine ölçümler yapmak ve Dünya'daki merkeze bunların sonuçlarını göndermek için kullanabiliriz. Nealson'ın bu düşünceleri canlıların özelliklerine sahip yeni robotlar geliştirilmesinin temelindeki yaratıcı düşüncelerden yalnızca biri. Kaliforniya'daki Jet İtme Laboratuvarı ve İleri Savunma Araştırma Projeleri Kurumu (Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA) bu yeni robotlar üzerindeki çalışmalarını hızla sürdürüyor.

Biyomorfik Kâşifler

Biyomorfik (yapısı canlıları andıran) kâşifler denen bu robotlar genellikle küçük boyutlarda yapılıyorlar. Çok küçük algılayıcılarla donatılıyorlar ve hayvanlarınkine yakın uyum ve hareket özellikleri taşıyorlar. Biyomorfik robotlar geliştirilirken, hayvanların doğada rahatça hareket etmelerini sağlayan mekanik tasarımları ve sinirsel işlevleri temel alınıyor. Bu konuda NASA'nın örnek aldığı canlılar; çekirgeler, köpekler, kırkayaklar, tohumlar ve bitkiler. NASA'da görevli olan bilim adamları canlıların hareketini sağlayan temel ilkelerden yararlanarak, bu canlıların çevre koşullarına tepkilerini örnek alan zeki robotlar geliştirmeyi amaçlıyorlar. Bu robotlar uzak, tehlikeli hatta ulaşması güç karasal alanlarda ve gezegenlerde iş görebilecek özelliklerde tasarlanıyor. Biyomorfik robotların tanı koymaları, en az düzeyde tıbbi tedavi yapabilmeleri, bilimsel veri toplayabilmeleri amaçlanıyor. Ayrıca, incelenecek alanın özelliklerine göre, biyomorfik robotların sürünmek, sıçramak, yılan gibi kayarak ilerlemek, kazarak ilerlemek, yüzmek ve uçmak gibi becerilerle donatmak da en önemli hedefler arasında. Eskiden kullanılan uzaktan kumandalı robotların tersine, biyomorfik kâşiflerin basit yapıya, ucuz ve kolay üretilen robotlar olmaları





Farklı hayvanların hareketleri sırasında oluşan kuvvetler;
a) insan ve köpek,
b) meyvesineği,
c) hamamböceği.

planlanıyor. Biyomorfik kâşiflerin ucuz ve kolay üretilmelerinin, birkaç tanesinin birden aynı anda, aynı yerde iş görebilmesini ve hatta böcek kolonilerinde olduğu gibi aralarında bir işbölümünün olmasını sağlaması bekleniyor. Ayrıca bu biyomorfik kâşif kolonisinin merkezi denetimle kumanda edilmesi de olası görünüyor. Belki de ileride bu robotlar gelecekte Güneş sisteminin en uzak noktalarında dolaşabilecekler, Mars toprağını inceleyebilecekler, Europa'da yaşam olasılığını arayabilecekler ve hatta Jüpiter'in yakınındaki manyetik alanların haritasını çıkarabilecekler.

Gerçeğinden Daha İyi

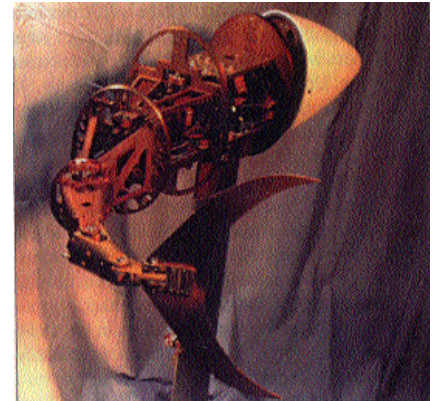
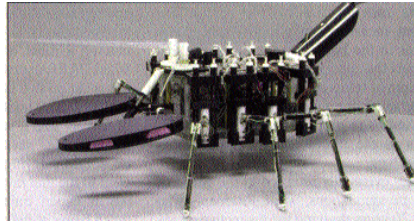
Biyomorfik kâşiflerden söz edince akla ilk gelen soru, bu robotların canlıların tam birer kopyası olup olamayacağıdır. Kaliforniya Berkeley Üniversitesi'nde biyoloji profesörü olan Robert Full bu robotların bir canlının tam bir kopyası olmasının pek iyi bir fikir olmadığını söylüyor. Tek bir hayvanı ya da böceği tümüyle taklit etmenin, öteki türlerin işe yarar özelliklerini örnek almanın getireceği yararları yitirmek anlamına geleceğini düşünüyor. Robert Full, organizmaların hareketlerini

