



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MUTLULUK EĞİTİMİNİN EEG SİNYALLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİYLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ayşe SAYMAZ

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Fırat KAÇAR**

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Biyomedikal Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2020

Bu alışma, 24.07.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyomedikal Mühendisliğı Anabilim Dalı, Biyomedikal Mühendisliğı Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Prof. Dr. Fırat KAÇAR(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Yasin ÖZÇELEP
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Muhammed Emin BAşAK
Yıldız Teknik Üniversitesi
Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresince ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini paylaşan ve fikir alışverişinde bulunduğum değerli danışmanım Prof. Dr. Fırat KAÇAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun belirlenmesinde önemli katkıları bulunan ve tez çalışmamda kullandığım veriyi sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Sinan CANAN'a değerli yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince tecrübe ve bilgilerini paylaşan ve manevi desteğini esirgemeyen değerli Arş. Gör. Hacer KUDUZ'a teşekkür ederim.

Ve şimdiye kadar üzerimde pek çok emekleri bulunan, sevgi ve özverileriyle bugünlere gelmemi sağlayan ve desteklerini her zaman hissettiğim kıymetli aileme teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Temmuz 2020

Ayşe SAYMAZ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. TEZİN AMACI VE KATKILARI.....	5
2. GENEL KISIMLAR	7
2.1. BEYİN YAPISI VE İŞLEVİ.....	7
2.1.1. Serebrum	8
2.1.2. Serebellum.....	10
2.1.3. Beyin Sapı	10
2.1.4. Beynin Hücresel Yapısı ve Elektriksel Sinyal Oluşumu	10
2.2. ELEKTROENSEFALOGRAFİ.....	12
2.3. MUTLULUK.....	15
2.3.1. Felsefi ve Psikolojik Temelleri ile Mutluluk.....	15
2.3.2. Mutluluğun Bileşenleri	16
2.3.3. Mutluluğu Belirleyen Faktörler ve Mutluluğu Artırma Stratejileri.....	17
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	21
3.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN EEG VERİSİ VE ÖNİŞLEME	23
3.2. DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ	23
3.2.1. Sürekli Dalgacık Dönüşümü	28
3.2.2. Ayrik Dalgacık Dönüşümü.....	28
3.3. GÜÇ SPEKTRAL YOĞUNLUĞU	30
3.3.1. Welch Yöntemi.....	31

3.4.	ÖZNİTELİK ÇIKARIMI	31
3.4.1.	Çalışmada Kullanılan Öznitelikler	32
3.5.	SINIFLANDIRMA	34
3.5.1.	K – En Yakın Komşu	35
3.5.2.	Destek Vektör Makineleri	35
3.5.3.	Naive Bayes.....	38
3.5.4.	Karar Ağaçları	38
3.5.5.	K – Parçalı Çapraz Doğrulama Yöntemi	39
3.5.6.	Performans Değerlendirme Kriterleri	39
4.	BULGULAR.....	42
4.1.	EĞİTİM VE KONTROL GRUPLARININ MUTLULUK EĞİTİMİ SONRASI DURUMLARININ SINIFLANDIRILMASI.....	42
4.2.	EĞİTİM VE KONTROL GRUPLARININ MUTLULUK EĞİTİMİ ÖNCESİ DURUMLARININ SINIFLANDIRILMASI	45
4.3.	EĞİTİM GRUBUNUN MUTLULUK EĞİTİMİ ÖNCESİ VE SONRASI DURUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	46
4.4.	EĞİTİM GRUBUNUN SOL VE SAĞ KANAL BAŞARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	47
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	50
	KAYNAKLAR	53
	ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: Serebrum, serebellum ve beyin sapı [34].....	7
Şekil 2.2: Sol ve sağ yarım küre işlevleri [38].....	8
Şekil 2.3: Beyin lobları [41,40,39].....	9
Şekil 2.4: Bir nöronun yapısı [42].	11
Şekil 2.5: Nöronda net uyarımın olduğu anda elektriksel sinyal oluşumu ve bunun EEG üzerindeki yansıması [43,44].....	12
Şekil 2.6: Uluslararası 10-20 elektrot yerleşim düzeni [50].....	13
Şekil 2.7: EEG dalga çeşitleri [51].....	14
Şekil 2.8: Mutluluğun bileşenleri.	17
Şekil 2.9: Mutluluğu belirleyen faktörler.....	18
Şekil 3.1: Çalışmanın blok diyagramı.....	22
Şekil 3.2: Sinyal analiz teknikleri arasındaki ilişki [57].....	25
Şekil 3.3: Bir sinüs dalgası ve dalgacık örneği [57].....	26
Şekil 3.4: Bazı dalgacık türleri [62].	26
Şekil 3.5: Sinüzoid ve dalgacık ölçek faktörü [57,18].	27
Şekil 3.6: Sinyalin (s) alçak (A) ve yüksek (D) frekans bileşenlerine ayrılması.....	29
Şekil 3.7: Çok seviyeli ayrıştırma [57].	29
Şekil 3.8: Çarpıklık katsayısı ile mod, medyan ve ortalama arasındaki bağlantı.....	33
Şekil 3.9: Çarpıklık ve basıklık katsayılarının dağılım üzerindeki etkisi [66].....	34
Şekil 3.10: (a) İki boyutlu örnek uzayı hiper düzlemi (b) Üç boyutlu örnek uzayı hiper düzlemi [16].....	36
Şekil 3.11: Hiper-düzlem ve destek vektörleri [16].	37
Şekil 3.12: Birbirinden doğrusal olarak ayrılamayan veriler.	37

Şekil 3.13: KA'nın temel yapısı.....	39
---	----



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Hata matrisi.....	40
Tablo 4.1: Sınıflandırmada kullanılan öznitelik grupları.....	43
Tablo 4.2: Eğitim ve kontrol grupları arasında eğitim sonrası durumu için yapılan sınıflandırmadan elde edilen doğruluk oranları.....	43
Tablo 4.3: En iyi doğruluk oranı için performans değerlendirme parametreleri.....	44
Tablo 4.4: Eğitim ve kontrol grupları arasında eğitim öncesi durumları için yapılan sınıflandırmadan elde edilen doğruluk oranları.....	45
Tablo 4.5: En iyi doğruluk oranları için performans değerlendirme parametreleri.....	46
Tablo 4.6: 4 farklı öznitelik grubu ve sınıflandırıcısı ile elde edilen doğruluk oranları.....	46
Tablo 4.7: DVM sınıflandırıcısı ile elde edilen en iyi doğruluk oranları için performans değerlendirme parametreleri.....	47
Tablo 4.8: Sol ve sağ kanallar için Tip II öznitelikleri ve 4 farklı sınıflandırıcı kullanılarak yapılan sınıflandırma ile elde edilen doğruluk oranları.....	48
Tablo 4.9: Elde edilen en yüksek doğruluk oranlarına ait performans değerlendirme parametreleri.....	49
Tablo 5.1: DVM sınıflandırıcısı ile elde edilen doğruluk oranları.....	51
Tablo 5.2: Sol ve sağ kanallar üzerinde yapılan sınıflandırmaya ait doğruluk oranları.....	52

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
----------	----------

Hz	: Hertz
----	---------

Kisaltmalar	Açıklama
-------------	----------

EEG	: Elektroensefalografi
BBA	: Beyin Bilgisayar Arayüzü
FD	: Fourier Dönüşümü
KZFD	: Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü
DD	: Dalgacık Dönüşümü
SDD	: Sürekli Dalgacık Dönüşümü
ADD	: Ayrık Dalgacık Dönüşümü
GSY	: Güç spektral yoğunluğu
KNN	: K - en yakın komşu
DVM	: Destek vektör makineleri
NB	: Naive bayes
KA	: Karar ağaçları

ÖZET

MUTLULUK EĞİTİMİNİN EEG SINYALLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN MAKİNE ÖĞRENMESİ YÖNTEMLERİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe SAYMAZ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Fırat KAÇAR

Bu tez çalışmasında; mutluluk eğitimi programının EEG sinyalleri üzerinde etkisinin olup olmadığı ya da bu etkinin ne ölçüde meydana geleceği araştırılmıştır. Araştırma kapsamında; mutluluk eğitimi almış 18 katılımcı (eğitim grubu) ve bu süre içerisinde eğitim verilmeyen 12 katılımcı (kontrol grubu) bulunmaktadır. Her iki gruptan da eğitim süresinin başında ve sonunda EEG sinyal kaydı yapılmıştır. Sinyaller bipolar elektrot montajı ile sağ ve sol frontoparietal bölgelerinden kaydedilmiştir. Kaydı alınan EEG sinyallerine Ayrık Dalgacık Dönüşümü uygulanarak sinyallerin alt bileşenlerine (gama, beta, alfa, teta, delta) ayrılması sağlanmıştır. Elde edilen alt bileşenlere istatistiksel öznitelik çıkarma algoritmaları (ortalama, standart sapma, ortalama güç, basıklık, çarpıklık) uygulanmıştır. Mutluluk eğitimi öncesi ve sonrası durumlarını kıyaslamak için makine öğrenmesi yöntemlerinden Karar Ağacı, K – en yakın komşu, Naive Bayes ve Destek Vektör Makineleri kullanılmıştır. K – parçalı çapraz doğrulama metodu uygulanarak sınıflandırıcıların eğitimi sağlanmıştır. Sınıflandırma işlemi çalışmada kullanılan özniteliklerin farklı kombinasyonları ile elde edilen 4 farklı öznitelik grubu kullanılarak yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi ile elde edilen başarı oranları oldukça yüksektir.

Ayrıca çalışma kapsamında; eğitim öncesi ve sonrası durumlarını kıyaslamak için sol ve sağ kanallar için de sınıflandırma çalışmaları yapılmıştır. Bu sınıflandırma işlemi ile amaç; beyin

yarı kürelerinin hangisinde ne ölçüde bir değişiklik meydana geleceğini saptamaya çalışmaktır. Sol kanal üzerinde yapılan sınıflandırmada elde edilen başarımların oranları sağ kanal üzerinde yapılan sınıflandırma ile elde edilen başarımlarından yüksek olmuştur. Bu sonuç eğitim programının mutluluğu artırdığını göstermektedir.

Temmuz 2020, 73 sayfa.

Anahtar kelimeler: Mutluluk, elektroensefalografi, sınıflandırma, ayırık dalgacık dönüşümü



SUMMARY

EVALUATION OF HAPPINESS TRAINING EFFECT OF EEG SIGNALS WITH MACHINE LEARNING METHODS

M.Sc. THESIS

Ayşe SAYMAZ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Biomedical Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Fırat KAÇAR

In this thesis study; It has been investigated whether the happiness education program has an effect on EEG signals or to what extent this effect will occur. In the scope of the research; There are 18 participants (training group) with happiness education and 12 participants (control group) who did not receive training during this period. EEG signals were recorded from both groups at the beginning and at the end of the training period. Signals were recorded from the right and left frontoparietal regions by bipolar electrode assembly. By applying Discrete Wavelet Transformation to recorded EEG signals, the signals are separated into sub-components (gamma, beta, alpha, theta, delta). The statistical feature extraction algorithms (mean, standard deviation, mean power, kurtosis, skewness) were applied to the obtained subcomponents. Decision Tree, K - closest neighbor, Naive Bayes and Support Vector Machines were used to compare the pre-post and post-happiness situations. Classifiers were trained by applying K - piecewise cross-validation method. The classification process was made by using 4 different feature groups obtained with different combinations of the features used in the study. The performance rates obtained by the classification process are quite high.

Also within the scope of the study; Classification studies were also conducted for left and right channels in order to compare their status before and after the training. The purpose of this classification process is; to try to determine to what extent the brain hemispheres will change to what extent. The performance rates obtained in the classification made on the left channel were higher than the performance rates obtained with the classification made on the right channel. This result shows that the training program increases happiness.

July 2020, 73 pages.

Keywords: Happiness, electroencephalography, classification, discrete wavelet transform



1. GİRİŞ

İnsan vücudunun denetiminden ve işleyişinden sorumlu olan beyin merkezi sinir sisteminin en önemli organıdır. Beynin yapısını oluşturan milyarlarca nöron arasındaki elektrokimyasal etkileşiminin doğal bir fizyolojik sonucu olarak ortaya çıkan elektriksel aktiviteye beyin biyoelektrik aktivitesi denilmektedir. Nöronlar tarafından hem uyanıklık hem de uyku halindeyken üretilen beyin biyoelektrik aktivitesinin incelenmesi ve analizi sinirbiliminde önemli rol oynamaktadır. Bu aktivitenin kafatasına yerleştirilen elektrotlar vasıtası ile beyin dalgaları halinde dijital ortamda ya da kağıt üzerine yazdırılması işlemine elektroensefalografi (EEG) denilmektedir. İnvaziv olmayan bir yöntem olan EEG beyin sinyallerine ulaşmanın en kolay yoludur. EEG sayesinde elde edilen beyin sinyalleri sağlık, sinirbilim, mühendislik, psikoloji, eğitim, nöropazarlama gibi birçok alanda çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır.

EEG'nin sağlık alanındaki kullanımı daha çok nöroloji ve klinik fizyolojide olmakla birlikte epilepsi, uyku apnesi, Parkinson, migren, koma ve beyin iltihabı gibi beyin hastalıklarının tanı, tedavi ve takibini yapmaya yöneliktir. EEG sinyallerinin sağlık alanındaki kullanımında uzmanlar tarafından bu sinyallerin manuel olarak değerlendirilmesi oldukça öznel olacağından, objektif bir değerlendirme yapmak amacı ile sinyal işleme ve analiz yöntemlerinden faydalanarak çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlar sayesinde EEG sinyallerinin farklı frekans aralıklarındaki alt bantları incelenerek nörolojik hastalıkların tespitinde önemli bir gelişme kaydedilmiştir. Vavadi ve diğ. dalgacık – yaklaşım entropi yöntemini kullanıp EEG sinyallerinin farklı alt bantlarını inceleyerek epilepsi hastalığının tespiti için yaptıkları çalışmada; her alt banttan elde ettiği öznitelikleri kullanarak bir sınıflandırma yapmışlardır. Epilepsinin otomatik tespiti için yapılan bu çalışma neticesinde % 99 oranında bir sınıflandırma doğruluğuna ulaşılmıştır [1]. Wani ve diğ. EEG sinyallerinden epilepsi hastalığının otomatik olarak teşhisi için bir sistem önermişlerdir. Yapılan çalışmada dalgacık dönüşümü kullanılarak EEG sinyallerinin farklı frekans aralığındaki alt bantları elde edilmiş ve her alt bantın enerji dağılımını makine öğrenmesi algoritmaları ile sınıflandırmışlardır. Çalışma sonucunda doğru sınıflandırma yüzdesi %95 olarak bulunmuştur [2]. Subasi ve diğ. ışığa duyarlılık ile gelişen sürekli ataklar şeklinde ortaya çıkan nörolojik bir hastalık olan migrenin teşhisi için bilgisayarlı karar destek sistemi geliştirebilmek

amacıyla EEG sinyallerini kullanmışlardır. Bu çalışma kapsamında ışık uyaranı esnasında kaydedilen EEG sinyallerinin dalgacık dönüşümü yöntemi kullanılarak ayrıştırılması ile elde edilen alt bantlardan çeşitli öznitelikler çıkarılmıştır. Elde edilen öznitelikler makine öğrenmesi metotları ile sınıflandırılmıştır. Çalışma kapsamında ışık uyarımının sınıflandırma doğruluğunu % 10 oranında artırdığı sonucu ortaya çıkmıştır [3].

Son yıllarda EEG sinyal işleme, bilgisayar ve nöroloji alanındaki gelişmeler önemli yeniliklerin ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Bu yenilikler içerisinde EEG sinyal tabanlı geliştirilen Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) sistemleri büyük bir öneme sahiptir. BBA sistemleri insan beyni ile bilgisayar ya da dış bir elektronik cihaz arasında iletişimi amaçlar. BBA sistemleri motor sinir fonksiyonlarını kaybetmiş kişilerin bu fonksiyona gereksinim duyarak yapacakları faaliyetleri zihinsel yol ile yapabilmelerine olanak sağlamaktadır. Ayrıca kas gücü olmadan robot kol ve bacakların, tekerlekli sandalye gibi cihazların kontrol edilmesini sağlayarak engellilerin yaşam konforunu yükseltmede ve felçli hastaların rehabilitasyon sürecinde önemli bir etkisi olmuştur. BBA sistemi geliştirme çalışmalarında kafatasına yerleştirilen elektrotlar aracılığı ile elde edilen beyin sinyalleri belli bir frekans aralığında filtrelenir. Filtrelenen sinyalden çeşitli öznitelikler çıkarılarak hangi tür örüntünün ne tür bir anlam ifade ettiği araştırılır. Gerekli öznitelikler tespit edilerek kontrol komutları oluşturulur ve zihinsel kontrol ile yapılması istenilen motor faaliyet gerçekleştirilmiş olur. Samy ve diğ. yaptıkları çalışmada tekerlekli sandalye kullanmak zorunda olan kişilerin hayatını kolaylaştırmak amacı ile zihinsel yol ile kontrolü mümkün olan tekerlekli sandalye geliştirmişlerdir. Çalışma kapsamında insan vücudunun hareketi esnasında oluşan EEG sinyallerinden bazı seçici özellikler çıkarılmış ve bu özellikler tekerlekli sandalyenin sağ, sol, ileri, geri ve durma fonksiyonu için belirleyici komutlara dönüştürülmüştür [4]. Koyas ve diğ. felçli hastaların hayata yeniden uyum sağlamaları ve yaşam konforunu yükselterek rehabilitasyon sürecini yönetebilmek amacı ile EEG sinyal tabanlı BBA sistemi tasarlamışlardır. Çalışma kapsamında felçli hastaların yapmayı istediği sağ kol faaliyetini zihinsel yol ile canlandırıp bu sayede robotik sistemin kontrol edilmesi sağlanmıştır [5].

EEG sinyallerinin analizine ve işlenmesine duyulan ilgi ve ihtiyaç son yıllarda adını sıklıkla duyduğumuz nöropazarlama alanında da ortaya çıkmıştır. Nöropazarlama; nöroloji alanında yapılan çalışmalar sonucunda ulaşılan verilerin pazarlama bilimine aktarılması anlamına gelir. Nörobilim ve pazarlama alanlarının entegrasyonu ile ortaya çıkan nöropazarlamanın bir

disiplin olarak pazarlama alanında kullanılmasının en önemli sebebi anket gibi geleneksel araştırma metotları ile satın alma sürecindeki tüketici davranışları hakkında somut veriler elde edilememesidir. Nöropazarlama tüketicinin satın alma sürecindeki beyin aktivitesini araştırarak beynin hangi kısmının aktif olduğu ile ilgili somut veriye ulaşip bu sayede satın alma davranışlarını belirleyip pazarlama disiplininde kullanılmak üzere çeşitli stratejiler oluşturulmasını sağlamaktadır. Nöropazarlamanın temel hipotezleri ilk olarak 1990 yılında Gerry Zaltman'ın nörogörüntüleme tekniklerini kullanarak pazarlama alanında yaptığı araştırmalar neticesinde oluşmuştur. Kavram olarak ilk defa Martin Lindstromun “Buyology” adlı kitabında yer almıştır. Nöropazarlama disiplininde kullanılan beyin görüntülüne yöntemleri arasında pozitron emisyon tomografisi, fonksiyonel manyetik görüntüleme cihazı ve EEG yer almaktadır. EEG diğer iki yönteme göre maliyetinin daha az olması, non-invaziv bir yöntem olarak ağrısız olarak kolay uygulanabilir olmasından dolayı daha sık tercih edilmektedir. Ayrıca EEG beyin sinyallerini farklı frekans aralıklarında inceleyerek bilişsel ve duygusal karar verme sürecinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

Duygu, düşünce ve davranış alanlarındaki aldığımız kararlar karakterimizi belirlerken aynı zamanda mutluluğu taşıyan sonuçları da beraberinde getirir. Bireyin duygu, düşünce ve davranışlarını yönetmesinde beynin anlaşılması, tanımlanması, özelliklerinin keşfedilmesi oldukça önemlidir. EEG sinyal işleme ve analiz yöntemlerindeki gelişim beyin özelliklerinin keşfedilmesi, anlaşılması ve zihinsel durum değerlendirilmesinin araştırılabilmesi noktasında birçok fırsatı beraberinde getirmiştir. Teknolojinin gelişimi ile birlikte son yıllarda EEG sinyallerini kullanarak yapılan araştırmalar insanların beyinlerini nasıl kullandıkları ile ilgili önemli sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Bu sonuçlar beynin nasıl geliştirilebileceği ile ilgili fikir vermekle birlikte duygu durumlarının tanımlanması açısından da büyük bir öneme sahiptir.

