

# Düşüncenin Şekli

İnsan Beyninin Bilgisayar Yardımıyla Okunması

## Olabilir mi?

Herhangi bir biçimde de olsa insan beyninde oluşan bir düşüncenin şekli olabilir mi, bu düşünce okunabilir mi, hatta yerine başka bir düşünce koyulabilir mi? Her ne kadar kulağa biraz bilim kurgu gibi gelse de dünyanın dört bir yanından birçok araştırmacı yıllardan beri bu konu üzerine kafa yoruyor. Somut ilk sonuçlar elde edilmeye başlandı bile. Bu sonuçlara göre insan beyninden geçen bir düşüncenin tamamen okunması en azından şu an için

mümkün olmasa bile bu alandaki son gelişmeler daha şimdiden özellikle felçli insanlar için gerçek bir ümit kapısı oldu. Tamamen felçli bir insanın sadece düşünce yoluyla bilgisayar kullanarak kendine gelen e-postaları okuyup bunlara cevap yazabildiğini, dilediği gibi televizyon seyrebildiğini hatta bilgisayar oyunları oynayabildiğini hayal edebiliyor musunuz? Evet, tüm bunlar bilim kurgu değil daha şimdiden gerçek, hatta çok yakın

bir gelecekte itibaren tüm bunlardan daha fazlası mümkün olacak! Gerek AB gerekse ABD'nin kısa bir zaman önce insan beyni üzerine dev iki proje başlatması ve ABD Başkanı Obama'nın insan beyninin haritasının çıkarılması projesini tarihin en büyük projelerinden biri olarak ilan etmesi hiç de şans eseri değil.

## Beyin Araştırma Projeleri

### BRAIN Initiative (ABD)

Kısa adı BRAIN Initiative (*Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies*) olan bu projenin hedefi insan beynini oluşturan tahminen 100 milyar sinir hücresinin, dolayısıyla tüm insan beyninin nasıl çalıştığını bularak, insan beyninin bir haritasını çıkarmak. Böylece insan beyninin nasıl çalıştığını anlamının yanı sıra Parkinson, Alzheimer ve başka sinirsel hastalıklara da çare bulunacağı ümit ediliyor. 10 yıl sürmesi ve 3 milyar dolara mal olması planlanan proje ilk olarak ABD Başkanı Obama tarafından 2 Nisan 2013'te kamuoyuna duyuruldu. Projenin çalışma grubunda Rockefeller Üniversitesi, Stanford Üniversitesi ve California Institute of Technology gibi ABD'nin en büyük ve saygın üniversiteleri de yer alıyor. Ayrıca başta ABD Savunma Bakanlığı İleri Araştırma Projeleri Ajansı DARPA olmak üzere Microsoft ve Google da projeye destek veriyor.

BRAIN projesi aynı zamanda İnsan Genomu Projesi'nin de bir nevi devamı olarak görülüyor. 1990'da başlayan ve resmi olarak 2003 yılında biten proje kapsamında insan genomunun fiziksel haritası çıkarılarak, insanın genetik yapısı neredeyse tamamen çözülmüş ve ortaya dört harften oluşan genetik alfabe ile yazılmış 3 milyar 200 milyon harf uzunluğunda, insanın genetik yapısını tarif eden bir "el kitabı" çıkmıştı. Obama yaptığı açıklamalardan birinde İnsan Genomu Projesi için harcanan her bir doların ABD'ye 140 dolar olarak geri döndüğünü açıklamıştı.

