

# Beyin Dalgalarıyla Oyun Oynamak

Akıl okumak, telekinezi, beyin dalgalarıyla nesnelere hareket ettirmek kulağa pek bilimsel gelmiyor olabilir. Fakat artık internetten bile kolaylıkla sipariş edebileceğiniz beyin dalgalarını okuyabilen cihazlar sayesinde, düne kadar imkânsız görünen birçok şeyi bugün yapabiliyoruz.



**I**nsanlar uzun süre fareler, joystick'ler, klavyeler, mikrofonlar, dokunmatik yüzeyler aracılığıyla bilgisayarlarla iletişim kurmanın yollarını aradı. Fakat tüm bu arayüzler, kas sisteminin hareket ettirilmesine dayalıdır. Oysa her zaman böyle olmak zorunda değildir. Bazen hiç umulmadık bir ölçüm, farkında olmadığımız verilerin ortaya çıkmasını sağlayabilir. İşte o zaman da görünmez veriler, örneğin beyin dalgaları, EEG (Elektroensefalografi) cihazlarının gelişmesiyle nesne kontrolünden oyun sektörüne kadar makinelere müdahale edebilmeye imkân sağlar.

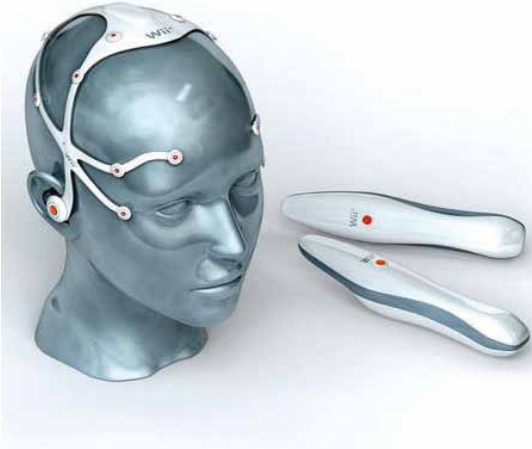
Beyin dalgalarının keşfi 1924 yılına dayanır, fakat Hans Berger'i bu meraka sürükleyen çok öncekileri yaşadığı garip bir deneyimdir. Hans Berger, astronomi eğitimi sırasında okulu yarıda bırakıp askeri bir göreve başlamaya karar verir. Bir gün, süvarilerle birlikte antrenman yaparken Berger'in atı şahlanır ve tam da topçunun önüne tehlikeli bir şekilde düşer. Ciddi bir zarar almasa da, titreyerek olayın şokunu atlatmaya çalışırken, çok uzaklarda olan kız kardeşi aynı anda onun tehlikede olduğunu sezip babasına telgraf göndermeleri için ısrar etmektedir. Berger, kız kardeşinin sezgilerinden fazlasıyla etkilenir ve telepatiye takıntılı bir ilgi duymaya başlar. 1897 yılında Jena Üniversitesi'nde doktorasını tamamlar ve 1906 yılında profesör olup üniversitenin psikiyatri ve nöroloji kliniğinin başına getirilir. Uzunca bir süre insan beyni üzerinde ölçümleme yaparak sağlıklı verilere ulaşmanın yollarını arar. 1924 yılında, Hans Berger insan beyninden ilk kez EEG (elektroensefalografi) kayıtlarını almayı başarır ve bu kayıtlar sayesinde beyinde birden fazla dalga boyu olduğunu da keşfeder. Berger ilk olarak, insanın rahatlamışken ve gözlerini kapattığında yaydığı 8-12 Hz arasındaki Alfa frekansını bulur. Bu dalga, aynı zamanda Berger Dalgası olarak da bilinir.



