

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY SİNİR AĞLARINI KULLANARAK
EEG SİNYALLERİ İLE İNSANSIZ HAVA ARACI KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet DEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Raşit KÖKER

Kasım 2019

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YAPAY SİNİR AĞLARINI KULLANARAK
EEG SİNYALLARI İLE İNSANSIZ HAVA ARACI KONTROLÜ

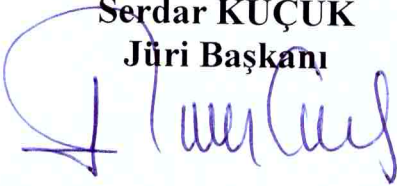
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet DEMİR

Enstitü Anabilim Dalı : BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 06/11/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

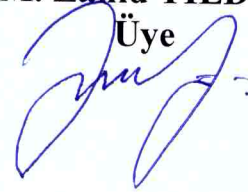
Prof. Dr.
Serdar KÜÇÜK
Jüri Başkanı



Prof. Dr.
Raşit KÖKER
Üye



Dr. Öğr. Üyesi
M. Zahid YILDIZ
Üye



BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Mehmet DEMİR

06/11/2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Raşit KÖKER'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Zahid YILDIZ'a ayrıca tez çalışma kapsamında teknik donanımda yardımcı olan Bilgi İşlem Müdür Vekili Yasin OK'a bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Öğr. Gör. Sevda GÜL'e teşekkür ederim. Tüm hayatım boyunca her koşulda yanımda bulunan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
ŞİMGELER	v
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
GENEL BİLGİLER	4
2.1. Literatür Araştırması	4
2.1.1. Biyolojik işaretler	8
2.1.2. Beyin ve EEG.....	13
2.1.3. İstatistiksel veri işleme.....	18
2.1.4. Yapay sinir ağları	21
2.2. Beyin Bilgisayar Arayüzü ve İnsansız Hava Araçlarının Araştırılması.....	24
2.2.1. Beyin bilgisayar arayüzü.....	24
2.2.2. İnsan makine etkileşimi	26
2.2.3. İnsansız hava araçları	26
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1. Materyal	29
3.2. Yöntem	29
3.2.1. Donanım mimarisi.....	31
3.2.2. Yazılım mimarisi.....	35
3.2.3. Geliştirilen beyin bilgisayar arayüzü	37

3.3. Analizler	44
3.3.1. Sinyal verilerinin Matlab GUI arayüzü kullanarak istatistiksel analizi ...	44
3.3.2. Yapay sinir ağları sonuç analizi	47
3.3.3. Neurosky mindwave EEG sinyali ve YSA sonuç analizi	52
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	63
4.1. C# ile ThinkGearWrapper Arayüzü Etkileşimi.....	63
4.2. EEG ile İHA Kontrolü.....	64
4.3. EEG ile İHA Geliştirilebilirliği	64
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	68
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	79

KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Amper
BBA	: Beyin Bilgisayar Arayüzü
DWT	: Dalgacık Dönüşümü
EEG	: Elektroensefalogram
FFT	: Hızlı Fourier Dönüşümü
GUI	: Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
Hz	: Hertz
İHA	: İnsansız Hava Aracı
kNN	: k en yakın komşu algoritması
mA	: Miliamper
MLP	: Çok Katmanlı Algılayıcı
mg	: Miligram
mV	: Milivolt
PWM	: Darbe Genişlik Modülasyonu
V	: Volt
YSA	: Yapay Sinir Ağı

SİMGELER LİSTESİ

α	: Alfa
β	: Beta
δ	: Delta
γ	: Gama
μ	: Mikro
s	: Saniye
θ	: Teta
t	: Zaman

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1 : Neurosky mindwave alfa ve beta özellik çıkarımı ve seçimi. 55

Tablo 4.1 : EEG sınıflandırma sonuçları..... 67



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 : EEG sinyalleri ile mini insansız hava aracı kontrolü.....	3
Şekil 2.1 : Sistem olarak bir insanın giriş ve çıkış büyüklükleri.....	9
Şekil 2.2 : İnsan-Enstrumantasyon sistemi.	11
Şekil 2.3 : Elektrik kökenli biyolojik işaretlerin genlik ve frekansları	12
Şekil 2.4 : Elektrik kökenli olmayan biyolojik işaretlerin değer ve frekansları.....	13
Şekil 2.5 : Beynin ana lobları.....	13
Şekil 2.6 : Hans Bergerin yayınladığı ilk EEG kaydı.	14
Şekil 2.7 : Delta dalgası.	15
Şekil 2.8 : Teta dalgası.....	16
Şekil 2.9 : Alfa dalgası.....	16
Şekil 2.10 : Göz açıldığında alfa dalgasında oluşan değişim.....	16
Şekil 2.11 : Beta dalgası.....	17
Şekil 2.12 : Gama dalgası	17
Şekil 2.13 : Artefakt çeşitleri (a) Göz kırpması, (b) Göz hareketi, (c) Kas hareketi, (d) Hat gürültüsü	17
Şekil 2.14 : Yapay sinir ağları yapısı	22
Şekil 2.15 : Çok katmanlı YSA yapısı	23
Şekil 2.16 : Beyin bilgisayar arayüzü	25
Şekil 2.17 : Hewitt-Sperry ilk insansız uçak.....	28
Şekil 3.1 : Projenin akış şeması.....	29
Şekil 3.2 : Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık.	32
Şekil 3.3 : Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık iç yapısı	32
Şekil 3.4 : Mini insansız hava aracı	33
Şekil 3.5 : Arduino DUE kontrol kartı	34
Şekil 3.6 : Beyin bilgisayar arayüz yazılımı	37
Şekil 3.7 : Mindwave ve İHA kontrolü algoritma akış şeması.	39

Şekil 3.8 : EEG sinyal sınıflama sistemi akış diyagramı	41
Şekil 3.9 : İHA kontrol birimi devresinden görünüm	42
Şekil 3.10 : İHA kontrol birimi algoritma akış şeması	43
Şekil 3.11 : Bir dakikalık EEG sinyal durumu.....	45
Şekil 3.12 : 10 saniyelik EEG sinyal durumu	46
Şekil 3.13 : Özellik çıkarımı	47
Şekil 3.14 : Girdi verilerin YSA için Matlab ortamına alınması	47
Şekil 3.15 : Decimal çıktı verilerin YSA için Matlab ortamına alınması	48
Şekil 3.16 : Binary çıktı verilerin YSA için Matlab ortamına alınması.....	48
Şekil 3.17 : Yapay sinir ağı topoloji yapısı	49
Şekil 3.18 : Eğitim parametreleri	49
Şekil 3.19 : İlk eğitim sonuçları	50
Şekil 3.20 : Son eğitim sonuçları	50
Şekil 3.21 : Eğitim binary sayısal sonuçları.....	51
Şekil 3.22 : Eğitim decimal sayısal sonuçları	51
Şekil 3.23 : GUI YSA sonuçları.....	51
Şekil 3.24 : Beyin bilgisayar arayüz yazılımı YSA bölümü	52
Şekil 3.25 : Neurosky mindwave alfa göz açık sinyal durumu	53
Şekil 3.26 : Neurosky mindwave alfa göz kapalı sinyal durumu.....	53
Şekil 3.27 : Neurosky mindwave beta göz açık sinyal durumu	54
Şekil 3.28 : Neurosky mindwave beta göz kapalı sinyal durumu	54
Şekil 3.29 : Alfa ve beta sinyallerinin göz durumlarına göre istatistiksel sonuçları..	55
Şekil 3.30 : Zihin aktivitesi istatistiksel sonuçları	56
Şekil 3.31 : Girdi verilerin YSA için Matlab ortamına alınması	57
Şekil 3.32 : Çıktı verilerin YSA için Matlab ortamına alınması.....	57
Şekil 3.33 : YSA'nın eğitime parametreleri.....	58
Şekil 3.34 : YSA'nın eğitime topolojisi	58
Şekil 3.35 : YSA'nın eğitime sonuç grafiği	59
Şekil 3.36 : Düşük epoc performans sonuçları	60
Şekil 3.37 : Yüksek epoc performans sonuçları.....	60
Şekil 3.38 : Düşük epoc hata sonuçları	61
Şekil 3.39 : Yüksek epoc hata sonuçları	61

Şekil 3.40 : YSA çıktı sonuçları.....	61
Şekil 3.41 : Girdi ve ara katman arasındaki ağırlık değerleri	62
Şekil 4.1 : C# ile ThinkGearWrapper arayüzü.....	63
Şekil 4.2 : EEG ile İHA kontrolü	64
Şekil 4.3 : Ara ve çıktı katmanı arasındaki ağırlık değerleri.....	65
Şekil 4.4 : EEG ile İHA Geliştirilebilirliği.....	66
Şekil 4.5 : İHA anlık uçuş görüntüsü.....	78



YAPAY SİNİR AĞLARINI KULLANARAK EEG SİNYALLERİ İLE İNSANSIZ HAVA ARACI KONTROLÜ

ÖZET

İnsan vücudu yüzyıllardır merak konusu olmuş ve anatomik konularda birçok araştırma nedenini oluşturmuştur. İnsan anatomisinde araştırılan başlıca uzuvlardan biri de beyin olmaktadır. Beyin insan vücudunun kontrol merkezi olduğundan farklı ve karmaşık bir biyolojik yapıya sahiptir. Bu tez çalışması kapsamında insan beyin aktiviteleri kullanılarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ile stabil uçuş hareketi yapabilen insansız hava aracının kontrolü yapılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında beynin genel yapısı araştırılarak insan vücudunu ve dış çevre ile etkileşimi incelenmiştir. İnceleme sonucunda beynin ürettiği elektriksel sinyaller (potansiyeller) dikkate alınarak daha önceden 10-20 elektrot sistemi ile 10 sağlıklı insanın 1 dakikalık kaydedilmiş (Elektroensefalogram) EEG verileri referans değer olarak kullanılmıştır. Kaydedilen EEG verileri 10 saniyelik epoclara (periyot) ayrılıp incelenerek bu sinyallerin istatistiksel metotlar ile anlamlı verilere dönüştürülmüş ve yapay zekâ teknolojilerinden biri olan yapay sinir ağları ile sınıflandırılarak referans değer oluşturulmuştur. Yeni nesil Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklığından alınan EEG verileri yapay sinir ağı ile sınıflandırılarak referans değer ile kıyaslanmış ve insansız hava aracı (İHA) ile arasında bağlantı kurulması sağlanmıştır. İnsan beynindeki EEG sinyallerinin anlık olarak düzgün bir şekilde alınması için geliştirilen yeni nesil Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklığı Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) yazılımı aracılığıyla haberleşme kurulması sağlanmış bu kapsamda Matlab (Matematik laboratuvarı), Visual studio C# ve C++ programlama dilleri ile temel düzeyde BBA yazılımı geliştirilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen Beyin Bilgisayar Arayüzü yazılımı ile beyinden alınan potansiyeller istatistiksel metotlar kullanılarak beynin algılanabilir potansiyel işaretlerinden olan rahatlama ve düşünme durumunda belirginleşen alfa ve beta sinyalleri algılanmıştır. Bu sinyallerin istatistiksel metotlara göre özellik çıkarımı ve özellik seçiminin en uygun şekilde yapılması sağlanmıştır. Özellik verileri yapay sinir ağları için düzenlenerek girdi ve çıktılar oluşturulmuş, geliştirilen en iyi ağ modeli kullanılarak maksimum doğruluk oranına ulaşılmıştır. Yapay sinir ağlarının zekilik ve hız durumları analiz edilerek insansız hava aracı için uygun hale getirilmiş optimum uçuş sağlanmış ve uygulama analizleri farklı zaman ve ortamlarda yapılarak çalışma tamamlanmıştır.

Anahtar kelimeler: EEG, Mindwave Neurosky, C#, Matlab GUI, Yapay Sinir Ağları

THE CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLE BASED ON EEG SIGNALS BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

The human body has been the subject of curiosity for centuries and has been the cause of many research in anatomical subjects. One of the main limbs studied in human anatomy is the brain. The brain has a different and complex biological structure that it is the control center of the human body. Within the scope of this thesis, the control of an unmanned aerial vehicle capable of stable flight movement by using Artificial Neural Networks (ANN) was performed using human brain activities.

In this thesis, the general structure of the brain and its interaction with the external environment are examined. As a result of the examination, considering the electrical signals (potentials) produced by the brain, the EEG data of 10 healthy people with 10-20 electrode system and 1 minute recorded (electroencephalogram) were used as reference values. The recorded EEG data were separated into 10-second epocs(period), and these signals were converted into meaningful data by statistical methods and the reference value was created by classifying them with artificial neural networks, which is one of the artificial intelligence technologies. The EEG data obtained from the new generation Neurosky mindwave EEG sensor headset were classified with the artificial neural network and compared with the reference value and a connection was established between the UAV. A new generation Neurosky mindwave EEG sensor headset developed for the instant acquisition of EEG signals in the human brain has been established to communicate via the Brain Computer Interface (BBA) software. developed.

The brain computer interface software developed within the scope of this thesis, the potentials obtained from the brain were detected by using the statistical methods, the alpha and beta signals, which are evident in the brain's perceived potential signs of relaxation and thinking. The feature extraction and feature selection of these signals according to statistical methods are provided in the most appropriate way. Inputs and outputs were created by arranging feature data for artificial neural networks and maximum accuracy rate was reached by using the best developed network model. Intelligence and speed conditions of artificial neural networks were analyzed and optimized flight was provided for unmanned aerial vehicle.

Keywords: EEG, Mindwave Neurosky, C#, Matlab GUI, Artificial Neural Network

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsan vücudu yüzyıllardır araştırmacılar için ilgi odağı ve anatomik konularda birçok araştırma konusu olmuştur. İnsan anatomisinde araştırılan başlıca uzuvlardan biri de beyin olmaktadır. Beyin insan vücudunun kontrol merkezi olduğundan farklı ve karmaşık bir biyolojik yapıya sahiptir. İnsan beyni yaklaşık olarak 1400 gram ağırlığında olan, 100 milyardan fazla nöron içeren bir organdır. Vücudun tüm fonksiyonlarının yönetildiği birimdir [1].

Günümüzde beyin ve beyin hastalıkları teşhis ve tedavisi gelişmiş teknolojilerle yapılmaktadır. Bu teknolojilerin gelişmesi ile birlikte insan beyni ile etkileşim her geçen gün artmakta ve sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu gelişmelere paralel olarak ilerleyen tıbbi bilimlerden olan fizyoloji ve anatomi büyük önem arz etmektedir. Bu gelişmeler beyin makina ve beyin bilgisayar etkileşimi gibi yeni çalışma alanlarını artırarak bilimin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Beyin bilgisayar etkileşiminin artması beyin çalışma mantığının anlaşılmasına olanak sağlayarak yeni bilimsel metotların gelişmesini artırmaktadır [2].

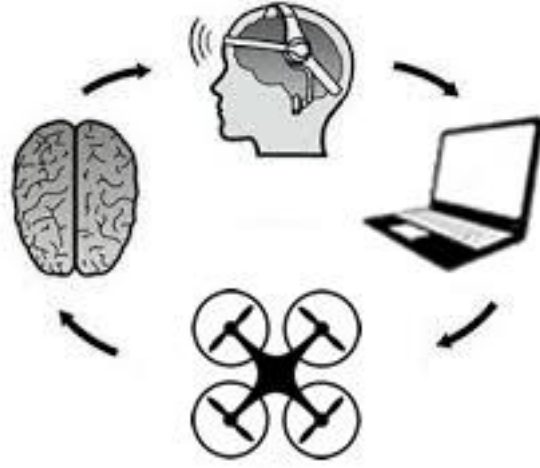
Bilimsel metotların gelişmesi neticesinde beynin incelenmesinde tıbbi bilimler ve mühendislik bilimleri disiplinler arası ortak bir çalışma yapılması gerektiği anlaşılmuştur. Bu nedenle beyin yapısındaki çalışmalar ortak bir tabanda yürütölmüş beynin algılama, anlama, yorumlama ve sonuçlandırma gibi davranışlarının algılanmasında belirli elektriksel potansiyellerinin elektroensefalogram (EEG) olduğu anlaşılmuştur [3-5]. EEG sinyallerinin algılanmasında kullanılan elektrot sistemi ve bu elektrotlardan gelen elektriksel potansiyelleri tam olarak alınmasını sağlayan elektronik ve yazılım sistemlerine Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) denilmiştir.

Beyin bilgisayar teknolojilerinin gelişerek beyin yapısının incelemesi sonucu beynin bilgileri nasıl algıladığı, işlediği, sakladığı, cevap verdiği ve uygulamaya koyduğu konusunda birçok biyoistatistik çalışmaları yapılmıştır [6]. Bunun yanında son yüzyılda

bu alanla alakalı birçok çalışma yapılmış ve bu çalışmaları en hızlı şekilde sınıflayan yapay zekâ metotlarından biri olan Yapay Sinir Ağları (YSA) uygulamaları ortaya koyulmuştur [7]. YSA geliştirilmesi aralıklarla durma noktasına gelse de günümüzde güncelliğini korumaktadır. EEG sinyallerini algılamak amacıyla geliştirilen BBA insan faktöründen dolayı kişiye özel geliştirildiği gibi bunun yanında genel amaçlı olarak geliştirilmektedir. Bu sistemlerin geliştirilmesinde insanlarda doğuştan görülen veya sonradan oluşan beyin sorunlarından olan uzuv kontrollerinin yapılamaması, konuşamama ve yaşamsal faaliyetler yeterince yerine getirilememesi gibi davranış kayıpları büyük önem arz etmektedir. Diğer bir yandan insanlarda oluşan kusurların yanında insanların sosyolojik veya psikolojik davranışların değerlendirilmesinde EEG sinyallerinin BBA ile incelenmesi günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır.

Bu tez kapsamında araştırılan literatür çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında insanların sosyolojik durumlarından olan düşünme (zihin) davranışlarının araştırılması yapılmış insan zihninin kendini ve çevre ile olan etkileşimi incelenmiştir. İnsan çevre ile etkileşiminde beyin (EEG) sinyallerinin değişimi incelenerek bu değişim sırasında çevre (cisim) etkileşiminde uzuv kontrollerini nasıl yaptığı anlaşılmıştır. Bu kontrolleri yaparken EEG sinyalleri ile uzuvların yön kontrolleri arasında gelişmiş senkron bir bağlantı olduğu anlaşılmıştır. Bu yön kontrollerinin uzuvlar aracılığı ile yapılmadan EEG sinyallerini kullanarak yapılabileceği öngörülmüştür. Bu EEG sinyallerinin kullanılarak uzuv sahibi olmayan insanların cisimlere makineler aracılığı ile yön kontrolü yapılabileceği düşünülmüştür.

Bu tez çalışması kapsamında kol uzuvları bulunmayan insanların bir insansız hava aracını (İHA) kontrolünün yapabilir hale getirilmesi için çalışma yapılmıştır. Ayrıca bu tez çalışması uzuvları bulunmayan insanların yanında uzuv sahibi olup İHA kullanma kabiliyeti gelişmiş olan insanların İHA kullanımı sırasındaki zihin aktiviteleri analiz edilerek yeni kullanıcılar için referans değer oluşturabileceği anlaşılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında daha önce yapılmış ve araştırılmış çalışmaların literatürleri incelenerek sentezlenmiş ve Şekil 1.1'deki gibi kullanılabilir bir prototip çalışması geliştirilmiştir.



Şekil 1.1: EEG sinyalleri ile mini insansız hava aracı kontrolü.

Bu tez çalışması kapsamında beynin genel yapısı incelenerek insan vücudunu ve dış çevre ile etkileşim gözlemlenmektedir. Gözlem sonucunda beynin ürettiği elektriksel sinyaller (potansiyeller) dikkate alınarak daha önceden yapılmış bu tez çalışmasına uygun olan literatürler araştırılarak bulunmuş ve bu çalışmada 10-20 elektrot sistemi ile 10 sağlıklı insanın 1 dakikalık EEG verileri inceme yapılacağına göre kaydedilmiştir. Kaydedilen EEG verileri Matlab GUI arayüzü yazılımı aracılığı ile 10 saniyelik epoclara ayrılıp incelenmiştir. Bu veriler istatistiksel metotlarla anlamlı verilere dönüştürülerek yapay zekâ teknolojilerinden biri olan ve günümüzde verilerin sınıflaması için güncel olarak ileri düzey programlamada kullanılan yapay sinir ağı ile sınıflandırılarak anlamlı bir sonuç elde edilmiştir. Bu sonuç referans alınarak tez çalışması kapsamında kullanılan insan beynindeki EEG sinyallerinin anlık olarak alınması için geliştirilen yeni nesil Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklığı [8-11] kullanılmıştır. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen BBA yazılımı aracılığıyla haberleşme kurulması sağlanmış bu kapsamda Matlab (Matematik Laboratuvarı), Visual Studio C# ve C++ programlama dilleri ile temel düzeyde Beyin Bilgisayar Arayüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen BBA aracılığı ile mini insansız hava aracı arasında bağlantı kurulması sağlanarak optimum uçuş sağlanmıştır.

Beyinde oluşan EEG verilerinin Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden alınarak veri işleme yöntemlerinden geçirilip İHA ya aktarılmasına ve optimum uçuşun sağlanmasına kadar gerçekleşen metotlar, yöntemler vb. tüm işlemler çalışma kapsamında ayrıntılı bir şekilde verilmektedir.

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

2.1. Literatür Araştırması

İnsan 200 milyon yıl önce var oluşundan itibaren kendini ve çevresini araştırmakta sürekli geliştirme çabası içinde hareket etmektedir. İnsan memeliler sınıfında yer alan biyolojik bir canlıdır. İnsan vücudunun denge, karar ve kontrol merkezi olan beyin, kafatası içerisinde biyolojik yapıda sıkı bir şekilde korunan ve yaklaşık ağırlığı 1400 gram olan bir organdır. İnsan beyni 100 milyardan fazla nöron içermektedir. Dünya üzerindeki 6 milyar insan yaşamakta olduğunu düşünürseniz bu insanların telefon kullandıklarını ve telefonlar arasındaki bağlantıları (trilyonlarca) göz önünde bulunduracak olursanız, insan beyninin ne kadar karmaşık bir yapıya sahip olduğunu anlamak daha kolay olacaktır [1, 2].

İnsan organları yüzyıllardır araştırma konusu olmakta ve organlar hakkındaki bilinmezlere karşı bilim sürekli kendini geliştirerek çözümler üretebilmektedir. Çözüm üretme kısmında insan vücudu biyolojik yapısından dolayı ayrıntılı araştırma ve bilgi birikimi gerektirmektedir. İnsan vücudundaki araştırmaların en başında insanın organları bunların fizyolojik ve anatomik yapıları gelmektedir. Anatomik yapıların 1930'lu yıllardan buyana incelenmesinde en çok araştırılan hücreler ve bunların genel olarak birlikte oluşturdukları olayları sistem biyolojisi adı altında incelenmektedir. [3]

Biyopotansiyel olarak sinyal; genellikle bağımsız değişkeni zaman olan ve bu nedenle zaman içinde deterministik (belli bir kurala göre) olarak ya da rasgele (belli bir kurala ya da analitik denkleme göre tanımlanamayan) olan değerler dizisidir. İnsanın biyolojik, fizyolojik, kimyasal olaylardan kaynaklı biyoelektrik potansiyellerin ölçülmesi yaklaşık olarak bir yüzyıldan daha öncesine dayanmaktadır. Bu biyoelektrik potansiyellerin tıbbi amaçlarla kullanılması ise 1900 yıllardan sonra oluşmaya başlamıştır [4].

İnsan vücudunun kontrolünü sağlayan beynin oluşturmuş olduğu biyoelektrik sinyallerine EEG adı verilmektedir. İnsan beyindeki elektriksel aktivitenin (potansiyellerin) oluşturmuş olduğu biyoelektriksel değerleri ilk defa Psikiyatrist olan Dr. Hans Berger bulmuştur. 1924 yılında yapmış olduğu çalışma ile alfa ve beta dalgalarını algılamak amacıyla kendisinin geliştirmiş olduğu bir Beyin Bilgisayar Arayüzünü kullanarak veriyi kaydetmeyi başarmıştır [5].

İstatistik, Latincece durum anlamına gelen Status sözcüğünden türemiştir. İtalyanca'da Devlet anlamına gelen Stato, Yunanca'da gözlem anlamına gelen Statizein sözcüklerinden türediği de ileri sürülüyor. İstatistik, sayısal bilgilerin bilimi, Biyoistatistik ise Tıbbi sayısal bilgilerin bilimi olarak bilinmektedir. 17. yüzyılda John GRAUNT (1620-1674) ölüm istatistiklerini toplamış ve toplumda bireylerin yaşam olasılıklarını hesaplamıştır. Biyoistatistik'in bilimsel temelleri 1748'de atılmış ve ACHENWALL ilk olarak İstatistik sözcüğünü kullanılmıştır [6].

Donald Hebb 1949 yılında bugünün sinir ağı teorisinin atası olarak bilinmektedir. Nörolog uzmanı olan Donald Hebb, beynin nasıl öğrenme yaptığı ile alakalı birçok çalışma yapmıştır. Çalışmalarına beynin en temel biyolojik yapılarından olan sinir hücresinin biyolojik yapısını ele alarak başlamıştır. İki sinir hücresinin kendi aralarında nasıl bir korelasyon sergilediklerini incelemiş ve sinir ağı teorisini bu temel üzerine oturtmuştur. Bu temel kuşkusuz tek gerçek değildir. Çünkü beynin nasıl bir çalışma sergilediği şuan dahi teoriler yardımıyla açıklanmaktadır. Ancak Donald Hebb'in yapmış olduğu çalışmalarla yola çıkılmış ve günümüzdeki yüzlerce ayrı teori gelişerek geniş bir bilimsel alana hitap eder hale gelmiştir. Şuanda günümüzde gerçek yaşamda kullanılan ve başarı oranı % 99'lar ile ifade edilegelen birçok yapay sinir ağı modeli geliştirilerek ileri düzey programlamada kullanılmaktadır. Bu kapsamda geliştirilen modeller bilişim dünyasında “çözumsuz” veya “np karmaşık” olarak nitelendirilen problemlerin çözümünü hedeflemekte ve hatta büyük bir kısmını başarıyla çözmektedir [7].

Biyosensor teknolojisinde kendini geliştirmekte olan ve uluslararası teknolojisini pazarlayan firmalar arasında bulunan 2004 yılında kurulan Neurosky, San Jose şehir

merkezinde, Caltrain ve VTA'ya yürüme mesafesinde bulunan bir Silikon Vadisi şirkettir [8].

Biyosensor teknolojisinde kendini geliştirmekte olan Neurosky firmasının geliştirmiş olduğu MindFlex EEG Biosensor, kullanıcının zihinsel aktivitelerini, beyin dalgalarını ve göz kırpmalarını anlık olarak belirleyebilmektedir [9]. MindFlex EEG Biosensor insan beyni, robot ve robot sistemleri arasındaki arayüzü sağlayan bir ThinkGear çipi içermektedir. Geliştirilen bu çip cihazın beyin dalgaları ile etkileşime girmesini sağlayan Neurosky ürünü içindeki gelişmiş bir teknolojidir. İnsan kafasındaki alın ve kulakta bulunan etkin referans noktalarına dokunan ve buralardaki potansiyelleri algılayan sensör, burada ölçülen tüm verileri işler ve bu verileri dijital formda geliştirilmiş yazılım, uygulamalarla kullanıcı ve geliştiricilere sunar. Ham beyin dalgaları işlenerek bilişsel aktivite olan dikkat ve meditasyon değerleri biyosensor içerisindeki ThinkGear çipi üzerinde hesaplanır. Hesaplamalar sonucu elde edilen değerler kullanıcılara sunulmaktadır [10].

Manu ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada Neurosky firmasına ait olan mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden alınan karmaşık halde bulunan elektroensefalogram sinyallerini güç spektrumu analizi ile ayırt ederek gelişmiş yapıda bir mikrodenetleyici olan arduino ile etkileşimini sağlayıp protez bacaklarda bulunan motor kontrollerini yapmışlardır. Geliştirilen bu sistem ucuz maliyeti ile uzuv kaybı yaşayan canlılar için yenilik olmuştur [11].

Atasoy ve arkadaşlarının yapmış oldukları bu çalışmada, EEG sinyallerinden duygu tanıma fraktal boyut değerleri ile dalgacık dönüşümünden elde edilen öznitelikler birleştirilerek yapılmıştır. Teta, alfa, beta ve gama frekans bantlarını taşıyan detay sinyallerinden elde edilen istatistiksel verilerden özellik çıkarımı için kullanılan ortalama, standart sapma, maksimum ve minimum değerler, her bandın enerjisinin toplam enerjiye oranı, entropiler ve her bir kanalda hesaplanan fraktal boyut değerleri vb. Hesaplamalar öznitelik olarak kullanılmıştır. Özneye bağımlı sınıflandırma, en yakın k komşu (kNN) algoritması ile kullanılmıştır [12].

