

# Biyoloji Bilgisayar Birlikteliği

Sıradan bir toprak solucanının bile, küçük makinelerin yapımında bize öğreteceği pek çok şey var.

Shawn Lockery'nin laboratuvarındaki minik go-kart arabası, hiç de çığır açacak bir araştırma ürününe benzemiyor. Lego parçalarından yapılmış arabanın arkasına monte edilmiş elektronik parçalar taşıyor. Başboş biçimde oraya buraya hareket ediyor go-kart arabası. Ancak bu araç bir oyuncak değil. Önüne yerleştirilmiş olan fotosel sayesinde onu ışığa doğru yönlendiriyor. Arkasına yerleştirilmiş motor yardımıyla da ilerleyebiliyor. İşte bu robotun yapımında yiyecek arayan minik solucanlardan esinlenilmiş.

Bu, belki yeni bilgisayarınız olmayabilir. Ancak, robot araştırmacılarının yeni bir alana girmelerini sağladı. Daha doğrusu biyolojiyle bilgisayarın birlikteliğini gerçekleştirdi. Bu birliktelik, sadece yaşayan canlıların düşünce ve davranışları konusunda yeni ufuklar açmakla kalmayacak, aynı zamanda hayvan ve insanların bilgiyi işleme ve kullanma yönlerini de taklit edecek. Böylece günümüzdeki süperbilgisayarların gücünü gölgede bırakabilecek bir sisteme de önayak olabilecek. Şöyle de diyebiliriz: Organizmaların sinirsel etkinliklerinin haritasını çıkarabilme, bize, bu etkinlikleri programlama kodlarına çevirebilme ve hatta bir çeşit elektronik beyin yaratabilme olanağı sağlayabilir.

Bilgisayarlarımız daha fazla beyin gücünü kullanabilir. Sayısal bilgisayarlar matematik problemleri çözmeye ve seri komutları uygulamada gerekten çok hızlı. Ancak bunların karar verme, olayları düşünce ortamında bir araya getirme, yeni koşullara uyum sağlama konularında, beyne göre çok yavaş kalıyorlar.

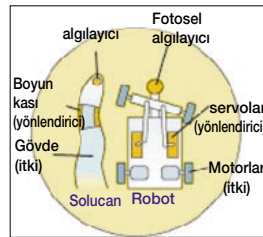
Gerçekte bu araştırma her iki taraf için de çok önemli. Biyologlar ya-

şayan varlıkların içerisinde neler döndüğü konusunda daha fazla bilgi sahibinin, canlıları koruma ve hastalıklara çare bulma gibi konularda yarar sağlayacağını düşünüyor. Bunun gibi bilgisayar bilimiyle uğraşanlar da, canlılar dünyasını, mevcut makinelere olmasa bile, makinelere aktarma, bilgisayarlarla daha mantıklı iletişim kurma ve hava durumunu daha kesin bir biçimde önceden öğrenme gibi konularda yarar sağlayacağını umuyor.

Biyolojiyle bilgisayarın sanki rastlantısal olarak kesişiyor gibi. Lockery gibi biyologlar, hayvan davranışları ve geriye dönük mühendislikle, mikroskop altında gördükleri beyin etkinliklerini robotları çalıştıran devrelere yönlendirme gibi konular üzerine kuramlarını sınamak amacıyla bilgisayar teknolojisine yöneliyorlar. Öte yandan bazı bilgisayar bilimcileriye, geriye doğru biyologların yaptıkları işlere dikkatle bakıp, nasıl canlı varlıklar gibi akıllı, birlikte çalışabilen, uyumlu bilgisayarlar yapabileceklerini araştırıyorlar. Eğer bu görünüm her iki alandaki birliktelik için yeterince mantıklı gelmiyorsa, çeşitli alanlardaki bilimadamları gelecekte yepyeni organik bilgisayarlar neslini oluşturabilecek, bellek ya da mikroişlemci olabilecek potansiyel taşıyan doğadaki birçok kaynak ve yöntemle bu açıdan bakıyorlar.