### Human Brain Project (AB)

ABD'nin tüm sınırları zorlayan BRAIN Initiative projesine AB'nin cevabı HBP (Human Brain Project) oldu. Avrupa Birliği tarafından insan beyni üzerine başlatılan ve belki de bugüne kadar ki en önemli AB projelerinden biri olan HBP'nin amacı insan beyninin haritasını çıkarmaktan çok beynimizin çalışma şeklini taklit ederek yine en başta Parkinson, Alzheimer gibi sinirsel hastalıkların nasıl oluştuğunu belirlemek ve bunlara çare bulunmasını sağlamak. Tüm bunların yanı sıra insan beyninin çalışma şeklinin bilgisayar ortamında simülasyonunun ve böylece daha iyi anlaşılmasının, bilgisayar ve robotik alanlarında çığır açacak yeni teknolojilerin geliştirilmesini teşvik edeceği ümit ediliyor. İnsan beyninin simülasyonunda en güçlü bilgisayarların bile yetersiz kalacağı bilindiğinden, gerekli tüm modellemelerin ve simülasyonların süper bilgisayarlarda yapılması planlanıyor (bkz. Ege, B., "Süper Bilgisayarlar", *Bilim ve Teknik*, s.62-66, Mayıs 2012). Projeye 23'ü AB ülkelerinden olmak üzere toplam 80 araştırma kurumu destek veriyor. On yıl sürmesi planlanan projenin bütçesi 1 milyar Euro olarak belirlenmiş. Merkez üssü İsviçre'nin Cenevre kenti bulunan projenin yöneticisi Prof. Dr. Henry Markram.

## fMRT

fMRT'nin temel ilkeleri dünyaca ünlü ABD'li kimyager Linus Carl Pauling tarafından oluşturulmuş, 80'li ve 90'lı yıllarda Keith Thulborn, Seiji Ogawa, John W. Belliveau ve yardımcıları tarafından daha da geliştirilerek günümüzün modern fMRT'sine giden yol açılmıştır. Genel kanının aksine fMRT, beyinde oluşan duyguların ve düşüncelerin fotoğrafının çekilmesini mümkün kılan bir yöntem değildir, hatta fMRT ile beyin etkinliklerinin doğrudan ölçülmesi bile imkânsızdır. fMRT'nin en önemli ve temel özelliği nöronların faaliyete geçmesiyle oluşan beyin etkinlikleri sonucunda beynin çeşitli bölgelerinde açığa çıkan enerji miktarının radyo dalgaları aracılığıyla yüksek bir doğruluk oranıyla ölçülerek, söz konusu düşüncenin veya duygunun beynin hangi bölgesinde veya bölgelerinde oluştuğunun belirlenmesidir. İkinci önemli özelliği ise yine bu temel özellik sayesinde harikulade, üç boyutlu beyin fotoğraflarının çekilmesini mümkün kılmıştır.

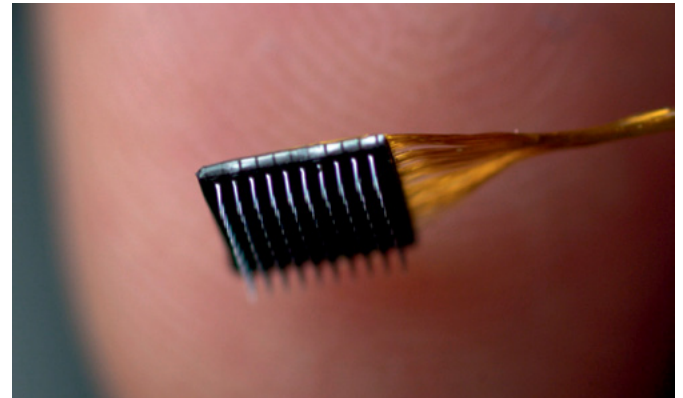
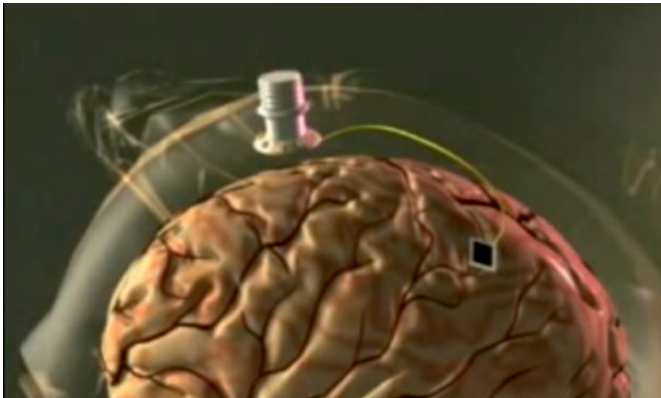
Fakat fMRT'yi fMRT yapan bu en temel özellik sıra bir duygunun veya düşüncenin niteliğini belirlemeye gelince araştırmacıların karşısına bir engel olarak çıkıyor. Bunun en önemli nedeni ise beynin, dolaşım sisteminden çok daha hızlı çalışıyor olması. Bunu daha iyi anlamak için fMRT'nin çalışma sistemine daha yakından göz atmak yeterli olacaktır: EEG'den farklı olarak fMRT'de beyin etkinlikleri elektrik sinyalleri üzerinden değil dolaşım sistemi tarafından dağıtılan enerjinin beyindeki belirli bölgeler tarafından kullanılmasıyla birlikte ortaya çıkan değişimler üzerinden belirlenir. Bunun sağlanması için fMRT'de insan beyni toplam 130.000 küp şeklinde bölgeye bölünerek (Voxel) incelenir, fakat bu bölgelerden her birinin 500.000 ile 3.000.000 nörona, 100 km'den daha uzun bir sinir ağına ve neredeyse 27 milyar sinapsa (nöronların diğer nöronlar veya nöron olmayan hücrelerle iletişimini sağlayan bağlantı noktaları) sahip olduğunu düşünürsek, fMRT'nin sınırlarını anlamış oluruz.