Raheja ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada önceleri sadece savunma sanayinde askeri gözetim ve biyomedikal alanda kullanılan EEG sinyallerini inceleyerek Beyin Bilgisayar Arayüzlerinin de gelişmesi ile birlikte protez kolların gelişmesini sağladığını görmüşlerdir. Bu gelişme kapsamında günümüzde aktif olarak kullanılan dronların kontrolünde yapabileceklerini düşünerek kontrol amaçlı bir prototip geliştirdiler [13].

Priyanka ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada Neurosky firmasına ait olan mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden algılanan EEG sinyallerini alarak bu sinyallerin alınmasını ve işlenmesini sağlayan bir Beyin Bilgisayar Arayüzü geliştirmişlerdir. İşlenen verilerde insan göz hareketlerini dikkat ve odaklanma değerlerine bakarak % 95 oranında doğru karar vermesini sağlamış ve tekerlekli sandalyenin dinamik olarak kontrolünde kullanmışlardır [14].

Yeshas ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada Neurosky firmasına ait olan mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden alınan EEG sinyallerini incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda felç geçirmiş bir hastanın bazı kaslarını kullanamadıklarını anlamışlardır. Bu çalışma sonucunda elde etmiş oldukları bilgiler neticesinde EEG sinyallerinin uzuv kontrolünde kullanılmasında etkili olduklarını belirlemişlerdir. Bu EEG sinyallerinin düşünme durumunda bir robot üzerine montajlanmış robot kolun hareketinde kullanmışlardır. Kolun hareket sistemlerinde EEG sinyallerini ZIGBee haberleşmesini kullanarak Matlab arayüzü ile kontrol ederek motor hareketlerinin kontrolünü sağlamışlardır [15].

Tiwari ve arkadaşının yapmış oldukları bu çalışmada Neurosky firmasına ait olan mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden alınan EEG sinyallerini incelemişlerdir. Elde edilen sinyallerden işlenmiş veriler elde etmiş düşünme ve odaklanma durumlarını belirlemişler ve belirlenen bu değerleri visual studio ortamında geliştirilen arayüz aracılığı ile basit yapılı olan bir arabaya aktararak kontrolünü gerçekleştirmişlerdir [16].

Gül ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada epilepsi hastalığını araştırmış ve epilepsi hastalarının hastalık sırasında EEG sinyallerinde oluşan olağanüstü değişimleri incelemişlerdir. Bu inceleme kapsamında 2 epilepsi hastasının EEG verileri istatistiksel

metotlarla analiz edilerek 26 özellik çıkarılmış bu özellikler makine öğrenmesi teknikleri olan knn algoritması ile sınıflandırılarak F testi uygulanmış hastanın durumu hakkında bilgi çıkarımı yapılmıştır [17].

Saşabunun yapmış olduğu çalışmada Neurosky firmasına ait olan mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden alınan EEG sinyallerini incelemişlerdir. EEG sinyallerini kulaklıktan ham veri şeklinde Matlab ortamına alarak gelen sinyale Fast Fourier Transform (FFT) uygulayarak EEG sinyallerinin değişimini incelemiştir [18].

Ramesh ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada Neurosky firmasına ait olan mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden alınan EEG sinyallerini incelemişlerdir. EEG sinyallerinin düşünce ve duygular arasında bir etkileşim olduğunu belirlemişlerdir. EEG sinyallerinden düşünceleri algılayabilmek için Labwiev ortamında bir Beyin Bilgisayar Arayüzü geliştirerek felçli insanların kullanımına yarayacaklarını düşündükleri dinamik bir araç geliştirmişlerdir [19].

Mangala Gowri ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma kapsamında Neurosky firmasına ait olan mindwave EEG algılayıcı kulaklığı ile beyinden alınan EEG sinyallerini incelemişlerdir. EEG sinyallerinden duygu analizi yapmaya çalışmışlar ve bunun için kulaklıktan alınan verileri Matlab GUI ortamında bir Beyin Bilgisayar Arayüzü geliştirerek aktarmışlardır. Duygu tahminlerinde kulaklıktan gelen verilerin GUI aracılığı ile özellik çıkarımını yapmışlar çıkarımda ayırık dalgacık dönüşümü kullanarak sinyallerin alt bantlarını da inceleyerek duygu tahminini gerçekleştirmişlerdir [20].

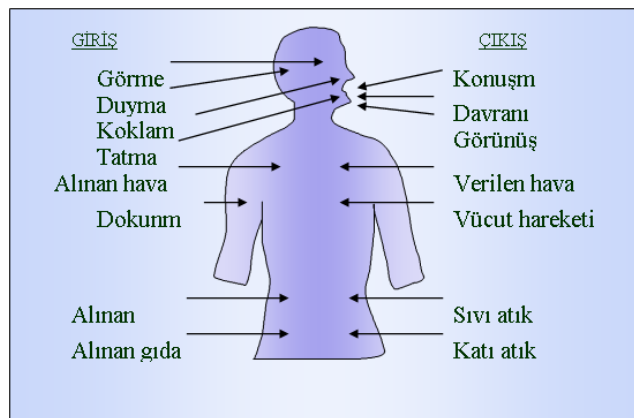
2.1.1. Biyolojik işaretler

Canlı yapısında mevcut olarak bulunan ve sürekli olarak çalışan farklı organlar ile kasların genel işleyişleri sonucu oluşan işaretlere biyolojik işaretler denilmektedir. Canlı vücudunda oluşan bu işaretlerin nedenini aksiyon potansiyeli oluşturur. Canlılarda vücut fonksiyonlarını inceleyen bilim dalı fizyolojidir. Fizyoloji bu incelemeleri yaparken ana bilim dalları olan fizik ve kimya bilimlerinden yararlanır. Fiziksel metotların canlı organizmaya uygulanması biyofizik, kimyasal metotların canlı organizmaya

uygulanmasını ise biyokimya bilim dallarını meydana getirmiştir. Fizyoloji terimini Aristoteles ortaya koymuştur. [21]. Biyoloji bilimi, kısaca canlı hayatını anlatan bilim dalı olarak tanımlanabilir. Biyoloji iki ana dala ayrılır:

- a. Morfoloji: Canlıların biçim ve şekillerini araştırır. Morfoloji Anatomi ve Histoloji olarak ikiye ayrılır.
- b. Fizyoloji: Canlıların işleyişini (organların görevlerini), birbirleriyle olan ilişkilerini inceler. Canlı organizmanın oluşturduğu parametrelere fizyolojik parametre veya fizyolojik işaret (bilgi taşıyabilen zamana göre değişebilen veya değişemeyen büyüklük) denir.

Canlı bir insandan (organizmadan) alınan ölçümlerde incelenen durum (olay) arasındaki ilişkiyi kurabilmek için insana ait fizyolojik sistemler üzerinde bilgi sahibi olmak gerekir. İnsan vücudunda çok sayıda elektriksel, mekaniksel, hidrolik, pnömatik, kimyasal, termal sistemler bulunmaktadır. Bu sistemlerin her biri dış dünyayla (çevre) ve birbirleriyle etkileşim (haberleşme, alış-veriş) içindedir. Çoklu seviyeli (multilevel) bir kontrol ve haberleşme sistemi yardımıyla bu sistemler birçok karmaşık fonksiyonları gerçekleştirebilirler. İnsan vücudundaki sistemler yardımıyla, yaşamını sürdürmeyi, faydalı beceriler elde etmeyi, kendine has şahsiyet ve davranışlara sahip olmayı ve neslinin idamesini sağlar. İnsan bir sistem olarak düşünüldüğünde bu sistemin giriş ve çıkış büyüklüklerinden bazılarını Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu giriş ve çıkış büyüklüklerinin bir kısmına ölçüm amacıyla kolayca ulaşılabilmesine rağmen, bazılarının belirli bir değer olarak ölçülmesi çok zordur [21].



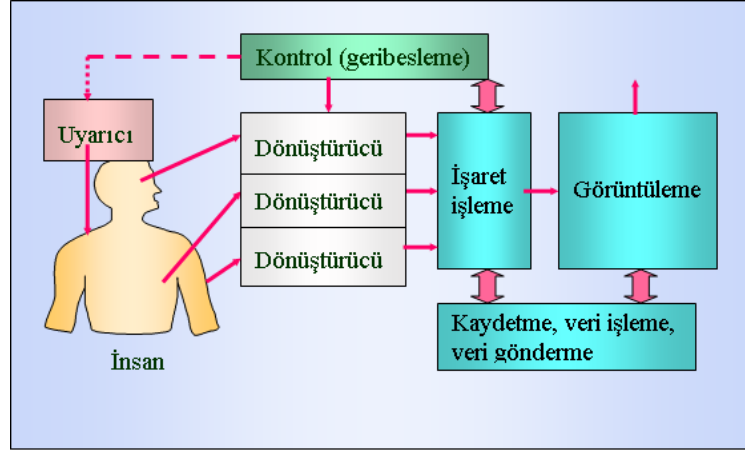
Şekil 2.1: Sistem olarak bir insanın giriş ve çıkış büyüklükleri [22].

Organizasyon hiyerarşisinde bir sonraki sırayı vücudun temel fizyolojik sistemleri oluşturur. İnsanın bütün olarak hem kendi hem de dış çevre ile haberleşir. Bu fonksiyonel sistemler alt sistemlere ve organlara ve bunlar da daha küçük ünitelere ayrılabilir. Bu küçük ünitelerde ayrılma işlemi hücre seviyesine ve hatta moleküler seviyeye kadar devam edebilir.

Biyomedikal enstrumantasyonda temel amaç bu çok çeşitli üniteler arasındaki haberleşmedeki enformasyonu ölçmektir. Eğer organizasyon hiyerarşisindeki her seviyedeki tüm değişkenler ölçülebilirse ve aralarındaki bağıntılar belirlenebilirse, beynin ve vücudun fonksiyonları daha açık bir şekilde anlaşılabilir. Üniteler arasındaki bağıntılar yüksek seviyede karmaşık bir yapısı olduğundan problemin çözümünde bilinen teori ve yöntemler yeterli olmamıştır.

Problemin basitleştirilmesi amacıyla sistem birçok kabul ve kısıtlamaları kapsar. Bu nedenle geliştirilen bu modellerin uygulama alanları da oldukça kısıtlanmaktadır. Mühendislik alanında karakteristik yapıları bilinmeyen bir sistem genel olarak giriş ve çıkış uçları bulunan siyah bir kutu olarak gösterilir. Bu kutunun amacı iç fonksiyonlarını belirleyecek şekilde giriş ve çıkış bağıntılarını elde etmektir. Bu amaçla sistemin girişine belli işaretler (uyarıcılar) uygulanarak çıkış durumları incelenir.

İnsan vücudunda bulunan yaşayan organizmalarla ilgili büyüklüklerin ölçülmesinde, ölçüm sistemiyle subje arasındaki etkileşimin neden olması sebebiyle üzerinde ölçüm yapılan insanında [22] ölçüm sisteminin bir parçası olarak değerlendirilmesi gerekir. Bunun nedeni olarak ölçülen büyüklüklerin gerçek büyüklükleri gösterebilmesi adına yaşayan organizmanın iç yapısı ve özellikleri, ölçüm sisteminin tasarımı ve uygulanması dikkate alınmalıdır. Bu ölçümü yapan ölçü sistemi ile birlikte oluşan tüm sisteme, İnsan-Enstrumantasyon Sistemi olarak kullanılmıştır. [22] İnsan-Enstrumantasyon sistemi temel bir yapıda olabildiği gibi genel bir yapıda da olabilir. Bir sistem olarak geliştirilen İnsan-Enstrumantasyon sisteminin blok diyagramı Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2: İnsan-Enstrumantasyon sistemi [22].

Bu sistemdeki temel bloklar herhangi bir enstrumantasyon sistemindeki temel bloklar ile aynıdır. Aradaki fark üzerinde ölçüm yapılan subjenin insan olmasıdır. Bu sistem aşağıdaki bloklardan oluşur:

- Subje: Üzerinde ölçüm yapılan canlı organizmadır.
- Uyarıcı: Uyarıyı üreten ve subjeye uygulanmasını sağlayan bölüm olarak sistemin temel parçalarından biridir. Bir ışığın parlaması, ses ve elektriksel dürtü vb.
- Dönüştürücü: Ölçülen büyüklüğü elektriksel işarete çevirmek amacıyla kullanılır. Bunlar sıcaklık, basınç, akış, ve fizyolojik büyüklük olabilir.
- İşaret işleme: Dönüştürücü çıkışındaki işaretin, görüntüleme ve kaydetme bölümlerine uygulanabilmesini için işaret üzerinde yapılması gerekli olan işlemlerin gerçekleştirildiği yerdir. Örneğin kuvvetlendirme, filtreleme gibi.
- Görüntüleme ünitesi: işaret işleme bölümünden gelen verileri anlamlı bir görüntüye veya sese dönüştürür.
- Kaydetme, veri işleme ve gönderme bölümü: Daha sonra kullanmak veya başka bir yere göndermek amacı sağlayan bölümdür. Bilgilerin otomatik depolanması ve işlenmesinin gerekli olduğu durumlarda bilgisayar ile işlemler yapılır.

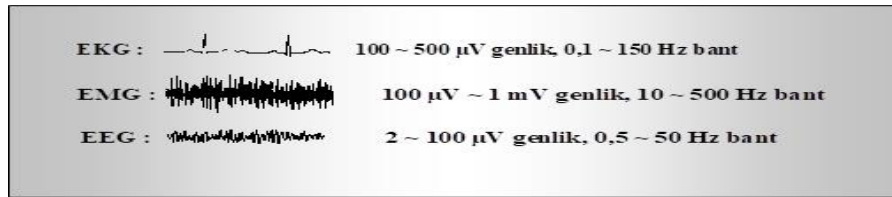
Biyolojik İşaret: Canlı vücudundan (organizmalardan) genel olarak elektrotlar veya dönüştürücüler yardımıyla algılanan, elektrik kökenli olan veya elektrik kökenli olmayan işaretlerdir. Biyolojik işaretler zaman içinde değişebilen veya değişemeyen işaretler olarak da bilinir.

Elektrik Kökenli Biyolojik İşaretlerin Özellikleri:

- Elektrotlar yardımıyla canlı organizmalardan algılanırlar.
- Genlikleri küçüktür; $100 \mu\text{V} \sim 1 \text{ mV}$.
- Alçak frekanslar bölgesindedir; $0, 1 \text{ Hz} \sim 2000 \text{ Hz}$.
- Fark işareti şeklinde bulunurlar.
- Gürültülü işaretlerdir.
- Temel gürültü kaynakları: 50 Hz 'lik şebeke gürültüleri, fark işareti olarak oluşan biyolojik işaretlerin ve elektronik elemanların gürültüleridir.

Elektrik Kökenli Biyolojik İşaretler:

- EKG: Elektrokardiyogram: kardiyo (kalp)
- EMG: Elektromiyogram: miyo (kas)
- EEG: Elektroensefalogram: ensefa (beyin)
- ENG: Elektronörogram: nöro (sinir)
- EGG: Elektrogastrogram: gastro (mide-barsak)
- ERG: Elektoretinogram: retino (retina)
- UP (EP): Uyarılmış Potansiyel: beyinden
- GP (LP): Geç Potansiyeller: kalpten




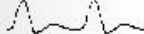


Şekil 2.3: Elektrik kökenli biyolojik işaretlerin genlik ve frekansları [22].

Elektrik Kökenli Olmayan Biyolojik İşaretler:

- Kan basıncı: kalp ve dolaşım sisteminin basıncını belirtir.
- Kan akış hızı: elektromagnetik, ultrasonik, dolaşımın akış hızı belirtir.
- Solunum hacmi: pletismograf, akciğerlerin hacmi.
- Kalp sesleri: kalp mikrofonu, kalp kapakçığının sesi.

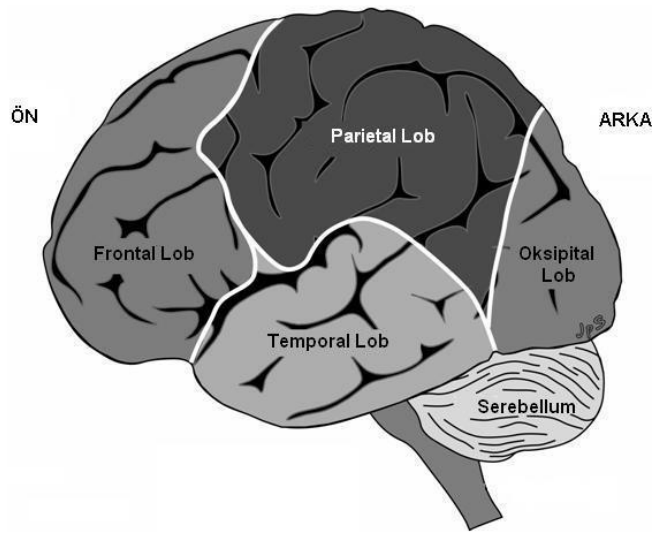
- e. Sıcaklık değeri: vücudun veya organların sıcaklığında oluşur.
- f. Deri direnci: Değişken direnç dönüştürücüsü, deri (“GSR”) oluşur.
- g. PH değeri: pHmetre, kanda oluşur.
- h. PO2 değeri kimyasal dönüştürücüler, kanda ve havada oluşur.

Kan basıncı :		10 mmHg ~ 200 mmHg	DC ~ 20 Hz
Kalp sesleri :			5 ~ 200 Hz
Vücut sıcaklığı :		0 ~ 80 °C	
Ortalama kan akış hızı :		± 500 ml/s	DC ~ 20 Hz

Şekil 2.4: Elektrik kökenli olmayan biyolojik işaretlerin değer ve frekansları [22].

2.1.2. Beyin ve EEG

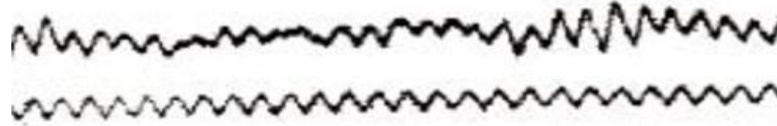
Beyin 2 kısımdan oluşmaktadır. Bunlar yarıküre anlamına gelen hemisfer adı ile adlandırılan ve beyin kabuğu anlamına gelen serebral korteksten (cerebral cortex) meydana gelmektedir. Serebral kortekste dış dünyaya ait algılamalar duyular aracılığıyla gerçekleşmekte (işitme, görme, koku alma vb.). Yarıküreni oluşturduğu her bir tanesi birbirinden ayrı olan frontal (F) lob, parietal (P) lob, temporal (T) lob ve oksipital (O) lob olmak üzere 4 ayri lobdan oluşmaktadır.



Şekil 2.5: Beynin ana lobları [23].

Her bir lob ayrı görevler için özelleşmiştir. Şekil 2.5’ te lobların beyinde bulunduğu yerler gösterilmiştir. Bu lobların genel olarak yerine getirdikleri görevlerden Frontal lob: karar alma durumunda, hislere hakim olma durumunda ve sorunlara çözüm bulma durumunda aktif olarak kullanılmaktadır. Parietal lob: görme ve dokunma yoluyla anlamlandırma durumunda kullanılmaktadır. Temporal lob: duyma, konuşma ve uzun süreli kullanımı durumunda kullanılmaktadır. Oksipital lob: görsel algılama durumunda etkin olarak kullanılmaktadır [23].

EEG beyinde milyarlarca bulunan nöronların birbirleriyle etkileşimi ile oluşan elektriksel potansiyel farklarını alarak sayısal veriye dönüştürülmesi ile oluşan sinyallerin görüntülenebilir halidir. Yunan kökenli sözcüktür, “Beyin Elektriksel Resmi” anlamına gelmektedir. Konu ile alakalı ilk defa Richard Caton tarafından 1875 yılında beynin elektriksel değişimi araştırmıştır. Ancak, Richard Catonun yaptığı gözlem hayvanlar üzerinde gerçekleştiğinden insanlar için önem arz etmemektedir. İlk insan beyni üzerinde yapılan çalışma 1929 yılında Hans Berger tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen analiz işlemi sırasında kaydedilen EEG örneği Şekil 2.6’da gösterilmiştir.

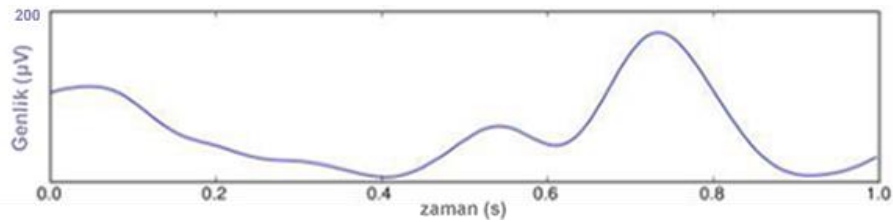


Şekil 2.6: Hans Berger'in yayınladığı ilk EEG kaydı [23].

EEG çalışmalarına 1970 yılı ve öncesi EEG kayıtları dâhil edilmemiştir. Daha sonraki zamanlarda ise EEG verilerinin beynin işlev fonksiyonlarını yansıtabildiği anlaşılmış ve bunun üzerinde çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. EEG sinyallerini etkileyen birçok neden bulunmaktadır. Bunlar EEG sinyali alınan insanın (canlı organizma) yaşı, cinsiyeti, beyin dalga frekans aralığı, göz açıp kapama durumu ve beyinsel hasarlar vb. nedenlerdir. Bunlara ek olarak, dış uyarıcıların kişi (canlı organizma) üzerinde oluşturduğu duygu değişimleri de EEG sinyalleri üzerinde etki bıraktığı anlaşılmıştır. EEG verilerini almada kullanılan invaziv (doğrudan) yöntemler ve invaziv olmayan (doğrudan olmayan) yöntemler olarak iki guruba ayrılır. Sinyal invaziv olan metotlar ile kafatası derisinin içine nüfuz ederek beyinle etkileşimli elektrotlar sayesinde alınır. Bu yöntem cerrahi

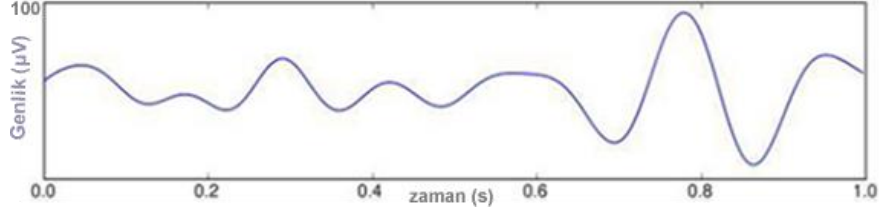
operasyon ile gerçekleştirilir. Diğer bir yöntem olan invaziv olmayan yöntemlerde beyin ile direk bir temas olmadan kafatası derisinin üzerine yerleştirilen elektrotlarla gerçekleştirilir. Canlı üzerinde fiziksel bir zarara neden olmaz. Bu tez çalışması kapsamında kullanılan EEG algılayıcı elektrot üzerinden alınan veriler invaziv olmayan bir yöntem kullanılarak elde edilmiştir. [23]. EEG verilerinin kullanım alanları arasında, sinir bilimi üzerine yapılan çalışmalar ve klinik tedaviler yer almaktadır. Sinir bilimi beyinden bilinçli olarak düşünülen bir düşüncenin yöneltile uyarıcılara göre kısmi olarak tespitinin yapılmasıdır. EEG Osilasyonları: EEG dalgalarının oluşumunda frekans aralıkları birbirinden farklı olarak gelişen birden fazla dalganın üst üste binmesiyle oluşur. Bu durum süperpozisyon yöntemi olarak adlandırılır. Genellikle dalgaların frekansı en az 0,5 Hz'e kadar inmekte ve nadir olarak 100 Hz'i de geçebilmektedir. Ölçülen genlik değerleri ise 2 μ V -200 μ V aralığında değişmektedir. Ham veri olarak yapılan EEG kaydında bu dalgalar üst üste binmiş olduğundan bunlar direk olarak saptanamazlar. Bu dalgalara filtreleme işlemleri gerçekleştirildikten sonra her bir dalga (alt bant) kendi başına gözlenebilir. Bunlar EEG alt bantları olarak da adlandırılmaktadır. Bu alt dalgalar:

Delta (δ) Dalgaları: Frekansları genellikle 0,6 Hz - 4 Hz arasındadır ve genlik değerleri 20 μ V - 200 μ V arasında değişmektedir. Oluştığı durumlar olarak genel anestezi durumunda ya da derin uyku gibi çok düşük seviyedeki zihinsel aktivite durumunda oluşur. Delta dalgalarının oluşturduğu sinyal görüntüsü Şekil 2.7'de gösterilmiştir.



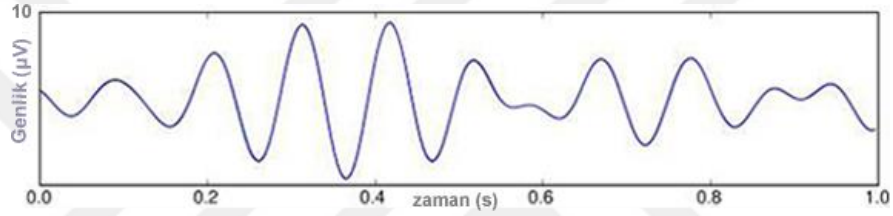
Şekil 2.7: Delta dalgası [23].

Teta (θ) Dalgaları: Frekans aralıkları genellikle 4 Hz - 8 Hz arasında olmakta ve genlikleri ise 5 μ V - 100 μ V arasında değişmektedir. Bu dalga genellikle uykunun rüya görülme evresi, stres veya bireylerde normal derin anestezi vb. beynin düşük seviyede çalıştığı durumlarda oluşur. Teta dalgalarının sinyal görüntüsü Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Teta dalgası [23].

Alfa (α) Dalgaları: Frekans aralığı genellikle 8 Hz -13 Hz ve genlik değeri 2 μ V -10 μ V dur. Bireyin bilinci açık gözlerini kapattığında, herhangi bir dış uyarıcıyla uyarılmadığında, fiziksel ve zihinsel dinlenme durumunda oluşur. Alfa dalgalarının oluşturduğu sinyal görüntüsü Şekil 2.9’da gösterilmiştir.



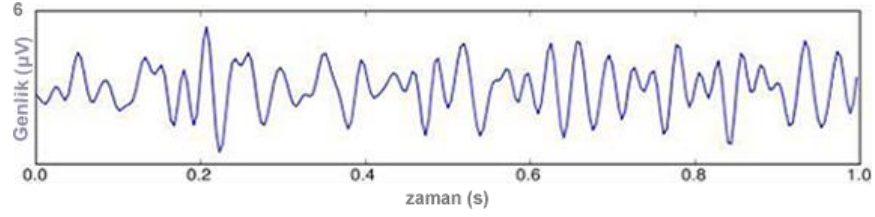
Şekil 2.9 Alfa dalgası [23].

İnsan beyninin alfa dalga oluşum durumundan çıkıp geçici olarak beta dalga oluşum durumuna geçmesi tespit edilebilmektedir. Denek alfa durumundayken göz açtığında ya da bir uyarıcıya tepki verdiğiğinde dalgalarda beta sinyaline dönük bir değişim olur. Bu tez çalışması kapsamında araştırılan en önemli durumlardan biri bu durumdur. Gözler açıldığında gerçekleşen alfa dalgasındaki farklı sinyal görüntüsü Şekil 2.10’da gösterilmiştir.



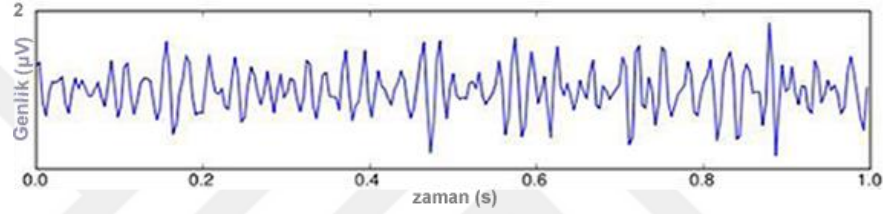
Şekil 2.10: Göz açıldığında alfa dalgasında oluşan değişim [23].

Beta (β) Dalgaları: Frekansları genellikle 13 Hz’i geçmektedir. Genlikleri 1 μ V -6 μ V arasındadır. Normal koşullar altında beta dalgaları en yüksek seviyedeki zihin aktiviteleridir. Beta dalgalarının oluşturduğu sinyal görüntüsü Şekil 2.11’de görülebilir.