Berger'in ilk kayıt cihazı oldukça ilkelidir. Kayıt alabilmesi için, hastaların kafalarına gümüş teller yerleştirmesi gerekir ki, bu da oldukça zahmetli bir yöntemdir. Günümüzde bu teller çok daha gelişmiş alıcılara dönüştürülmüştür. Berger, yerleştirdiği bu gümüş alıcıları Lippmann Capillary Elektrometre'ye bağlar, fakat istediği sonuçlara bir türlü ulaşamaz. Daha sonradan piyasaya çıkan Siemens'in galvanometresi voltun 10.000'de biri gibi çok daha kesin sonuçları ortaya çıkardığında, beynin sır kapıları aralanmaya başlar. Berger, elde ettiği verileri beyin hasarı yaşayan hastalarını analiz etmek amacıyla kullanır. Fakat, basit etkileşimler için beyin dalgalarından tam anlamıyla yararlanılması 1970'li yılları bulur. Beyin dalgalarıyla kontrol meselesine en çok ilgi gösteren Amerikan hükümetinin Gelişmiş Araştırma Projeleri Ajansı (ARPA) olur. Vizyonları, askeri görevler esnasında beyin dalgalarıyla makineleri yönetebilmektir. Dolayısıyla, bu alanda en çok yatırım yapanlardan biri de yine ARPA olur.

## BBA (Beyin Bilgisayar Arayüzleri) Nedir?

BBA, beyin dalgalarıyla makineler arasında iletişim sağlayabilecek cihazların tümüne verilen isimdir. Bu cihazlar sayesinde, beynin ürettiği sinyaller örüntü ve sınıflandırma yöntemiyle kolaylıkla analiz edilebilir. Fakat, beyindeki 100 milyar sinir hücresinin birbiriyle ilişkisini anlamak ya da zihnin çalışma ilkelerini taklit edebilmek için gelişmiş bilgisayarların tarih sahnesine girmesini beklemek gerekecektir.



Beyin Bilgisayar Arayüzü kavramını tarihte ilk kullanan 1973 yılındaki çalışmasında EEG sinyallerini algılayıp örüntüler üzerinden çözümleme yapılabileceğini ortaya koyan Los Angeles'taki Kaliforniya Üniversitesi'nde (UCLA) bilgisayar bilimleri profesörü Jacques J. Vidal olur. Vidal, EEG sinyallerini analiz ederek belirli veriler üzerinden bilgisayara hareket komutları verebilen bir sistem tasarlamıştır.

1970'li yıllarda Kaliforniya Üniversitesi'ndeki Ulusal Bilim Vakfı ve ARPA'nın desteğiyle beyin-bilgisayar arayüzlerine dair ciddi araştırmalar başlatılır. Beyin dalgalarını okuyabilmek, özellikle duyma, konuşma ve hareket bozukluğu yaşayanlar için umut vaat eden bir yöntem olur. Beynin, sonradan yerleştirilen alıcılara yanıt verebilmesi ve esnekliği (plastisitesi) sayesinde uyum sağlayarak doğal işlemlerini sürdürebilmesi, bu alanın hızla gelişmesine de imkân tanır. Nöroprostatik (beynin içerisine yerleştirilen protezler) cihazların insan beynine yerleştirilerek kullanılması ise 1990'lı yılları bulur.

## Maymunlar, Robot Kolları Kontrol Ederken...

Motor davranışları kontrol eden motor korteks nöronlarının uyarılması için beynin işlevlerinin de keşfedilmesi gerekir. Bu nedenle, beyne yaklaşılan disiplinlerarası tarihsel gelişime ihtiyaç duyulması da kaçınılmazdır. 1980'li yıllarda John Hopkins Üniversitesi Bilişsel Bilimler Merkezi'nin yöneticisi

profesör Apostolos Georgopoulos, resus maymunları üzerinde motor kortekse dair birçok deney gerçekleştirir. Amacı maymunların motor korteks nöronları ve elektriksel tepkileri arasındaki matematiksel ilişkiyi bulmaktır. Georgopoulos, maymunların kollarını hareket ettirdikleri yönün aslında bir kosinüs fonksiyonuna bağlı olduğunu ortaya çıkarır. Aynı zamanda, dönemin teknik olanakları beynin tek bir bölgesinden kayıt almaya imkân tanımasına rağmen, motor davranışların beynin farklı bölgelerine dağılmış nöron grupları tarafından kontrol edildiğini ortaya atan ilk bilim insanıdır.