## Her Başlangıç Zordur

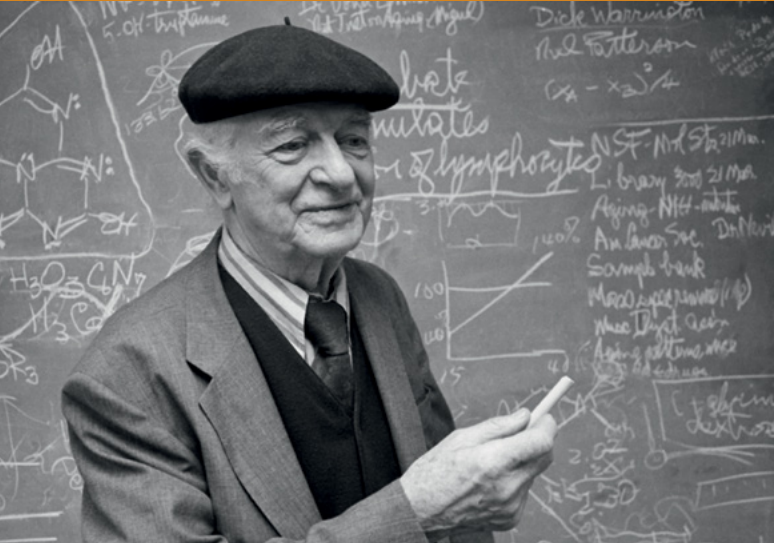
İnsanlık tarihiyle bağlantılı olarak düşünüldüğünde insan beyni üzerine yapılan çalışmalar henüz yeni, hatta emekleme aşamasında sayılır. Bu alandaki ilk gerçek başarının 1998'de Emory Üniversitesi (ABD) ile Tübingen Üniversitesi (Almanya) tarafından gerçekleştirilen bir çalışma ile yakalandığı söylenebilir. Bu bilimsel deney kapsamında ilk aşamada 56 yaşındaki tamamen felçli bir hastanın beynine bir elektrot yerleştirilir. Söz konusu elektrot bir bilgisayar yardımıyla hastanın beyin sinyallerini analiz etmekle görevlidir. Daha sonraki aşamada ise hastadan ekranda gördüğü bilgisayar faresi imlecini sadece düşünce yoluyla hareket ettirmesi istenir. İlk önceleri çabalarında başarılı olamayan hasta zamanla deneme yanılma yöntemiyle fare imlecini kontrol altına alarak dilediği gibi hareket ettirmeyi ve kısa bir zaman sonra kendine gelen e-postaları bilgisayarda okuyup, cevap yazmayı bile başarır. 2000'li yıllarda BrainGate adlı başka bir proje çerçevesinde bu başarılar daha da ileriye taşındı.

Günümüzde ise dünyanın dört bir tarafında yürütülen projeler sayesinde tamamen felçli insanların bile sadece düşünce yoluyla yönettikleri elektrikli tekerlekli sandalyeler, mekanik aletler ve bilgisayarlar sayesinde topluma katılacağı günler artık o kadar uzak görünmüyor.