Maraş ve diğ. belirli duygu durumlarının tespiti ve tanımlanması için yaptıkları çalışmada 10-20 elektrot sistemine göre beynin 16 farklı noktasından elde ettikleri EEG sinyallerinden duygu durumuna göre değişen tekil değerleri hesaplamış ve veri madenciliği yöntemlerini kullanarak sınıflandırma yapmışlardır. Çalışmadaki EEG sinyalleri 10 sağlıklı ve 10 hasta bireyden alınmıştır. Çalışmanın ilk hedefi mutlu, mutsuz ve nötr duygu durumlarında beynin hangi kısmının katılımcıları hasta ve sağlıklı olarak sınıflandıracakını araştırmaktır. İkinci hedef ise beş farklı frekans bandında (delta, alfa, teta, beta, gama) hasta ve sağlıklı katılımcılar için duygu durumlarının tespit edilmesi ve sınıflandırılmasıdır. Katılımcılarda

mutlu, mutsuz ve nötr duygu durumunu oluşturmak amacı ile uluslararası geçerliliği olan IAPS veri tabanından 56 farklı resim gösterilmiştir. Ekranda toplamda 6 saniye süreyle kalan resimlere bakan katılımcılardan EEG kayıtları alınmıştır. Kaydedilen EEG sinyalleri alt bantlarına ayırtırmak amacıyla çok-ölçekli dalgacık dönüşümü kullanılmıştır. Elde edilen alt bantların tekil değerlerinin tespiti için tekil dağılım analizi kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi EEG alt bantları, kanalları ve farklı üç duygu durumu arasında yapılmıştır. EEG alt bantları arasında en iyi sınıflandırma sonuçlarına gama ve beta frekans bandında, kanallar arasındaki en iyi sınıflandırma sonuçlarına ise P3, P4, O1, O2, T5 ve T6 kanallarında ulaşılmıştır [6].

Noraini ve diğ. EEG sinyallerinin incelenmesi yolu ile insan duygularını tespit etmek ve tanımlamak için çalışmışlardır. Çalışma kapsamında katılımcıların her biri yaklaşık iki dakika süreyle sahip öfke, üzüntü, mutluluk ve şaşırma duygularını içeren dört farklı video türüne bakmaları esnasında kaydettikleri EEG sinyallerini farklı frekanslardaki alt bantlarına ayırtırarak hangi duygu durumunda hangi alt bantta ne tür bir değişim olduğunu araştırmışlardır. Çalışma sonucuna göre; mutluluk anında alfa dalgasında belirli bir değişiklik olduğu şaşkınlık anında ise hemen hemen tüm alt bantlarda bir reaksiyon oluşmakla birlikte delta ve teta dalgalarındaki değişimin biraz daha fazla olduğu sonucuna ulaşılmıştır [7].

Ahmad ve diğ. duygu durum tespiti için yaptıkları çalışmada 32 katılımcının üzüntü, mutluluk, öfke ve dinlenme temalı toplam 40 videoyu izlemesi esnasında kaydettikleri EEG sinyallerini ayırık dalgacık dönüşümünü kullanarak alt bantlarına ayırtırmışlardır. Her alt banttan dört farklı duygunun sınıflandırılmasını yapmak amacı ile dalgacık enerjisini ve dalgacık entropisini hesaplamışlardır. Sınıflandırma işlemi K- en yakın komşu algoritması kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda önerilen yöntemin doğruluğu %62, özgüllüğü %82 ve duyarlılığı %72 olarak bulunmuştur [8].

Jatupaiboon ve diğ. EEG tabanlı mutluluk algılama sistemi geliştirmek için yaptıkları çalışmada resimler ve klasik müzikle ortaya çıkan mutlu ve mutsuz duygu durumlarını sınıflandırmışlardır. Çalışma kapsamında EEG sinyalleri dalgacık dönüşümü kullanılarak alt bantlarına ayırtırılmış ve her alt banttan sınıflandırılmada kullanılmak üzere güç spektrum yoğunluğu çıkarılmıştır. Sınıflandırıcı olarak destek vektör makineleri tercih edilmiştir. Çalışma sonucunda T7 ve T8 kanallarının diğer kanallara göre daha iyi sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca yüksek frekans bantlarında (beta ve gama), düşük frekans bantlarına kıyasla daha fazla değişiklik olduğu sonucuna ulaşılmıştır [9].

Ameera ve diğ. mutlu ve mutsuzluk zihinsel durumu arasındaki farklılıkları beyin sinyal özelliklerini kullanarak araştırmışlardır. Çalışmada söz konusu zihinsel durumları tespit etmek için sadece alfa ve beta dalgaları incelenmiştir. Alfa ve beta alt bantlarını elde etmek için bant geçiren filtre kullanılmış, her iki alt bandın Welch ve Burg yöntemi ile güç yoğunluk spektrumu hesaplanmıştır. Sınıflandırılmada kullanılmak üzere 7 farklı istatistiksel özellik (ortalama, ortanca değer, varyans, standart sapma, minimum ve maksimum değerler) çıkarılmıştır. Çıkarılan öznitelikler kullanılarak her iki mental durum arasındaki sınıflandırma K-en yakın komşu ve Doğrusal Diskriminant Analiz algoritmaları ile yapılmıştır. Çalışma sonucunda Welch yöntemini kullanarak elde edilen öznitelikler ile yapılan sınıflandırmada alfa dalgaları için %99.3 oranında doğruluk oranına ulaşılmıştır [10].

1.1.TEZİN AMACI VE KATKILARI

Mutluluk insan eylemlerinin nihai hedefi olarak değerlendirilmektedir. İnsanoğlu var olduğu günden beri mutluluk kavramı ile ilgilense de kavramın bilimsel yönü ile irdelenmesi 1980'ler itibari ile olmuştur. Özellikle son yıllarda psikoloji biliminde psikopatoloji odaklı anlayışın yerini pozitif psikolojiye bırakmasıyla birlikte mutluluk kavramına bakış açısı da değişmiştir. Psikopatolojik anlayışta bireyin çeşitli rahatsızlıklara sahip olduğu ve bu hastalıklardan arındırılmaları gerektiği mantığı ile yapılan çalışmalarda nihai hedef bireyin üzüntü, kaygı gibi olumsuz duygularını azaltmak olmuştur. Pozitif psikolojideki ilerleme ile birlikte bireyi psikolojik rahatsızlıklardan nasıl arındırırız sorusu yerine bireyi sağlıklı duruma nasıl getiririz sorusunun cevabı aranmaya başlanmıştır. Bu yaklaşımda nihai hedef bireyin pozitif yönlü gelişimini sağlamaktır. Patolojik odaklı yaklaşımdaki üzüntü, kaygı gibi duygu durumları pozitif psikoloji odaklı yaklaşımda yerini mutluluk ve sevinç gibi duygulara bırakmıştır. Pozitif psikolojideki çalışmaları ile bilinen Sonja Lyubomirsky yaptığı deneysel ve kuramsal çalışmalar neticesinde mutluluğu belirleyen faktörleri 3 gruba ayırmıştır. Bunlar; hayat şartları, genetik faktörler ve belli bir amaç doğrultusunda yapılan bilinçli aktivitelerdir. Hayat şartlarının mutluluk üzerinde %10, genetik özelliklerin % 50, bilinçli aktivitelerin %40 oranında etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu kapsamda mutluluğun anahtarının belli bir amaca yönelik gerçekleştirdiğimiz bilinçli aktivitelerde saklı olduğu ileri sürülmüştür. Bilinçli aktiviteler aynı zamanda mutluluğu artırma stratejileri olarak da bilinmektedir. Mutluluk ile ilgili yapılan araştırmalar neticesinde mutluluğun nasıl artırılabilceği ile ilgili stratejilerin belirlenmesi ile birlikte bu stratejileri uygulama noktasında bireye yardımcı olabilmek adına

iyi oluş terapisi, yaşam kalitesi terapisi, umut terapisi ve mutluluk eğitimi gibi çeşitli terapi ve psikoeğitim programları geliştirilmiştir.

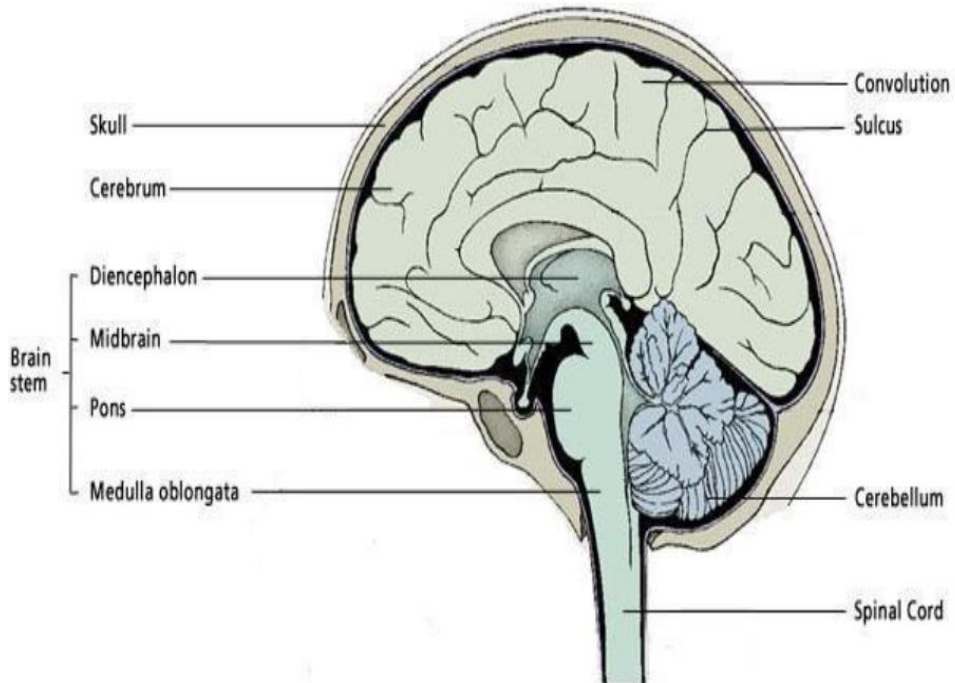
Bu tez alışması EEG sinyal inceleme ve analiz metotlarını kullanarak mutluluk eğitiminin beyin sinyalleri üzerindeki etkisi hakkında fikir oluşturabilmek adına yapılmıştır. Çalışmanın diğer bir amacı ise; mutluluk eğitimine katılan bireylerden eğitim öncesi ve sonrasında kaydedilen EEG işaretlerinden çıkarılan istatistiksel özelliklerin makine öğrenmesi yöntemlerine giriş olarak verilmesiyle EEG sinyallerinin eğitim öncesi ve eğitim sonrası olarak sınıflandırılıp değerlendirilmesidir. Ayrıca alışma kapsamında mutluluk eğitimi etkisini araştırmak için EEG sinyalleri ile çalışılırken; EEG kanal seçiminin, sinyali alt bantlarına ayırarak elde edilen özniteliklerin ve kullanılan sınıflandırıcıların sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen verilerin gelecekte yapılabilecek benzer çalışmalar için yol gösterici olması amaçlanmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1.BEYİN YAPISI VE İŞLEVİ

İnsan vücudunun işleyişini denetleyen, duyum ve bilinç merkezi olan beyin merkezi sinir sisteminin en önemli organıdır [11,12]. Duyular, hareket, duygular, dil, iletişim, düşünme ve hafıza üzerinde etkili olan beyin vücudun %2' sini oluşturur ve kafatası ile çevrilidir. Kalp akımının %15' ini ve vücuttaki toplam oksijenin %20' sini kullanır. Birçok bileşene bölünmüş organize bir yapı olan beyin beş duyu organı ile çevreden gelen birçok iletiyi alıp değerlendirerek çevremizde meydana gelen olaylara ve durumlara anlam vermemizi sağlar [13].

Beyin anatomik olarak incelendiğinde 3 ana bölüme ayrılabilir. Bu yapılar Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi serebrum, serebellum(beyincik) ve beyin sapıdır.



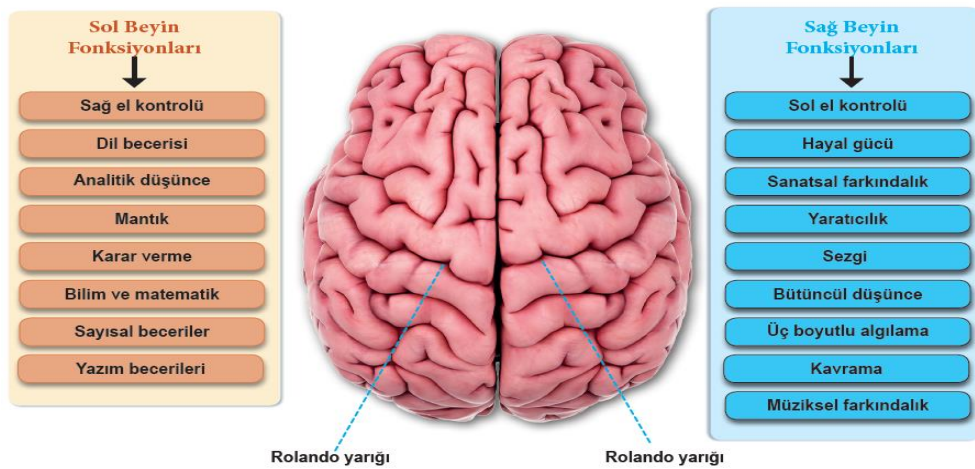
Şekil 2.1: Serebrum, serebellum ve beyin sapı [14].

2.1.1. Serebrum

Beynin en büyük ve en önemli parçasıdır. Duygular, düşünceler, kompleks hareketlerin organizasyonu, duyuşsal bilgilerin algılanması, öğrenilen tecrübelerin hafızada saklanması gibi beyin işlevleri ile ilgilidir. En önemli fonksiyonu ise entegrasyondur. Yapısını oluşturan milyarlarca sinir hücresi aracılığıyla beyine iletilen bilgi işlenip anlamlandırılır. Serebrum sol ve sağ yarım küreler olmak üzere ikiye ayrılarak incelenebilir [15]. İki yarım küre arasında korpus kallozum adı verilen nöron bağlantısı bulunur. Korpus kallozumun en önemli fonksiyonlarından biri bir yarım kürede mevcut olan bilgiyi karşı yarım küredeki ilgili bölgelerin de kullanımına sunmaktır. Korpus kallozumun altında ise birçok motor işlevi yerine getiren bazal ganglionlar bulunur. Hasarı durumunda Parkinson gibi hastalıklar meydana gelir [16].

Sol yarım küre vücudun sağ tarafının kontrolünden sorumludur. Analitik düşünmede, dil, bilim ve matematik becerilerinde, sağ el kontrolünde önemli rol oynar. Sol beyin ayrıntılı bilgilere eğilimli olduğu için analiz etme ve yeniden oluşturma süreçlerinde etkilidir. Bu sebeple bilginin çok hızlı bir şekilde işlenmesi için en ideal yarım küre olduğu düşünülmektedir.

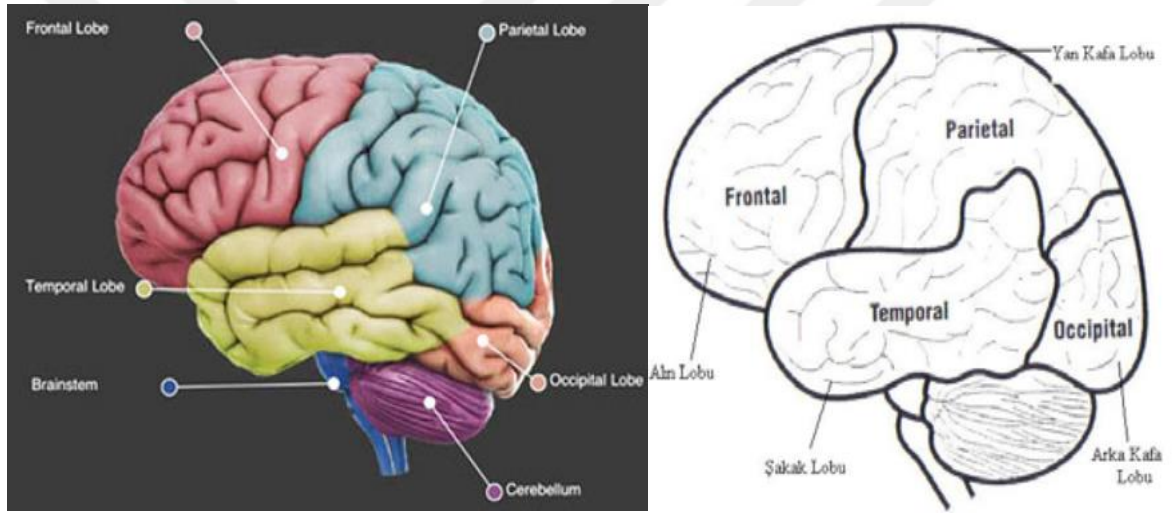
Sağ yarım küre vücudun sol tarafının kontrolünden sorumludur. Yaratıcılık, sezgi, hayal gücü, sanatsal faaliyetler, bütünsel düşünce gibi kavramlar ve süreçler üzerinde önemli rol almaktadır [17,18]. Şekil 2.2' de sol yarım küre ve sağ yarım küre fonksiyonları gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Sol ve sağ yarım küre işlevleri [19].

Serebrumun en dış tabakasına serebral korteks denir ve kıvrımlı bir yüzeye sahiptir. Serebrumu örten girintili çıkıntılı bir yapı olan serebral korteks 2 ile 5 milimetre arasında değişen bir kalınlığa sahiptir ve toplamda çeyrek metre karelik bir alanı kaplar. Yaklaşık 100 milyar nöron içermektedir. Sinir sistemini meydana getiren yapılar içinde en büyük bölüm olmasına rağmen fonksiyonlarına yönelik daha az bilgi sahibi olunan kısımdır [16].

Serebral korteks her birisi farklı görevler üstlenirler de birbirleri ile iletişim halinde olduğu ve koordineli olarak çalıştığı bilinen lob adı verilen işlevsel bölümlere ayrılarak da incelenebilir. Çeşitli vücut fonksiyonlarından sorumlu olan bu loblar 4 tane olup frontal, pariyetal, oksipital, ve temporal lob olarak isimlendirilmektedir [15].



Şekil 2.3: Beyin lobları [20,21,22].

Frontal (ön) lob; beyinde en fazla alana sahip lobdur. Anatomik olarak motor, premotor, ve prefrontal korteks kısımlarına ayrılır. İstemli kas hareketleri, problem çözme, karar verme, davranış kontrolü, planlama, konsatrasyon, davranış kontrolü ve konuşma gibi birçok süreçte rol oynar. Frontal lobun aracılık ettiği yürütücü işlevler arasında hafıza ve duygusal kontrol de yer alır [23].

Pariyetal (yan) lob; sağ ve sol olmak üzere iki bölümden oluşur ve serebral korteksin orta kısmında yer alır. En önemli görevi beş duyu organı ile algılanan somatosenroryel sinyallerin entegrasyonu ve değerlendirilmesidir. Bir duyum merkezi olarak görev yapan pariyetal lob beynin diğer bölümleri ile uyumlu çalışıp duysal girdilerden gelen birçok bilgi ile çevresel etkilere karşı karar vermemizi sağlar. Ayrıca algılanan nesnenin yönünü ve yerini belirlemizi

sağlayan, yazma ve aritmetik yeteneklerimizi barındıran, boyut, şekil ve renkleri ayırt etmemizi sağlayan beyin bölgesidir [24].

Oksipital (arka) lob; sağ ve sol olmak üzere iki bölümden oluşur ve serebral korteksin en arka kısmında yer alır. Görme merkezi olarak bilinir. Bu lob görsel korteks ve görsel ilişki alanını barındırır. Bu alanlar görsel bilginin işlenmesi ve nesnelerin şeklinin, renginin, açısının yorumlanabilmesi için hem birbirileri ile hem de beynin diğer bölgeleri ile koordineli çalışır [24].

Temporal (şakak) lobu sağ ve sol yarım kürenin kulak çevresi ve üst bölümde bulunur. Dil, işitme becerileri, anılar ve duyguların denetimi üzerinde önemli rol oynar. Sağ taraftaki kısmı görsel hafıza ile işbirliği yaparak insanların yüzleri tanımasına yardımcı olurken soldaki kısmı ise sözel hafızaya dahil olup dili anımsamada etkilidir [12].

2.1.2. Serebellum

Beynin en büyük ikinci yapısı olan serebellum (beyincik) başın alt kısmında, oksipital lobun altında bulunur. Beyin ve omurilikten duysal bilgiyi alır ve istemli kas hareketlerinin hassasiyetini ve doğruluğunu ayarlar. Örneğin; spor yaparken koordinasyonun sağlanması beyincik kontrolündedir. Kasların tonunu, kol ve bacakların konumunu kontrol ederek kişinin duruşunu ve denge hissini korumasında etkili olur. Ayrıca bisiklete binmeyi öğrenmek ve bunu tekrar hatırlamak gibi motor anıların kontrolünden sorumludur [12,14].

2.1.3. Beyin Sapı

Beynin alt uzantısı olup serebrum ile serebellumu omuriliğe bağlayan bir köprü işlevi görür. Orta beyin, pons ve omurilik soğanı olmak üzere üç yapıdan oluşur. Duyusal sinirler vasıtası ile vücuttan gelen bilgiyi toplayıp motor sinirler vasıtası ile ilgili yerlere gönderilmesi sürecinden sorumludur. Nefes alma, dolaşım, sindirim ve yutkunmanın sürdürülmesi beyin sapının görevidir. Hayati fonksiyonlar için önemli bir merkez olan beyin sapı kan basıncı ve kalp ritminin düzenlenmesinde de etkilidir. Beyin sapının önemli ölçüde zarar görmesi beyin ölümüne neden olur [12,14].

