

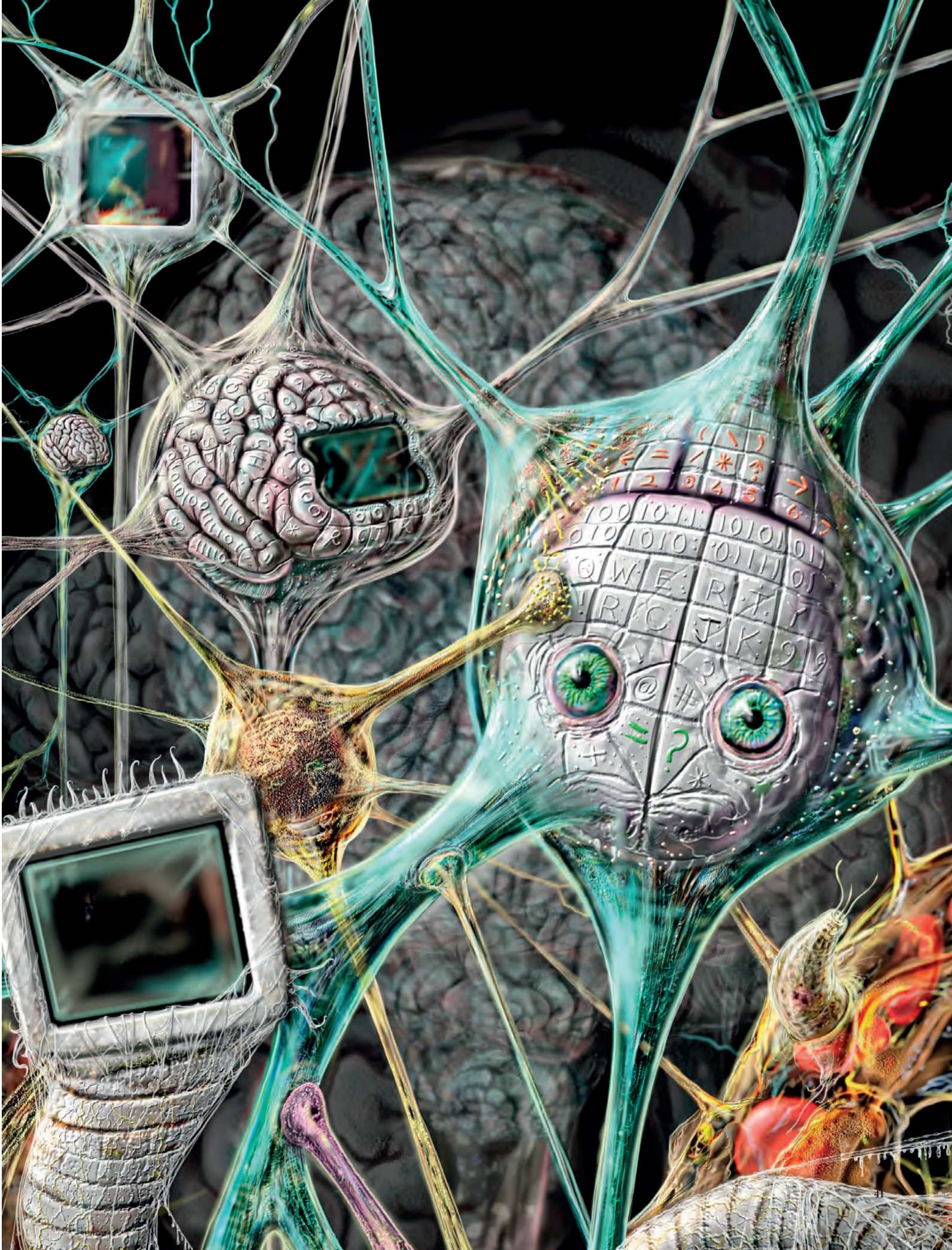
# Biyolojiden Esinlenilen Elektronik Cihazlar

Dr. Mahir E. Ocak [ *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi* ]

Gelecekteki bilişsel sistemlerin çevreleriyle etkileşim halinde olması, yeni şeyler öğrenmesi ve mantıklı çıkarımlar yapması bekleniyor. Bugün böyle sistemler geliştirmek için yapılan bazı araştırmalarda canlı organizmaların sinir sistemlerinden esinleniliyor. İnsanların sinir sistemlerindeki gibi “nöronların” “sinapslarla” birbirine bağlandığı

bu sistemlerin en önemli özelliği, klasik işlemcilerin aksine hafıza ve işlemci birimlerinin bir arada olması. Görevleri yerine getiren ağı oluşturan nöronlar, ana iletişim mekanizmasının temelini oluşturuyor. Sinapslar ise hafıza ve işlemci görevi görüyor. Henüz insan beynine benzer biçimde çalışan elektronik cihazlar olmasa da yakın zamanlarda bu konuda çok önemli gelişmeler yaşandı.