1990'lara gelindiğinde, BBA üzerine çalışmalar da hız kazanır. Hem teknolojik imkânların el vermesi, hem de beyne dair verilerin güçlenmesiyle motor davranışların ve görme sistemlerinin keşfine dair çok önemli atılımlar gerçekleşir. Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nden sinirbilim profesörü Richard Andersen, Brown Üniversitesi'nden sinirbilim profesörü John Donoghue, Neural Signals Inc. şirketinin kurucu ve yöneticisi Philip Kennedy "maymun düşüncesini okumak" fikriyle öne çıkan Brezilyalı bilimci Miguel Nicolelis ve Minnesota Üniversitesi'nden nörobiyoloji profesörü Andrew Schwartz tarafından kurulan araştırma grupları, karmaşık motor davranışları kontrol eden farklı nöron grupları üzerinde çalışır. Philip Kennedy ve çalışma arkadaşları maymunlara yerleştirdikleri elektrotlarla ilk kabuk içi (intracortical) beyin-bilgisayar arayüzünü oluşturmayı başarır. Bu çalışmalardan ilham alan Kaliforniya Üniversitesi'nden sinirbilim profesörü Yang Dan ve çalışma arkadaşları, 1999 yılında kediler üzerinde yapılan deneylerde görme işleminin beyindeki nöron karşılıklarını bulur. Algı merkezlerinden biri olarak tanımlanan "talamus" bölgesine yerleştirdikleri elektrotlarla 177 beyin hücresinin retinadan gelen sinyalleri nasıl işlediğine dair çok önemli sonuçlar elde ederler. Deney sırasında kısa filmler gösterilen kedilerin nöron ateşlemeleri kaydedilir. Matematiksel filtreler kullanan ekip, kedilerin gördüğü hareket eden nesnelere ve tanımlanabilir sahnelerin şifrelerini çözer.

İnsanlar üzerine benzer sonuçlar, Brezilyalı araştırmacı Miguel Nicolelis'in çalışmalarına dayanır. Beynin büyük bir alanına çoklu elektrotlar yerleştiren Nicolelis, sinyallerin anlamlarını ve neyi temsil ettiklerini bulmayı hedefler. İlk çalışmalarını fareler üzerinde yapan Nicolelis ve çalışma arkadaşları, maymunların robotik kolları kontrol edebileceği ilk beyin-bilgisayar arayüzlerini de oluşturan ekip-tir. Çalışmaları, maymunların yakalama ve ulaşma

### Dalga boyları frekans şeması

Tip	Frekans (Hz)	Davranış
Delta	4 Hz'e kadar	Yetişkinlerin yavaş dalga uykusunda ve bebeklerin çoğunlukla yaydığı beyin dalgalarıdır. Kimi sürekli dikkat testlerinde de gözlemlenmiştir.
Teta	4-7 Hz	Rehavet ve uyanılma durumlarında oluşur. Beynin rölanti halinde çalışması olarak da tanımlanabilir.
Alfa	8-12 Hz	Rahatlama ve yansıtma durumlarında oluşur. Gözlerin kapatılmasıyla beyin alfa dalgaları yaymaya başlar. Koma durumundaki hastaların da yaydığı beyin dalgalarıdır.
Beta	12-30 Hz	Uyanılma ve çalışma halinde oluşur. Uyarılmış, meşgul, aktif konsantrasyon durumlarında yayılan beyin dalgalarıdır.
Gama	30-100 + Hz	Çapraz algı anlarında ortaya çıkar. Örneğin, ses ve görme algularının bir arada kullanılmasıyla oluşur.
Mu	8-13 Hz	Ayna nöronlarıyla ilişkilendirilir. Motor nöronların rahatlaması durumunda ortaya çıkar. Mu dalgalarındaki baskılamının otizm ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

gibi gelişmiş el yeteneklerini kullanarak, robot kollarını hareket ettirmeye yöneliktir. Böylece maymunların, sadece beyin dalgalarıyla robot kollarını hareket ettirmesine de imkan sağlar.

