

## **TEKNOFEST**

**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALI**

**BİYOTEKNOLOJİ İNOVASYON YARIŞMASI**

**PROJE DETAY RAPORU**

**ÜNİVERSİTE VE ÜZERİ SEVİYESİ FİKİR KATEGORİSİ**

**TAKIM ADI**

**EpiMED**

**PROJE ADI**

**Mobil Uygulama ve Yapay Zekâ Destekli Taşınabilir EEG Cihazı**

**BAŞVURU ID**

**445594**

## İçindekiler

### 1. Proje Özeti

Türk Nöroloji Derneği'nin yaptığı güncel açıklamaya göre dünya genelinde 70 milyon epilepsi hastası bulunmak ve buna ek olarak her yıl 2,4 milyon yeni epilepsi teşhisi koyulmaktadır [1]. Bu rakamlar neticesinde nörolojik rahatsızlıklar ve epilepsi özelinde son yıllarda çalışmalar yoğunlaşmıştır. Epilepsi, beyinde oluşan elektriksel aktivitenin bir anda boşalması sonucu kişinin bilincini kaybetmesine neden olmaktadır [2]. Epilepsi hastaları ele alındığında, akla ilk gelen sorunlar şu şekildedir; sosyal hayatta yer alamama, yalnız bırakılmama, habersiz gelen nöbetler sonucunda ciddi yaralanma riski oluşması, geçirilen nöbet sonrasında hastanın maruz kaldığı hırsızlık vakaları, çevrenin yanlış müdahalesi, doktor muayenesi sırası doğru bilgi verememe, uzun ve zor elektroensefalografi (EEG) çekimleri şeklinde sıralanabilmektedir [3]. Sağlık teknolojileri alanında yapay zekâ desteği kullanılması günümüzde artış göstermektedir. Bu alan üzerine birçok çalışma ve yatırım yapılmaktadır. Akıllı telefonların hayatımıza girmesi ile mobil uygulamalar sayesinde kişiselleştirilmiş asistanlar ve veri takibi kullanımı artmıştır [4]. Giyilebilir teknolojilerin gitgide kullanımının artması da takibi zor rahatsızlıklar için umut olmaktadır. Taşınabilir EEG cihazlarının gelişimi, yapay zekâ sınıflandırmalarının %99'a kadar başarılı sonuçlar vermesi gibi güzel neticeler ile bizler bu çözümleri birleştirecek bir proje fikri sunmaktayız. Amacımız, başta epilepsi olmak üzere nörolojik hastalıkların takip ve tedavisine destek sağlayacak bir ürün ortaya çıkarmaktır. Düşük maliyet ve yerli üretim ile tüm hastaların ulaşabilmesi ilk hedefdir. Çözüm önerimiz, beyinden algılanan elektriksel aktivitede sorunlu kısımları yapay zekâ algoritması ile tespit edip, mobil uygulama üzerinden gösterebilmektir. Proje çalışması sonucunda hastaların gündelik hayatları etkilenmeyecek, sosyal yaşamları aksamayacak ve tedavi süreçleri çok daha rahat ilerleyecektir. EEG tabanlı sistemin doğruluk oranıyla yüksektir. Bu sayede hastalar nöbet öncesinde uyarılabilecek. Rahat tasarım ve donanım sayesinde günün her vaktinde kullanılabilecek. Her an yanlarında olan akıllı telefonlar sayesinde olabilecek en hızlı şekilde uyarılabileceklerdir.

### 2. Problem/Sorun

Epilepsi başta olmak üzere nörolojik rahatsızlığı olan bireylerin takibi zordur. Habersiz gelen nöbetleri hastalar hatırlayamaz ve doktorlarına nöbet sonrası yaşadıklarını anlatamazlar. Bu durum yanlış doz ilaç verilmesine ve hatta yanlış teşhis koymaya neden olabilmektedir.

Hastalar, yakınları tarafından genelde tek bırakılmamaktadır. Dolayısı ile hastalar özel alan oluşturmakta zorlanmaktadırlar. Okul çağındaki hastalar akranları tarafından zorbalık görebilmektedir. Bu kişiler, sosyal hayatlarından soyutlanmak zorunda kalarak psikolojik zarara uğramaktadır [5].

Habersiz ve aniden gelen epilepsi nöbetleri, ciddi yaralanmalara neden olmaktadır. Hastaların yarısından çoğu, nöbet sırasında baş ve boyun kısımlarını tehlikeli yerlere vurmaktadır.

Doktorlar, hastaların nöbet geçmişi, nöbet profili gibi verileri zor takip etmektedir. Bu durum az hasta ile uzun zaman çalışılmasına neden olmaktadır [6].

## Psikososyal Sorunlar

- Epilepsi teşhisi konulmuş okul çağındaki bireyler birçok sorunlara baş etmek zorundadır. Akran zorbalığı yanı sıra iyi niyetli ayrıştırma da olmaktadır. Ayrıca okul etkinliklerine, yarışmalara hasta bireyin katılımı da risklerden dolayı azaltılmaktadır.
- Epilepsili bireyler hayatlarının büyük bölümünde tek başına değillerdir. Kişisel ihtiyaçları, insan ilişkileri deşifre olarak yaşamaktadırlar.
- Günlük hayatta olası zorlu durumlarda, bireyin nöbet geçirme ihtimalinin artması söz konusudur. Aynı zamanda nöbet geçirme korkusu ile birey zorlayıcı tüm durumlardan kaçma eğilimindedirler.
- Epilepsili bireyler, işverenler tarafından tercih edilmemektir. Bireyler, epilepsi için zor şartlar sunan ama istedikleri mesleklerden uzak durmak zorunda kalmaktadır.
- Epilepsili bireyler evlilik ve çocuk yapma konularında çekingen davranmaktadır.
- İlaça bağlı yaşam sürmek ve bu ilaçların etkisi ile başa çıkmaya çalışmak zorundadırlar.

## Nöbet Sırası ve Sonrası Oluşan Sorunlar

- Aniden gelen nöbet nedeniyle bireyler tehlikeli yerlerde düşmekte ve hayati yaralanmalar ile karşı karşıya kalmaktadır.
- Psikolojik travmalar oluşmaktadır.
- Hırsızlık/gasp olayları bu kişilerin gündelik hayatlarındaki büyük tehlikelerden biridir.
- İstismar/tecavüz riskleri, epilepsili bireyler için yüksektir.

