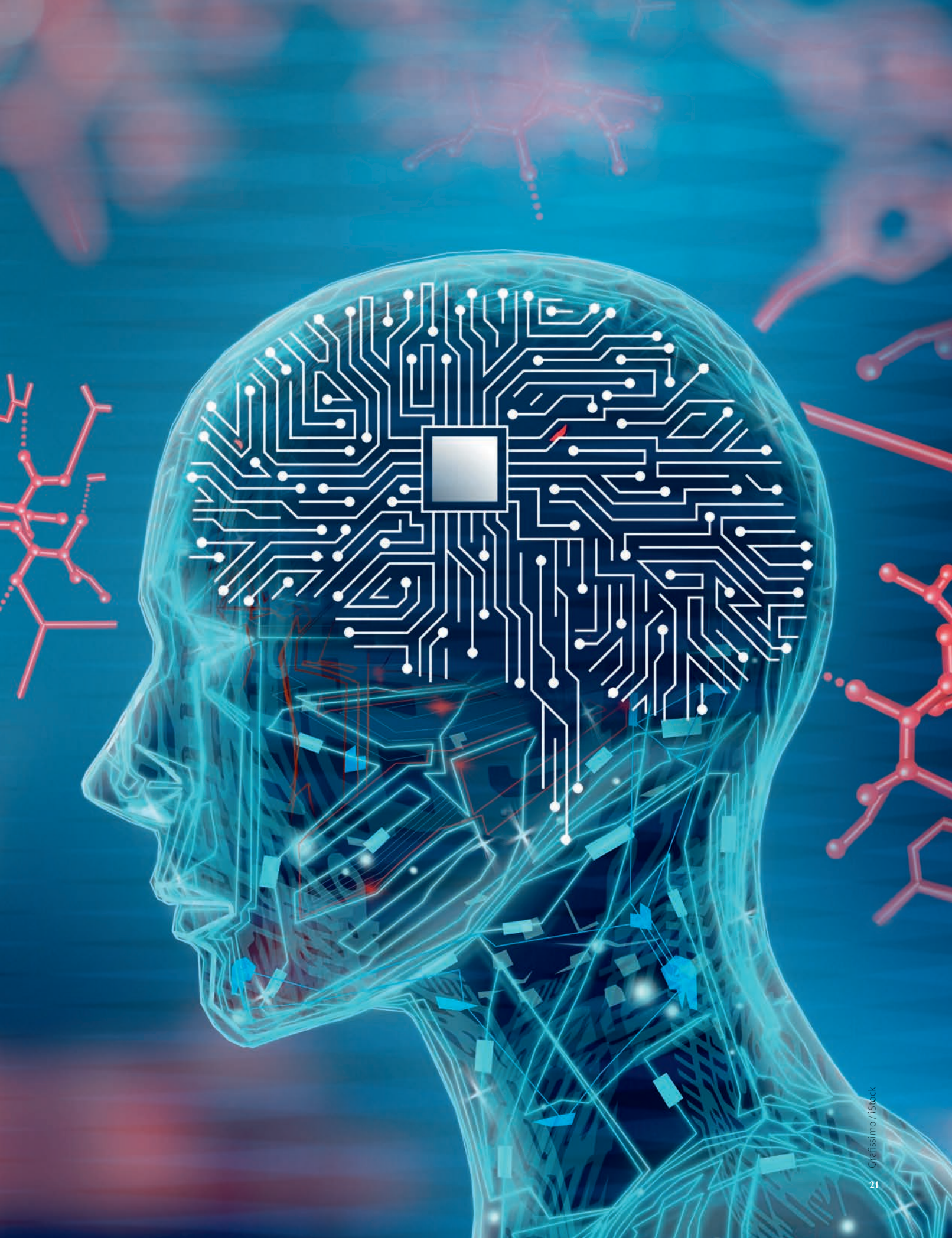


NEURALINK

“İnsanlar ve Makineler Arasındaki Simbiyotik İlişki”