## BBA Nasıl Çalışır?

BBA'ların yapılması, beynin yaydığı sinyalleri okuyabilen alıcıların kullanıldığı EEG cihazları sayesinde mümkün olmuştur. Beyinde iki türlü iletişim vardır: Kimyasal ve elektriksel. Her ikisinin de izlenebilir etkileri vardır ve bu verileri EEG aracılığıyla elde etmek de pekâlâ mümkündür. BBA beyindeki elektriksel hareketlerle ilgilenir; bu elektriksel hareketler, nöronların eylem potansiyellerinin tetiklenmesi ve aksonlar boyunca iletilmesi ile ortaya çıkar. Kafatası üzerine yerleştirilen sensörler, beynin içerisinde gerçekleşen bu elektriksel etkinliği tespit edebilir. Fakat bu sinyallerin tespit edilmesi, bir EEG verisinin etkin olarak bir arayüzde kullanılması için elbette yeterli değildir. Beyin, bir gürültü havuzudur. Elektriksel aktivitelerden elde edilen veriler, sanılacağı gibi bir fotoğraf makinesiyle elde edilmiş gibi net ve berrak değildir. Aksine, okuması oldukça güç ve müthiş gürültülü dalgalarla karşılaşmak çok olasıdır. Bu nedenle, sinyallerin işlenmesi ve okunabilmesi için bilim insanları çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Örüntü tanımlama ve sınıflandırma adı verilen bu yöntemler, bir önışlem olarak da düşünülebilir. Beyin verisi sinyali alındıktan sonra, bu bilginin içindeki örüntüler tanımlanır ve toplanan veri-

leri çözümlmek için yıllar boyunca geliştirilmiş çeşitli algoritmalar uygulanır. Böylece beyin dalgaları tanımlanabilir bir veriye dönüştürülür ve çeşitli arayüzler aracılığıyla kullanılabilir duruma gelir.

## Beyin ve Dalga Boyları

EEG cihazları, beyin dalgalarını frekans aralıklarına göre okur. Bu frekanslar:

**Beyin Dalgalarıyla Robotik Kontrol:** 2000'ler maymunların kontrol kolu kullanarak bir yiyeceğe ulaşabildiği arayüzlerin geliştirildiği dönemler olur. Gerçek zamanlı ya da internet protokolü üzerinden çalışan BBA sayesinde, maymunlar hareket eden kolu görmeseler ya da herhangi bir geri bildirim almasalar da robot kolu istenildiği gibi hareket ettirebilir duruma gelmişlerdir. Bu da açık-döngülü BBA modellerinin ilk örneklerinin ortaya çıktığı anlamına gelir. Özellikle Kaliforniya-Berkeley Üniversitesi'nde elektrik mühendisliği dalında Asistan Profesör olarak görev yapan Jose Carmena ve çalışma arkadaşları, maymunların robot kolları kullanarak istenilen nesneye ulaşma ve kavramalarını sağlayan sinirsel programlamaları sayesinde, beyin bilgisayar arayüzlerinde çığır açan bir dönemi başlatmıştır. Aynı dönemde Duke Üniversitesi Nörobijoloji Bölümü'nde araştırmacı olarak çalışan Mikhail Lebedev de beyin ağlarının ve dudak hareketlerinin okunmasıyla çok daha yeni bir robotik dönemin yolda olduğunun habercisi olur.



BBA teknolojisinin en problemlili taraflarından biri, alıcıların beyin sinyallerine dair güvenilir, kesin ve sağlam bilgiler veremeden henüz yoksun olmasıdır. İnsan metabolizmasının değişimi bile bu sinyallerin verilerini etkilemek için yeterli bir sebeptir. Dolayısıyla, önümüzdeki 20 yılda çok daha güçlü alıcıların üretilmesi ve BBA kullanılarak yeni iletişim yöntemlerinin geliştirilmesi öngörülmüyor. Fakat şimdilik, laboratuvarından çıkıp halkın tüketimine ulaşan farklı iki cihaz var: Emotiv Epos ve NeuroSky Mindset.