## Takip ve Tedavi Süreci Oluşan Sorunlar

- Doktorların az hasta ile çok ilgilenmek zorunda kalması sağlık sistemine ciddi yük oluşturmaktadır.
- Uzun süren EEG çekimlerinin sıklıkla tekrarlanamaması teşhis/tedavi sürecini uzatmaktadır.
- Hastanın nöbet geçmişi ve nöbet şiddetinin takibinin yapılamaması yine tedavi sürecinde yanlış ve yavaş ilerlemeye sebep olmaktadır.
- Yanlış ilaç veya yanlış ilaç dozu verilebilmektedir.

## Var Olan Çözümler Ve Yetersizlikleri

Epilepsi nöbetleri modern tıpta ilaç tedavisi ile kontrol altına alınmaya çalışılan bir hastalıktır. Ancak ilaç tedavisi, ilaca dayanıklı epilepsi vakalarında tam çözüm yolu sağlamamaktadır. Epilepsili hastaların yaklaşık üçte biri ilaç tedavisine olumlu cevap vermemektedir. Bu nedenle bütün hastalarda sonuç alınabilen ortak bir çözüm gereklidir. Konunun uzmanları ve epilepsi hasta bakıcılarını içeren pek çok anket sonucunda hastaların ev ortamında giyilebilir cihazlar kullanarak güvenilir bir nöbet tespitine ihtiyaçları olduğunu göstermiştir [7].

EEG tabanlı olmayan otomatik nöbet tespiti, belirli nöbet türleri için hassas ve nispeten spesifiktir, örneğin bir çalışmada %94,6 hassasiyet ve 0,2/24 saat yanlış alarm oranı rapor edilmiştir [8].

Epilepsi nöbeti tespit sistemleri için EEG tabanlı sistemler dışında pek çok farklı prensiple çalışan sistem geliştirilmiştir. Elektromiyografi (EMG) tabanlı sistemlerle kas izlenmesi ve kalp ritmi, solunum hızı, vücut ısısı gibi etmenleri takip edip yapay zekâ veya bağlı olduğu merkez üzerinden uyarı yapan cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlardan **epiNightNurse** epilepsi hastası çocukların video izleme teknolojisiyle uyku anında geçirecekleri nöbetleri vücut hareketleriyle tespit edebilmeyi ve nöbet anında ebeveynleri uyarabilmektedir. Ancak nöbet öncesi ölçümün eksik olması ve sadece uyku halinde kullanabilmesi hastaların gündelik hayatları içerisinde geçirebilecekleri nöbetlerin tespiti için yeterli değildir. Benzer şekilde gece vakitlerinde kullanılmak üzere tasarlanmış olan ve vücut hareketleri, kalp atışı gibi değişkenleri ölçen **Nightwatch** aynı sebeplerden yetersizdir. Mobil bir uygulama yerine yapay zekâ ile bağlandığı istasyondan uyarı gönderen sistemi de uyarı için yavaş bir sistemdir. **Empatica** ve **Epi-Care**'de önceki örnekler gibi EEG tabanlı olmayan sistemlerdir. Epi-Care nöbetin öncesinde uyararak yerine nöbet anını tespit edip hasta yakınlarına uyarı gönderme prensibiyle çalışır.

Piyasada kullanılmakta olan epilepsi tespit cihazları **Epi-Med**'in aksine EEG tabanlı değildir. Epilepsi nöbetlerinin türleri ve değişik semptomları nedeniyle beyin fonksiyonları dışında ölçüm yapılmaya çalışılan başka yöntemler pek çok hatayı yanında getirebilir. Beyin aktivite bozukluğu olan epilepsi atağının en doğru ve hızlı tespiti için beyin sinyallerinin algılandığı bir sistem düşünülmüş ve herhangi bir istasyon veya uyarıcı modül dahil edilmeden doğrudan hastaların telefonlarına entegreli bir uygulama yardımıyla hızlandırmak amaçlanmıştır [9]. Sistemin bir diğer avantajı ise mobilitesinden kaynaklanmaktadır. Hastanede bulunan yerleşik EEG cihazlarının sürekli kullanımı cihazların belirli bir süre kullanılabilmesi en belirgin sorunlardan biridir. Buna ek olarak, EEG ölçümü sırasında hastanın nöbet geçirmemesi de yine bu kayıtların sıklıkla tekrar edilmesini ve uzun süreli EEG kayıtları alınmasını gerektirir. Aynı zamanda holter EEG cihazlarının sınırlı kayıt kapasiteleri ve kabloların ağırlığı nedeniyle kullanım zorlukları bulunmaktadır. Cihazımız hem yerleşik EEG'lerin konum dezavantajını hem de taşınabilir holterlerin konforsuzluğunu ortadan kaldıracaktır.

### 3. Çözüm

Tüm sorunlara ve yetersizliklere karşı en etkili çözümün hastaların nöbet öncesi uyarılabilmesi olduğunu düşünmekteyiz. Nöbet öncesinde, beyindeki elektriksel değişimi algılayan yapay zeka yüksek başarı getirecektir. Hastalar kontrol edemedikleri epilepsi ataklarını önceden haber alarak kendilerini güvenli bir pozisyona geçirebileceklerdir. Bu sayede ağır yaralanmalar başta olmak üzere, bilinç kaybından kaynaklı her türlü zararın önüne geçilebilecektir.

Projenin ilk aşaması prototip oluşturmaktır. Prototip sayesinde veri toplama, headset tasarımı, elektrot seçimi, ergonomik tasarım seçilmesi, malzeme seçimi, algoritma seçimi konularında kesin kararlar verilmiş olacaktır. Prototip için OPEN BCI Markasının 8 kanallı EEG Kiti Kullanılacaktır. Prototip sonuçları doğrultusunda aşağıda bahsedilecek olan adımlar nihai ürün için gerçekleştirilecektir.

#### 1. Donanım

##### 1.1. CAD Tasarım

EEG tasarımının ön çalışması için, farklı tasarımlar değerlendirilmiş ve insan baş anatomisi incelenmiştir. Elde edilen veriler ile cihazın ağırlık yük dağılımı hesaplanarak başta yapacağı

yük en aza indirecek şekilde tasarlanmıştır. Cihazın, hasta üzerinde uyanık olduğu tüm süre boyunca kalacağı göz önüne alınarak, sürenin uzunluğundan kaynaklı boyuna yapacağı ağırlık hem tasarım hem de malzeme seçimiyle hasta için yorucu olmayacak bir forma getirilmiştir. Tasarımın önemli bir noktası ergonomik olmasıdır. Bu sayede hastalar cihazı bir aksesuar gibi kullanabileceklerdir. Cihazın konfor standartlarına uymasının yanı sıra dış görünüşünün sosyal çevreye uyması ve entegre olması bir diğer önemli husustur. Bireyleri sosyal hayattan uzaklaştıracak, kaba görünüme sahip tasarımlardan uzak durulacaktır. Tasarımın modellenmesi için bilgisayar destekli tasarım (CAD) programı olan SolidWorks kullanılacaktır.