2.1.4. Beynin Hücresel Yapısı ve Elektriksel Sinyal Oluşumu

Beyin nöronlar ve glial hücreler olmak üzere iki tip hücreden meydana gelmektedir. Astrosit, oligodendrosit ve mikrogial hücre gibi çeşitli tipleri bulunan glial hücrelerin en önemli görevi

homeostazı korumaktır. Nöronların iyonik ortamını korumak, sinir gelişimini sağlamak, sinyal iletişimini kolaylaştırmak gibi önemli rolleri üstlenirler [12,13].

Sinir sisteminin temel yapıtaşı olan nöronlar ise farklı morfolojilere sahip olmalarına rağmen hepsinde bulunan üç ortak bölge vardır. Bunlar Şekil 2.4.' de görüldüğü gibi hücre gövdesi (soma), akson ve dendrittir [12,13,15].



Şekil 2.4: Bir nöronun yapısı [25].

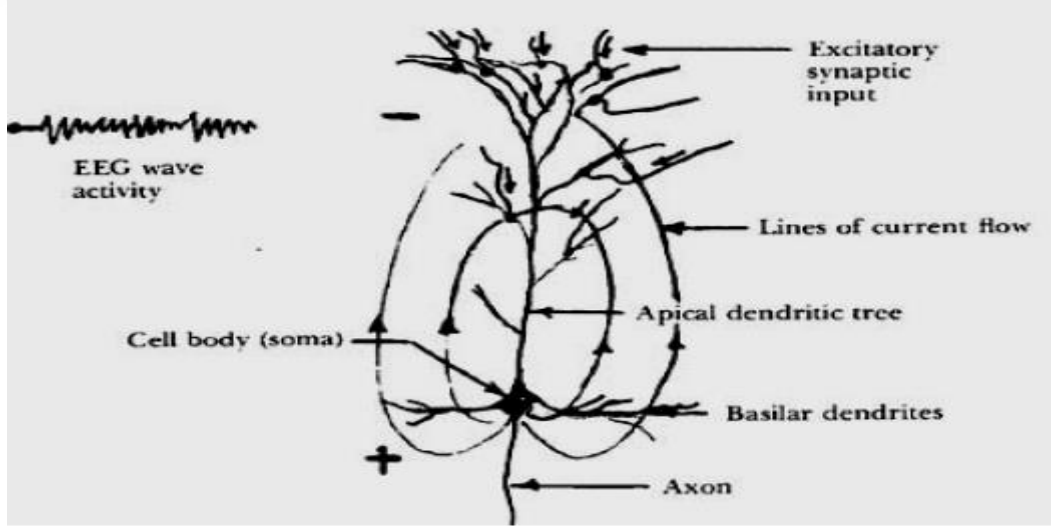
Hücre gövdesi, proteinlerin ve zarların sentezlendiği bir çekirdeğe sahiptir. Hücre çekirdeği, hücrenin kalbi olarak nitelendirilir. Gerekli talimatları sağlayan kısımdır.

Akson hücre gövdesinden gelen uyarıyı diğer nöronlara ya da tepki organlarına iletilmesini sağlar. Periferik sinir sistemindeki aksonlar bir metreden daha uzun olabilir. Aksonlar sahip olduğu terminal uçlar sayesinde hücre gövdesinin diğer bir nöronun dendritine bağlanmasını sağlar. Terminal uçlar impuls iletiminde görevlidir.

Dendritler hücrenin bir ya da her iki ucunda bulunan kısa bölümdür. Dendritler akson uçları ile bağlantı yaparlar. Oluşan bu aksodendrit bağlantısı ile hücre gövdesindeki impuls akson boyunca ilerler ve diğer bir nöronun dendritine ulaşır [14,15].

Nöronların birbirleri ile iletişim kurabilmesi için aksiyon potansiyelinin oluşması gerekir. Aksiyon potansiyeli temelde iyon değişimine dayanan, aksonun iyonik yapısını hızla değiştirerek elektrik sinyalinin dendrite hızlı bir şekilde geçmesine izin veren fizyolojik bir olaydır. Sinir hücresi dinlenim evresinde yani bir uyarımın olmadığı zamanlarda -70 ile -90 milivoltluk bir potansiyele sahiptir. Dinlenim evresinde hücre polarize durumdadır.

Dendritlerin uyarı alması ile pozitif yüklü sodyum iyonlarının hücre içine akışına bağlı olarak iç potansiyel -60 milivolt seviyesine ulaşır ise eşik değeri aşılmış olur. Böylece aksiyon potansiyelinin oluşabilmesi için işlem devam eder. Ancak eşik değeri aşılmaz ise “ya hep ya hiç” yasası gereği hücre dinlenme durumuna geri döner. Eşik değeri aşıldığında pozitif yüklü sodyum iyonlarının hücre içine geçişi artarak iç potansiyel yükselir. Hücre içi potansiyel 20 milivolt olunca hücrenin dinlenme durumuna dönebilmesi için potasyum kanalları açılır. Pozitif yüklü potasyum iyonlarının hücre dışına akışı ile hücre dinlenme durumuna geri dönmüş olur. Yeni bir uyarı gelinceye kadar istirahat durumunda kalır [30]. Şekil 2.5’te bir nöronun net bir uyarıcı girdi ile aktive olması sonucu elektriksel akımın oluşumu ve bunun yüzey EEG’ sine katkısı gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Nöronda net uyarımın olduğu anda elektriksel sinyalin oluşumu ve bunun EEG üzerindeki yansıması [26,27].

2.2. ELEKTROENSEFALOGRAFİ

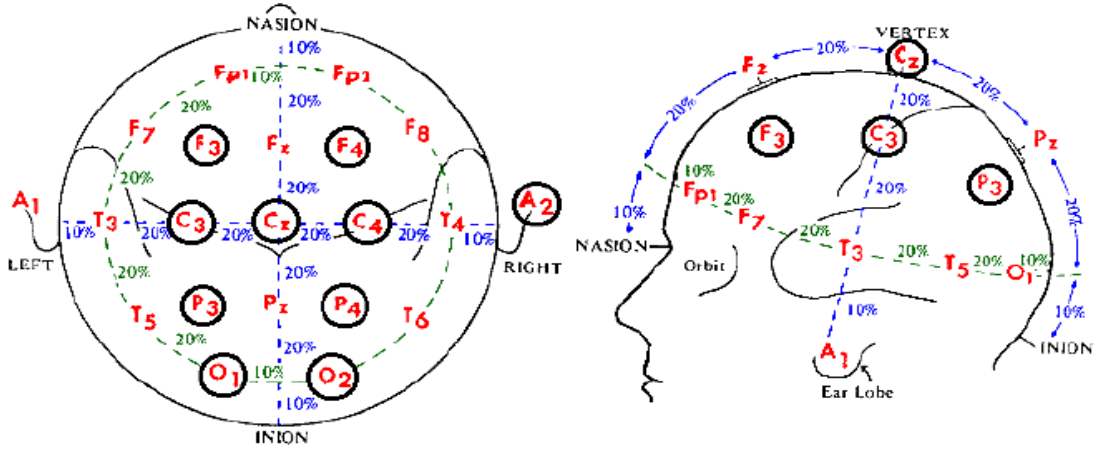
Elektroensefalografi (EEG), beyinde bulunan nöronların faaliyetleri sonucunda üretilen elektriksel akımın kayıtlanması işlemi olup, uluslararası kabul edilen haritalandırma işlemine uyarak dijital ortamda ya da kağıt üzerine yazdırılması ile yapılır [28].

EEG'nin tarihsel gelişimi ilk kez Richard Caton'un tavşanlar ve maymunlar üzerinde yaptığı deneyler ile başlamıştır. Caton yansıtıcı galvanometre kullanarak yaptığı deneylerde hayvanların gözüne ışık uyarını uygulamış ve beyin sinyallerinde negatif yönde bir sapma olduğunu göstermiştir [29]. Psikiyatr ve nörolog olan Hans Berger, I. Dünya Savaşında

kafatasında hasar olan insanların beynine yerleştirdiği elektrotlar ile elektroserebrogram kaydını gerçekleştirerek insan beynindeki elektriksel faaliyeti ilk kaydeden kişi olmuştur. Yine saçlı deriye yerleştirdiği elektrotlar ile ilk EEG kaydını Berger yapıp kendi anıyla anılan alfa ritminin (Berger ritmi) gözü açılıp kapanmasıyla değiştiğini göstermiştir [30].

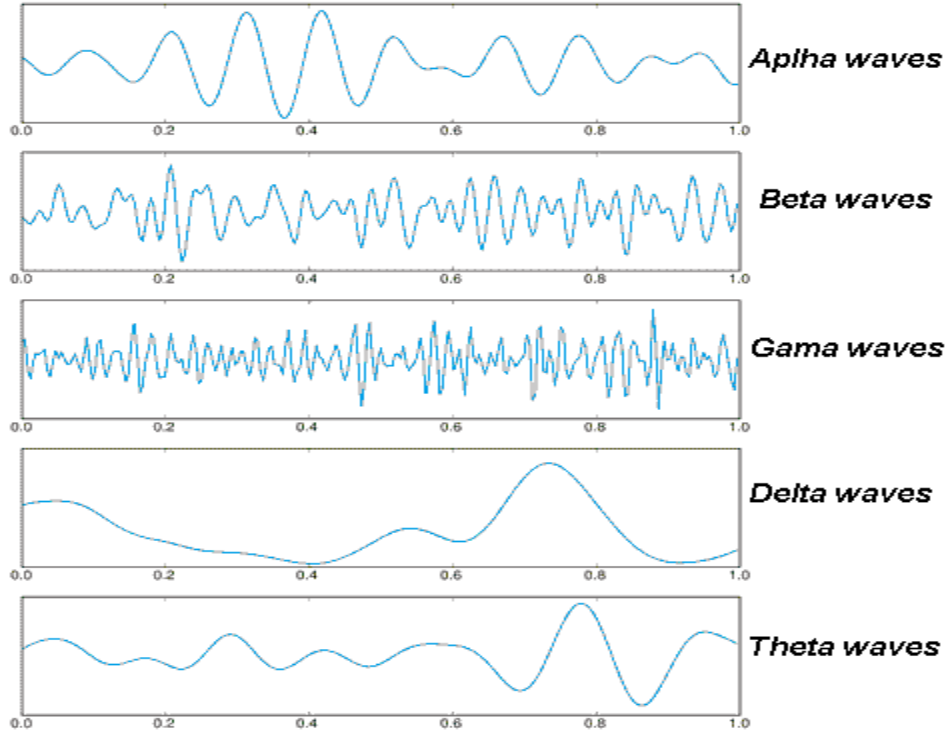
EEG, nöroloji ve klinik nörofizyolojide, epilepsi, koma, uyku apnesi gibi hastalıkların tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır. Son zamanlarda beyin bilgisayar ara yüzü uygulamaları EEG'nin sıklıkla kullanıldığı diğer bir alan olmuştur.

EEG sinyalin kafadan alınış şekline göre intrakraniyal (kafaiçi) ve noninvazif yöntem olmak üzere ikiye ayrılır. İntrakraniyal EEG yönteminde sinyaller ameliyat esnasında beyne implante edilen özel elektrotlar yardımıyla alınır. Daha çok tercih edilen noninvazif EEG ölçümü iletken bir jel sürülen elektrotların kafa derisine tutturularak yüzeydeki elektriksel aktivitenin kaydedilmesi ile yapılmaktadır. Elektrotların beyin yüzeyindeki yerleştirileceği noktalar uluslararası 10-20 sistemine göre belirlenir [31].



Şekil 2.6: Uluslararası 10-20 elektrot yerleşim düzeni [32].

EEG sinyalleri durağan ve periyodik olmayan sinyallerdir. Frekansları genelde 0 ile 100 Hz arasında değişiklik gösterir [33]. Kafatası yüzeyindeki genlikleri ise 0 ile 200 mikrovolt arasında değişiklik gösterir. Sinyallerin karakteri ilgili alanlarındaki etkinlik düzeyine bağlıdır ve uyku, uyanıklık ve koma durumlarında önemli ölçüde farklılıklar gösterir. Kapsadığı frekans aralığına göre 5 farklı dalga formunda incelenebilir. Bu dalgalar şekil 2.6' da görüldüğü gibi delta, teta, alfa, beta ve gama dalgalarıdır [16,33].



Şekil 2.7: EEG dalga çeşitleri [30].

Delta dalgaları genellikle 4 Hz altındaki frekans aralığını kapsar. Voltajları genellikle diğer beyin dalgalarının birçoğunun 2 ya da 4 katıdır. Çok derin uykuda, ve ciddi organik beyin hastalıklarında görülmektedir.

Teta dalgalarının frekans aralığı 4 – 7 Hz’dir. Genelde çocukların parietal ve temporal bölgelerinde gözlemlenir. Erişkinler de ise düş kırıklığı gibi duygusal stres koşullarında ve gerginlik, sevinç gibi çeşitli duygu durumlarında da görülür.

Alfa dalgaları genellikle 8 ile 13 Hz aralığındaki ritmik dalgalarlardır. Erişkinlerde uyanık ve sakin dinlenme beyin aktivitesi sırasında ortaya çıkar. Alfa dalgaları oksipital bölgede daha güçlü ölçülmekle birlikte parietal ve frontal bölgede de görülürler. Alfa beyin için dinlenme durumudur.

Beta dalgaları 14 ile 30 Hz arasında değişen frekans aralığına sahiptir. Daha çok beyin frontal ve parietal bölgelerinin özgün aktivasyonu sırasında görülür. Beyin zihinsel aktiviteler ile aktif olarak meşgul olduğunda üretilir. Günlük yaşantının büyük bir kısmına eşlik ederler. Yüksek dikkat gerektiren durumlarda, yeni bir fikir üretirken veya karar verirken alt seviye

beta dalgaları; korku, panik, gerilim ve endişe anında ise gama dalgalarına yakın üst seviye beta dalgaları görülür.

Gama dalgaları; 30 Hz ve daha üstünü kapsar. Hızlı beta dalgaları ya da beta II dalgaları olarak da bilinir [16,33].

2.3.MUTLULUK

2.3.2. Felsefi ve Psikolojik Temelleri ile Mutluluk

İnsanoğlu var olduğu günden beri gereksinim duyduğu en temel ve en önemli kavramlardan biri olan mutluluğu anlayabilmek ve onu tanımlayabilmek için büyük bir uğraş vermiştir. Uzun bir tarihi geçmişe sahip olan mutluluk terimi ilk çağlardan itibaren batı düşüncesinde yer almıştır. Mutluluğun tanımı ilk olarak felsefe alanında yapılmıştır. Tatarkiewicz’ e göre antik Yunanlılar “mutluluk” ile ilgili daha sonra bilimsel olarak da yaygın bir şekilde kullanılacak 4 farklı kavram üzerinde durmuşlardır. Bu kavramlardan ikisi ön plana çıkmaktadır. İlki felsefe öncesi bir terim olan “iyi şans” ve sıklıkla kullanılacak diğer bir ifade ise “yaşamdan memnuniyet”tir [34]. Felsefe alanında mutluluk olgusunun analizi; Aristoteles, Epikürizm ve Augustine’nin perspektifinden hareketle özetlenmiştir [35]. Antik yunan düşünürlerinden Aristoteles mutluluğu; insan yaşamının nihai hedefi olarak görür ve ona göre tüm insanlar mutluluğu arar [36]. Bireyin mutlu olmasını sağlayan asıl şey erdemli bir hayat için çabalamaktır. Ona göre mutluluk insan davranışlarını yönlendiren en önemli olgulardan biridir ve bireyler mutlu olmayı mutluluğun kendisi için istemelidir [35,36]. Aristoteles’in ölümünden sonra ortaya çıkan Epikürcü bakış açısında amaç kişinin mutlu olmasını sağlayacak etkenlerin belirlenmesidir. Bu düşüncede mutluluk yaşamdan haz alma olarak tanımlanmıştır ve bunun için de birey yaşamdan haz almasını sağlayacak erdemlerin ve davranışların peşinden koşmalıdır. Augustine mutluluğu ilahi bir hediye olarak tanımlamıştır. İnsanların ancak iyilik yaparak ve erdemli bir hayat sürerek bu hediyeye ulaşabileceğini düşünmektedir [35]. Schopenhauer ise mutluluğa bir duygu olarak bakmış ve mutluluğu “mutsuz olmama hali” olarak tanımlamıştır [37].

Mutluluk tarihsel süreç içerisinde düşünürler tarafından insan yaşamının ve davranışlarının amacı, yaşamdan memnuniyet ve olumlu duyguların bütünü olarak değerlendirilse de psikologlar ve sosyal bilimciler mutluluk olgusu üzerine yoğunlaşmamışlardır. Birçok

davranış bilimci bireylerin çoğunlukla mutsuz olduğunu düşünmüş ve mutluluğun olumsuz duyguların ortadan kalkması durumunda kendiliğinden meydana gelen bir duygu olduğunu öne sürmüşlerdir. 1970’li yıllara gelindiğinde “ mutluluk mutsuzluğun tersidir, acının yokluğu hazdır” yaklaşımı ciddi anlamda sorgulanmaya ve tenkit edilmeye başlanmıştır [38]. Bu doğrultuda aynı yıllarda psikolog ve sosyologlar mutluluk kavramı üzerine deneysel ve kuramsal faaliyetlerini yoğunlaştırmıştır. 1973 yılında Psychological Abstracts International mutluluk ya da konuşma dilinde eşdeğer anlamı ile öznel iyi olmaya bir bölüm ayırmıştır. Günümüzde ise mutluluk ile ilgili çalışma ve araştırmalar Journal of Happiness Studies (2000), International Journal of Wellbeing (2011), Psychology of Well-Being: Theory, Research and Practice (2011) gibi önemli dergilerde teorik ve uygulamalı olarak devam etmektedir [39].

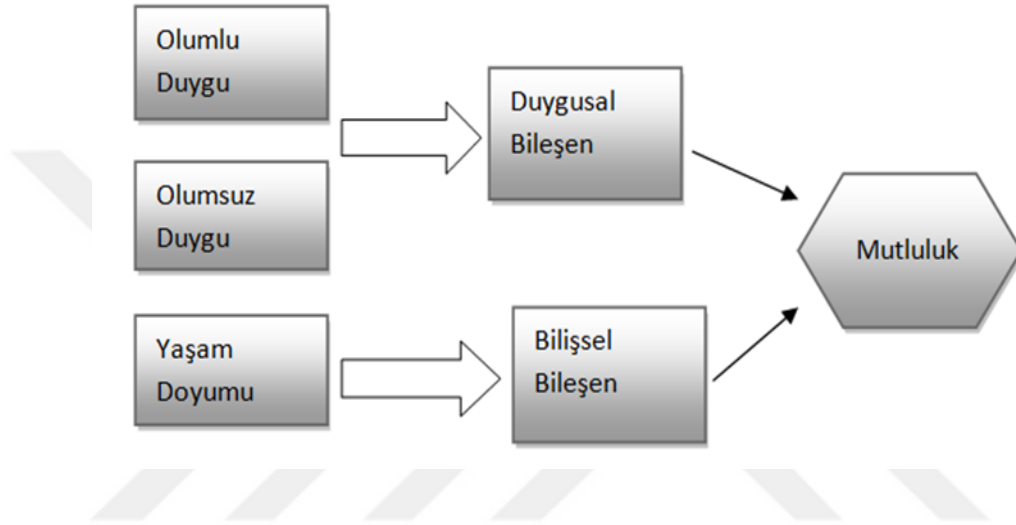
Mutluluk ya da öznel iyi olma ile ilgili ilk doktora tezi Warner Wilson’a aittir. Wilson ayrıca “Correlates of Avowed Happiness” adlı çalışmasında ilk defa mutlu bir bireyin genel profilini oluşturmuş ve bu alanda yapılacak araştırmalar için önemli tespitlerde bulunmuştur. Wilson (1967)’a göre mutlu kişi “genç, sağlıklı, iyi eğitilmiş, iyi ücret alan, dışa dönük, iyimser, kaygısız, dindar, erdemi yüksek, makul isteklere sahip kişidir” [40] Mutluluk kavramının gelişmesine öncülük eden “Dr.Mutluluk” takma adı ile bilinen Ed Diener da yayımladığı birçok çalışma ile literatüre önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Mutluluk kişilerin yaşam kalitesini belirlemek ile birlikte huzurlu bir toplumun var olması için de önemli olan çok boyutlu bir kavramdır. Bu sebeple bireylerin mutluluk düzeyinin belirlenmesi için geliştirilen mutluluk ölçeklerinin yanında toplumların da mutluluk düzeylerinin ölçülmesi için World Database of Happiness (WDH) gibi oluşumlar kurulmuştur [39].