**Emotiv Systems: Epos Headset:** Emotiv Systems, EEG teknolojisini kullanarak BBA'lar üzerinde çalışan Avustralya merkezli bir şirket. 2003 yılında sinirbilim profesörü Alan Snyder, yonga tasarımcısı Neil Weste ve teknoloji girişimcisi Tan Le tarafından kuruldu. Özellikle oyun sektörü için çığır açıcı bir teknoloji olarak öne sürdükleri Epos'un bilim kurgu filmlerini andıran tasarımı, Sydney merkezli, endüstri ürünleri tasarlayan 4Design'a ait. Yüz hareketlerini ve beyin farklı 4 dalgasını algılayabilen Epos için, aynı zamanda açık kaynaklı uygulama geliştirmek de mümkün.

Epos'ta 14 elektrot (standart tıbbi EEG cihazının üzerinde 19 adet bulunur) ve kafa hareketlerini ölçmek için bir de jiroskop (gyroscop) var. Cihazın en problemlili tarafı, düşüncelerimize uyum gösterebilmesi için bir süre egzersiz yapmanızı gerektirmesi. Epos, çeşitli kategorilerde birbirinden farklı veri elde edebiliyor. Bunlar:

**1. Bilinçli Düşünceler:** Farklı 12 hareket düşünüyorsunuz. Bunlar sağ, sol, aşağı, yukarı, ileri ve yaklaşmak (zoom) olmak üzere 6 farklı yön hareketi ve saat yönüne, saat yönünün tersine, sağa, sola, ileriye ve geriye eğilmek olmak üzere 6 farklı dönüş hareketi. Cihaz ayrıca Mu ( $\mu$ ) frekanslarının da (8-13hz arasındaki dalga boyu) okunmasıyla görsel sinyali de tanımlayabilme yeteneğine sahip.

**2. Duygular:** Epos heyecan, sıkıntı, hayal kırıklığı gibi duyguların da ölçebiliyor. Duyguların isimleri her ne kadar durumu berrak bir şekilde tanımlayamasa da, şimdilik güçlü bir iddia olarak sistemin tanımları arasında yer alıyor. Henüz firma tarafından böyle bir uygulamanın kanıtı gösterilebilmiş değil.

**3. Yüz Hareketleri:** Yüz hareketlerinin okunması, beyin dalgalarının okunmasıyla değil EEG alıcılarının yüz kaslarının hareketlerini tespit edebilmesiyle mümkün oluyor. Epos kaş ve kırpık pozisyonları, gözün yatay düzlemdeki hareketleri, gülümseme, gülme, yüzü sıkma ve sırtıma gibi hareketleri algılayabiliyor. Emotiv Systems, ürünün bir sonraki sürümüne daha fazla yüz hareketi eklemeyi düşünüyor.

**4. Kafa Hareketleri:** Kafanın döndürülmesini okumak henüz cihazın yetenekleri arasında değil. Ölçme, daha çok kafanın rotası ve bulunduğu noktaya dair yapılabiliyor. Bu da, Epos'un içine yerleştirilmiş bir jiroskop sayesinde oluyor.

Emotiv'in Epos teknolojisiyle yapabilecekleriniz aslında yepyeni dünyalara açılmanızı sağlayabilir. Onlar her ne kadar oyun endüstrisi üzerine odaklanmış olsalar da, şimdiden cihazı kullanarak müzik yapmak, bulunan ortamın ışıklarını kısip açmak

dahil olmak üzere birçok deneme yapılmış durumda. Dolayısıyla beyin dalgalarını kullanarak çok çeşitli deneyler yapma imkânı artık evlerimize kadar ulaşmış durumda. Üstelik bunun için çok ciddi bir bilimsel altyapıya da gerek yok. Emotiv Systems dışında, beynin yalnızca farklı 2 dalgasını ölçerek oyun sektöründe isim yapmaya çalışan bir başka firma daha var: NeuroSky.

**NeuroSky: MindSet:** NeuroSky'nin Mindset adını verdiği teknolojisi, Emotiv'in aksine çok daha basit bir tasarıma ve teknolojiye sahip olmasına rağmen, çok büyük bir oyun firmasıyla işbirliği sayesinde piyasada çok daha hızlı adını duyurmuş durumda. Özellikle, StarWars markası altında ürettiği ve alfa-beta dalgaları arasındaki konsantrasyona yönelik ölçüm uygulayan "Star Wars Force Trainer" adlı oyuncağıyla yeni nesil çocukların kafasında yer etmeye başladı bile.