### **1.1.1. Elektrotlar**

Hastanelerde kullanılan EEG cihazlarında iletim kalitesi nedeni ile altın kap elektrotlar kullanılmaktadır. Bu elektrotlar ile deri arasındaki iletkenliği ve sağlam birleşmeyi arttıran jel kullanılmaktadır. Projemiz, günlük kullanımı amaçladığı için kuru tarak elektrotları tercih edilecektir. Kuru tarak elektrotları sayesinde jel kullanılmayacaktır.

### **1.1.2. Bluetooth**

Donanımda, EEG sinyalleri için özelleştirilmiş bir kart kullanılacaktır. Toplanan verilerin mobil cihaza gerçek zamanlı aktarımı için iletim hızı yüksek ve boyutu küçük bluetooth kartı eklenecektir. Wi-fi teknolojisi; şarj tüketimi, wifi ağı gereksinimi gibi sebeplerden dolayı tercih edilmemiştir.

### **1.1.3. EEG Modülü**

Taşınabilir EEG cihazı projesi için EEG sinyalleri için özelleştirilmiş bir kart kullanılacaktır. EEG sinyalleri  $\mu V$  seviyelerinde elektrik potansiyelleridir [10]. Bunun için işlemlerden geçerek veriler elde edilmektedir. Yükseltme, filtreleme vb işlem birimlerini içeren modüller kullanılmaktadır.

## **1.2. Analiz**

Planlanan tasarımın analizi sonlu elemanlar yöntemi olan ANSYS programı kullanılarak yapılacaktır. Ürün tasarlanıp modellendikten sonra üretim aşamasına geçilmeden test edilecektir. Olası tasarım hatalarının önceden tespit edilip düzeltilmesine ve gereksiz maliyetin düşürülmesi sağlanacaktır. Sonlu elemanlar yöntemi ile fiziksel dünya şartları simülasyon ortamında değerlendirilecek ve olası yıpranma, bozulma, yetersiz konfor durumlarına karşı önlemler alınacaktır.

## **1.3. Üretim**

Analiz adımının tamamlanmasıyla elde edilen nihai ürün 3D Yazıcı teknolojisiyle basılacaktır.

## 2. Yazılım

### 2.1. Yapay Zekâ

Beyin ve beyin hücreleri olan nöronların çalışma prensipleri taklit edilerek günümüze kadar çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Projemizde EEG sinyalleri için performansı en yüksek algoritmalar tercih edilecektir. Literatürde bulunan başarılı çalışmalar referans alınarak, açık kaynak veriler üzerinde denemeler yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

#### 2.1.1. Veri Toplama

EEG tabanlı Beyin Bilgisayar Ara yüzü (BCI) teknolojisi ile veriler gerçek zamanlı alınıp işlenebilmektedir. EEG kartı ile alınacak veriler bluetooth ile akıllı cihaza gönderilecektir. Projemizde toplanan veriler, özel olarak kurulacak sunucuda depolanacak ve yapay zekâyı sürekli olarak iyileştirecek şekilde tutulacaktır. Geliştirilecek mobil uygulama, günümüz cihazlarının donanım kapasitesine bağlı olarak belirlenen periyotlarda verileri tutacaktır. Ardından silinecektir.

#### 2.1.2. Sinyal İşleme

EEG sinyalleri, neredeyse her değişimden etkilenen sinyallerdir. Yapay zekanın bu değişimlerden etkilenmemesi için verilerin temizlenmiş olması gerekir. Verileri temizlemek için öznitelik çıkarmı yöntemleri geliştirilmiştir. Öznitelik çıkarmak verilerin boyutunu küçültmektedir. Veri kaybı olmadan boyutun küçültülmesi projemiz için kritiktir. Bu nedenle literatürde bulunan başarılı çalışmalar referans alınarak veriler üzerinde denenecektir. Detaylar yöntemler başlığında verilmiştir.

### 2.2. Mobil Uygulama

Mobil uygulama projenin en önemli bölümüdür. Hastalar, cihazı ek bir parça taşımadan akıllı telefonları ile kullanabileceklerdir. Mobil uygulamada cihaz yönetimi dışında hastalığı için gündelik hayatta kullanması gereken özellikler de bulunacaktır.

#### 2.2.1. Yapay Zekâ API

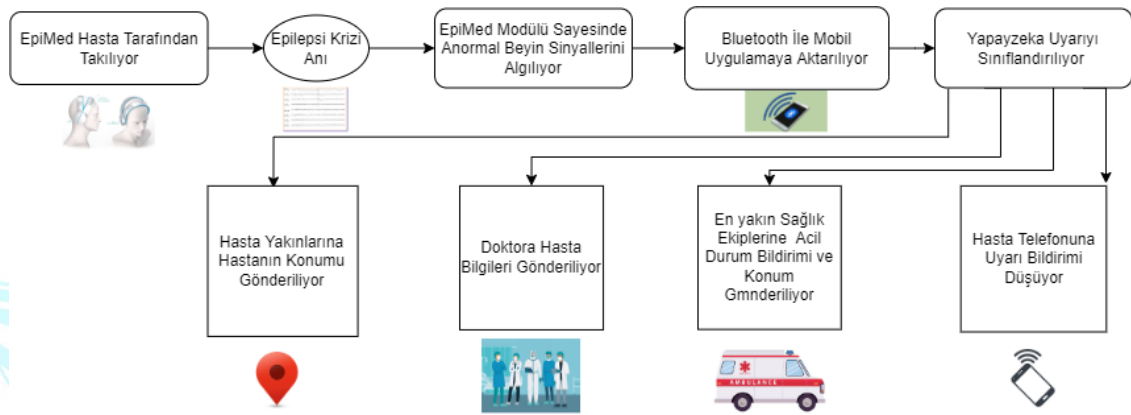
Yapay zekâ algoritması performanslı çalışabilmesi için bir sunucuya bağlı olacaktır. Mobil uygulama verileri gönderip sunucudaki yapay zekâ algoritmasından yanıt alacaktır. Gelen yanıt, mobil uygulamadaki uyarı sisteminde işlenecektir.