*Birbirlerine çok benzemeseler de, solucan (sol) ve robot benzeri aynı şekilde davranıyorlar. Tek fark, gerçek solucanın algılayıcısıyla*

*yiyeceğin yerini kimyasal düzeyde arayarak belirliyor olması. Oysa robot benzeri, üzerindeki fotosel yardımıyla ışığa doğru ilerliyor.*



En küçük yaratığın bile çok büyük bir önemi olabilir. Sözgelimi başboş gezinen motorlu bir araca benzese de solucan robot gelişigüzel hareket etmiyor. Oregon Üniversitesi'nin Neuroscience Enstitüsü'ndeki Lockery ve diğer araştırmacılar, aslında yaptıkları robotu "düşünmeye" programlamışlar; robot nematodlar ailesinden bir solucan olan Caenorhabditis elegans gibi hareket ediyormuş. Solucandan ayrıldığı tek yön robotun değişen ışık şiddetini de algılayabilmesi. Öte yandan, virgül boyutlarındaki bu yuvarlak solucan, yiyeceğin yerini, değişik kimyasal derişimleri (konsantrasyonları) koklayarak (kemotaksi olarak bilinen yöntemle) belirliyor. Solucanın sinir sistemi sadece 302 nörondan oluştuğu için (insanlarda bu rakam 1 trilyon), bilim adamları bu solucanın beyin etkinliklerinin haritasını çıkarabildiler. Lockery'nin grubu, yiyecek görme bölümünün haritasını, biyolojik benzeri gibi hareket eden elektronik bir yaratığa aktardılar.

Robo-solucan bu yaratılan yeni cinsin sadece bir örneği. Cleveland'daki Case Western Reserve Üniversitesi'ndeki araştırmacılar, hamamböceğinin yürüyüşünü taklit eden altı ayaklı robot-böcek yaptılar. Birçok Avrupa üniversitesinde de karınca ve cırcır böceği gibi modeller üzerinde çalışıyorlar. Bütün bu "biobot"lar, insan tarafından verilen komutlar yerine yaşama özgü biyolojik kodlar taşıdıklarından yeni bir çalışma örneği olarak kabul ediliyor.

Biobot'lar hem doğa, hem de insan tarafından yapılmış malzemelerin iç içe geçtiği bir dünyaya açılan somut ve heyecan verici bir pencere. Loc-

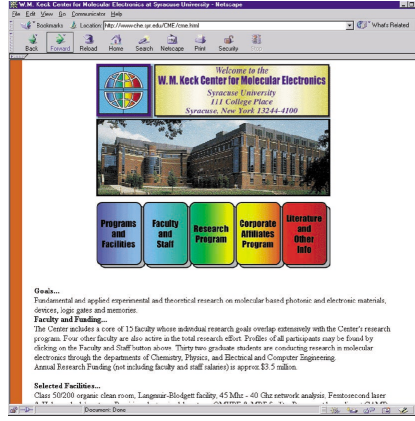
kery'nin biobot'unun esas amacı küçük solucanların nasıl çalıştığıydı. Ancak bilgisayarların nasıl çalıştığı üzerine yapılan pratik uygulamaların çok önemli bir yan ürün olduğunu belirten Lockery; "Gerçekte biyoloji kadar önemli bir hale geldi" diyor Lockery.

Bu çalışma, bozulan elemanlar ve değişen koşullarla başa çıkma konusunda daha yetenekli olan bilgisayarlara götürebilir. Lockery'nin deneyleri, bir solucanın sinirsel etkinliklerini kopyalayan bir "sinirsel ağ" formülüyle (ya da matematiksel bir algoritmayla) programlandığında, robot hemen bozulup durma yerine, performansını yavaş ve incelikli bir biçimde düşürerek hatalara karşı olağanüstü dayanıklı oluyor. Bütün bunların kalbinde, algoritma ya da yinelenen adımlardan oluşan sorun çözücüsü var. Bu, solucan robotun tekerlekleri tozlandığı ya da dişlilerinde pislik oluştuğu zaman bile duruma uymasını ve çalışmasını sağlayan son derece sağlam bir algoritma. Lockery ve meslektaşları, yuvarlak solucanın nasıl bu kadar güçlü bir algoritmaya sahip olduğunu anlayamıyorlar. Ancak milyonlarca yıllık evrim onları herhalde bu duruma getirmiştir.