NeuroSky, 2004 yılında San Jose'de Stanley Yang tarafından kurulan, Kaliforniya merkezli bir BBA şirketi. Bünyesinde iş adamlarından mühendislere, bilim insanlarından araştırmacılara kadar çok çeşitli insanlar çalışıyor. Amaçları da EEG teknolojisini kullanarak hem çok uygun fiyatlara satın alınabilir bir cihaz yaratmak, hem de oyun ve oyuncak sektörüne girerek yeni nesil çocuklara "joystick"ler yerine alternatif bir arayüz sunmak. Şimdilik ürünlerini doğrudan kullanıcılara satmayı düşünmüyorlar. Bunun yerine ürün geliştiricilere ve lisanslı yazılım uygulamacılarına yönelmiş durumdadır. Fakat piyasaya çıkardıkları farklı iki oyuncak aracılığıyla bu ürüne ulaşmak mümkün.

## Tansy Brook: NeuroSky İletişim Direktörü

Mindset, artık medya sanatçılarından oyun geliştiricilerine kadar birçok insanın yeni oyuncağı. NeuroSky'nin İletişim Direktörü Tansy Brooks, bu teknolojinin çalışma ilkelerini, hedefleri ve BBA'nın geleceğini anlattı.

### NeuroSky Teknolojisi MindSet Nasıl Çalışıyor?

ThinkGear, tüm NeuroSky ürünlerinin içinde yer alan ve beyin dalgalarını okumaya yarayan bir teknoloji.

Alna yerleştirilen bir alıcı, veriyi işleyen tümleşik bir çipten ve kulakları referans bölgesi olarak alan bir kulaklıktan oluşuyor. İnsanın dikkat ve meditasyon hallerine "eSenses" adını veren Neurosky, beyin dalgalarını ThinkGear çipi sayesinde okuyabiliyor.

ThinkGear'in içindeki eSenses algoritmaları, beyindeki dikkat ve meditasyon halindeki dalga frekanslarını okuyarak çalışıyor ve aldığı bilgiyi sayısal bir sinyale dönüştürerek işliyor. Sonrasında, sinyaller genellikle bilgisayara olmak üzere çeşitli cihazlara aktarılabilir. Tüm sistemin çalışmasını sağlayan ara birim olan MindSet, aynı zamanda beyin dalgası verilerini (kas hareketleri de dahil olmak üzere) aktarabilme yeteneğine sahip. Bu tür veriler, bir EEG cihazının algıladığı tüm dalga boylarını içeriyor (alfa, beta, teta, gama) ve çoğunlukla ürün geliştiriciler tarafından kullanılıyor.

MindSet, bilgisayarla iletişim kurmak için Bluetooth seri protokolünü kullanıyor ve böylelikle ürün geliştiricilerin bilgisayar ve diğer cihazlar için uygulama geliştirmesine de imkân veriyor.

## NeuroSky, BBA'nın Geleceğini Nasıl Değerlendiriyor?

Gelecekte BBA, günlük hayatımızla bütünleşmiş olacak ve etrafımızdaki cihazları zihnimizle kontrol edebilmemize imkân verecek. Makineleri zihinsel durumlarımız ve duygularımıza uyarlamamızı sağlayacak, kendimiz ve zihnimiz hakkında çok daha fazla bilgi edinmemize yardımcı olacak. NeuroSky, gelecek 10 yılda sağlık, eğitim, otomotiv, güvenlik, oyunlar ve oyuncaklar alanında ciddi çalışmalar gerçekleştirmeyi düşünüyor. Ortaklarımızla BBA'yı yeni çıkan cihazlarla bütünleştirmeye çalışıyoruz. Örneğin, eve geç döndüğünüzü ve arabanızı kullanırken yolda uyuyakaldığınızı düşünün. Böyle bir durumda, arabanız yorgun ve uykulu olduğunuzu algılayıp kendini yolun kenarına çekip alarm vermeye başlayabilir. Gelecekte, BBA'nın gücünden etkilenmeyen çok az endüstri olacaktır.