#### 2.2.2. Mobil Uygulama Ara yüz ve Özellikleri

Mobil uygulama kullanıcı türüne (ör; hasta, hasta yakını, doktor) göre farklılık gösterecektir. Bu platformlar kullanıcıların ihtiyaçları analiz edilerek tasarlanacaktır. Bu kısımlar kısaca şu içeriklere sahiptir;

- Hasta Kullanıcı Ana sayfası: Hasta türündeki hesapları karşılayacak bölümdür. Bu bölümde nöbet geçmişi, doktor notları, ilaç alarmı, cihazdan gelecek beyin sinyallerinin bulunduğu bölüm, ayarlar gibi bölümlere erişilebilecektir.
- Hasta Yakını Ana sayfa: Hasta yakını türündeki hesapları karşılayan bölümdür. Bu bölümde hasta ekle, hasta yakınlarım, ayarlar gibi bölümlere erişilebilecektir.
- Doktor Ana sayfa: Doktor türündeki hesapları karşılayacak bölümdür. Bu bölümde hasta ekle, hastalarım, ayarlar, notlar, reçeteler gibi bölümlere erişilebilecektir.

- Nöbet Geçmişi: Daha önce geçirdiği krizleri listelediği ve beyin sinyallerini gördüğü bölümdür. Listeleme, krizleri geçirdiği tarihleri alarak isimlendirme yapacaktır.
- Doktor Notları: Doktorun kendi platformu üzerinden hasta için yaptığı analizleri kaydeder. Doktorun, hastaları ile uygulama üzerinden iletişimini sağlayan bölümdür.
- İlaç Alarmı: Hastanın kullandığı ilaçları kullanım sıklıklarına göre alarm kurabildiği bölümdür.
- Beyin Sinyalleri: Cihazdan gelen sinyalleri gösteren bölümdür.
- Ayarlar: Bildirim ayarları, profil ayarları gibi ayarların bulunduğu bölümdür.
- Uyarı Sistemi: Yapay zekâ API'den gelen yanıtı alır ve kriz tespit edildiğinde hastaya bildirim gönderir. Hasta, bildirim kapatmadığında hasta yakınına ve doktoruna bildirim gönderir.



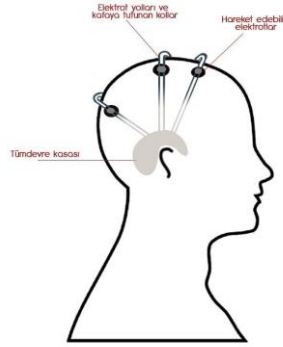
Şekil 1. Çözüm Akış Diyagramı

## 4. Yöntem

### 1. DONANIM

#### 1.1 CAD Tasarım

Taşınabilir EEG cihazları hastanede kullanılan yerleşik EEG cihazlarının aksine hastaların/kullanıcıların günlük hayatları içerisinde taşıyabilmesi amacına hizmet etmektedir. Günümüzde taşınabilir EEG cihazları özellikle yurt dışında yoğunlukla hobi ve deneysel amaçlarla kullanılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda pek çok firma insanların günlük hayatlarında konforlarını bozmayacak şekilde kullanabilmeleri adına hafif, küçük ve ergonomik tasarlanmaktadır. Planlanan EEG cihazı epilepsi hastalarının günlük kullanıma uygun şekilde tasarlanmadan önce hastaların epileptik nöbet esnasındaki verilerinin alınıp işlenmesini kolaylaştırılacak bir deney başlığı tasarlamayı hedeflemektedir. Test ölçümleri için alınacak OpenBCI Ultracortex "Mark IV" EEG Headset deney kitinin elektronik parçalarını kendi tasarladığımız 3D model üzerinde kullanarak hareket edebilir elektrotlu EEG başlığı üretecek ve uygun elektrot konumlarının kullanılmasını sağlayacağız.

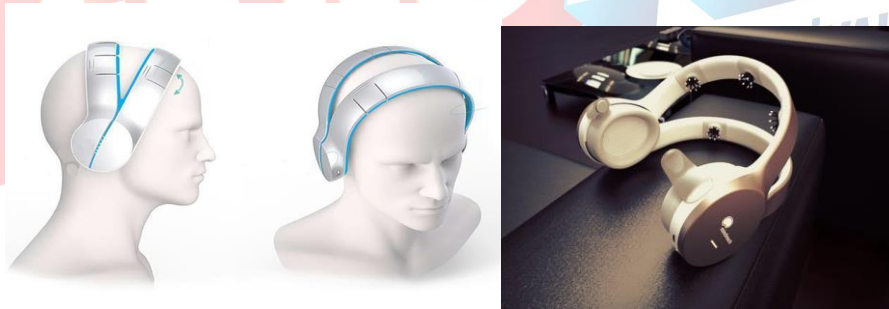


Şekil 2. Deney başlığı için planlanan prototip görüntüsü



Şekil 3. Deney için planlanan prototip görüntüsü

Prototip uygulamasının başlıca amacı incelenecek sinyallerin işlenebilir kalitede biyomedikal sinyaller olmasını sağlamaktır. Bu nedenle tasarımı kullanım değil performans odaklıdır. Nihai ürün için hastaların da rahat ettiği en uygun fikir sonuca ulaşacaktır. Tasarım günlük hayatta dikkat çekmeyip uyum sağlayacak bir tasarım olacaktır. Tasarım süreci kablosuz kulak üstü kulaklıkların tasarımları incelenmiştir. Kulaklıklarda kullanılan pedlerin konumları elektrotlara entegre edilmiş ve rahatlıkları göz önüne alınmıştır. Hastaların farklı baş yapılarına uyum sağlayabilmesi adına (kulaklık tasarımlarındaki gibi) esneyebilir yapıdadır.



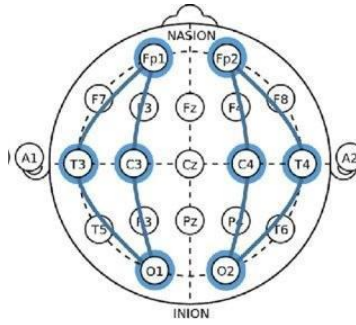
Şekil 4. Nihai ürün tasarımı [11]

### 1.1.1 Elektrotlar

EEG sinyalleri toplanırken beynin farklı bölgelerinde sinyaller kaydedilir. Sinyallerin en doğru, temiz ve işlenebilir formlarının alınabilmesi için elektrotların yerleştirildikleri konum büyük önem arz etmektedir. Bunun için prototipinde tasarlanan cihazın hareket ettirilebilir elektrotlardan oluşması hedeflenmiştir. Bu sayede epilepsi nöbet noktaları tespit edildikçe elektrotların konumları değiştirilebilmektedir. Şekil ()'da görülen elektrot dizilimi, klinik EEG çekimlerinde kullanılan uluslararası 10-20 elektrot düzenini göstermektedir. Bu düzenek yukarıda da belirtildiği üzere farklı



kafatası büyüklüklerini göz önünde bulundurarak elektrotların ilgili beyin bölgesine en yakın yere konumlandırılmasını sağlamaktadır.