BrainGate projesi ve buna benzer başka projeler sayesinde insanların sadece düşünce yoluyla bile en başta bilgisayar olmak üzere çeşitli araç ve gereci kullanmasının mümkün olduğu artık kanıtlandı. İşte, tam bu noktada bilim insanları bir adım daha ileri giderek kendilerine şu soruyu soruyor: Eğer beyin elektrotlar sayesinde bir bilgisayarı veya başka bir mekanizmayı kontrol altına alıp dilediği gibi yönetebiliyorsa, beyinden geçen düşüncelerin okunabilmesi de mümkün mü? Hatta insan beyninin elektrikle çalışan bir alet ile aynı çalışma ilkelerine sahip olma olasılığı gerçekten var mı? Buyurun şimdi, araştırma sonuçlarının ışığında bu soruların cevabını hep beraber bulmaya çalışalım.



Linus Carl Pauling



## Modern Analiz Yöntemleri

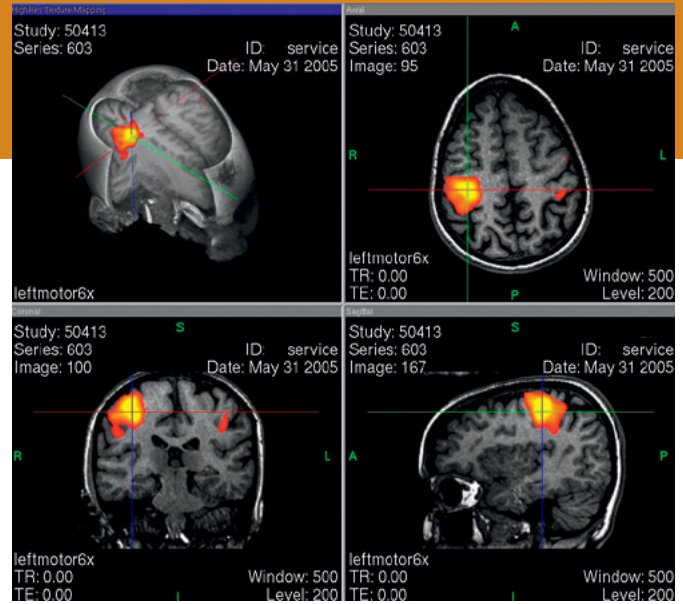
1875 yılından itibaren beyin fonksiyonlarının temelinde elektrik akımlarının yattığı biliniyor. Bu tarihten günümüze bilim insanları bu elektrik akımlarının yaydığı elektrik dalgalarını (beyin dalgaları) takip ederek, beyin nasıl çalıştığını bulmak için yoğun çaba sarf ediyor. Bilgisayarların bilim dünyasının da hizmetine girmesiyle birlikte son dönemlerde bu konuda yapılan araştırmalar hem sayıca arttı hem de daha somut sonuçlar elde edilmeye başlandı.

Günümüzde insan beyni konusunda uzman bilim insanlarının araştırmalarında kullandığı iki temel yöntem var: EEG ve fMRT. Her iki yöntemin de artıları ve eksileri var. Bilim insanları EEG sayesinde hem de neredeyse gerçek zamanlı olarak beyinde hangi duyguların ve düşüncelerin hâkim olduğunu (uyku hali, öfke, heyecan gibi temel durumlar) gözlemleyebilirken, fMRT ile bu duyguların ve düşüncelerin -zamansal açıdan EEG'ye göre biraz gecikmeli olsa da- beyin tam olarak hangi bölgesinde oluştuğunu gözlemleyebilir. Bu gözlemler ve analizler EEG ile çok pahalı donanımlara gerek olmadan gerçekleştirilebilirken, fMRT analizlerinde maliyet hayli yüksek. Fakat gerçekten sağlıklı analizler için aşılması gereken bilimsel zorluklar göz önüne getirildiğinde maliyet unsuru devde kulak kalıyor.