## Bu Teknolojiyi Ne Kadar İleriye Taşımayı Planlıyorsunuz?

Bir şeyleri yapmadan bilmek şimdilik imkânsız. Özellikle de elinizde böyle bir teknoloji varsa. Sürekli yeni bir araştırmacı ya da yeni endüstrilerden ortaklarla karşılaşıyoruz ve hepsinin de teknoloji-

mizi uygulayabilecekleri inanılmaz fikirleri var. Biz bir teknoloji platformu sağlıyoruz ve kendi ürünlerinin uzmanları olan ortak firmalarla çalışıyoruz. Örneğin, oyuncakta Mattel, tüketici elektroniklerinde Toshiba, oyun sektöründe Square Enix.

## NeuroSky'da Hangi Disiplinlerden İnsanlar Çalışıyor?

Mühendisler, araştırmacılar, pazarlamacılar ve satışçılar. Daha çok mühendislik odaklı bir şirketiz.

## NeuroSky'ın Bu Alanda Karşılaştığı Zorlukları Nelerdir?

Bizim için en zoru, sensörlere jel sürmeden, kuru olarak kullanma problemini çözmeye çalışmak oldu. Ayrıca beyindeki gürültüyü filtreleyip temiz bir veriye ulaşmak da işin en büyük zorluklarından. Tabii bir de, yalnızca uzmanların değil, herkesin bu teknolojiyi kullanabileceği bir algoritma yaratmaya çalıştık. Gelecekte, sinirbilim geçmişi olmayan ürün geliştiricilere çok daha fazla imkân tanıyan algoritmalar eklemek istediğimizde karşılaşılabileceğimiz zorluklar olabilir. Cihaz üzerindeki alıcıları daha kusursuz hale getirmek ve kullanıcı dostu ama çoklu alıcılara sahip bir ürüne dönüştürmeye çalışmak da olabilir. Şimdilik çok hızlı ve iyi ilerliyoruz ve gelecek sene bu yenilikleri duyurmayı planlıyoruz. Çok uçlarda bir teknoloji olduğu için, insanların tam olarak anlaması zor oluyor. İnsanlar daha çok dijital cihazlarla haşır neşir olmuşlar ve beyin bu anlamda analog kalıyor. Örneğin, Matter Mindflex'i ilk piyasaya sürdüğümüzde, insanlar cihazın beyin dalgalarını okuduğuna bir türlü inanmak istemedi. Çünkü onlar için böyle bir şey neredeyse imkânsız, hatta büyü gibi. Fakat ürün yaygınlaşmaya başladıkça, herkes deneme şansına erişti ve böyle bir şeyin mümkün olduğuna ikna olmaya başladı. Bizim açımızdan teknolojimizin kapasitelerini ve limitlerini görebilmek için iletişim kurmak çok önemli, ancak o zaman ileriye gitmek için anlamlı adımlar atabiliriz.



1982 doğumlu. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nde sosyoloji okudu. Boğaziçi Üniversitesi'nde, Bilişsel Bilimler dalında yüksek lisansa başladı, bitirmede. Okul hayatı boyunca makinelere, yazılımlara ve zihne ilgi duydu. 2000'den itibaren bazı teknoloji firmalarında çalıştı. 2004'ten beri çeşitli internet sitelerinde ve dergilerde yazıyor. Bir yandan da, teknoloji/sanat/etkileşim odaklı "nerdworking" kolektifinin ortağı ve teknoloji projeleri yönetiyor.



### Kaynaklar

Berger, T., Chapin, J., Gerhardt, G., McFarland, D., *Brain Computer Interfaces*, Springer Science, 2008.  
Berger, T., *Toward replacement Parts of the Brain: Implantable Electronics As Neural Prostheses*, The MIT Press, 2005.

Pagel, J., *The Limits of Dream: A Scientific Exploration of the Mind/Brain Interface*, Academic Press, 2008.  
Emotiv Headset, <http://www.emotiv.com>  
NeuroSky, <http://neurosky.com>