Şekil 5. 8 Kanallı EEG elektrot konumları/ [12]

Nihai üründe kullanılacak elektrotlar Open BCI firmasının ThinkPuls aktif elektrotlarıdır. Bu elektrotlar yumuşak elektrot olarak da isimlendirilmektedir. Elektrotlar araştırma düzeyinde sinyal kalitesi sunan aktif bir EEG sensor sistemidir. Esnek polimerik kuru sensörler sayesinde, Ultracortex'in standart elektrot setini uygun bir şekilde genişletmek ve kullanıcı deneyimini geliştirerek uzun kayıt oturumlarına izin vermek üzere tasarlanmıştır. Kuru elektrotlar Open BCI, EEG ana kartı ile tam uyumlu olarak seçilmiştir.



Şekil 6. Kuru Elektrot yapısı [13]

### 1.1.2 Bluetooth

Tasarladığımız cihazın, mobil uygulamamıza veri aktarması bluetooth teknoloji kullanarak sağlanacaktır. Epilepsi nöbeti öncesi değişen sinyallerine en kısa sürede mobil uygulamaya aktarılması gerekmektedir. Wifi teknolojisi bu açıdan yetersizdir. Giyilebilir teknolojinin artması ile boyutu küçük ve aktarım hızı yüksek bluetooth modülleri üretilmektedir. Projemiz için uygun modüller belirlenmiştir ve prototip sonuçları doğrultusunda en uygun bluetooth modülü seçilecektir.

### 1.1.3 Open BCI Modül

Ürünümüzün beyin elektriksel aktivitesi üzerinden değerlendirmelerini yapabilmesi için özelleşmiş bir board kullanılması gerekmektedir. Projemizde OPEN BCI markasının Cyton 8 Kanal ve Cyton+Daisy 16 Kanal 32bit Board kullanılacaktır. Board ön işlemeden geçirdiği ve aldığı EEG verilerini bluetooth modülüne aktaracaktır. Board PIC32MX250F128B mikrodenetleyicisine sahiptir. Bu mikrodenetleyici sayesinde yerel bellek ve işlem hızı kalitesi yüksektir. Boardun giriş voltajı 3,3V-12V olduğu için besleme pili 4x1.5V AA olacaktır. Board aynı zamanda 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24 programlanabilir kazanç sunmaktadır. Mikro SD kart yuvasına sahiptir. Elektrik girişlerinin düşük gürültü sağlaması özellikle tercih sebebidir.

## 1.2 Analiz

Tasarımın analizinin yapılacağı ANSYS yazılımı bir sonlu eleman hesaplama programıdır. Sonlu elemanlar yöntemi (Finite Element Method, FEM) mühendislikte fiziksel yapı analizleri yapmak amacıyla kullanılmaktadır. [14]. Sonlu elemanlar yöntemi, pek çok küçük parçaya bölüp tek bir birim üzerinden parçanın tamamının durumunu analiz etmektir. Bir cisim, iki veya daha fazla eleman (düğüm noktaları veya düğümler) ve/veya sınır çizgileri ve/veya yüzeyler için ortak noktalarda birbirine bağlı daha küçük cisimler veya birimlerden (sonlu elemanlar) oluşan eşdeğer bir sisteme bölerek bu modelleme işlemine ayrıklaştırma denir. Sonlu elemanlar yöntemi yüzeyi parçalara bölerek bir tanesi üzerinden tüm yüzeyi hesaplamaktadır. Şekil 7’de gösterilmiş olan R1,R2,R matrisleri üzerinden gerçekleştirilir. [15].

$$\mathbf{R}_1 = \begin{bmatrix} r_{11}^1 & r_{12}^1 \\ r_{21}^1 & r_{22}^1 \end{bmatrix}; \mathbf{R}_2 = \begin{bmatrix} r_{22}^2 & r_{23}^2 \\ r_{32}^2 & r_{33}^2 \end{bmatrix}; \mathbf{R} = \begin{bmatrix} r_{11}^1 & r_{12}^1 & 0 \\ r_{21}^1 & r_{22}^1 + r_{22}^2 & r_{23}^2 \\ 0 & r_{32}^2 & r_{33}^2 \end{bmatrix}$$

Şekil 7.Sonlu elemanlar yöntemi ile denklem çözümü [14]

Modelin statik analizi insan kafasının tam modelinin analizi üzerine yapılacaktır. İnsan kafası modeli için Turbosquid male head.obj modellemesi uygun görülmüş ve kullanılmıştır. ANSYS ile yapılan analizlerle Gerekli değerler girildikten sonra stres değerleri kontrol edilecektir. Bu sayede cihazın rahatlıkla taşınabileceği en uzun süre hesaplanacak ve sonuçların değerlendirilmesi ile değişikliklere gidilecektir.

## 1.3 Başlık Üretim

SolidWorks ile çizilmiş ve ANSYS ile analiz edilmiş başlık parçalar halinde basılacaktır. Başlığın üretimi için Anycubic Chiron Large Plus 3D yazıcı ve Esun markasının PLA Filament tercih edilmiştir. Filament, 3 boyutlu yazıcıların modellemesi için kullanılan termoplastik hammaddedir. 3D baskı işleminde kullanılan filament bastırılacak parçanın malzemesi olduğu için son derece önemlidir. Başlığın sağlamlığı adına yüksek sıcaklık ve dayanıklılık özellikleri sağlayan ABS filament petrol bazlı olması nedeniyle tercih edilmemiştir. Esnek filamentin aşırı esneme durumu başlığın şeklini koruyamama ihtimalinden dolayı tercih edilmemiştir. PLA filamentleri organik olduğu ve esneklik oranının sağlamlığı bozmadığı için tercih edilmiştir.

## 2. YAZILIM

### 2.1 Yapay Zekâ

Projede kullanılacak yazılım algoritmaları bilgisayar ortamında çeşitli programlar ile simüle edilecektir. İlk aşamada açık kaynak ve ücretli kaynak olarak sunulan normal EEG ve epilepsili EEG veri setleri kullanılacaktır.

#### 2.1.1 Veri Toplama

OPEN BCI EEG Board ile normal EEG verileri ve deney aşamasında epilepsili EEG verileri alınacaktır. Board ile alınan veriler IP adresi ile çıkış cihazına aktarılmaktadır. Ayrıca veri elde

edilirken oluşacak bağlantı sorunları için anlık bildirim alınabilmektedir. Tasarladığımız Headset ile diğer bileşenlerin birleşiminde elektrotlar ve girişler arasındaki sorunlarda cihaz içerisindeki komut dosyası sayesinde uyarı gelmektedir. İlk aşamada Bonn Üniversitesi açık kaynak veri setleri kullanılacaktır.