Dr. Özlem Ak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

İnsan beyni, sinapslarla (sinir sistemindeki özelleşmiş bağlantı noktaları) birbirine bağlanmış yaklaşık 86 milyar nörona (sinir hücresine) ev sahipliği yapıyor. Hareket ederken ya da düşünürken beyinde küçük bir elektriksel uyarı üretiliyor ve bu, bir nörondan diğerine inanılmaz bir hızla gönderiliyor. Bilim insanları kafa derisi üzerine ya da beynin içine yerleştirilen elektrotlarla bu sinyallerin bazılarını tespit edebilen cihazlar geliştirdi. Bazı akademik ve ticari gruplar, engelli kişilerin yaşamlarını daha bağımsız ve kaliteli bir hale getirmek için beyin bilgisayar arayüzü (BBA) cihazlarını test ediyor.



BBA'lar, beyin sinyallerini toplayıp analiz eden, analiz sonucunda istenen eylemlerin gerçekleştirilmesi için bu sinyalleri çıkış cihazlarına aktaracak komutlara dönüştüren bilgisayar tabanlı sistemlerdir. Bu teknolojinin potansiyel faydaları, nörolojik sorunları olan hastalarda beyin aktivitesinin daha iyi izlenmesinden, görme engelli kişilerde görme yetisinin geri kazanılmasına ve insanların sadece zihinlerini kullanarak makineleri kontrol etmelerine kadar uzanıyor.

Son yıllarda Elon Musk'ın şirketi Neuralink, bu teknolojiyi güvenlik, etik ve sinir bilimi tartışmalarında ön plana çıkardı. Bir süre önce Elon Musk, ağır fiziksel engelli bireylerin düşünce yoluyla cihazları kontrol etmesine olanak sağlamayı amaçlayan Telepati adını verdikleri ilk beyin çipinin, bir hastanın beynine başarıyla yerleştirildiğini duyurmuştu. Uygulamada çipin hareket kontrolü potansiyeline odaklanılırken, hastanın iyileştiği ve umut verici ilk sonuçları gösterdiği bildirildi.

İnsan beyninin elektriksel aktivitesinin kaydedilebileceği fikri ilk kez 100 yıl önce gündeme geldi. Alman psikiyatrist Hans Berger, beyin tümörü ameliyatında kafatasında delik açılan 17 yaşındaki bir çocuğun kafa derisine elektrotlar bağladı. Bu operasyonla ilk kez beyin elektriksel aktivitesini kaydetti ve kullandığı bu yöntem tarihe elektroensefalogram (EEG) olarak geçti. Araştırmacılar, beynin içinden kayıt almanın çok değerli olabileceğini hemen gördü. Berger ve başka araştırmacılar, beyni incelemek ve epilepsiyi teşhis etmek için ameliyatla beyin korteksinin yüzeyine elektrotlar yerleştirdiler ve epilepsi nöbetlerinin beyin hangi bölgesinde başladığını tespit etmeye çalıştılar. 1970'lere gelindiğinde araştırmacılar, hayvan beyinlerinin daha derin bölgelerinden kaydedilen sinyalleri harici makineleri kontrol etmek için kullanmaya başladı. Bu da beyne yerleştirilen ilk beyin makine arayüzlerinin ortaya çıkmasını sağladı. 2004 yılında bir omurilik yaralanmasından sonra felç olan Matt

Nagle, beyninin motor korteksindeki nöronların aktivitesini kaydetmek için birden fazla elektrot kullanılarak cerrahi yolla BBA yerleştirilen ilk kişi oldu. Nagle bu sistemi, protez elini açıp kapamak ve robotik bir kolla temel görevleri yerine getirmek için kullanabildi.