2.3.3. Mutluluğun Bileşenleri

Mutluluk olgusu insan eylemlerinin nihai hedefi olarak ifade edilmektedir. Diener’ e göre mutluluk olumlu duyguları olumsuz duygulardan daha sık yaşamak ve yaşam memnuniyetidir. Önde gelen mutluluk araştırmacılarından Sonja Lyubomirsky göre mutluluk yaşamın iyi, anlamlı ve değerli olduğu duygusu ile bir arada değerlendirilmesi ile yaşanan sevinç, memnuniyet, iyi oluş ve esenlik hali olarak nitelendirmiştir. Birey hayata derin bir anlam ve amaç duygusu ile yaklaşırsa; mutluluk duygusu ile birlikte gelen geçici pozitif duygular süreklilik kazanır ve kalıcı bir hale gelir. Mutluluk kavramı ile ilgili yapılan bu tanımlamalardan hareketle mutluluğun üç farklı boyutu olduğu görülür. Bunlar; olumlu

duygular, olumsuz duygular ve yaşam doyumdur. Olumlu ve olumsuz duygular bir bütün olarak mutluluğun duygusal - duyuşsal bileşenini, yaşam doyumu ise bilişsel bileşenini oluşturmaktadır [40,41]. Şekil 2.8’de mutluluğu oluşturan temel bileşenler gösterilmiştir.

Mutluluğun duygusal boyutuna ait olan olumlu duygulara sevinç, sevgi, memnuniyet, gurur, umut, güven; olumsuz duygulara ise nefret, üzüntü, korku, öfke gibi duygular örnek gösterilebilir.



Şekil 2.8: Mutluluğun bileşenleri.

Mutluluğun üçüncü boyutu olan yaşam doyumu bireyin aile, kariyer, sosyal yaşamıyla ilgili bilişsel yargılardan oluşur. Neugarten’ in ifadesi ile yaşam doyumu bireyin yaşamına dair arzu ettiği şeyler ile yaşamında karşılaştığı olay ve durumların karşılaştırılmasıyla ortaya çıkar. Shin ve Johnson yaşam doyumunu bireyin kendisinin belirlediği kriterler temelinde hayat koşullarına dair genel bir yargı oluşturmaktadır [39].

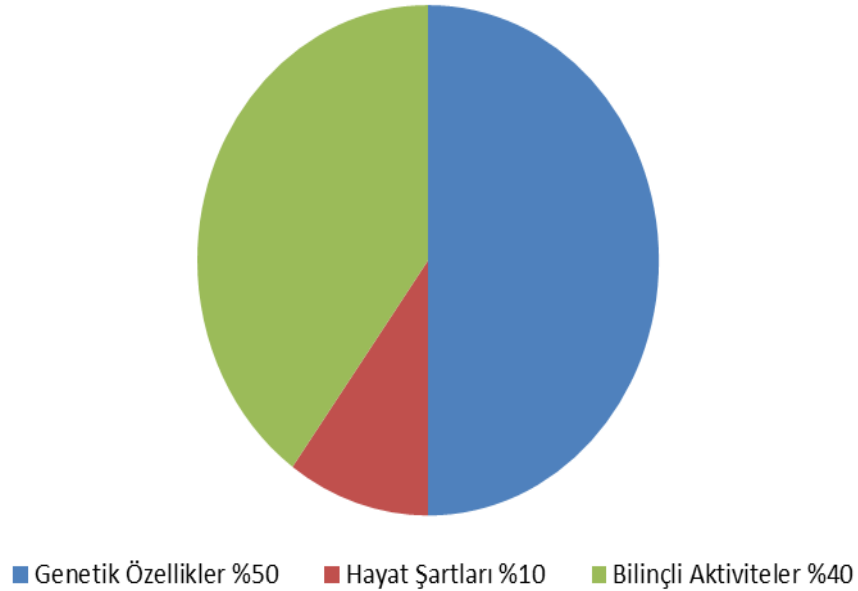
Sonuç olarak; mutluluk birbirleri ile bağlantılı fakat kendi içinde değerlendirilmesi gereken farklı üç bileşen ile açıklanmaktadır. Mutlu bireylerin güven, neşe, sevgi gibi pozitif duyguları negatif duygulara göre daha sık yaşamaları ile birlikte yaşamdan daha memnun oldukları, fiziksel ve zihinsel açıdan daha sağlıklı, aile içi ve toplumsal ilişkiler anlamında daha başarılı, dışa dönük ve genel olarak daha uzun bir yaşam süresine sahip oldukları anlaşılmaktadır [42,43].

2.3.4. Mutluluğu Belirleyen Faktörler ve Mutluluğu Artırma Stratejileri

İnsanoğlu varoluşundan beri mutluluk kavramı ile ilgilenmiştir. Ancak kavram 1980’ler itibariyle bilimsel yönüyle irdelenmeye başlanmıştır [44]. Özellikle son yıllarda psikoloji biliminde psikopatolojik odaklı anlayış yerini pozitif psikolojiye bırakmıştır [45]. Patolojik odaklı yaklaşımda

psikologlar depresyon, üzüntü, umutsuzluk, travma gibi konular üzerine yoğunlaşmıştır. Patolojik odaklı psikoloji çalışmaları “ Bireylerin çeşitli rahatsızlıklara sahip olduğu ve bu rahatsızlıklardan arındırılmaları gerektiği” mantığı ile yapılmıştır. Psikologların nihai hedefi kişinin üzüntü, depresyon, kaygı gibi olumsuz duygu ve durumlarını azaltarak psikolojik rahatsızlıkları iyileştirmek olmuştur. Pozitif psikolojinin gelişimi ile birlikte bireyi psikolojik rahatsızlıklarından nasıl arındırırız sorusu yerini bireyi daha sağlıklı bir duruma nasıl getiririz sorusuna bırakmıştır. Pozitif psikoloji yaklaşımında amaç bireyi güçlendirerek ve kapasitesini artırarak pozitif yönlü ilerlemesini sağlamaktır. Patolojik odaklı yaklaşımda psikologların ilgilendiği depresyon, üzüntü, travma gibi konular pozitif psikoloji yaklaşımında yerini sevgi, cesaret, mutluluk gibi konulara bırakır. Bu bağlamda pozitif psikolojinin gelişimi ile birlikte mutlulukla ilgili yapılan bilimsel çalışmalar önemli ölçüde artmıştır. Bu kapsamda mutluluğun bileşenlerinin ne olduğu sorusu kadar mutluluğu belirleyen faktörlerin neler olduğu ve mutluluğu artırmanın mümkün olup olmadığı soruları da önem kazanmıştır [35].

Önde gelen mutluluk araştırmacılarından Sonja Lyubomirsky mutluluğu artırmaya yönelik yaptığı bilimsel çalışmalar kapsamında mutluluğu belirleyen faktörleri 3 farklı gruba ayırmıştır. Bunlar; “hayat şartları / demografik değişkenler”, “genetik faktörler / kişilik özellikleri”, “bilinçli aktiviteler / amaç yönelimli etkinlikler” olarak ifade edilmiştir [35,46].



Şekil 2.9: Mutluluğu belirleyen faktörler.

Demografik faktörler / hayat şartları yaş, cinsiyet, gelir, yaşanılan yer gibi değişkenlerden oluşur. Hayat şartları bireyin mutluluk seviyesi üzerinde yalnızca %10'luk bir fark oluşturur. Genetik özellikler bireyin mutluluk düzeyi üzerinde % 50 oranında bir etki oluşturur. Genetik özellikler bireyi

diğer bireylerden farklı kılan özelliklerdir. Bedensel sağlık üzerinde etkili olan genler gibi mutlu olmamızı sağlayan özellikler de genetik olarak aktarılır. Özellikle dışa dönüklük, duygusal açıdan dengesizlik gibi genetik olarak aktarılan kişilik özellikleri ile mutluluk arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Bilinçli aktiviteler mutluluk seviyesi üzerinde %40 oranında bir etkiye sahiptir. Mutluluğu artırmaya yönelik yapılan çalışmalar kapsamında bilinçli aktiviteler ya da amaç yönelimli etkinlikler olarak ifade edilen faktörün diğer iki faktöre göre daha çok öneme sahip olduğu bilinmektedir. Yani mutluluğun anahtarı genetik özelliklerde ya da hayat şartlarında değil belli bir amaca yönelik gerçekleştirdiğimiz bilinçli aktivitelerde saklıdır [35,46].

Bilinçli aktiviteler literatürde aynı zamanda mutluluğu artırma stratejileri olarak da bilinmektedir. Mutluluğu artırma stratejilerini belirleyebilmek adına pek çok bilimsel çalışma yapılmıştır. Bu alandaki ilk çalışma Fordyce' ye aittir. Fordyce mutluluğu artırma yollarını belirleyebilmek için yaptığı araştırmalar neticesinde 14 farklı strateji açıklamıştır. Bu stratejiler içinde en etkili olanları ise; olumlu ve iyimser düşünme, yeni aktivitelerle uğraşma ve aktif bir yaşam, sosyal faaliyetler, dışa dönük birey olma ve olumsuz düşünceleri azaltmaktır [35,47].

Mutluluğu artırma stratejilerine yönelik ikinci olarak Buss' ın (2000) kuramsal çalışmaları olmuştur. Yaptığı araştırmalar neticesinde ifade ettiği stratejiler; öznel stresi azaltmak, sosyal ilişkileri geliştirmek, isteklerin doyumunun sağlanmasıdır [35].

Tkach ve Lyubomirsky' nin (2006) mutluluğu artırmaya yönelik deneysel ve kuramsal çalışmaları büyük öneme sahiptir. Araştırmaları neticesinde sosyal ilişkileri geliştirme, dini etkinlikler yapma, belirli hedefler belirleyip bu doğrultuda eylemlerde bulunma ve mental kontrol yapmanın mutluluğu artırma ile ilgili önemli olduğunu belirlemişlerdir. Lyubomirsky araştırmalarında doğrudan mutlu olmaya yönelik eylemlerde bulunmanın mutluluğu artırdığını ifade etmiştir. İyimser olmak, minnettarlığı ifade etmek, iyilik yapmak, affedici olmak, olumlu düşünmek doğrudan mutluluk üzerinde etkili davranışlardır [35,46].

Mutluluk ile ilgili yapılan deneysel ve kuramsal araştırmalar neticesinde mutluluğun nasıl artırılacağı ile ilgili çeşitli stratejiler belirlemek ile birlikte bu stratejileri uygulama konusunda bireylere yardımcı olmak adına bireyin mutluluk düzeyi üzerinde önemli etkiye sahip çeşitli terapi ve psikoeğitim programları geliştirilmiştir. Bu eğitimlerden bazıları şunlardır:

İyi oluş eğitimi

Yaşam kalitesi terapisi

Umut terapisi

Mutluluk eğitimi

Olumlu düşünce eğitimi



3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada mutluluk eğitiminin EEG sinyalleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan EEG verileri;

- 8 hafta süre ile mutluluk eğitimi alan katılımcılardan (eğitim/deney grubu) eğitim süresinin başında ve sonunda;
- 8 hafta süre içinde eğitim almayan kişilerden (referans/kontrol grubu) eğitim süresinin başında ve sonunda kaydedilmiştir.

Her iki grup için eğitim süresinin öncesinde ve sonrasında kaydedilen EEG sinyallerinin ön işleme sürecinden geçirilmesinden sonra sırası ile aşağıdaki işlemler yapılmıştır:

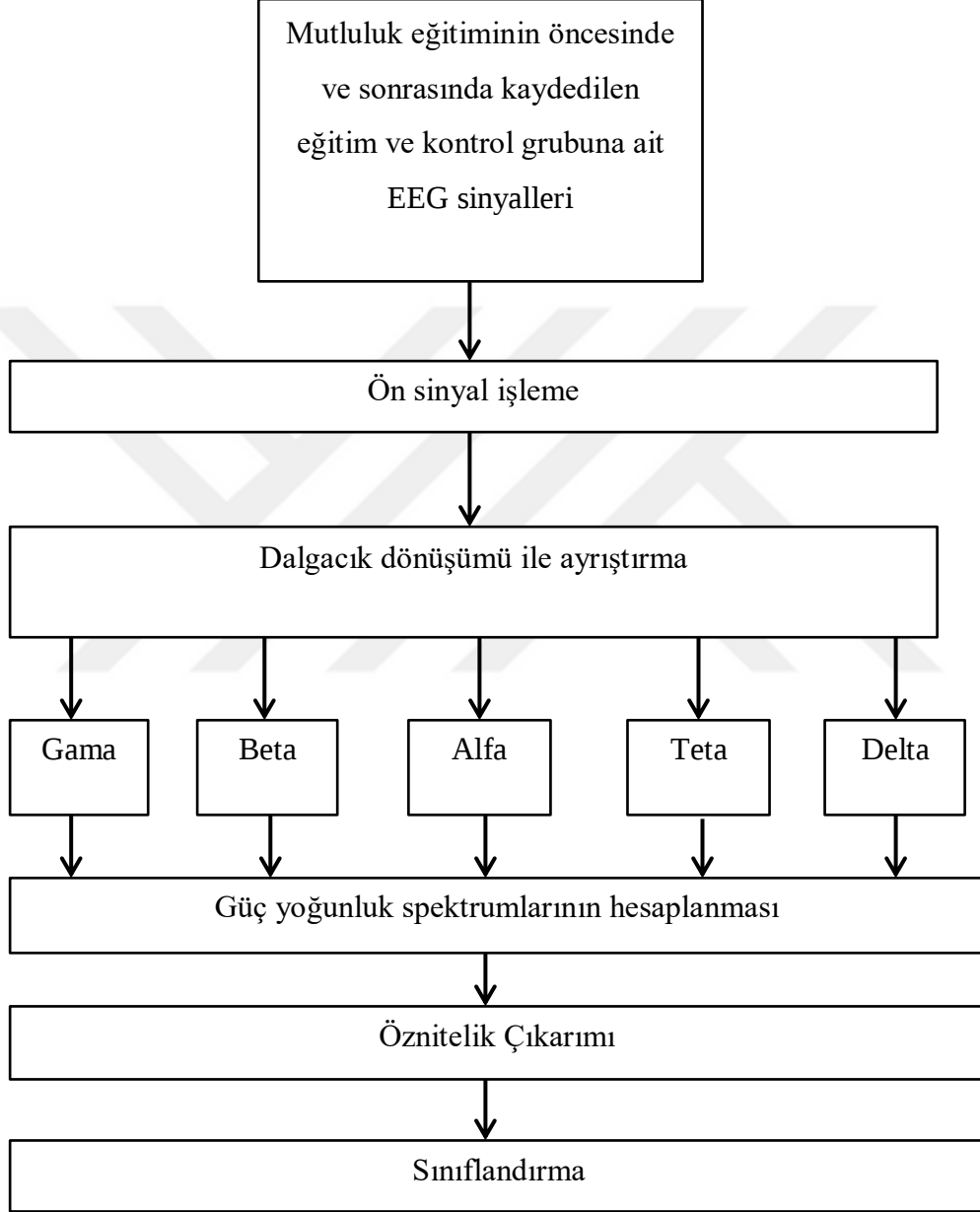
1. Her bir sinyalin ayrık dalgacık dönüşümü yardımı ile yaklaşım ve detay katsayıları elde edilmiş ve bu katsayılar kullanılarak sinyalin alt bileşenleri olan gama, beta, alfa, teta ve delta dalgaları yeniden yapılandırılmıştır.
2. Elde edilen alt bantların welch yöntemi kullanılarak güç yoğunluk spektrumu elde edilmiş ve her alt bant için 5 farklı öznitelik (ortalama, standart sapma, basıklık, çarpıklık, ortalama güç) hesaplanmıştır.
3. Elde edilen öznitelikler kullanılarak yapılan sınıflandırma işlemi 4 farklı tip sınıflandırıcı ile yapılmış ve her birisi sınıflandırma performansı açısından değerlendirilmiştir. Sınıflandırma işlemi; eğitim ve kontrol grupları arasında eğitim süresinin öncesi ve sonrası olmak üzere iki farklı durum ve için yapılmıştır. Ayrıca sadece eğitim grubu verileri de eğitim öncesi ve sonrası olarak sınıflandırılıp mutluluk eğitiminin EEG sinyalleri üzerinde oluşturabileceği etki ile ilgili daha net fikir edinilmesi amaçlanmıştır.

Ayrıca sınıflandırılma işlemi yapılırken;

- EEG kanallarının sınıflandırma doğruluğuna etkileri açısından karşılaştırması

- Sınıflandırmada kullanılan öznitelik gruplarının sınıflandırma doğruluğuna etkileri açısından karşılaştırılması çalışmaları da yapılmıştır.

Şekil 3.1’ de çalışmaya ait akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.1: Çalışmanın blok diyagramı.

3.1. ÇALIŞMADA KULLANILAN EEG VERİSİ VE ÖNİŞLEME

Bu çalışmanın deneysel aşaması Üsküdar Üniversitesi'nde tamamlanmıştır. Çalışmada kullanılan EEG sinyalleri eğitim (deney) grubu ve kontrol (referans) grubu olmak üzere iki grupta bulunan katılımcılardan kaydedilmiştir.

- Eğitim grubu: 8 hafta süre ile mutluluk eğitimi alan katılımcıların oluşturduğu grubu ifade etmektedir ve 18 katılımcıdan oluşmaktadır.
- Kontrol grubu: mutluluk eğitimi almayan kişilerin bulunduğu grubu ifade etmektedir ve 12 katılımcıdan oluşmaktadır.

EEG sinyalleri her iki grupta bulunan katılımcılardan mutluluk eğitiminin öncesinde ve eğitim süresinin sonunda olmak üzere iki aşamada toplanmıştır. EEG sinyallerinin kaydı ADInstruments marka PowerLab 26T model veri toplama ve analiz sistemi kullanılarak yapılmıştır. Kayıt; sistemin bir parçası olan bipolar elektrot montajı ile uluslararası 10-20 elektrot konumlama sistemine göre her bir katılımcı için sağ ve sol frontoparietal bölgelerden sürekli olarak 10 dakika boyunca dinlenme halinde 1kHz örneklem hızında yapılmıştır. EEG sinyalleri kayıt sonrasında 0,5-60 Hz aralığında bant geçiren filtre kullanılarak filtrelenmiştir. Ayrıca 50 Hz'lik bir bant durduran filtre uygulanarak güç hattından meydana gelebilecek gürültülerin giderilmesi sağlanmıştır. Çalışma kapsamında katılımcılara verilen mutluluk eğitimi; insanı zihin, ruh ve beden sağlığı alanında holistik olarak ele alarak meditasyon ve mindfulness egzersizleriyle destekleyerek oluşturulmuş psikolojik bir iyi oluş programıdır.

3.2. DALGACIK DÖNÜŞÜMÜ

EEG sinyali temel olarak durağan ve periyodik olmayan tek boyutlu biyolojik bir sinyaldir. Beyin biyoelektrik aktivitesini temsil eden EEG sayesinde beyin yapısı ve fonksiyonel durumu tanımlanabilir. Beyinde oluşan anormalliklerin anlaşılması ve tespiti için de önemli rol oynar. Birçok hastalığın tespitinden beyin bilgisayar ara yüzü uygulamalarına kadar birçok alanda ucuz ve non-invaziv bir yöntem olmasından dolayı kolaylıkla kullanılabilir. EEG sinyalinin manuel olarak taranması oldukça öznel. Objektif bir değerlendirme yapabilmek için EEG sinyallerinin farklı metotlar ile analiz edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte EEG sinyallerinin farklı frekans aralığındaki alt bantlardan meydana gelmesi ve bu alt bantların beyin fonksiyonları ile ilgili farklı bilgilere sahip olmasından dolayı EEG

sinyal analizinde frekans içeriğine ihtiyaç duyulur. Bundan dolayı bu sinyallerin daha iyi anlaşılması ve yorumlanabilmesi için Fourier Dönüşümü (FD), Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD), Dalgacık Dönüşümü (DD) gibi çeşitli sinyal işleme teknikleri önerilmektedir [48,49].

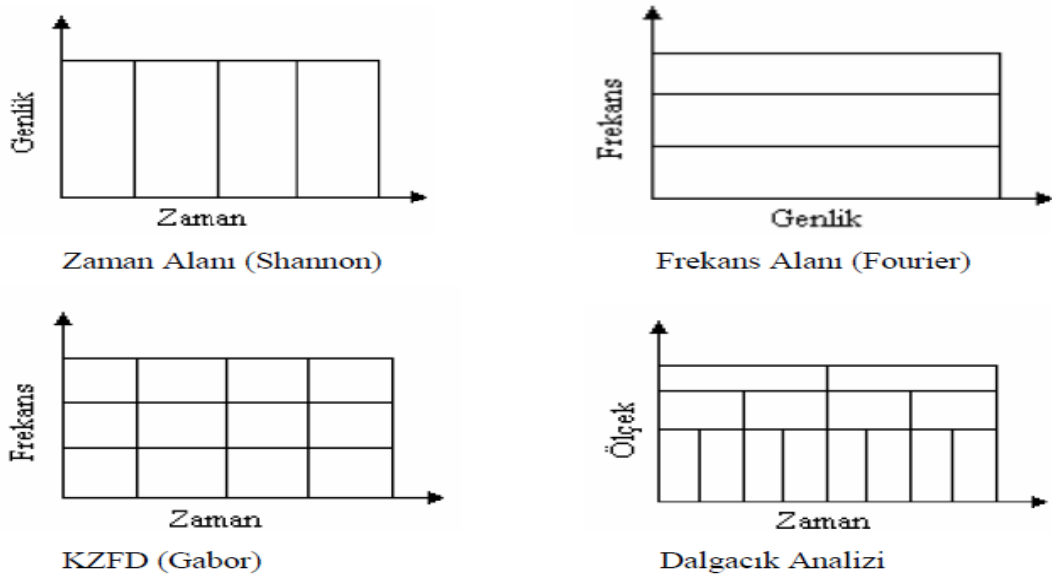
EEG sinyallerinin analiz edilmeye başlandığı ilk dönemlerde FD sıklıkla kullanılmış olup bununla ilgili çok fazla çalışma mevcuttur [48]. 1867’ de matematikçi Joseph Fourier periyodik bir sinyali farklı genlik, frekans ve fazdaki sinüs sinyallerinin ağırlıklı toplamı olarak ifade etmiştir. Bu sebeple FD’ nin her frekansa ait sinüs dalgası için genlik ve evre hesaplayan bir fonksiyon olduğu söylenebilir. Periyodik sinyalleri analiz etmek için oldukça kullanışlı bir teknik olan FD aracılığıyla bir sinyal zaman boyutundan frekans boyutuna aktarılır [50]. FD, bir sinyalin frekans içeriğini gösterir fakat bu frekans içeriğinin hangi zaman diliminde oluştuğuna dair bilgi vermez. FD frekansı zamana göre değişmeyen yani durağan sinyalleri analiz etmek için oldukça etkili bir yöntemdir. Fakat birçok sinyal içinde durağansızlıklar, olayların başlangıç ve bitiş anına yönelik ani değişiklikler ve eğim gibi geçici özellikler içerir. Durağan olmayan EEG sinyallerinde de meydana gelen bu geçici özellikler önemli bilgileri barındırabilir. Bu durumda FD ile bu önemli bilgileri tespiti mümkün olmaz [51,52].