### 2.1.2 Sinyal İşleme

EEG verileri yapısal olarak doğrusal olmayan özellikli biyomedikal sinyallerdir [16]. Bu sinyallerin işlenmesinde kullanılacak yapay zekâ uygulaması sınıflandırma veya gruplandırma yapabilmek için birtakım özniteliklerin belirlenmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda öznitelik çıkarımına ek olarak sinyal analizinde çeşitli sinyal işleme teknikleri de kullanılmaktadır. Projemizde öznitelik çıkarım algoritması olarak kullanılabilir spektral analiz yöntemleri Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform, FFT), Ayrık Dalgacık Dönüşümü Katsayıları belirlenmesi doğrusal özelliklere ilişkin sonuçlar verirken, Shannon Entropi, Log Enerji Entropi gibi diğer yöntemler ise doğrusal olmayan özellikler çıkaracaktır. Hem doğrusal hem de doğrusal olmayan analiz yöntemleri ile belirlenmiş öznitelikler kullanılarak yapılacak sınıflandırma/geruplandırmaların daha sağlıklı sonuçlar vermesi öngörülmektedir. Bu algoritmalar için MATLAB'da yazılacak kullanıcı tanımlı fonksiyonlar kullanılacaktır.

### 2.1.3 Yapay Zekâ Algoritması

Derin öğrenme, birden fazla katmana sahip yapay sinir ağıdır. Çeşitli özelleşmiş mimariler bulunmaktadır ve bu mimariler temelde örnekler üzerinden öğrenmeye dayanmaktadır. Projemizde veri çoğaltma kullanarak ve ilerleyen aşamalarda hastanelerden talep edilecek EEG kayıtlarından alınan veriler ile öğretme test verimiz arttırılacaktır. Yapay zekâ prototip için kullanılacak cihaz henüz elde edilemediğinden, bilgisayar üzerinde simüle edilerek denemeler yapılmıştır. Bu denemeler literatür ile desteklenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bonn Üniversitesi açık kaynak veriler ile Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machines, SVM) sınıflandırma algoritması denenmiş ve %83,21 doğruluk oranı elde edilmiştir. Projenin ilerleyen aşamalarında bu oran değişim gösterecektir. Gerçek zamanlı sınıflandırma yapılabilmesi için işlem hızı yüksek algoritma ve yazılım dili seçilecektir. Bu algoritmalar için MATLAB'da yazılacaktır. EEG sinyallerinde epilepsi nöbetinin erken tespit edebilmek için doğrusal olmayan algoritmalar kullanılmalıdır. Ayrıca verilerin sunucuda depolanarak algoritmamızın kendi kendini eğiten derin öğrenme ağı olması nihai hedefimizdir.

## 2.2 Mobil Uygulama

Cihaz ile mobil uygulama iletişimi bluetooth ağı üzerinden olacaktır. Bluetooth ağından alınan veriler Rest API'ye mobil uygulama üzerinden iletilecektir. Rest API, geliştiricilerin HTTP, protokolünü kullanarak GET ve POST gibi isteklerde bulunup, bu isteklere çeşitli formatlarda yanıt aldığı bir dağıtık sistemdir. Rest API'de bulunan yapay zekâ algoritması gelen veriyi analiz edecektir. Analiz edilen veri, POST işlemi ile mobil uygulamaya geri gönderilecektir. Gelen veri, nöbet olacağına dair bir veri ise uyarı sistemi devreye girecek ve hasta tipindeki kullanıcıya uyarı gönderecektir. Hasta tipindeki kullanıcı, uyarıyı kapatma işlemi yapmazsa hasta yakını ve sistemde tanımlı olan sağlık birimlerine bildirim gönderilecektir.

Nöbet geçmişi bölümünde, listview widget kullanarak nöbetler listelenecektir. Liste isimleri, epilepsi krizlerinin olduğu tarih ve saati baz alarak oluşturulacaktır. Epilepsi krizlerinin detayına

erişilebilecektir. Kriz, MPChart kütüphanesindeki line chart özelliğini kullanarak gösterilecektir. Line chart, çizgi grafiklerinin kullanılabilirdiği widgetttir. Bu bölümdeki veriler, özel sunucudaki veritabanımızda tutulacaktır.

Beyin sinyalleri anlık olarak izlenecektir. Beyin sinyalleri bölümüne erişim sağlandığında cihazdan anlık olarak veri gelecektir. Bu veriler live line chart dediğimiz canlı çizgi grafikleri üzerinden gösterilecektir.

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Sunmuş olduğumuz proje fikri, ilk defa araştırma dışı ve nörolojik hastalıklar için kullanılabilir bir cihaz tasarımını içermektedir. Epilepsi alanında yapılan diğer çalışmalar kas kasılmalarına yöneliktir ve EMG tabanlıdır [17]. Projemiz, EEG tabanlı olmasından dolayı beyin bilgisayar arayüzü çalışmaları ile her zaman daha üst seviyelere taşınabilecektir. Epileptik nöbetlerin farklı semptomlar ve beyin bölgelerinden kaynaklanması nedeniyle teşhis ve tedavi için en doğru sonuç beynin elektriksel aktivitesindeki değişimler izlenerek alınabilmektedir. Hasta ile özelleşen bir yapay zekâ, veri depolayarak başarıyı arttıracak bir sistem oluşacaktır. Bu yenilik hastaların kendi özgür alanını oluşturabilmesi açısından yarar sağlayacaktır. Portatif bir EEG cihazı kullanımı ile hastanın sürekli olarak karmaşık, kablolu hantal EEG cihazlarında çekime gitmesi azaltılmış olacaktır. Piyasada bu tarz pratik kullanımlı EEG cihazları araştırma veya hobi amacıyla kullanılmaktadır. Bu kalıplardan çıkacak olan cihazımız taşınabilir EEG cihazlarını sağlık için kullanımını gündelik hayata entegre edecektir. EpiMED sağlık alanında yapay zekâ kullanımını ülkemizde yaygınlaştırmak için sağlam bir adım olacaktır.

Proje fikrinde kapsamın artması için, başarı elde edildiği takdirde diğer nörolojik rahatsızlıklar için cihaz uyarlaması yapılacaktır. Farklı ülkelerde aktif olarak kullanılan kişisel portatif EEG cihazlarının ülkemizde ve gelişmekte olan diğer ülkelere de kullanılabilir hale getirilmesi için çalışılacaktır. Geliştirilecek sisteme kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda yeni özellikler eklenebilecektir.