Beyin bilgisayar arayüzlerinin işleyiş sistemi, kullanıcının amacını gösteren beyin sinyallerinin tespit edilip gerekli ölçüm ve analizleri yapıldıktan sonra yönetilecek cihaza uygun komutlara dönüştürülmesine dayanıyor. Bu sistem sinyal toplama, özellik belirleme, özellik değiştirme ve cihaz çıkışı olmak üzere 4 temel bileşenden oluşuyor. Sinyal toplama aşamasında kafa derisine veya beyne yerleştirilen elektrotlarla beyin sinyalleri ölçülüyor. Bu sinyaller elektronik işleme için uygun seviyelere yükseltiyor ve istenmeyen sinyaller filtreleme yoluyla temizleniyor. Daha sonra sayısallaştırılan sinyaller bilgisayara iletiliyor. Özellik belirlemede ilgili sinyaller yabancı içerikten ayrılıyor ve çıkış komutlarına çevrilmeye uygun bir hâle getiriliyor. Bu adımda kullanıcının amacı ile sinyaller arasında güçlü bir ilişki ve uyum sağlanması gerekiyor. Özellik dönüştürmede elde edilen ilgili sinyaller çıkış cihazı için uygun komutlara dönüştürüldükleri algoritmaya aktarılıyor. Son aşama olan cihaz çıkışında düzenlenen komutlar harici aygıtı çalıştırıyor ve imleç kontrolü, robotik kol hareketi, dijital konuşma gibi işlevler gerçekleşiyor. Kullanıcıya cihazın çalışması ile geri bildirim sağlanıyor ve döngü kapanıyor.



Çığır Açan Hamle

Neuralink, 2016 yılında aynı zamanda SpaceX, Tesla ve X'i (eski adıyla Twitter) yöneten Elon Musk tarafından BBA geliştirmek için kuruldu. Musk, Nisan 2017'de yaptığı açıklamada Neuralink'in misyonunun kısa vadede ciddi beyin hastalıklarını tedavi edecek cihazlar üretmek, uzun vadede ise insanın bilişsel ve duyuşsal yeteneklerini geliştirmeye kadar uzandığını söyledi. Bu tür cihazların sinirbilim alanında devrim yaratma potansiyeline sahip olduğunu düşünen Musk esasında, insanlar ve makineler arasında simbiyotik bir ilişki geliştirmeyi hedefliyor.

Neuralink ekibi, 2019 yılında Kaliforniya Bilimler Akademisinde yaptıkları bir sunum sırasında, üzerinde çalıştıkları ilk prototipin teknolojisini kamuoyuna açıkladı. Mayıs 2023'te insan deneyleri için Amerika İlaç ve Gıda İdaresinden (FDA) onay alan şirket, 19 Eylül 2023'te insanlarda klinik denemelere başlamak için servikal omurilik yaralanması veya amiotrofik lateral skleroz (ALS) nedeniyle kuadripleji (hem kollar hem de bacaklarda his ve hareket kabiliyetinin kaybedilmesi) ve en az 22 yaşında olan kişiler için çağrı yaptı. Neuralink yöneticileri çalışmanın tamamlanmasının yaklaşık altı yıl süreceğine dair bilgi de verdi. Kablosuz BBA denemesi olan PRIME (Precise Robotically Implanted Brain-Computer Interface) çalışmasında öncelikle beyne yerleştirilecek N1 isimli çipin ve bunu beyne yerleştirecek cerrahi robotun (R1) güvenliğinin değerlendirileceği belirtildi. Ayrıca felçli kişilerin harici cihazları düşünceleriyle kontrol etmelerini sağlamak için arayüzün ilk işlevselliği de test edilecekti.