EEG ile beyinde meydana gelen heyecan, öfke ve uyku hali gibi genel değişiklikler çok kolay bir şekilde ve doğrudan tespit edilebilirken, bu değişikliklerin tam olarak beyin hangi bölgesinde veya bölgelerinde oluştuğu tespit edilemiyor. Duyguların ve düşüncelerin beyin tam olarak neresinde oluştuğunun gözlemlemesine yardımcı olan fMRT ise elektrik sinyallerinden değil ölçümler sırasında dolaşım sistemimizin beyin hangi bölümlerine ne kadar enerji götürdüğünün hesaplanmasından yola

## fMRT Yalan Makinesi

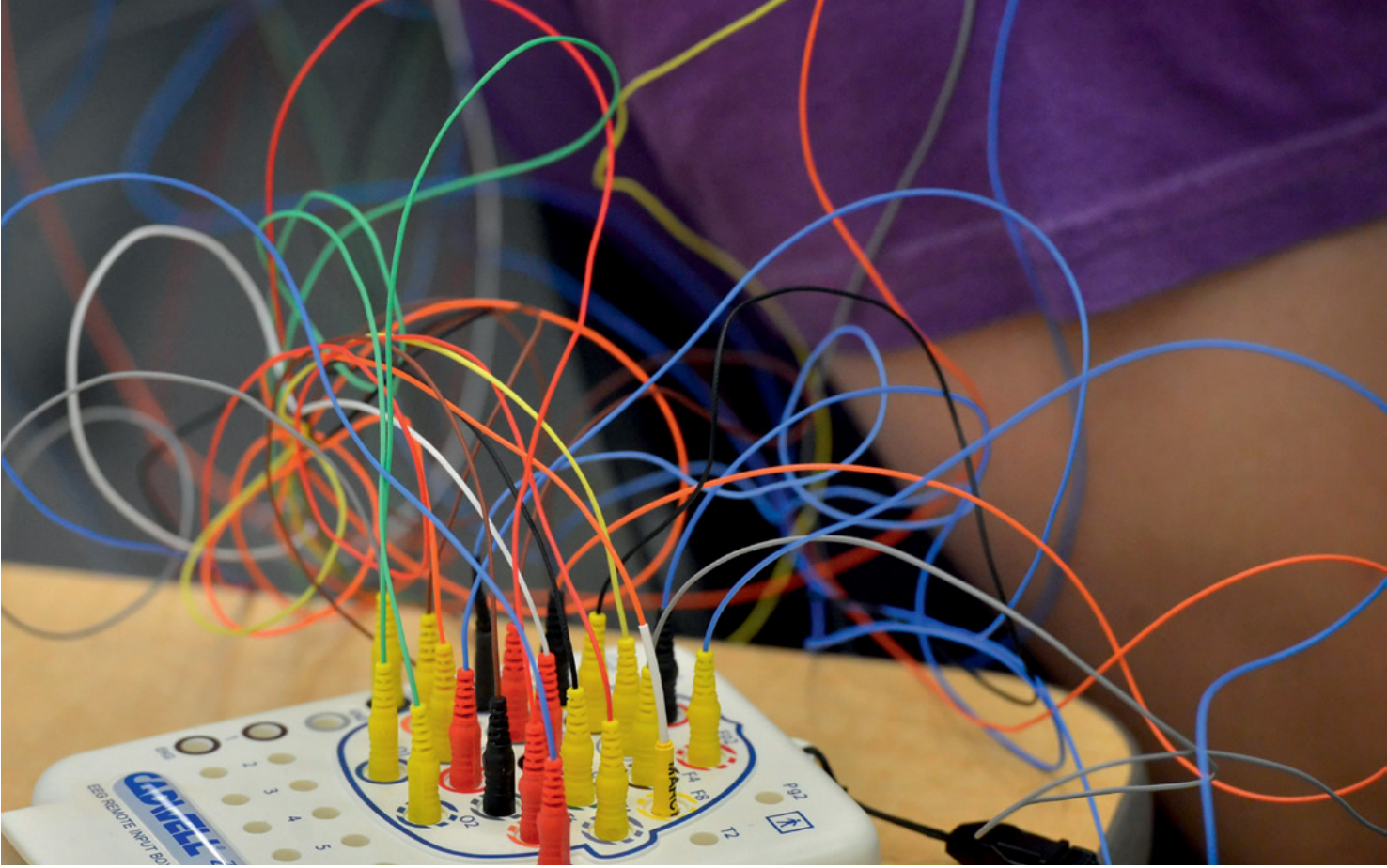
Tüm teknik sınırlarına rağmen fMRT'nin günlük hayatımızda kullanımı gittikçe yaygınlaşıyor. Bunun en son örneği fMRT tarayıcılarının yalan makinesi olarak da kullanılmaya başlanması. İki firma tarafından üretilen fMRT yalan makineleri, yaklaşık %90'lık bir doğruluk oranıyla sorulan bir soruya doğru cevap verilmediğini tespit edebiliyor. fMRT yalan makineleri bunu yaparken, yalan söyleyen kişinin beyinde (kişinin kendi yaptığı kurgulamalardan dolayı) doğru söyleyen kişiden daha fazla enerji harcanması gibi basit bir bilimsel geçekten yola çıkıyor.