## 6. Uygulanabilirlik (10 puan)

Projemiz, piyasada bulunan ürünler ve akademik çalışmalar doğrultusunda incelendiğinde gerekli AR-GE çalışmaları sağlanarak uygulanabilecektir. Günümüzde beyin bilgisayar arayüzü kullanımları her alanda artmıştır. EEG sinyallerinin gerçek zamanlı kayıtları yapılabilmektedir. Ancak istenen düzeyde gürültü temizlenememektedir. Ekibimiz EEG alanındaki güncel gelişmeleri takip etmektedir. Taşınabilir EEG cihazı nörolojik takip gerektiren tüm kişilerce kullanılabilir. İleri ve ticari ürün aşamasında cihaz ve yazılım paketleri oluşturulacak ve pazarlanacaktır. Uygulama hususunda ürünün mevcut paketleri arasında geçiş yapılması (farklı bir pakete geçmek istendiğinde) yazılımsal olarak ek yapılması mümkün olduğundan ekstra risk oluşturmamaktadır. Bunun yanı sıra geliştirilen algoritmaların hazır veri setleri üzerindeki testleri projenin gerçekleştirilebileceğini destekler niteliktedir.

Projenin uygulanması aşamalı gerçekleşecektir. Şu an mevcut şartlarda, bilgisayar ortamında denenebilen yazılımlar ve yine bilgisayar ortamında simüle edilen tasarımlar oluşturulmuştur. Dolayısı ile THS düşüktür. Projenin, gerekli bileşenlere sahip olduğunda 4 yıl sonunda test sürümüne başlanacağı öngörülmektedir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Teknofest 22 sunumuna kadar olan sürede gerekli maddi veya altyapı desteği sağlanması halinde EEG verilerini gerçek zamanlı alabilmeyi hedefliyoruz. Prototip için kullanılacak ekipmanlar Tablo 1’de gösterilmiştir. Projenin uzun bir süreye yayılmış gerçekleştirme planı aşamalar halinde Tablo 3’teki proje yönetim şemasında sunulmuştur.

Tablo 1. PrototipI ve PortotipII oluşturulacaktır. Prototip için kullanılacak bileşenler maliyet tablosunda belirtilmiştir. Ürünün test sürümünün 2026 yılında çıkarılması planlanmaktadır.

**Tablo 1. Maliyet Tablosu**

Bileşen	Adet	Birim Fiyatı	Fiyat
Open BCI Biosensing Board (Prototip)	1	\$1,424.99	\$1,424.99
Aktif Elektrot Kiti (Prototip)	1	\$349.99	\$349.99
EEG Headset (Prototip)	1	\$399.99	\$399.99
Kuru Tarak Elektrotlar	2	\$44.99	\$98.89
Altın Elektrotlar	2	\$44.99	\$98.89
Esun Filament	4	\$18.50	\$74.00
3,7V Lipo Pil 5000mAh 35C	2	\$20.18	\$40.36
EEG Pastası	1	\$12.78	\$12.78
Anycubic Chiron Büyük Plus 3D Yazıcı	1	\$497.88	\$497.88
<b>TOPLAM</b>			<b>\$2,997.77</b>

**Tablo 2. Model karşılaştırma tablosu**

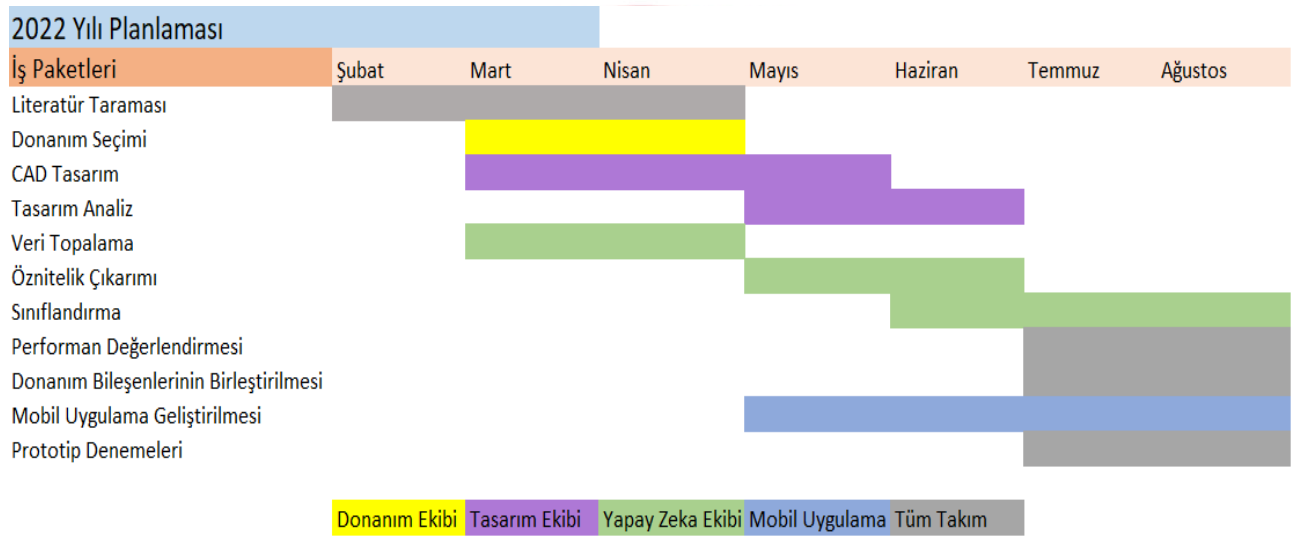
Model	Emotiv Insight	Muse S Alın Bandı	Emotiv Epoc X
Fiyat	₺4.150,00	₺5.299,90	₺10.206,00

### Piyasadaki benzer projelerin maliyet karşılaştırması

Nihai ürünün; kullanımı kolay, konforlu ve fiyat konusunda oldukça rekabetçi olması kullanılabilirliği arttırmaktadır. Geliştirilecek yazılımın yerli olması, Android ve IOS işletim sistemleriyle uyumlu şekilde çalışması ürünün yaygınlaşmasını ve ticarileşmesini hızlandıracağı öngörülmektedir.

Piyasada kullanılmakta olan (olası popüler cihazlar) maliyet açısından EpiMed'den daha karlı görünmektedir. Ancak bu cihazlar hobi amaçlı olup standart EEG kaydının ötesine geçmemektedir. Bu cihazlar insanların hayatlarında hobi ve araştırma cihazları olarak yer bulurken EpiMED yardımı ihtiyacı olan hastalara yönelik olduğundan farklı bir piyasaya hizmet etmektedir.