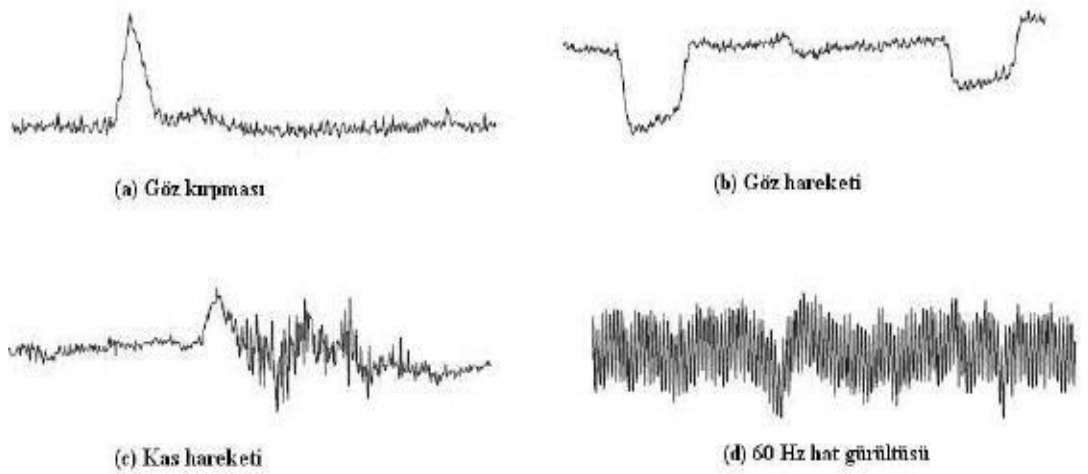
Şekil 2.11: Beta dalgası [23].

Gama (γ) Dalgaları: Genellikle frekansları 30 Hz'in üstündedir nadir durumlarda 100 Hz değerine kadar çıkabilir. Genellikle olağanüstü koşullar ve durumlarda beynin anlık olarak hızlı düşünme eylemi gösterdiği durumlarda oluşurlar. Gama dalgalarının oluşturduğu sinyal görüntüsü Şekil 2.12'de gösterilmiştir.



Şekil 2.12: Gama dalgası [23].

Artefakt: İnsan beyninden zihin aktivitesine dayalı biyoelektriksel sinyal alımı sırasında oluşurlar, istenilen sinyal (dalga) istenmeyen sinyalin karışması durumunda oluşur. Artefaktlar deneyin sebep olduğu durumlarda veya teknik aksaklıklardan oluşur. Artefaktların sinyallerde oluşturduğu değişiklikler Şekil 2.13'te gösterilmiştir.



Şekil 2.13: Artefakt çeşitleri (a) Göz kırpması, (b) Göz hareketi, (c) Kas hareketi, (d) Hat gürültüsü [23].

- a. Göz Kırpması: EEG kaydı sırasında en sık oluşun Artefaktlardan biridir. Genlik değeri ham EEG sinyallerine göre fazladır.
- b. Göz Hareketi: Gözün herhangi bir yöne doğru oynaması üzerine oluşur. Genliği büyüktür
- c. Kas Hareketi: Frekansı EEG dalgalarına göre geniştir. İnsan (canlı organizma) ile alakalı kaslar üzerinde bir kasılma gerçekleştirdiğinde kasılmanın bulunduğu bölge etrafındaki kanallarda oluşur.
- d. Hat Gürültüsü: Genellikle frekansı 50 Hz ve üzeri olan enerji kaynakları EEG sinyallerine etki edebilir.

2.1.3. İstatistiksel veri işleme

İstatistik genel anlamıyla verilerin belirli kurallar çerçevesinde toplanması, işlenmesi, analiz ve yorumlanmasında kullanılan metotlar bütünüdür. İstatistiksel işaret ise genellikle biyomedikal mühendisliğinde kullanılan canlı vücutundan alınan sinyallerin yorumlanmasında kullanılan büyüklüklerdir. İstatistiksel işaret işleme ise istatistiksel metotlarda özellik çıkarımları için kullanılan merkezi eğilim ve dağılım ölçülerini kapsamaktadır [24].

Merkezi Eğilim Ölçüleri: Eğilim ölçüleri, analiz işlemlerinde kullanılan verilerin dağılımdaki yerlerini ve birbirlerine olan uzaklıklarını belirlemede kullanılır. Kısacası konumlarını belirlemek için kullanılan ölçülerdir. Bunlar: Aritmetik Ortalama, Mod (Tepe değeri), Ortanca (Medyan), Ortalama, ortanca ve tepe değeri arasındaki bağıntıdır [24].

- a. Aritmetik Ortalama: Aritmetik ortalama istatistikte ve günlük hayatta çok kullanılan ve bilinen bir merkezi eğilim ölçüsüdür. Analizde kullanılan bir seri verinin merkezi yerinde bulunan değer olarak değerlendirilir. Denklemi ise 2.1'deki gibidir;

$$X = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (2.1)$$

b. Tepe Değeri (Mod): Sınıflandırılmamış verilerde tepe değeri en sık tekrar eden değerdir.

c. Ortanca (Medyan): Analiz sırasında serilerde ortanca değer hesaplanırken, veriler öncelikle küçükten büyüğe doğru sıralanırlar. Daha sonra

N çift ise $X = \frac{N}{2}$ değerlerin ortalaması tek ise $X = \frac{N}{2} + 1$, değer ortancadır. (2.2)

d. Ortalama, ortanca ve tepe değeri arasındaki bağıntı: Ortalama=Mod=Medyan ise sıklık dağılımı simetriktir. Ortalama<Medyan<Mod ise dağılım sola çarpıktır. Ortalama>Medyan>Mod ise dağılım sağa çarpıktır şeklinde ifade edilir.

Dağılım Ölçüleri: Konum ölçüleri veri kümesinin ya da dağılımının merkezi hakkında bilgi vermektedir. Bunlar dağılım genişliği, ortalama mutlak sapma, standart sapma ve varyans, değişim katsayısıdır.

a. Dağılım Genişliği: Analiz işlemleri sırasında kullanılan bir veri kümesindeki en büyük değer ile en küçük değer arasındaki farktır. Denklemi ise 2.3'teki gibidir;

$$DG = X_{Max} - X_{Min} \quad (2.3)$$

b. Ortalama Mutlak Sapma: Verilerin ortalamadan sapmalarını gösteren bir dağılım ölçüsüdür. Değişkenlik düzeyinin anlaşılması için kullanılır. Denklemi ise 2.4'teki gibidir;

$$MOS = \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - X|}{N} \quad (2.4)$$

c. Standart Sapma ve Varyans: Analiz işlemleri sırasında kullanılan bir veri dağılımındaki değişimin önemli bir ölçüsü varyanstır. Varyansın karekökü alındığında standart sapma elde edilir. Denklemleri ise 2.5'deki gibidir;

$$\text{Standart Sapma } SS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X)^2}{N-1}} \quad \text{Varyans } SS^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - X)^2}{N-1} \quad (2.5)$$

d. Değişim Katsayısı: Standart sapma ölçü biriminin etkisindedir. Denklemi ise 2.1'deki gibidir;

$$DK = \frac{SS}{x} * 100 \quad (2.6)$$

Analiz işlemleri sırasında özellik çıkarımı için zamandan farklı olarak da kullanılan özellikler bulunabilir. Bu tez kapsamında kullanılanlar Fast Fourier Transform- Hızlı Fourier dönüşümü (FFT), güç ve dalgacık dönüşümü (DWT) gibi frekans domaininde bulunan özelliklerdir. Zaman domaininde sıkça kullanılan diğer özellik ise entropidir.

a. Hızlı Fourier dönüşümü (FFT): Karmaşık sinyallerin zamandan bağımsız olarak incelenmesini sağlayan istatistik tabanlı matematiksel bir işlemdir. Sinyallerin hangi frekans aralıklarında olduğunu belirlemede kullanılmaktadır.

$$X(k) = \sum_{n=1}^{N-1} x(n)W_N^{nk} \quad 0 \leq k \leq N - 1 \quad (2.7)$$

b. Dalgacık Dönüşümü (DWT): Analiz işlemleri sırasında kullanılan dalgacık dönüşümü sinyallerin zaman ve frekans değerlerinin gösteriminin elde edilmesi için kullanılan matematiksel bir dönüşüm fonksiyonudur.

$$DWT_{\Psi} x(a,b) = W_x(a,b) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \Psi_{a,b}^*(t) dt \quad (2.8)$$

c. Güç: Sistem içerisinde birim zamanda yapılan iş miktarıdır.

$$P = \frac{1}{N} \sum_i^N |x_i|^2 \quad (2.9)$$

d. Entropi: Sistemdeki rastgerelilik ve düzensizlik hakkında bilgi edinmemizi sağlar.

$$E = - \sum p(X_i) \log_2 p(X_i) \quad (2.10)$$

2.1.4. Yapay sinir ağıları

Yapay sinir ağıları (YSA), insan sinir sisteminin öğrenme yapısına benzer bir şekilde geliştirilmiş bir öğrenme algoritmasıdır. Yapay sinir ağıları ilk defa 1943 yılında McCulloch ve Walter Pitt's tarafından modellenerek elde edilmiştir [25]. Ancak 1943 yılında modellenmesine rağmen 1984 yılına kadar kullanılamaz olarak düşünülmüştür. Buna neden olan ise Minsky ve Papert tarafından yazılan kitaptır. [26]. Bu kitap çalışmasında yazarlar yapay sinir ağlarının doğrusal olmayan problemler üzerinde uygulanamayacağını savunmuşlar ve meşhur bir problem olan “Xor” problemi ile bu durumu ispatlamışlardır. 1984 yılında Donald Hopfield tarafından yapılan çalışmalar ile YSA'nın genelleştirilebileceği anlaşılacak popüler bir problem olan gezgin satıcı problemi çözebileceği ispatlanmıştır [27].

Bu çalışmalardan sonra çalışmalar günden güne ilerlemiş ve 1988 yılına gelindiğinde Broomhead tarafından radyal tabanlı fonksiyonlar için yeni bir model geliştirilmiştir [28]. Bu çalışmalar sonrasında ise YSA'lar optimizasyon problemleri başta olmak üzere birçok farklı sınıflandırma problemlerinde kullanılmışlardır. [29-31]. Bu durumda sınıflandırma işlemlerinin azalmasına neden olmuştur.

YSA'nın yapısında insan sinir sistemine benzer şekilde nöronlar bulunmaktadır. İnsan sinir sisteminde olduğu gibi bu nöronlar da birbirlerine direkt veya karmaşık şekillerde de bağlanabilmektedir. İnsan sinir sisteminde bulunan nöronlar gibi YSA'daki nöronların da çok sayıda girişi ve tek bir çıkışı bulunmaktadır. Nöronlara gelen her bir girişin ağırlıkları farklı olmaktadır. Giriş verilerinden farklı olarak bazı nöronlara besleme (bias=bilgi) değerleri de eklenmektedir. Genel bir yapı olarak nöronun çıkış denklemi ise 2.7'deki gibi;

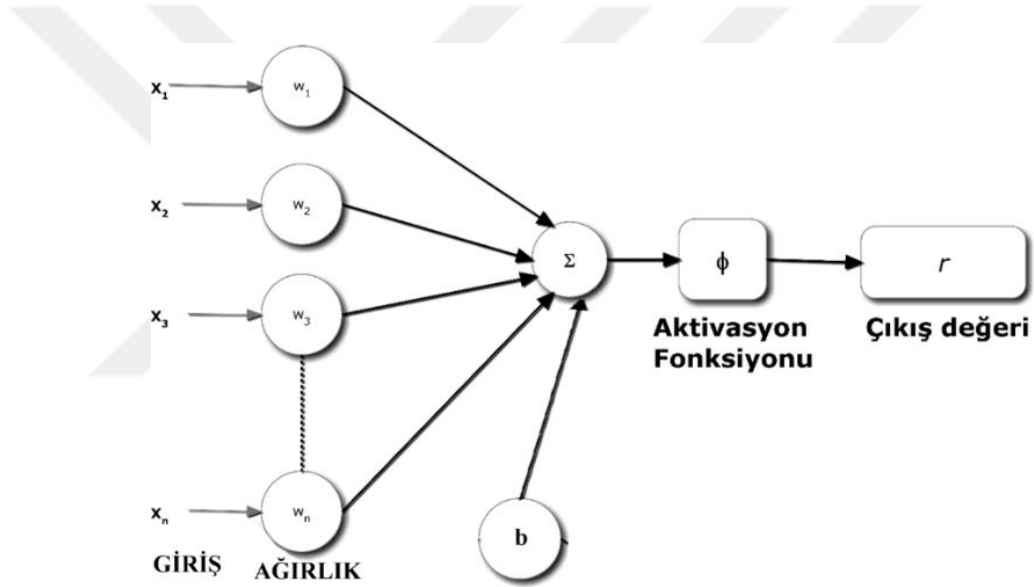
$$r = \sum_{i=1}^N w_i * x_i + b \quad (2.11)$$

elde edilebilmektedir. Nöronda besleme bulunmama durumlarında nöron bias (bilgi) değeri sıfır olmaktadır. Denklem 2.11'de bulunan N giriş sayısını, w her bir girişin ağırlığı, x giriş değerini ve b (bilgi) değerini göstermektedir. Bu nöronun çıkış değerini

elde etmek amacıyla geliştirilen denklem 2.12’de kullanılarak toplam bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilmiştir. Nöronun çıkış elde etmek amacıyla kullanılan aktivasyon fonksiyonunu ϕ ile gösterildiğinde nöronun çıkışı denklemi ise 2.12’deki gibi;

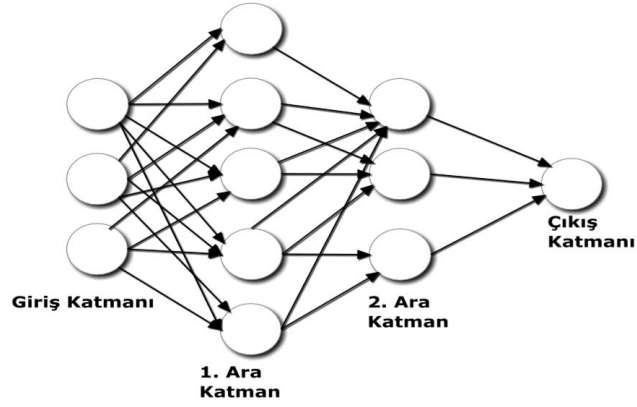
$$y = \phi(r) = \phi\left(\sum_{i=1}^N w_i * x_i + b\right) \quad (2.12)$$

elde edilmektedir. Çıkış değeri olarak elde etmek amacı ile kullanılan aktivasyon fonksiyonu problemin yapısına göre farklı bir şekilde olabilmektedir. Bu fonksiyonlardan en çok kullanılanlar; sigmoid fonksiyonu, hiperbolik tanjant fonksiyonu veya eşik fonksiyonlarıdır. Belirtilen nöron yapısı Şekil 2.14’te gösterilmiştir.



Şekil 2.14: Yapay sinir ağı yapısı [32]

Bir nöronun çıkışı farklı katmanlardaki nöronların girişi olarak değerlendirilebilir. Bu sayede birden fazla farklı katman kullanılarak oluşturulan YSA yapısının çıkışı hesaplanabilmektedir. Ayrıca bu şekilde çok katmanlı bir yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. [32]. Örnek çok katmanlı YSA yapısı Şekil 2.15’te gösterilmiştir.



Şekil 2.15: Çok katmanlı YSA yapısı.

YSA da hücrenin çıkışı her zaman istenilen çıktı değerini vermeyebilir bu nedenle hücredeki bilgi taşıyan ağırlıkların değiştirilmesi gerekir. Bu ağırlıkların değiştirilme işlemi yapay sinir ağlarında öğrenme işlemi olarak bilinmektedir. Yapay sinir ağlarında öğrenme için çok farklı algoritmalar geliştirilerek kullanılmaktadır. Geri yayılım algoritması da bu algoritmaların başında yer almaktadır. Geri yayılım algoritmasında bir hücreden elde edilen çıkış değeri y_i ile ve hücreden asıl elde edilmesi istenen değer d_i ile gösterildiğinde i . nörondaki hata değeri denklemi ise 2.13'teki gibi;

$$e_i = d_i - y_i \quad (2.13)$$

hesaplanmaktadır. Geri yayılım algoritmasının uygulanma amacı ise her bir hücrede çıkışında bulunan hataların karesel toplamı olan maliyet fonksiyonunu minimum yapmaktır. Minimum yapılması beklenen maliyet fonksiyonunun denklemi ise 2.14'teki gibi;

$$E = \frac{1}{2} \sum_i (e)^2 = \frac{1}{2} \sum_i (d_i - y_i)^2 \quad (2.14)$$

elde edilebilmektedir. Bu maliyet fonksiyonun minimum değerinin oluşturulması amacıyla geliştirilen delta kuralı günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. Delta kuralı çıkışta oluşan hata nedeniyle ağırlıklardaki değişimi ifade etmektedir. Denklemdaki delta değeri nöronda kullanılan aktivasyon fonksiyonunun türevidir. Bir nöron için delta değeri ile yeni ağırlık değerleri sırasıyla denklem 2.15'te ve denklem 2.16'daki gibi;

$$\delta_i = \varphi'(y_i) \times e_i \quad (2.15)$$

$$w_i^* = w_i + \delta \times x_i \quad (2.16)$$

hesaplanmaktadır. Hesaplama formüllerinde görüldüğü gibi delta kuralının uygulanması sırasında ağırlık öğrenmesi hızını etkilememektedir ve bu nedenle ağırlık öğrenmesi yavaş olabilmektedir. Bu nedenle bir η öğrenme katsayısı denklem 2.17'de yerleştirilmiştir. Bu sayede öğrenme işlemi kademeli olarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem kademeli (gradyent) azalış işlemi olarak adlandırılmıştır. Hücredeki ağırlıkların hesaplanması amacıyla kullanılan en son denklem ise 2.17'deki gibi;

$$w_i^* = \eta \times \delta \times x_i \quad (2.17)$$

verilmiştir. Geri yayılım algoritmasında her bir tekrarlamada ileri yayılım yapılarak çıkış verileri bulunur ve hata değerleri için tekrar geri yayılım uygulanır ve bu bir epoc olarak adlandırılır. Bu işlem maliyet fonksiyonu minimum değerine ulaşana kadar devam etmektedir.

2.2. Beyin Bilgisayar Arayüzü ve İnsansız Hava Araçlarının Araştırılması

2.2.1. Beyin bilgisayar arayüzü

İnsan makine, insan robot etkileşimine paralel olarak gelişen Beyin Bilgisayar Arayüzü çalışmalarının tarihi, Hans Berger'in insan beynindeki elektriksel aktiviteyi keşfetmesi ve EEG geliştirmesi ile başlamaktadır. 1924 yılına gelindiğinde Hans Berger, insan beyninden bir EEG verisini kaydeden ilk kişi olarak tarihe geçmiştir. Hans Berger, çalışmalarında EEG verisini analiz ederek, insan beyinde bulunan farklı dalgaları veya ritimleri tanımlamıştır. Berger Dalgası olarak bilinen alfa dalgasını bulmuştur. Hans Berger'in ilk kayıt cihazı çok basit yapıda olan bir beyin bilgisayar etkileşimi bulunan cihazdır. Çalışması sırasında hastaların kafa derilerinin altına gümüş teller takarak veri almaya çalışmıştır. Bunun yerine daha sonraları kauçuk bandajlarla kafaya tutturulan folyolar koymuştur. Hans Berger, beyin hastalıkları ile EEG verilerin birbiriyle olan ilişkisini analiz etmiştir. Böylece EEG kayıtlarını, insan beyin faaliyetlerinin araştırılması

için tamamen yeni olanaklar verdiğini görmüştür. 1970'li yıllara kadar, beyin aktivitelerini iletişim amaçlı olarak kullanmak düşünülmemiştir.

Bu tez çalışması kapsamında araştırılan diğer bir kaynak ise Amerikan hükümetine bağlı olan, The Advanced Research Project Agency (ARPA), basit iletişim sistemleri için, beyin aktivitelerini kullanmaya karar vererek çalışmalar yapmıştır. ARPA Projesinde araştırılan yapay bilgisayar gücü ile insan yeteneklerini attırmak amaçlanmış fakat bu hedef gerçekleştirilememiştir. Bu proje ilk olarak maymunlarda, daha sonra insanlarda denenmiştir. BBA araştırmalarından yararlanan ilk kişi olarak bilinen Nagle Matt'tir. Nagle Matt 2004'te felç yüzünden kaybettiği fonksiyonlarını yerine getirmek için beynine bir elektrot dizisi yerleştirmiştir. Bu elektrot dizisinden alınan veriler işlenerek komutlara dönüştürülmüş bu komutlarla Nagle artık televizyonu kontrol edebilir, E-postalarını okuyabilir hale gelmiştir. Aynı zamanda bu çalışma ile protez elini açıp kapatabilir hale gelmiştir [33-35].



Şekil 2.16: Beyin bilgisayar arayüzü.

Bu tez çalışması kapsamında alınan EEG sinyallerinin ve EEG alt bantlarının bilgisayar ortamına alınarak verilerin düzenli bir şekilde işlenmesi yapılmıştır. Neurosky ve ThinkGearWrapper teknolojisi EEG ve alt bantlarının insan frontal lob üzerinden kuru elektrot ile alınmasını sağlayan düşük maliyetli EEG algılayıcısıdır. Beynin frontal lobuna yerleştirilen Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık içerisindeki ThinkGear.dll kütüphanesi ile EEG sinyalleri gerçek zamanlı olarak algılanmaktadır. Algılanan EEG sinyalleri TGAM: ThinkGear ASIC Modülü üzerinde işlenerek EEG alt bantlarına (Alfa1, Alfa2, Beta1, Beta2 Gama1, Gama2, Theta, Delta, Odaklanma ve

Düşünme) ayrılarak bluetooth üzerinden ThinkGear.dll kütüphanesi aracılığı ile Beyin Bilgisayar Arayüzü yazılımında ilgili alanlara aktarılmıştır.

2.2.2. İnsan makine etkileşimi

İnsan-makine sistemleri verilen girdi setlerindeki verileri istenilen veri çıktılarına dönüştürmek amacıyla bir araya getirilmiş karşılıklı etkileşim içerisinde bulunan birden fazla insan ile birden fazla makinenin oluşturduğu sistem olarak tanımlanabilir. İnsan makine etkileşiminin olabilmesi için insan, makine ve çalışma alanı olmak zorundadır.

İnsan-makine sistemi terimi içerisinde yer alan makine terimi bakıldığında geniş bir sistemler bütünü altında ele alınmaktadır. Makine terimi sistemin amacına ulaşması ya da bir fonksiyonu yerine getirmesi doğrultusundaki faaliyetleri gerçekleştirmek üzere insanların kullanabilecekleri her türlü alet, araç, gereç, donanım, tesis ve benzeri fiziksel nesnelere ifade etmektedir. Elinde çekiç olan bir işçi ya da orakla hasat yapan çiftçi insan makine sistemi oluşturur.

Otomobil ve sürücüsü, bilgisayar ve operatörü, torna tezgahı ve ustası, bir büro makinesi ve kullanıcısı biraz daha karmaşık insan makine sistemi örnekleridir. Uçak, ambalaj makinesi, iletişim sistemi, petrol rafinerisi, bunları kullanan personel ile birlikte karmaşıklık düzeyi daha yüksek olan insan-makine sistemleridir. Yukarıdakilere göre daha soyut ve biçimsellikten uzak sayılabilecek insan makine sistemi örneği olarak sağlık sistemleri, trafik yönetim sistemleri verilebilir [36]. İnsan-makine sistemlerine insanın aktif bir rolle katılımı esastır ve sistemin amacına ulaşmasına yönelik fonksiyonların yerine getirilmesinde diğer sistem öğeleri ile etkileşim içerisinde [37].

2.2.3. İnsansız hava araçları

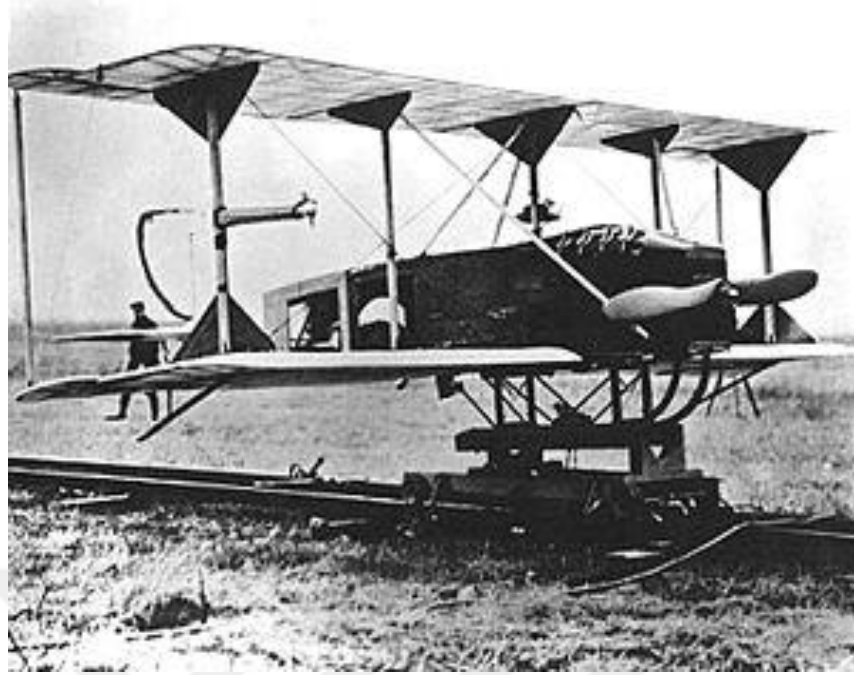
Küresel Hava Trafik Yönetimi Operasyonel Konseptine göre insansız hava aracı (İHA) içerisinde pilotu bulunmayan hava araçları olarak tanımlanır. Diğer bir deyimle İHA içinde pilot olmadan, çeşitli kablosuz haberleşme protokollerini kullanarak (GPS,

bluetooth vb.) ve otomatik olarak hareket edebilen hava aracı olarak tanımlanmaktadır [38-42].

Günümüzde kullanılan İHA yer zemininde bulunan bir pilot (kullanıcı) aracılığıyla gönderilerek uzaktan kumanda ile görev ve görevleri yerine getirebilen veya önceden yapılan uçuş programına göre otomatik (otonom) olarak hareket ettirilen hava araçlarıdır. Bunlar genel olarak; teknik donanımlarına göre ve kullanım amaçlarına göre sivil iki ana grupta ayrılmaktadır. ICAO genelgesinde ise İHA otomatik (otonom) ve uzaktan kumandalı olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır. [39].

Bu tez çalışması kapsamında araştırılan literatür araştırmalarında elde edilen bilgilere göre uzaktan kumanda edilen hava araçlarının tarihsel geçmişi çok eski zamanlara uzanmaktadır. 22 Ağustos 1849 yılında Avusturyalıların geliştirmiş olduğu içinde zaman fitilli bombalar bulunan 200 pilotsuz balonu Venedik (İtalya) şehrine göndermesi, hava saldırısında ilk insansız hava aracı kullanımı olarak tarihe geçmiştir. Bu bombalı balonların bir kısmı hedefler üzerinde patlarken, bir kısmının da hedef noktalarına rüzgârın etkisiyle ulaşamayarak görevlerine yerine getirememişlerdir. Diğer bir yandan, insansız balonların askeri amaçlı kullanımı Amerika'da 1793 yılında başlanmıştır. Bu balonlar iç savaşta sadece keşif amaçlı olarak kullanılmışlardır, [40-42].

Bu tez çalışması kapsamında araştırılan literatür araştırmaların da elde edilen bilgilere göre 1908 yılının nisan ve kasım ayları arasında gerçekleşen olayda en az yarısı Alman olan 25'ten fazla havacıyı taşıyan yaklaşık 10 Alman balonunun Fransa'ya iniş yaptığı kaydedilmiştir. Bütün bu oluşan olayların etkisiyle 1910 yılında Paris Konferansı'nın düzenlenmesi amacıyla yoğun çabalar harcanmıştır. Ancak konferans somut adımların atılamamıştır. Harcanan bu çaba nedeniyle hava hukukunun uluslararası platformda düzenlenmesine yönelik olarak ilk diplomatik çaba olmasından dolayı tarihe geçmiştir [41, 42].



Şekil 2.17: Hewitt-Sperry ilk insansız uçak.

Bu tez çalışması kapsamında araştırılan literatür araştırmalarına göre insansız ilk uçak RPAT (Ruston Proctor Aerial Target) ise Birinci Dünya Savaşı'nın sonlarına doğru tasarlanmıştır. İlk olarak insansız kullanımı ise “uçan bombalar” olarak bilinen “Hewitt-Sperry” jiroskop kontrolü bulunan otomatik uçak ile gerçekleştirilmiştir. Bu gelişmelerden sonra Kasım 1917 tarihinde “otomatik uçan uçak” ABD Silahlı Kuvvetleri'nin resmi uçağı olarak tarihe geçmiştir. İlk uçuşunu 1918 yılında gerçekleştirmiş ancak Birinci Dünya Savaşı'nda kullanımı gerçekleştirilememiştir, İHA alanında yapılan çalışmalar İkinci Dünya Savaşı ve sonrasında da devam ederek Vietnam, Afganistan ve Irak Savaşları dâhil olmak üzere günümüze kadar birçok askeri operasyonlarda kullanılmış ve hala kullanılmaya devam etmektedirler. Ülkemizde ilk insansız hava aracı tasarımları 1990 yılında başlanarak çalışmalara devam edilmiş bu gelişmeler ile birlikte bayraktar mini İHA yerli ve milli olarak 2007 yılında kullanılmaya başlanmıştır [42].