Fourier analizinin durağan olmayan sinyalleri incelemede oluşturduğu dezavantajı giderebilmek adına Dennis Gabor, Gabor Dönüşümü ya da Kısa Zamanlı Fourier Dönüşümü (KZFD) olarak isimlendirilen bir dönüşüm geliştirmiştir. Kısaca sinyali pencereleme adı verilen bu teknikte Fourier tekniği sinyalin sadece küçük bir bölümüne uygulanır. Bu teknik ile sinyalde gerçekleşen bir olayın frekansı ve zamanı ile ilgili bilgi sınırlı bir hassasiyet ile elde edilir. Bu hassasiyet pencere boyutuna göre değişir. Çünkü KZFD’ de düşük ve yüksek frekans komponentleri için pencere fonksiyonunun genişliği değiştirilemez. Ancak farklı genişlikteki pencere fonksiyonları ile KZFD tekrarlanarak sinyalin farklı zaman-frekans gösterimi elde edilir. Sonuçta KZFD tekniği zaman kaybı ve gereksiz işlemler barındırdığından kullanışlı değildir [53].

Sinyal işleme metotlarının zamanla değişim ve gelişim göstermesine EEG sinyal inceleme yöntemleri de uyum sağlamıştır. EEG gibi durağan ve periyodik olmayan rasgele sinyallerin analizinde karşımıza Dalgacık Dönüşümü (DD) olarak adlandırılan yeni bir metot çıkmaktadır.

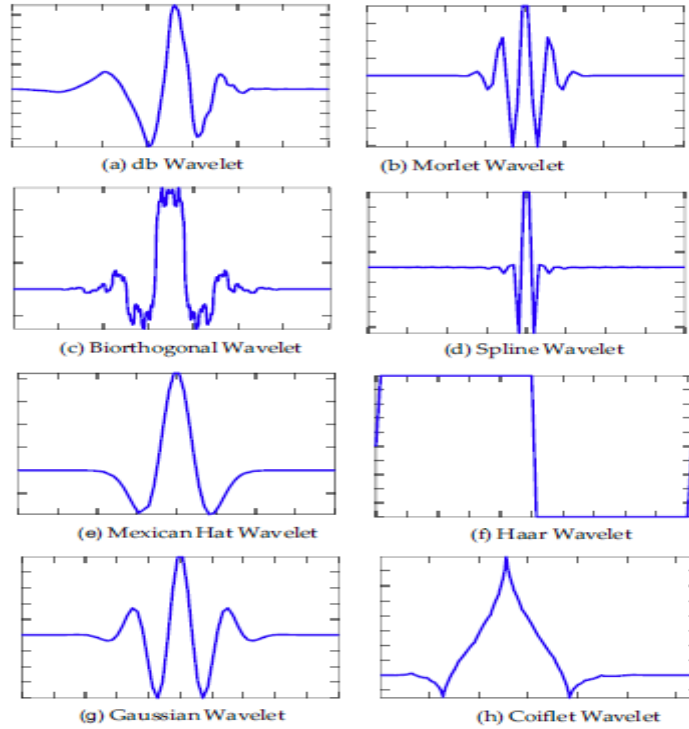
DD, durağan olmayan zaman serilerini analiz etmek için kullanılır [54]. Dalgacık ilk olarak A. Haar (1909)' ın tezinin bir ekinde yer almıştır. İzleyen yıllarda Grossman ve Morlet (1984) sismik sinyallerin salınan sonlu süreli basit bir fonksiyonun ötelenmiş ve genişletilmiş (ya da daraltılmış) hallerinin birleşimi olarak modellenebileceğini ispatlayabilmek için yaptığı araştırmalarda Sürekli Dalgacık Dönüşümünü bulmuştur. 1985' te Stephane Mallat dijital sinyal analizi ile ilgili çalışmalarında dalgacıktan bahsetmiştir ve çalışmaları hala kullanılan çoğu uygulamanın temelini oluşturmuştur. Mallat' ın çalışmalarından birkaç yıl sonra ise Ingrid Daubechies günümüzde sinyal işleme uygulamalarında sıklıkla tercih edilen Dalgacık Orthonormal baz fonksiyon takımını geliştirmiştir [55].

Dalgacık dönüşümü diğer sinyal işleme metotlarından farklı olarak bir sinyale zaman ve ölçek perspektifinden bakmayı sağlayan bir zaman-ölçek analiz metodudur. Zaman ve frekans alanlarında yerel karakteristikleri temsil etme kapasitesine sahiptir. Düşük frekanslı sinyalleri analizinde geniş pencere (zaman) aralığı kullanarak yüksek frekans çözünürlüğü, yüksek frekanslı sinyallerin analizinde ise dar pencere boyutlarını kullanarak yüksek zaman çözünürlüğü elde edilmesini sağlar. Böylece bütün frekanslarda optimum zaman-frekans çözünürlüğü sağlanabilir [53,56]. Şekil 3.2'de DD ile diğer sinyal analiz yöntemleri arasındaki ilişki verilmiştir.



Şekil 3.2: Sinyal analiz teknikleri arasındaki ilişki [53].

Dalgacık dönüşümü diğer sinyal analiz metotları ile karşılaştırıldığında daha büyük bir sinyalin lokalize olayını analiz edebilmesi, sinyaldeki ani değişim, eğim, kırılma noktaları gibi geçici özellikleri açığa çıkarabilmesi yönü ile önemli avantajlara sahiptir. Ayrıca DD ile sinyalde kayda değer bir bozulma olmadan sinyal sıkıştırılabilir veya gürültüsünden arındırılabilir [53,56]. Temelde bir dalgacık sıfır ortalama değerine sahip sadece sınırlı bir süre içinde salınım gösterebilen dalga benzeri bir yapıdır. Fourier analizinin temelini oluşturan sonsuz salınıma sahip sinüs dalgalarının aksine sınırlı salınıma sahiptirler. Şekil ve büyüklükleri birbirinden farklı olan değişik dalgacık türleri mevcuttur. Şekil 3.3'te bir sinüs dalgası ve dalgacık örneği, Şekil 3.4'te ise farklı dalgacık örnekleri gösterilmiştir [53,56].



Bir dalgacığın temelde aşağıdaki iki şartı sağlayan gerçek değerli bir fonksiyon $\psi(x)$ olması gerekir [58,59].

Ψ 'nin integrali sıfırdır:

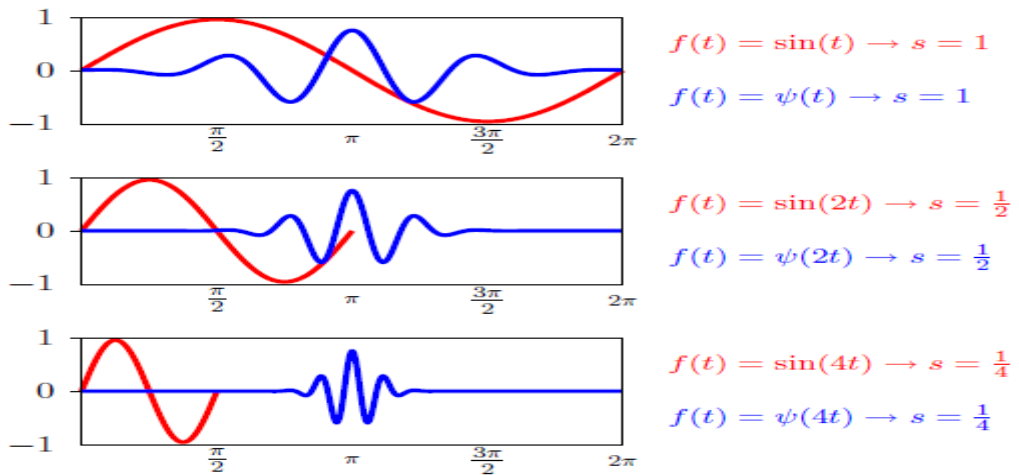
$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(x) dx = 0 \quad (3.1)$$

Ψ 'nin karesinin integrali bire eşittir:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi^2(x) dx = 1 \quad (3.2)$$

Bu iki şartı sağlayan dalgacık fonksiyonu belirli bir ölçek ve zamanda kaydırılması ile analiz işlemi gerçekleştirilir.

Bu sebeple dalgacık analizinde ölçek ve zaman (öteleme) iki önemli kavram karşımıza çıkar. Zaman (öteleme) dalgacığın oluşum anını gösterir. Ölçekleme ise ana dalgacık fonksiyonunu yatay eksen boyunca belli bir oranda genişletmek ya da sıkıştırmak anlamına gelir. Ölçek faktörü s ile sembolize edilir ve frekans ile ters orantılıdır. Yani ölçek faktörü küçülürse dalgacık aynı oranda sıkıştırılır. Sıkıştırılmış bir dalgacık kullanılarak yapılan sinyal analizinde kısa süren ani değişimleri yakalama ihtimali artar. Büyük bir ölçek faktörünün kullanılması durumunda genişletilmiş dalgacık elde edilirken bu da sinyal hakkında daha bütünsel bir bilgi sağlar. Şekil 3.5'te sinüs ve dalgacık fonksiyonunda ölçek faktörü gösterilmiştir [53].



Şekil 3.5: Sinüzoid ve dalgacıkta ölçek faktörü [53,59].

Dalgacık dönüşümünün dalgacık fonksiyonunun nasıl ölçeklendiği ve ötelenmesine bağlı olarak iki farklı türü bulunmaktadır.

3.2.1. Sürekli Dalgacık Dönüşümü

Sürekli Dalgacık Dönüşümü (SDD), dalgacık fonksiyonunun (ψ) ötelenip belirli bir ölçek faktörü ile çarpıldıktan sonra zaman boyutunda sürekli olarak toplanması işlemidir. SDD' nin matematiksel gösterimi eşitlik 3.3'te verilmiştir.

$$SDD(s, \tau) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi^* \left(\frac{t-\tau}{s} \right) dt \quad (3.3)$$

Yukarıdaki eşitlikte;

* : kompleks eşleniği temsil eder.

s: ölçek parametresidir.

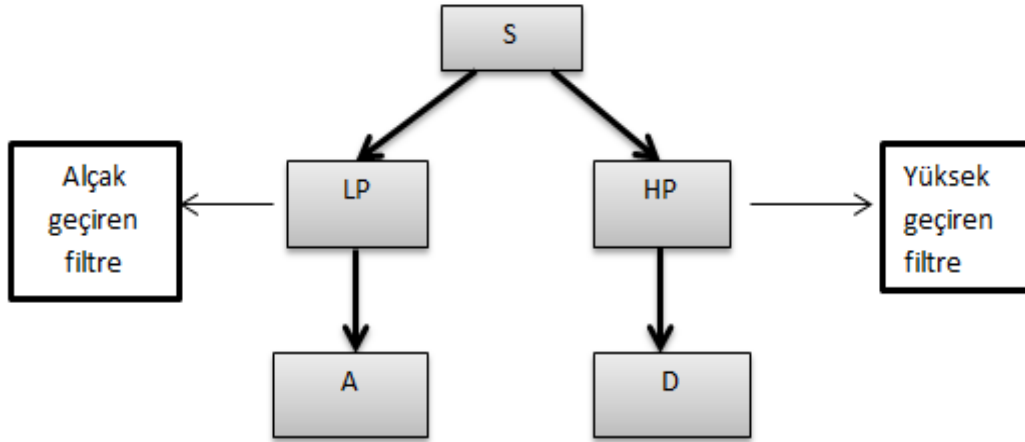
τ : öteleme parametresini ifade eder.

$f(t)$: dönüşümü yapılacak fonksiyondur.

(3.3) eşitliğinde, $f(t)$ sinyali SDD ile iki parametrelili bir fonksiyona dönüştürülür. Ölçek parametresinin birden büyük olduğu durumda zaman ekseninde fonksiyon genişler ve genlik artarken birden küçük olduğu durumda ise zaman ekseninde fonksiyon daralır ve genlik büyür. Sıfırdan küçük olması durumunda ise $t=0$ noktasına göre simetriği alınır. Öteleme parametresi sıfırdan büyük ise fonksiyonun zaman ekseninde sağa doğru kaydırılması, sıfırdan küçük ise sola doğru kaydırılması yapılır [60].

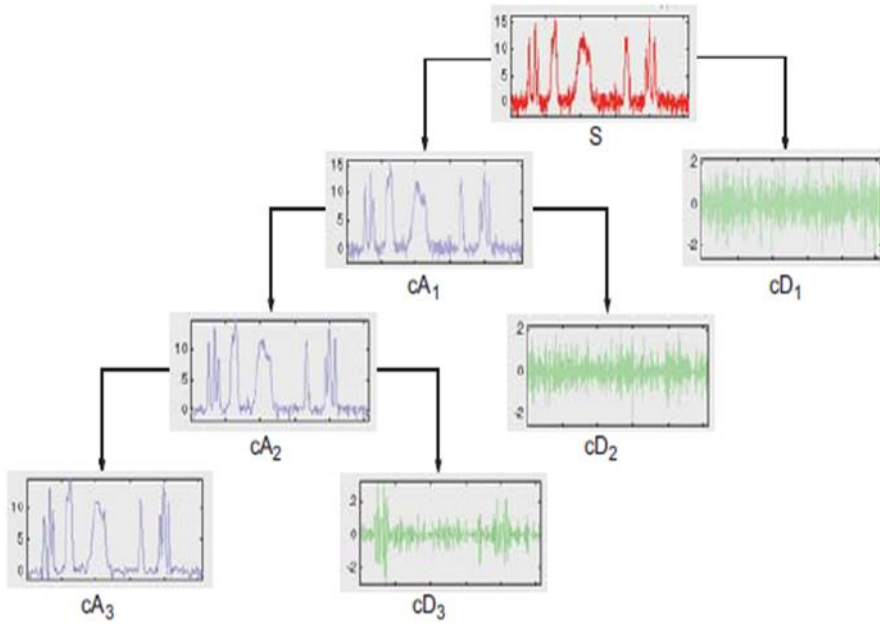
3.2.2. Ayrık Dalgacık Dönüşümü

Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD), temelde alçak geçiren bir filtre (LPF) ve yüksek geçiren bir filtre (HPF) kullanarak giriş sinyalini tekrar filtreleme işlemine dayanan matematiksel bir araçtır. Böylece sinyal alçak frekans bileşenlerine (A, yaklaşım) ve yüksek frekans bileşenlerine (D, detay) ayrıştırılır. Yaklaşımlar, sinyalin yüksek ölçekli düşük frekanslı bileşenleridir. Detaylar ise küçük ölçekli yüksek frekanslı bileşenleridir. Şekil 3.6'da bir sinyalin 1. Seviyeden ADD' nün temel teorisi gösterilmiştir [60].



Şekil 3.6: Sinyalin (s) alçak (A) ve yüksek (D) frekans bileşenlerine ayrılması.

ADD ile bir sinyal çeşitli kademelerde de ayrıştırılabilir. Şekil 3.6’da görülen algoritma alçak frekanslı bileşenler yani yaklaşımlar (A) üzerinden işletilmeye devam edilirse çok seviyeli ayrıştırma gerçekleşir. Böylece bir sinyal daha düşük çözünürlükteki bileşenlerine ayrılır. Şekil 3.7’de sinyalin çok seviyeli ayrıştırılması verilmiştir. S ana sinyali c ise katsayıları ifade etmektedir [60].



Şekil 3.7: Çok seviyeli ayrıştırma [53].

ADD ile bir sinyalin çok seviyeli ayrıştırma algoritması şu şekilde özetlenebilir:

- İlk adımda sinyal (s), alçak ve yüksek geçiren filtreler ile alçak frekans (A,yaklaşım) ve yüksek frekans (D, detay) bileşenlerine (katsayılarına) ayrılır. Bu adımda aynı zamanda nyquist kriterine göre örnek sayısı yarıya düşürülür.
- Bir sonraki işlemde, ilk adımda oluşturulan alçak frekanslar üzerinden aynı süreç işletilir.
- Ayrıştırılmak istenen seviye sayısı kadar basamaklar tekrarlanarak ayrıştırma işlemi bitirilir.

3.3. GÜÇ SPEKTRAL YOĞUNLUĞU

Güç spektral analizinin amacı rasgele sonlu uzunluktaki bir sinyalin güç içeriğinin frekans bandı üzerindeki dağılımını tahmin etme işlemidir. Bir sinyalin gücü karesi alınarak hesaplanır. Güç spektral yoğunluğunun (GSY) birinci tanımına göre; GSY kovaryans dizisinin (r (k)) kısa zamanlı Fourier dönüşümüdür ($\Phi(w)$). İkinci tanım ise GSY'nin birinci tanım altındaki ifadesidir. Eşitlik 3.4'te GSY' nin birinci tanımına göre ifadesi Eşitlik 3.5'te ise GSY' nin ikinci tanımına göre ifadesi yer almaktadır [61].

$$\Phi (w) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} r(k)e^{jwk} \quad (3.4)$$

$$\Phi (w) = \lim_{n \rightarrow \infty} E \left\{ \frac{1}{N} \left| \sum_{n=1}^N x(n)e^{-jwn} \right|^2 \right\} \quad (3.5)$$

Spektral analiz işlemlerinde; parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak isimlendirilen iki temel yaklaşım vardır. Parametrik yöntemler sinyal için varsayılan bir model oluşturup bu model için parametreler oluşturur. Parametrik olmayan yöntemler GSY' nin temel tanımlarını kullanır. Kendi içinde korrelogram ve periodogram olarak ikiye ayrılır. Parametrik olmayan ve daha yaygın olarak kullanılan GSY yöntemlerine Blackman Tukey, Barlett, Welch yöntemi örnek verilebilir [61].

Periodogram, GSY'nin ikinci tanımından türetilir. İlk kullanımlarından biri zaman serilerindeki olası / gizli periyodiklerin belirlenmesidir. Korrelogram, GSY'nin birinci tanımından türetilir. Eşitlik 3.6'da periodogram Eşitlik 3.7'de korrelogram matematiksel olarak ifade edilmiştir [61].

$$\phi_p(w) = \sum_{n=1}^N x(n)e^{jwk} \quad (3.6)$$

$$\phi_c(w) = \sum_{k=-(N-1)}^{N-1} r(k)e^{-jwk} \quad (3.7)$$

3.3.1. Welch Yöntemi

Welch yöntemi periodogramın geliştirilmiş halidir. Welch yönteminde sinyal üst üste çıkılabilecek segmentlere ayrılıp sonra oluşan her segmente periodogramın geliştirilmiş hali uygulanır. Son olarak da elde edilen periodogramların ortalaması alınır. Periodogramın iyileştirilmiş hali Eşitlik 3.8' de verilmiştir [62].

$$S_{xx}(f) = \frac{T_s}{KM} \left| \sum_{n=0}^{M-1} x_i(n)w(n)e^{-j2\pi fn} \right|^2 \quad (3.8)$$

f : normalize edilmiş frekans değişkeni

T_s : ölçekleme faktörü

$w(n)$: pencereleme fonksiyonu

K : normalize sabitidir ve Eşitlik 3.9'da gösterilmiştir.

$$K = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} w^2(n) \quad (3.9)$$

Sonuçta Welch yöntemi ile elde edilen GSY tahmini Eşitlik 3.10'da görüldüğü gibi olmaktadır.

$$P_{Welch}(f) = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} S_{xx}(f) \quad (3.10)$$

L : zaman dizisi serisinin uzunluğunu ifade eder.

3.4. ÖZNİTELİK ÇIKARIMI

Öznitelik çıkarımı; önişleme süreciyle gürültülerinden arındırılan bir sinyalden önemli bilgi barındıran özelliklerin elde edilmesi işlemidir. Özellikler, bir sinyali karakterize eden ve sinyaller hakkında önemli bilgiler sağlayan sayısal değerlerdir [11]. Öznitelik çıkarımı iyi bir

sınıflandırma yapabilmenin en temel ve en önemli basamağını oluşturmaktadır. Örüntü tanınmanın en önemli parçasıdır [15].