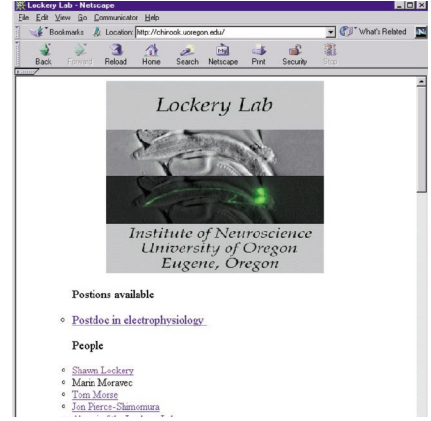
Belki de en çarpıcı olan şey, yuvarlak solucanların, öteki yaratıklarda olduğu gibi, değişik kaynaklardan hızla bilgi toplama, ve nöronları arasındaki bağlantıyı kullanarak bunlara anlam verme konusundaki yetenekleri. Bir kokuyu tanıma, buna en son nerede rastladığını belirleme gibi paralel düşünme sonucundaki birleştirme gücü, insan ve hayvanlar için sıradan bir şey, ancak bu durum, bilgisayarlar için böyle söylenemez elbette. Her ne kadar hızlı olsa da, bireysel bilgisayarlar seri biçimde çalışırlar. İşlemcileri paralel olarak çalışan bilgisayarlar, ya da bilgisayar ağları, daha iyisini yapabilirler. Fakat en gelişmiş bilgisayarlar ya da yapay sinir ağları sorunları sayısal yoldan ele alıyorlar, yöntemli bir biçimde bütün değişkenler belirlendikten sonra en mantıklı sonucu hesaplayarak çıkarıyorlar, tıpkı bir sesi tanıma ya da bir satranç hamlesi yapmada olduğu gibi. Aslında bilim bu konuyu bütünüyle açıklığa kavuşturamamışsa da, hayvanların bu biçimde çalıştıklarına yönelik pek bir kanıt da yok.



*Plastik kaplamasında protein üzerinde lazer uygulanınca bunun fotodöngü durumu değişiyor. Bu durumlar bilgisayar verilerini temsil ediyor.*



*Syracuse Üniversitesi Moleküler Elektronik W.M. Keck Merkezi (<http://www-che.syr.edu/CME/cme.html>) (soldaki) ve Oregon Üniversitesi'ndeki Lockery Laboratuvarı'nın (<http://chinook.uoregon.edu>) web sayfalarında konu üzerine yapılan çalışmaları görebilirsiniz.*



Lockery, "Hayvanlar bize daha yeni öğrenmeye başladığımız, tümüyle farklı bir hesaplama olduğunu gösteriyor" diyor, doğada keşfedilmeyi bekleyen hesaplama sırlarının olduğunu ve bir altın madenin üzerinde oturduğumuzu belirtiyor.

Bu gerçekten zengin bir bilgi. Çünkü bu şekilde canlı yaratıkların davranışlarını anlayabileceğiz. Son günlerde Washington Üniversitesi, Lockery'nin deneylerinde kullandığı türden solucanın gen haritasının tamamını çıkardılar. Bu bir hayvan geninin ilk kez tümüyle haritalandırmayıydı; ve Lockery gibi araştırmacıların genlerle davranışlar arası bağlantıyı daha iyi anlamalarını sağladı. Bu da doğanın iyi çalışan gizemli yönünü biraz daha gün ışığına çıkardı.

Biobot'lardan bilgisayarlara geçiş büyük bir sıçrama olduğunu göstermez. Yapay zekâ üzerinde çalışanlar yapan bilgisayar bilimcileri zaten paralel işleme teknikleri ve karmaşık algoritmalar kullanıyor. Bilim adamlarına göre buradaki eksiklik, hem çevremizde ve bu yüzden içerimizde var olan hesaplama modellerine yeterince önem vermememiz hem de anlayamamız. Oysa bu biyolojik modeller, günümüzde kullandığımız hesaplama sistemlerinden daha karmaşık; ancak çok daha güçlü ve esnek. Biyolojinin gizemlerini temel araştırmaların gereksinimlerinde çözüldükçe, bu öğrendiklerimizi daha akıllı ve daha verimli makineler yaratmada kullanabiliriz.

Bazı durumlarda bu, yaşayan sistemlerin bilgi işleme yöntemlerini, elektronik sistemlere uygulama anlamına geliyor. Ancak başka durumlarda ikisi arasında gerçek bir ilişki çıkabilir. Lockery'nin amaçlarından biri aslında, sinir ağı algoritmalarının yuvarlak solucanlardan türetilerek yongalara yerleştirilmesi. Bu da, makine hızıyla, hayvanların hesaplama derecesi ve esnekliğinin birlikteliğini getirecek.