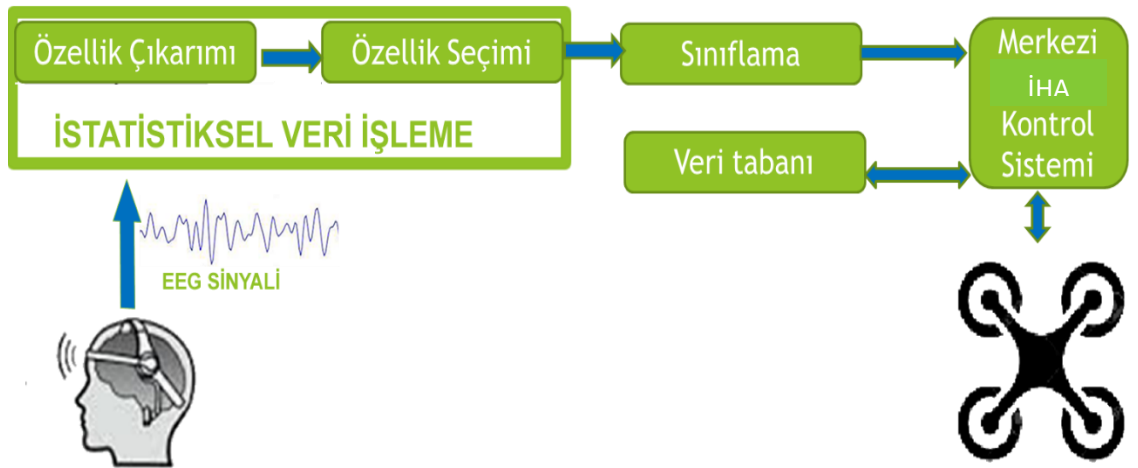
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışması kapsamında Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık ile EEG sinyallerinin osilasyonları (alt bantları) elde edilerek visual studio C# ortamında YSA ile geliştirilmiş zeki bir BBA yazılımı gerçekleştirilerek mini yapıda olan insansız hava aracının kontrolü yapılmıştır.

3.2. Yöntem

EEG sinyalleri ile İHA kontrolünün yapımı aşamasında konuyla alakalı yapılan literatür çalışmaları araştırılarak konu ile uygunluğu ve yapılmış projelerdeki verilerin genellenebilirliği yöntem olarak belirlenmiştir. Literatür çalışması sırasında elde edilen yöntemler bu tez çalışması için uygulanabilir hale getirilmiştir.



Şekil 3.1: Projenin akış şeması.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen EEG sinyallerini kullanarak insansız hava aracı kontrolü projesinin Şekil 3.1’de akış şeması verilmiştir. Bu çalışmanın gerçekleştirilmeden önce konuyla alakalı daha önce yapılmış çeşitli benzer uygulamalar incelenerek uygulamanın kullanıcılar için en pratik hali tasarlanmıştır. Tasarlama sırasında proje amacına uygun özgünlükler takip edilerek kol uzuvları olmayan insanların bu çalışmayı aktif olarak kullanabilecekleri düşünülerek planlama yapılmıştır. Ayrıca insanların dron kontrolü sırasındaki zihinsel aktivitelerinin de analiz etmek amacıyla düzenlemeler yapılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında Şekil 3.1’de projenin akış şemasını açıklayacak olursak ilk olarak literatür kısmında araştırılan beyinde oluşan elektriksel potansiyeller (EEG) ve bunların alt bantlarının nasıl oluştuğu anlatılarak algılanacak sinyaller (potansiyellerin) bilgileri elde edilmiştir.

EEG sinyali üst üste binen birden fazla sinyallerden oluşmaktadır. Bu sinyallerin ayrıştırılmasında en yeni nesil olarak kullanılan ve günümüzde bilimsel, eğlence, eğitim ve fizyolojik vb. alanlarda kullanılmaya başlanan Neurosky firmasına ait mindvave EEG algılayıcı kulaklık uygun görülmüştür. Maliyeti 1000 Türk Lirası civarında olan EEG kulaklığı kullanılabilirliği açısından genellenebilir olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca kulaklık algıladığı EEG sinyallerini ve alt bantlarını bluetooth üzerinden 2.4 GHz değerinde TGAM modülü içerisinde bulunan ThinkGear çipi ve yazılım kütüphanesi ile herhangi bir alıcıya aktarabilmesinden dolayı tercih edilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında bluetooth üzerinden alınan veriler C# programlama dili ile bilgisayar ortamına alınarak istatistiksel işlemlere tabi tutulmuştur. İstatistiksel işlemler, kulaklıktan alınan veriler ile C# programlama dili ve kütüphaneler aracılığıyla tasarlanan BBA yazılımı içerisinde yapılmaktadır. BBA yazılımı aracılığı ile istatistiksel olarak işlenecek olan verilere istatistiksel veri işleme bölümünde anlatılan matematiksel işlemlerin kodlamaları yapılarak uygulanmış ve doğruluğu test edilmiştir. Sınıflama için uygun görülen yapay sinir ağları öğrenme seti için veri seçimi istatistiksel metotlarla yapılarak girdi seti oluşturulmuştur. Sınıflama işleminde kullanılan yapay sinir ağları istatistiksel veri işleme bölümünde anlatılan girdi setine göre düzenlenmiştir. Sınıflama işlemlerinin sonuçları Matlab GUI ortamında analiz edilip genelleme yapmak amacıyla daha önceden yapılmış

bu tez çalışmasına benzer veri tabanları incelenmiş bu veri tabanlarından elde edilen YSA sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları analizler kısmında ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Sonuçlar analiz edilip insanların düşünme durumu belirlenip komut oluşturulabilirliği anlaşılmıştır. Bu komutlar BBA yazılımında bulunan algoritmalar aracılığı ile oluşturulmuş ve İHA kontrol merkezi birimine aktarılmıştır.

Komut verileri İHA kontrol merkezine aktarıldıktan sonra İHA uçuş profili açısından stabilizesini sağlamak amacıyla algoritmalar içerisinde tekrar düzenleme yapılmıştır. Bu düzenlemeler BBA bölümünde algoritmalar aracılığıyla ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Ayrıca komut verilerinin daha sonraki çalışmalarda kullanılması amacıyla kendi iç yapısında bir veritabanı oluşturulmuş gerekli durumlarda bu veriler kaydedilmiştir.

3.2.1. Donanım mimarisi

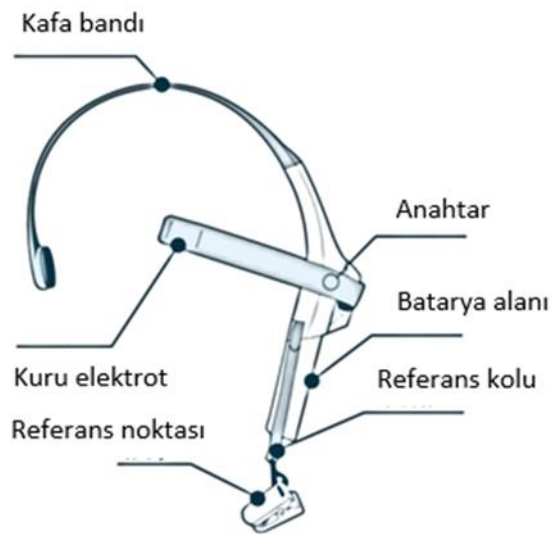
Bu tez çalışması kapsamında genel olarak kullanılan başlıca malzemeler ve ekipmanlar, yöntem kısmında açıklanan bölümlerde kullanılan donanımlardan ibarettir. Bunlar; Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık, Mini insansız hava aracı, Arduino DUE mikrokontrol kartı ve çeşitli yarı iletken elektronik malzemelerdir. Bu tez çalışması kapsamında etkin olarak kullanılan malzemeler ve ekipmanların özellikleri ile kullanım amaçları aşağıda açıklanmıştır.

Neurosky Mindwave EEG algılayıcı kulaklık: NeuroSky firması 2004 yılında California Silicon vadisinde kurulan tüketici ürünleri uygulamaları için bir Beyin-Bilgisayar Arayüz teknoloji üreticisidir. Şirket, elektroensefalografi ve elektromiyografi teknolojilerini, eğlence, eğitim, otomotiv ve sağlık gibi çeşitli alanlarda tüketici pazarına uyacak şekilde tasarlayıp uyarlayarak kullanıcılara ve geliştiricilere sunmaktadır [43]. Kulaklık EEG beyin sinyallerini ve iç içe geçmiş EEG osilasyonlarından olan alfa, beta, gama, teta, delta, dalgalarını ayrıca odaklanma ve düşünme gibi bilişsel aktiviteyi TGAM modülü sayesinde filtreler aracılığıyla ayırıştırıp verebilmektedir.



Şekil 3.2: Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık [43].

Şekil 3.2’de verilen Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık EEG verilerinin alınmasında mekanik olarak kullanılabilirliği açısından tüm insanların kafatası yapısına uygun olarak düzenlenmiş ve geliştirilmiştir. Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık dizayn ve ergonomik açısından insan sağlığına herhangi bir zarar vermeyecek şekilde tasarlanarak imal edilmiş ve test edilerek ticarileştirilmiştir. Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık mekaniksel olarak 6 bölümden oluşmaktadır. Kafa bandı (destekleyici), kuru elektrot (sinyal alıcı), batarya alanı, güç anahtar bölümü, kulaklık bölümü (Referans kolu) ve Referans noktası bölümlerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.3: Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık iç yapısı [44].

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık özellikleri:

Kuru elektroda doğrudan bağlantılı bir EEG kanalı + Referans + Toprak ile Son derece düşük seviye sinyal algılamanın yanında yüksek gürültü bağışıklığına sahip gelişmiş filtresi bulunan ve 512 Hz örnekleme frekansı ile EEG verilerini kullanıcıya aktarabilen yeni nesil bir EEG cihazıdır.

- a. Veri Çıktıları: RAW EEG sinyali, dikkat, meditasyon, delta, theta, düşük alfa, yüksek alfa, düşük beta, yüksek beta ve gama dalgaları ile SDK'da mevcut ek algoritmalarıdır.
- b. Boyutlar: TGAM1 Modülü: 27.9 x 15.2 x 2.5mm, TGAT1 Chip: 9 x 9 x 1,6 mm, Ağırlık 130mg.
- c. Elektronik donanımı: 12 bitte 512 Hz örnekleme hızı, 3-100Hz frekans aralığı, ESD Koruması: 4kV Kontak Deşarjı; 8kV Hava, Maksimum Güç Tüketimi: 15mA @ 3.3 V, Çalışma gerilimi 2.97 ~ 3.63 V.UART (Seri): 1200, 9600, 57600 baud, 8-bit, Parite yok, 1 durak biti bulunmaktadır.

Mini insansız hava aracı: Mini yapıdaki insansız hava aracı kendi ve çevre özelliklerini koruyarak kontrol kumandası ile stabil uçuş yapabilecek kabiliyetlere sahip bir hava aracıdır.



Şekil 3.4: Mini insansız hava aracı [45].

Proje kapsamında kullanılan hava aracı son gyro teknolojisiyle donatılmış mükemmel uçuş kalitesi, hızlı, seri ve stabil uçuş, havada asılı kalabilme özelliği bulunan her yöne

doğru takla atabilme özelliği bulunan bir mini hava aracıdır. No head: Uçuş esnasında istediğiniz şekilde ön yönünü belirleme özelliği. Return Back: Son noktadan geldiği yönün tersine gidebilme. Kırılmaya dayanıklı plastik gövde, pilastik pervane korumalı mevcuttur, led ışıklar bulunmaktadır ayrıca dronda bulunan diğer özellikler [45].

- a. 6 eksenli en son teknoloji dâhili gyro.
- b. 4 kanal, 2.4GHz Kumanda.
- c. saga-sola yatay hareket, yukarı-aşağı, sağa-sola, ileri-geri yön verme.
- d. 45 dakika şarj.
- e. 8 dakika uçuş süresi.
- f. 30m menzil.
- g. 3.7 V 150 mAH Li-Po batarya.
- h. Boyutları: 13.5 x 13.5 x 3 cm (diyagonal yapı).

Arduino DUE Kontrol Kartı: Arduino DUE bir Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU tabanlı mikrodenetleyici kartıdır. Bu kart Arduino'nun ilk 32 bit mikrodenetleyici kartıdır. Sabit 54 dijital I/O pini (12 tanesi PWM için kullanılır) 12 analog girişı, 4 UART'ı (donanımsal seri port), 84 MHz osilatör, 1 USB OTG bağlantısı, 2 dijital-analog dönüştürücüsü (DA C), 2 TWI, reset tuşu, güç girişı, silme tuşu, 1 adet SPI ve 1 adet JTAG 'header'ı vardır. Kart sahip olduğu harici donanımlarla, birçok uygulamada rahatlıkla kullanılabilir[46].



Şekil 3.5: Arduino DUE kontrol kartı [46].

Arduino DUE kartını diğer Arduino kartlarından ayıran en önemli özelliklerden bir 3.3 V ile çalışıyor olmasıdır. I/O pinlerinin sorunsuz çalışabileceği en yüksek voltaj düzeyi 3.3V olarak belirlenmiştir. Daha yüksek gerilimler karta zarar verebilir. Bu sebeple logic level uyumlama için uygun harici donanımlar kullanılabilir. Ayrıca IOREF pini, Arduino DUE kartına bağlı 'shield'ların Arduino DUE tarafından sağlanan voltaj düzeylerine adapte olmasını sağlar. Arduino DUE sahip olduğu 32 bit ARM Core ile 8 bitlik mikrodenetleyicilere karşı bariz bir üstünlüğe sahiptir. Bu farklar aşağıdaki gibidir: [46]

- a. Tek CPU saat darbesiyle 4 byte büyüklüğe sahip veri işleme.
- b. 84 MHz CPU saat hızı.
- c. 96 Kbyte SRAM alanı.
- d. 512 KByte flash hafıza.
- e. DMA denetleyicisi.

Bu donanımların dışında yarı iletken malzemelerden olan devrelerde aktif ve pasif elemanlar olarak görev yapan direnç, kondansatör, led kullanılmış kumanda devresi ile senkron çalışan bir devre delikli plaket üzerine entegre edilmiştir [47,48].

3.2.2. Yazılım mimarisi

Bu tez çalışması kapsamında kullanılan yazılımlar dünya genelinde sıkça kullanılan programlama dillerinden olan Matlab, C#, C/C++ dir. Bu programlama dillerinin seçilmesindeki amaçlar arasında yazılımların birbiri ile iletişimde yeteri kadar protokol fonksiyonlarının olması ve ayrıca iletişim hızlarının kullanıcıya bırakılması gibi özelliklerdir. Bilgisayar programlama dili, programcının düzenlenmiş bir algoritmayı ifade etmek için kullandığı standart olarak kullanılan yapısal bir notasyondur. Programlama dilleri, programcının geliştireceği proje için gerekli olan hangi veri üzerinde işlem yapacağını, verinin nerelerde depolanıp iletileceğini, belirlenmiş koşullarda nasıl işlemlerin yapılacağını tam olarak anlatmasını sağlayan araçtır. Dünyada şuana kadar 2500'den fazla programlama dili geliştirilmiştir. Programlama dilleri insanların algılamasına yakın olmasına göre 3 gruba ayrılır.

a. Alt seviye diller: Alt seviye diller makine koduna yaklaştırılmış programlama dilleridir. Assembly programlama dili gibi makine hâkimiyeti oldukça gelişmiştir. Bu programlama dillerini öğrenmek isteyen veya bilen kişilerin işlemciler hakkında bilgi sahibi olması gereklidir.

b. Orta seviye diller: Genişletilebilir yapıda olan bu diller hem üst hem alt seviye olarak programlama yapabilirler. Alt seviye dillere oranla biraz daha anlaşılabilir yapıda olanlarda mevcuttur. Örneğin C programlama dili.

c. Yüksek (Üst) seviye diller: Nesne tabanlı programlama dilleri olarak da adlandırılırlar. Kullanıcı dostu olarak bilinirler. Makine diline uzan insanların konuşma diline yakındırlar. En hızlı ve en etkili programlama dilleri bu kategoridedir. Örneğin Visual basic ve pic basic pro vb.

Üst (yüksek) seviyeli programlama dillerinde yazılan programın çalışabilmesi için makine diline çevrilmesi gerekir. Bunun için program hangi yüksek seviyeli dil ile yazıldıysa o dilin derleyicisi kullanılır. Böylece yüksek seviyeli programlama dili ile yazılmış olan kaynak program, makine dilindeki amaç programa dönüştürülür. Kaynak programın içeriğinin değiştirilmesi mümkündür, ancak derlenmiş olan amaç programın içeriğine müdahale etme imkânı yoktur.

a. C yapısal programlama dilleri arasında yer almaktadır. Öğrenilmesi biraz zaman almasına rağmen oldukça kullanışlı ve esnek yapıdadır. Bilgisayar programcılığının temel dillerinden birisidir. Kullanım alanı oldukça geniş bir dildir.

b. C++ nesneye yönelik yapısal programlama yapabilen diller arasında yer almaktadır. C bilgisayar programlama dilinde sayılan tüm özelliklerine ek olarak geliştirilmiş nesne yönetim özelliği ile bilgisayar yazılım dünyasının en çok tercih ettiği dillerinden biridir.

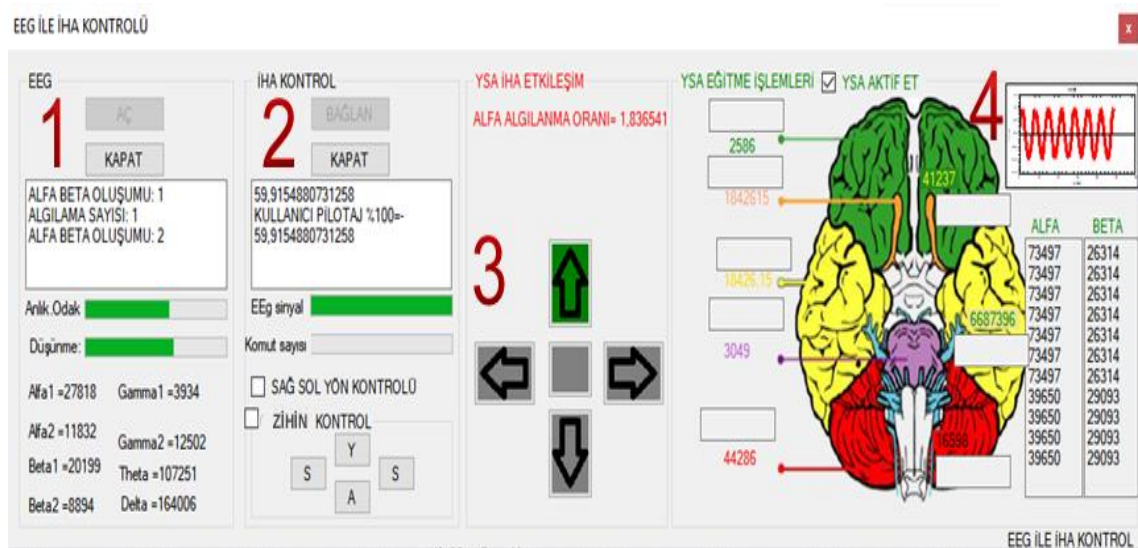
c. C# Nesneye dayalıdır (OOP). C++ ın ve Java' programlama dillerinin pozitif yönlerini bünyesinde birleştirerek geliştirilmiş yeni bir programlama dilidir. Yerel uygulamaların dışında programcıya. C#.Net yapısıyla internet uygulamaları yazmakta birçok kolaylıklar sağlamaktadır. İleriye dönük olarak Microsoft'un Java

teknolojisine rakip olarak ortaya sürdüğü bir programlama dilidir ve Micro soft'un bu konulardaki yelpazesini genişletmeye yönelik bir atılımdır. [49, 50].

d. Matris Laboratuvarı (Matlab), teknik ve bilimsel hesaplamalar için geliştirilmiş yüksek performanslı bir dildir. Matlab programının pek çok kullanım alanı vardır. Bunlar, matematiksel (nümerik ve sembolik) hesaplama, algoritma geliştirme ve kod yazma (programlama), lineer cebir, istatistik, sinyal işleme, filtreleme, optimizasyon, sayısal integrasyon vb. Konularda matematik fonksiyonlar, finansal modelleme ve analiz, iki boyutlu ve üç boyutlu grafiklerin çizimi, modelleme ve simülasyon, grafiksel ara yüz Graphical User Interface (GUI) oluşturma olarak özetlenebilir [51].

3.2.3. Geliştirilen beyin bilgisayar arayüz yazılımı

Tez çalışması kapsamında geliştirilen Beyin Bilgisayar Arayüz yazılımı visual studio ortamında C# programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen C# arayüzünde kullanılan kontrol nesnelere Serial Port, Timer, Zedgraph, ThinkGearWrapper ve temel form kontrol nesnelere aittir. Arayüzde kullanıcıların insansız hava aracını zihin kontrolüne dayalı olarak kontrol etmesi hedeflendiğinden görsel tasarım buna göre düzenlenmiştir.

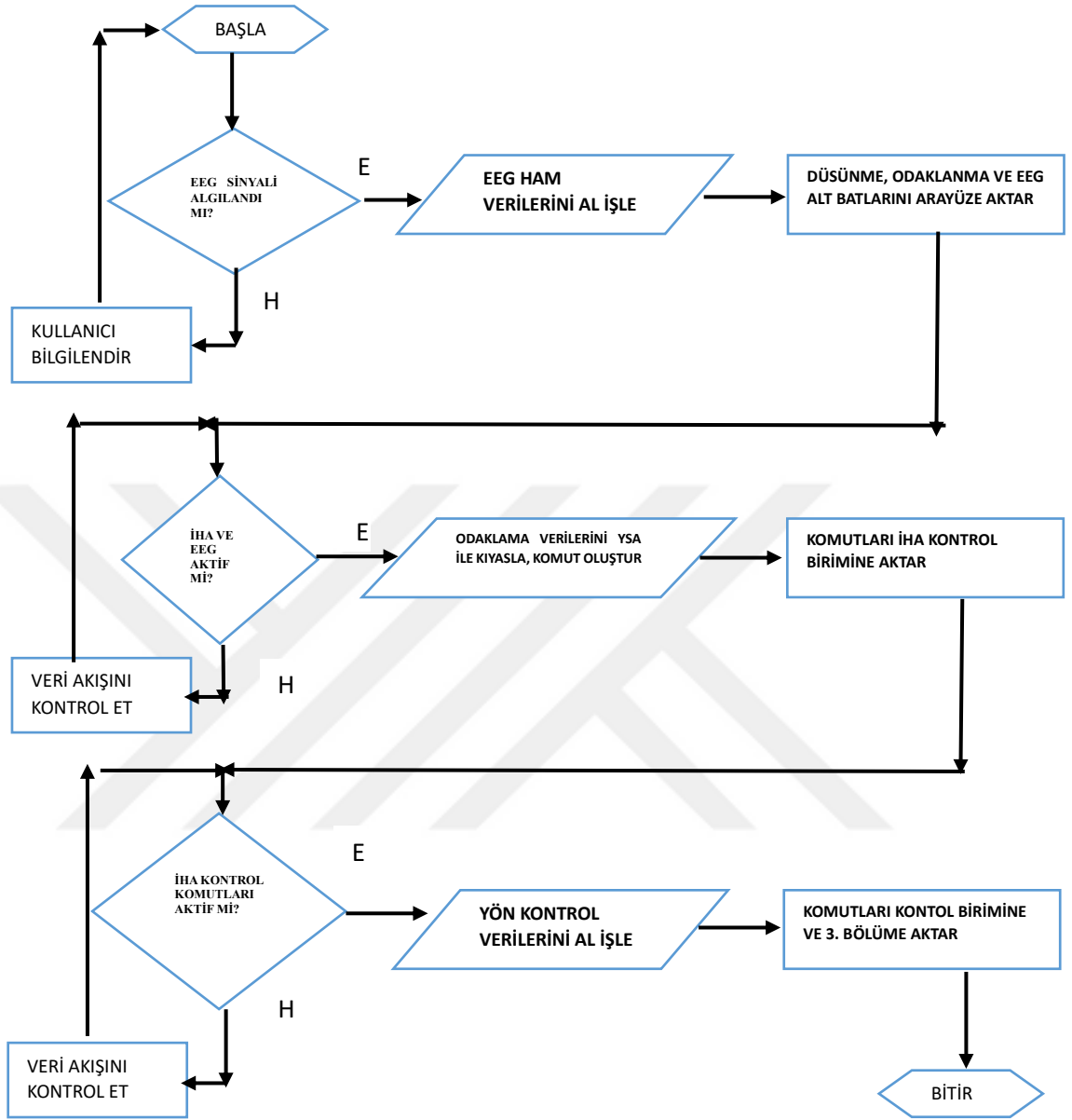


Şekil 3.6: Beyin bilgisayar arayüz yazılımı.

Beyin Bilgisayar Arayüzü yazılımının tasarımında kullanıcıların arayüze baktıklarında kolay anlaşılabilir, kullanılabilir, sorunları anlık olarak takip edilebilme durumları göz önünde bulundurularak tasarım yapılmaya çalışılmıştır. Kullanıcıların arayüzde İHA kontrolü ile alakalı bilgileri görmeleri ve ayrıca YSA ile etkileşimlerini anlık olarak takip edilebilirlikleri uygulamalarla gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Beyin Bilgisayar Arayüzünün diğer bir tasarım amacı ise ilerleyen çalışmalarda kullanılabilirliği düşünülmüş ve tasarımlar buna eklenerek tamamlanmıştır. BBA yazılımının geliştirilmesinde yapılan çalışmaların anlatımında kolaylık sağlama amacıyla uygulama alanları bir ile dört arası numaralı bölümler verilerek yazılım ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Bölüm 1’de Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan ThinkGear. dll kütüphanesi kullanılarak beyin frontal loptan algılanan EEG sinyalleri gerçek zamanlı olarak algılanmaktadır. Algılanan EEG sinyalleri TGAM: ThinkGear ASIC Modülü üzerinde işlenerek EEG alt bantlarına (Alfa1, Alfa2,Beta1,Beta2 Gama1, Gama2,Theta, Delta, Odaklanma ve Düşünme) ayırılarak ThinkGear. dll kütüphanesi aracılığı ile arayüzde ilgili alanlara aktarılır. Aktarma işlemlerinde bir saniyelik zamanlayıcılar kullanılarak algoritmanın zorlanmadan çalışması sağlanmaktadır. EEG verilerinin alınıp alınmadığı bağlantının olup olmadığı bir numaralı alanda TextBox multiline alanına anlık olarak aktarılır. Kullanıcı bu alanda kulaklık hakkında yönlendirilerek verilerin düzgün bir şekilde alınması sağlanır.