## Seçici Yapay Nöronlar

İnsan beyninin elektronik işlemcilerle göre en önemli artılarından biri çok daha verimli olmasıdır. Örneğin bir ses duyduğunuz zaman beyindeki işitme bölgesinde yer alan tüm nöronlar etkinleşmez. Çünkü işitme bölgesindeki nöronların her biri sadece belirli bir frekans aralığındaki seslere duyarlıdır. İsviçre'deki çeşitli araştırma enstitülerinde çalışan bir grup araştırmacı da yakın zamanlarda insan beynindeki nöronlar gibi sadece belirli şeylere cevap veren birimlerden oluşan bir sistem geliştirmeyi başardı.

İnsan beyninden esinlenen cihazların tipik örnekleri kısaca SNN olarak adlandırılan nöron ağlarından oluşur. Çok sayıda sinapstan gelen bilgiyi işleyen nöronlar yeterli kadar uyarıldıklarında bir sinyal üretir ve bu sinyal tıpkı canlı organizmalardaki gibi çok sayıda nörondan oluşan çok katmanlı bir ağda yol alır. Araştırmacıların geliştirdiği yeni sistemde nöron-sinaps dinamiklerini gerçekleştirmek için faz dönüşümlerinden yararlanılıyor. Yapay nöronlarda kullanılan malzemenin biri kristalli, diğeri amorf yapıda iki kararlı fazı var.

Kristalli yapıdaki fazın elektriksel direnci amorf yapıdaki fazunkinden düşük. Malzemenin belirli bir andaki hali (malzemenin ne kadarının hangi fazda olduğu) ve dolayısıyla elektriksel direnci geçmişte uygulanan voltaja bağlı olarak değişiyor. Amorf fazdaki malzeme yavaş yavaş kristalli faza dönüşürken akım doğrusal olmayan bir biçimde artıyor ve iletkenlik bir eşik değerini aştığında nöron aktif duruma geçiyor. Dr. Pantazi ve arkadaşları yakın zamanlarda *Nanotechnology*'de yayımladıkları makalede bu alana iki önemli katkı yapıyor. Birincisi, geliştirdikleri sistemin tamamen geçmişte uygulanan voltaja bağlı olarak iletkenliği değişen birimlerden oluşması. İkincisi, geliştirdikleri yeni bir bağlantı yöntemi sayesinde aynı katmandaki yapay nöronların insan beynindeki nöronlar gibi sadece belirli uyarılara karşı tepki vermesi. Deneyler, sistemin dışarıdan bir yönlendirme olmaksızın çok sayıda kaynaktan gelen veriler arasında ilişki kurabildiğini gösteriyor. Bu sistemden gelecekte klasik bilgisayarların yapamadığı pek çok işte yararlanılabilir. Örneğin yeni sistem çevresinden bir şeyler öğrenebilir ya da büyük veri tabanlarını tarayarak bilgi edinebilir. Üstelik yapay nöronların insan beynindekiler

gibi sadece belirli uyarılara tepki vermesi sistemin çok verimli bir biçimde çalışmasına da imkân veriyor.

## Difüzyonla İletişim

Yakın zamanlarda insan beyninden esinlenen elektronik cihazlarla ilgili başka bir önemli gelişmeye ABD ve İngiltere'deki çeşitli enstitülerde çalışan bir grup araştırmacı imza attı. Dr. Zhongrui ve arkadaşları, standart tümleşik devrelerdekinden çok farklı, sinapslardakine benzer biçimde sürüklenmeye değil difüzyona dayalı bir sistem geliştirdi.  $Ca^{2+}$  iyonlarının birikmesi ve dağılması sinapslarda meydana gelen süreçlerde anahtar bir rol oynar. Araştırmacıların geliştirdiği yeni cihaz da bu temel biyolojik süreçteki gibi difüzyona dayalı bir biçimde çalışıyor.