## EEG

Türkçeye elektroensefalografi olarak çevrilebilecek EEG (*electroencephalography*) adlı beyin sinyalleri ölçüm yöntemi, 1924'te Jena Üniversitesi'nden (Almanya) nörolog ve psikiyatrist Hans Berger tarafından bulunmuştur. "Electroencephalography" kelimesi Yunanca "encephalon" (beyin) ve "gráphein" (yazmak) kelimelerinden türetilmiştir.

EEG aynı zamanda beyin dalgalarının kaynağı olan beyindeki elektrik sinyallerinin neredeyse gerçek zamanlı olarak takibine imkân vererek, kişinin ruh halinin büyük ölçüde doğru yorumlanmasını da sağlar (sakin, öfkeli, heyecanlı vb). Bugün de başarıyla kullanılan bir yöntem olan EEG'nin en önemli avantajı ölçümlerin fazla donanıma ihtiyaç olmadan düşük maliyetle yapılmasını sağlamasıdır, çok önemli bir dezavantajı beyinde oluşan duyguların ve düşüncelerin beyin tam olarak neresinde oluştuğu konusunda kesin bir bilgi verememesidir.



çıkıtılarından, beyindeki oluşumların niteliğini açıklamak açısından yetersiz kalıyor. Bunun yanı sıra insan beyninin dolaşım sisteminden çok daha hızlı çalışması ve fMRT'nin uyarıcı olan ve olmayan beyin sinyalleri arasında ayırım yapamaması da bu ölçümlere etki eden başka sorunları beraberinde getiriyor. Akla gelen diğer bir seçenek yani her iki yöntemin bir arada kullanılması

ise yeni bir çözüm sunmaktan çok uzak, çünkü bilim insanları ancak bir düşüncenin veya duygunun beyin tam olarak hangi bölgesinde veya bölgelerinde oluştuğunun bulunmasından sonra insan beyninin sırrının çözülebileceğini düşünüyor. Bundan dolayı EEG ile karşılaştırıldığında fMRT'nin bilim dünyasında EEG'den çok daha önemli bir yeri var.

## Rakamlarla İnsan Beyni

Belki de hiçbir organımız bize beynimiz kadar yakın ve aynı zamanda bir o kadar uzak değil. Yaşamımız için bu kadar büyük öneme sahip olan beynimiz aslında tam bir harikalar diyarı, fakat hakkında o kadar az şey biliyoruz ki. Hatta biraz abartırsak, gün gelip de beyin tüm sırları çözüldüğünde insanoğlunun dünyada belki de aralayamadığı tek bir sır perdesinin bile kalmamış olacağını iddia edebiliriz. Yüzyılı aşkın bilimsel çalışmalar sonrasında elimizde olan belki de tek şey, insan beyni hakkındaki hayli şaşırtıcı bazı sayısal gerçekler. İşte bunlardan bazıları:

İnsan beyni tahminen 100 milyar sinir hücresinden (nöron) oluşur. Bu neredeyse Samanyolu'ndaki yıldız sayısına denk bir rakamdır.