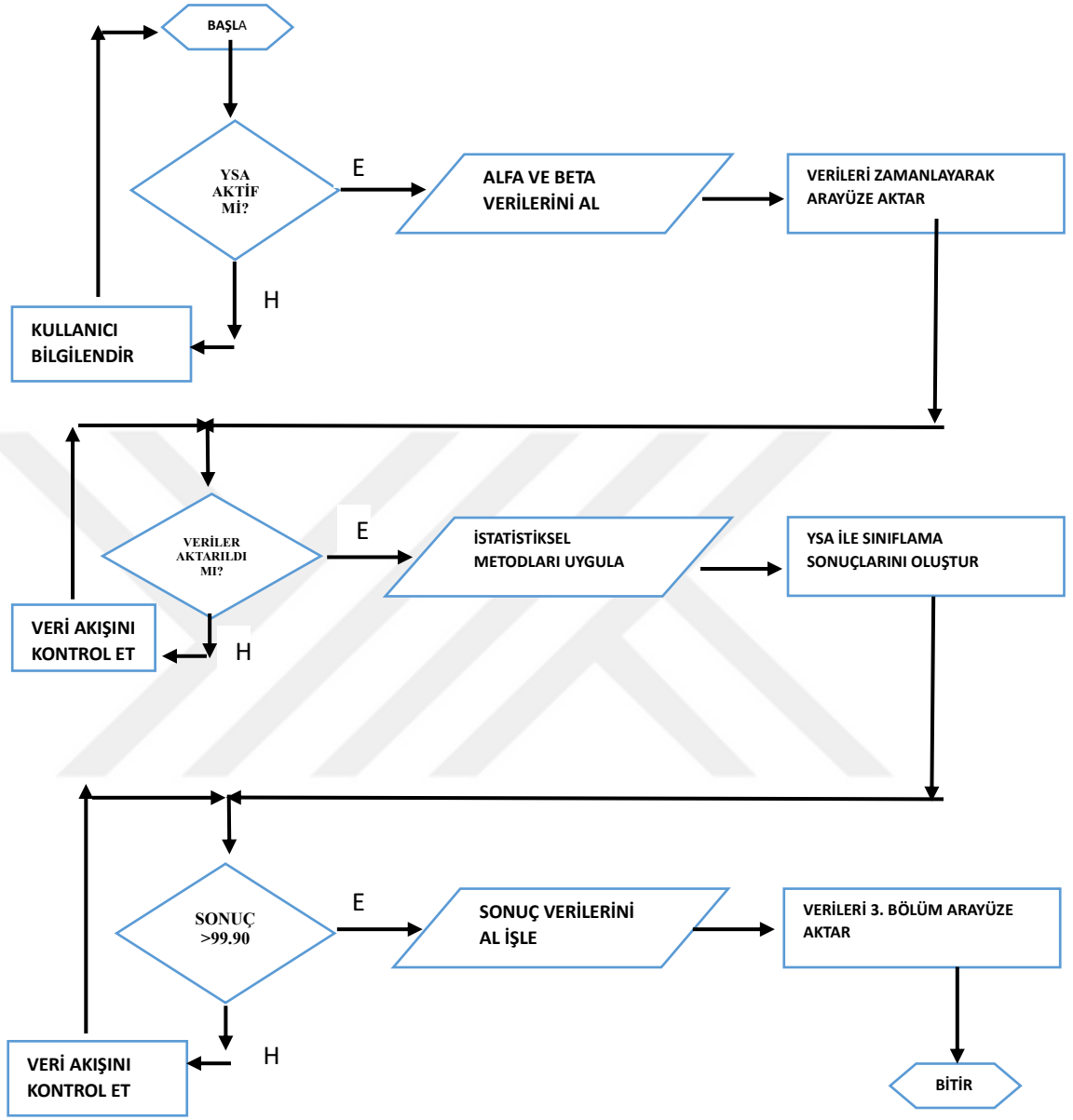
Bölüm 2’de EEG verilerinin alınma gücü (poor sinyali) denetlenerek İHA kontrol birimine serialport üzerinden bağlanılır. Bağlantı işlemlerinde herhangi bir olumsuz durumda TextBox multiline alanında kullanıcı yönlendirilerek sorunun çözümü sağlanır. İHA’nın manuel kontrolü ve zihin gücü ile kontrolü bu bölümde sağlanır. Kontrol sırasında kullanıcıdan gelen zihin komutları algılanarak komut barında tutularak İHA’nın stabil uçuşu sağlanmaya çalışılır. İHA’nın stabil uçuş için gerekli olan tüm komutları burada üretilerek İHA kontrol birimine aktarılır. Birinci ve ikinci bölüm algoritmaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.7: Mindwave ve İHA kontrolü algoritma akış şeması.

Bölüm 3'te EEG sinyalinin algılanan alfa ve beta sinyallerinin gerçek zamanlı olarak değişimi ThinkGear. dll kütüphanesi aracılığı ile geliştirilen algoritmalar tarafından alınarak komutlara dönüştürülmüştür. Bu komutların gerçek zamanlı olarak İHA kontrol merkezine aktarılması sağlanır ayrıca bu bölümde kullanıcının konut vermede kullanılan alfa ve beta sinyalleri önceden eğitilmiş yapay sinir ağına göre kıyaslanarak kullanıcının İHA kontrol durumu analiz edilir. Analizler gerçek zamanlı olarak kullanıcıya aktarılır. Bu sayede kullanıcının İHA kullanımını yüzdeler olarak belirlenir ve kullanıcıya bildirilerek YSA İHA etkileşimi anlık olarak sağlanmış olur.

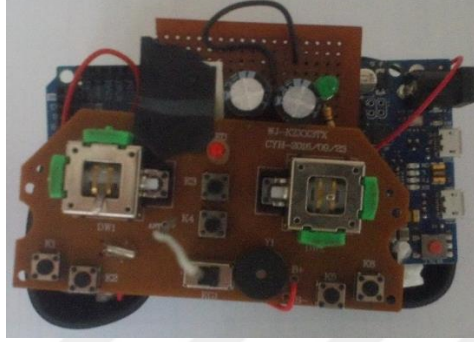
Bölüm 4'te yapay zekâ teknolojilerinden biri olan yapay sinir ağı algoritması geliştirilerek sistemin zekileştirilmesi sağlanmıştır. Zekileştirme işlemlerinde EEG sinyallerinin karmaşıklığı çözülerek zekileştirmenin genellemesi için daha önceden kaydedilmiş 10 sağlıklı bireyin EEG verileri kullanılmıştır. Bu veriler www.physionet.org [52]. web site ortamında 10-20 elektrot sistemine göre alınarak kaydedilen bu veriler incelenerek EEG verilerinin alfa (rahatlama) ve beta (düşünme) sinyallerinin değerleri istatistiksel metotlar ile incelenmiştir. İncelemeler sonucunda bu sinyallerin ayrı ayrı özellik çıkarımı yapılarak YSA için girdi veri değeri olarak kullanılmıştır. Belirlenen bu değerlerin verileri offline olarak Matlab nntool üzerinde sınıflandırılarak genel bir YSA sonucu oluşturulmuştur. Bu bölümde gerçekleştirilen olaylar için analizler kısmında istatistiksel analiz, YSA sonuçları analizi, Neurosky mindwave analizi bölümlerinde ayrıntılı bir şekilde anlatılarak bilgi verilmiştir. Ayrıca dördüncü bölümde bulunan Zedgraph nesnesi ile sinyallerin grafiksel durumlarını incelemek amacıyla eklenmiştir. Bu nesne ile sinyallerin anlık veri işleme durumlarını incelemek mümkün olmuştur. Bu nesnenin kullanılmasında bilgisayarın donanımsal özelliklerinin kullanılmasından dolayı kaynaklanan bazı sinyal işleme sorunları anlık olarak görülmektedir. Alfa ve beta verilerinin analiz işlemleri analizler bölümünde ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır. YSA sonucunda elde edilen sınıflama oranı yeni kullanıcılar için referans değer olarak belirlenip yeni kullanıcıların Neurosky mindwave EEG kulaklık ile algılanan zihinsel aktiviteleri gerçek zamanlı olarak YSA'da sonuç üretmesi sağlanıp üçüncü bölüme aktarılarak sonuç gösterimi yapılmıştır. Ayrıca istenildiği durumlarda İHA pilot kullanıcı uygulama değerleri için kullanılabilirliği denenmiştir. Üçüncü ve dördüncü bölümün yazılım algoritmaları aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.8: EEG sinyal sınıflama sistemi akış diyagramı.

İHA Kontrol Birimi: Beyin Bilgisayar Arayüzü ile eş zamanlı çalışabilen serialport üzerinden haberleşme sağlayabilen sistemdir. Sistemde ARM Cortex-M3 CPU tabanlı mikrodenetleyicisi bulunan arduino DUE kartına İHA'nın kontrol kumandası entegre edilerek eş zamanlı çalışması sağlanmıştır. Ayrıca sistem manuel kontrol için düzenlenmiş herhangi bir olumsuz durumda müdahale edilmesi sağlanmıştır. İHA'nın kontrol birimi

Şekil 3.9’da görüldüğü gibi mini İHA’nın kontrolü sırasında kullanılan elektronik bir sistemdir. Kontrol birimi iki ana devre ile dört parçadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi BBA alınan verileri, komutları ve diğer seri bağlantıları sağlayan ARM Cortex-M3 CPU tabanlı 32 bit mikrodenetleyicisi bulunan arduino DUE kartıdır.

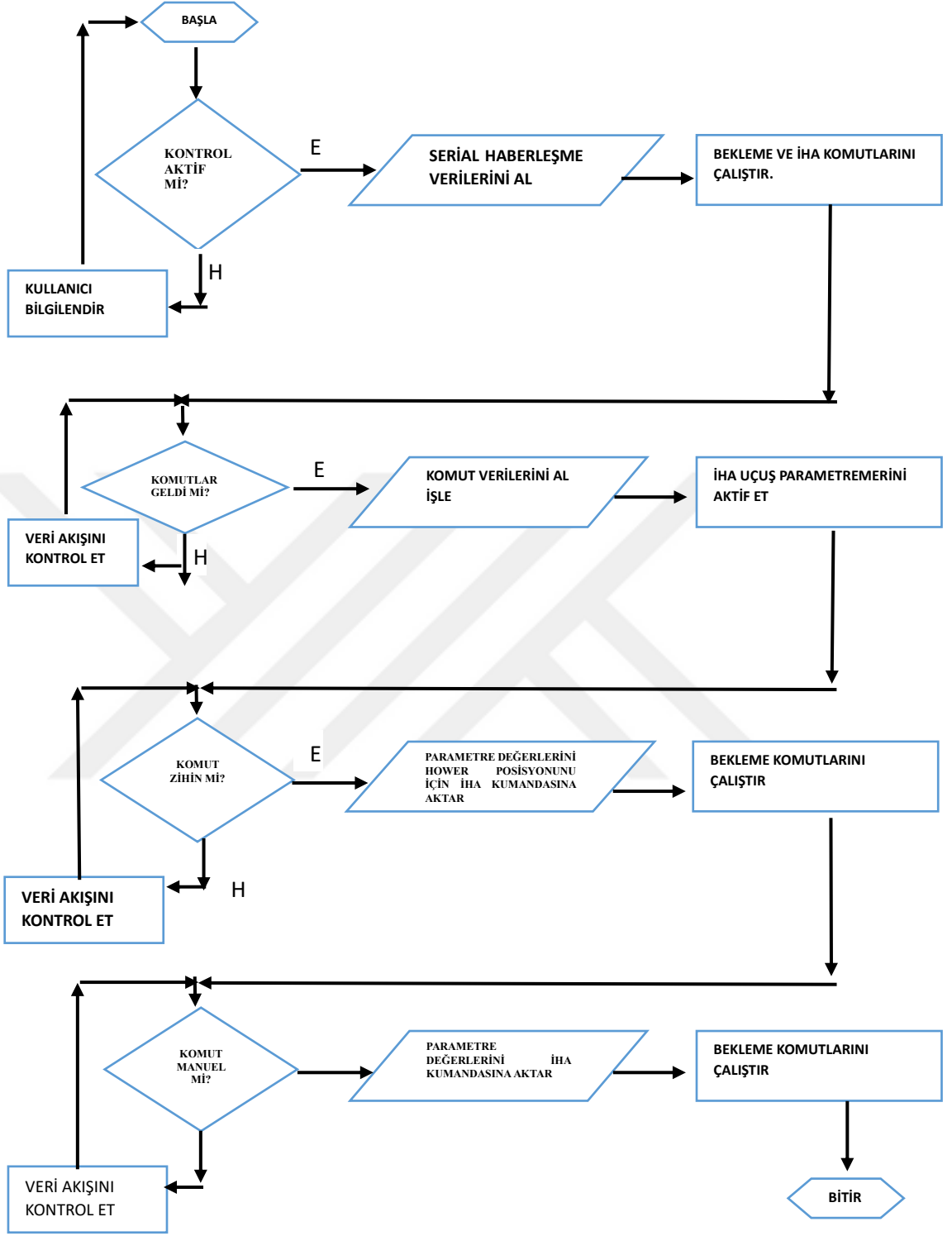


Şekil 3.9: İHA kontrol birimi devresinden görünüm.

Bu kartın özellikleri donanım mimarileri bölümünde ayrıntılı bir şekilde verilmektedir. Mikrokontrol kartı BBA ile sürekli olarak seri haberleşme yapmakta ve gelen verileri Şekil 3.10’da gösterilen algoritmalara göre değerlendirerek sonuç üretmektedir. Bu kartın bu proje kapsamında kullanılmasındaki neden ise yeni nesil Mikrokontrol kartı olmasının yanında İHA kontrol birimi için tasarlanmış 3.3 V enerji ile çalışabilmesidir.

İkinci olarak kullanılan devre ise mini İHA’nın kontrol kumanda devresidir. Kontrol kumanda devresinin teknik özellikleri donanım mimarisi bölümünde ayrıntılı olarak verilmektedir. Kumanda devresi İHA ile 2.4 GHz frekanslarında haberleşme yapabilmekte ve Mikrokontrol kartından gelen verileri İHA’ya aktarabilmektedir. Diğer bir yandan kumanda devresinin manuel kontrol birimleri sürekli olarak çalışır durumda olmakla birlikte herhangi bir olumsuz durumda müdahale edilme imkânı sağlamaktadır. Ayrıca kumanda devresi İHA’nın optimum uçuş yapabilmesi için hassas ayarların yapılmasına da olanak sağlamaktadır.

Üçüncü olarak kullanılan devre ise Mikrokontrol kartı ile kumanda devresi arasında iletişimi sağlayan ve ayrıca sızıntı akımlarını engelleyen devredir. Dördüncü devre ise güç devresi olup İHA kontrol devrelerini 4.5 V ile beslemektedir. 3 adet 1.5 V AAA pil ile çalışmaktadır.



Şekil 3.10: Kontrol birimi algoritma akış şeması.

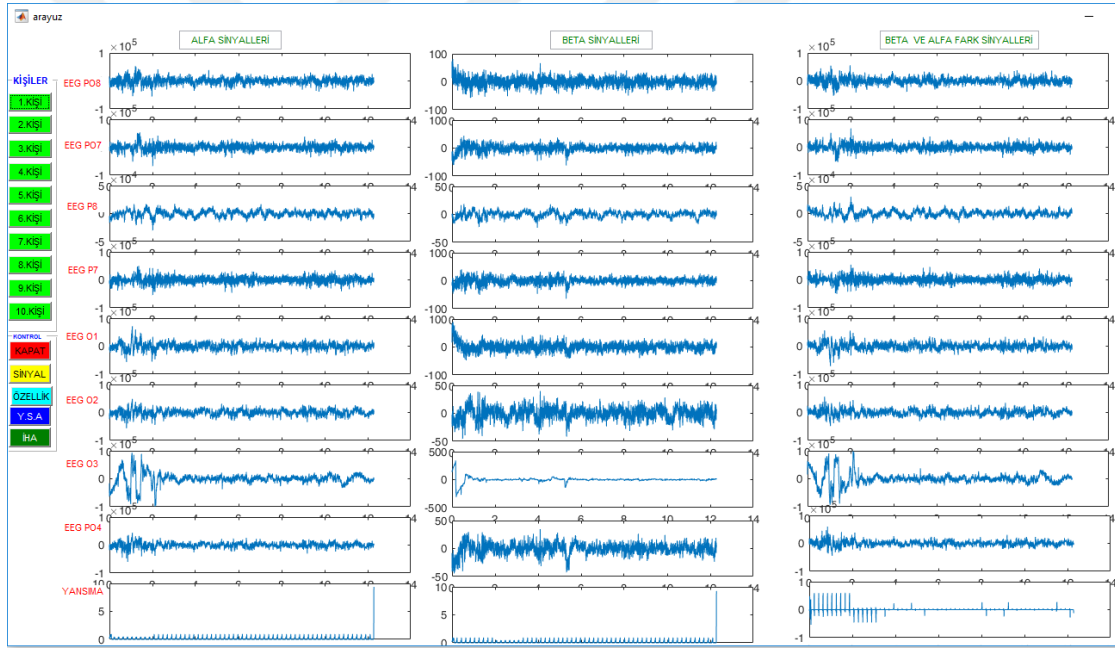
3.3. Analizler

Analiz çalışmaları kapsamında EEG verilerini genelleylebilmek ve kararlı bir sonuç elde edebilmek açısından daha önceki yapılmış literatür çalışmalarından ve elde edilen uygulama verilerinden ilerlenerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir. EEG alanında yapılan çalışmaların kaydedildiği “www.physionet.org” [52]. web sitesinde yararlanılmıştır. EEG verilerinin buradan alınmasında bu tez çalışmasında yapılması planlanan insanın rahatlama ve düşünce durumlarının alfa ve beta sinyallerinden oluştuğu anlaşılmıştır. Bu veriler istatistiksel metotlar ile incelenip YSA ile sınıflandırılarak İHA'ya aktarılması için alfa ve beta değerleri site ortamına Matlab dosyası olarak alınmıştır. Bu alfa ve beta sinyalleri 10-20 elektron sistemine göre kaydedildiğinden kıyaslama yapılabilmesi için tüm kanalların değerleri istatistiksel metotlarla incelenerek YSA ile sınıflandırılmış ve referans değer olarak alınmıştır. Sınıflama sonuçları Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan alınan alfa ve beta verilerinin değerleri istatistiksel olarak incelenmiş ve YSA ile sınıflandırılarak önceki değerler ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar gözlemlenerek İHA aktarmada komut oluşturulabilmesi için uygun olduğu anlaşılmıştır. Analizler kısmında bu durumlar ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

3.3.1. Sinyal verilerinin Matlab GUI arayüzü kullanarak istatistiksel analizi

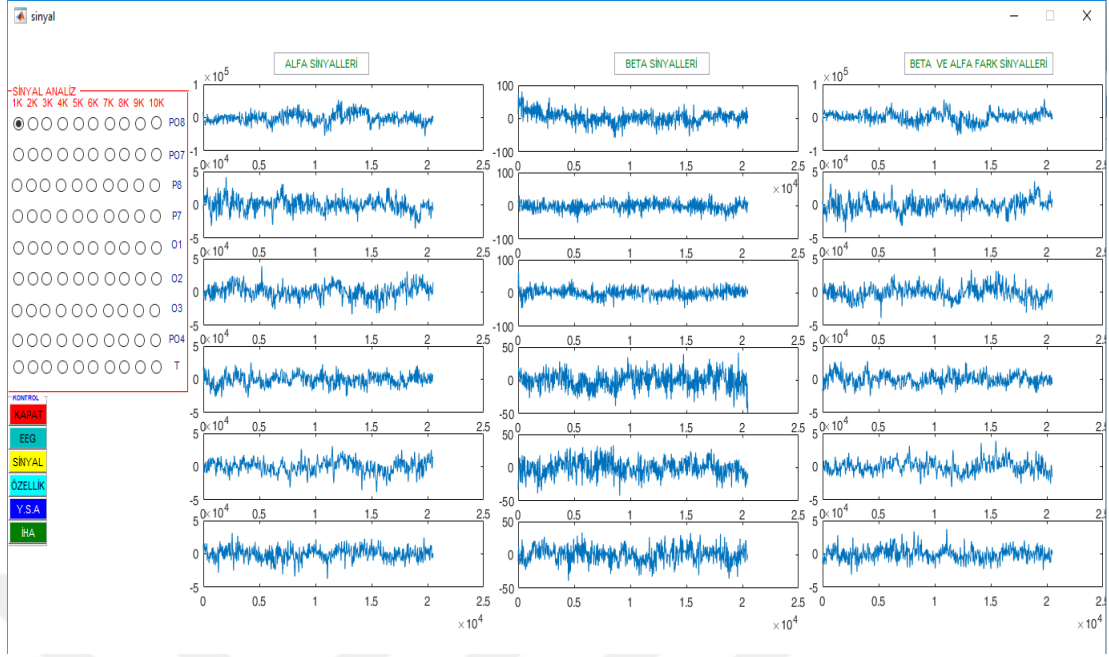
İstatistiksel metotlar için gerekli olan veriler physionet ortamından 10-20 elektrot sistemine göre düzenlenen bir EEG alıcı sistemle tüm zararlı etkiler filtrelenerek 10 sağlıklı bireylerden kaydedilen veriler içinden 1 dakika olarak alınmaktadır. Şekilsel olarak incelediğimiz sinyalimizin değerleri teori bilgileri ile aynı aralıkta olduğu gözlenerek teyit edilmiştir. Şekil 2.4'teki beta sinyalleri incelendiğinde alfa sinyallerine nazaran görsel olarak farklılıkların görüldüğü anlaşılmaktadır. Sinyaller ayrıntılı olarak incelendiğinde gözlerin açık olma veya kapalı olma durumlarına göre alfa ve beta sinyallerinin açıkça yer değiştirildiği görülmektedir. Physionet ortamından alınan ham veri setindeki bu alfa ve beta sinyalleri oluşturulurken sağlıklı kişilerin 10-20 elektrot sistemi ile kayıt altına alınması işlemi deneklerin dışarıdan gelen etkileri tamamen absorbe edilmiş ve filtrelenmiş bir ortamda alınmaktadır. Alfa sinyalleri için hastaların rahat bir şekilde gözleri kapalı iken kayıt alınmaktadır. Beta sinyalleri ise bu deneklere

uzun bir ara verildikten sonra Londra'yı havadan görecek şekilde dizayn edilmiş bir görsel ve bu görseldeki uçak gösterilerek incelemeleri istenmektedir. Bu inceleme sırasında deneklerden kayıtlar alınıp düzenlenerek site veri tabanı ortamına kaydedilmiştir. Bu kayıtlar physiobank.org sitesindeki veri tabanından mat uzantılı dosyalarla alınıp Matlab programında düzenlenerek özellik çıkarımının yapılması için uygun hale getirilmiştir. Veriler Matlab GUI yardımıyla 10 kişinin tüm kanallarının verilerini görecek şekilde düzenlenerek görsel bir arayüz oluşturulmuştur. Görsel arayüzde 9 kanal (PO8, PO7, P8, P7, O1, O2, O3, PO4, YANSIMA) ayrı ayrı görselleştirilmiştir. Görselde kullanılan sinyallerin grafiksel olarak gösterilmesinde bir dakikalık sinyalin tamamı gösterilmiştir. Bu sinyaller arasındaki farklar yine GUI üzerinde gösterilerek sinyallerin gözlem üzerinden analiz edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 3.11: Bir dakikalık EEG sinyal durumu.

Elde edilen sinyallerin daha ayrıntılı incelenmesini sağlamak amacıyla istatistikte sıkça kullanılan epoclara ayırma işlemi uygulanarak her kişinin 1 dakikalık sinyali 10 saniyelik epoclara ayrılarak yeni bir sinyal GUI arayüzü tasarlanmıştır. Sinyallerin epoclara ayrılması gözlemsel olarak verilerin daha ayrıntılı incelenmesini ve yansıma olaylarının hangi saniyelerde gerçekleştiğinin yaklaşık olarak belirlenmesini sağlamıştır. Sinyallerin ayrı incelenmesi farklarının alınması sinyallerin ayrıştırılmasında kolaylık sağlamıştır.



Şekil 3.12: 10 saniyelik EEG sinyal durumu.

Şekil 3.12’de ayrıntılı olarak gözlemlenen sinyallerin istatistiksel veri işleme metotlarına göre düzenlenmesi için veriler Matlab GUI yardımıyla istatistiksel metotlar olarak bilinen güncel olarak günümüzde kullanılan merkezi eğilim ölçüleri ve dağılım ölçüleri dikkate alınarak bu sinyallerden anlamlı özellikler çıkarılmıştır. Bu 1 dakikalık sinyallerin her biri 10 saniyelik sinyallere bölünerek 9 kanal için min, max, ortalama, ortanca, standart sapma, varyans, toplam, kovaryans, çarpıklık, basıklık, percentel (yüzdebirlik), dağılım genişliği, ortalama mutlak sapma, veri âdeti, interquarter (çeyrekler arası), moment, entropi, fft ve güç analiz değerleri bulunmuş ve grafik arayüzünde gösterilmiştir. Bu değerler tüm kişilerin her biri için analiz edilerek aralarındaki bağlantılar alfa (rahat dinlenme) ve beta (zihinsel aktivite) sinyalleri için istatistiksel olarak belirlenmiştir.

Alfa ve beta sinyallerinin ayırt edilmesinde kullanılacak olan bu özellikler literatür çalışmasında incelenen EEG sinyal sınıflama tez ve makalelerinde en çok kullanılan özelliklerdir. EEG sinyalinden belirlenmiş 19 özellik çıkarımı ve seçiminden elde edilen veriler YSA için uygun olup olmadıklarına bakılarak ayırt edilmiştir. Belirlenen bu 19 özellik YSA için girdi verisi olacak şekilde düzenlenmiştir. Özelliklerden biri olan FFT sayısal büyüklük olarak verilmemiş grafik olarak aslına uygun bir şekilde çizdirilmiştir. Fakat YSA eğitimi için sayısal büyüklük olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.13: Özellik çıkarımı.

3.3.2. Yapay sinir ağları sonuç analizi

Özellik seçimi yapılan verilerin sınıflandırılması için gerekli olan yapay zeka tabanlı sınıflayıcılardan olan yapay sinir ağları günümüzde aktif olarak kullanıldığı ve hızlı sonuçları kısa sürelerde verdiği için tercih edilerek sınıflama için uygulanmıştır. Yapay sinir ağları Matlab ortamında tool olarak bulunduğundan verileri Matlab ortamına alarak YSA'nın yapısı oluşturulup eğitme işlemlerinin yapılması sağlanmıştır. Düzenlenmiş verilerimiz her 1 dakikalık aralıklarla ayrılmış 10 saniyelik sinyelimizden elde edilmiş 19 adet özelliklerdir. Bu özellikler 10 saniye sinyelimiz hakkında bize önemli bilgiler verdiği için YSA için girdi seti oluşumunda kullanılmış önemli verilerdir.

	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	
1	5940	29.6570	35.8750	22.0630	0.9100	0.9390	0.9390	0.9390	0.9390	81.0950	42.0630	66.5320	41.2820	
2	2820	-23.5940	-34.0940	-31.6570	0	0	0	0	0	-57.2200	-51.6260	-45.7510	-49.3130	
3	3065	-0.0671	0.2201	0.2840	0.0915	0.0817	0.0819	0.0814	0.0825	3.5374	-1.0047	0.6842	-0.0925	
4	4380	0	0.2500	0.4060	0	0	0	0	0	3.6250	-0.7190	0.7500	0.1880	
5	1983	8.7373	8.8655	8.0274	0.1905	0.1900	0.1902	0.1897	0.1910	17.8699	12.6916	13.0193	12.0064	
6	6090	76.3408	78.5967	64.4392	0.0363	0.0361	0.0362	0.0360	0.0365	319.3327	161.0767	169.5026	144.1526	
7	e+03	-1.3738e+03	4.5068e+03	5.8155e+03	1.8737e+03	1.6741e+03	1.6770e+03	1.6674e+03	1.6903e+03	1.6796e+03	7.2447e+04	-2.0576e+04	1.4013e+04	-1.8940e+03
8	6090	76.3408	78.5967	64.4392	0.0363	0.0361	0.0362	0.0360	0.0365	319.3327	161.0767	169.5026	144.1526	
9	1955	-0.0366	-0.0986	-0.1412	2.1237	2.5751	2.5696	2.5873	2.5439	2.5641	-0.1612	0.0322	-0.2023	
10	2796	2.8363	3.5998	3.4086	7.0202	9.6745	9.6332	9.7440	9.4707	9.5949	3.9834	3.2238	3.7877	3.2195
11	3130	-5.9690	-5.3130	-4.6880	0	0	0	0	0	-7.4380	-9.2500	-7.8440	-7.8440	
12	8760	53.2510	69.9690	53.7200	0.9100	0.9390	0.9390	0.9390	0.9390	138.3150	93.6890	112.2830	90.5950	
13	1583	7.0052	6.9794	6.2293	0.1421	0.1318	0.1321	0.1313	0.1323	13.6923	9.9994	10.2619	9.5556	
14	0480	20480	20480	20480	20480	20480	20480	20480	20480	20480	20480	20480	20480	
15	5320	12	11.4070	10.0320	0	0	0	0	0	21.5630	16.8130	17.1250	16.1880	
16	e+05	1.1099e+04	-3.3473e+04	-7.8468e+04	0.0062	0.0096	0.0096	0.0096	0.0096	5.0221e+06	-6.4665e+05	7.9630e+05	-5.4190e+05	
17	4710	1.4433	1.3865	1.5685	1.6426	1.3266	1.3600	1.3731	1.3851	1.3635	1.2217	1.3200	1.3099	1.3273
18	0310	4.5630	21.6570	1.4380	0.3760	0.3840	0.3920	0.4000	0.4080	0.4150	13	10.4060	12.9380	12.3750
19	6988	76.3415	78.6413	64.5167	0.0446	0.0428	0.0429	0.0426	0.0433	331.8307	162.0782	169.9625	144.1541	

Şekil 3.14: Girdi verilerin YSA için Matlab ortamına alınması.

Eğitim sonucunda verilerimizi kontrol etmek amacıyla alfa ve beta sinyallerimizden oluşan 10 kişinin 9 kanal verilerini temsil eden 1 dakikalık sinyal 10 saniyelik periyotlara b6l6nm6ř 540 alfa ve 540 beta sinyalinin oluşturduğu 1080x19 girdi setini sonuşlandırmak amacıyla binary (0, 1) ve decimal (1, 9) değerinde çıktılar oluşturularak literat6r çalışmalarından elde edilen EEG sınıflama sonuçlarının 6zerine çıkması hedeflenmiştir. Ayrıca eğitimlerin eniyilemesi için s6rekli olarak denemeler yapılmıştır. Alfa ve beta sinyallerini sınıflanması için hazır hale getirilen ıktılar Şekil 3.14'te verilmiştir. Bu çıktılardan 1 alfayı temsil etmekte 9 ise betayı temsil etmektedir.