*Nature Materials*'ta yayımlanan makalede yer alan detaylı açıklamalara göre cihaz, altından ya da platinden imal edilmiş iki elektrot ve bu elektrotların arasındaki bir katmandan oluşuyor. Katmanın içindeki gümüş nanoparçacıklar (boyutları metrenin milyarda biri ölçeğinde olan parçacıklar) nöronlardaki kalsiyum iyonları gibi davranıyor.

Hem elektron mikroskobu kullanılarak yapılan gözlemler hem de bilgisayar benzetimleri, iki elektrot arasında potansiyel farkı olduğunda gümüş atomlarının dağıldığını, potansiyel farkı ortadan kalktığındaysa atomların kendiliğinden bir araya geldiğini gösteriyor. Deneyle, geliştirilen cihazın dinamik özelliklerinin sinapslardaki kalsiyum iyonlarınınunkine denk olduğunu gösteriyor.

## Hibrit Sistemler

İnsan beyninden esinlenen elektronik cihazlarla ilgili çalışmaların amaçlarından biri de bu cihazların canlı organizmalarla etkileşim halinde olduğu hibrit sistemler geliştirmek. Bir grup İtalyan araştırmacı da yakın zamanlarda bu konuyla ilgili çok önemli bir çalışma yaptı. Dr. Angelica Cifarelli ve arkadaşları, çeşitli biyopolimerler kullanarak canlı organizmalarla elektronik sistemler arasında bağlantı kurmayı amaçlayan bir cihaz tasarladı. Çalışmada kullanılan pektin ve benzeri maddeler, bugüne kadar daha çok gıda endüstrisinde lezzetli jellerin ve reçellerin üretiminde kullanılıyordu. Araştırmacıların canlı organizmalarla etkileşim halinde olacak bir cihazda

biyopolimer kullanmasının ana nedeni tabii ki bu moleküllerin biyoyumlu olması. *AIP Advances*'ta yayımlanan çalışma, nöron benzeri bir elektronik cihazda organik polimerlerin kullanılması bakımından bir ilk olma özelliği taşıyor. Araştırmacılar tasarladıkları cihazların nöronlara benzer bir biçimde çalışması için kullandıkları biyopolimerlerin bileşimlerine müdahale ederek elektrokimyasal özelliklerinde değişiklikler yapmış. Deneyle, geliştirilen yeni sistemin polianilin kullanılan elektronik cihazlarla organizmalar arasında arayüz işlevi görebildiğini gösteriyor. Böylece yakın zamanlarda üzerlerine pek çok araştırma yapılan ancak kendileri biyoyumlu olmayan bu cihazların gelecekte hibrit sistemlerde kullanılmasının önündeki en önemli engel ortadan kalkıyor.

Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda bilimsel adı Physarum polycephalum olan ve balçık küfü olarak adlandırılacak organizmaları kullanmış. Dr. Cifarelli, bir sonraki adım geliştirdikleri sistemi diğer organizmalarla -örneğin bitkilerle- bir araya getirmek olacağını, nihai amaçlarınınsa öğrenebilen ve mantık işlemleri yapabilen hibrit sistemler geliştirmek olduğunu söylüyor. ■



### Özet

Canlı organizmalar gibi davranabilen elektronik sistemler geliştirmek üzerine uzun yıllardır çalışmalar yapılıyor. Bu cihazlardaki hafıza ve mantık birimlerinin klasik bilgisayarlardaki gibi değil de canlı organizmalardaki gibi tasarlanması da dünya genelinde pek çok araştırma grubu tarafından ele alınan alternatiflerden biri. Yakın zamanlarda bu konuda yaşanan çok önemli gelişmeler gelecek için umut veriyor.

### Kaynaklar

Pantanzi, A. ve ark., "All-memristive neuromorphic computing with level-tuned neurons", *Nanotechnology*, Cilt 27, Makale No: 355205, 2016.

Wang, Z. ve ark., "Memristors with diffusive dynamics as synaptic emulators for neuromorphic computing", *Nature Materials*, Cilt 16, s. 101-108, 2016.

Cifarelli, A., "Polysaccharides-based gels and solid-state electronic devices with memristive properties: Synergy between polyaniline electrochemistry and biology", *AIP Advances*, Cilt 6, Makale No:111302, 2016.