N1

Hedeflerin başında ise N1'in ultra ince ve esnek ipliklerinin R1 robotuyla beynin hareket amacını kontrol eden bir bölgesine cerrahi olarak yerleştirilmesi, beyin sinyallerinin kablosuz olarak kaydedilmesi ve bu sinyalleri çözümleyen bir uygulamaya iletilmesi sonucunda insanlara yalnızca düşüncelerini kullanarak bir bilgisayar imlecini veya klavyeyi kontrol etme yeteneği kazandırılması vardı. Madeni para büyüklüğündeki N1, hastaların vücutlarını hareket ettirmeden sadece odaklanarak eylemleri gerçekleştirebilmelerini

sağlayacak şekilde tasarlandı. Her biri bir insan saç telinin onda biri kalınlıkta esnek bir yapıya sahip biyoyoumlu 64 ipliğe dağıtılmış 1.024 elektrotun kullanıldığı N1, beynin elektriksel aktivitesini kaydedip işliyor ve ardından bu verileri telefon veya bilgisayar gibi harici bir cihaza aktarıyor. Harici cihaz, hastanın beyin aktivitesinin "şifresini çözüyor" ve belirli kalıpları örneğin, bir bilgisayar imlecini ekranda hareket ettirmek gibi hastanın hedefiyle ilişkilendirmeyi öğreniyor.



Cerrahi robot, R1

Neurolink'in Rakipleri

Neuralink, ilk yeni nesil BBA'yı ticarileştirme yarışında sıkı bir rekabetle karşı karşıya. En güçlü rakiplerinden biri Synchron adlı Avustralyalı bir şirket. Melbourne merkezli bu start-up, yakın zamanda beynin kan damarlarına yerleştirilen bir mikroelektrot ağını kullandı. Bu da felçli hastaların tablet ve akıllı telefon kullanabilmesine, internette gezinmesine, e-posta göndermesine olanak sağladı. Synchron implantı minimal düzeyde cerrahi işlem gerektiren bir BBA olarak tanımlanıyor. N1 ve diğer birçok BBA gibi beyinde cerrahi bir işlem yerine yalnızca boyunda küçük bir kesi gerektiriyor. Synchron, 2021 yılında ABD'de "Çığır Açan Cihaz Ünvanı"nı aldı ve şu anda üçüncü klinik denemesine devam ediyor.

Blackrock Neurotech ise 2004'ten bu yana, felç gibi rahatsızlıkları olan hastalara bilgisayarlarla etkileşim kurma veya düşüncelerini kullanarak robotik uzuvları kontrol etme yeteneği sağlayarak yardımcı olmak için BBA konusunda araştırmalarına devam eden başka bir şirket. Ancak geliştirdikleri cihazların hiçbiri FDA onayı almadı; hepsi hâlâ deneysel aşamada.

İki eski Neuralink çalışanı ise kendi BBA girişimlerini başlattı. Neuralink'in eski başkanı Max Hodax, görme engelli insanlara yapay görüş sağlayacak bir protez geliştirmek üzere 2021 yılında Science isimli şirketi kurdu. Musk'ın ekibinin bir üyesi olan Benjamin Rapoport ise 2020'de Precision Neuroscience şirketini faaliyete geçirdi. Bu yılın başlarında şirket, cihazın elektriksel aktiviteyi okuma ve kaydetme yeteneğini test etmek için implantını geçici olarak üç hastanın beynine yerleştirdi.

Zamanla yazılım, hasta o görevi hayal ederken sürekli olarak ortaya çıkan bir sinirsel ateşleme modelini tanıyabiliyor ve ardından görevi kişi için yürütebiliyor. Hastaların bu cihazları günlük yaşamlarında sorunsuz bir şekilde kullanabilmeleri için de sistem tamamen kablosuz ve şarj edilebilir pil ile donatıldı.

Musk 30 Ocak 2024'te sosyal medya platformu X'te insan üzerinde ilk uygulamanın gerçekleştirildiğini duyurdu. Musk, "Telepati" olarak adlandırdıkları çipin yerleştirildiği hastanın iyileştiğini, ilk sonuçların umut verici olduğunu söyledikten kısa bir süre sonra da beklenen haberi verdi: Hasta düşünerek bir bilgisayar imlecini hareket ettirebildi.