	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552
1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

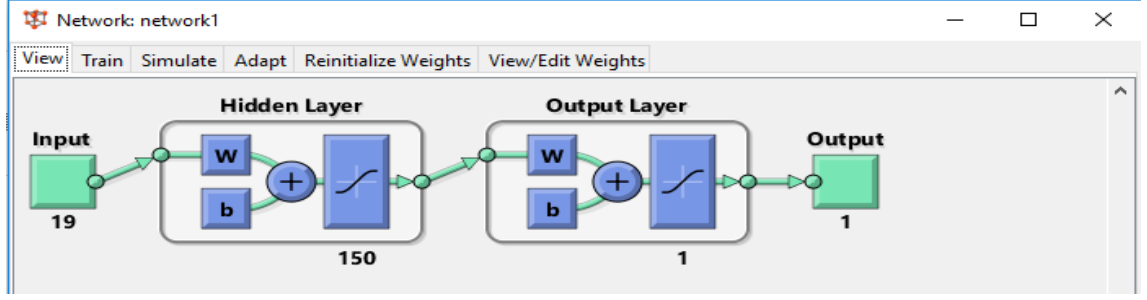
Şekil 3.15: Decimal ıktı verilerinin YSA için Matlab ortamına alınması.

Veri setlerimizi hazır ettikten sonra eğitme işlemi için hazır olarak kullanılan Matlab da tool olarak bulunan nntool ve nntool kullanılmıştır. Giriş için her 10 saniyelik sinyal 6zellik çıkarımı 19 adet olarak belirlenmiştir ve toplam 9 kanal için 10 saniyelik verilerden 1080*19 girdi seti ve çıktı için 2 adet binary (0,1) oluşturularak YSA eğitimine sunulmuştur. Binary olarak belirlenen 0 1 ikili tabanda 1 alfayı temsil etmekte 1 0 ikili tabanda 2 betayı temsil etmektedir. Şekil 3.15'te verilerin çıktı durumu g6sterilmektedir.

	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1

Şekil 3.16: Binary ıktı verilerinin YSA için Matlab ortamına alınması.

YSA eğitimi için gerekli olan veriler eğitme için en uygun değerler belirlenerek uygun olan topolojiler değerlendirilmiştir. YSA'nın topoloji yapısı 19 girdi verisi 150 adet ara katmandaki n6ron sayısından ve 1 adet çıktı değerinden oluşmaktadır. Ayrıca ıktı değerini sonuçların değerini artırmak amacıyla 2 adet çıktı binary olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.17: Yapay sinir ağı topoloji yapısı.

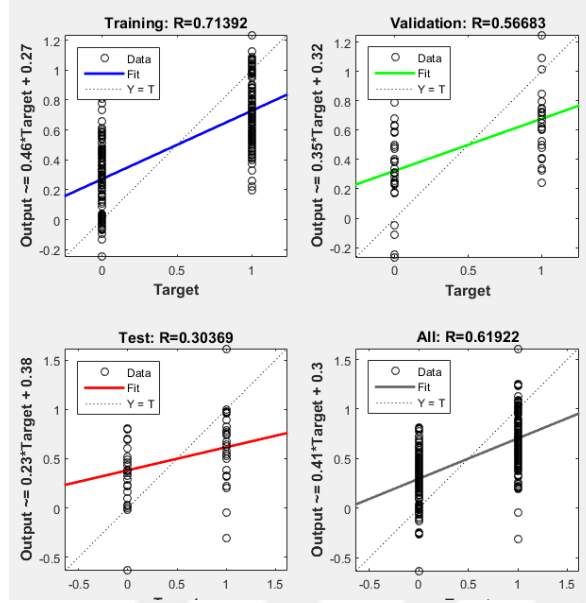
Şekil 3.16’da gösterilen YSA yapısındaki topolojide giriş katmanı, ara katman ve çıkış katmanı olmak üzere toplam 3 katman bulunmaktadır. Eğitim işlemi için 150 nöron sayısı verimli öğrenme yapılabilmesi adına denenerek bulunmuştur. YSA eğitime için bu parametreleri önemli bir yere sahiptir. Eğitim parametreleri oluşturulan ağ topolojisinde sonuçları doğrudan etkilediğinden düzenli bir şekilde yapılmış ve uygulanmıştır.

The screenshot shows the training parameters for a neural network. The parameters are listed in a table format with their values and associated variables.

Parameter	Value	Variable	Value
showWindow	true	mu	0.00000001
showCommandLine	false	mu_dec	0.1
show	25	mu_inc	10
epochs	10000	mu_max	10000000000
time	Inf		
goal	0		
min_grad	1e-9999999		
max_fail	1000000000		

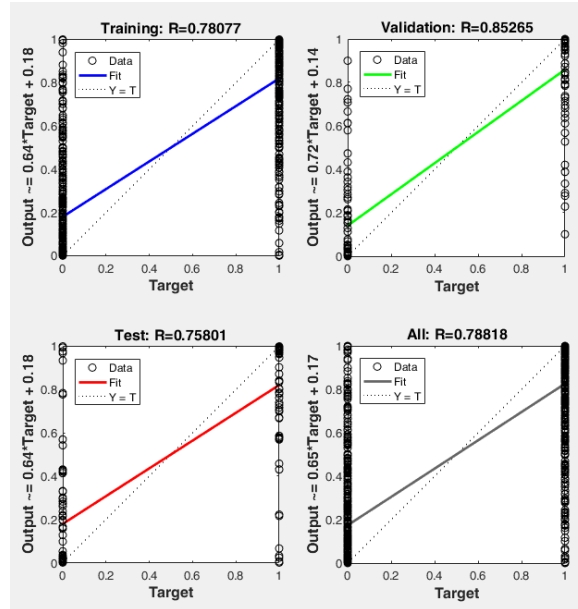
Şekil 3.18: Eğitim parametreleri.

Verilerimizin eğitim test ve öğrenme durumlarının belirlenmesinde algoritmada verilen oranlar ile eğitim test ve öğrenme durumları girdi seti içerisinde random olarak belirlenmektedir. Random olarak seçilen veriler her denemede farklı olacağından en iyi eğitime sonucuna ulaşana kadar veriler denenmiştir. YSA eğitime işlemlerinde çeşitli denemeler sırasında yakalanan en iyi sonucu oluşturmak amacıyla tüm kişilerin bir dakikalık sinyalleri çeşitli periyotlara bölünmüş (10-20-30) saniye YSA eğitime işlemleri sürekli olarak denenerek sonuçlar kaydedilmiştir. Kaydedilen sonuçlar referans değeri oluşturacağı için doğruluğuna dikkat edilerek analiz edilmiştir.



Şekil 3.19: İlk eğitim sonuçları.

Sonuç kısmı olarak eğitimin sonuçları grafiksel olarak verilmektedir verilerin eğitilip eğitilmediği grafiklere bakılarak karar verilebilir. YSA eğitimin en iyi şekilde yapılabilmesi için birçok deneme yapılarak maximum doğruluk oranları elde edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.20: Son eğitim sonuçları.

Eğitme işlemleri tamamlandıktan sonra maximum doğruluk değerleri elde edilmiş ve nstart kullanılarak çıktı değerleri export edilip sayısal olarak değerlendirilmiştir. Bu

değerlendirmede ilk eğitim sonucu olarak belirlenen genel başarı % 61'den % 78'e çıkarılmıştır.

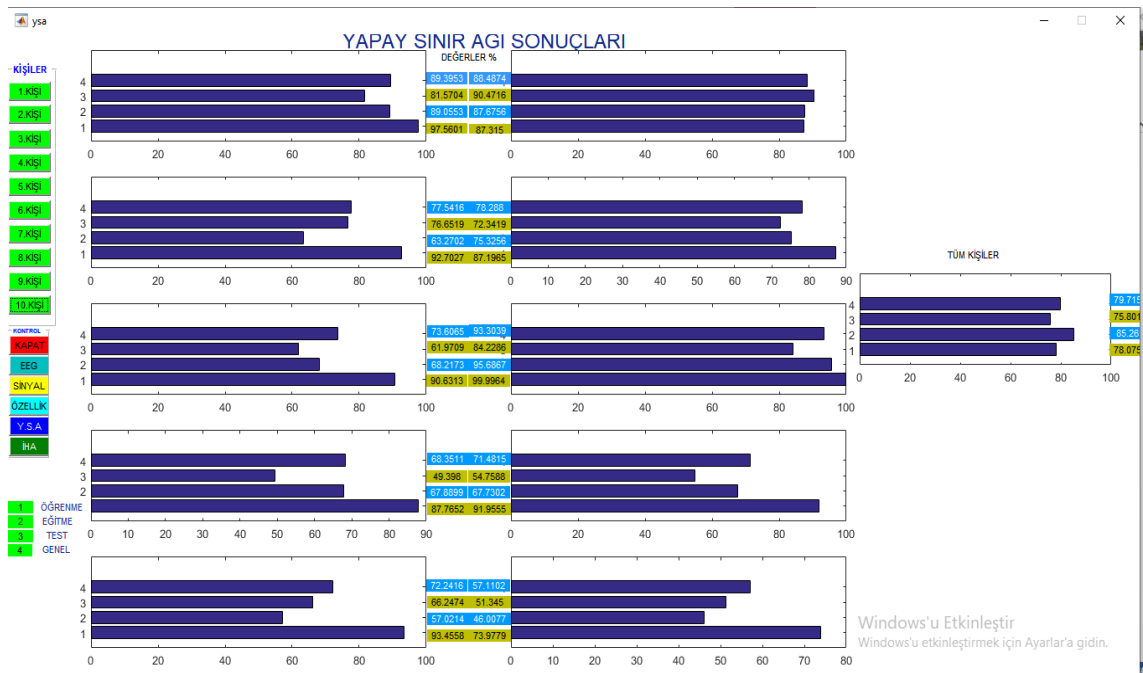
	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685
1	0.7647	0.4691	0.7661	0.5941	0.4311	0.5488	0.9981	0.7917	0.9998	0.7318	0.7871	0.7382	0.9894	0.8667	1.0000	0.8202	0.7861	0.7765	0.9281
2	0.3201	0.6053	0.3483	0.4607	0.6263	0.5432	0.0154	0.3993	8.3679e-05	0.4005	0.3448	0.4119	0.0103	0.3420	6.2569e-06	0.3175	0.4137	0.4573	0.2381
3																			

Şekil 3.21: Eğitimin binary sayısal sonuçları.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1.0097	1.1373	1.1260	1.0810	1.1086	1.1097	1.0301	1.0824	1.2300	1.0905	1.1353	1.1338	1.2159	1.4037	1.4963	1.2610	1.7958	1.9363
2																		

Şekil 3.22: Eğitimin decimal sayısal sonuçları.

Ağın çıktılarında Şekil 3.19'da görüldüğü gibi alfa sinyallerini tanıdığı görülmektedir. Bu sayısal değerler sınıflama için yeterli olmaktadır. Ayrıca her bir kişinin alfa ve beta durumlarının belirlenmesi için YSA geliştirilmiştir. Tüm kişilerin 1 dakikalık verilerinin çıktılarını incelemek amacı ile YSA sonuçları Matlab GUI ortamında görsel grafik ve sayısal değer olarak aktarılmıştır.

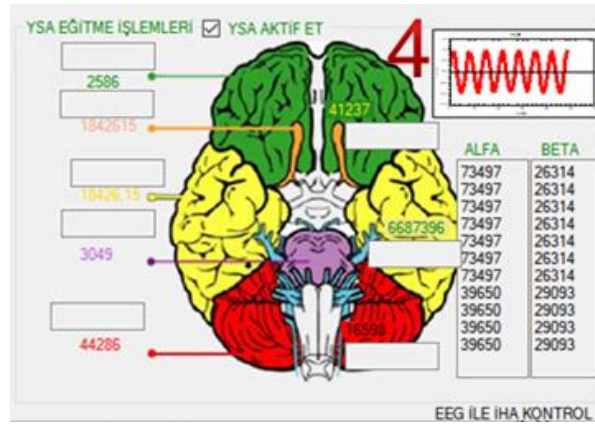


Şekil 3.23: GUI YSA sonuçları.

Bu sayısal değerler kullanılarak kontrol edilmek istenen İHA kontrol sistemi zeki bir şekilde kontrol edilebileceği anlaşılmıştır. İHA kontrol sisteminin kontrolü sırasında gerçek zamanlı kontrol yapılacağı için kendi EEG algılayıcımızın farklı olmasından kaynaklı olarak kontrol sistemimiz bu analizler göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Gerçek zamanlı uygulamanın gerçekleştiği BBA dördüncü bölümde bu YSA çıktılarımız referans alınarak yazılım algoritmasına uygulanmıştır. Beyin Bilgisayar Arayüzü dördüncü bölümde gerçekleştirilen gerçek zamanlı YSA yazılımında referans alınan değerler Şekil 3.23'te elde edilen YSA sonucuna göre düzenlenmiştir. Zihin ile İHA kontrolü sırasında YSA gerçek zamanlı çalışarak 3.23'te elde edilen YSA sonucuna göre İHA'nın kontrolünün zekileştirilmesini sağlamıştır.

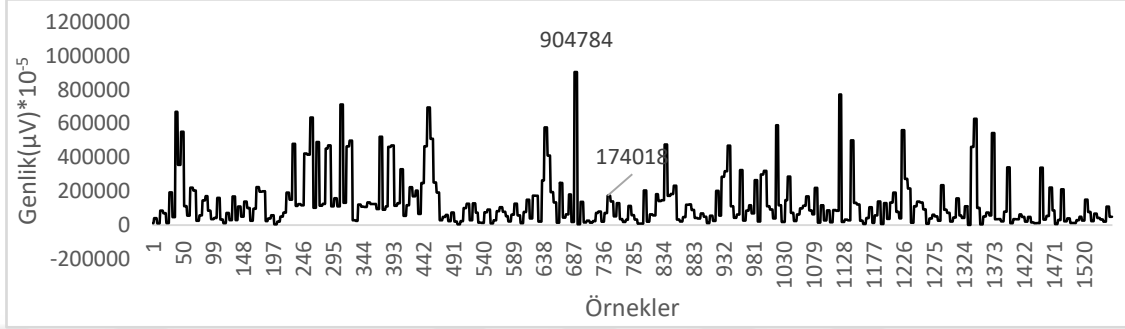
3.3.3. Neurosky mindwave EEG sinyal analizi ve YSA sonucu

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan algılanan EEG sinyallerinin alt bantları algoritmalar aracılığı ile ayrıştırılarak alfa ve beta sinyallerinin değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Girdi seti için en iyi sonuç üreten istatistiksel metotlardan max, min, standart sapma, toplam, ortama, ortanca, varyans ve dağılım genişliği kullanılarak özellik çıkarımları yapılmıştır. Bu 8 adet özellik verileri YSA'na girdi seti olarak belirlenmiştir. Elde edilen özellikler İHA kontrolünde kullanılacağından ilk olarak İHA'nın stabil şekilde yerde çalışması için insanın rahat ve gözler kapalı iken değerler alınmıştır. Diğer elde edilen özellikler ise İHA'nın stabil uçuşu için gerekli olan motor güç değerlerine göre gözler açık zihin düşünmeye dayalı iken alınarak veriler kaydedilmiştir.



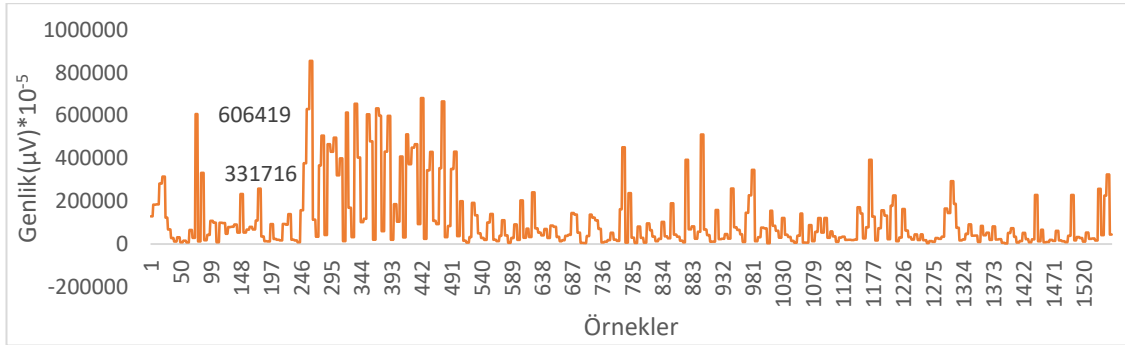
Şekil 3.24: Beyin bilgisayar arayüz yazılımı YSA bölümü.

Beyin bilgisayar arayüz yazılımı Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan algılanan EEG sinyallerinden ayırttığı alfa ve beta sinyal verilerini anlık olarak hafızada tutarak analiz işlemleri için uygun hale getirmiştir. Alınan alfa ve beta sinyalleri EXCEL ortamına alınarak grafikler ile doğruluğu görsel olarak incelenmiştir.



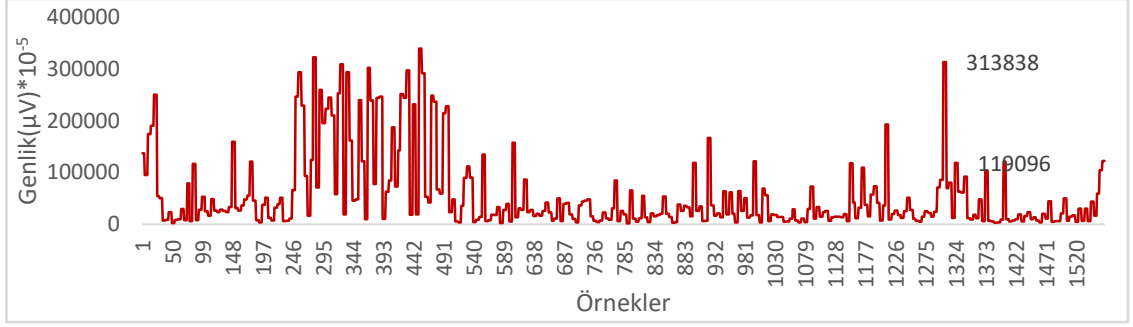
Şekil 3.25: Neurosky mindwave alfa göz açık sinyal durumu.

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan algılanan alfa sinyalinin verileri görselleştirilerek Şekil 3.25'te verilmiştir. Gözlerin açık ve düşünme durumunda oluşan alfa sinyallerinin durumu gözlemlenmiş ve istatistiksel metotların uygulanması için uygun olduğu anlaşılmıştır.



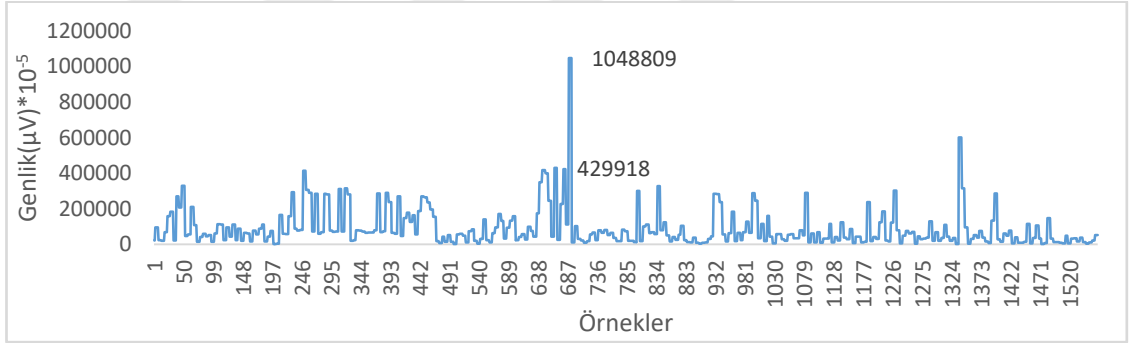
Şekil 3.26: Neurosky mindwave alfa göz kapalı sinyal durumu.

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan algılanan alfa sinyalinin verileri görselleştirilerek Şekil 3.26'da verilmiştir. Gözlerin kapalı ve rahatlama anında oluşan alfa sinyallerinin durumu gözlemlenmiş ve istatistiksel metotların uygulanması için uygun olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.27: Neurosky mindwave beta göz açık sinyal durumu.

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan algılanan beta sinyalinin verileri görselleştirilerek Şekil 3.27’de verilmiştir. Gözlerin kapalı ve rahatlama anında oluşan beta sinyallerinin durumu gözlemlenmiş ve istatistiksel metotların uygulanması için uygun olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3.28: Neurosky mindwave beta göz kapalı sinyal durumu.

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan algılanan beta sinyalinin verileri görselleştirilerek Şekil 3.28’de verilmiştir. Gözlerin açık ve düşünme durumunda oluşan beta sinyallerinin durumu gözlemlenmiş ve istatistiksel metotların uygulanması için uygun olduğu anlaşılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel değerleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Bu veriler incelenerek YSA için anlamlı veri oluşturulmuştur. Bu verilerin BBA yazılımında anlık olarak alınmaları timerlar ile sağlanıp YSA girdi seti oluşturulmuştur.

Tablo 3.1. Neurosky mindwave alfa ve beta özellik çıkarımı ve seçimi

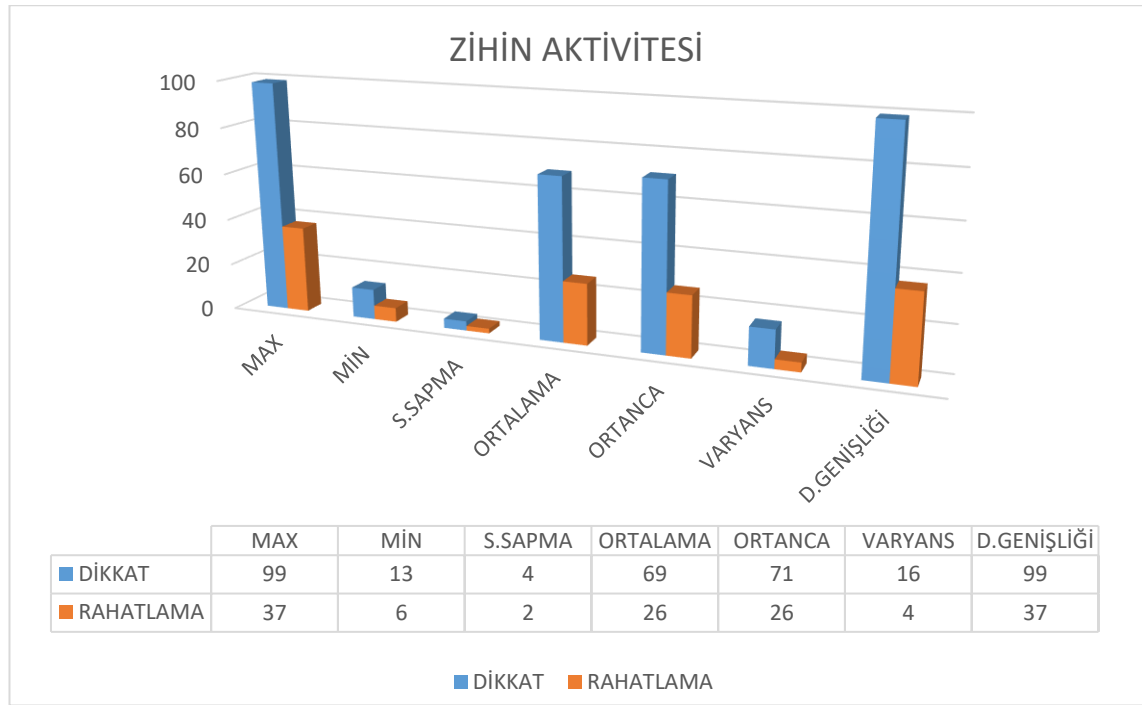
Sinyal/Özellik	Max	Min	Std. Sapma	Toplam	Ortalama	Ortanca	Varyans	D.Geniş
ALFA GÖZ AÇIK	904784	1006	153767,101	207710033	132637,314	78931	23629222880	903778
ALFA GÖZ KAPALI	855058	2321	153674,668	179191122	114426,004	49536	23600823199	852737
BETA GÖZ AÇIK	1048809	1307	110280,705	141882595	90601,9125	56491	12154067697	1047502
BETA GÖZ KAPALI	339674	1475	74583,7292	88077507	56243,6188	25204	5559180474	338199

Tablo 3.1’de görülen alfa ve beta sinyallerinin gözlerin kapalı veya açık olma durumları teori bilgileri ile kıyaslanarak doğruluğu anlaşılmıştır. Tablo 3.1’de verilen istatistiksel verilerden standart sapma, toplam ve varyans değerleri sinyallerin alfa ve beta olup olmadıkları hakkında bilgiler vermekte ve bunların ayırt edilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Sinyaller üzerinden özellik çıkarımı bu şekilde tamamlanmış ve özellik seçiminde standart sapma, toplam ve varyans değerlerine göre sınıflandırma işlemi istatistiksel olarak gerçekleştirilmiştir. Fakat bu sınıflama insansız hava aracını kontrol etmek için anlık olarak kullanılmasında işlem süresi açısından sorun oluşturmaktadır. Bunun yerine anlık olarak sınıflandırılmasında ve komut oluşturulmasında YSA kullanılmıştır.



Şekil 3.29: Alfa ve beta sinyallerinin göz durumlarına göre istatistiksel sonuçları.

Bu istatistiksel olarak yapılan sınıflama Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan algılanan veriler üzerinden offline olarak yapılmıştır. Offline olarak yapılan sınıflamaları gerçek zamanlı olarak uygulamak anlık olarak çalışan sistemler için mecburiyet oluşturmaktadır. Sistemin hızlı bir şekilde sonuç oluşturması gerektiğinden bu tez çalışması kapsamında geliştirilen İHA ya entegre edilecek EEG sinyallerinin anlık olarak hızlı bir şekilde sınıflandırılması istatistiksel işlemlerden elde edilen max, min, std. sapma, ortalama, ortanca, varyans, dağılım genişliği verileri YSA için girdi seti olarak değerlendirilmiş ve buna uygun çıktı setleri analiz kısmında elde edilen gözlemlere göre düzenlenerek YSA oluşturulmuştur. Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık üzerindeki TGAM modülü içerisinde insan zihin yoğunluğunun ölçülerek sayısal veriler olarak kullanıcılara sunulması YSA sonuçlarının girdi setlerinin oluşturulmasında kullanılan istatistiksel sonuçlara fikir kaynağı oluşturmuştur. Zihin aktivitesinin ölçülmesinde insan dikkat etme ve rahatlama gibi durumlarının etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu zihin aktivite değerleri BBA yazılımıyla işlenerek istatistiksel metotlarla analiz edilmiştir. Analizler sonucunda verilerde genellikle dikkat durumunda bir artış olduğu anlaşılmıştır. Bu artışlardan standart sapma ve varyansın en belirgin şekilde arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.30: Zihin aktivitesi istatistiksel sonuçları.

Verilerin istatistiksel olarak grafik ile ifade edilmesinde özellik olarak kullanılan toplam değeri grafiklerde gösterilmemiştir fakat YSA eğitme işlemlerinde önem arz etmesinden dolayı girdi setlerinde kullanılmıştır. YSA verilerinin düzenlenmesi yapılarak girdi seti oluşturulması için rahatlama ve zihin düşünce anlarını YSA ile ayırt etmek adına belirli aralıklarla kayıtlar alınmıştır. Kaydedilen veriler düzenlenip Matlab ortamına alınarak eğitme işlemleri için girdi seti oluşturulmuştur. Verilerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla çıktı seti oluşturulmuştur. Kaydedilen verilerden girdi setinde bulunmayan değerlerden yeni bir test girdi seti oluşturulup ağ verilerle sonuçlar değerlendirilmiştir.

	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758
1	60809	60809	60809	60809	54276	54276	54276	54276	54276	54276	54276	54276
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3969	3891	3848	3827	3231	3231	3243	3268	3297	3346	3382	3422
4	2112425	2190371	2233341	2254452	2197094	2197277	2184796	2159834	2130991	2081905	2045879	2006551
5	21125	21904	22334	22545	21971	21973	21848	21599	21310	20820	20459	20066
6	10656	10656	11129	12920	21930	21930	21930	21930	15690	9449	9449	9449
7	15752961	15139881	14807104	14645929	10439361	10439361	10517049	10679824	10870209	11195716	11437924	11710084
8	60809	60809	60809	60809	54276	54276	54276	54276	54276	54276	54276	54276

Şekil 3.31: Girdi verilerin YSA için Matlab ortamına alınması.