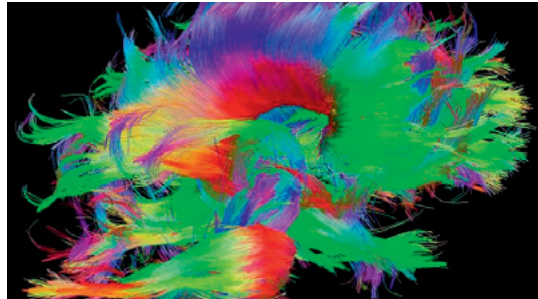
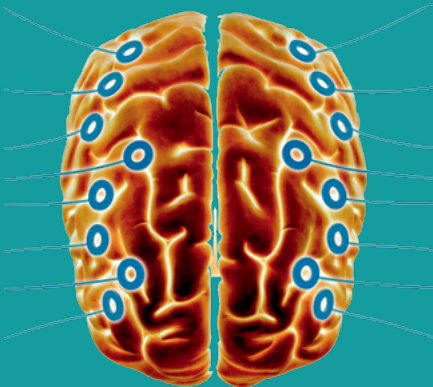
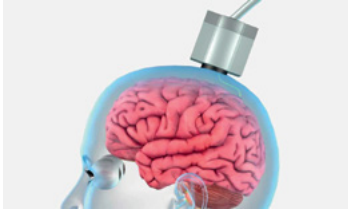
İnsan beynindeki 100 milyar nöron, 100 trilyon sinaps üzerinden birbirine bağlanmıştır. Dolayısıyla her bir nöron ortalama 1000 nöronla bağlantılıdır. Buna rağmen beyin birbirine en uzak bölgelerinde bulunan iki nöron en fazla dört adımda birbirleriyle iletişime geçebilir.

Sinir sisteminin yetişkin bir insan beyninde bulunan kısmının uzunluğu 5.800.000 km'dir. Bu rakam Dünya'nın çevresinin yaklaşık 145 katına eşittir.

20 Watt'lık bir enerji ile çalışan insan beyni, yetişkinlerde vücudun sadece %2'sini kaplamasına rağmen vücut enerjisinin toplam %20'sini harcar.

## Bazen Yol, Hedeften Daha Önemlidir

Tüm eksikliklerine rağmen aynı günümüzde olduğu gibi yakın gelecekte de beyin analizi için en geçerli yöntem fMRT olarak kalacak. Sadece bu yöntemin bile daha da geliştirilmesinin insan beyninde olanları daha iyi anlamamıza büyük katkıda bulunacağı açık. Diğer yandan insan beyninin işleyiş biçimi üzerine AB ve ABD tarafından başlatılan projelerin (*Human Brain Project* ve *BRAIN Initiative*) kısa vadede bilim dünyasına bir şeyler kazandırması hemen hemen imkânsız görünüyor. Bunun en önemli nedenlerinden biri fiziksel etkinliklerin kâğıt üzerinde belirlenmesi ile pratikte bunların altında yatan gerçeklerin deşifre edilmesi arasında dağlar kadar fark olması. İkinci bir neden ise böyle zorlu projelerin ne kadar süreceğinin önceden kestirilmesinin çok zor olması. Fakat ümidi kaybetmemekte de yarar var, niçin tüm bu araştırmalar sırasında edinilen her bir "bilgi kırıntısı" bile, örneğin felçliler veya çeşitli beyin rahatsızlıkları olanlar açısından daha şimdiden yeni yeni kapıların aralanmasına yetebiliyor. Sonuç olarak insanlığın son kalesi olan beyin "fethinin" daha uzun bir süre mümkün olamayacağı ortada olsa da bu konudaki araştırmaların devamı tüm insanlık açısından büyük önem taşıyor, çünkü bazen yol hedeften bile önemlidir.



### Kaynaklar

- Kaku M., *Die Physik der Zukunft- Unser Leben In 100 Jahren*, Rowohlt Verlag GmbH, 3. Basım, s. 83-94, Aralık 2012.
- Grolle, J., "Die Hirningenieure", *spiegel.de*, 2 Aralık 2013.
- Max-Planck-Institute für Biologische Kybernetik "Alternativmethode – fMRT beim Menschen", <http://hirnforschung.kyb.mpg.de/methoden/alternativmethoden.html>, 2014.
- Hackenbroch, V., "Neurowissenschaft: Großhirn-Voodoo", *spiegel.de*, 2 Mayıs 2011.
- Rojas, R., "Gedankenlesen im Zeitalter der Gehirnschanner", *heise.de*, 18 Kasım 2011.