Bilimadamları bu gibi biyolojik ilerlemelerin yakın olabileceğini hissetmeye başladılar. Örnek olarak Microsoft Research, Washington Üniversitesi'yle birlikte, biyoloji ve bilgisayar sistemleri arasındaki ortak ilişkileri araştırıyor. İki grup son günlerde, biyoloji ve bilgisayar biliminde önde gelen bir düzine araştırmacıyı, "akıllı sistemler" konusundaki bakış açılarının paylaşılması ve birbirleriyle yardımlaşabilecekleri araştırma alanlarının belirlenmesi amacıyla topladı.

Microsoft Research'deki araştırmacılarından ve bu birlikteliği düzenleyenlerden Eric Horvitz'e göre, bu aslında bugüne değin görülmemiş bir birliktelik değil. Örneğin kuşların uçuşu üzerinde daha önceden yapılmış çalışmalar, aerodinamik ilkelerinin anlaşılmasını ve hatta uçak yapımını sağlamıştı.

Anahtar belki de yaşayan canlıların kullandığı elektrik sinyal yollama dilinin açılımında. Bilgisayarlar görece olarak basit açık/kapalı mantığını kullanırlar. Burada elektrik atımı gider ya da gitmez. Ancak bilim adamları beynin çok daha karışık bir şekilde çalıştığına inanıyorlar. Bu arada elektrik atımlarının frekanslarında gizli bir



*C. elegans solucanı*

bilgi de olabilir. Ancak biyologlar ve ikili sistemle uğraşan araştırmacılar, şu anda tahmin etme aşamasında olduklarını söylüyorlar. "Hiçbirimiz sinyal yollamada kullanılan biyoloji kodlarını tam anlayabilmiş değiliz" diyor yapay zekâ uzmanı Horvitz. "Ancak, hayvanlar sinyal işlemede inanılmaz derecede verimlidir."

Bazı biyologlarsa bilgisayar bilimi ve onun devre ve ölçme bilgileriyle ilgileniyorlar. Amaçları, hayvanlar üzerindeki çalışmalarında yorum yapabilmek. Microsoft ve Washington Üniversitesi birlikteliğini güçlendiren bir proje de, üniversitenin Friday Harbor Laboratuvarları deniz araştırmaları merkezinin, deniz sümüklüböcekleri hareketleri üzerinde yürüttüğü bir çalışma. Deniz araştırmacıları, sümüklüböceğin sinir sistemindeki kimyasal ve elektriksel etkinliklerin haritasını çıkarmak için sonda kullanabilirler. Ancak burada, verilerin kaydı ve okunmasında, ve sinyallerle hareketlerin arasındaki ilişkinin kanıtlanmasında bilgisayar bilimiyle uğraşan meslektaşlarının yardımlarına ihtiyaçları var.

Burada, yalnızca sayısal teknoloji kendi başına bir yanıt olabilir. Washington Üniversitesi'ndeki araştırmacılar bir deniz sümüklüböceğinin beynine küçük bir yonga yerleştirmeyi umuyorlar. Bu sayede serbest dolaşan sümüklüböceğin sinyallerini uzun süreli olarak kaydedebilecekler. Yerleştirilecek bir yonga, bilim adamlarına sinyalleri hareketlerle birleştirmeye olanağı sağlayacak. Belki de doğal olarak hayvanlar dünyasının bir üyesinin gizli kodları kırılabilir.

Friday Harbor Laboratuvarlarından Dennis Willows ve Washington Üniversitesi ve Microsoft Research'den meslektaşları, bu yonga yerleştirme işleminin bir kaç yıl sonra gerçekleştirilebileceğine inanıyorlar. Gecikmenin nedeni de, silikon ve sü-



*Bir sümüklüböceğin beyni*

müklüböcek arasındaki arayüzey uyumsuzluğu gibi daha çözülmesi gereken zorluklar. Ancak Willows bunun on yıl içerisinde gerçekleştirilebileceğini söylüyor.

Doğal ve sayısal arasındaki ilişki her zaman daha "zeki" bilgi işleme için yaşayan canlıları model olarak almıyor. Bazısı bilgisayarların içine doğayı sokuyor. Syracuse Üniversitesi'ndeki Moleküler Elektronik W.M. Keck Merkezi'ndeki bir araştırmacı grubu da böyle yapıyor. Tuzlusu bakterilerinden elde ettikleri foto-aktif proteinler kullanarak üç boyutlu optik bellek cihazları geliştiriyorlar. Bilgisayarlarda kullanılacak olan bu cihazlar sayesinde sıradan manyetik teyp cihazlarına göre çok daha fazla veri, çok daha az alanda depolanabilecek.