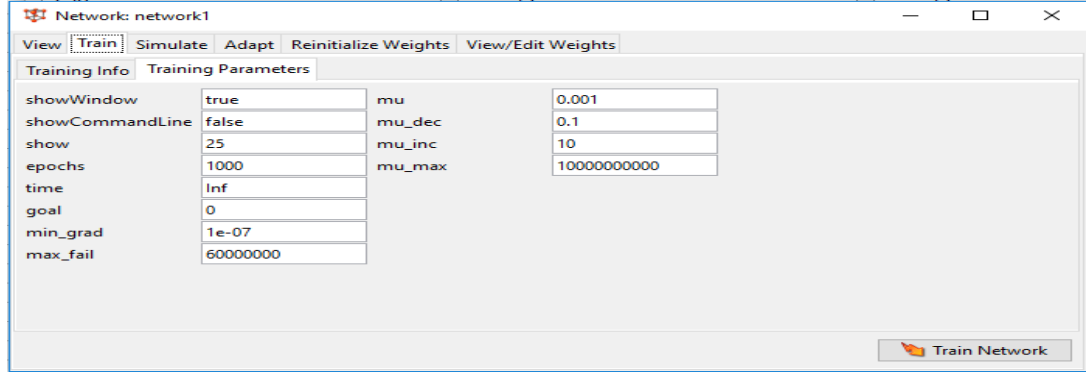
Girdi verilerinin sınıflandırılması için çıktı seti binary (0,1) olarak oluşturulmuştur. Çıktı setinde amaç verilerin sonuçlarının 0 ve 1 arasında kalmasını sağlayarak kodlama sırasında fazla bayt alanı oluşturmasını önlemektir.

	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
3												
4												

Şekil 3.32: Çıktı verilerin YSA için Matlab ortamına alınması.

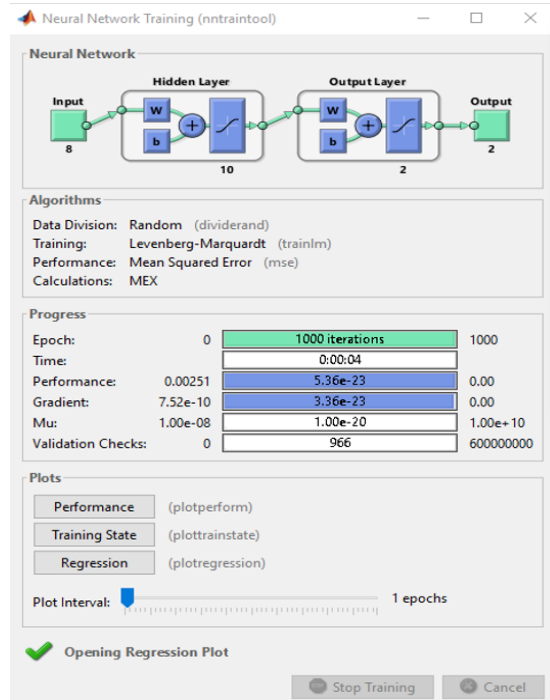
YSA'nın eğitme parametreleri maksimum değer için düzenlenerek eğitme işlemleri sağlanmıştır. Eğitme parametrelerinde dikkat edilen parametreler maksimum hata, ileri yönlü hesaplama sayısı gibi sayısal değerleri etkileyecek parametrelerdir. Bu parametreler genellikle en verimli ağ modeli olarak standart bir şekilde gelmektedir fakat tüm ağ yapıları ve oluşumları aynı olmadığından parametrelerin analiz sonuçlarına göre

elde edilen değerleri tekrar dzenlenmiştir. Örneğin max_fail değeri 6 dan 6000000 çıkarılarak eğitme maximum değere çıkarılmıştır.



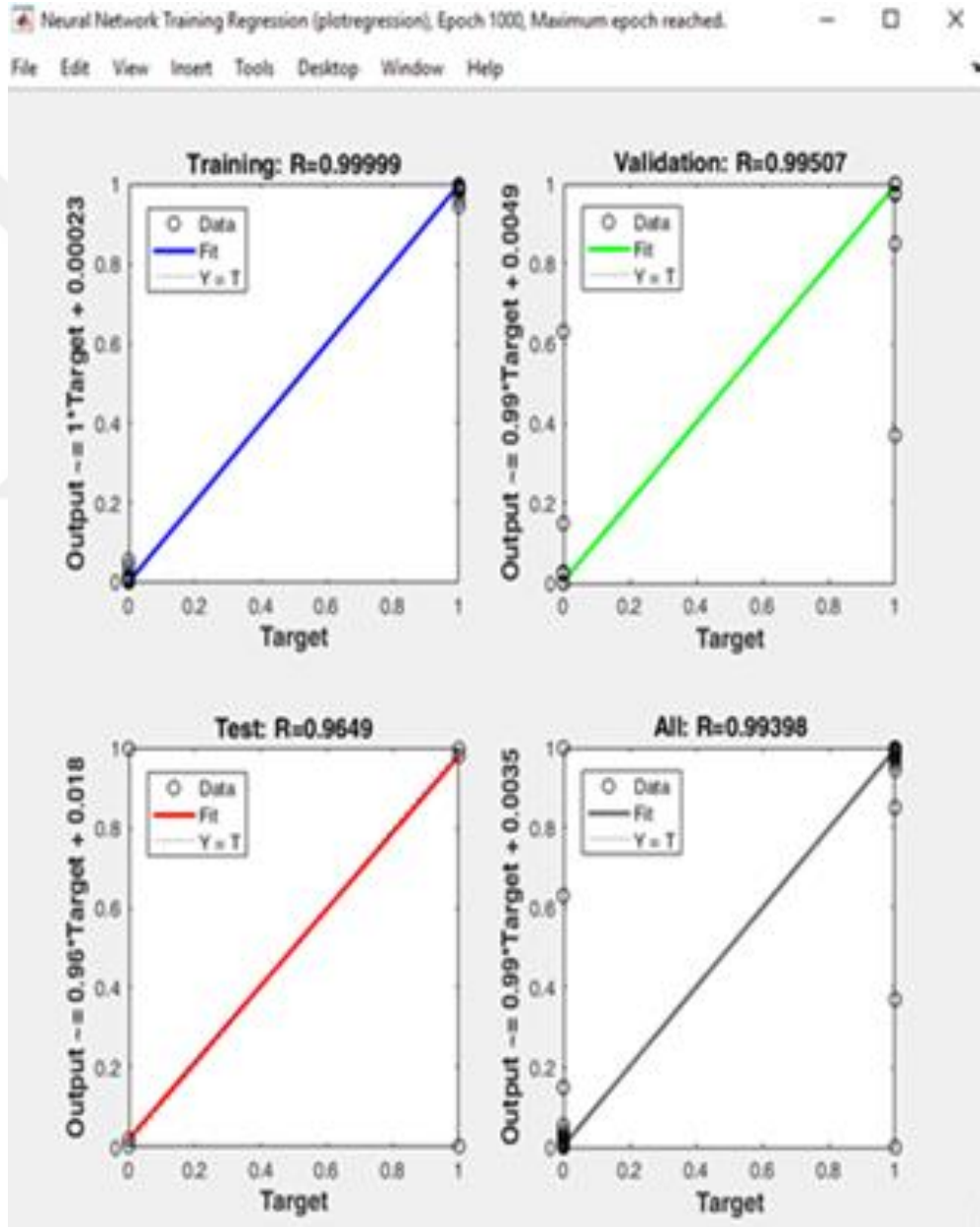
şekil 3.33: YSA'nın eğitme parametreleri.

YSA'nın eğitme işlemlerindeki ağ yapısındaki topoloji yapısı 8 adet özellik verilerinden oluşan girdi verisi, 10 adet ara katman yapısında bulunan nöron sayısı ve 2 adet çıktı katmanında bulunan binary (0,1) temsil eden çıktı verisinden oluşmaktadır. Bu topoloji ve eğitme parametrelerine göre tamamlanan eğitme işlemi şekil 3.30'da gösterildiği gibi tamamlanarak sonuçlandırılmış ve performansı gözlemlenmiştir.



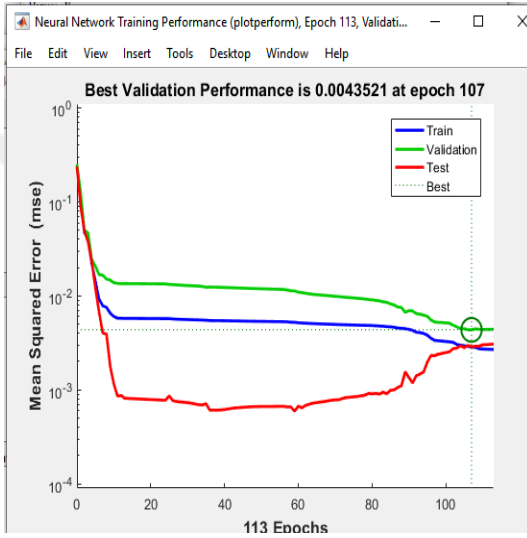
şekil 3.34: YSA'nın eğitme topolojisi.

YSA eğitme işlemlerinde uygulanan algoritmalarda YSA'nın kendine özgü uygulama metotlarından olan verileri seçme yöntemlerinde eğitilecek veriler rastgele seçilmektedir. Ayrıca eğitme algoritması olarak Levenberg-Marquardt kullanılarak performans hatalarını hesaplamak için mean squared Error kullanılmaktadır. Algoritmanın işlemlerinde gerçekleştirdiği işlemler ise 1000 epoc. 4 saniye tamamlamakta ayrıca mu ve gradient değerlerinin optimum olduğu performansın ise çok yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

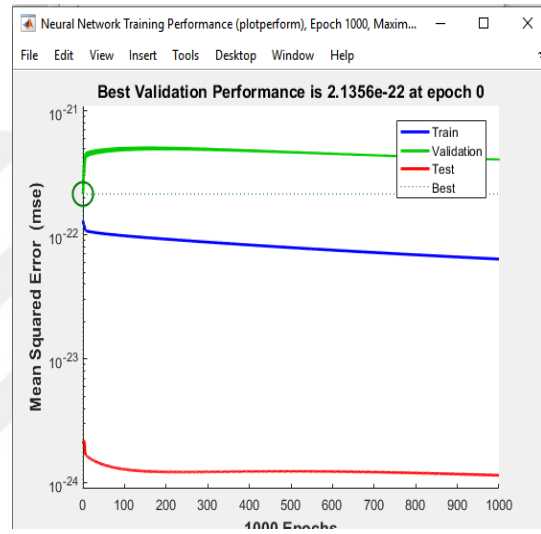


Şekil 3.35: YSA'nın eğitme sonuçları.

YSA sonuçları Şekil 3.32’de gösterildiği gibi öğrenme, eğitime, test ve genel eğitmeden oluşmaktadır. Bu bölümlerin sonuçları yüzdelik olarak % 96 - % 99 arasındadır. Test sonuçlarının % 96’ya inmesinin sebebi veri setinin az olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca eğitime işlemlerinin performans analizi oldukça önemlidir. Performans analizi bize çıktığı verileri hakkında genel bilgiler vermektedir. Performans analizinin anlaşılması için ilk olarak düşük epoklarda alınan performans ile yüksek epoklarda alınan performans değerleri kıyaslanmıştır.



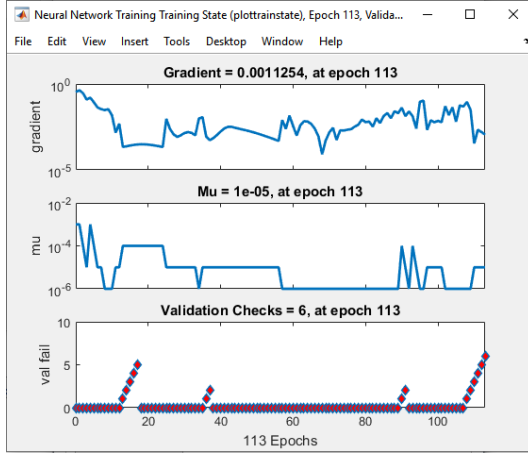
Şekil 3.36: Düşük epoc performans sonuçları.



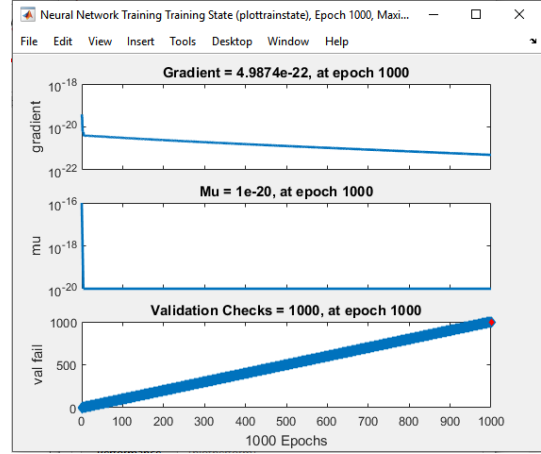
Şekil 3.37: Yüksek epoc performans sonuçları.

Yapay sinir ağı performans grafiklerini analiz ettiğimizde eğitime topoloji yapısı ve eğitime parametrelerine ve değerlerine bağlı olarak performansın değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca performansı etkileyen en önemli parametrenin epoc olduğu anlaşılmıştır. Epoc sayısının artması sonuçlarda oluşan hata değerlerinin düşmesine doğruluk oranlarının artmasına neden olmaktadır.

Şekil 3.33’te gösterilen düşük epoc değeri olan 113 de hatanın karesinin ortalama(mse) değeri 10^{-2} kadar küçüldüğü görülmekte ayrıca Şekil 3.34’te gösterilen yüksek epoc değeri olan 1000 de hatanın karesinin ortalama (mse) değeri 10^{-22} kadar küçüldüğü görülmektedir. Bu değerler hatanın yok denecek kadar küçük olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.38: Düşük eposc hata sonuçları.



Şekil 3.39: Yüksek eposc hata sonuçları.

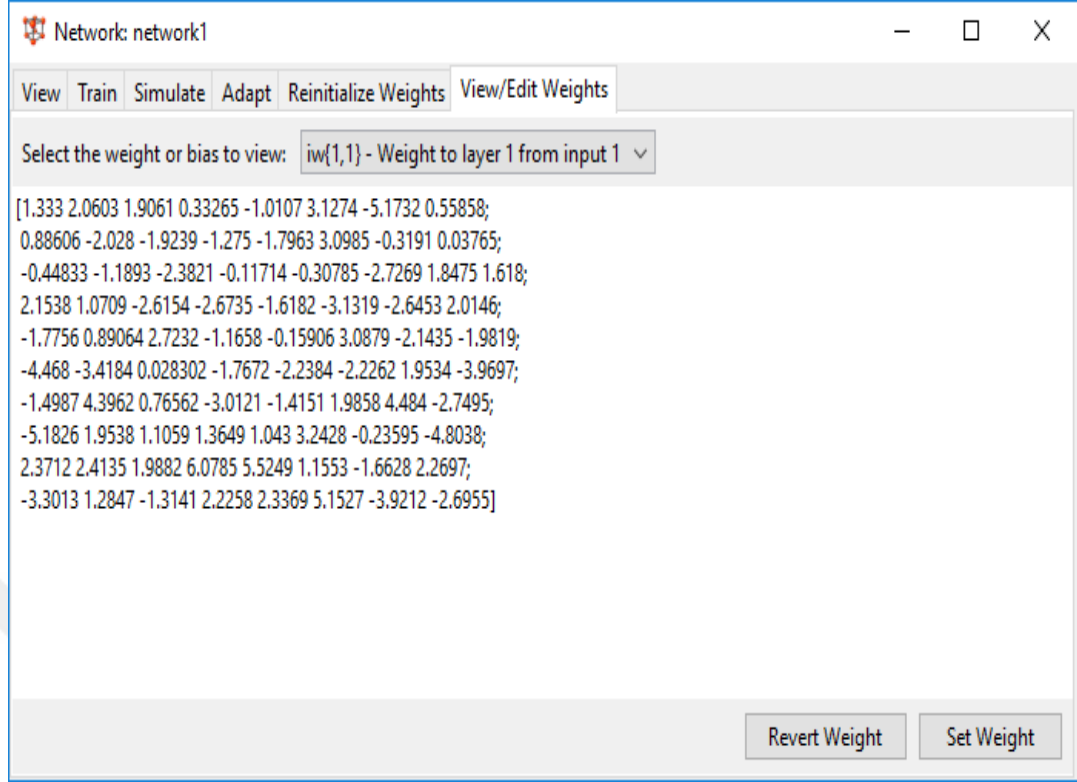
Hata sonuçlarının eposc artırımını sonucunda çok düşük olduğu eğitmenin yüksek değerlere ulaştığı Şekil 3.38’de ve Şekil 3.39’da görülmektedir. Ayrıca sonuçların çıktılarla uyumlu olup olmadığına bakılarak verilerin doğruluğu test edilmiştir.

	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	5	
1	1.0594e-08	1.0594e-08	1.0594e-08	1.0594e-08	0	0.0037	1.7542e-14	0	1	1	1	1	1	1	1.0000	
2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1	0.9963	1.0000	1	0	0	0	0	0	0	1.2793e-07	3.4

Şekil 3.40: YSA çıktı sonuçları.

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan alınan verilerin hata sonuçları analiz edildikten sonra YSA sonuçlarının üretmiş oldukları çıktılar Şekil 3.40’da verilmiştir. Şekilde görülen çıktılar % 100 oranında aynı olduğu görülmüştür. Yani bizim sisteme öğrenmesi için verdiğimiz çıktılarla bire bir aynıdır. Örneğin 570. örnekte çıktı seti için verdiğimiz 0,1 değeri çıktı olarak 0,1 şeklinde üretilmiştir. Ayrıca diğer örnekler için inceleme yapıldığında verilerin birebir örtüştüğü anlaşılmaktadır.

YSA sonuçları çıktıları ile analiz edildikten sonra uygulamaya gerçek zamanlı olarak aktarılması gerektiğinden elde edilen bu çıktılarının bilgilerini taşıyan ağırlıkların alınması gerekmiştir. Bu ağırlıklar ara katman, çıktı katmanı, ara katman bias değeri ve çıktı katmanı bias değerlerinden oluşmaktadır. Bu değerlerden olan ara katman ağırlık bilgileri Şekil 3.41’de verilmiştir.



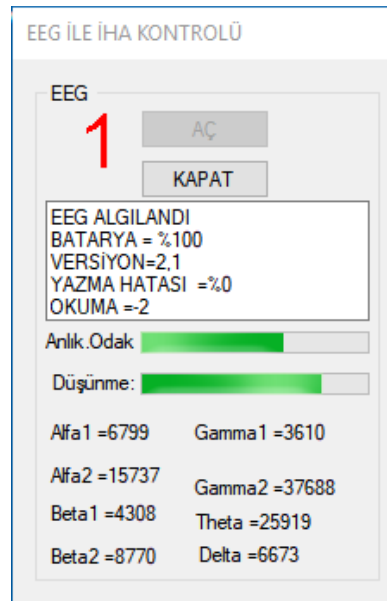
Şekil 3.41: Girdi ve ara katman arasındaki ağırlık değerleri.

Şekil 3.41’de gösterilen ağırlık bilgileri ağ eğitimi tamamlandıktan sonra Matlab nntool tarafından oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu ağırlık bilgileri her katman için ayrı ayrı olmaktadır. Bu değerlerin gerçek zamanlı olarak oluşturulması için yapay sinir ağı bölümünde anlatılan algoritmalara göre kodlanarak Beyin Bilgisayar Arayüzüne entegre edilmiştir. Ağırlık bilgilerinin yazılıma eklenmeden önce ağı topoloji yapısına bakılması gerekmektedir. Topoloji yapısı 8 girdi katmanı için oluşturulan 10 ara katman ve 2 çıktı katmanından oluşturulduğundan yazılım algoritması buna göre oluşturulmalıdır. Ayrıca ağırlık ve bias (bilgi) değerleri algoritmalara eklenerek yazılım gerçek zamanlı çalışacak şekilde düzenlenmiştir. EEG verileri anlık olarak alınıp Beyin Bilgisayar Arayüzünde gerçek zamanlı olacak şekilde karar vermesi sağlanmıştır.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. C# ile ThinkGearWrapper Arayüzü

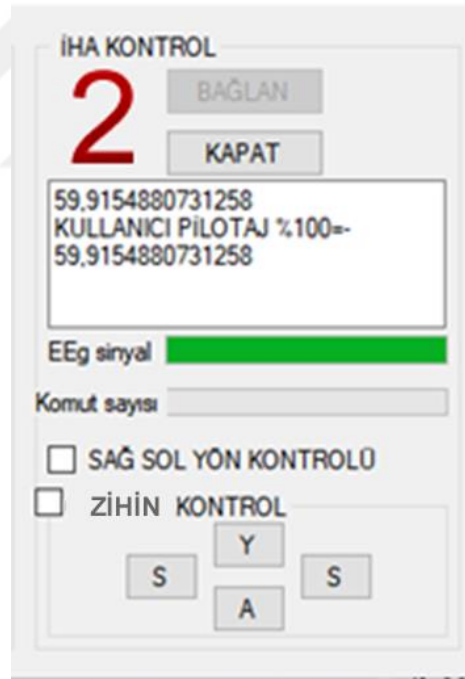
Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan ThinkGear.dll kütüphanesinin sağlamış olduğu ThinkGearNET nesnesi C# Beyin Bilgisayar Arayüzü form uygulama yazılımına eklenerek elektrottan gelen elektriksel verilerin ThinkGear ASIC Modülü (TGAM) üzerinde işlenerek alınmasını sağlamıştır. Alınan EEG alt banları (Alfa1, Alfa2, Beta1, Beta2 Gama1, Gama2, Theta, Delta, Odaklanma ve Düşünme) “ThinkGearWrapper thinkGearWrapper = new ThinkGearWrapper ();” ile ayrıştırılarak Beyin Bilgisayar Arayüzünde birinci bölümde bulunan ilgili alanlara aktarılmıştır. ThinkGearWrapper aracılığı ile sadece EEG alt bantları yanında Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık donanımsal verileri olan batarya durumu, versiyonu, yazma durumu, okuma durumu ve diğer hatalar arayüz birinci bölüm TextBox Multiline alanına aktarılarak her türlü olumsuz durumda anlık olarak bilgi alınması ve düzeltilmesi için tasarlanmıştır.



Şekil 4.1: C# ile ThinkGearWrapper arayüzü.

4.2. EEG ile İHA Kontrolü

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen Beyin Bilgisayar Arayüzündeki bölüm iki de bulunan İHA kontrolü üç şekilde yapılmaktadır. Bunlardan birincisi insan zihin ve düşünce yoğunluğunu (odaklanma) ölçerek alfa beta değişimi sırasında elde edilen verilerin daha önceden YSA ile eğitilmiş alfa beta değişimine göre kıyaslanması sağlanmıştır. Kıyaslama oranı % 50'yi geçmesi durumunda haberleşme algoritmaları ile serialport üzerinden İHA kontrol birimine aktararak gelen komutlara göre İHA kontrol yazılımının algoritmaları aktif olmakta ve İHA hareketi sağlamaktadır. Ayrıca yine önceden eğitilmiş YSA verilerine göre % 30'u geçmesi durumunda İHA hareket etmekte ve anlık alfa beta değişimi yani göz kapama, açma durumları algılanarak İHA sağ veya sola hareket ettirilmektedir. Üçüncü kontrol edilme yöntemi ise İHA ve çevre güvenliğini sağlamak amacıyla manuel kontrol komutlarının uygulanması için geliştirilmiştir.



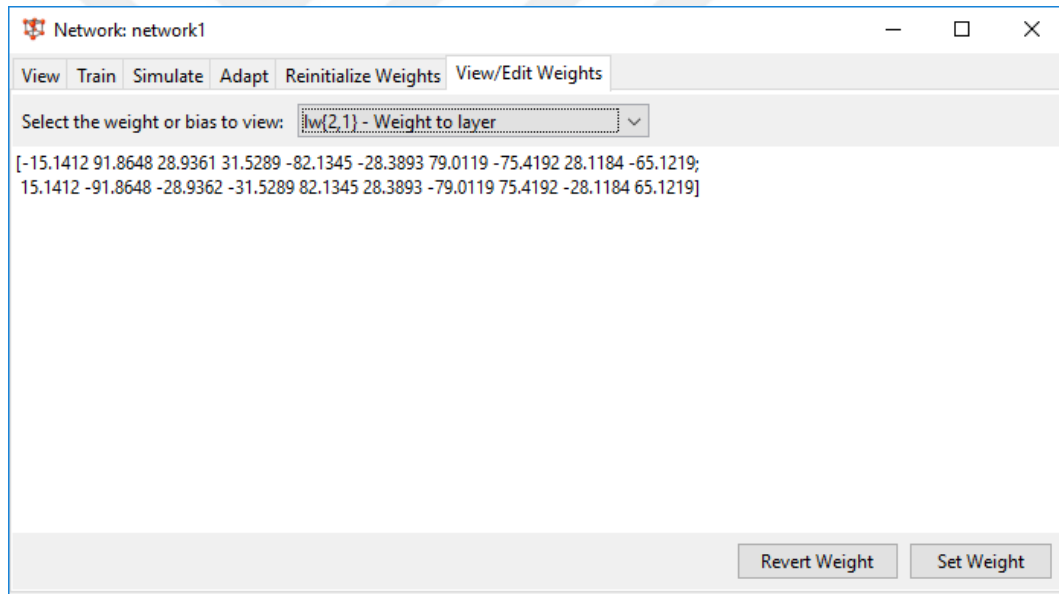
Şekil 4.2:EEG ile İHA kontrolü.

4.3. EEG ile İHA Geliştirilebilirliği

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen Beyin Bilgisayar Arayüzündeki bölüm üç de EEG sinyalinden algılanan alfa ve beta sinyallerinin gerçek zamanlı olarak değişimi

ThinkGear.dll kütüphanesi aracılığı ile geliştirilen algoritmalar tarafından komutlara dönüştürülüp İHA kontrol merkezine aktarılması sağlanmıştır. Ayrıca bu bölümde kullanıcının konut vermede kullanılan alfa ve beta sinyalleri önceden eğitilmiş yapay sinir ağına göre kıyaslanarak kullanıcının İHA kontrol durumu analiz edilmiştir. Analizler gerçek zamanlı olarak kullanıcıya aktarılmıştır. Bu sayede kullanıcının YSA İHA etkileşimi sağlanmıştır.

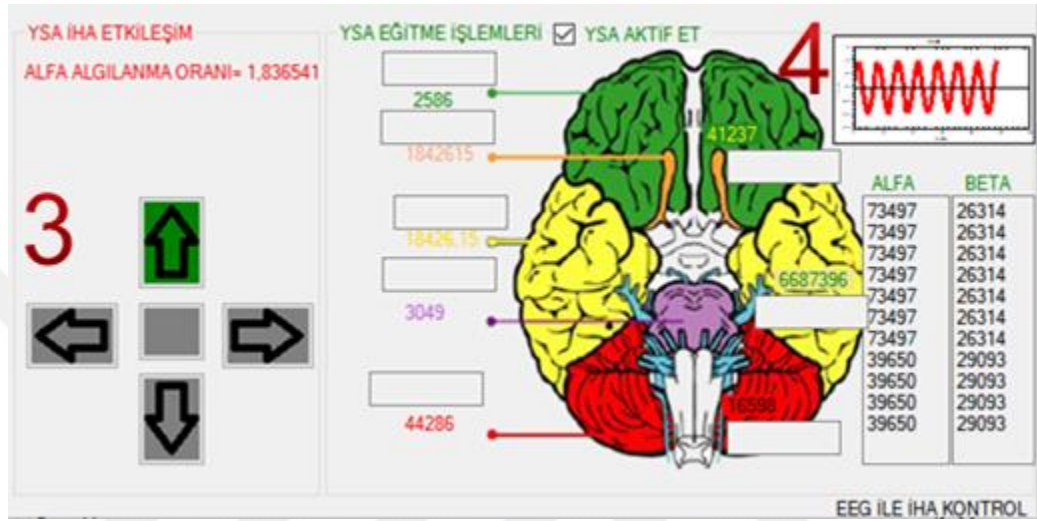
Dört numaralı bölümde yapay zekâ teknolojilerinden biri olan yapay sinir ağı algoritması geliştirilerek sistemin zekileştirilmesi sağlanmıştır. Zekileştirme işlemlerinde YSA topolojisinde 8 özellik girdi katmanı, 10 adet ara katman ve sonuç hesaplama işlemleri için 2 adet çıktı katmanı ayarlanmıştır. Ayrıca kodlama işlemlerinde bilginin tutulması adına YSA'na bias değerleri toplam olarak eklenmiş kodlama buna göre yapılmıştır.



Şekil 4.3: Ara ve çıktı katman arasındaki ağırlık değerleri.

Kodlama işlemleri yapılırken ilk olarak veriler offline olarak alınıp eğitilmiş ve sınıflandırılmıştır. Sınıflama eğitimi tamamlandıktan sonra eğitimde kullanılan ağırlık bilgileri ve bilgi saklayan bias değerleri Matlab ortamından alınarak Beyin Bilgisayar Arayüzünde bulunan gerçek zamanlı karar verme işlemi için gerekli olan algoritmalara eklenmiş ve sınıflama işlemleri hızlı bir şekilde gerçek zamanlı olarak yapılarak sonuçlandırılmıştır. Elde edilen YSA sonucu üçüncü bölüme aktarılmış kullanıcıdan EEG

sensor ile alınan komut verileri analiz işlemleri yapılarak kullanıcıya aktarılmıştır. Veriler 100 üzerinden değerlendirilmiş ve yeni kullanıcı pilotların performans analizleri 100 üzerinden puanlandırılmıştır. Puan ve analiz işlemlerinin dışında elde edilen beta sinyalleri çok küçük genlik değerine sahip oldukları için sin() sinyaline eklenerek grafiksel olarak dört numaralı bölümde grafik alanında gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 4.4: EEG ile İHA geliştirilebilirliği.