inceliyor. Üzerinde çalıştığı organizmalar iki, dört, altı, sekiz ve kırk dört bacaklılar. Full, türü ne olursa olsun canlıların hareketinin yay-kütle sistemi olarak bilinen aynı temel modelle sağlandığını düşünüyor. Bu yay-kütle sistemine göre, canlılar koştuğlarında, bir yayın tepesinde duran bir topun hareketine benzer bir biçimde sıçırıyorlar. Full, üstelik, hiçbir ayrıcalık olmadan tüm canlıların bacaklarının aynı biçimde sıçradığını düşünüyor. Bunu daha iyi anlatabilmek için de şu örneği veriyor: "Bizim bir bacağımız, koşmakta olan bir köpeğin iki bacağı, bir böceğin üç bacağı ve sekiz bacaklı bir akrebin dört bacağı gibi çalışıyor." Full, ayrıca böcekler gibi yaygın vücutlu canlılarda, yaygın vücutlu olmanın kendi kendini dengelemeyi sağlayan bir sistem olarak iş gördüğüne de dikkati çekiyor. Canlı, engebeli bir yüzeyde koştuğu, düşmanı tarafından kovalandığı ya da bir rüzgârla savrulduğu sırada, vücutta yaygın konumda duran bacaklar yanlardaki hareketi toplayarak organizmanın kütle merkezini bacaklar üzerinde tutar. Full'a göre, iki bacağı üzerinde yürüyen insan çok iyi manevra yapabiliyor, ancak yeterince dengeli değil. Bu nedenden ötürü iki bacaklı bir robotun dik durabilmek için daha çok enerji tüketmesi gerekiyor. Böceklerse daha zor manevra yapabilmelerine karşın daha çok dengeliler. Ancak, Full böceklerin vücut dengesini kolaylıkla sağlayabilmelerinin vücutlarının tasarımı sayesinde başarılabilirdiğini de söylüyor. Full, bu görüşleri doğrultusunda Michigan

Üniversitesi'nden ve McGill Üniversitesi'nden bilim adamlarıyla işbirliği yaparak Robot Hexapod adını verdiği bir robot geliştirdi. Engebeli yüzeylerde bile hızlı hareket edebilen bu robot altı bacaklı ve yaygın bir vücut durumuna sahip. Bir ayakkabı kutusu büyüklüğünde ve 7 kg ağırlığında olan Robot Hexapod'un plastikten yapılmış bacakları C biçiminde. Bu bacaklar, kendini dengeleme ve yeterince yaylanma özelliğine sahip. Bacaklar, kalça eklemleriyle vücuda tutunuyor ve 360 derece dönebiliyor. Onu engebeli bir alanda yürürken görene kadar böceğe benzetmeniz olası değil; ancak böyle bir alanda yürürken saniyede 1 metre ilerleyebiliyor. Üstelik de gözleri ya da çevrede olanları hissedebilmesini sağlayacak sinir hücreleri yok.

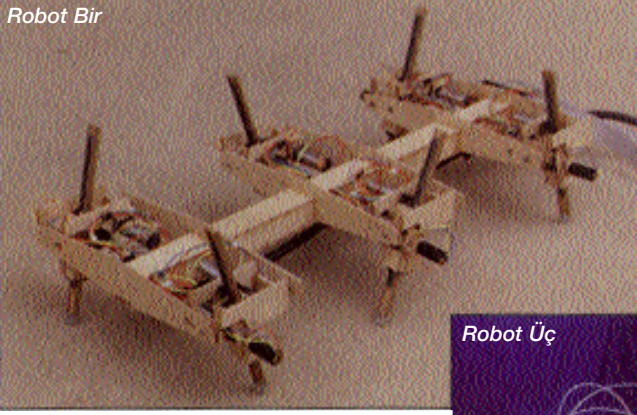
Istakoz ve Tonbalığından Öğrenilecekler

"Bir robotu hareket ettirebilmek kadar zor olan bir başka iş de, robota biyolojik bir organizmanın yapabileceği karmaşık davranışları yaptırabilmektir." Boston'daki Northeastern Üniversitesi'nden nörofizyolog Joseph Ayers böyle düşünüyor. Onun amacı da uzaktan algılayabilen, kendi kendini yönetebilen bir sualtı robotu yapmak. Ayers, istakoz biçimindeki robotun denetim sistemini geliştirmek için, hareket eden istakozların filmlerini çekmiş. Bu filmleri iyice inceleyerek istakozların 21 temel hareketini ve

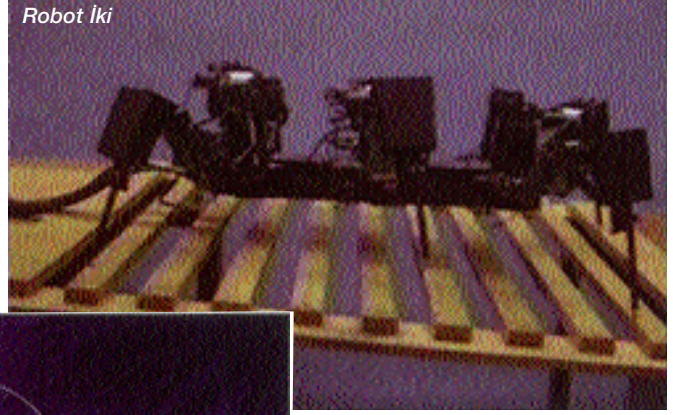


Istakoz robot (sol üstte) hem yürüyebiliyor hem de dönebiliyor. Tonbalığı robotunun (üstte) "kasları" onun gerçek bir balık gibi dönmesini sağlıyor. Robot Hexapod (sol altta) engebeli bir arazide bile rahatlıkla ilerleyebiliyor.