EEG sinyalleri durağan olmayan sinyaller olduğundan dolayı güçlü öznitelikler sağlamada frekans analiz yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır. EEG için en sık tercih edilen öznitelikler frekans alanına dayanmakta olup, bu özellikler güç spektral yoğunluk kestirim yöntemleri kullanılarak karakterize edilebilir [63].

3.4.1. Çalışmada Kullanılan Öznitelikler

Bu tez çalışmasında sınıflandırma yapabilmek için 5 farklı öznitelik kullanılmıştır. Bu öznitelikler; ortalama, standart sapma, basıklık, çarpıklık ve ortalama güçtür.

Bir sinyalin ortalama değeri; sinyaldeki örnekler toplamının, toplam örnek sayısına bölünmesi ile elde edilir. Ortalama değeri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3.11)$$

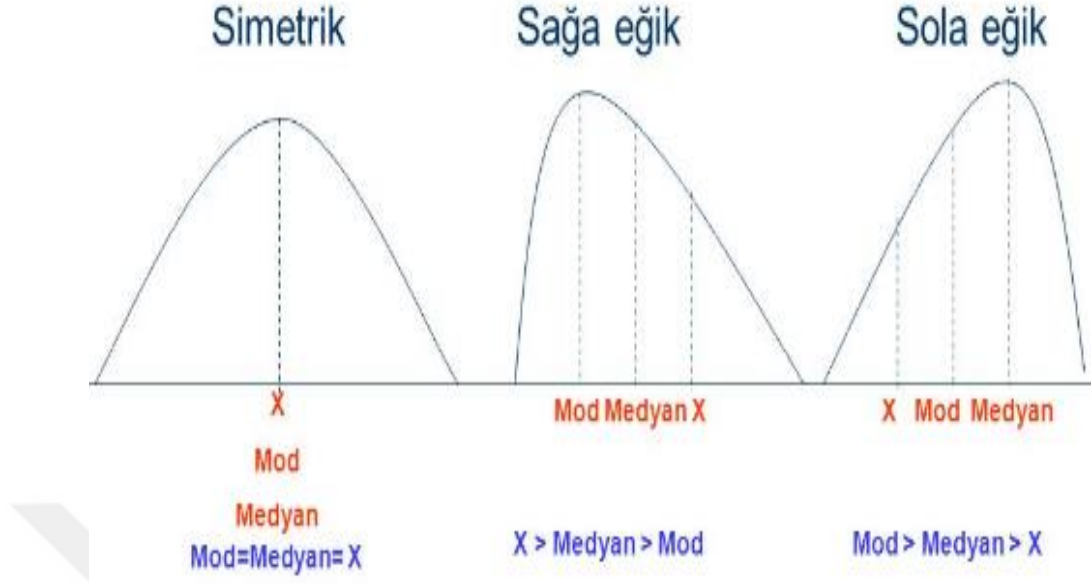
Standart sapma; sinyaldeki her bir değerin o sinyalin ortalamasından hangi miktarda uzaklaştığını ya da yakınlaştığını gösteren değerdir. Standart sapma aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \mu)^2} \quad (3.12)$$

Eğer bir sinyalin standart sapması küçük bir değere sahipse sinyaldeki her bir örnek ortalamaya yakın bir alanda toplanmışlardır. Bunun tersi olarak da standart sapma büyükse örnekler ortalamadan uzak bir alanda toplanır.

Bir serideki tüm değerlerin ortalaması ile tepe değeri ve ortanca değeri birbirine eşit ise seri normal (simetrik) dağılıma sahip olur. Serilerin normal dağılıma sahip olup olmadığını belirlemenin yollarından biri de çarpıklık ve basıklık katsayılarına bakmaktır.

Çarpıklık; bir serinin simetriden uzaklaşma derecesini gösterir ve dağılımın ortalaması etrafındaki asimetri derecesini belirler. Çarpıklık sıfırdan küçük ise dağılım soldan çarpıktır, sıfırdan büyük ise dağılım sağdan çarpıktır [64]. Çarpıklık katsayısı ile mod, medyan ve ortalama değer arasındaki ilişki Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8: Çarpıklık katsayısı ile mod, medyan ve ortalama arasındaki bağlantı.

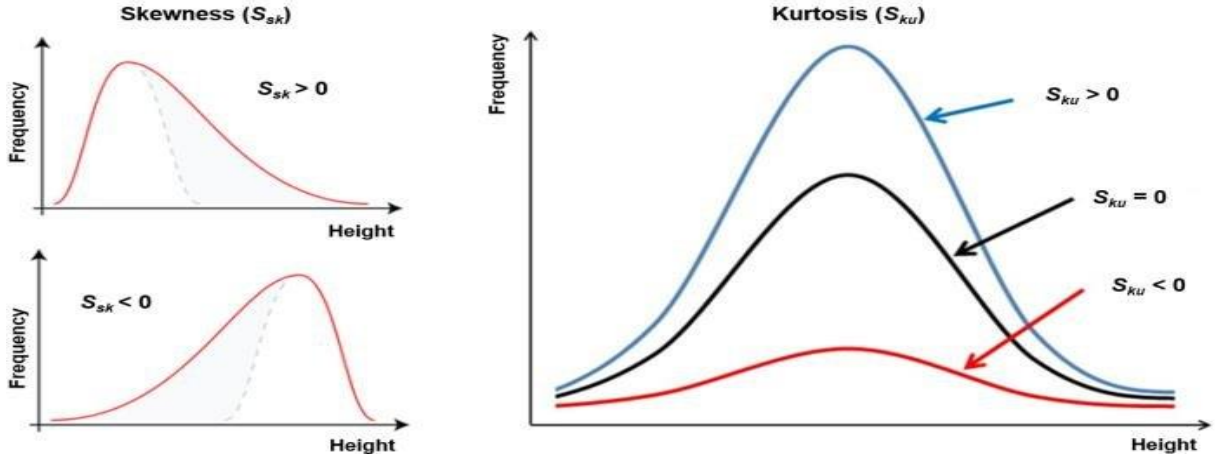
Çarpıklık katsayısı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$Ç. K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{x_i - \mu}{\sigma} \right]^3 \quad (3.13)$$

Basıklık katsayısı simetrik (normal) dağılımda sıfır değerine eşittir. Basıklık bir dağılımın diklik derecesinin ölçüsüdür ve bir serideki tüm örneklerin normal dağılıma göre ortalama değer etrafında ne ölçüde yoğun bir şekilde dağıldığını gösterir. Basıklık katsayısı aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$B. K = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{(x_i - \mu)}{\sigma} \right]^4 \quad (3.14)$$

Bir sinyalin basıklık katsayısı daha pozitif ise dik dağılıma sahip bir grafik gösterir. Bu da sinyaldeki örneklerin merkezi eğiliminin yüksek olduğunu ifade eder. Bir sinyalin basıklık katsayısı daha negatif ise basık bir dağılıma sahiptir. Basık bir dağılım değişkenliğin fazla olduğunu işaretidir. Şekil 3.9'da çarpıklık ve basıklık katsayıları için farklı koşullar ve bu koşulların normal bir dağılım üzerindeki etkisi gösterilmiştir.



Şekil 3.9: Çarpıklık ve basıklık katsayılarının dağılım üzerindeki etkisi [65].

Ortalama güç bir sinyali karakterize etmek için kullanılır ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$P = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x(n)|^2 \right) \quad (3.15)$$

3.5. SINIFLANDIRMA

Büyük miktardaki veri yığınlarının manuel olarak işlenip analiz edilmesi mümkün olmadığı için bu tür problemlere çözüm bulmak amacı ile makine öğrenmesi algoritmaları geliştirilmiştir. Makine öğrenmesinde amaç; matematiksel ve istatistiksel analiz yöntemlerini kullanıp veriler üzerinden çıkarım yaparak yeni veriler hakkında tahmin yapabilecek en iyi modelin tasarlanmasıdır. Yeni gelen verilerin tahmini ve analizi tasarlanan model kullanılarak yapılır. Makine öğrenmesi algoritmaları temel olarak gözetimli ve gözetimsiz öğrenme olarak iki gruba ayrılır. Gözetimli öğrenmede sınıf bilgisi verilen veriler üzerinden öğrenme işlemi gerçekleşir. Gözetimsiz öğrenme ise hangi sınıfa ait olduğu bilinmeyen veriler içerisindeki grupları keşfetmeyi amaçlar. Gözetimli öğrenme kendi içerisinde regresyon ve sınıflandırma olmak üzere iki gruba ayrılır. Sınıflandırmada verilerin sınıf bilgisi kategorik, regresyonda ise nümeriktir. Sınıflandırma algoritmaları temel olarak yeni gelen bir verinin hangi sınıfa ait olabileceğini sınıf bilgileri bilinen veri kümesine bakarak gerçekleştirir.

Bu çalışmada sınıflandırma işlemi gözetimli öğrenme sınıflandırma algoritmaları içerisinde K-en yakın komşu, destek vektör makineleri, karar ağaçları ve naive bayes sınıflandırıcıları ile yapılmıştır.

3.5.1. K – En Yakın Komşu

K-en yakın komşu algoritması (KNN) kullanılarak yapılan sınıflandırmada öğrenme işlemi sınıfları belli olan veri kümesinde (eğitim seti) bulunan veriler kullanılarak yapılmaktadır. Bu sebeple temel olarak örnek tabanlı öğrenme algoritması olarak da bilinir. Bu algorithmada karşılaşılan her yeni örneğin sınıflandırma işlemi o örneğin k sayıdaki en yakın örneğin bulunduğu sınıfa bakılarak yapılır. KNN sınıflandırıcısının temel çalışma prensibi şu şekilde özetlenebilir:

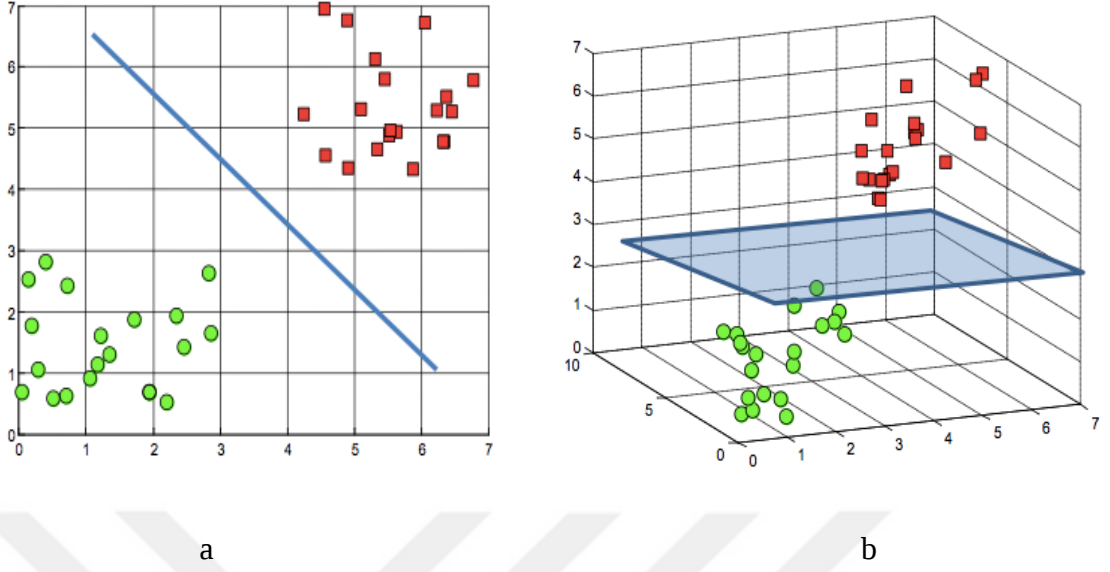
- İlk olarak k değeri belirlenir. Bu değer sınıflandırılmak istenen örneğe en yakın komşuların sayısını ifade eder.
- Sınıflandırılmak istenen örneğin belirlenen k değeri kadar komşusu arasındaki uzaklıklar tek tek belirlenerek bir küme oluşturulur.
- Sınıflandırılacak örnek en yakın komşu örneklerden oluşan küme içerisinde örnek sayısı en fazla olan sınıf içerisine atanır.

Örnekler arası uzaklıklar; minkowski, Öklid, manhattan, chebyshev, dilca uzaklığı kullanılarak hesaplanmakla birlikte genelde Öklid uzaklığı tercih edilmektedir. Öklid uzaklığı herhangi bir noktanın diğer bir noktaya olan doğrusal uzaklığı anlamına gelir ve eşitlik ? ile hesaplanır [66].

$$d(x, y) = \sqrt{\{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2\}} \quad (3.16)$$

3.5.2. Destek Vektör Makineleri

Destek vektör makineleri (DVM), sınıflandırma ve regresyon analizi için kullanılabilen gözetimli öğrenme algoritmasıdır. Daha çok sınıflandırma problemleri için tercih edilir. DVM, sınıflandırma işlemini bir düzlemde bulunan örnekler arasına bir sınır çizgisi ya da hiper düzlem çizerek yapar. Şekil 3.10'da iki boyutlu örnek alanı ve üç boyutlu örnek alanı için çizilen hiper düzlem görülmektedir.



Şekil 3.10: (a) İki boyutlu örnek uzayı hiper düzlemi (b) Üç boyutlu örnek uzayı hiperdüzlemi [67].

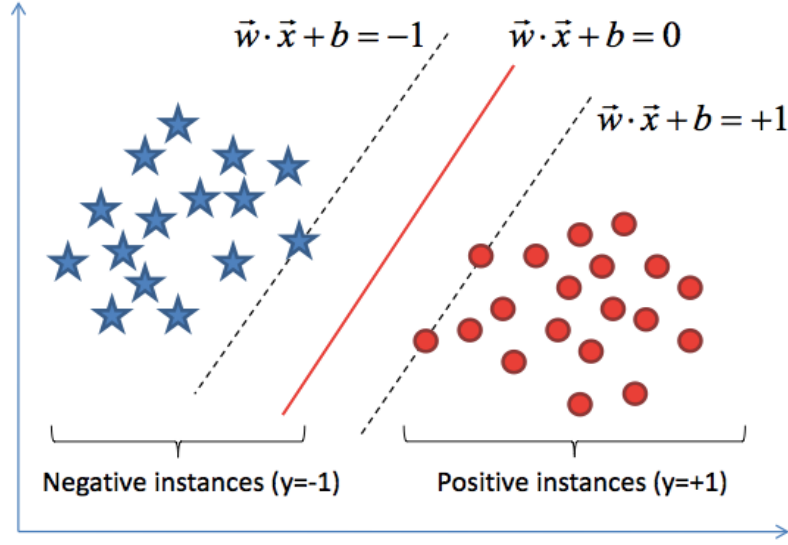
Sınır çizgisi her iki sınıfa da en uzak mesafede olacak şekilde çizilmelidir. DVM doğrusal ve doğrusal olmayan veri kümeleri için kullanılabilir. Veri kümeleri doğrusal olarak ayrılabilir olduğunda; N tane örnek içeren sistemde $i=1, \dots, N$ için $\{x_1, y_1\}, \{x_2, y_2\}, \dots, \{x_i, y_i\}$ eğitim seti olduğunda hiper-düzlem aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$w \cdot x_i + b \geq +1 \text{ her } y = +1 \text{ için} \quad (3.17)$$

$$w \cdot x_i + b \leq -1 \text{ her } y = -1 \text{ için} \quad (3.18)$$

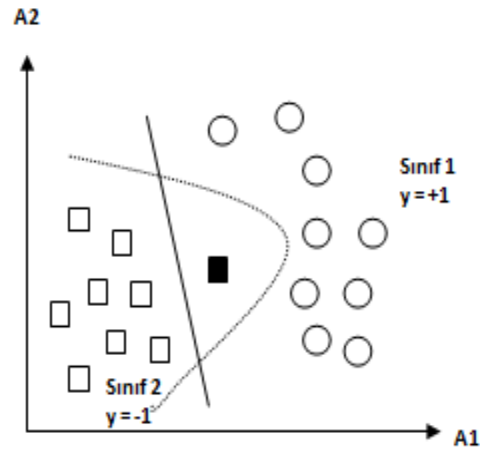
$$y_i(w \cdot x_i + b) \geq 1 \quad 1 \leq i \leq N \quad (3.19)$$

w ağırlık vektörü b eğim değeri olmak üzere bu iki değer eğitim setinde bulunan tüm veriler için eşitlik 3.17, 3.18, 3.19' deki koşulları sağlıyorsa eğitim seti verileri doğrusal olarak ayrılabilir [68]. Aşağıdaki şekilde iki boyutlu veri uzayında hiper düzlem ve hiper düzleme karşılık gelen destek vektörleri görülmektedir [67].



Şekil 3.11: Hiper-düzlem ve destek vektöleri [67].

DVM şekil de gösterilen doğrusal olarak ayrılamayan veri kümeleri için doğrusal olmayan bir haritalama fonksiyonu kullanır.



Şekil 3.12: Birbirinden doğrusal olarak ayrılamayan veriler

Bu fonksiyon sayesinde orijinal veri kümesi uzayı daha yüksek boyutlu nitelik uzayına dönüştürülür. Nitelik uzayındaki değerin bulunabilmesi için çekirdek fonksiyonu kullanılır. Orijinal giriş veri kümesindeki her bir örnek çekirdek fonksiyonundaki değer yerine konularak doğrusal olarak iki ayrı sınıflandırmaya ayrılabilceği nitelik uzayındaki değerin hesaplanması sağlanır. Yaygın olarak kullanılan çekirdek fonksiyonlar; doğrusal, polinomial, sigmoid ve radyal tabanlı fonksiyonlardır [69].

3.5.3. Naive Bayes

Naive Bayes (NB), Bayes teoremine dayanan bir sınıflandırma algoritmasıdır. Bayes teoremi olasılık ilkeleri baz alınarak tanımlanan bir takım hesaplamaları içerir. NB, sınıf bilgileri verilen eğitim verileri üzerinden yapılan olasılık işlemleri ile karşılaşılan yeni verinin eğitim verisi içinde tanımlı sınıflardan hangisine ait olacağını tahmin eder. Eğitim kümesindeki verilerin fazlalığı yeni verilerin tahmin başarısını artırmaktadır. NB algoritması aşağıdaki formül ile ifade edilir [66].

$$P(S_i|X) = \frac{P(X|S_i) * P(S_i)}{P(X)} \quad (3.20)$$

$P(S_i|X)$: X olayı meydana geldiğinde S_i olayının gerçekleşme ihtimali

$P(X|S_i)$: S_i olayının gerçekleşmesi durumunda X olayının meydana gelme ihtimali

$P(S_i)$, $P(X)$: S_i ve X olaylarının önsel olasılığı anlamına gelir.

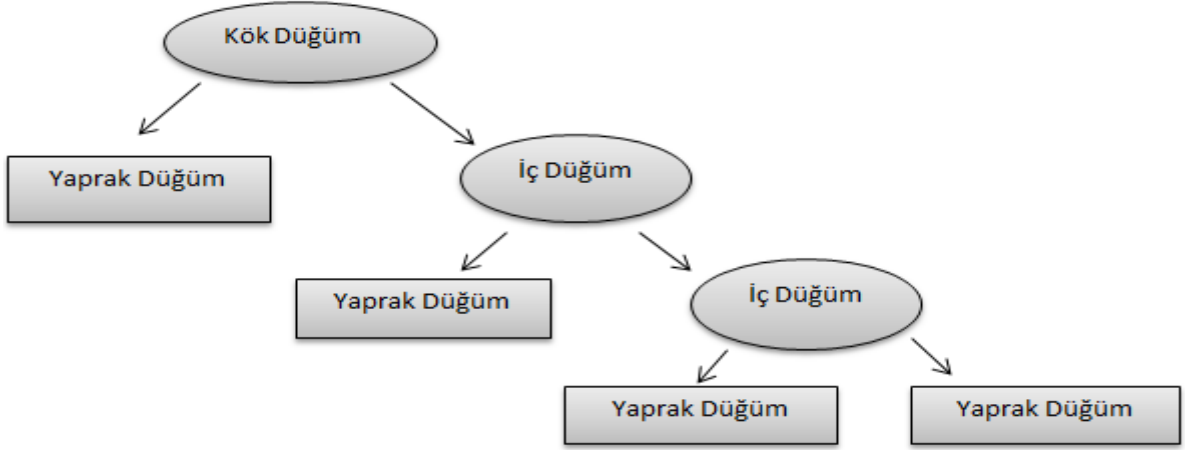
Tüm X örnekleri aynı miktarda öneme sahip olacağından $P(X)$ her örnek için aynıdır. Bu sebeple denklem 3.20 aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$P(S_i|X) = P(X|S_i) * P(S_i) \quad (3.21)$$

Tüm sınıflar için yukarıdaki eşitliğin uygulanması ile olasılıklar hesaplanır ve örneklerin ait olabileceği sınıf tahmin edilmiş olur.

3.5.4. Karar Ağaçları

Karar ağaçları (KA), test kümesindeki verilerin tahmini için eğitim kümesindeki verilerin öznitelik ve sınıf bilgilerini kullanarak karar düğümleri ve yaprak düğümlerinden meydana gelen ağaç yapısı şeklinde bir model oluşturan gözetimli öğrenme algoritmasıdır. KA temel olarak kök düğümü, dal, yaprak düğümü, iç düğüm olmak üzere dört yapıdan meydana gelir [70]. Şekil 3.13’de KA nın temel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.13: KA' nın temel yapısı.