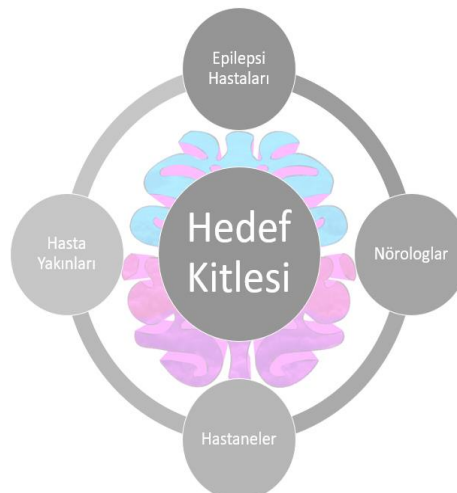
**Tablo 3.** Proje yönetim şeması.



**Şekil 8.** 2022 Yılı proje planlaması

### 8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Projemizin hedef kitlesi amaçlarla doğru orantılı olarak epilepsi hastalarıdır. Bunun yanında hasta yakınları da sevdiklerinin güvenliği amacıyla cihazı tercih edeceklerinden mobil uygulama hasta yakınlarına uygun bir arayüz içermektedir. Doktorların hasta takibini kolaylaştıracağı için nörolog ve hastaneleri de hedef kitle içine almaktadır.



**Şekil 9.** Hedef Kitle

## 9. Riskler

Risk skoru	Şiddet				
İhtimal	1	2	3	4	5
1	Az 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
2	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
3	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
4	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
5	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tehlike 25

(A)

İhtimal	1	2	3	4	5
Ortaya Çıkma Olasılığı	Hiç	Çok az	Az	Sıklıkla	Çok yüksek

(B)

rev no.	Tehlike kaynağı	Tehlike	Risk	İhtimal	Risk Skoru	B Planı
1	Bluetooth	Sinyal yetersizliği	Cihazın Mobil Cihaza Uyarı İletmemesi	1	5	Bluetooth modülünün yeterli performansa sahip olduğundan emin olunması.
2	Mobil	Uygulamanın yetersiz güvenlik önlemi	Hastaların Verilerinin Çalınması	1	5	Uygun güvenlik önlemlerinin alınması.
3	Donanım	Parçaların doğru bağlanmaması	Yanlış Teşhis	2	2	Cihaz kalibrasyonunun üretimden önce kontrol edilmesi.
4	Tasarım	Cihazın hasta kafasına tam yerleşmemesi	Yanlış Teşhis	3	3	Tasarımın farklı insan başı anatomisine uygun planlı modellerinin hazırlanması.
5	Donanım	Elektrotların yanlış yerleştirilmesi	Uyarı Sisteminde Gecikme Veya Hata	3	9	Kullanıcıları kullanım derslerinin verilmesi.
6	Yapay zeka	Yanlış sinyal analizi	Yanlış Teşhis	4	12	Yapay zekanın düzenli kontrol ve kalibresinin yapılması.
7	Tasarım	Konforsuz başlık	Günlük Kullanıma Uygun Olamama	4	12	Tasarımın sonlu elemanlar yöntemiyle en uygun hale getirilmesi adına pek çok kez analiz edilmesi.
8	Tasarım	Hastanın yaralanması	Hastanın Düşme Esnasında Cihazın Hastaya Hasar Vermesi	4	16	Cihazın düşme, çarpma gibi durumlarda hastanın başını koruyacak şekilde tasarlanması.

(C)

Şekil 10. A) Risk skorunun değerlendirildiği şablon B) İhtimal Şablonu C) Risk durumu ve B planları

## 10. Proje Ekibi

Ad-Soyad	Görev	Okul-Bölüm
Reyhan ŞEN*	Yazılım	Düzce Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
Zeynep YILDIZ	Tasarım	Düzce Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü
Battal Erdem KILIÇ	Kurulum	Düzce Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

Kurucu Üye (\*)

Şekil 11. Proje Ekibi

## 11. Kaynaklar

- [1] <https://www.noroloji.org.tr> Erişim : 02.12.2021
- [2] Prof. Dr. İbrahim Bora, Prof. Dr. S. Naz Yeni, EEG ATLASI (İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri, 2012) 2-3.
- [3] Ülkü GÖRGÜLÜ, Hatice FESCI/Epilepsi ile yaşam: Epilepsinin psikososyal etkileri Göztepe Tıp Dergisi 26(1):27-32, 2011 doi: 10.5222/J.GOZTEPETRH.2011.27
- [4] Selma Büyükgözel, Ebru Dereli/ Dijital Sağlık Uygulamalarında Yapay Zekâ, Kırklareli Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Kırklareli, Türkiye
- [5] Neziha Karabulut, ÖzlemAbi/Primary school teachers' health literacy levels, knowledge, and attitudes toward childhood epilepsy/Epilepsy & Behavior Volume 127, February 2022, 108511
- [6] Zülfunaz ÖZER, Rukiye PINAR BÖLÜKTAŞ/Epilepsi Hastalarında Yaşam Kalitesi/Turkiye Klinikleri J Intern Med Nurs-Special Topics 2017;3(3):176-82
- [7] Christian Hoppe, Mieke Feldmann, Barbara Blachut,Rainer Surges/Novel techniques for automated seizure registration: Patients' wants and needs/September 2015/Epilepsy & Behavior 52(Pt A):1-7
- [8] F. Onorati, G. Regalia, C. Caborni, M. Migliorini, D. Bender, M.-Z. Poh, *et al.* /Multicenter clinical assessment of improved wearable multimodal convulsive seizure detectors *Epilepsia*, 58 (11) (2017), pp. 1870-1879



[9] Clinical Neurophysiology Volume 132, May 2021 /Pages 1173-1184 Review/Automated seizure detection using wearable devices: A clinical practice guideline of the International League Against Epilepsy and the International Federation of Clinical Neurophysiology

[10] Prof. Dr. İbrahim Bora, Prof. Dr. S. Naz Yeni, EEG ATLASI (İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri, 2012) 6-7.

[11] workingnotworking.com Erişim Tarihi: 17.03.2022

[12] Nathan Stevenson, Leena Lauronen, Sampsa Vanhatalo/The effect of reducing EEG electrode number on the visual interpretation of the human expert for neonatal seizure detection/(November 2017)Clinical neurophysiology: official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology 129(1)

[13] <https://openbci.com> Erişim: 05.05.2022

[14] <https://tr.wikipedia.org> Erişim: 16.04.2022

[15] A First Course in the Finite Element Method Fourth Edition Daryl L. Logan University of Wisconsin–Platteville

[16] Stam, C.J. (2005) 'Nonlinear dynamical analysis of EEG and MEG: review of an emerging field', Clinical Neurophysiology, 116 (10), pp. 2266-2301.

[17] <https://www.aa.com.tr> Erişim 22.04.2022