Ya Etik Sorunlar!

BBA'lar, çevresiyle iletişim kuramayan veya hareket edemeyen hastaların daha bağımsız ve kaliteli bir şekilde yaşamlarını sürdürmelerine yardımcı olmak için kullanıldığında özellikle de tıp etiğinin de temel ilkelerinden biri olan insanların kendi

bağımsızlıklarını yeniden kazanmaları konusunda atılan en büyük adımlardan biri. Ancak ne kadar iyi niyetli olursa olsun, tıbbi müdahalelerin istenmeyen sonuçlar doğurabileceği konusunda çok fazla endişe var. Bilim insanları ve etik uzmanları



BBA'lar konusunda özellikle kimlik hırsızlığı, şifre kırma ve şantaj potansiyeli konusunda endişe duyuyor. Cihazların kullanıcıların düşüncelerine nasıl eriştiği göz önüne alındığında, özerkliklerinin

üçüncü taraflarca manipüle edilme olasılığı da diğer bir endişe konusu. Tıp etiği, hekimlerin hastalara yardım ederken olası zararları da en aza indirmelerini gerektiriyor. Hatalar ve mahremiyet risklerine ek olarak bilim insanları N1 gibi beyne yerleştirilmiş bir cihazın potansiyel yan etkileri konusunda da kaygılanıyor, çünkü cihazın bileşenleri gerektiğinde kolayca değiştirilemeyecek.

Araştırmacılar on yıllardır hayvanlarda ve insanlarda BBA'ları test ediyor. Bu açıdan bakıldığında kimi bilim insanlarına göre Neuralink'in insan üzerindeki ilk denemesi aslında bir ilk değil. Ancak Neuralink'in attığı bu adım beraberinde birkaç önemli gelişmeyi getiriyor. Bunlardan biri, hastaların bu cihazları günlük yaşamlarında sorunsuz bir şekilde kullanabilecekleri fikrine uygun olarak, kablosuz ve uzaktan şarj edilebilir bir pille çalışması. Çünkü bugüne kadar laboratuvarlarda denenilen BBA'lar hastanın kafasından bir bilgisayara veya başka bir harici cihaza uzanan kablolu kurulumlarla yapılmış. Yeni nesil implant edilebilir nöroteknoloji cihazlarındaki gelişmeler, hastalarda daha iyi sonuçlar elde etmede önemli adımlar atılmasını sağlayacak. Bu gelişmeler sadece yeni nesil cihazların güvenliği ve etkinliği konusunda önemli bilgiler vermekle kalmayacak, aynı zamanda bu alanda gelecekteki gelişmelerin önünü açmaya da yardımcı olacak. Tabii bu denemelerin etik kurallarla ve güvenlik önlemleriyle yürütüldüğünü bilmek de çok önemli. Görünen o ki, teknoloji gelişmeye devam edecek ve biz nörobilim alanında daha da heyecan verici uygulamalar göreceğiz... ■

Kaynaklar

<https://www.nature.com/articles/d41586-024-00304-4>
Naddaf, M., "Mind-reading devices are revealing the brain's secrets", *Nature*, sayı 626, s.706-708, 2024.
<https://www.wired.com/story/neuralink-brain-implant-elon-musk-transparency-first-patient-test-trial/>
<https://www.nature.com/articles/d41586-024-00481-2>
Baydemir, T., "Beyin Bilgisayar Arayüzleri: Bilgisayarlarla İletişim Düşünerek de Mümkün", *Bilim ve Teknik*, sayı 628, 2020.
<https://www.newscientist.com/article/2414852-neuralink-what-do-brain-implants-do-and-why-is-elon-musk-making-them/>
<https://www.sciencefocus.com/future-technology/everything-you-need-to-know-about-neuralink>
<https://medicalxpress.com/news/2024-02-companies-brain-implants-attention-swirling.html>