KA' nın algoritma basamakları şu şekildedir [70].

1. Veri öznitelikleri içerisinde en iyi ayıran öznitelik belirlenir. Belirlenen öznitelik ile ağacın bir döğümü oluşturulur.
2. Oluşturulan döğümden alt döğümler ve yapraklar oluşturulur. Bu dallanma işlemi entropi ölçütüne göre yapılır.
3. Alt döğüm var ise bu döğümlere ait veri kümesinin örnekleri belirlenir. Alt döğüm yok ise süreç sonlandırılır
4. İkinci basamak tekrarlanır.

3.5.5. K – Parçalı Çapraz Doğrulama Yöntemi

K-parçalı çapraz doğrulama, makine öğrenme modellerinin başarılarının değerlendirilmesi amacı ile kullanılan yeniden örnekleme işlemidir. K – parçalı doğrulamadan örnekten oluşan veri seti belirlenen k parametresine göre ayrık parçalara ayrılır. Ayırma işlemi veri setindeki n tane örneğin k değerine bölünmesi ile yapılır. Sonuçta k tane ayrık parça oluşur. Ayrılan parçalardan bir tanesi test için kalan k-1 parça ise eğitim için kullanılır. Bu iterasyon süreci farklı veri setleri için devam eder. Test kümesinin sürekli değiştirilmesi ile sınıflandırıcı k kez eğitilir [71].

3.5.6. Performans Değerlendirme Kriterleri

Kullanılan sınıflandırıcının hangisinin daha iyi performans gösterdiğini belirleyebilmek amacı ile çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bu metotlardan bir kısmı hata matrisi (confusion matris)

oluşturulmasına dayanır. Hata matrisi bir algoritmanın performansının görüntülenmesini sağlar. Sınıflandırıcının tahmin ettiği değerler ile verilerin gerçek değerlerinden oluşur.

Tablo 3.1: Hata matrisi.

		GERÇEK	
		Pozitif	Negatif
TAHMİN	Pozitif	Doğru Pozitif (TP)	Yanlış Pozitif (FP)
	Negatif	Yanlış Negatif (FN)	Doğru Negatif (TN)

Doğruluk (accuracy); modelin genel başarısını ifade eder ve aşağıdaki şekilde gösterilir [72].

$$Doğruluk = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (3.22)$$

Duyarlılık (sensitivity); sınıflandırıcının tanımlı pozitif sınıf etiketlerini tahmin etmedeki etkinliğidir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir [72].

$$Duyarlılık = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3.23)$$

Belirleyicilik (specificity); sınıflandırıcının tanımlı negatif sınıf etiketlerini tahmin etmedeki etkinliğidir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir [72].

$$Belirleyicilik = \frac{TN}{TN+FP} \quad (3.24)$$

$$Kesinlik = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3.25)$$

$$F - \text{ölçütü} = \frac{2*TP}{2TP+FP+FN} \quad (3.26)$$



4. BULGULAR

Bu tez çalışmasının amacı mutluluk eğitiminin EEG sinyalleri üzerinde oluşturabileceği etkinin değerlendirilmesi ve makine öğrenmesi yöntemleri ile sınıflandırılmasıdır. Çalışmada; 8 hafta boyunca mutluluk eğitimine katılan kişilerin oluşturduğu eğitim (deney) grubu ve bu süre içerisinde mutluluk eğitimi verilmeyen kişilerin oluşturduğu kontrol (referans) grubu olmak üzere iki farklı grup bulunmaktadır. Çalışma kapsamında eğitim ve kontrol grubu katılımcılarından mutluluk eğitiminin başında ve sonunda kaydedilen EEG sinyalleri kullanılmıştır. EEG sinyalleri ön sinyal işleme ile uygun frekans aralığına getirilmiş ve her bir sinyal ADD kullanılarak 5 farklı alt bileşene ayrıştırılmıştır. Elde edilen alt bileşenlerden ortalama, ortalama güç, standart sapma, basıklık ve çarpıklık olmak üzere 5 farklı istatistiksel öznitelik çıkarılmış ve böylece sınıflandırma aşamasında kullanılmak üzere her bir EEG sinyali için 25 farklı özellik elde edilmiştir. Elde edilen öznitelikler ile mutluluk eğitimi öncesi ve sonrasında kaydedilen eğitim ve kontrol grubuna ait EEG sinyalleri makine öğrenmesi yöntemleri ile sınıflandırılarak grupların eğitim öncesi ve sonrası durumlarının kıyaslaması yapılmıştır. Ayrıca sınıflandırma aşamasında sadece eğitim grubuna ait EEG sinyalleri sınıflandırılarak eğitim öncesi ve sonrası durumları ile sağ ve sol kanal arasındaki durumlarının kıyaslaması da yapılmıştır.

Sınıflandırma işlemi KNN, DVM, NB VE KA sınıflandırıcıları ile yapılmıştır. Sınıflandırmada K-parçalı çapraz doğrulama yöntemi kullanılarak eğitim sağlanmıştır. Çapraz doğrulama parçası 10 olarak belirlenmiştir. Sınıflandırıcıların performans başarısını değerlendirmek için hata matrisi kullanılarak hesaplanan duyarlılık, özgüllük, F-ölçütü ve kesinlik performans değerlendirme kriterleri kullanılmıştır. Ayrıca sınıflandırma işlemi 5 farklı istatistiksel özelliğin farklı kombinasyonları ile yapılarak farklı öznitelik gruplarının sistemin başarısını yükseltmedeki etkisi de araştırılmıştır.

4.1.EĞİTİM VE KONTROL GRUPLARININ MUTLULUK EĞİTİMİ SONRASI DURUMLARININ SINIFLANDIRILMASI

Mutluluk eğitimi sonrasında eğitim ve kontrol grupları arasında yapılan sınıflandırma işlemi için ortalama, standart sapma, ortalama güç, basıklık ve çarpıklık istatistiksel özelliklerinin

farklı kombinasyonları ile elde edilen 4 farklı öznitelik grubu kullanılmıştır. Kullanılan öznitelik grupları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.1: Sınıflandırmada kullanılan öznitelik grupları

ÖZNİTELİK GRUP İSİMLERİ	ÖZNİTELİKLER
Tip I	Ortalama + Standart Sapma + Ortalama Güç + Çarpıklık + Basıklık
Tip II	Ortalama + Basıklık + Çarpıklık
Tip III	Ortalama + Ortalama Güç + Çarpıklık + Basıklık
Tip IV	Standart Sapma + Çarpıklık + Basıklık

Bu istatistiksel özelliklerin seçilmesinin bir nedeni geçmişte yapılan benzer çalışmalarda iyi sonuçlar vermiş olmalarıdır [72,73].

Mutluluk eğitimi sonrası durumu için Tablo 4.1’de verilen öznitelik grupları ile KNN, DVM, NB ve KA sınıflandırıcıları kullanılarak eğitim ve kontrol grupları arasında yapılan sınıflandırmalardan elde edilen doğruluk oranları verilmiştir.

Tablo 4.2: Eğitim ve kontrol grupları arasında eğitim sonrası durumu için yapılan sınıflandırmadan elde edilen doğruluk oranları.

	KA	KNN	NB	DVM
Tip I	%70	%68,3	%61,7	%70
Tip II	%75	%70	%73,3	%78,3
Tip III	%60	%66,7	%65	%68,3
Tip IV	%66,7	%70	%70	%73,3

Tablo 4.2'den görüleceği gibi mutluluk eğitimi sonrası eğitim grubu/kontrol grubu sınıflandırmasında DVM sınıflandırıcısı ve ortalama, basıklık ve çarpıklık özniteliklerinin bulunduğu TİP II öznitelik grubu kullanılarak yapılan sınıflandırma ile %78,3 oranında bir doğruluk elde edilmiştir.

DVM sınıflandırıcı ve TİP II öznitelikleri kullanılarak elde edilen %78,3 oranında doğruluk gösteren sınıflandırma için sistemin genel performans başarısını gösteren parametreler Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

Tablo 4.3: En iyi doğruluk oranı için performans değerlendirme parametreleri

Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F-Ölçütü	Kesinlik
%78,3	%78	%78,9	%83,1	%88,8

Basıklık, rasgele değişkenlerin diklik derecesinin ölçüsüdür. Bir seride bulunan bütün örneklerin normal dağılıma göre ortalama değer etrafında ne ölçüde yoğun bir şekilde dağıldığını gösterir. Normal dağılıma sahip bir serinin istatistiksel açıdan basıklık katsayısı sıfırdır. Bir seride bulunan değişkenlerin basıklık katsayısı pozitif ise dik/sivri bir dağılıma, negatif ise daha basık/düz bir dağılıma sahip bir grafik gösterir. EEG sinyalleri çok hassas bir dağılıma sahip oldukları için basıklık değeri EEG sinyallerinin alt bileşenlerinin daha iyi karakterize edilmesinde ve tespitinde önemli etkisi bulunmaktadır [73]. Ayrıca EEG sinyallerinin normal bir dağılıma sahip olmaması basıklık özneliğinin kullanılmasını daha önemli hale getirmektedir.

Çarpıklık ise bir seride bulunan tüm örneklerin simetriden uzaklaşma miktarını gösterir. Çarpıklık değerinin sıfırdan küçük olması dağılımın soldan çarpık olduğunu, sıfırdan büyük olması ise dağılımın sağdan çarpık olduğunu gösterir. Çarpıklık rassal bir değişkenin ortalama değer etrafındaki asimetri derecesini belirlemektedir. Dolayısıyla EEG sinyallerinin de normal bir dağılım göstermemesi çarpıklık özneliğini önemli kılan en önemli sebeptir.

Ortalama, bir veri kümesinin aritmetik ortalamasını ölçmek için kullanılır ve bir serideki tüm değerler toplamının toplam sayı değerine bölünmesi ile elde edilir. Ortalama değer daha az karmaşıklığa sahiptir ve oldukça iyi bir veri değerleri tahminine sahiptir [72]. Kontrol ve

eğitim grubu EEG sinyallerinin ortalama değerleri arasındaki farklılıktan dolayı ortalama özniteliğinin çarpıklık ve basıklık öznitelikleri ile birlikte kullanılması ile elde edilen başarı oranında önemli bir katkısı olmuştur.

Standart sapma bir veri setindeki her bir örneğin o veri setinin ortalama değerine hangi ölçüde yakın olduğunu gösteren istatistiksel değerdir. Verilerin ortalamaya yakın olması standart sapma miktarını azaltırken uzak olması ise standart sapma miktarını artırmaktadır. Tablo 4.2’den görüleceği gibi basıklık, çarpıklık ve standart sapma ile yapılan sınıflandırma sonuçlarına göre standart sapmanın ayırt edici bir özellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

4.2.EĞİTİM VE KONTROL GRUPLARININ MUTLULUK EĞİTİMİ ÖNCESİ DURUMLARININ SINIFLANDIRILMASI

Mutluluk eğitimi öncesi durumunun değerlendirilmesi için eğitim ve kontrol grupları arasında yapılan sınıflandırma işlemi Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV öznitelik grupları ile KA, KNN, NB ve DVM sınıflandırıcıları kullanılarak yapılmıştır. Tablo 4.4’te yapılan sınıflandırma işlemlerine ait doğruluk oranları verilmiştir.

Tablo 4.4: Eğitim ve kontrol grupları arasında eğitim öncesi durumları için yapılan sınıflandırmadan elde edilen doğruluk oranları.

	KA	KNN	NB	DVM
Tip I	%55	%60	%45	%61,7
Tip II	%56,7	%60	%50	%63,3
Tip III	%53,3	%61,7	%48,3	%61,7
Tip IV	%55	%63,3	%51,7	%56,7

Tablo 4.4’ten görüleceği gibi mutluluk eğitimi öncesi eğitim grubu/kontrol grubu sınıflandırmasında DVM sınıflandırıcısı ile ortalama, basıklık ve çarpıklık özniteliklerinin bulunduğu TİP II öznitelik grubu kullanılarak yapılan sınıflandırmada ve KNN sınıflandırıcısı

ile standart sapma, çarpıklık ve basıklık özniteliklerini içeren Tip IV öznitelik grubu kullanılarak yapılan sınıflandırmada %63,3 oranında bir doğruluk elde edilmiştir.

Elde edilen doğruluk oranlarına ilişkin sınıflandırıcıların performans başarısını gösteren parametreler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.5: En iyi doğruluk oranları için performans değerlendirme parametreleri.

Sınıflandırıcı	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F-Ölçütü	Kesinlik
DVM	%63,3	%69	%51	%66,6	%63
KNN	%63,3	%71,8	%53,5	%67,6	%63,8

4.3.EĞİTİM GRUBUNUN MUTLULUK EĞİTİMİ ÖNCESİ VE SONRASI DURUMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Sınıflandırma aşamasında katılımcılara verilen mutluluk eğitiminin etkisinin daha net bir şekilde değerlendirilebilmesi ve tespit edilebilmesi amacıyla sadece eğitim grubu verileri kullanılarak mutluluk eğitimi öncesi ve sonrası durumlarının kıyaslaması da yapılmıştır. Bu amaçla yapılan sınıflandırma işlemi için kontrol/eğitim grupları arasında eğitim öncesi ve sonrası durumlarının sınıflandırılması için de kullanılan Tip I, Tip II, Tip III ve Tip IV öznitelik grupları ile KA, KNN, NB ve DVM sınıflandırıcıları kullanılmıştır. Tablo 4.6'da yapılan sınıflandırma işleminin sonuçları görülmektedir.

Tablo 4.6: 4 farklı öznitelik grubu ve sınıflandırıcı ile elde edilen doğruluk oranları.

	KA	KNN	NB	DVM
Tip I	%76,1	%78,9	%84,5	%87,3
Tip II	%81,7	%80,3	%84,5	%87,3
Tip III	%77,5	%78,9	%83,1	%85,9
Tip IV	%71,8	%78,9	%83,1	%85,9

Tablo 4.6'dan görüleceği gibi mutluluk eğitimi katılımcılarının oluşturduğu eğitim grubu verileri için mutluluk eğitimi öncesi/sonrası durumlarının kıyaslanması adına yapılan sınıflandırmada DVM sınıflandırıcısı ile ortalama, basıklık ve çarpıklık özniteliklerinin bulunduğu TİP II öznitelik grubu kullanılarak yapılan sınıflandırma ve tüm öznitelikleri içeren Tip I öznitelik grubu kullanılarak yapılan sınıflandırma ile %87,3 doğruluk oranlarına ulaşılmıştır.

Elde edilen doğruluk oranlarına ilişkin DVM sınıflandırıcısının Tip I ve Tip II özniteliklerindeki başarısını gösteren performans değerlendirme ölçütleri ile ilgili parametreler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.7: DVM sınıflandırıcısı ile elde edilen en iyi doğruluk oranları için performans değerlendirme parametreleri.

Öznitelik Grubu	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F-Ölçütü	Kesinlik
Tip I	%87,3	%96,5	%80,9	%86,1	%77,1
Tip II	%87,3	%96,5	%80,9	%86,1	%77,1

Ayrıca Tablo 4.6'da görülen sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde DVM ve NB sınıflandırıcılarının tüm öznitelik grupları ile yapılan sınıflandırmalarda KA ve KNN sınıflandırıcılarına göre daha yüksek başarı oranlarına ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte eğitim ve kontrol grupları arasında yapılan sınıflandırma sonuçlarında olduğu gibi sadece eğitim grubu için de yapılan öncesi/sonrası durum değerlendirmesinde de basıklık, çarpıklık ve ortalama özniteliklerinin birlikte kullanılmasının tüm sınıflandırıcılar için sistemin başarısını yükseltmedeki etkisi de görülmektedir.

4.4.EĞİTİM GRUBUNUN SOL VE SAĞ KANAL BAŞARIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Sınıflandırma aşamasında katılımcılara verilen mutluluk eğitiminin beynin sol ve sağ yarım küreleri üzerindeki etkisinin hangisinde ne ölçüde meydana geleceğini tespit etmek amacıyla eğitim grubu verileri kullanılarak sol ve sağ kanallar için mutluluk eğitimi öncesi ve sonrası

durumlarının kıyaslaması da yapılmıştır. Bu amaçla yapılan sınıflandırma işlemi için Tip II öznitelik grubunda bulunan ortalama, basıklık, çarpıklık öznitelikleri tercih edilmiştir. Bu özniteliklerin tercih edilmesinin sebebi;

- Mutluluk eğitimi öncesi ve sonrası durumları için kontrol/eğitim grupları arasında yapılan sınıflandırma işleminde ve
- Sadece eğitim grubu verileri kullanılarak yapılan eğitim öncesi/sonrası durumları için yapılan sınıflandırma işleminde sistemin başarımlar oranlarını yükseltmede önemli katkısının olmasıdır.

Eğitim grubu katılımcılarına ait EEG sinyallerinin sol ve sağ kanallarının mutluluk eğitimi öncesi/sonrası durumlarının Tip II öznitelikleri ve KA, KNN, NB, DVM sınıflandırıcıları ile ayrı ayrı sınıflandırılması sonucunda elde edilen doğruluk oranları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 4.8: Sol ve sağ kanallar için Tip II öznitelikleri ve 4 farklı sınıflandırıcı kullanılarak yapılan sınıflandırmada elde edilen doğruluk oranları

Kanallar	KA	KNN	NB	DVM
Sol	%83,3	%83,3	%86,1	%88,9
Sağ	%57,1	%62,9	%68,6	%68,6

Sol kanal üzerinde DVM sınıflandırıcısı kullanılarak yapılan sınıflandırma sonucunda elde edilen %88,9 doğruluk oranı ile en yüksek başarıma ulaşılmıştır. Sağ kanal üzerinde ise NB ve DVM sınıflandırıcıları kullanılarak yapılan sınıflandırma işlemi ile %68,6 doğruluk oranlarına ulaşılmıştır. Elde edilen doğruluk oranlarına ilişkin performans değerlendirme ölçütleri Tablo 4.9’ da verilmiştir.

Tablo 4.9: Sol ve sağ kanalda elde edilen en yüksek doğruluk oranlarına ait performans değerlendirme parametreleri.

Kanal	Sınıflandırıcı	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	F-Ölçütü	Kesinlik
Sol	DVM	%88,9	%100	%81,8	%87,5	%77,7
Sağ	DVM	%68,6	%70	%66,6	%68,5	%66,6
Sağ	NB	%68,6	%88,8	%61,5	%59,2	%44,4

Tablo 4.8’de görüldüğü gibi mutluluk eğitiminin öncesi/sonrası durumlarını değerlendirmek için sol kanal üzerinde KA, KNN, NB, ve DVM sınıflandırıcıları ile yapılan sınıflandırmalardan elde edilen doğruluk oranlarının sağ kanal üzerinde aynı sınıflandırıcılar kullanılarak yapılan sınıflandırmalardan elde edilen doğruluk oranlarından çok daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sinirbilim ve özellikle duygusal sinirbilim üzerine yapılan pek çok araştırma sayesinde çeşitli duygu durumlarının beyin aktivitesini değiştirmedeki rolü ortaya çıkarılmıştır. Özellikle işlevsel görüntüleme tekniklerinin kullanılması ile yapılan pek çok çalışma neticesinde hangi duygu durumunda beynin hangi bölgesinde ne ölçüde değişiklik meydana geldiği ortaya çıkarılmıştır. Yapılan araştırmalar ile birlikte duygu durumlarındaki beyin aktivitelerine ait işlevsel görüntüler sağlıklı zihin yapısına sahip, mutlu bireylerin beynin sol yarım küresindeki aktivitenin sağ yarım küreye göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşılık acı, stres, anksiyete, üzüntü gibi duyguları daha fazla yaşayan ve depresif zihin yapısına sahip bireylerde sağ yarım küredeki aktivitenin sol yarım kürede meydana gelen aktiviteye göre daha fazla olduğu sonucu ortaya çıkmıştır [74,75].

Mutluluk eğitiminin beynin hangi yarım kürede nasıl bir etki oluşturacağı ile ilgili sol kanal ve sağ kanal üzerinde yapılan sınıflandırmalar neticesinde ortaya çıkan sonuç; sinirbilim alanındaki deneysel çalışmalar ile ortaya çıkan olumlu duygu durumlarında beynin sol yarım küresindeki aktivitenin sağ yarım küredeki aktiviteden daha fazla olacağı tezini destekler nitelikte olmuştur.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması mutluluk eğitiminin EEG sinyalleri üzerinde etkisinin olup olmadığı ya da bu etkinin hangi ölçüde meydana geleceğini değerlendirmek ve tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında bu eğitimin beynin sol ya da sağ yarım kürelerinin hangisinin aktivitesinde ne ölçüde bir değişiklik meydana getireceği de araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında; 8 haftalık mutluluk eğitimi katılımcılarının oluşturduğu eğitim grubu ve bu süre içerisinde mutluluk eğitimi verilmeyen bireylerin oluşturduğu kontrol grubuna ait EEG sinyalleri kullanılmıştır. Her iki gruptan mutluluk eğitiminin başında ve eğitim süresinin sonunda EEG sinyalleri kaydedilmiştir. Mutluluk eğitimi etkisinin araştırılması amacıyla elde edilen EEG sinyallerinin alt bileşenlerine ayrıştırılması ve bu bileşenlerden çeşitli öznitelikler çıkarılarak yapılan sınıflandırma çalışmaları 4 farklı yaklaşım ile yapılmıştır:

1. Mutluluk eğitimi öncesi durumu için eğitim grubu/kontrol grubu sınıflandırılması yapılmıştır.
2. Mutluluk eğitimi sonrası durumu için eğitim grubu/kontrol grubu sınıflandırılması yapılmıştır.
3. Sadece eğitim grubu verileri kullanılarak mutluluk eğitimi öncesi/sonrası durumlarının değerlendirilmesi amacıyla sınıflandırma yapılmıştır.
4. Eğitim grubuna ait EEG sinyallerinin sol kanal ve sağ kanalları için mutluluk eğitimi öncesi/sonrası durumlarının değerlendirilebilmesi amacı ile sınıflandırma yapılmıştır.