Bu küçük plastik "veri küpleri"ndeki (yaklaşık 1x1x3 cm) proteinler lazer gibi bir kaynaktan ışık soğurduğunda fotodöngü (photocycle) durumlarını değiştirebiliyor. Bu fotodöngü durumları sayısal belleklerdeki bir ve sıfırlara karşılık olacak şekilde kullanılabilir. Düz bir yüzey yerine üç boyutlu bir yapı kullanmak cihaz içerisinde depolayabildiğiniz veri miktarını üstel olarak artırıyor. Böyle bir veri küpü, yaklaşık 10 gigabayt ya da daha fazla bir veriyi depolayabilir. Bu da ticari ya da askeri amaçla kullanılacak geniş ölçekli veri depolama sistemlerinin kapısını açacaktır. Aynı zamanda, yapısal olarak sahip oldukları radyasyona karşı dayanıklılıkları, uzaydaki bilgisayar uygulamalarına yakınlık sağlıyor.

Daha fazlası da var: Fermantasyonla büyük çapta üretilen bir madde olduğundan ve polimer plastikten kaplanmanın ucuz maledilmesinden dolayı, protein veri küpü sağlam ve ucuz olacağı benziyor. Yarı iletken bellekler kadar hızlı olmasa da, protein veri küpü birçok disk sürücüsünden çok daha hızlı. Keck

Merkezi yöneticisi Robert Birge "burada çok büyük bir potansiyel var" diyor. Ona göre küpün ticari kullanımı için 3-5 sene daha gerekli.

Stanford Üniversitesi'nde araştırılan bir konu da başka bir tür doğal bilgi işleme. John Ross ve meslektaşları, kimyasal tepkimelerin mantık işlevlerini yerine getirmede kullanılabilirliğini gösterdi. Ross bir deneyde, birbirine bağlı 16 deney şişesi ve kimyasal tepkimeye giren mavi ya da renksiz solüsyonların bulunduğu bir sistem tasarladı. Başta şişeler birbirlerine bağlıyken sistem mavi ve beyazlardan oluşan bir renk kompozisyonu gösteriyordu. Ancak verilen bir solüsyon grubu için bütün renklerin oluşumu gerektiği gibi değildi. Zamanla sistem bu hataları düzeltiyordu. Bu ise deneysel olarak, bir zincirleme tepkimenin şekil algılama gibi karmaşık beyin mantığı işlemleri yapabildiği anlamına geliyordu. "Beyinde neler döndüğü konusunda emin değilim; ancak bunun silikon değil, kimyasal olması gerekir" diyor Ross.

Gerçekten de kimyasal tepkimelerin hızlı ve paralel olabilmesi, deneysel çalışmaları yaşamın temel yapı taşlarının, yani DNA'nın, bilgi işlemede kullanılmasına yönlendirdi. Bir DNA bilgisayarı bir ve sıfır yerine DNA'nın kimyasal birimlerini kullanarak, DNA dizilerini sentezleyerek, ve bunların birbirleriyle tepkimeye girmesini sağlayarak bilgi işleyebilir.

Neden sıkıntıya girelim? DNA bilgisayarı çok küçük, belki de molekül boyutlarında ve elektronik bilgisayarlardan çok daha güçlü olabilir (paralel olarak kimyasal tepkimeye giren milyarlarca hatta trilyonlarca moleküller sayesinde). Bazı bilim adamları, tek bir DNA bilgisayarı, birbirine bağlı olarak çalışan dünyadaki bütün bilgisayarlardan daha fazla bilgi işleyebileceğini bile ileri sürüyorlar.

Bu kadar güce sahip DNA bilgisayarı hâlâ kuramsal boyutta. Ancak eğer biz insanlar ve hayvan benzerlerimiz kusursuz bilgisayarsak, o zaman akıllı makineler yapmanın sırları için belki de bakmamız gereken yer, yaşayan varlıklar olacaktır.

Chris O' Malley, Biology Computes, Popular Science, [http://www.popsci.com/context/features/bio\\_computes/](http://www.popsci.com/context/features/bio_computes/)  
Çeviri: Alkım Özyağın