Ayrıca bu çalışmanın geliştirilebilirliği açısından dördüncü bölümde yeni kullanıcı pilotların kişisel zihin verilerinin tutularak pilotların İHA kullanma kabiliyetleri analiz edilebilmekte ve pilotların zihin aktivite verileri kişisel olarak değerlendirilebilmektedir. Bu olay günümüzde sivil havacılık genel müdürlüğü tarafından verilen dron pilotluğu eğitiminde rahatlıkla kullanılarak eğitim alan adayların belirlenen en iyi pilotajlara göre değerlendirilmesinin yanında yapay zekâ ortamında kişisel veri analizlerinin anlık olarak yapılmasını sağlaması öngörülmektedir.

Beyin Bilgisayar Arayüzü yazılımında bölüm dördte deneklerin mini insansız hava aracını zihin aktivitesine göre kontrol etmeleri istenerek elde edilen uçuş profili YSA sonuçlandırılarak Tablo 4.1’de kaydedilmiştir. Tabloya kaydedilen kişiler arasındaki kontrol yüzdelik durumları analiz edilmiştir. Analiz işlemlerinde daha önce yapılmış EEG YSA sınıflamaları da Tablo 4.1’e eklenerek analiz işlemlerinin performansı incelenmiş ve genelleme yapılmaya çalışılmıştır.

Tablo 4.1. EEG sınıflandırma sonuçları

Yazarlar	Başarı Oranı	Yayın Yılı	Algoritma Türü
Ortega A. ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma	%60	2015	Makine Öğrenimi
Wang, T ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma	%73	2014	Yapay Sinir Ağları
Nienhold, D ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma	%76	2015	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması istatistiksel YSA durumu(30 saniye)	%78	2019	Yapay Sinir Ağları
Bing, W ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma	%95	2013	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(mindwave EEG kulaklık)	%99	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek1-E)	%86	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek2-E)	%78	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek3-E)	%83	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek4-E)	%53	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek5-E)	%79	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek6-B)	%62	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek7-B)	%84	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek8-B)	%64	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek9-B)	%98	2019	Yapay Sinir Ağları
Bu tez çalışması Neurosky EEG YSA durumu(denek10-E)	%55	2019	Yapay Sinir Ağları

Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık kullanılarak deneklerden elde ettiğimiz kontrol yüzdeleri Tablo 4.1’de gösterilmiştir. Tabloda literatür çalışmalarından elde edilen bulgular arasında daha önce yapılmış EEG verilerinin YSA ile sınıflandırılmasında yüzdeler dilimlerin her çalışmada farklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu sınıflandırmaların araştırmalarda kullanılan EEG sinyalleri, ortamları, alınan kişilerin cinsiyeti, yaş oranları, kaydedicinin özellikleri ve veri işleme metotları vb. kriterlerin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında deneklerden alınan verilerde YSA yüzdelerinin farklı olduğu anlaşılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında YSA kullanarak EEG sinyalleri ile İHA kontrolü sırasında kullanılan Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklık verileri bir kişinin verileri üzerinden değerlendirilerek komut oluşturulmuştur. Bu komutlar İHA’ya aktararak İHA’nın temel hareketleri yapması sağlanmıştır. Aktarma işlemleri EEG ile İHA kontrolü bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında beynin yapısı incelenmiş beynin düşünme durumları analiz edilmiştir. Beynin düşünme durumunda oluşturduğu elektriksel potansiyellerin kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır. Beynin oluşturduğu elektriksel potansiyellerin (EEG) kullanılabilirlik açısından analiz edilmiştir. Analizler EEG sinyallerinin ve alt bantlarının düşünme durumunda nasıl değiştiği hakkında bilgi verdiği anlaşılmıştır.

Tez konusunun amacına uygun olarak literatür araştırmalarından elde edilen daha önceki kaydedilmiş veriler istatistik metotlara göre analiz edilmiş ve kullanılabilir oldukları anlaşılmıştır. Elde edilen bu analiz sonuçları YSA ile sınıflandırılarak genelleştirilmeye çalışılmış ayrıca daha önce YSA ile yapılan sınıflama sonuçlarına göre iyileştirilmiştir.

Analiz bölümünde bahsedilmiş olan çalışmalardan referans alınan YSA sonuçlarının iyileştirilmesine yönelik olarak çalışmalar yapılmıştır. Bu tez çalışmasında öğrenme başarısını arttırmaya yönelik olarak, yapay sinir ağı eğitimi sırasında yapılan çalışmalarda, eğitime sırasında kullanılan EEG sinyallerinin parçalanması ile ilgili olan epok sayıları (10-20-30 saniye) olarak değiştirilerek denemeler yapılmıştır. Ayrıca denemelerde YSA' da öğrenme algoritması sabit tutulmuş, eğitim parametreleri ve topolojisi de değiştirilmek suretiyle denemeler yapılmıştır. Yapılan bu denemeler sonucunda tasarlanan sınıflayıcı YSA'nın hazırlanan öğrenme seti için başarısı % 78'e test seti için ise % 75'e çıkartılmıştır. Bu eğitime sonuçları referans değer alınarak yeni nesil mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan alınan EEG verileri BBA yazılımıyla işlenerek yeni bir YSA tasarlanmıştır.

Tasarlanan bu YSA sınıflayıcısında mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan alınan alfa ve beta sinyallerinin istatistik metotlarla anlamlı veriler elde edilmiştir. Bu anlamlı veriler YSA öğrenme seti için eğitilmiş ve başarısı % 99'a test seti için ise % 96'ya çıkartılmıştır. Tasarlanan bu YSA sınıflayıcısı ile elde edilen ağırlık değerlerinin BBA yazılımına kodlanması ile komutlar oluşturularak insansız hava aracına eş zamanlı olarak aktarımı

gerçekleştirilmiştir. Analiz bölümünde referans alınan veriler genelleştirme çalışmaları için 10 kişinin 9 kanal verilerinin her biri bu bölümünde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Analiz bölümünde incelenen 10 kişinin dokuz kanaldan alınan bir dakikalık verilerinin her biri 10 saniyelik epoklara ayrılarak verileri teker teker istatistik metotlarla incelenip YSA ile sınıflandırılarak sonuçlandırılmıştır. 10 kişinin her birinin teker teker incelenerek elde edilmiş olan % 78 oran sonuçları genelleştirme için uygun olduğu anlaşılmıştır.

YSA sonuçları incelenerek elde edilen bilgilerden ve literatür çalışmalarından yola çıkılarak C# ortamında Beyin Bilgisayar Arayüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen Beyin Bilgisayar Arayüzü, kullanıcı verilerinin analiz edilmesinde ve insansız hava aracının kontrolünde kullanılarak anlık olarak insan zihin durumlarının insansız hava aracına aktarılmasında kullanılmıştır. Hazırlanan BBA, yeni kullanıcıların eklenmesine ve elde edilecek yeni verilerin analiz edilmesine yönelik kolaylıklar sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

BBA görsel tasarımından ziyade Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklıktan alınan EEG sinyallerinin anlık olarak alınıp istatistiksel metotlara göre işlenip yapay sinir ağları ile sınıflandırılması bu tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalardan en önemlisidir. EEG sinyallerinin sınıflandırılması sonucunda oluşturulan komut bilgilerine göre insansız hava aracının donanımsal olarak kontrolünün yapılması geliştirilen diğer bir uygulamadır. EEG sinyalleri ile İHA kontrolünün gerçekleştirilmesinde EEG alt bantlarından yararlanılarak elde edilen değerler YSA ile zekileştirilerek İHA'ya aktarılarak İHA'nın temel hareketleri olan yukarı, aşağı, sağ ve sol hareketleri optimum seviyede sağlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen veriler, Neurosky mindwave EEG algılayıcı kulaklığında bulunan tek kuru elektrottan alındığı için çalışmaya bir sınırlama getirmiştir. İHA'nın kontrolü kompleks bir kontrol gerektirmektedir. Bu kompleks yapının kontrolü için tek kanaldan alınan EEG verileri bu kontrol için çok etkili olamamaktadır. EEG algılayıcı kulaklığında birden fazla elektrotla veri alınması ve bu verilerin çoklu ortamda gelişmiş mikrokontroller ile işlenerek İHA'ya aktarılması EEG verilerinin İHA'ya daha net bir şekilde kontrol edilebilmesini sağlayacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen mini insansız hava aracının mini olarak tasarlanmasının amacı ilk prototip olması ve hem çevre hem de kendi güvenliğini

sağlamasıdır. Ayrıca İHA temel hareketleri yapmak amacı ile tasarlandığından hassasiyet durumları manuel olarak yapılmıştır. Bu tez çalışması Şekil 4.5'te verilen görüntüde anlık olarak çalıştırılması gösterilmiştir. Şekil 4.5'te İHA zihin kontrolü ile komuta edilerek yukarı ve aşağı yönlü hareketi sağlanmıştır. Ayrıca göz kapama ve açma ile komut verilerek İHA sağ ve sol hareketleri gerçekleştirilmiştir. Hareketleri test etmek amacı ile 10 denek üzerinde İHA'nın temel hareketleri YSA'ya göre değerlendirilerek Tablo 4.1'de verilmiştir. Tablo verilerine bakıldığında İHA'nın temel hareketleri gerçekleştirme durumunda YSA ile kıyaslama sonuçları % 98 - % 53 arasında değişiklikleri gözlemlenmiştir. Literatür ve bu tez çalışması kapsamında Tablo 4.1'de elde edilen verilerde öğrenme yüzdesinin arttığı gözlemlenmektedir. Ayrıca deneklerden alınan örneklerle zamana, mekâna, cinsiyet ve yaşa göre kontrol yüzdelerinin değiştiği anlaşılmıştır.

Tablo 1'deki verilere bakıldığında YSA'nın EEG eğitime işlemlerinde aktif olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır. Günümüzde YSA ile derin öğrenme arasında bağlantılar kurulmaktadır. Bu bağlantıların bu tez çalışması için öğrenme yüzdelerinin artırılmasında etkili olabileceği tartışılmalıdır. Ayrıca YSA ve derin öğrenme gibi yapay zekâ teknolojilerinin EEG sınıflamalarında kullanılması öğrenme durumunun artırılıp artırılmayacağını bize gösterecektir. Bu tür yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulanabilir hale getirilerek robotların kullanımına sunulması beyin sinyalleri ile robotların (giyilebilir protezler, vücut destek sistemleri vb.) kontrol edilebilirliklerinde daha başarılı sonuçların elde edilmesine imkân sağlayacaktır. Ayrıca EEG sinyallerinin algılanmasında kullanılan biyosensor teknolojilerinin gelişmesi ve günlük hayat ile etkileşiminin artması sadece fiziksel olarak düşünülmeyle sosyolojik olarak bireylerin davranışsal özelliklerini de incelenebileceği düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Elektroensefalogram, Uyarılmış Potansiyeller Ve Alzheimer Hastalığı. Erişim Noktası=<http://www.gencbilim.com/odev/5038-elektroensefalogram-uyarilmis-potansiyeller-ve-alzheimer-hastaligi-odev.html>,Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [2] Görür, D. (2003). Automated Detection of Sleep Spindles. A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of The Middle East Technical University. January 2003.
- [3] Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Adana.
- [4] Guyton ve Hall. (1996), Tıbbi Fizyoloji. 9. Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri Ltd Şti. 1996; 57-72.
- [5] Tohru, Okanishi. S18-1, (2018), Progress in EEG analysis for epilepsy and the outlook for the future. Clinical Neurophysiology. 5, May 2018, Cilt 129, 5.
- [6] Elektrik-Elektronik mühendisliği biyoistatistik ders notları,Erişim Noktası http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/66840/46777/ders_1_biyostatistik%C4%9Fe_giri%C5%9F.pdf Erişim Tarihi:12.09.2019.
- [7] Fausett, L.1994, Fundamentals of Neural Networks — Architectures, Algorithms, and Applications, Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ 1994.
- [8] Neurosky web sitesi Erişim Noktası:<http://neurosky.com/biosensors/eeg-sensor/>Erişim Tarihi: 12.09.2019.
- [9] Reanaree, P., Tananchana, P., Narongwongwathana, N., Pintavirooj, C., (2016). Stress and Office-Syndrome Detection using EEG, HRV and Hand Movement. BiomedicalEngineering International Conference, 1–4.
- [10]Trivedi, K.R., Thakker, R.A., (2016). Brainwave Enabled Multi-functional, Communication, Controlling and Speech Signal Generating System, International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, 4889–48.
- [11]R Manu, Markose M., Thomas P T., (2016). Brain Controlled Prosthetic Leg, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology. ISSN: 2454-132X Impact factor: 4.295 (Volume2, Issue6).

- [12] Atasoy H., Yıldırım S., Yıldırım E., Kutlu Y., (2014). EEG Sinyallerinden Fraktal Boyut Ve Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Duygu Tanıma, 2014. Elektrik-Elektronik -Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27-29 Kasım 2014, Bursa.
- [13] Raheja O., Pawar K., Saraf M., Maiti S., (2018). Mind Controlled Assistive Quadrotor Drone, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, ISO 3297:2007 Certified Vol. 7, Issue 3, March 2018 ISSN (Online) 2278-1021, ISSN (Print) 2319-5940.
- [14] Priyanka D. Girase, M. P. Deshmukh, (2015). Mindwave Device Wheelchair Control, International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064 Index Copernicus Value (2013): 6.14 | Impact Factor (2015): 6.391.
- [15] Yeshas Y, Lekha H. P, Belli Praveen, Jayaprakash H B, Puneeth H J, (2017). Brain Wave Controlled Robotic Arm, Dept. of Electronic & Communication Engg, Bangalore Technological Institute, Bangalore, Karnataka, India, IJECT Vol. 8, Issue 2, April - June 2017 ISSN: 2230-7109 (Online) | ISSN: 2230-9543 (Print).
- [16] Kuldeep Tiwari, S. P. S. Saini. (2015), "Brain Controlled Robot using Neurosky Mindwave" Journal of Technological Advances and Scientific Research; Volume 1, Issue 04, October-December 2015; Page: 328-331, DOI: 10.14260/jtasr/2015/45.
- [17] Gül S., Uçar M. K., Çetinel G., Bergil E., Bozkurt M. R. , (2017). "Automated Pre-Seizure Detection for Epileptic Patients Using Machine Learning Methods", International Journal of Image, Graphics and Signal Processing (IJIGSP), Vol.9, No.7, pp.1-9, 2017. DOI: 10.5815/ijigsp. 2017.07.01.
- [18] Saġabun W., (2014). Processing and spectral analysis of the raw EEG signal from the MindWave, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, doi:10.12915/pe.2014.02.44.
- [19] Ramesh S., Krishna M.G., Nakirekanti M., (2014). Brain Computer Interface System for Mind Controlled Robot using Bluetooth, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 104 – No 15, October 2014.
- [20] Mangala Gowri S G, Cyril Prasanna Raj P, Badarinarayan K S, (2015). Novel Algorithm for Feature Extraction and Classification of EEG signals, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181, Vol. 4 Issue 12, December-2015.
- [21] Elektrik-Elektronik mühendisliği tıp elektroniği ders notları, erişim noktası https://drive.google.com/file/d/0B-zx_KhIVzcFZUVuTzFtV0pFRk0/view, erişim tarihi =05.09.2019.
- [22] Elektrik-Elektronik mühendisliği tıp elektroniği Prof.Dr.Tülay Yıldırım ders notları, erişim noktası <https://slideplayer.biz.tr/slide/2440472/> Erişim Tarihi=05.09.2019.

- [23] Tülay, E. (2009). Beyin elektriksel aktivitesinin ölümü ve sinyal analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
- [24] İstatistik ders notları,erişim noktası http://kulamyu.cbu.edu.tr/db_images/site_212/file/%C4%B0STAT%C4%B0ST%C4%B0K%20DERS%20NOTU.pdf.
- [25] Warren M., Walter H. P., A (1990) Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity, Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943, 5(1), 115-133.
- [26] Marvin M., Seymour P., (1969) Perceptrons: an introduction to computational geometry, 1st ed., Prentice Hall, New Jersey, 1969.
- [27] Hopfield J. J., (1984). Neurons with graded response have collective computational properties like those of two-state neurons, Journal of Biophysics, 1984, 81(1), 3088-3092.
- [28] Broomhead D. S., David L., (1988) Multivariable Functional Interpolation and Adaptive Networks, Journal of Complex Systems, 1988, 2(1), 321-355.
- [29] Xinzhi L., Kexue Z., Xie W. C., (2017), Pinning Impulsive Synchronization of Reaction–Diffusion Neural Networks With Time-Varying Delays, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2017, 28(5), 10551067.
- [30] Bo S., Zidong W., Hong Q., (2017) Event-Triggered State Estimation for DiscreteTime Multidelayed Neural Networks With Stochastic Parameters and Incomplete Measurements, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 2017, 28(5), 1152-1163.
- [31] Manel D., Mohamed A. H., Belgacem B., Abdellatif M., (2016) Cryptography of medical images based on a combination between chaotic and neural network, IET Journal of Image Processing, 2016, 10(11), 830-839.
- [32] Hao Z., Huaicheng Y., Congzhi H., Mengling W., (2016), Guaranteed Cost Filtering for Discrete-time Multi-layer Neural Networks with Time-varying Delays and Unideal Measurements, Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation, Ningbo, Çin, 12-15 Ağustos 2016.
- [33] Behm, A., Kollotzek, M., & Hske, F. (2006), Mayıs 01. Controlling Computers by Thoughts. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.187.9534&rep=rep1&type=pdf>, Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [34] Aydemir, . (2009). EEG tabanlı beyin bilgisayar arayzleri. Akademik Bilişim'09 -XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, 8-10.
- [35] Aydemir, ., ve Kayıkoğlu, T. (2011). Classification of EEG signals recorded during right/left eye movement imagery using Fourier Transform based features. Signal Processing ve Communications Applications (SIU), IEEE 19th Conference on. IEEE, 415-418.
- [36] zkl, A. Ekrem, (1996). Ergonomi, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- [37] İnsan Makine Etkileşimi, Erişim Noktası,<http://www.ergonomi.itu.edu.tr/ergonomi.html>, Erişim Tarihi:12.09.2019.

- [38] Dictionary.com, Erişim noktası: <http://dictionary.reference.com/browse/uav?s=t>, Erişim tarihi.14.10.2019.
- [39] ICAO, (2011), Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir. 328, AN/190, 2011. https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf, Erişim tarihi.14.10.2019.
- [40] Monash University, Remote Piloted Aerial Vehicles Erişim noktası [http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings.22 June 2003](http://www.ctie.monash.edu/hargrave/rpav_home.html#Beginnings.22%20June%202003). Erişim tarihi:12.09.2019.
- [41] Can, N., Erişim noktası:http://can.aero/index.php?option=com_content&view=article&id=76:chicago-konvansiyonuna-kadar-devletleraras-hava-hukuku-alan-ndaki-baz-duezenlemeler&catid=21:articles&Itemid=13. Haziran 2011, erişim tarihi:12.09.2019.
- [42] Kahveci M., Can N., (2017), İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada Ve Türkiye'deki Yasal Durumu, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Tekn. Derg., c.5, s.4, ss. 511-535, 2017 ISSN: 2147-9364 (Elektronik) DOI: 10.15317/Scitech.2017.109.
- [43] Neurosky Mindwave EEG algılayıcı, Erişim Noktası: <https://store.neurosky.com/>, Erişim Tarihi:12.09.2019.
- [44] Neurosky Mindwave EEG algılayıcı özellikleri, Erişim Noktası: http://download.neurosky.com/support_page_files/MindWaveMobile/docs/mindwave_mobile_user_guide.pdf/ Erişim Tarihi:12.09.2019.
- [45] İnsansız hava aracı özellikleri: Erişim Noktası:<https://urun.gittigidiyor.com/oyuncak/rcx-mini-drone-uzaktan-kumandali-gece-goruslu-quadcopter-mini-drone-gununde-ucretsiz-kargo-324502901>, Erişim Tarihi:12.09.2019.
- [46] Mikrokontrol kartı Erişim Noktası=https://www.robotsepeti.com/arduino-due-kontrol-karti?gclid=Cj0KCQjw_OzrBRDmARIsAAIdQ_J1OB-5MQ-vW8Dr6XwuU9N1BDQL797TXsYeQ9SichSu8oNbIu2nQAgaAmdQEALw_wcB, Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [47] Devre elemanları direnç ve kapasitör, Erişim Noktası= http://www.robotiksistem.com/kondansator_nedir_kondansator_ozellikleri.html, Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [48] Devre elemanları led, Erişim Noktası= <https://maker.robotistan.com/led/>, Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [49] Programlama dilleri Erişim Noktası=http://www.robotiksistem.com/programlama_dilleri_ozellikleri.html, Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [50] Programlama dilleri Erişim Noktası=<https://www.tech-worm.com/programlama-dilleri-ozellikleri/>, Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [51] Programlama dilleri Erişim Noktası= https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/76575/mod_resource/content/0/MatlabHafta-1.pdf, Erişim Tarihi=12.09.2019.

- [52] EEG veri analizi veri tabanı Erişim Noktası <https://www.physionet.org/content/ltrsyp/1.0.0/>, Erişim Tarihi=12.09.2019.
- [53] Fernandez A. M., Poli R., (2017), Towards the automated localisation of targets in rapid image-sifting by collaborative brain-computer interfaces, Plos/one, Published: May 31, 2017 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178498>.
- [54] Bi L., xin'an F, (2013) EEG-Based Brain-Controlled Mobile Robots: A Survey, Ieee Transactions On Human-Machine Systems, Vol. 43, No. 2, March 2013.
- [55] Sałabun W., (2014), Processing and spectral analysis of the raw EEG signal from the MindWave, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Article in Przegląd Elektrotechniczny · February 2014, DOI: 10.12915/pe.2014.02.44.
- [56] Raheja O., Pawar K., Saraf M, Maiti S, (2018), Mind Controlled Assistive Quadrotor Drone, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering ISO 3297:2007 Certified Vol. 7, Issue 3, March 2018.

EKLER

EK A: Etik kurul kararı

EK B: İHA anlık uçuş görüntüsü



EK A :

Evrak Tarih ve Sayısı: 20/03/2019-E.2681



T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Kurulu

Sayı :26428519/100/
Konu :Anket İzni

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Etik Kurulumun 20/03/2019 tarih ve 04 no'lu toplantısında almış olduğu birinci maddesine (madde 1-) ilişkin karar örneği aşağıda sunulmuştur.
Bilgilerinize gereğini rica ederim.

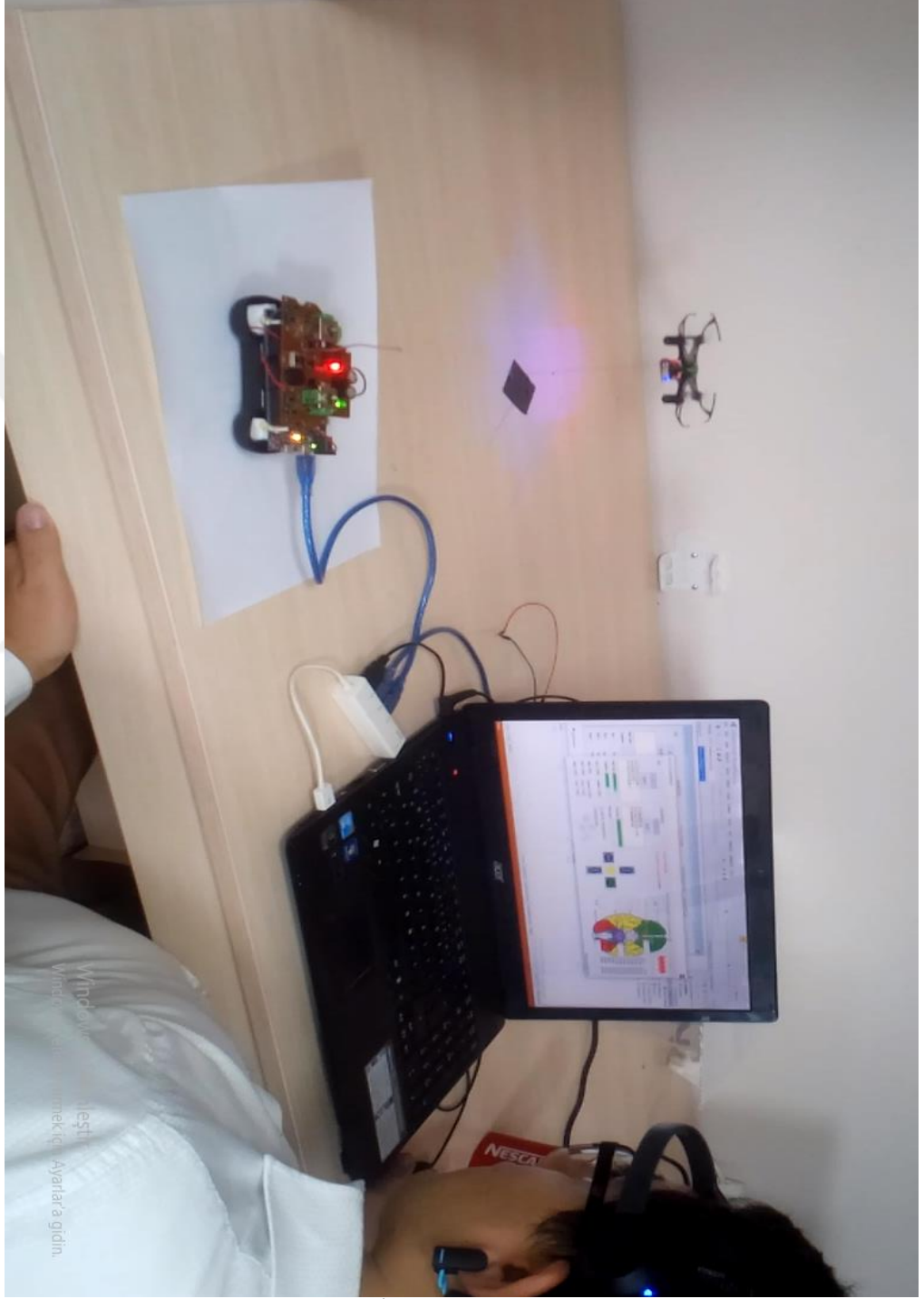
Prof.Dr. Yusuf ÇAY
Etik Kurulu Başkanı

Madde 1- Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü'nün 04/02/2019 tarihli ve 100/1155 sayılı Anket Onay İzni konulu yazısı ve eki görüşmeye açıldı.

Enstitümüz Biyomedikal Mühendisliği Enstitü Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Mehmet DEMİR 'in Prof. Dr. Raşit KÖKER danışmanlığında hazırladığı "EEG Sinyalleri ile Otonom İnsansız Hava Aracı Kontrolü " konulu bilimsel araştırma ve çalışmadan elde edilecek verilerin bildiri ve makalelerde kullanılmasının Etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi.

EK :
Gelen Yazı ve Ekleri (8 sayfa)

EK B:



Şekil 4.5:İHA anlık uçuş görüntüsü.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Demir
Doğum Tarihi ve Yeri : 15.03.1993
E-posta : demirmehmet146@gmail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, Sakarya Üni., Teknoloji Fak., Elektrik-Elektronik Müh.
- **Lisans** : 2018, Sakarya Üni., Teknoloji Fak., Mekatronik Müh.(ÇAP)
- **Yüksek lisans** : 2017- , SUBÜ, Biyomedikal Müh. ABD, Biyomedikal Müh

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Sakarya Üni. Teknoloji Fakültesi Bilgi işlem biriminde 2013-2016 yılları arasında teknik, donanım, onarım, bakım ve yazılım alanlarında çalışmalar yaptı.
- Sakarya Üni. Teknoloji Fakültesi bünyesinde 2016-2017 tarihleri arasında TÜBİTAK araştırma bursu kapsamında görüntü işleme üzerine çalışmalar yaptı.
- Sakarya Üni. Teknoloji Fakültesi bilimsel araştırma projesinde 2016-2017 tarihleri arasında çalışmalar yaptı.
- Sakarya Üni. Teknokent bünyesinde 2017-2018 tarihleri arasında yazılım test personeli olarak çalışmalar yaptı.
- 2018 yılından itibaren T.C. Adalet Bakanlığında Bilişim Teknisyeni ünvanı ile Diyarbakır Ceza ve İnfaz Kurumu Kampüsünde bilişim ve güvenlik sistemlerinden sorumlu olarak görev yapmaktadır.