Robot Bir



Robot İki



Robot Üç



duruşunu robotun hareket komutlarına bağlayan bir matrise dönüştürmüş. Örneğin, sola dönüş hareketi, istakozun sağındaki dört bacağına ileri gitme komutu verirken, soldaki dört bacağına geri gitme komutu vererek sağlanıyor. Denetim sistemini geliştirmek için en kolay yönü belki de; çünkü robotun hareket etmesini sağlayacak motorları kullanmak daha da zormuş. Ayers, bu motorların yerine, "kas teli" kullanmayı tercih etmiş. Kas teli, bir akım gönderilerek ısıtıldığında kısalıyormuş ve gevşemesi için de yeniden soğutuluyormuş. Ayers'in çalışmaları hâlâ sürüyor. İstakoz robotun hareketleri yalnızca yürüyebilmek ve dönebilmek. Ayers, bu işte yolunun daha uzun olduğunu belirtirken, istakoz robotların geliştirilmeleri tamamlandıktan sonra deniz tabanındaki mayınları aramada kullanılabileceklerini düşünüyor.

Hayvanların nasıl hareket ettiklerini anlamak üzere yola çıkan bir başka bilim adamı da MIT'ten okyanus bilimci ve mühendis olan Michael Triantafyllou. Balıkların hareketlerini inceleyen Triantafyllou, sualtı girdaplarını araştırmak üzere kullanılabilecek bir tonbalığı robotu geliştirdi. Tonbalıkları çok iyi uzak mesafe yüzücüleridir ve fiziksel yapıları çevrelerindeki kuvvetleri kolayca yönlendirebilecek biçimdedir. Üzerindeki çalışmalar henüz tamamlanmamış olan, bu 2 metre uzunluğundaki robot tonbalığı şu anda yalnızca içinde bulunduğu rüzgar tünellerinin sualtına uyarlanmış bir biçimi olan özel bir su tankında yüzebilecek durumda. Triantafyllou ve arkadaşları,

tonbalığının yüzerken kuyruk yüzgecini sağa sola sallamasının, itici güç oluşturan girdaplar oluşturmak için gereken enerji miktarını azaltmaktan başka, sürüklenmeyi ve türbülansı önlemek üzere vücudunun çevresindeki akımı da denetim altında tuttuğunu bulmuşlar.

Bilimlerarası İşbirliği

Cleveland'daki Case Western Reserves Üniversitesi'nde üç ayrı robot geliştirilmiş. Adları, Robot Bir, Robot İki ve Robot Üç olan bu robotların her birinin altı bacağı var; tıpkı böceklerdeki gibi. Onları yapan makine mühendisi Roger Quinn, bu robotların, böceklere gittikçe daha çok benzediklerini söylüyor. Özellikle de çekirgeye olan benzerliklerinin arttığını düşünü-

yor. Robot Bir'in altı bacağı hemen vücudunun alt kısmından çıkıyor ve bunlar basit bir heksagon oluşturuyorlar. Robot İki'nin daha yaygın bir vücudu var ve çekirgelerinki gibi vücudun dışından çıkıyor. Robot Üç'ün bacaklarıysa bir çekirge gibi hareket etmesini sağlıyor. Robot Üç'ün küçük hareketli ön bacakları çevreyi araştırmaya ve kendine çeki düzen vermeye yarıyor. Ortada bulunan orta büyüklükteki bacaklar ve güçlü arka bacaklarsa, koşmaya ve sıçramaya yarıyor. İçlerinde en çok çekirgeye benzeyeni olan Robot Üç, 14 kg ağırlığında ve ekmek kutusu büyüklüğünde; ancak tıpkı bir çekirge gibi yürüyüp, koşup, sıçrayabiliyor. Robot Üç kendi başına hareket edemiyor. Ancak, Robert Quinn Robot Dört'ün güç kaynağının kendi üzerinde olacağını ve kampüste dolaşacağını belirtiyor.

Case Western Reserves Üniversitesi'nin bu robotları, yeryüzünde birçok laboratuvarında geliştirmeye çalışılan robotların yalnızca küçük bir bölümü. Robot yapımına savunma kuruluşları da çok destek veriyor. Bunlardan biri de ABD, İleri Savunma Araştırma Projeleri Kurumu ve Denizcilik Araştırmaları Bürosu. Her iki kuruluş da bu işe milyonlarca dolar yatırıyor. Bu yatırım, sonuç olarak pek çok bilim dalından bilim adamlarını işbirliği yapmaya yönlendiriyor. Bu işbirliği de birçok önemli çalışmanın yapılmasıyla sonuçlanıyor.

Zuhal Özer

Kaynaklar

David, L., "Beastly Explorers", *New Scientist*, 9 Ocak 1999.

Taubes, G., "Biologists and Engineers Create a New Generation of Robots That Imitate Life", *Science*, 7 Nisan 2000.