Mutluluk eğitiminin öncesi durumunun değerlendirilmesi amacıyla eğitim ve kontrol grupları arasında Tip II öznitelik grubu ile DVM ve KNN sınıflandırıcıları kullanılarak yapılan sınıflandırma ile en yüksek doğruluk oranına ulaşılmıştır. Elde edilen doğruluk oranı %63,3 olmuştur. Mutluluk eğitimi sonrası durumunun değerlendirilmesi amacıyla eğitim ve kontrol grupları arasında Tip II ve DVM sınıflandırıcısı kullanılarak en yüksek doğruluk oranına ulaşılmıştır. Elde edilen doğruluk oranı %78,3 olmuştur. Her iki durum için eğitim ve kontrol grupları arasında yapılan sınıflandırmalardan elde edilen doğruluk oranları değerlendirildiğinde mutluluk eğitimi sonrasında elde edilen başarı oranının belli bir miktarda yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak; mutluluk eğitimi verilmeden

önce eğitim grubunun tespit edilebilme başarısı %63 iken mutluluk eğitimi verildikten sonra eğitim grubunun tespit edilebilme başarısı %78.3'e yükselmiştir.

Çalışma kapsamında; mutluluk eğitiminin etkisinin daha net bir şekilde değerlendirilebilmesi ve tespit edilebilmesi amacıyla sadece eğitim grubu verileri üzerinde de sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sınıflandırmalar Tip I, Tip II, Tip III, Tip IV öznitelikleri ile KA, KNN, NB ve DVM sınıflandırıcıları kullanılarak yapılmıştır. En yüksek doğruluk oranına Tip I ve Tip II öznitelik grubu ve DVM sınıflandırıcısı kullanılarak ulaşılmıştır. Elde edilen doğruluk oranı %87,3'tür. Ayrıca DVM sınıflandırıcısının tüm özniteliklerde yüksek doğruluk oranına ulaştığı görülmüştür. DVM sınıflandırıcısı kullanılarak elde edilen yüksek doğruluk oranları katılımcılara verilen mutluluk eğitiminin EEG sinyalleri üzerinde önemli ölçüde olumlu etki oluşturduğunu doğrular niteliktedir. Dört farklı öznitelik grubu ve DVM sınıflandırıcısı kullanılarak elde edilen doğruluk oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.1: DVM sınıflandırıcısı ile elde edilen doğruluk oranları.

Öznitelik Grupları	DVM
Tip I	%87,3
Tip II	%87,3
Tip III	%85,9
Tip IV	%85,9

Çalışma kapsamında katılımcılara verilen mutluluk eğitiminin beynin hangi yarım küresinde ne ölçüde bir etki meydana getireceğinin değerlendirilmesi amacı ile de sınıflandırma yapılmıştır. Sınıflandırma; mutluluk eğitimi öncesi ve sonrası durumları için kontrol/eğitim grupları arasında yapılan sınıflandırmada ve sadece eğitim grubu verileri kullanılarak yapılan eğitim öncesi/sonrası sınıflandırmasında sistemin başarısını yükseltmede önemli etkisi olan ortalama, basıklık, çarpıklık özniteliklerinin bulunduğu Tip II öznitelik grubu ile yapılmıştır.

Sol ve sağ kanal üzerinde yapılan sınıflandırmadan elde edilen doğruluk oranları aŗađıdaki tabloda verilmiŗtir.

Tablo 5.2: Sol ve sağ kanallar üzerinde yapılan sınıflandırmaya ait doğruluk oranları.

Kanallar	KA	KNN	NB	DVM
Sol	%83,3	%83,3	%86,1	%88,9
Sağ	%57,1	%62,9	%68,6	%68,6

Tablo 5.2 değerlendirildiğinde sol kanal üzerinde yapılan sınıflandırma ile elde edilen doğruluk oranlarının sağ kanal üzerinde yapılan sınıflandırma ile elde edilen doğruluk oranlarından belirgin miktarda fazla olduğu anlaŗılmaktadır. eŗitli duygu durumlarının beynin hangi yarım kúresinde ne ölçúde bir etki oluŗturacađının tespit etmek amacıyla sinirbilim alanında pek çok deneysel ve kuramsal alıŗmalar yapılmıŗtır. Özellikle iŗlevsel görüntúleme teknikleri kullanılarak yapılan alıŗmalar neticesinde mutluluk gibi olumlu duygu durumlarında beynin sol yarım kúresindeki aktivitenin sağ yarım kúresindeki aktiviteye göre daha fazla olacağı sonucu ortaya ıkmıŗtır. Buna karŗılık stres, anksiyete gibi duygu durumlarının sağ yarım kúredeki aktiviteyi artırdığı bilinmektedir. Bu tez alıŗmasında mutluluk eğitimi sonrası beynin hangi yarım kúresinde ne ölçúde bir etki oluŗturacađına iliŗkin sol kanal ve sağ kanallar üzerinde yapılan sınıflandırma iŗlemi elde edilen sonuç; deneysel alıŗmalar ile ulaŗılan mutluluk duygu durumunda sol yarım kúredeki aktivitenin sağ yarım kúredeki aktiviteden daha fazla olacağı tezini destekler niteliktedir. Ayrıca sol kanal üzerinde, mutluluk eğitimi öncesi/sonrası durumu için yapılan sınıflandırma iŗlemi ile elde edilen yüksek doğruluk oranları katılımcılara verilen bu eğitimin EEG sinyalleri üzerinde belirgin miktarda olumlu bir etki oluŗturduđu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1]. Vavadi, H., 2010, A wavelet approximate - entropy method for epileptic activity Detection from EEG and its subbands, *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 3, 1182-1189.
- [2]. Wani, S.M., Sabut, S. And Nalbarwar, S.L., 2018, Detection of epileptic seizure using wavelet transform and neural Classifier, *Computing, communication and signal processing*, 810, 739-747.
- [3]. Subasi, A., Ahmed, A., Alickovic, E., Hassan, A.R., 2018, Effect of photic stimulation for migraine Detection using random forest and Discrete wavelet transform, *Biomedical signal processing and control*, 49, 231-239.
- [4]. M. A. A. Samy, M. M. Rahman and T. A. Khan, Extracting and discriminating selective brain signals in non-invasive manner and using them for controlling a device: A cost - efficient approach to brain computer interface (BCI), 3rd *International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT)*, Dhaka, 2016, 1-5.
- [5]. Koyaş, E., Saraç, M., Erdoğan, A., Çetin, M., and Patoğlu, V., Control of a BCI-based upper limb rehabilitation system utilizing posterior probabilities, *21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Haspolat, 2013, IEEE, 1-4.
- [6]. Maraş, A., and Aydin, S., Intercorrelation between singular spectrum of EEG sub-bands and emotional states, *2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO)*, 2016 Bursa, IEEE, 486-490.
- [7]. Ismail, W.O.A.S.W., Hanif, M., Mohamed, S.B., Hamzah, N., Rizman, Z.I., 2016, Human emotion Detection via brain Waves study by using electroencephalogram (EEG), *International journal on advanced Science, Engineering and information Technology*, 6(6), 1005-1011.
- [8]. Islam, R., Ahmad, M., 2019, Wavelet analysis based Classification of emotion from EEG signal, *International conference on electrical, computer and communication Engineering (ECCE)*, 7-9 Feb. 2019, Cox's Bazar, Bangladesh, IEEE, 1-6.
- [9]. Jatupaiboon, N., Pand-ngum, S. And Israsena, P., 2013, Real-time EEG based happiness Detection system, *Scientific World journal*, 2013, 1-12.
- [10]. Ameera, A., Saidatul, A. and Ibrahim, Z., 2019, Analysis of EEG spectrum bands using power spectral density for pleasure and displeasure state, *The 1 st. International conference on mechanical electronic and biosystem Engineering (MEBSE 2018)*, 15-16 December 2018, Indonesia, IOP Publishing, 1-5.
- [11]. Kumar, N., Alam, K., Siddiqi, A.H., 2017, Wavelet transform for Classification of EEG signal using SVM and ANN, *Biomedical and pharmacology journal*, 10(4), 2061-2069.

- [12]. AANS, 2020, *Anatomy of the brain*, <https://www.aans.org/en/Patients/Neurosurgical-Conditions-and-Treatments/Anatomy-of-the-Brain>, [Ziyaret tarihi: 26 Nisan 2020].
- [13]. Maldonado, K.A., Alsayouri, K., 2020, *Physiology Brain*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK551718/>, [Ziyaret tarihi: 26 Nisan 2020].
- [14]. Löfnede, J., 2007, *Classification of burst and suppression in the neonatal EEG*, Thesis(Master), Chalmers University of Technology.
- [15]. Siuly, S., 2012, *Analysis and Classification of EEG signals*, Thesis(PhD), University of Southern Queensland.
- [16]. Guyton, A.C., Hall, J.E., 2013, *Guyton ve Hall Tıbbi Fizyoloji*, In: Yeğen, B.Ç.(ed.), Nobel Tıp Kitap Evleri, İstanbul, ISBN: 978-1-4160-4574-8.
- [17]. Tedmem, 2015, *Sol beyin sağ beyin miti*, <https://tedmem.org/mem-notlari/sol-beyin-sag-beyin-miti>, [Ziyaret tarihi: 22 Nisan 2020].
- [18]. Brain made simple, 2019, *Left and right hemispheres*, <https://brainmadesimple.com/left-and-right-hemispheres/>, [Ziyaret tarihi: 22 Nisan 2020].
- [19]. Fikirgen, 2020, *Merkezi sinir sistemi omurilik, beyin ve görevleri*, <https://www.fikir.gen.tr/merkezi-sinir-sistemi-omurilik-beyin-ve-gorevleri/>, [Ziyaret tarihi: 24 Nisan 2020].
- [20]. Gray, F.J., 2002, *Anatomy for the medical clinician*, first edition, Shannon Books PtyLtd, Victoria, Australia.
- [21]. Jensen, E., 1998, *Teaching with the brain in mind*, Association for Supervision and Curriculum Development, Alexandria VA.
- [22]. Avcı, D.E., Yağbasan, R., 2008, Beyin yarı kürelerinin baskın olarak kullanılmasına yönelik öğretim stratejileri, *Gazi eğitim fakültesi dergisi*, 28, 1-17.
- [23]. Chayer, C., Freedman, M., 2001, Frontal lobe functions, *Current neurologyand neuroscience reports*, 1:547-552.
- [24]. Clarck, D.L., Boutros, N.N. and Mendez, M.F., 2018, *Occipital and parietal lobes*, The brain and behavior, Cambridge University Press, ISBN: 9781108164320, 33-55.
- [25]. Bilim ve sağlık, 2020, *Sinir hücresinin yapısı ve görevleri*, <https://saglik.ihya.com/sinir-hucresinin-noronun-yapisi-ve-gorevleri.html>, [Ziyaret tarihi: 24 Nisan 2020].
- [26]. Atwood, H.L. and MacKay, W.A., 1989, *Essentials of neurophysiology*, Philadelphia: B.C. Decker, Toronto.
- [27]. Carlson, N.R., 2002, *Foundations of physiological psychology*, Mass. London: Allyn and Bacon, Boston.
- [28]. Henry, J.C., 2006, Electroencephalography: basic principles, clinical applications and related fields, *Neurology*, 67(11), 2092-2092.

- [29]. Caton, R., 1875, *The electric currents of brain*, Brit Med J., 2:278.
- [30]. Lotte, F., 2009, *Study of electroencephalographic signal processing and Classification techniques towards the use of brain-computer interface in virtual reality applications*, Thesis(PhD).
- [31]. Towle, V.L., Bolanos, J., Suarez, D., Tan, K., Grzeszczuk, R., Levin, D.N., Cakmur, R., Frank, S.A. and Spire, J.p., 1993, The spatial location of EEG electrodes: locating the best-fitting sphere relative to cortical anatomy, *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 86(1),b1-6.
- [32]. Jasper, H.H., 1958, Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography: The ten-twenty electrode system of the International Federation, *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 10(2), 371-375.
- [33]. Verma, A.K., 2010, *Analysis and Classification of electroencephalography signals*, Thesis(Master), National Institute of Technology.
- [34]. Veenhoven, R., 1984, *Condition of happiness*, Springer Netherlands, Boston, ISBN: 9027717923.
- [35]. Eryılmaz, A., 2016, *Herkes için mutluluğun başucu kitabı*, Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara, ISBN: 9786053648123.
- [36]. Büyükdüvenci, S., 1993, Aristotaleste mutluluk kavramı, *Felsefe dünyası*, 9, 41-44.
- [37]. Kırık, A.M., Sönmez, M., 2017, İletişim ve mutluluk ilişkisinin incelenmesi, *İnif E-dergi*, 2(1), 15-26.
- [38]. Yetim, U., 2001, *Toplumdan bireye mutluluk resimleri*, Bağlam Yayınları, İstanbul.
- [39]. Kangal, A., 2013, Mutluluk üzerine kavramsal bir değerlendirme ve Türk hanehalkı için bazı sonuçlar, *Elektronik sosyal bilimler dergisi*, 12(44), 214-233.
- [40]. Diener, E., Suh, M.E., Lucas, E.R., Smith, H., 1999, Subjective well being: three decades of progress, *Psychological bulletin*, 125(2), 276-302.
- [41]. Sapmaz, F., Doğan, T., 2012, Mutluluk ve yaşam doyumunun yordayıcısı olarak iyimserlik, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(30), 63-69.
- [42]. Diener, E. and Seligman, M.E.P., 2002, Very happy people, *Psychological Science*, 13(1), 81-84.
- [43]. Lyubomirsky, S., King, L., Diener, E., 2005, The benefits of frequent positive affect: does happiness lead to success?, *Psychological bulletin*, 131(6), 803-855.
- [44]. Sapmaz, F., Doğan, T., 2013, Özeleştir ve mutluluk, *Kastamonu eğitim dergisi*, 21(1), 391-400.
- [45]. Sarı,T., 2015, Pozitif psikoterapi: gelişimi, temel ilke ve yöntemleri ve Türk kültürüne uygulanabilirliği, *The journal of happiness and well-being*, 3(2), 182-203.

- [46]. Lyubomirsky, S., 2019, *Nasıl mutlu olunur?*, In: Saraç, S. (ed), Ketebe Yayınları, İstanbul, ISBN: 978-605-7949-63-9.
- [47]. Eryılmaz, A., 2017, Yetişkinler için mutluluğu artırma stratejileri ölçeğinin geliştirilmesi, *Journal of mood disorders (JMOOD)*, 7(2), 116-123.
- [48]. Coşkun, M., İstanbullu, A., 2012, EEG işaretlerinin FFT ve dalgacık dönüşümü ile analizi, *Akademik bilişim '12-XIV. Akademik bilişim konferansı bildirileri*, Balıkesir.
- [49]. Alkan, A., 2006, EEG işaretlerinin ayrıştırılmasında alt uzay yöntemlerinin kullanılması, *Journal of Yaşar University*, 1(3), 211-213.
- [50]. Kaur, R., Singh, V., 2014, Time-frequency domain characterization of stationary and non stationary signals, *International journal of computer science and mobile computing*, 3(5), 936-947.
- [51]. Yazgan, E., Korürek, M., 1996, Tıp Elektroniği, İTÜ, No:15741, 386s.
- [52]. Polikar, R., 1996, *Fundamental concepts and overview of the wavelet theory*, The Wavelet tutorial second edition part I.
- [53]. Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G., Poggi, J.M., 2009, *Wavelet toolbox 4 users's guide*, Mathworks.
- [54]. Daubechies, I., 1990, The wavelet transform time-frequency localization and signal analysis, *IEEE Trans. Inform. Theory*, 36, 961-1004
- [55]. Toprak, İ.B., 2007, *EEG sinyallerinin dalgacık dönüşümü ve yapay sinir ağları ile analizi*, Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstirüsü.
- [56]. Xizheng, Z., Ling, Y., Weixiong, W., 2010, Wavelet time frequency analysis of electroencephalogram processing, *International journal of advanced Computer Science and applications*, 1(5), 1-5.
- [57]. Faust, O., Acharya, R., Adeli, H., Adeli, A., 2015, Wavelet based EEG processing for computer aided seizure detection and epilepsy diagnosis, *Elsevier*, 26, 56-64.
- [58]. Percival, D.B., Walden, A.T., 2002, *Wavelet methods for time series analysis*, Cambridge University Press, Second edition.
- [59]. Abbak, R.A., 2007, *Jeodezide zaman dizilerinin dalgacık(wavelet) analizi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.
- [60]. Arı, N., Özen, Ş., Çolak, Ö.H., 2008, *Dalgacık teorisi*, Palme Yayınları, Ankara, ISBN: 9789944341707.
- [61]. Stoica, P., Moses, R., 2005, *Spectral analysis of signals*, Prentice Hall, ISBN: 0131139568

- [62]. Koçak, O., Beytar, F., Fırat, H., Telatar, Z., Eroğul, O., 2016, EEG işaretlerinin apne süreci analizinde parametrik olmayan GSY tespit yöntemlerinin karşılaştırılması, 16. *Tıp teknolojileri kongresi*, 27-29 Ekim Antalya, IEEE, 366-369.
- [63]. Moazzami, M.M., 2012, *EEG signal processing in brain Computer interface*, Thesis(Master), Michigan State University.
- [64]. Kim, H.Y., 2013, Statistical notes for clinical researchers: assesings normal distribution (2) using skewness and kurtosis, 38(1), 52-54.
- [65]. Bonyar, A., 2015, *Application of localization factor for the Detection of tin oxidation with AFM – scientific figure on ResearchGate*, https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-the-skewness-and-kurtosis-values-and-values-and-how-they-correlate-with-the-shape-of_fig_1_298415862, [Ziyaret tarihi: 4 Mayıs 2020].
- [66]. Karakoyun, M., Hacıbeyoğlu, M., 2014, Biyomedikal veri kümeleri ile makine öğrenmesi sınıflandırma algoritmalarının istatistiksel olarak karşılaştırılması, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(48), 30-42.
- [67]. Kahn, B., 2014, *Electroencephalogram signal processing, wave identification and emotion recognition*, Thesis(Master), California State University.
- [68]. Osuna, E.E., Freund, R. And Girosi, F., 1997, Support vector machines: training and applications, *Massachusetts Institute of Technology and Artificial Intelligence Laboratory*, A.I, Memo No. 1602, 144, 1-41.
- [69]. Yakut, E., Elmas, B., Yavuz, S., 2014, Yapay sinir ağları ve destek vektör makineleri yöntemleriyle borsa endeksi tahmini, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(1), 139-157.
- [70]. Er, O., 2016, *Yapay sinir ağları, lojistik regresyon ve karar ağaçları uygulamaları ile kariyer başarıları tahmini: Akademisyenler üzerine bir araştırma*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [71]. Narin, A., İşler, Y., Özer, M., 2014, Konjestif kalp yetmezliği teşhisinde kullanılan çapraz doğrulama yöntemlerinin sınıflandırıcı performanslarının belirlenmesine olan etkilerinin karşılaştırılması, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(48), 1-8.
- [72]. Anuragi, A., Sisodia, D.S., 2018, Alcohol use Disorder Detection using EEG signal features and flexible analytical wavelet transform, *Biomedical signal processing and control*, 52(2019), 384-393.
- [73]. Ikeda, S., Ishii, R., Pascual-Marqui, R.D., Canuet, L., Yoshimura, M., Nishida, K., Kitaura, Y., Katsura, K., Kinoshita, T., 2018, Automated source estimation of scalp EEG epileptic activity using eLORETA kurtosis analysis, *Neuropsychobiology*, 77(2), 101-109

- [74]. Neuroscience, 2019, *Happiness is located in your left brain hemisphere*, <https://exploringyourmind.com/happiness-located-left-brain-hemisphere/>, [Ziyaret tarihi: 3 Haziran 2020].
- [75]. Davidson, R.J., Begley, S., 2018, *Beyninizin duygusal hayatı: beyin yapımız duygularımızı nasıl etkiler ve onu nasıl değiştiririz?*, Pegasus Yayınları, ISBN: 6052993651.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ayşe Saymaz
Doğum Yeri	Gaziosmanpaşa
Doğum Tarihi	10.03.1994
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	5399509108
E-Posta Adresi	aysesymz@gmail.com
Web Adresi	

Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Karabük Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Biyomedikal Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2017

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Biyomedikal Mühendisliği Programı

Makale ve Bildiriler	